

Eva-Maria Grote

Systematik zur Entwicklung von unternehmensspezifischen Rollenmodellen für das Advanced Systems Engineering

Framework for the Development of Company-specific Role Models for Advanced Systems Engineering

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

© Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn – Paderborn – 2026

Das Werk einschließlich seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung der Herausgeber und des Verfassers unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigung, Übersetzungen, Mikroverfilmungen, sowie die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Während der Vorbereitung dieser Arbeit wurden Tools wie ChatGPT oder DeepL zur Verbesserung der Sprache und der Lesbarkeit verwendet. Nach der Verwendung dieses Tools wurde der Inhalt nach Bedarf überprüft und bearbeitet. Die Autorin übernimmt die volle Verantwortung für den Inhalt der Veröffentlichung.

Als elektronische Version frei verfügbar über die Digitalen Sammlungen der Universitätsbibliothek Paderborn.

Satz und Gestaltung: Eva-Maria Grote

Geleitwort

Die Entwicklung leistungsfähiger Methoden und Organisationsstrukturen für das Engineering komplexer Systeme ist eine der zentralen Herausforderungen unserer Zeit. Technologische Dynamik, steigende Systemkomplexität sowie die fortschreitende Digitalisierung verändern nicht nur Produkte und Prozesse, sondern auch die Art und Weise, wie Engineering in Unternehmen verstanden und organisiert wird. Advanced Systems Engineering trägt dieser Entwicklung Rechnung, indem es Technik, Organisation und Mensch als untrennbare Einheit begreift.

Vor diesem Hintergrund leistet die vorliegende Arbeit von Frau Grote einen wichtigen Beitrag. Sie adressiert eine Fragestellung, die in der Praxis häufig unterschätzt, in ihrer Wirkung jedoch zentral ist: die systematische Gestaltung von Rollen und Verantwortlichkeiten im Engineering. Während Methoden, Werkzeuge und Prozesse kontinuierlich weiterentwickelt werden, bleiben organisationale Strukturen und Rollenverständnisse oftmals implizit oder historisch gewachsen. Genau hier setzt die Dissertation an.

Frau Grote entwickelt eine fundierte und zugleich praxisorientierte *Systematik zur Entwicklung von unternehmensspezifischen Rollenmodellen für Advanced Systems Engineering*. Ihr Ansatz verbindet konzeptionelle Klarheit mit methodischer Strenge und wurde im Rahmen mehrerer industrieller Anwendungen evaluiert. Damit gelingt es ihr, ein Artefakt zu schaffen, das sowohl wissenschaftlich anschlussfähig als auch unmittelbar anwendbar ist.

Besonders hervorzuheben ist die konsequente systemische Perspektive der Arbeit. Rollen werden nicht isoliert betrachtet, sondern als strukturierende Elemente innerhalb eines sozio-technischen Gesamtsystems verstanden. Die entwickelte Systematik ermöglicht es Unternehmen, Verantwortung explizit zu gestalten, Schnittstellen transparenter zu machen und Engineering-Organisationen wirksam weiterzuentwickeln.

Die Arbeit liefert damit einen substanziellen Beitrag zur Weiterentwicklung des Advanced Systems Engineering und schafft zugleich eine belastbare Grundlage für zukünftige Forschungs- und Transformationsvorhaben in der industriellen Praxis.

Ich danke Frau Grote für ihr großes Engagement, ihre wissenschaftliche Sorgfalt und ihre Ausdauer bei der Bearbeitung dieses anspruchsvollen Themas. Mit ihrer Dissertation leistet sie einen wertvollen Beitrag zur Gestaltung zukunftsfähiger Engineering-Organisationen.

**Systematik zur Entwicklung von unternehmens-
spezifischen Rollenmodellen für das Advanced
Systems Engineering**

zur Erlangung des akademischen Grades eines
DOKTORS DER INGENIEURWISSENSCHAFTEN (Dr.-Ing.)
der Fakultät Elektrotechnik, Informatik und Mathematik
der Universität Paderborn

genehmigte
DISSERTATION

von
M. Sc. Eva-Maria Grote
aus Karlsruhe

Tag des Kolloquiums:
Referent:
Korreferent:

10. Februar 2026
Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu
Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Albert Albers

Vorwort

Die vorliegende Dissertation entstand im Rahmen meiner Tätigkeit als wissenschaftliche Mitarbeiterin in den Fachgruppen Strategische Produktplanung und Systems Engineering am Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik in Paderborn sowie in der Fachgruppe Advanced Systems Engineering am IPEK – Institut für Produktentwicklung am Karlsruher Institut für Technologie. Sie ist das Ergebnis intensiver wissenschaftlicher Arbeit im Kontext von Forschungs- und Beratungsprojekten.

Mein besonderer Dank gilt Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu, der mir die Promotion unter besonderen Umständen ermöglicht hat. Du hast an mich geglaubt, mich in genau dem richtigen Maß gefordert und gefördert. Die Zeit am IEM hat mich sowohl fachlich als auch persönlich nachhaltig geprägt. Auch wenn die Promotion nie unser explizites Ziel war – umso schöner ist es, dass wir diesen Weg nun gemeinsam erfolgreich gegangen sind. Danke für Dein Vertrauen und Deine kontinuierliche Begleitung.

Ferner danke ich Prof. Dr.-Ing. Albert Albers herzlich für die Übernahme des Korreferats sowie die Möglichkeit, meine Promotion in Karlsruhe fortzusetzen. Die Zeit am IPEK hat mir eine neue Perspektive auf die wissenschaftliche Arbeit eröffnet.

Ein großer Dank geht an das Team Advanced Systems Engineering – danke, dass Ihr mich in Karlsruhe mit offenen Armen empfangen habt. Ebenso danke ich meinen ehemaligen Kolleginnen und Kollegen am Fraunhofer IEM und am Heinz Nixdorf Institut. Ich hätte mir keine besseren Wegbegleiter wünschen können. Stellvertretend möchte ich Maximilian Fischer, Stefan Schwarz, Thomas Völk, Carsten Thümmel, Pia Willeke, Melina Panzner, Daria Wilke, Daniel Röltgen, Jan Michael, Julian Tekaas, Maurice Meyer, Dominik Hermelingmeier und Stefan Pfeifer danken.

Ein besonders tief empfundener Dank gilt Christian Koldewey. Mit Dir habe ich die Höhen und Tiefen dieses Weges geteilt, wertvolle Erfahrungen gesammelt und bin durch unsere Freundschaft als Mensch gewachsen. Weil auch Du an mich geglaubt hast, stehe ich heute hier.

Mein Dank gilt auch meinen Freundinnen Lena, Sonja, Jana und Julia – für Eure Zeit, Eure Geduld und Euren Rückhalt!

Meiner Familie verdanke ich die Werte, das Vertrauen und die Fähigkeiten, die mir diesen Lebensweg überhaupt erst ermöglicht haben. Danke für alles. Der Weg hier hin war kurvig, aber wir haben ihn gemeistert.

Und schließlich danke ich all jenen Menschen, die an mich geglaubt, mich gestärkt und unterstützt haben – die mir gezeigt haben, dass Selbstfürsorge, Arbeit und Promotion vereinbar sind. Ohne Euch/Sie hätte ich das nicht geschafft. Dank geht vor Allem an Frau Dr. Lange und Frau Dr. Patzelt sowie Fr. Dr. Schwert, Meike und Marena!

Vorveröffentlichungen

- [GPR+20] GROTE, E.-M.; PFEIFER, S.; RÖLTGEN, D.; KÜHN, A.; DUMITRESCU, R.: Towards Defining Role Models in Advanced Systems Engineering. IEEE International Symposium on Systems Engineering (ISSE), Wien, Österreich, 2020
- [DAG+21] DUMITRESCU, R.; ANACKER, H.; GROTE, E.-M.; RASOR, R.; TEKAAT, J.; MEYER, M.; GAUSEMEIER, J.; STEGLICH, S.: Erfolgspotentiale für die Zukunft des Engineeringstandorts Deutschland – Ein Beitrag zum Advanced Systems Engineering. 16. Symposium Vorausschau und Technologieplanung, Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn, Paderborn, 2021
- [BGG+21] BENTLER, D.; GROTE, E.-M.; GABRIEL, S.; BANSMANN, M.; LATOS, B. A.; MAIER, G.: Wie gelingt intelligentes und humanzentriertes Kompetenzmanagement. praevision, Nr. 2, pp. 24-25, 2021
- [GBG+22] GABRIEL, S.; BENTLER, D.; GROTE, E.-M.; JUNKER, C.; MEYER ZU WENDISCHHOFF, D.; BANSMANN, M.; LATOS, B. A.; HOBSCHEIDT, D.; KÜHN, A.; DUMITRESCU, R.: Requirements analysis for an intelligent workforce planning system: a socio-technical approach to design AI-based systems. 32nd CIRP Design Conference, pp. 431-436, 2022
- [WGS+24] WILKE, D.; GROTE, E.-M.; SCHIERBAUM, A.; DUMITRESCU, R.: Messbare Erfolgskriterien von Systems Engineering. Tag des Systems Engineering, Band 22, Leipzig, 2024
- [GWK+24] GROTE, E.-M.; WILKE, D.; KOLDEWEY, C.; DUMITRESCU, R.: Roleplaying made easy – A Meta-model for Roles in Systems Engineering. IEEE International Symposium on Systems Engineering (ISSE), Italien, 2024
- [GKS+25] GROTE, E.-M.; KOLDEWEY, C.; SCHWARZ, S. E.; DUMITRESCU, R.; ALBERS, A.: Enabling Better Systems Through Better Teams: 27 Role Profiles for Engineering Advanced Systems. 31th International Conference on Engineering, Technology and Innovation, Valencia, Spain, 2025
- [GKW+25] GROTE, E.-M.; KOLDEWEY, C.; WILKE, D.; SCHWARZ, S. E.; DUMITRESCU, R.; ALBERS, A.: 'Defining Roles, Enabling Systems: a Structured Role Model for Engineering Advanced Systems. International Symposium on Systems Engineering (IEEE ISSE), Paris, Frankreich, 2025
- [GKV+25] GROTE, E.-M.; KOLDEWEY, C.; VOELK, T.; SCHWARZ, S. E.; DUMITRESCU, R.; ALBERS, A.: From Generic to Specific: Scalable Role Modeling for Engineering Advanced Systems. International Symposium on Systems Engineering (ISSE), Paris, Frankreich, 2025

Zusammenfassung

Die zunehmende Komplexität technischer Systeme sowie die Dynamik in Entwicklungsorganisationen stellen neue Anforderungen an die Gestaltung von Rollen und Verantwortlichkeiten in der Produktentstehung. Klassische Stellenbeschreibungen und hierarchisch geprägte Strukturen stoßen in modernen, interdisziplinären Kontexten wie dem Advanced Systems Engineering (ASE) zunehmend an ihre Grenzen. Rollenmodelle bieten hier das Potenzial, Entwicklungsprozesse flexibler, transparenter und effizienter zu gestalten.

Zur Entwicklung eines kontextangepassten Rollenmodells im ASE wurde eine umfassende Systematik erarbeitet. Diese beinhaltet ein Metamodell zur strukturierten Beschreibung des Rollenverständnisses, einen prozessorientierten Ordnungsrahmen, methodisch fundiertes Gestaltungswissen für Rollenprofile sowie ein generisches Rollenmodell im ASE. Ergänzt wird dies durch ein anpassbares Vorgehensmodell, das Unternehmen befähigt, ein unternehmensspezifisches Rollenmodell systematisch abzuleiten. Die Systematik unterstützt die Entwicklung kontextbezogener Rollenprofile entlang konkreter Prozessschritte und fördert die explizite Gestaltung von Schnittstellen und Zuständigkeiten.

Die Anwendbarkeit der Systematik wurde exemplarisch in drei Industrieunternehmen validiert. Dabei bestätigte sich ihre praktische Relevanz in Bezug auf Anpassungsfähigkeit, Integrations-tiefe und Umsetzbarkeit. Methodisch basiert die Arbeit auf der Design Science Research Methodology (DSRM), wodurch eine fundierte Einordnung in die gestaltungsorientierte Forschung im Kontext technischer Organisationsentwicklung gewährleistet ist.

Abstract

The increasing complexity of technical systems and the dynamic nature of development organizations are placing new demands on the design of roles and responsibilities within product development. Traditional job descriptions and hierarchical structures are reaching their limits in modern, interdisciplinary contexts such as Advanced Systems Engineering (ASE). Role models offer the potential to make development processes more flexible, transparent, and efficient.

To support the creation of context and company-specific role models in ASE, a comprehensive methodology was developed. This includes a metamodel for the structured definition of role understanding, a process-oriented framework, methodically grounded design knowledge for role profiles, and a generic ASE role model. It is complemented by a customizable procedure model that enables companies to systematically derive their own organization-specific role models. The methodology supports the development of context-based role profiles along defined process steps and promotes the explicit design of interfaces and responsibilities.

The applicability of the methodology was validated in three industrial case studies. The results confirmed its practical relevance in terms of adaptability, integration depth, and feasibility. Methodologically, the work is based on the Design Science Research Methodology (DSRM), providing a solid foundation for positioning the research within the field of design-oriented approaches to technical organizational development.

Systematik zur Entwicklung von unternehmensspezifischen Rollenmodellen für das Advanced Systems Engineering

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Problematik	1
1.2	Zielsetzung	3
1.3	Forschungsdesign der vorliegenden Arbeit	4
1.4	Einordnung und Vorgehensweise der vorliegenden Arbeit	6
2	Problemanalyse	9
2.1	Begriffsverständnis und -abgrenzung	9
2.1.1	Engineering, Produktentstehung und Produktentwicklung	9
2.1.2	Prozess, Aufgabe und Artefakt	11
2.1.3	Rolle und Stelle	13
2.1.4	Kompetenzprofil, Erwartungen und Verantwortung	14
2.2	Advanced Systems Engineering	16
2.2.1	Wandel der Wertschöpfung	17
2.2.2	Das Leitbild: Advanced Systems Engineering	21
2.2.3	Auswirkungen des Advanced Systems Engineering	26
2.3	Rollen im Engineering – Theorie und Praxis	28
2.3.1	Erfolgsfaktor Rolle	28
2.3.2	Entwicklung von Rollenprofilen	32
2.3.3	Rollenmodelle	36
2.3.4	Komplexität und Verankerung von Rollenmodellen	39
2.4	Problemabgrenzung	41
2.5	Ziele und Anforderungen an die Arbeit	44
3	Stand der Technik	51
3.1	Ansätze zur Strukturierung des Advanced Systems Engineering	51
3.1.1	VDI2206:2021-11	51
3.1.2	ISO/IEC/IEEE 15288:2023	53
3.1.3	INCOSE Systems Engineering Handbook (2023)	54
3.1.4	iPeM – Integriertes Produktentstehungsmodell nach ALBERS ET AL....	55

3.1.5	The Rational Unified Process nach KROLL und KRUCHTEN	57
3.1.6	Integrierte Produkterstellungsmethodik nach EHRENSPIEL und MEERKAMM.....	58
3.2	Ansätze zur Herleitung von Rollenprofilen und -modellen.....	59
3.2.1	Herleitung von Rollenprofilen	60
3.2.1.1	Prozess- und Funktionsanalyse.....	60
3.2.1.2	Job-Design-Theorie nach HACKMAN und OLDFHAM	61
3.2.1.3	Role-based Business Process Modelling.....	62
3.2.1.4	Systemzentrierte Rollenmodellierung	64
3.2.1.5	Rollenprofilierung auf Basis von Operational Profiles	64
3.2.2	Herleitung von Rollenmodellen	65
3.2.2.1	RACI-Matrix	65
3.2.2.2	Organisational Role Modeling.....	66
3.2.2.3	Object Oriented Role Analysis and Modeling.....	67
3.2.2.4	GRPI-Modell	69
3.3	Bestehende Rollenprofile und -modelle	70
3.3.1	Rollenmodell nach SHEARD.....	70
3.3.2	Rollenmodell nach HANNA	72
3.3.3	Rollenmodell nach GRÄßLER UND OLEFF	73
3.3.4	Rollenmodell nach INCOSE	74
3.3.5	Rollencluster nach KAISER ET AL.	76
3.3.6	Rahmenwerk nach BRETZ	78
3.3.7	Rollenmodell nach HUTCHSON ET AL.....	79
3.3.8	SYSMOD-Rollenmodell nach ESTEFAN und WEILKIENS.....	81
3.3.9	Rollenprofile nach REQI SYSTEMS ENGINEERING ARTICLES	83
3.4	Bewertung und Handlungsbedarf.....	85

4 Systematik zur Entwicklung von unternehmensspezifischen Rollenmodellen für das Advanced Systems Engineering..... 89

4.1	Die Systematik im Überblick.....	89
4.2	Rollen-Metamodell für ASE	91
4.2.1	Methodisches Vorgehen	91
4.2.2	Rollen-Metamodell	92
4.3	Ordnungsrahmen für ASE-Prozesse.....	94
4.3.1	Methodisches Vorgehen	95
4.3.2	Ordnungsrahmen	98
4.4	Gestaltungswissen für die unternehmensspezifische Rollenprofilentwicklung für ASE	104
4.4.1	Methodisches Vorgehen	104

4.4.2	Standardisierter Rollenprofilsteckbrief.....	107
4.4.3	Generische Rollenprofile	108
4.5	Rollenmodell für ASE	114
4.5.1	Methodisches Vorgehen	114
4.5.2	Generisches Rollenmodell	118
4.5.3	Tailoring-Maßnahmen	122
4.6	Vorgehensmodell zur Sicherstellung des Transfers	126
5	Demonstration und Evaluation der Systematik	132
5.1	Anwendungsfälle.....	132
5.2	Anwendung der Systematik	133
5.2.1	Aufnahme der Ausgangssituation	133
5.2.2	Bewertung der generischen Rollenprofile und des Ordnungsrahmens	137
5.2.3	Entwicklung des unternehmensspezifischen Rollenmodells und Ableitung von Handlungsempfehlungen.....	141
5.3	Evaluation der Systematik.....	149
5.3.1	Qualitative Interviews mit Industrievertretern	149
5.3.2	Workshop-Reihe mit der GfSE.....	151
5.4	Bewertung und Validierung der Systematik	153
6	Zusammenfassung und Ausblick.....	157
7	Literaturverzeichnis.....	162

Anhang

A1	Ordnungsrahmen für Prozesse des Advanced Systems Engineering.....	175
A1.1	Konzeptdefinition.....	175
A1.2	Systemdefinition.....	176
A1.3	Systemrealisierung.....	178
A2	Rollenprofile für das Advanced Systems Engineering	181
A2.1	Akquise	181
A2.2	Analyse	183
A2.3	Synthese	186
A2.4	Testing	191
A2.5	Projektunterstützende Rollenprofile	193
A3	Generisches Rollenmodell für das Advanced Systems Engineering.....	207
A3.1	Konzeptdefinition.....	207
A3.2	Systemdefinition.....	209
A3.3	Systemrealisierung.....	214

Abkürzungsverzeichnis

ASE Advanced Systems Engineering

AE Advanced Engineering

bspw. beispielsweise

bzw. beziehungsweise

DSM Design Structure Matrix

iPeM Integriertes Produktentstehungsmodell

HR Human Ressource

MDS Multidimensionale Skalierung

RACI Responsible, Accountable, Consulted, Informed

SE Systems Engineering

u.a. unter anderem

vgl. Vergleich

z. B. zum Beispiel

1 Einleitung

“A role is not a job title – it is a structured pattern of behavior expected of a person in a given context.”

— Henry Mintzberg

In einer zunehmend komplexen und interdisziplinären Entwicklungslandschaft stoßen klassische Stellenbeschreibungen an ihre Grenzen. MINTZBERGS Definition macht deutlich, dass Rollen mehr sind als Positionen. Sie strukturieren erwartete Verhaltensweisen im jeweiligen Kontext. Besonders in technischen Entwicklungsprozessen schaffen Rollen Klarheit über Aufgaben, Verantwortlichkeiten und Schnittstellen.

Im Advanced Systems Engineering (ASE das technische, organisatorische und menschliche Aspekte integriert, sind Rollen zentrale Elemente zur Koordination interdisziplinärer Zusammenarbeit. Dennoch fehlt es bislang an konsistenten, methodisch fundierten Rollenmodellen, die den Anforderungen moderner Produktentstehung gerecht werden.

Die vorliegende Arbeit setzt an dieser Lücke an und entwickelt eine **Systematik zur Entwicklung von unternehmensspezifischen Rollenmodellen für das Advanced Systems Engineering**. Hierbei werden die bestehenden Strukturen im Unternehmen aufgegriffen, zweckmäßige Rollenprofile definierte und klare Kollaborationsmodelle entwickelt.

In Kapitel 1.1 wird die zugrunde liegende Problematik erläutert. Kapitel 1.2 legt die Zielsetzung der vorliegenden Arbeit fest. Das Forschungsdesign wird in Kapitel 1.3 vorgestellt. Abschließend erfolgen in Kapitel 1.4 die Einordnung und die Vorgehensweise.

Die vorliegende Arbeit entstand im Rahmen meiner Forschung am Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM und am IPEK – Institut für Produktentwicklung am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und ist im Themenfeld Advanced Systems Engineering verortet.

1.1 Problematik

Die Entwicklung technischer Systeme wird zunehmend durch komplexe, interdisziplinäre und dynamische Rahmenbedingungen geprägt [DAR+21, S. 44ff.; ZPB+24; QM24]. Neben der steigenden technischen Komplexität wirken auch organisatorische Aspekte maßgeblich auf die Produktentstehung ein [DAR+21, RKS24, Alb24]. Der klassische ingenieurwissenschaftliche Fokus auf funktionale Arbeitsteilung und starre Zuständigkeiten stößt dabei zunehmend an seine Grenzen [DAR+21, S. 102ff.; RKS24, S. 8ff.; RKS24, S. 17f.; Alb24, S. 10ff.].

Daneben rückt zunehmend die Integration von menschenzentrierten und organisatorischen Merkmalen in den Mittelpunkt [Alb24, S. 7; DAR+21; BBR21, S. 355; RKS24; GKS+25]. Das Leitbild **Advanced Systems Engineering** betrachtet die Produktentstehung folglich als domänenübergreifenden, iterativen und kollaborativen Prozess, in dem

die verschiedenen technischen Disziplinen, organisatorische Strukturen sowie der Mensch als handelnde Instanz gleichwertig miteinander vernetzt sind [DAR+21; ZPB+24; QM24; GKW+25].

Ziel des Advanced Systems Engineering ist die systematische Verzahnung von Technik, Organisation und Mensch in einem ganzheitlichen Entwicklungsprozess, der den steigenden Anforderungen an Komplexität, Kundenorientierung und Innovationsgeschwindigkeit gerecht wird [DAR+21; RKS24]. Dies umfasst die frühzeitige Integration verschiedener Fachdisziplinen, die konsequente Nutzung digitaler Werkzeuge und Modelle, die Förderung von interdisziplinärer Kommunikation sowie die Schaffung flexibler, anpassungsfähiger Organisationsstrukturen [DAG+21]. Ein wesentliches Charakteristikum besteht darin, dass die klassischen Trennlinien zwischen den Disziplinen zunehmend aufgelöst werden und stattdessen gemeinsame Zielbilder und synchronisierte Prozesse in den Vordergrund treten [DAR+21, S. 102ff.; RKS24, S. 8ff.; RKS24, S. 17f.; Alb24, S. 10ff.]. Dadurch entstehen neue Kooperationsformen, hybride Arbeitsweisen und dynamische Verantwortungsverteilungen, die nicht mehr ausschließlich über funktionale Stellen und Hierarchien abgebildet werden können [GKW+25].

Gerade vor diesem Hintergrund kommt der **Gestaltung von Rollenmodellen** eine zentrale Bedeutung zu: Rollen fungieren im Advanced Systems Engineering nicht nur als Aufgabenbündel, sondern auch als Koordinationsmechanismen, die komplexe Interaktionen steuern, Verantwortlichkeiten klar zuweisen und die notwendige Flexibilität in den Entwicklungsprozessen ermöglichen [Ulm13, S. 30; GPR+20; DAR+21, S. 109ff; GKW+24; GKS+25]. Sie schaffen Orientierung für Zusammenarbeit, Kommunikationsflüsse und Entscheidungsprozesse innerhalb interdisziplinärer Teams [Ulm13, S. 30ff.; ST18, S. 217ff., 245-250; GPR+20].

Die systematische Entwicklung und Anwendung von Rollenmodellen steht jedoch bislang sowohl in der Wissenschaft als auch in der industriellen Praxis vor erheblichen Herausforderungen [GPR+21; GWK+24; GKS+25]. Bestehende Rollenmodelle sind häufig geprägt durch:

- Implizite Rollenverständnisse: Rollen sind vielfach nicht dokumentiert, sondern beruhen auf individuellem Erfahrungswissen. [Opi09, S. 89; Möh12; GPR+20]
- Unklare Abgrenzung zu Funktionen und Stellen: Oftmals fehlt eine trennscharfe Differenzierung zwischen Rolle, Funktion und Position. [RHL70, S. 150ff.; GPR+20, S. 4ff; DAR+21, S. 109ff.]
- Mangel an Systematik: Es existieren kaum standardisierte Vorgehensweisen zur Identifikation, Strukturierung und Gestaltung von Rollenprofilen. [WB18, S. 141ff.; GWK+24; GKS+25]
- Fehlende Integration in Prozesse und Organisation: Rollen sind häufig nicht konsistent mit bestehenden Prozessarchitekturen, Schnittstellen und Governance-Modellen verknüpft. [Möh12, S. 16ff.; Ulm13, S. 111f.; Fra15, S. 199; Neg19]

- Geringe Anpassungsfähigkeit: Vorliegende Rollenmodelle lassen sich selten flexibel an unterschiedliche Unternehmensgrößen, Organisationsformen oder Reifegrade adaptieren. [BK13, S. 45f.; Han16, S. 414; WB18, S. 141ff.]

Diese Herausforderungen verschärfen sich insbesondere in interdisziplinären Entwicklungsprojekten, in denen neue methodische Ansätze wie modellbasierte Entwicklung, agile Methoden oder digitale Validierungsansätze neue Anforderungen an Rollenprofile, Aufgabenverteilungen und Schnittstellenmanagement stellen. [DAR+21; RKS24; Alb24]

Trotz der hohen praktischen Relevanz von Rollen im Advanced Systems Engineering besteht in der wissenschaftlichen Literatur bislang eine deutliche Forschungslücke: Es fehlt ein konsolidierter, methodisch fundierter Ansatz zur systematischen Entwicklung, Strukturierung und Anwendung von Rollenmodellen, der sowohl organisationsübergreifend anschlussfähig ist als auch unternehmensspezifische Anpassungen ermöglicht [GPR+20].

Die vorliegende Arbeit adressiert diese Lücke, indem sie eine anwendungsorientierte und zugleich theoretisch fundierte **Systematik zur Entwicklung von unternehmensspezifischen Rollenmodellen für das Advanced Systems Engineering** erarbeitet.

1.2 Zielsetzung

Ziel der vorliegenden Arbeit ist eine *Systematik zur Entwicklung von unternehmensspezifischen Rollenmodellen für das Advanced Systems Engineering*. Die Systematik soll es Organisationen ermöglichen, ihre vorhandenen Rollenstrukturen systematisch zu analysieren, gezielt weiterzuentwickeln und an die komplexen Anforderungen interdisziplinärer Entwicklungsprozesse anzupassen. Dabei adressiert die Systematik insbesondere die Herausforderungen bei der Gestaltung, Bündelung und Integration von Rollenprofilen. Die Systematik soll sich aus vier zentralen Bestandteilen zusammensetzen:

Als erster Bestandteil soll ein **Rollen-Metamodell** ein Grundverständnis bilden, indem es zentrale Begriffe wie Rolle, Akteur, Aufgabe und Organisationseinheit definiert und in strukturierter Form miteinander verknüpft. Auf dieser Basis unterstützt die Systematik die Analyse bestehender Strukturen, die Identifikation von Lücken sowie die Ableitung unternehmensspezifischer Rollenanforderungen.

Im zweiten Bestandteil soll ein **Ordnungsrahmen für Prozesse des Advanced Systems Engineering** bereitgestellt werden, der die typischen Phasen des Advanced Systems Engineering beschreibt und konkrete Aufgabeninhalte strukturiert. Dieser bildet die Grundlage für eine fundierte Rollenverknüpfung und ermöglicht eine prozessorientierte Rollendefinition.

Als drittes Element soll **Gestaltungswissen für unternehmensspezifische Rollenprofilentwicklung** zur Verfügung gestellt werden. Dieses stellt es transparent die Aufgaben,

Kompetenzen, Verantwortungen, Erwartungen und Schnittstellen-Rollen der Rollenprofile dar und erlaubt zum anderen jenes als Grundlage für die Ableitung konkreter, unternehmensspezifischer Rollenprofilen.

Vierter Bestandteil ist ein übergeordnetes **Vorgehensmodell**, welches durch die einzelnen Schritte der Anwendung, von der Erhebung der Ausgangssituation über die Strukturierung von Rollenprofilen bis hin zur Integration in ein unternehmensspezifisches Kollaborationsmodell, führen soll.

1.3 Forschungsdesign der vorliegenden Arbeit

Für die vorliegende Arbeit wurde ein gestaltungsorientierter Forschungsansatz gewählt [KWH13, S. 6]. Ziel ist es, sowohl praktisch nutzbare Artefakte (z. B. Rollenmodelle, strukturierende Methoden im Advanced Systems Engineering) zu entwickeln als auch einen wissenschaftlichen Beitrag für das Advanced Systems Engineering zu leisten.

Die Arbeit orientiert sich methodisch an der **Design Science Research Methodology (DSRM)** nach PEFFERS ET AL. [PTR07], die sich in der gestaltungsorientierten Forschung etabliert hat. Sie basiert auf dem von SIMON konzipierten Verständnis von Design Science. Im Zentrum steht dabei nicht die reine Beschreibung bestehender Phänomene, sondern die konzeptionelle Auseinandersetzung mit Problemen durch die Entwicklung innovativer Lösungen [Sim96]. Design Science strebt damit nicht nur Erkenntnisgewinn an, sondern zielt insbesondere auf die Lösungsorientierung und Anwendungsrelevanz ab. Sie adressiert reale, komplexe Herausforderungen und fordert gleichzeitig eine wissenschaftlich fundierte Vorgehensweise bei der Entwicklung von Artefakten. Der Begriff „Artefakt“ umfasst in diesem Zusammenhang sowohl Modelle, Methoden, Frameworks als auch technische Systeme oder Prozessstrukturen [Sim96].

Die DSRM konkretisiert die Design Science durch ein strukturiertes Vorgehensmodell, das den Forschungsprozess in sechs iterative Schritte gliedert – von der Problemidentifikation bis zur Evaluation und Kommunikation der Ergebnisse [PTR07]. Ziel ist es, den Gestaltungsprozess in der Forschung zu strukturieren und dadurch sowohl die wissenschaftliche Relevanz als auch den praktischen Nutzen zu stärken. Zentral ist dabei die Verknüpfung von Problemverständnis und Lösungsgestaltung: Durch die intensive Auseinandersetzung mit einem Anwendungsproblem und der darauf abgestimmten Entwicklung eines unterstützenden Artefakts wird ein ganzheitlicher Forschungsansatz ermöglicht. [PTR07]

Die sechs iterativen Schritte der DSRM sind die folgenden (vgl. Bild 1-1) [PTR07]:

- 1) *Problemidentifikation und Motivation*: In der ersten Phase wird ein reales, gestaltungsbedürftiges Problem identifiziert und in seiner Komplexität analysiert. Ziel ist es, die Relevanz des Themas herauszuarbeiten und eine fundierte Problemkenntnis als Grundlage für den weiteren Forschungsprozess zu schaffen.

Voraussetzungen sind fundierte Kenntnisse über den Problemraum und bisherige Lösungsansätze.

- 2) *Festlegung von Zielen für eine Lösung:* Aufbauend auf der Problemdefinition werden konkrete, erreichbare Ziele formuliert, die den Designprozess leiten. Sie basieren idealerweise auf der Problemanalyse und berücksichtigen bestehende Lösungsansätze und deren Grenzen.
- 3) *Entwurf und Entwicklung:* In dieser Phase wird ein Artefakt, z. B. ein Modell, eine Methode oder ein System, auf Basis wissenschaftlicher Erkenntnisse und kreativer Ansätze entwickelt, um die zuvor definierten Anforderungen gezielt zu erfüllen.
- 4) *Demonstration:* Das Artefakt wird in einer passenden Anwendungssituation demonstriert, um seine Funktionsfähigkeit und praktische Anwendbarkeit aufzuzeigen. Dies können u.a. Fallstudien oder Simulationen sein.
- 5) *Evaluation:* Durch z. B. Expertenfeedback und Interviewstudien wird der Einsatz des Artefakts systematisch auf Wirksamkeit, Effizienz und Qualität geprüft. Die Ergebnisse liefern Ansätze für Verbesserungen und mögliche Rückkopplungen im Entwicklungsprozess.
- 6) *Kommunikation:* Abschließend werden die Forschungsergebnisse in geeigneter Form kommuniziert, etwa durch Publikationen oder Vorträge, um Wissenschaft und Praxis zu informieren und den Diskurs anzuregen.

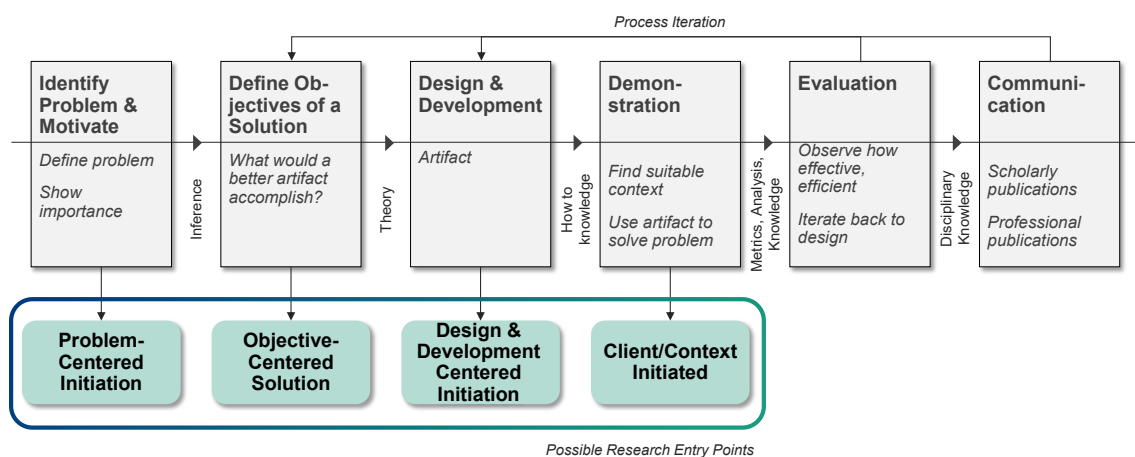


Bild 1-1 DSRM-Prozess nach PEFFERS ET AL. [PTR07]

Je nach Ausgangslage der Forschung sieht die DSRM vier unterschiedliche Einstiegs- punkte in den Forschungsprozess vor. Ein *problemzentrierter Einstieg* beginnt mit der Identifikation eines konkreten Problems (Phase 1) und eignet sich besonders, wenn sich die Forschungsfragen u.a. aus der Beobachtung realer Herausforderungen ableiten lassen. Im Gegensatz dazu startet der *zielorientierter Einstieg* mit der Definition angestrebter

Lösungsergebnisse (Phase 2). Ein *design- und entwicklungsorientierter Einstieg* setzt direkt in der Gestaltungsphase (Phase 3) an. Ausgangsbasis ist hier meist ein bereits existierendes Artefakt, das zwar funktional ist, jedoch bislang nicht systematisch im Hinblick auf eine bestimmte Problemstellung konzipiert oder evaluiert wurde. Der vierte Einstiegs-punkt ermöglicht einen *kontext- bzw. kundeninitiierten Einstieg* über Phase 4: Hier steht eine praktische Lösung im Mittelpunkt, deren Wirksamkeit in der Anwendung bereits beobachtet wurde. Ziel ist es, diesen Ansatz rückwirkend zu analysieren, zu strukturieren und in ein wissenschaftlich fundiertes Design-Science-Vorgehen zu überführen [PTR07].

1.4 Einordnung und Vorgehensweise der vorliegenden Arbeit

Für die vorliegende Arbeit wurde der problemzentrierte Ansatz der DSRM ausgewählt. Bild 1-2 veranschaulicht die Zusammenhänge der DSRM-Phasen und der Gliederung der Arbeit. Letztere ist in sechs Kapiteln strukturiert, welche sich in dem sechsstufigen Aufbau der DSRM verorten lassen.

Ein kurzer Überblick über die Vorgehensweise in Verbindung mit der Forschungsmethodik der Systematik wird im Folgenden vorgestellt. Tabelle 1-1 beschreibt die untergeordneten Forschungsmethoden, die eingesetzt wurden, um bestimmte Bestandteile des Lösungsartefakts zu erstellen (s. Tabelle 1-1):

1) Problemidentifikation und Motivation (Phase 1 der DSRM)

Auf Basis einer systematischen Literaturanalyse werden die Probleme und Herausforderungen bei der Entwicklung von Rollenmodellen für das Advanced Systems Engineering identifiziert und strukturiert. Diese bilden den Ausgangspunkt der Untersuchung. Nach einer kurzen Einführung in die Problematik in **Kapitel 1** erfolgt eine tiefergehende Untersuchung des Problemraums in **Kapitel 2**. Dafür werden zunächst Begriffe definiert und voneinander abgegrenzt. Folgend werden im Rahmen der Problemanalyse die Forschungsfelder „Advanced Systems Engineering“ und „Rollen im Engineering – Theorie und Praxis“ anhand einzelner Erfolgsfaktoren aufgespannt.

2) Definition der Ziele der Lösung bzw. der Systematik (Phase 2 der DSRM)

Folgend werden Ziele und Anforderungen an eine Systematik zur Entwicklung von unternehmensspezifischen Rollenmodellen für das Advanced Systems Engineering am Ende des zweiten Kapitels definiert. **Kapitel 3** greift diese Ziele und Anforderungen bei der Erhebung des Stands der Technik auf. Dabei werden Ansätze zur Strukturierung des Advanced Systems Engineering und zur Herleitung von Rollenprofilen sowie -modellen in Betracht gezogen. Bestehende Rollenprofile und -modelle werden anschließend beschrieben. Das Kapitel 3 schließt mit einer Bewertung der vorgestellten Ansätze unter Berücksichtigung der Zielerfüllung der Anforderungen. Ergebnis ist der Handlungsbedarf für die zu entwickelnde Systematik.

3) **Entwicklung** (*Phase 3 der DSRM*)

Im Rahmen dieser Phase wird in **Kapitel 4** die Systematik zur Entwicklung von unternehmensspezifischen Rollenmodellen für das Advanced Systems Engineering vorgestellt. Beginnend mit einem Überblick über die gesamte Systematik werden anschließend alle Teilaspekte der Systematik separat detailliert erläutert. Hierzu gehören ein Rollen-Metamodell, ein Ordnungsrahmen für die Prozesse des Advanced Systems Engineering, Gestaltungswissen für unternehmensspezifische Rollenprofile sowie ein Vorgehensmodell, welches alle entwickelten Artefakte verknüpft und die Planung sowie Durchführung der Systematik anleitet. Zur Entwicklung wurde ein situatives Methodenengineering aus dem erarbeiteten Methodenrepository aus Kapitel 3 ausgewählt.

DSRM-Phasen	Gliederung der Arbeit	
Problem & Motivation	Kap. 1: Einleitung	
Zieldefinition	Kap. 2: Problemanalyse	Kap. 2.1 bis 2.3
		Kap. 2.4 bis 2.5
	Kap. 3: Stand der Technik	
Entwicklung	Kap. 4: Vorstellung der Systematik	
Demonstration	Kap. 5: Demonstration und Evaluation	Kap. 5.1 bis 5.2
Evaluation		Kap. 5.3 bis 5.4

Bild 1-2 DSRM-Phasen und die Gliederungsstruktur der vorliegenden Arbeit

4) **Demonstration** (*Phase 4 der DSRM*)

Die Anwendbarkeit der entwickelten Artefakte wird im ersten Teil von **Kapitel 5** anhand von drei Fall-Studien und Workshop-Ergebnissen mit Industriepartnern aufgezeigt.

5) **Evaluation** (*Phase 5 der DSRM*)

Der zweite Teil des **Kapitels 5** widmet sich der Evaluation. Die entwickelte Systematik wird qualitativ hinsichtlich ihrer Praxistauglichkeit, Anschlussfähigkeit an bestehende Strukturen sowie ihres Beitrags zur Zielerreichung bewertet.

6) **Kommunikation der Ergebnisse** (*Phase 6 der DSRM*)

Im **Kapitel 6** erfolgt eine Zusammenfassung der Arbeit. Zukünftiger Forschungsbedarf sowie bereits bestehende Weiterentwicklungsaktivitäten der Systematik

werden beschrieben. Darüber hinaus wurden die Ergebnisse der vorliegenden Arbeiten bereits während der Erstellung auf verschiedenen Konferenzen vorgestellt und diskutiert.

Weiterführende Informationen zu dieser Arbeit, wie z. B. generische Rollenprofilsteckbriefe, sind im **Anhang** zu finden.

Tabelle 1-1 Entwicklungsartefakte der vorliegenden Arbeit

Artefakte	Forschungsmethode	Kapitel
Rollen-Metamodell	Systematische Literaturanalyse	4.2
Orientierungsrahmen für die Prozesse des Advanced Systems Engineering	Gestaltung anhand der Anforderungen auf Basis von verschiedenen Ansätzen zur Strukturierung des Engineerings	4.3
Gestaltungswissen für unternehmensspezifische Rollenprofile	Systematische Literaturrecherche und Experten-Interviews, Ähnlichkeitsanalysen	4.4.1 4.4.2
Steckbriefsatz von Rollenprofilen für das Advanced Systems Engineering	Systematische Literaturrecherche, Bewertungsansätze, Clusterungen, Experten-Workshops	4.4.3
Kollaborationsmodell für das Advanced Systems Engineering	Entwicklung auf Basis der Anforderungen und Ziele der Problemanalyse, Abhängigkeitsanalysen, Experten-Interviews	4.5
Vorgehensmodell zur Ableitung unternehmensspezifischer Artefakte	Erarbeitung mit Hilfe verschiedener, bereits etablierter Ansätze, Nutzwertbetrachtungen, Clusterungen	4.6

2 Problemanalyse

Ziel der vorliegenden Arbeit ist eine Systematik zur Entwicklung von unternehmensspezifischen Rollenmodellen für das Advanced Systems Engineering. Die Erarbeitung dieser Systematik erfordert ein fundiertes Verständnis der zugrunde liegenden Problemstellung. Kapitel 2.1 widmet sich zunächst der Begriffsklärung und -abgrenzung zentraler Konzepte, um ein einheitliches Verständnis zu schaffen. Daran anschließend wird in Kapitel 2.2 der Wandel industrieller Wertschöpfung sowie das Forschungsfeld Advanced Systems Engineering näher erläutert, um den Rahmen und die Relevanz des Themas einzuordnen. Kapitel 2.3 legt den Fokus auf die Rolle des Menschen im Engineering-Kontext. Es beleuchtet bestehende Rollenprofile und -modelle sowie Herausforderungen in diesem Bereich und zeigt auf, welchen Stellenwert Rollen im interdisziplinären Entwicklungsumfeld einnehmen. In Kapitel 2.4 erfolgt die Problemabgrenzung: Die zuvor gewonnenen Erkenntnisse werden verdichtet, um daraus zentrale Forschungsfragen abzuleiten. Diese bilden die Grundlage für Kapitel 2.5, in dem die Ziele und Anforderungen an die angestrebte Systematik zur Entwicklung von unternehmensspezifischen Rollenmodellen für das Advanced Systems Engineering formuliert werden.

2.1 Begriffsverständnis und -abgrenzung

In den folgenden Kapiteln 2.1.1 bis 2.1.4 werden die für diese Arbeit relevanten Begriffe erläutert und systematisch abgegrenzt, da diese sowohl in der wissenschaftlichen Literatur als auch in der Praxis uneinheitlich verwendet und teilweise kontrovers diskutiert werden. Ziel ist ein einheitliches Verständnis zentraler Begrifflichkeiten. Dabei versteht sich das Kapitel nicht als umfassende Literaturanalyse, sondern als gezielte begriffliche Klärung im Kontext der vorliegenden Untersuchung.

2.1.1 Engineering, Produktentstehung und Produktentwicklung

Für ein fundiertes Verständnis im Kontext des Advanced Systems Engineering ist es notwendig, die zentralen Begriffe Engineering, Produktentstehung und Produktentwicklung zu definieren und in Beziehung zueinander zu setzen.

Der Begriff **Engineering** leitet sich vom lateinischen ingenium (Einfallsreichtum) und ingeniare (ersinnen) ab [SMM+19]. Das CAMBRIDGE DICTIONARY beschreibt Engineering als „*the study of using scientific principles to design and build machines [...]*“ sowie „*the work of an engineer [...] using scientific principles*“ [Cam25-ol]. LOPEZ-CRUZ versteht Engineering als die menschliche Tätigkeit, die sich mit dem kreativen Design, der

Realisierung und Steuerung von Systemen befasst, um bestehende in gewünschte Umwelten zu transformieren [Lop22]. Die VDI-RICHTLINIE 2221¹ definiert Engineering als Gesamtheit technischer Tätigkeiten zur Entwicklung und Realisierung technischer Systeme [VDI19]. Das INCOSE²-HANDBUCH ergänzt: „*Engineering is the application of an interdisciplinary approach and means to enable the realization of successful systems*“ [Inc23]. SIMON spricht vom „*Engineering als Wissenschaft des Künstlichen*“, das sich im Gegensatz zur Naturwissenschaft nicht mit Analyse, sondern mit Synthese beschäftigt [Sim96]. THEODORE VON KÁRMÁN betont: „*Scientists discover the world that exists; engineers create the world that never was*“ [Buc03]. KOEN beschreibt Engineering als methodische Praxis zur Lösung technischer Probleme unter unsicheren Bedingungen [Koe85]. ULRICH und EPPINGER sehen Engineering als strukturierte Umsetzung technischer und wirtschaftlicher Anforderungen in Produktspezifikationen [UE16].

Der Begriff **Produktentstehung** umfasst alle Phasen von der Idee über Entwicklung und Konstruktion bis zur Produktionsfreigabe [VDI19]. Sie beschreibt die Gesamtheit aller Aktivitäten, die notwendig sind, um aus einer Produktidee ein marktfähiges Produkt zu entwickeln [FG13, S. 10]. Laut BINZ und GÖHNER gehören dazu auch Produktplanung und -herstellung [BG21, S. 58]. EIGNER und STELZER betonen den interdisziplinären Charakter, bei dem Entwicklungs-, Produktions- und Informationssysteme integriert werden [ES09, S. 1ff.]. GAUSEMEIER ET AL. erweitern diese Sicht um strategische und dienstleistungsbezogene Aspekte: Produktentstehung reicht von der Geschäftsidee bis zum Serienanlauf [GDE+21, S. 89ff.]. BRAUN versteht Produktentstehung als Modell strukturierter Phasen und Abhängigkeiten [Bra14]. ALBERS ET AL. rücken den Menschen ins Zentrum der Produktentstehung [ABE13]. ANDERL beschreibt den zunehmenden Einsatz digitaler Werkzeuge zur virtuellen Abbildung und Optimierung [And19, S. 2045], während OERDING auf die wachsende disziplinübergreifende Komplexität hinweist [Oer09, S. 99ff.].

Der Begriff **Produktentwicklung** bezeichnet nach FELDHUSEN und GROTE den zielgerichteten, systematischen Prozess zur Erarbeitung technischer Lösungen unter funktionalen, wirtschaftlichen und ökologischen Gesichtspunkten [FG13, S. 13ff.]. GAUSEMEIER ET AL. betonen die interdisziplinäre Produktkonzipierung und Integration zu einer Gesamtlösung [GDE+21, S. 90]. KRAUSE und GEBHARDT beschreiben Produktentwicklung als iterativen, wissensbasierten Problemlösungsprozess [KG18, S. 9f.]. Laut ANDERL wird die Entwicklung zunehmend digital durch Entwicklungsansätze und Hilfsmittel wie RFLP-Modelle (Requirements, Functions, Logical, Physical) und Model-Based Systems Engineering unterstützt, die bereits in frühen Phasen simulationsgestützte Entscheidungs-

¹ Die VDI-Richtlinie 2221 beschreibt eine methodische Vorgehensweise zur Entwicklung und Konstruktion technischer Systeme und Produkte und gilt als grundlegender Standard im deutschsprachigen Maschinenbau. [VDI19]

² Das INCOSE Systems Engineering Handbook ist ein international anerkanntes Standardwerk, das einen strukturierten, interdisziplinären Ansatz zur Entwicklung komplexer technischer Systeme beschreibt und dabei Methoden, Prozesse und Best Practices des Systems Engineering vereint. [Inc23]

gen ermöglichen [And19, S. Y2]. LINDEMANN hebt die Rolle des Menschen im Entwicklungsprozess hervor und beschreibt das Dilemma, Produktmerkmale früh festlegen zu müssen, obwohl deren Auswirkungen oft noch unklar sind [Lin09, S. 8ff.].

Zusammengefasst: Das *Engineering* stellt den übergeordneten Rahmen dar, in dem interdisziplinäre, methodische und kreative Aktivitäten zur Gestaltung technischer Systeme stattfinden. Innerhalb dieses Rahmens nimmt die *Produktentstehung* eine Schlüsselrolle ein: Sie beschreibt den gesamten Prozess von der ersten Produktidee bis zur Markteinführung. Ein Teilaspekt dieser Produktentstehung ist die *Produktentwicklung*, die sich gezielt mit der systematischen Ausarbeitung technischer Lösungen befasst (vgl. Bild 2-1). gibt die gewonnenen Erkenntnisse durch eine zusammenfassende, inhaltliche Einordnung dieser Begriffe wieder.

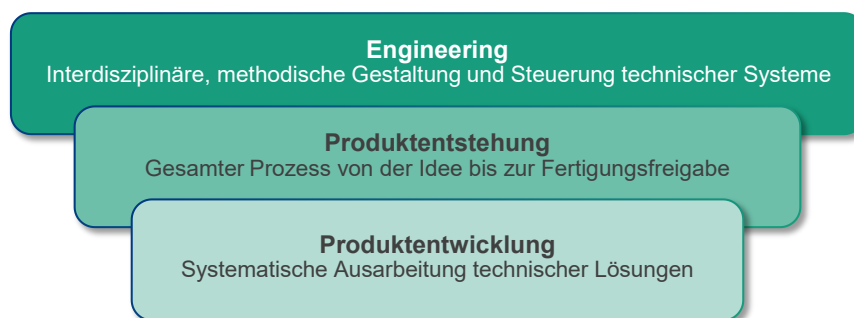


Bild 2-1 Systematische Einordnung von Engineering, Produktentstehung und Produktentwicklung (eigene Darstellung)

2.1.2 Prozess, Aufgabe und Artefakt

Ein einheitliches Verständnis der Begriffe Prozess, Aufgabe und Artefakt ist von zentraler Bedeutung, um Rollenprofile und -modelle fundiert entwickeln und eindeutig zuordnen zu können. In interdisziplinären Entwicklungsumgebungen hängt die Rollendefinition maßgeblich davon ab, welche Aufgaben zu welchen Zeitpunkten in welchen Prozessen bearbeitet und welche Artefakte dabei erzeugt oder genutzt werden. Die nachfolgenden Begriffserklärungen orientieren sich an aktuellen wissenschaftlichen Diskursen, aber auch an praxisnahen Definitionen.

Im Engineering beschreibt ein **Prozess** eine strukturierte Abfolge von Aktivitäten, die auf ein definiertes Ziel hinführen. Das Ziel kann hier etwa ein Produkt, Ergebnis oder eine Dienstleistung sein. Das *INCOSE Systems Engineering Handbook* definiert einen Prozess als „a set of interrelated actions and activities performed to achieve a specified set of products, results, or services“ [Inc23]. Jeder Systems Engineering Prozess kann laut INCOSE durch ein Input-Process-Output-Diagramm charakterisiert werden [GO22, Inc23]. ROPOHL betont die Wirkungsperspektive. Laut ihm sind Prozesse *Handlungen zur zielgerichteten Nutzung von Mitteln zur Wirkungserzeugung* [Rop09]. LINDEMANN versteht Prozesse als Ordnungsrahmen, in dem Informationen und Ressourcen durch Aktivitäten

transformiert werden. Im Fokus steht hier das Ziel, Aktivitäten und Resultate größtmöglicher Effektivität und Effizienz zu erreichen [Lin09, S. 5; Lin09, 16ff.]. GRÄBLER und OLEFF fassen Prozesse als bewährte Vorgehensmuster zur Lösung technischer, organisatorischer und managementbezogener Aufgaben. Ihr Einsatz und Umfang sind abhängig vom Anwendungsfall. Zu jedem Prozess wird zusätzlich festgelegt, wer welche Verantwortlichkeit übernimmt [GO22, S. 109ff.].

Der Begriff **Aufgabe** beschreibt hier eine zielgerichtete, strukturierte Aktivität, die innerhalb eines Prozesses, eines Systemmodells oder eines Projektrahmens eingebettet ist. Sie ist wesentlich für die Umsetzung technischer, organisatorischer oder entwicklungsbezogener Ziele und bildet die operative Ebene technischer Prozesse [GDE+21]. Prozesse sind so als Bündel von Aufgaben zu verstehen, wobei jedes Aufgabenbündel auf ein spezifisches Ziel im Systemlebenszyklus ausgerichtet ist. Innerhalb dieser Bündel strukturieren Aufgaben das Handeln, indem sie durch konkrete Aktivitäten operationalisiert werden [GO22, S. 109ff.]. BROY und KUHRMANN fassen Aufgaben als im Projektkontext verankerte Leistungen mit festgelegten Ergebnissen auf – typischerweise in Form von Artefakten, die an Stakeholder oder Auftraggeber übergeben werden [BK13, S. 34]. Damit wird deutlich, dass Aufgaben nicht isoliert, sondern im Zusammenspiel mit Systemarchitektur, Modellierung und Stakeholderinteressen betrachtet werden müssen. LINDEMANN beschreibt Aufgaben abstrakter als Zielsetzungen, die mit bekannten Mitteln erreichbar sind [Lin09, S. 329]. Dieses Verständnis betont die Planbarkeit und Steuerbarkeit von Aufgaben. WINZER betrachtet Aufgaben als strukturierte Komponenten komplexer Entwicklungssysteme, deren Zielsicherheit und Einfachheit entscheidend für den Erfolg im Umgang mit Komplexität sind [Win16]. Daraus ergibt sich eine Notwendigkeit zur Modularisierung und Transparenz von Aufgaben innerhalb technischer Prozesse. Im softwaretechnischen Kontext wiederum werden Aufgaben als hierarchische Beschreibungen von Tätigkeiten und Handlungen einzelner Benutzer definiert [YGS13, S. 6].

Der Begriff **Artefakt** im Kontext der Produktentstehung beschreibt eine strukturierte, zweckgerichtete Einheit von Informationen, die im Rahmen eines Entwicklungsprozesses erstellt, verwendet oder weiterverarbeitet wird. Er stellt ein konkretes Ergebnis einer Projektaktivität dar und bildet einen inhaltlichen Baustein für die Spezifikation oder Modellierung technischer Systeme [GO22, S. 56; KMP+09, S. 3]. Artefakte können dokumentiert, modelliert oder implementiert vorliegen. Beispiele sind Quellcode, Textdokumente, Systemmodelle oder Prüfberichte. Sie sind rollenbezogen zugeordnet, unterliegen der Qualitätssicherung und müssen typisiert, versioniert und strukturiert sein [BK13, S. 11ff.]. In modellbasierten Entwicklungsansätzen repräsentieren Artefakte häufig die Zustände eines Modells über verschiedene Phasen hinweg [HVB+16]. Die Beziehungen zwischen Artefakten, bspw. Aggregation, Komposition oder Assoziation, werden in Artefaktmodellen dargestellt, die als Vorlage für Systembeschreibungen dienen [KMP+09, S.3; CBM+23]. Zur besseren Systematisierung lassen sich Entwicklungsartefakte in Kategorien wie Anforderungen, Funktionen, Systemelemente sowie Verifikations- und Validierungselemente gliedern [GO22, S. 229].

Zusammengefasst: Ein *Prozess* ist eine strukturierte Abfolge zusammenhängender Aktivitäten, die auf ein definiertes Ziel im Lebenszyklus eines Systems ausgerichtet sind. Er bildet den methodischen Rahmen für die technische und organisatorische Zusammenarbeit verschiedener Rollen. Während die *Aufgabe* eine klar abgegrenzte, zielgerichtete Handlungseinheit innerhalb eines Prozesses mit definierten Inputs, Outputs und Verantwortlichkeiten darstellt, ist ein *Artefakt* das konkrete Ergebnis einer Aufgabe. Zusammen bilden Prozess, Aufgabe und Artefakt die strukturelle Grundlage für ein nachvollziehbares und rollenbasiertes Advanced Systems Engineering.

2.1.3 Rolle und Stelle

Die Differenzierung zwischen den Begriffen *Rolle* und *Stelle* ist essenziell, um Zuständigkeiten, Verantwortlichkeiten sowie dynamische Arbeitsbeziehungen in interdisziplinären Entwicklungsumgebungen beschreiben und verstehen zu können.

Der Begriff **Rolle** ist ein personenunabhängiges und aufgabenbezogenes Konstrukt, das in Organisationen zunehmend dynamisch und kontextbasiert eingesetzt wird. Rollen beschreiben ein Bündel von Kompetenzen, Verhaltensweisen und Verantwortlichkeiten, die erforderlich sind, um spezifische Aufgaben oder Funktionen auszuführen [BK13, S. 34; Opi09, S. 87ff.; KKR+20, S. 40]. Rollen werden dabei nicht nur von Einzelpersonen, sondern auch von Teams oder Organisationseinheiten übernommen und sind nicht notwendigerweise an eine feste hierarchische Position gebunden [Han20, S. 36; FK18, S. 86]. Vielmehr sind sie häufig situativ gestaltet und ermöglichen mehrere Rollenprofile pro Person [Neg19, S. 65]. Dies hebt die Rolle deutlich von der traditionellen Stellenbeschreibung ab [Hof18, S. 98]. Eine Rolle umfasst typischerweise einen Namen und eine Beschreibung, die zugewiesenen Aktivitäten, das erwartete Verhalten, notwendige Kompetenzen und Qualifikationen [KKR+20, S. 41; Han20, S. 9]. Zudem können Rollen unterschiedliche Involvierungsgrade aufweisen, etwa beratend, mitwirkend oder führend [Opi09, S. 88]. Sie sind damit ein zentrales Element agiler und interdisziplinärer Organisationsformen, insbesondere im Engineering-Umfeld, wo Fachdisziplinen übergreifend zusammenarbeiten und Zuständigkeiten flexibel verteilbar sein müssen [Ulm13, S. 22].

Im Gegensatz dazu stellt der Begriff **Stelle** eine formale, organisatorisch fixierte Einheit dar, die sich durch ein festes Zuständigkeits- und Aufgabenprofil innerhalb der Aufbauorganisation definiert. Sie ist das kleinste Element einer Organisation, das dauerhaft einer Person zugeordnet werden kann [Gey14, S. 2; Sch14, S. 163]. Die Stelle umfasst in der Regel ein klar beschriebenes Aufgabenspektrum (fachlich und hierarchisch), eine Stellenbeschreibung mit Zielen, Kompetenzen und Verantwortung sowie die Einbindung in die Organisationsstruktur [Gey14, S. 5; PS13, S. 113]. Dabei grenzt sich eine Stelle durch den Arbeitsprozess, das erwartete Resultat und die verfügbaren Kapazitäten (qualitative und quantitative Ressourcen) gegenüber anderen Stellen ab [Ulm13, S. 23]. Im klassischen Verständnis bildet sie den statischen Gegenpol zur flexiblen Rolle, wobei sie in der modernen Arbeitswelt zunehmend als zu unflexibel und realitätsfern kritisiert wird

[Ulm13, S. 8; Hin17, S. 63]. Gleichzeitig wird die Stelle jedoch weiterhin als Grundelement der Aufbauorganisation betrachtet und bleibt in stabilen, hierarchisch geprägten Organisationen ein wichtiges Instrument zur Steuerung und Effizienzsteigerung [Sch14, S. 163; Geh06, S. 267].

Zusammengefasst: Während der Begriff der *Stelle* primär der formalen, statischen Aufbauorganisation zugeordnet wird, steht die *Rolle* für eine flexible, aufgabenorientierte Funktion, die in sich wandelnden Projektkontexten situativ angepasst werden kann (vgl. Bild 2-2). Diese Unterscheidung ist sowohl aus organisatorischer als auch aus soziologisch-psychologischer Perspektive von Bedeutung und stellt eine wesentliche Grundlage für die Entwicklung eines fundierten Rollenmodells im ASE dar.

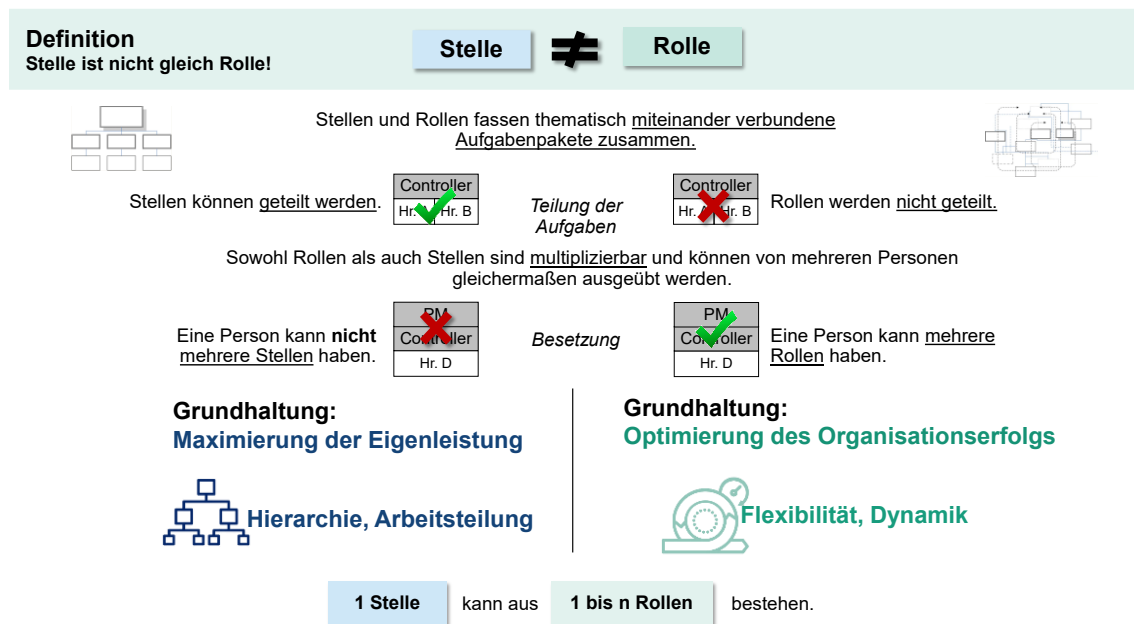


Bild 2-2 Gegenüberstellung Stelle und Rolle (eigene Darstellung)

2.1.4 Kompetenzprofil, Erwartungen und Verantwortung

Die Betrachtung von Aufgaben verdeutlicht ihre zentrale Rolle in der Gestaltung technischer Entwicklungsprozesse. Sie fungieren nicht nur als operative Einheiten innerhalb von Prozessen, sondern auch als Ankerpunkt zur inhaltlichen Ausgestaltung von Rollen. Aus der systematischen Analyse von Aufgaben lassen sich konkrete Anforderungen ableiten, die Personen in einer bestimmten Rolle erfüllen müssen (vgl. Kapitel 2.1.2 und 2.1.3).

In der wissenschaftlichen Diskussion wird der Begriff **Kompetenz** als die Fähigkeit verstanden, selbstorganisiert, kreativ und verantwortungsbewusst auf berufliche Herausforderungen zu reagieren [Erp07; Kau14; SKM07]. Dabei geht der Kompetenzbegriff über Wissen, Fähigkeiten und Fertigkeiten hinaus. Kompetenz wird vielfach als Handlungsvoraussetzung verstanden, die sich in situationsbezogenem, beobachtbarem Verhalten

zeigt [Arn10; Kau14, S. 122; SKM07; SS16, S. 14]. Dies wird insbesondere dort ersichtlich, wenn Personen eigenverantwortlich und wirksam agieren müssen. Dabei werden kognitive, emotionale, motivationale und soziale Ressourcen integriert [NRS13, S. 43f.]. Ein etabliertes Strukturmodell bietet das *PAFS-Modell*, das vier Dimensionen kompetenten Handelns unterscheidet [SS16, S. 14ff.]:

- Personale Kompetenz: *Selbstreflexion, Werteorientierung und die Entwicklung produktiver Haltungen*
- Aktivitäts- und handlungsorientierte Kompetenz: *Die Fähigkeit, Wissen und Werte aktiv in praktisches Handeln zu überführen*
- Fachlich-methodische Kompetenz: *Problemlösungsfähigkeit auf Basis fundierten Fachwissens und geeigneter Methoden*
- Sozial-kommunikative Kompetenz: *Kooperations-, Kommunikations- und Konfliktfähigkeit im Teamkontext*

Im organisationalen Umfeld werden diese Anforderungen zunehmend über Kompetenzprofile operationalisiert. Sie dienen dazu, die für eine bestimmte Rolle notwendigen Fähigkeiten systematisch zu erfassen und zu beschreiben. Typischerweise gliedern sich Kompetenzprofile in vier zentrale Bereiche [Kau14, S. 122]:

- Fachkompetenz (*Wissen und Fertigkeiten zur Aufgabenbewältigung*),
- Methodenkompetenz (*strukturierte, analytische Vorgehensweisen*),
- Sozialkompetenz (*interpersonelle Fähigkeiten im Arbeitsumfeld*),
- Selbstkompetenz (*Selbststeuerung, Belastbarkeit, Selbstentwicklung*)

Aus Sicht der Bildungsforschung wird Kompetenz zudem als lebenslang entwickelbare Fähigkeit betrachtet. Kompetenzentwicklung gilt dabei nicht nur als Anpassung, sondern auch als aktive Gestaltung des eigenen beruflichen Handelns [DG05; Gay19, S. 26].

In der Gestaltung von Rollenprofilen gehen zudem die Begriffe **Erwartung** und **Verantwortung** einher. Beide Begriffe sind eng miteinander verknüpft, beschreiben jedoch unterschiedliche Aspekte des Handelns.

In Organisationen beschreibt der Begriff **Erwartung** die Verhaltensweisen oder Ergebnisse, die mit einer bestimmten Rolle oder Stelle verbunden sind. Erwartungen geben Orientierung, reduzieren Unsicherheit und strukturieren Handlungen im sozialen Miteinander [SG24, S. 25; Luh87]. Grundsätzlich unterscheidet die Literatur zwischen formalen Erwartungen, die z. B. in Stellenbeschreibungen oder Zielvereinbarungen fixiert sind, und informalen Erwartungen, die durch Teamnormen oder Unternehmenskultur entstehen [SG24, S. 13]. Beide Formen wirken verhaltenssteuernd, wobei formale Erwartungen oft mit Sanktionen verbunden sein können. Aus der Perspektive der Rollentheorie sind Erwartungen zentrale Bestandteile sozialer Rollen. DAHRENDORF unterscheidet dabei zwischen Muss-, Soll- und Kann-Erwartungen mit jeweils unterschiedlicher Verbindlichkeit

[Roe05, S. 336f.]. Erwartungen definieren somit nicht nur, was eine Person tun soll, sondern auch, wie sie sich dabei verhalten soll. Sie strukturieren Kommunikations- und Arbeitsprozesse, indem sie mögliche Verhaltensoptionen eingrenzen und Normen etablieren [Kam10; SG24, S. 25]. Dies erleichtert Abstimmung und Steuerbarkeit in komplexen Arbeitsumgebungen. In z. B. agilen Teams können individuelle, gruppenbezogene und organisationale Erwartungen miteinander in Konflikt geraten [CBB+23, S. 3].

Der Begriff **Verantwortung** bezeichnet dagegen die Pflicht oder Bereitschaft, für Handlungen und deren Folgen gegenüber anderen Personen, Institutionen oder einer normativen Instanz einzustehen [Hei16, S. 2; Len16, S. 7; WZ20]. In Organisationen wird der Begriff Verantwortung häufig mit Zuständigkeit gleichgesetzt: Für jeden Prozessschritt muss eine verantwortliche Person benannt sein [Tre23, S. 126]. Eine systematische Ableitung von Verantwortung erfolgt idealerweise aus Prozessen: Erst wenn die zugehörigen Aufgaben geklärt sind, können Rollen mit passender Verantwortung geformt werden. Dabei gilt es, Funktionstrennung und Transparenz sicherzustellen, etwa durch das Vier-Augen-Prinzip [Tre23, S. 142]. In der Praxis wird zwischen ausführender, mitwirkender und beratender Verantwortung unterschieden. Die Hauptverantwortung liegt bei der ausführenden Rolle, Unterstützung erfolgt je nach Bedarf [DWZ+20, S. 146ff.]. Psychologisch betrachtet ist Verantwortung ein relationales Konzept: Sie entsteht in sozialen Situationen durch die Zuschreibung von Handlung, Kausalität und Haftung [Gra94; Len16 S. 6]. Dabei spielen Absicht, Fähigkeit, Wissen und Rolle einen entscheidenden Aspekt für die Beurteilung [Hei16, S. 8f.]. Verantwortung kann in vier Hauptdimensionen unterschieden werden [Hei16, S. 8f.]:

- Handlungsverantwortung: *für Folgen eigener oder fremder Handlungen*
- Rollenverantwortung: *Zuständigkeit im Berufs- und Funktionskontext*
- Moralische Verantwortung: *ethisch nicht delegierbare Verpflichtung*
- Rechtliche Verantwortung: *objektiv sanktionierbar nach Schuldkriterien*

Zusammengefasst: Aufgaben bilden den Ausgangspunkt für die Definition von Rollen. Kompetenz beschreibt die Fähigkeit, selbstorganisiert, kreativ und verantwortungsvoll auf Anforderungen zu reagieren, und wird über strukturierte Kompetenzprofile operationalisiert. Erwartungen formulieren antizipierte Beiträge und Verhaltensweisen einer Rolle, während Verantwortung die Pflicht bezeichnet, für Handlungen und deren Folgen verbindlich einzustehen. Erst durch die Verknüpfung dieser können Rollen kontextbezogen gestaltet werden.

2.2 Advanced Systems Engineering

Das Advanced Systems Engineering als Leitbild und Denkweise des zukünftigen Engineering gewinnt im Zuge technologischer, wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Veränderungen zunehmend an Relevanz. Es erweitert das klassische Systems Engineering um

Ansätze aus dem Advanced Engineering, um die Entwicklung komplexer, adaptiver und vernetzter Systeme in dynamischen Kontexten zu ermöglichen. Advanced Systems Engineering adressiert damit nicht nur technologische Herausforderungen, sondern auch neue Anforderungen an Organisation, Methodenkompetenz und interdisziplinäre Zusammenarbeit.

In Kapitel 2.2.1 wird der Wandel der Wertschöpfung analysiert, insbesondere im Hinblick auf Digitalisierung, Globalisierung und Nachhaltigkeit. Kapitel 2.2.2 widmet sich der Definition des Leitbilds des Advanced Systems Engineering. Dort erfolgt die Vorstellung der Advanced Systems, der Marktleistungen von morgen, sowie der methodischen und begrifflichen Grundlagen von Systems Engineering und Advanced Engineering, um daraus das Verständnis eines integrierten ASE-Leitbilds zu entwickeln. Abschließend betrachtet Kapitel 2.2.3 die Auswirkungen, die mit der Einführung und Umsetzung von Advanced Systems Engineering in der Praxis verbunden sind, z. B. etwa hinsichtlich Organisation, Rollenverständnis und methodischer Reife.

2.2.1 Wandel der Wertschöpfung

Der Wandel industrieller Wertschöpfung ist eng verknüpft mit tiefgreifenden technologischen und gesellschaftlichen Transformationsprozessen. Insbesondere die drei Megatrends Digitalisierung, Globalisierung und Nachhaltigkeit wirken dabei als langfristige Treiber (vgl. Bild 2-3) [DAR+21, S. 44ff.]. Diese Entwicklungen führen nicht nur zur Entstehung neuer Marktleistungen, sondern stellen auch erweiterte Anforderungen an das Engineering, sowohl im Hinblick auf die Gestaltung technischer Systeme als auch auf organisatorische Abläufe und die erforderlichen individuellen Kompetenzen [DAR+21, RKS24, Alb24]. Einige, mögliche Auswirkungen dieser Megatrends auf das Engineering werden im Folgenden näher betrachtet:

- Die **Digitalisierung** verändert die industrielle Wertschöpfung grundlegend. Durch den Einsatz von Technologien wie Künstlicher Intelligenz, Internet of Things (IoT), digitalen Zwillingen und cloudbasierten Plattformen entstehen datengetriebene Geschäftsmodelle, die auf Echtzeitinformationen und eine durchgängige Integration von Entwicklung, Produktion und Nutzung setzen [Ada20, S. 5ff.; AG25; DAR+21]. Diese können bspw. im Rahmen von Plattformökonomien und virtuellen Kollaborationslösungen umgesetzt werden [RSB18; BDK+24, DAR+21]. Als Folge werden industrielle Wertschöpfungsketten zunehmend vernetzt, dezentralisiert und datengetrieben, um neuartige Geschäftsmodelle wie Software-as-a-Service zu realisieren [ZKL+09; Hof18; NR21].

Die zunehmende Digitalisierung der Geschäftsumgebungen steigert nicht nur die technologische Komplexität, sondern stellt auch erhöhte Anforderungen an systemisches Denken, agile Architekturen und Organisationsstrukturen [BC24, S. 38, DAR+21]. Dabei entstehen sogenannte cyber-physische Systeme, in denen physische, digitale und dienstleistungsbezogene Komponenten eng miteinander

verzahnt sind und als integrierte Marktleistung auftreten [RKS24; Kol21; DAR+21].

- Parallel dazu verändert die **Globalisierung** die Struktur industrieller Wertschöpfungsnetzwerke tiefgreifend. Unternehmen agieren zunehmend in einem von Volatilität, Unsicherheit, Komplexität und Ambiguität (VUCA) geprägten Umfeld, das nicht nur eine gesteigerte Anpassungsfähigkeit erfordert, sondern auch neue Formen der Mensch-Technik-Interaktion notwendig macht [JP22, S. 79ff.; Ada20, S. 5ff.]. Länderübergreifende Kooperationen, volatile Lieferketten, internationale Standards und Wettbewerbsdruck führen zu steigenden Anforderungen an Flexibilität, Modularität und Prozessgeschwindigkeit [DAR+21, S. 45; Alb24, S. 19f.]. BOTTHOF und HARTMANN sprechen in diesem Kontext von einem Paradigmenwechsel, in dem technische Systeme zunehmend „intuitiv verständlich“ und adaptiv sein müssen, um in dynamischen Umgebungen bestehen zu können [BH15, S. 56].

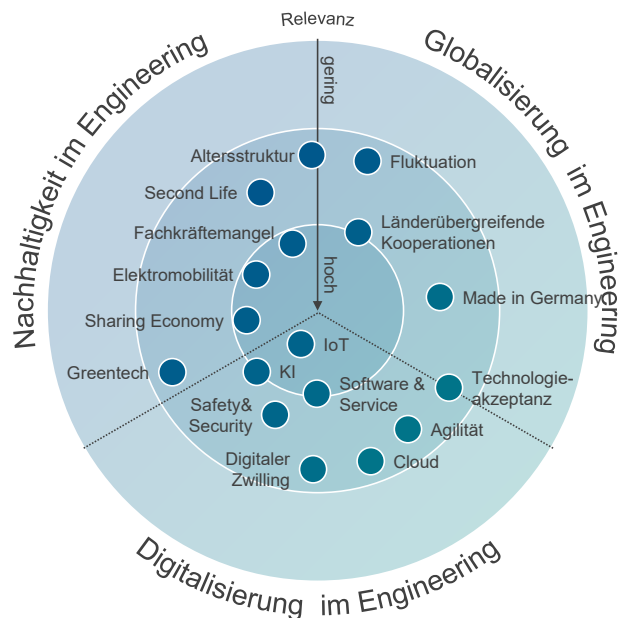


Bild 2-3 Wandel der Wertschöpfung [DAR+21, S. 44]

Auch die Auswirkungen der Globalisierung auf die Gesellschaft beeinflusst das Engineering zunehmend. Der demografische Wandel führt zu alternden Belegschaften, einem zunehmenden Fachkräftemangel und der Notwendigkeit, Erfahrungswissen systematisch zu sichern [RE17; DAR+21, S. 47f.]. Es werden nicht nur neue technische, sondern vor allem soziale Kompetenzen wie Teamfähigkeit erforderlich [Bal20; DAR+21; SMM+23]. Der Generationswechsel in Unternehmen bringt neue Erwartungshaltungen an Führung, Selbstorganisation und Work-Life-Balance mit sich [TW18]. Organisationen müssen Resilienz und Agilität aufbauen, um mit derartigen Unsicherheiten umzugehen [Bal20; GGG+22]. Damit steigt der Bedarf an interdisziplinären, selbstorganisierten Teams mit hoher

Problemlösungskompetenz. Führung muss Verantwortungsverhältnisse teilen, Mitarbeitende in ihrer Entwicklung begleiten und flexible Arbeitsmodelle ermöglichen, um Innovationsfähigkeit und Motivation sicherzustellen [BPK+23; DAR+21]. Agile Vorgehensweisen, Kreativität und digitales Mindset werden zu zentralen Erfolgsfaktoren in dynamischen Engineering-Umgebungen [FK18].

- Im Sinne der **Nachhaltigkeit** verändern sich nicht nur Produktanforderungen (z. B. durch Kreislaufwirtschaft, Greentech oder energieeffiziente Mobilitätslösungen), sondern auch die Entwicklungsprozesse selbst [WDM22, S. 36f.; Ros13, S. 377ff.]. Aspekte wie CO₂-Footprint, Ressourceneffizienz, Software-Updates statt Neukauf und Second-Life-Strategien gewinnen an Bedeutung [DAR+21, S. 48f.; ES14]. Die Engineering-Methoden müssen stärker auf ökologische Ziele ausgerichtet und regulatorisch abgesichert werden [Ros12, S. 2273ff.].

Herausforderungen durch den Wandel der Wertschöpfung

Die gegenwärtigen Umbrüche eröffnen einerseits erhebliche Innovationschancen, bringen andererseits jedoch weitreichende Herausforderungen für die Entwicklung zukünftiger Marktleistungen mit sich. Die daraus resultierenden Herausforderungen lassen sich in sechs zentrale Themenfelder unterteilen:

- **Zunehmende Entwicklungskomplexität:** Die steigende Systemvernetzung, Automatisierung sowie Digitalisierung und Interdisziplinarität führen zu einer signifikanten Zunahme der Entwicklungskomplexität. Unternehmen stehen vor erhöhtem Aufwand in Planung, Koordination und Integration. Besonders die gleichzeitige Entwicklung physischer, digitaler und dienstleistungsbezogener Komponenten erfordert neuartige Systemarchitekturen sowie eine höhere Transparenz, Fehlerrobustheit und Änderungsflexibilität. [Lin09; DAR+21, S. 55; GO22, S. 69; Inc23; RKS24, S. 12f.]
- **Mangelndes Schnittstellenmanagement:** Die Bewältigung technischer und organisatorischer Schnittstellen gilt als zentrales Hemmnis in der Systementwicklung. Herausforderungen entstehen insbesondere an den Übergängen zwischen Abteilungen (z. B. Entwicklung und Produktion), aber auch im Zusammenspiel mit externen Akteuren wie Zulieferern oder Plattformanbietern. Fehlende Standards und eine unzureichende Prozessdurchgängigkeit beeinträchtigen die Kollaboration und verhindern das Ausschöpfen von Synergiepotenzialen. [Stö11, S. 9ff.; SWR+15, S. 695ff.; DAR+21, S. 55; GO22, S. 103; Alb24, S. 12ff.]
- **Verkürzte Innovationszyklen:** Der Innovationsdruck nimmt zu. Unternehmen berichten über deutlich kürzere Entwicklungs- und Produktzyklen sowie über steigende Erwartungen in volatilen Märkten. Klassisch sequenzielle Entwick-

lungsmodelle stoßen dabei zunehmend an ihre Grenzen, da sie mit der erforderlichen Anpassungsdynamik nicht Schritt halten können. [Wen08, S. 157ff.; DAR+21, S. 56; GO22, S. 122ff.; Per22, S. 176ff.]

- **Kompetenzdefizite:** Die Entwicklung von Advanced Systems setzt neue fachliche, methodische und soziale Kompetenzen voraus. Besonders herausfordernd ist die Integration neuartiger Disziplinen wie Künstliche Intelligenz, Data Science oder User Experience in bestehende Engineering-Strukturen. In der Praxis zeigt sich ein deutlicher Mangel sowohl an breitgefächertem als auch spezialisiertem Know-how. [PS18, S. 11f.; WB18, S. 88ff.; BGG+21; DAR+21, S. 56; KR23, S. 19ff.; Alb24, S. 26; RKS24, S. 18f.; PK25, S. 11ff.].
- **Regulatorische Unsicherheiten:** Die Einführung autonomer und vernetzter Systeme wirft neue juristische Fragestellungen auf, bspw. etwa hinsichtlich Produkthaftung, Datenschutz, Sicherheitsanforderungen und Zulassungsprozessen. Viele Unternehmen fühlen sich für die rechtlichen Rahmenbedingungen unzureichend gerüstet. Besonders kritisch wird der Mangel an validierten Nachweis- und Zertifizierungsverfahren für KI-basierte Funktionen bewertet. [aca17, S. 18ff.; DAR+21, S. 57; Bit25, S. 15ff.].
- **Steigende Anforderungen an Systemsicherheit und Vertrauenswürdigkeit:** Mit zunehmender Vernetzung wächst auch die Verwundbarkeit technischer Systeme. Risiken wie Manipulation, Datenverlust oder Systemausfälle erfordern erweiterte Schutzmechanismen. In sicherheitskritischen Bereichen, wie in autonomen Anwendungen oder kritischen Infrastrukturen, entwickelt sich Systemsicherheit zu einem entscheidenden Erfolgsfaktor [DAR+21, S. 57; EP22, S. 8ff.; Wu24, S. 51ff.].

Zusammenfassung der Kernerkenntnisse

- **Technologie treibt Transformation:** Die Komplexität der Systeme selbst als auch die Komplexität ihrer Entwicklung steigt mit dem Wandel der Wertschöpfung an. Echtzeitdaten, Plattformökonomie und KI-basierte Systeme fordern neue Geschäftsmodelle, agile Strukturen und kooperative Mensch-Maschine-Interaktionen.
- **Sozialer Wandel verändert Organisationen:** Demografie, Wertewandel und neue Erwartungen an Sinn, Führung und Flexibilität fordern neue Arbeitsformen und selbstorganisierte Teams.
- **Komplexität verlangt Interdisziplinarität:** Unternehmen benötigen systemische Kompetenzen, um Wissen domänenübergreifend zu integrieren und adaptiv zu handeln.

2.2.2 Das Leitbild: Advanced Systems Engineering

Die zunehmende Komplexität und der Wandel der Wertschöpfung erfordern neue Denkweisen und systemische Kompetenzen. Klassische Engineering-Ansätze stoßen zunehmend an ihre Grenzen, wenn Produkte nicht mehr nur als physische Objekte, sondern als intelligente, vernetzte und interaktive Systeme verstanden werden. Unternehmen müssen in der Lage sein, disziplinenübergreifend zu arbeiten, Wissen effizient zu managen und flexibel auf Veränderungen zu reagieren [DAR+21]. Interdisziplinarität wird zur Grundvoraussetzung erfolgreicher Wertschöpfung [DAR+21; ZPB+24; QM24].

Das Leitbild **Advanced Systems Engineering** schafft eine interdisziplinäre und ganzheitliche Betrachtung des Engineerings durch den Dreiklang von [Alb24, S. 7; DAR+21; BBR21, S. 355; RKS24] (vgl. Bild 2-4):

- **Advanced Systems** als zukünftige Marktleistungen, die durch hohe Autonomie, Systemvernetzung, Interaktivität und Serviceintegration gekennzeichnet sind
- **Systems Engineering** als etablierter Ansatz zur strukturierten Handhabung technischer Komplexität über den gesamten Lebenszyklus hinweg
- **Advanced Engineering** als erweiterte Entwicklungslogik, die digitale Technologien, Agilität und Nutzerzentrierung in die Systemgestaltung integriert

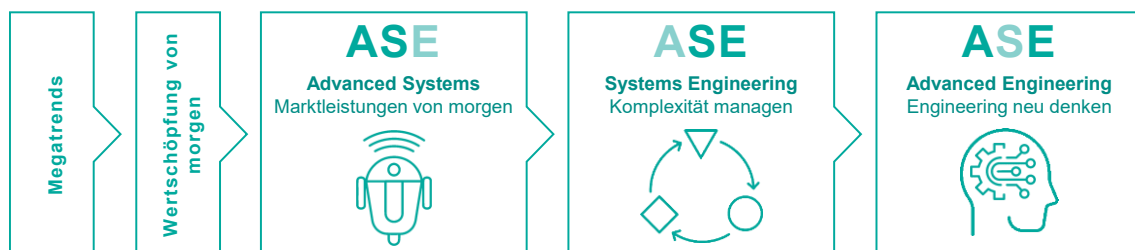


Bild 2-4 Advanced Systems Engineering [DAR+21, S. 28]

Durch diese integrative Betrachtung schafft Advanced Systems Engineering die Grundlage für ein interdisziplinäres, adaptives und menschenzentriertes Engineering-Verständnis. Im vorliegenden Kapitel werden die drei konstitutiven Elemente systematisch analysiert und ihre wechselseitigen Beziehungen herausgearbeitet.

Advanced Systems – die Marktleistungen von morgen

Advanced Systems bilden das Zentrum zukünftiger Wertschöpfung im Kontext des Advanced Systems Engineering. Sie zeichnen sich u.a. durch hohe Systemvernetzung, Interaktivität, Autonomie und Intelligenz aus [DAR+21, S. 28] und gehen weit über den Leistungsstand und die Komplexität reiner mechatronischen Systeme hinaus [RKS24, S. 6]. Im Fokus liegt vor allem das ganzheitliche Systemverständnis. Physische und digitale Produktkomponenten stehen gleichermaßen im Mittelpunkt. Laut RIEDEL ET AL. werden

Advanced Systems nicht nur Unternehmen beeinflussen, sondern auch Berührungen zu sämtlich anderen Bereichen des gesellschaftlichen Lebens haben [RKS24, S. 6].

Advanced Systems werden häufig auch als cyber-physische Systeme bezeichnet [DAR+21, GDE+19, S. 86; Kol21, S. 29; BLG17] und unterteilen sich u.a. in vier unterschiedliche Systemperspektiven (vgl. Bild 2-5):

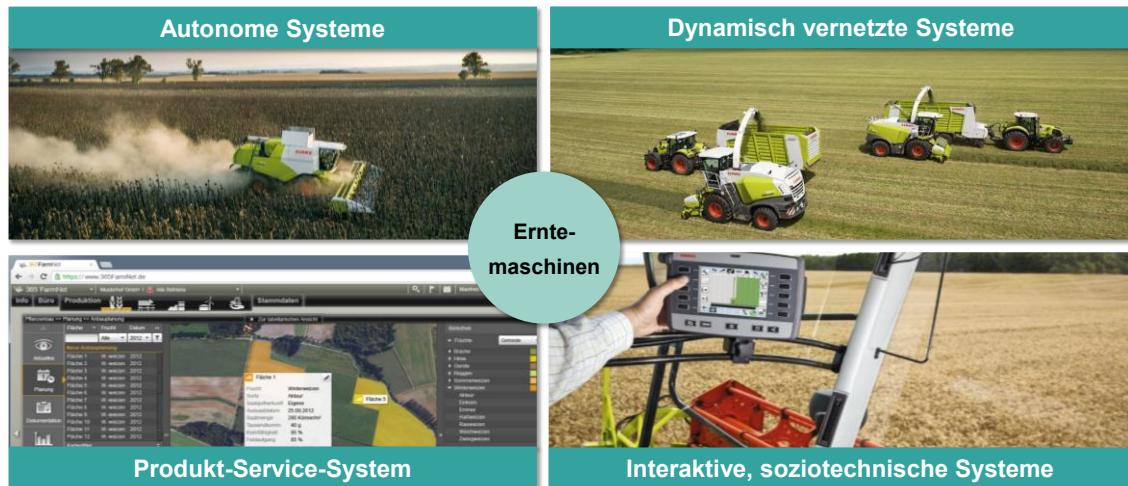


Bild 2-5 Systemperspektiven „Advanced Systems“

- 1) **Autonome Systeme:** Autonome Systeme agieren weitgehend unabhängig und sind in der Lage, in dynamischen Umgebungen eigene Entscheidungen zu treffen [DAR+21, S. 29; KL19, S. 27ff.]. Sie können komplexe Aufgaben lösen und dies ohne menschliche Interaktion [RKS24, S. 6f.]. Ihre Funktionsweise basiert auf der Verarbeitung sensorischer Eingaben, Echtzeitdaten sowie intelligenter Steuerlogik [DAR+21, S. 29; RKS24, S. 7]. Anwendungsfelder sind u. a. autonome Fahrzeuge, Produktionsroboter und Drohnensysteme. Die Integration solcher Systeme in komplexe Umgebungen stellt hohe Anforderungen an Regelung, Sicherheit und ethische Verantwortbarkeit [DAR+21, S. 29; KL19, S. 35ff.]. Die Echtzeitfähigkeit als auch die Generalisierung bzw. Anpassbarkeit an neue Umgebungen und Situationen werden im Fokus der Weiterentwicklung autonomer Systeme liegen [RKS+24, S. 7].
- 2) **Dynamisch vernetzte Systeme:** Diese Systeme bestehen aus modularen, häufig geografisch verteilten Subsystemen, die sich situativ zu funktionalen Einheiten verbinden [DAR+21, S. 29; BLG17]. In cyber-physischen Netzwerken agieren sie als Systemverbund mit emergenten Eigenschaften, weshalb häufig der Begriff System of Systems (SoS) im Kontext dynamisch vernetzter Systeme fällt [RKS24, S. 7]. Durch die Vernetzung verschiedener Einzelsysteme entsteht ein neuartiges Systemverhalten, welches häufig als emergent bezeichnet wird [RKS24, S. 7; BLG17]. Typische Ausprägungen sind vernetzte Fertigungssysteme, IoT-basierte Logistiklösungen oder digitale Plattformökosysteme. Ihre Gestaltung erfordert

Echtzeitkommunikation, Interoperabilität sowie eine hohe Fehlertoleranz [DAR+21, S. 29].

- 3) **Interaktive soziotechnische Systeme:** Soziotechnische Systeme entstehen durch das Zusammenspiel technischer Strukturen mit sozialen, organisationalen und kulturellen Kontexten [DAR+21, S. 28]. Häufig integriert ein soziotechnisches System den Menschen in das technische System [RKS24, S. 7f.; ABW15]. Besonders bei adaptiven Assistenzsystemen, Mensch-Roboter-Kollaboration oder lernfähigen Bedienoberflächen sind Technik und Mensch gleichberechtigte Akteure. Ziel ist ein intuitiver und adaptiver Dialog [DAR+21, S. 28; CKH21]. Entscheidend ist zudem, dass das Zusammenspiel der Akteure nicht nur technisch funktioniert, sondern auch kulturell und prozessual verankert wird [BS11, S. 4ff.].
- 4) **Produkt-Service-Systeme:** Produkt-Service-Systeme (PSS) verbinden physische Produkte mit digitalen Dienstleistungen zu einem ganzheitlichen Leistungsbündel. Beispiele sind Fernwartung via IoT, Software-Updates over-the-air oder nutzungsbasierte Geschäftsmodelle [DAR+21, S. 29f.; LRF+20]. Diese hybriden Systeme erzeugen kontinuierlichen Kundennutzen und erfordern neue Entwicklungsprozesse, in denen Produkt- und Servicedesign verschmelzen [LRF+20]. Der Fokus verschiebt sich von der einmaligen Produktbereitstellung hin zu einem kontinuierlichen Kundennutzen über den gesamten Lebenszyklus [Kol21, S. 31ff.; RKS24, S. 7]. Gleichzeitig steigen die Anforderungen an Organisationen, da Produkt- und Serviceentwicklung stärker verzahnt und interdisziplinär gestaltet werden müssen [Kol21, S. 30; DAR+21, S. 29ff.].

Die zuvor skizzierten Bestandteile und Fähigkeiten von Advanced Systems treten nicht zwingend isoliert, sondern oftmals in unterschiedlicher Kombination und Ausprägung gemeinsam auf. Diese integrative Vielfalt eröffnet erhebliche Potentiale zur Leistungssteigerung, stellt jedoch zugleich hohe Anforderungen an ein neuartiges, intelligentes und interdisziplinäres Engineering-Verständnis.

Systems Engineering – Komplexität managen

Systems Engineering (SE) stellt einen bewährten methodischen Rahmen zur Entwicklung, Integration und Betreuung komplexer technischer Systeme dar [Inc23; ISO23; HWF+15; SKK14, S. 382f.; WGS+24]. Es basiert auf einem transdisziplinären Ansatz, der technische, organisatorische und betriebliche Anforderungen über den gesamten Lebenszyklus eines Systems hinweg systematisch berücksichtigt [Inc23; SDV+24, S. 15ff.; DAR+21, S. 59; GO22, S. 15ff.; BF98, S. 30ff.]. Ziel ist die Entwicklung robuster, konsistenter Systeme unter Einbeziehung aller relevanten Stakeholder [Inc23; GO22, S. 16; ISO23]. Nach dem INTERNATIONAL COUNCIL ON SYSTEMS ENGINEERING (INCOSE) wird SE als „...an interdisciplinary approach and means to enable the realization of successful systems“ verstanden [Inc23].

Zentrale Aufgaben des SE sind das Anforderungsmanagement, die Systemarchitekturgestaltung, die Verifikation und Validierung sowie die Sicherstellung der Rückverfolgbarkeit aller Systementscheidungen [Inc23; GO22, S. 50ff.; SKK14, S. 384ff.; WGS+24]. Eine normative Grundlagen stellt unter anderem die internationale Norm ISO/IEC/IEEE 15288:2015 dar, die Prozesse für die Entwicklung, Nutzung, Wartung und Außerbetriebnahme technischer Systeme beschreibt [ISO23; GO22, S. 116ff.]. Eine Weiterentwicklung des SE ist das Model-Based Systems Engineering (MBSE) [HV20, S. 3f.; SDV+24, S. 77ff.]. Mithilfe formalisierter Sprachen wie SysML ermöglicht MBSE die modellhafte Beschreibung, Simulation und Analyse von Systemverhalten über Disziplingrenzen hinweg [HV20, S. 4; BBR21, S. 356ff.; EW23; WGS+24].

In der deutschen Industrie etabliert sich SE als methodischer Rahmen zunehmend, insbesondere in hochkomplexen Bereichen wie der Luft- und Raumfahrt, dem Automobilbau sowie in der kritischen Infrastruktur. Aktuelle Studien zeigen jedoch, dass in stärker produktionsgeprägten Branchen oder in kleinen und mittelständischen Unternehmen noch erhebliches Umsetzungspotenzial besteht [HV20, S. 4f.; DAR+21, S. 67f.; SDV+24, S. 24ff.; WGS+24].

Im Kontext des Advanced Systems Engineering bildet SE das Fundament zur Handhabarmachung von Komplexität und Interdisziplinarität. Es schafft die Grundlage, auf der adaptive und menschenzentrierte Erweiterungen des Engineering-Prozesses aufbauen können [DAR+21].

Advanced Engineering – Engineering neu denken

Advanced Engineering (AE) beschreibt die Erweiterung klassischer Entwicklungsmethoden um digitale, agile und kreative Ansätze, um eine zunehmend dynamische, vernetzte und datengetriebene Wertschöpfung zu ermöglichen [DAR+21, S. 78ff.]. Ziel ist es, Entwicklungsprozesse und -systeme so auszurichten, dass sie schneller, flexibler und interaktiver auf komplexe Anforderungen reagieren können, dies sowohl technisch als auch organisatorisch [Alb24, DAR+21, S. 78]. Während sich SE auf Formalisierung und Konsistenz fokussiert, betont AE insbesondere *Agilität, Adaptivität und Digitalisierung* sowie die *frühzeitige Einbindung von Nutzer* durch partizipative Formate und User-Centered Design [DAG+21, S. 20ff.]. Ergänzend werden *Methoden* aus Design Thinking, Data Science und Systems Innovation integriert.

Ein zentraler Aspekt ist die konsequente **Integration digitaler Technologien** [DAR+21, S. 79ff.; RKS24, S. 12f.]. Im Fokus steht die digitale Durchgängigkeit, die einen durchgehenden Informationsfluss zwischen Entwicklung, Produktion und Nutzung gewährleistet [DAG+21, S. 21f.; FDG+16]. Dies schafft die Grundlage für digitale Zwillinge, die in Echtzeit Rückmeldungen aus der Betriebsphase liefern können [TRK+24, S. 2278; Wag20; RWD+20, S. 94ff.]. In der Praxis gilt der digitale Zwilling als Schlüssel zur dynamischen Systemoptimierung. Es wird jedoch oft nur fragmentiert und domänenspezifisch umgesetzt [DAR+21, S. 85ff].

Auch **Künstliche Intelligenz (KI)** als weiterer Treiber des Advanced Engineering gewinnt zunehmend an Bedeutung [BBR21, S. 363; DAR+21, S. 88ff.; RKS24, S. 13f.]. KI-basierte Assistenzsysteme analysieren Datenflüsse, unterstützen bei Entscheidungsfindung und optimieren Prozesse [Göb25; SDS+23, S. 3ff.]. STEFFEN ET AL. haben einen KI-Kompass entworfen, der übersichtlich KI-Technologien als Enabler für Engineering-Aufgaben darstellt. Neben Strukturieren und Überwachen kann die KI antizipieren, generieren, umwandeln, aber auch lösen [SSW25, S. 58f.]. Dadurch verändert sich die Rolle der Ingenieure grundlegend: Sie werden zunehmend zu reflektierenden Interaktionspartnern autonomer Systeme [SSW25, S. 58ff.; DAR+21, S. 88f.]. Als Herausforderungen werden häufig die unzureichende Datengrundlage, der schwere Einstieg in das Themenfeld sowie der rechtssichere Einsatz von KI beschrieben [Göb25; DAR+21, S. 91].

Ergänzt wird AE durch **agile Methoden** und **Kreativitätsmanagement**, die auf iteratives, nutzerzentriertes Arbeiten abzielen [DAR+21, S.93ff.; RKS24, S. 15]. In der Anforderungsermittlung und -festlegung können sie bspw. wertvolle Impulse setzen [Lin16, S. 743]. Nach RIEDEL ET AL. ist die Kreativität des Menschen eine zentrale Quelle für Innovation im Engineering, insbesondere wenn domänenübergreifendes Wissen zu neuen Lösungen kombiniert wird [RKS24, S. 15]. Durch iterative Zyklen, frühzeitige Tests und kontinuierlich nutzbare Zwischenstände ermöglichen agile Methoden eine schnellere und flexiblere Produktentwicklung. Fehler können frühzeitig erkannt, Anpassungen unmittelbar umgesetzt und die Produktqualität gezielt verbessert werden [SSW25, S. 56]. Im Kontext der Systemgenerationsentwicklung gewinnt die Agilität zunehmend an Bedeutung. Agile Prinzipien wie Iterationsfähigkeit, Flexibilität und nutzerzentrierte Entwicklung ermöglichen es, auch in der Weiterentwicklung technischer Systeme schnell auf Veränderungen zu reagieren und zielgerichtet Innovationen einzubinden [HRA+18]. Formate wie *Design Thinking*, *Rapid Prototyping* oder *Scrum* fördern teamorientierte Innovation und erhöhen die Reaktionsfähigkeit auf volatile Anforderungen [DAR+21, S. 93f.].

Durch die Kombination von SE und AE zu einem **integrierten Leitbild** verbindet Advanced Systems Engineering technische, soziale und organisatorische Dimensionen und schafft so einen Handlungsrahmen, um sowohl die Komplexitätssteuerung (SE) als auch die Anpassungs- und Innovationsfähigkeit (AE) sicherzustellen [DAR+21, S. 21; RKS24, S. 2]. Der Nutzen liegt in der Fähigkeit, hochdynamische, adaptive Systeme zu entwickeln, wie bspw. autonome, interaktive oder datenbasierte Produkt-Service-Systeme.

Zusammenfassung der Kernerkenntnisse

- **Advanced Systems erweitern das klassische Systemverständnis:** Sie integrieren physische, digitale und soziale Elemente zu hochvernetzten und dynamischen Gesamtleistungen.
- **Vier Systemperspektiven als Strukturierung:** Autonome, dynamisch vernetzte, interaktive soziotechnische und Produkt-Service-Systeme repräsentieren zentrale Ausprägungen.

- **Systems Engineering als methodische Basis:** SE bietet ein bewährtes Rahmenwerk zur Komplexitätssteuerung technischer Systeme über den gesamten Lebenszyklus hinweg, insbesondere durch das Anforderungsmanagement, Systemarchitekturgestaltung und die modellbasierte Entwicklung.
- **Advanced Engineering als Integrator:** AE integriert digitale Technologien, agile Methoden und Nutzerzentrierung in die Produktentstehung und befähigt Organisationen zu Flexibilität, Innovation und Resilienz.

2.2.3 Auswirkungen des Advanced Systems Engineering

Die Einführung von Advanced Systems Engineering wirkt dabei nicht nur auf der technischen Ebene, sondern verändert das gesamte soziotechnische System, in dem Mensch, Organisation und Technik neu zusammenspielen müssen:

- **Veränderungen in Organisation und Struktur:** Angesichts wachsender Systemkomplexität gewinnen End-to-End-Denken sowie Prozesse, flachere Strukturen und interdisziplinäre, eigenverantwortliche Teams zunehmend an Bedeutung. Traditionelle Top-down-Strukturen mit klar abgegrenzten Abteilungen und Funktionen stoßen an ihre Grenzen. [DAR+21, S. 102ff.; RKS24, S. 8ff.; RKS24, S. 17f.; Alb24, S. 10ff.]

Advanced Systems Engineering fordert eine integrierte Entwicklung vernetzter technischer Systeme. Zentral hierfür ist eine enge, transdisziplinäre Zusammenarbeit, sowohl innerhalb des Unternehmens als auch in externen Netzwerken mit Partnern, Kunden und Zulieferern. [DAR+21, S. 102ff.; Inc23; RKS24, S. 9; RKS24, S. 17f.; Alb24, S. 25]

- **Systemdenken statt Funktionsdenken:** Ziel ist, das Verhalten eines Gesamtsystems in seinem Anwendungskontext zu begreifen und nicht nur die Optimierung einzelner Komponenten im isolierten Kontext. Dies steht im Einklang mit aktuellen Gestaltungsansätzen wie Human-Centered Design, Lifecycle Thinking und Circular Engineering. [DAR+21, S. 112ff.; RKS24, GO22, S. 94ff.; GO22, S. 113ff.; Inc23; Alb24, S. 26]
- **Menschzentrierung und Rollenbilder:** Mit der Einführung von Advanced Systems Engineering verändern sich auch die Rollenbilder im Engineering grundlegend. Gefragt sind interdisziplinäre Fähigkeiten, erhöhte Verantwortungsbereitschaft und die Fähigkeit zum Systemdenken. Statt statischer Rollen entstehen situativ emergente Rollenprofile, die sich dynamisch an Kontext, Projektphase und Teamstruktur anpassen. [DAR+21, S. 109ff.; GBG+22; RKS24, S. 14f.; RKS24, S. 18f.]

Neue Rollen wie Systemintegrator, Engineering-IT-Coach oder Methodenverantwortliche gewinnen an Bedeutung und müssen organisatorisch verankert werden. Die Unternehmen befinden sich vielfach in einer Übergangs- und Definitionsphase, in der Rollen, Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten neu gedacht und angepasst werden müssen. [DAR+21, S. 110f.; RKS24, S. 19]

- **Kompetenzen für komplexe Systeme:** Advanced Systems Engineering bedingt gleichzeitig neue Kompetenzen. Laut DUMITRESCU ET AL. wird das sogenannte T-Profil gefordert: eine Kombination aus tiefem Spezialwissen in einem Fachgebiet („Durchstich“) und breitem Systemverständnis über Disziplingrenzen hinweg („Horizontale“) [DAR+21, S. 112]. Dies betrifft Fach-, Methoden-, Sozial- und Personalkompetenzen gleichermaßen. Insbesondere das Systemdenken, (die Fähigkeit, komplexe Zusammenhänge fachübergreifend zu erfassen und modellbasiert zu kommunizieren), wird für das Advanced Systems Engineering unabdingbar. [BGG+21; DAR+21, S. 112ff.; GBG+22; RKS24, S. 9f.; Alb24, S. 26]
- **Fehlende Orientierung und Umsetzungsstrukturen:** Trotz hoher strategischer Bedeutung fehlt es Advanced Systems Engineering bislang an konkreten Umsetzungsprozessen. In vielen Unternehmen dominieren weiterhin klassische, sequenzielle Produktentstehungsmodelle, die funktionsorientiert und wenig integrativ ausgestaltet sind. ASE-fähige Prozesse, die Interdisziplinarität, Nutzerzentrierung und digitale Durchgängigkeit abbilden, sind bislang kaum implementiert oder standardisiert. [DAR+21, S. 103; Alb24, S. 25ff.]

Die Folge ist ein erheblicher Bedarf an einem Ordnungsrahmen und Vorgehensmodellen, um ASE in bestehende Strukturen zu integrieren. Es fehlen praxisgerechte Rollenprofilbeschreibungen, Methodenbibliotheken und standardisierte Umsetzungsformate [DAR+21, S. 147f.; RKS24, S. 20f.; Alb24, S. 25ff.]. Damit wird deutlich: Die Operationalisierung von Advanced Systems Engineering stellt nicht nur eine methodische Herausforderung dar, sondern eröffnet zugleich ein breites Feld für Forschung, Entwicklung und organisationales Lernen [Alb24, S. 25ff.].

Zusammenfassung der Kernerkenntnisse

- **Sozio-technischer Wandel im Engineering:** Advanced Systems Engineering verändert nicht nur Methoden, sondern auch Strukturen, Denkweisen und Zusammenarbeit im Unternehmen. Technische, organisatorische und menschliche Elemente müssen ganzheitlich und systemisch integriert werden, um komplexe Systemlösungen zu ermöglichen.
- **Neue Strukturen und Rollenmodelle erforderlich:** Klassische Aufbau- und Ablauforganisationen stoßen an ihre Grenzen. Advanced Systems Engineering verlangt nach flachen Hierarchien, iterativen Prozessen und interdisziplinären Teams. Neue Rollen entstehen und erfordern neue Zuständigkeiten und Kompetenzen.

- **Erweiterte Kompetenzen notwendig:** Neben technischem Fachwissen gewinnen Systemdenken, Kollaboration, digitale Fähigkeiten und gestalterische Methodenkompetenz an Bedeutung.
- **Mangel an Umsetzungspfaden und Standardisierung:** In vielen Organisationen fehlt es an klaren Orientierungen zur Implementierung von Advanced Systems Engineering. Es bestehen erhebliche Lücken bei der Integration in bestehende Produktentstehungsprozesse sowie bei der methodischen und organisatorischen Ausgestaltung.

2.3 Rollen im Engineering – Theorie und Praxis

Um die steigende Komplexität der Systeme und die damit einhergehenden Veränderungen in der Arbeitsorganisation konkret zu gestalten, sind klare Rollen mit definierten Verantwortlichkeiten und Schnittstellen im Rahmen des Advanced Systems Engineering unerlässlich. Sie ermöglichen Orientierung, Selbstorganisation und Effizienz in dynamischen Systemen. Kapitel 2.3 widmet sich der theoretischen Fundierung, praktischen Relevanz und Ausgestaltung von Rollen im Engineering-Kontext.

Zunächst wird in Kapitel 2.3.1 die Rolle als erfolgskritischer Faktor betrachtet, insbesondere vor dem Hintergrund agiler Methoden, organisationaler Transformationen und wachsender Komplexität technischer Systeme. Kapitel 2.3.2 fokussiert auf die systematische Entwicklung von Rollenprofilen. In Kapitel 2.3.3 werden Rollenmodelle als strukturierende Gesamtsysteme betrachtet, die einzelne Rollen in organisatorische und prozessuale Zusammenhänge einbetten. Abschließend behandelt Kapitel 2.3.4 die Komplexität und Verankerung von Rollenmodellen in Organisationen.

2.3.1 Erfolgsfaktor Rolle

Kapitel 2.3.1 beleuchtet die Bedeutung von Rollen hinsichtlich ihrer Wirkung auf Effizienz, Selbstorganisation und Zusammenarbeit. Ausgehend von aktuellen Herausforderungen, wie zunehmender Komplexität, agilen Arbeitsformen und digitaler Transformation in der Wertschöpfung (vgl. Kapitel 2.2), werden zunächst zentrale Erfolgsaspekte beleuchtet. Darauf aufbauend erfolgt eine theoretische Einbettung des Rollenbegriffs, gefolgt von einer praxisorientierten Betrachtung der Relevanz und Wirkungsweise im Engineering. Den Abschluss bilden die Herausforderungen und Risiken, die den Erfolg der Rolle schmälern können.

Warum Rollen erfolgsentscheidend sind

Im dynamischen Engineering-Umfeld gewinnen Rollen als Mittel zur Strukturierung der Zusammenarbeit erheblich an Bedeutung. Sie schaffen Orientierung und ermöglichen eine gezielte Verantwortungsverteilung, indem sie Aufgaben, Kompetenzen und Zuständigkeiten verknüpfen [Ulm13, S. 30; GPR+20; DAR+21, S. 109ff]. Die klare Definition

von Rollen fördert nicht nur die Koordination und Kommunikation innerhalb der Organisation, sondern stärkt auch die Selbstorganisation der Mitarbeitenden und erhöht die kollektive Teamleistung. Wie in Bild 2-6 dargestellt, fungieren Rollen als verbindendes Element zwischen Kompetenz, Verantwortung und Leistungsfähigkeit im Projektkontext [Ulm13, S. 30ff.; GPR+20].

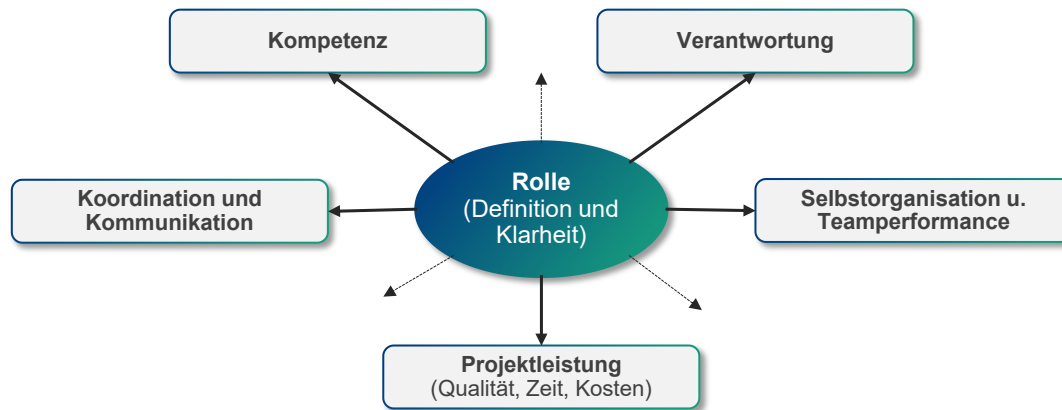


Bild 2-6 Rolle als Erfolgsfaktor und Knotenpunkte zur Stärkung von Projekt- und Teamleistung im Engineering

Dies gelingt jedoch nur unter bestimmten Rahmenbedingungen: PFANNSTIEL und STEINHOFF betonen die Bedeutung klarer Rollenzuweisung für Teamdynamik, Kommunikation und Selbstorganisation. Gleichzeitig sind die Rollenprofile dynamisch zu gestalten und müssen in Transformationsprozessen regelmäßig analysiert und ggf. neu definiert sowie mit Qualifikationsmodellen unterlegt werden. Skill-Gap-Analysen helfen, bestehende Kompetenzen systematisch auf neue Rollenanforderungen abzustimmen [PS18, S. 12f., 155, 342; BGG+21]. NEGRI weist darauf hin, dass Rollen nicht einfach nur zugewiesen werden, sondern bewusst reflektiert und ausgestaltet sein müssen [Neg19, S. 11, 49]. ULMER ergänzt, dass Rollenbilder heute nicht mehr isoliert gedacht werden können, sondern in engem Zusammenhang mit Funktionsdiagrammen, Zielvereinbarungen, Qualifikationsanforderungen und Gehaltsstrukturen stehen. Sie müssen strategisch in Führung und Entwicklung integriert werden [Ulm13, S. 31, 65, 79]. MÖHRINGER zeigt in seinem Modell zur flexiblen Rollenverteilung im Mittelstand, dass eine strukturierte Rollenzuweisung eine effizientere Ressourcenzuteilung erlaubt, den Integrationsaufwand für neue Teammitglieder reduziert und die Grundlage für eine schrittweise Kompetenzentwicklung bietet [Möh12, S. 17f.]. Auch ZINK ET AL. betonen, dass Rollen nur dann erfolgreich wahrgenommen werden können, wenn sie klar definiert und mit entsprechenden Kompetenzerwartungen und Verantwortung hinterlegt sind [ZKL+09]. Unklare Rollen bergen hingegen Reibungspotenzial in Kommunikation und Zusammenarbeit. Besonders in interdisziplinären Teams mit hoher Aufgabenkomplexität kann eine heterogene, aber klar abgestimmte Rollenstruktur die Leistung signifikant steigern [ST18, S. 217ff., 245-250].

Theoretische Grundlagen und Wirkung im Engineering

Der theoretische Ursprung des Rollenbegriffs liegt in der Soziologie. Dort werden Rollen als *Bündel sozialer Erwartungen* definiert, die an eine Person in ihrer organisationalen Funktion gebunden sind [AB09, S. 160f.]. Heute strukturieren Rollen im Engineering Organisationen. Sie verbinden Aufbau- und Ablauforganisation, indem sie Aufgaben, Rechte und Verantwortlichkeiten über Hierarchie- und Prozessgrenzen hinweg strukturieren [PS18, S. 104, 155, 188].

Rollen können formell (z. B. per Rollenprofilbeschreibung) oder informell (z. B. durch Teamnormen) ausgestaltet werden und unterliegen dynamischen Aushandlungsprozessen [u.a. GPR+20]. SCHIERSMANN und THIEL unterscheiden dabei funktionale (z. B. *Entwickler, Architekt*), soziale (z. B. *Moderator, Unterstützer*), positionale (z. B. *Product Owner, Projektleiter*) und biografisch geprägte Rollen (z. B. *Erfahrungs-, Lernrollen*). Diese Differenzierung ist insbesondere in interdisziplinären Teams relevant [ST18, S. 245ff.].

PFANNSTIEL und STEINHOFF betonen in diesem Zusammenhang die Trennung von Rolle und Funktionsträger. Eine Rolle ist nicht zwingend an eine einzelne Person gebunden, sondern beschreibt ein Aufgaben- und Verantwortungsbündel, das flexibel verteilt werden kann [PS18, S. 104, 155, 188]. Dies eröffnet Möglichkeiten der m:n Kardinalität von Rolle und Mitarbeiter. Daraus ergibt sich das Potenzial für eine dynamische Ressourcenplanung, bei der Rollen situativ je nach Verfügbarkeit, Qualifikation und Projektbedarf zugewiesen oder auch temporär umverteilt werden können. Diese Flexibilisierung trägt zur Reduktion von Leerlaufzeiten, zur Steigerung der Auslastung und zur besseren Anpassungsfähigkeit bei Veränderungen im Projektverlauf bei. Zugleich unterstützt dieser Ansatz den Aufbau skalierbarer Strukturen, da sich Rollenprofile in wachstums- oder restrukturierungsbedingten Veränderungssituationen modular erweitern oder reduzieren lassen, ohne dass grundlegende Umstrukturierungen notwendig werden [PS18, S. 155ff, 188]. MÖHRINGER beschreibt auf der anderen Seite, dass insbesondere kleinere Unternehmen gefordert sind, mit limitierten Ressourcen, mehrere Rollen sinnvoll zu bündeln. Eine klare Rollenzuweisung und -kombination erleichtert dabei Koordination und Entscheidungsprozesse [Möh12, S. 16ff.]. ULMER benennt präzise Rollenprofile als Voraussetzung für Erwartungsklarheit, effektive Schnittstellenarbeit und gezielte Teamentwicklung [Ulm13, S. 13f.].

Die Wirkung klarer Rollen im Engineering ist durch eine Vielzahl empirischer Studien belegt: Sie zeigen z. B., dass Rollenklarheit („Role Clarity“) positiv mit Projekterfolg, Leistung und Arbeitszufriedenheit korreliert. So demonstrieren LUI und CHIU, dass Rollenklarheit das wahrgenommene Projektrisiko senkt, Verzögerungen vermeidet und somit einen positiven Einfluss auf die Projektleistung hat [LC16]. PRECHELT und BARKE zeigen, dass fehlende Rollendefinition agile Teams destabilisieren kann. In einem überwachten Experiment litten 75% der Teams unter konflikthaften Rollendefiziten, was zu Performanceeinbußen führte [PB19]. Ähnliche Erkenntnisse sind der quantitativen Erhebung nach MÜLLER und BENLIAN zu entnehmen [MB22]. Laut einer Studie von VENKATESH

ET AL. (n=261) erklären Rollenkonflikte und Rollenklarheit 36% der Varianz bei Arbeitsüberlastung und Erschöpfung. Agile Methoden können Stress nur bei klaren Rollenprofilen senken [VTC+20]. HOY und XU berichten allerdings von einer Überforderung durch Mehrfachrollen [HX23].

Herausforderungen der Rollen im Allgemeinen

Trotz der vielfach belegten positiven Effekte von Rollen bleibt die praktische Umsetzung im Engineering oft herausfordernd. Die Realität in Organisationen zeigt, dass Rollen selten vollständig definiert und dokumentiert, durchgängig kommuniziert und durchgängig gelebt werden [GPR+20, S. 4ff; DAR+21, S. 109ff.]. Stattdessen kommt es häufig zu *Rollenkonflikten und Ambiguität*.

Rollenkonflikte stellen widersprüchliche oder inkompatible Erwartungen an eine Person, die mehrere Rollen innehat, sowie Konflikte zwischen Rollen einer oder mehrerer Personen dar (vgl. Bild 2-7). Es wird unterschieden in [GPR+20, S. 5ff.]:

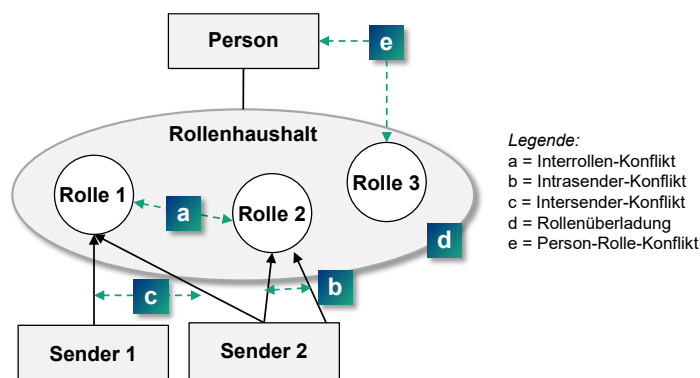


Bild 2-7 Rollenkonflikte nach [Opi09, S. 131; GPR+20, S. 5]

- a – Interrollen-Konflikt: Zwei Rollen derselben Person stehen miteinander in Konflikt, z. B. als Teammitglied offen kommunizieren, aber als Projektleiter Vertraulichkeit wahren.
- b – Intrasender-Konflikt: Eine einzelne Bezugsperson (z. B. Vorgesetzter) stellt widersprüchliche Erwartungen an dieselbe Rolle, z. B. etwa gleichzeitig hohe Autonomie und detaillierte Kontrolle.
- c – Intersender-Konflikt: Zwei oder mehr Personen (z. B. Sender 1 und Sender 2) richten widersprüchliche Anforderungen an dieselbe Rolle, z. B. in Bezug auf Qualitätsfokus vs. Kostenziel.
- d – Rollenüberladung: Eine Person sieht sich nicht in der Lage, alle rollenbezogenen Aufgaben in vorgegebener Zeit mit gewünschter Qualität zu erbringen
- e – Person-Rolle-Konflikt: Die Erwartungen an eine Rolle stehen im Widerspruch zu den persönlichen Werten, Überzeugungen oder Kompetenzen der Person.

Diese Konflikte treten besonders häufig in multiprojektbezogenen und interdisziplinären Umgebungen auf [Opi19, S. 130f.]. Sie führen zu Entscheidungsverzögerungen, erhöhtem Abstimmungsaufwand und reduzierter Handlungssicherheit.

Ein weiteres Risiko liegt in der **Rollenambiguität**, also der Unklarheit über Aufgaben, Kompetenzen und Verantwortungsbereiche. Diese Unsicherheit kann subjektiv erlebt oder objektiv durch mangelnde Definition bedingt sein [GPR+20, S. 4f.]. RIZZO ET AL. definieren Rollenambiguität als die „*Unsicherheit bezüglich Pflichten, Autorität, Zeitverwendung und Beziehungen*“ [RHL70, S. 150ff.].

Auch strukturelle Aspekte erschweren die wirksame Umsetzung von Rollen: In kleinen oder mittelständischen Unternehmen werden Rollen oft nicht explizit dokumentiert, sondern informell gelebt [Möh12]. In hierarchisch geprägten Organisationen hingegen fehlt es häufig an Vertrauen in dezentralisierte Verantwortung [Neg19]. Allgemein sind bereits verinnerlichte Rollenmuster schwer verlernbar und erschweren dadurch die Einführung neuer Rollenmodelle [Ulm13, S. 111f.].

Zusammenfassung der Kernerkenntnisse

- **Rollenklarheit ist erfolgskritisch:** Sie verbessert nachweislich Projektleistung, Teamkommunikation und Selbstorganisation – insbesondere in agilen und interdisziplinären Engineering-Umfeldern.
- **Rollen strukturieren übergreifend:** Sie verbinden Aufbau- und Ablauforganisation, schaffen klare Zuständigkeiten und reduzieren Koordinationsaufwand – auch bei Mehrfachrollen.
- **Rollen sind dynamisch:** Sie entstehen aus formellen Anforderungen und sozialen Erwartungen, müssen aber flexibel an Veränderungen, Projekte und Personen angepasst werden.
- **Rollenambiguität birgt Risiken:** Unklare Rollen führen zu Fehlern, Konflikten und Überlastung. Empirisch belegt erhöht Ambiguität Projektrisiken und senkt die Zufriedenheit.
- **Rollengestaltung ist Führungsaufgabe:** Sie erfordert systematische Entwicklung, strategische Einbettung und kontinuierliche Kommunikation – keine isolierte HR-Maßnahme, sondern ein zentrales Steuerungsinstrument im Advanced Systems Engineering.

2.3.2 Entwicklung von Rollenprofilen

Nach der Betrachtung der Erfolgsfaktoren beschreibt Kapitel 2.3.2 die grundlegenden Prinzipien und Ansätze zur Bildung von Rollenprofilen, d.h. der konkreten Ausgestaltung einer Rolle in Form eines Rollenprofils, diskutiert Gestaltungskriterien und Herausforderungen der Rollenprofilzuordnung und beleuchtet die Verankerung von Rollenprofilen im organisationalen Kontext. Dabei wird insbesondere der dynamische Charakter von

Rollen im Spannungsfeld zwischen individuellen und organisationalen Anforderungen berücksichtigt.

Aufgaben und Ziele von Rollenprofilen

Rollenprofile übernehmen eine zentrale Funktion in der Strukturierung moderner Organisationen: Sie definieren Aufgabenbündel, Entscheidungsbefugnisse, Kompetenzanforderungen und ermöglichen so eine personenneutrale Gestaltung von Zusammenarbeit. Sie orientieren sich an den relevanten Aufgaben im Prozess [BK13, S. 34; Ulm13, S. 31; GPR+20, S. 3]. Die Prozessorientierung ermöglicht laut MÖHRINGER eine transparente Abbildung von Zuständigkeiten und flexible Zuweisung oder Kombination der Rollenprofile zu Personen [Möh12, S. 16ff.]. Weitere Vorteile von Rollenprofilen sind die zielgerichtete Kompetenzentwicklung, die Besetzungsplanung von Tätigkeiten sowie die Verknüpfung mit Führungsaufgaben sowie Entlohnungsstufen [Ulm13, S. 60f., 65f., 79].

Rollenprofile können allerdings nicht losgelöst von der sozialen Wirklichkeit betrachtet werden. Sie stehen stets im Spannungsfeld zwischen [SL13, S. 49ff.] :

- den *organisationalen Anforderungen*
- und den *individuellen Eigenschaften* der Personen, die sie ausfüllen.

Dieses Wechselspiel visualisiert Bild 2-8 [SL13, S. 49ff.]. Die *Person* bringt individuelle Merkmale wie Wertvorstellungen, Wünsche, Neigungen und Fähigkeiten ein. Diese beeinflussen die Art und Weise, wie sie die Rollen interpretiert und ausgestaltet. Auf Seiten der *Organisation* dominieren strukturgebende Elemente: Strategie, Aufgabenverteilung, formale Struktur und gelebte Kultur prägen die Rollenerwartungen maßgeblich. Die Organisation agiert als Rollensender, indem sie bewusst oder unbewusst Anforderungen an Verhalten, Beiträge und Autorität der Rollenträger bzw. Rolleninhaber stellt. *Berufsrollen* und *Organisationsrollen* entstehen im Zusammenspiel zwischen Person und Organisation. Hierbei wirken Erwartungen, Aufgabenübertragungen (Stelle, Status, Position) und institutionelle Rahmenbedingungen (wie Strategien, Strukturen und Kulturen) der Organisation auf die Rollenentwicklung ein. Die Rollenprofilübernahme als solche wird somit nicht als linear, sondern als ein wechselseitiger Prozess zwischen Person und Organisation verstanden. [SL13, S. 49ff.]

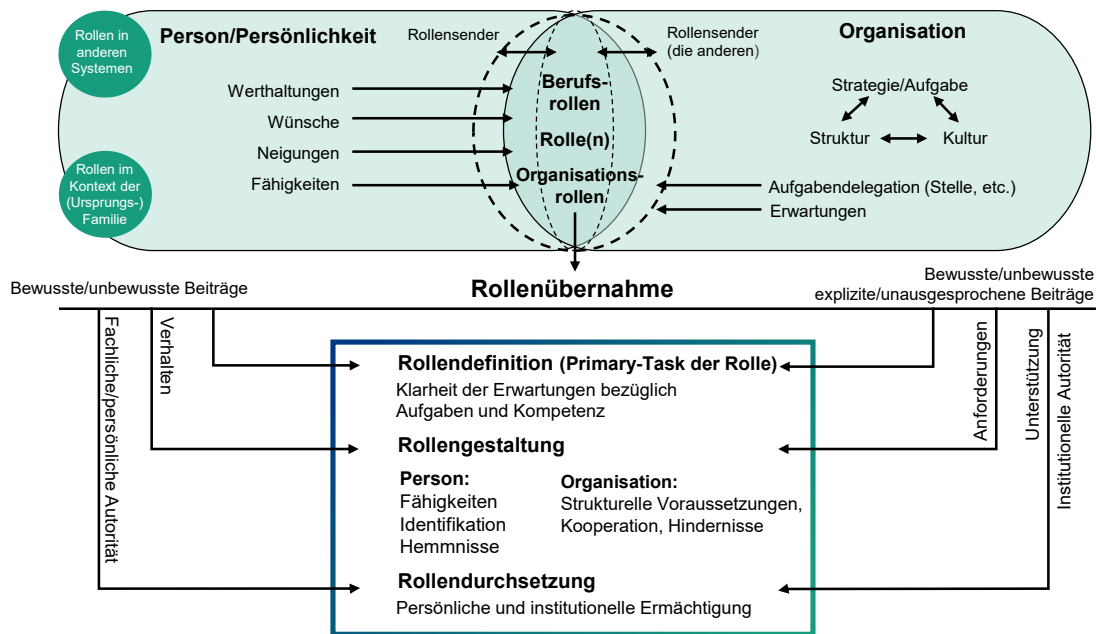


Bild 2-8 Spannungsfeld zwischen Individuum und Organisation bei der Rollengestaltung [SL13, S. 49]

Grundlagen und Ansätze zur Rollenentwicklung

Die Entwicklung von Rollenprofilen folgt allgemeinen Prinzipien, die sicherstellen sollen, dass Aufgaben, Kompetenzen und Verantwortung innerhalb einer Organisation klar strukturiert und nachvollziehbar gestaltet werden.

Entscheidend ist dabei, dass Rollen prozessorientiert und nicht ausschließlich positionsgebunden entwickelt werden [BK13, S. 34; Möh12; GPR+20]. Ziel sind klare Verantwortlichkeiten bei gleichzeitiger Flexibilität in der Zuweisung [GO22]. Eine zentrale Grundlage der Rollenentwicklung ist die Analyse von Prozessen und Aufgaben [BK13; Möh12]. GEISSBAUER ET AL. betonen, dass Prozesse in nicht unterbrechbare Aktivitäten zerlegt werden müssen und anschließend in geeigneten Arbeitsbündeln zusammengefasst werden. Die Bündel wiederum werden konkreten Rollenprofilen zugeschrieben [GGF+12, S. 107f.]. Anhand der Identifikation von Inputs, Outputs und Schnittstellen lassen sich Rollen ausdifferenzieren, die klare Verantwortungsbereiche im Prozess abbilden [Inc23]. Weitere Möglichkeiten bieten Stakeholder-Workshops, verschiedene Analysetechniken oder RACI-Matrizen [HKW13, S. 153].

Allgemein wird zwischen drei Gestaltungsprozessen der Rollenprofilbildung unterschieden (vgl. Bild 2-9) [MPE20-ol]:

- **Sozialisierungsprozess / Top-Down-Modell:** Rollen werden durch die Organisation vorgegeben. Individuen übernehmen vordefinierte Positionen und Funktionen ohne wesentliche Gestaltungsmöglichkeiten. [MPE20-ol]

- **Personalisierungsprozess / Bottom-Up-Modell:** Das Individuum gestaltet aktiv seine Rolle und beeinflusst damit organisatorische Strukturen. Persönliche Werte, Kompetenzen und Erwartungen treten in den Vordergrund. [MPE20-ol]
- **Fusionsprozess / Spannungsfeld-Modell:** Sowohl Organisation als auch Individuum prägen die konkrete Ausgestaltung der Rolle. Stark verschiedene Sichtweisen bei der Verwirklichung der Organisation und bei der Fokussierung auf die eigenen Ziele des Individuums können zu einem Spannungsfeld führen. Ziel ist, einen tragbaren Kompromiss der verschiedenen Vorstellungen zu finden. [MPE20-ol]

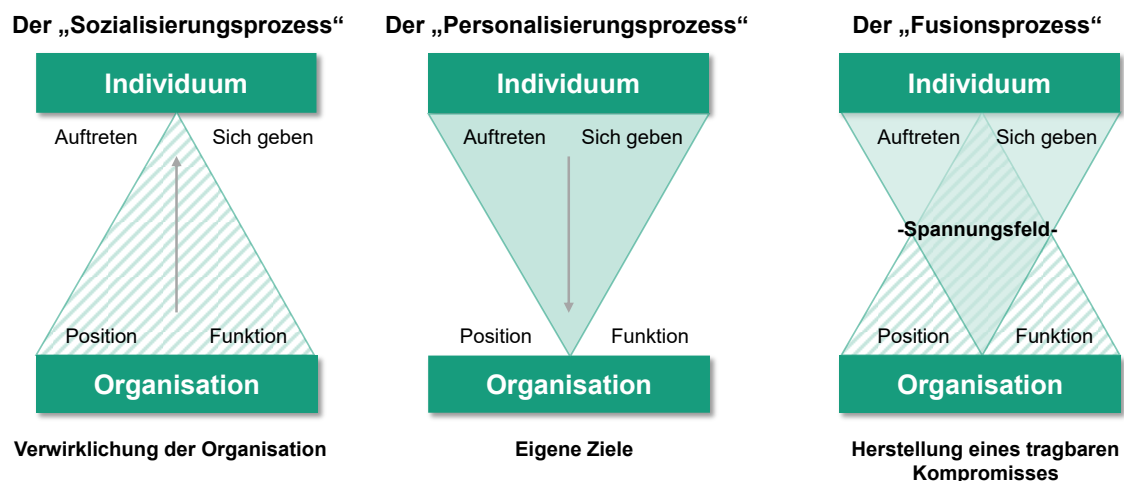


Bild 2-9 Gestaltungsprozesse der Rollenprofilbildung [MPE20-ol]

Gestaltung und Herausforderungen

Die Gestaltung von Rollenprofilen ist komplex: Rollen müssen so präzise sein, dass Verantwortlichkeiten klar erkennbar sind, aber zugleich so offen, dass sie dynamisch auf Projekterfordernisse angepasst werden können.

Eine zentrale Herausforderung ist die Festlegung einer angemessenen Flughöhe der Rollenprofilbeschreibung. OPITZ führt an, dass eine zu detaillierte Zerlegung von Aufgaben in Rollen schnell zu einer Überkomplexität führt, welche wiederum die Ressourcenplanung erheblich erschwert [Opi09, S. 89]. Umgekehrt kann eine zu grobe Rollenbildung Zuständigkeiten verwässern und die Effizienz beeinträchtigen. Die optimale Granularität hängt maßgeblich von der Unternehmensgröße, der Komplexität der Projekte sowie dem organisatorischen Reifegrad ab [Möh12, S. 16ff.; Fra15, S. 199]. In großen, spezialisierten Projekten ist z. B. eine stärkere Differenzierung sinnvoll, um klare Zuständigkeiten zu sichern [BK13, S. 45f.]; in kleineren Projekten oder mittelständischen Unternehmen hingegen kann eine grobe Rollenbündelung effizienter sein [HKW13, S. 18; Möh12, S. 17].

Weitere typische Spannungsfelder sind Standardisierung und Flexibilisierung sowie Spezialisierung und Generalisierung. Projektanforderungen und tatsächliche Ressourcenverfügbarkeiten müssen gleichzeitig aufeinander abgestimmt werden [BK13, S. 45f.].

Rollenprofile entfalten ihre volle Wirkung erst, wenn sie in übergeordnete Personalentwicklungs- und Führungssysteme eingebettet werden. Sie dienen nicht nur der strukturellen Steuerung, sondern bieten auch die Möglichkeit für Karrierepfade, Weiterbildungsangebote und Talentmanagement-Programme [Ulm13, S. 31]. Die bewusste Verankerung der Rollenprofile in der Führungs- und Organisationskultur entscheidet über die Akzeptanz und Wirksamkeit im Alltag und kann Grundlage für Zielvereinbarungs- und Beurteilungssysteme sein [AB09, S. 164; Ulm13, S. 31].

Zusammenfassung der Kernerkenntnisse

- **Rollenprofile strukturieren** Aufgaben, Kompetenzen und Verantwortlichkeiten ermöglichen eine personenneutrale Gestaltung von Zusammenarbeit.
- Rollen werden im **Spannungsfeld zwischen organisationalen Anforderungen und individuellen Eigenschaften** der Rollenträger ausgeprägt.
- Rollenentwicklung erfolgt primär **prozessorientiert** und basiert auf der Analyse von Prozessen, Aufgaben und Schnittstellen.
- **Herausforderungen** der Rollenprofilgestaltung umfassen u.a. die Auswahl der geeigneten Flughöhe (Detailtiefe), den Umgang mit Spannungsfeldern wie Standardisierung vs. Flexibilität und Rollenbündelung vs. Spezialisierung sowie die Integration der Rollenprofile in Personalentwicklung, Führungssysteme und Organisationskultur.

2.3.3 Rollenmodelle

Folgend richtet sich der Fokus nun auf die systematische Gesamtsicht: Rollenmodelle bündeln die einzelnen Rollen in einem strukturierten Rahmen und schaffen Transparenz über Zuständigkeiten und Interaktionen. Kapitel 2.3.3 schafft eine erste Grundlage über die Aufgaben und Ziele von Rollenmodellen, ihre Strukturierung sowie über verschiedene Typen und Ausprägungsformen von Rollenmodellen.

Aufgaben und Ziele von Rollenmodellen

Rollenmodelle übernehmen eine zentrale Ordnungsfunktion in Organisationen und Projekten. Sie bilden alle relevanten Rollen, ihre Zuständigkeiten, Beziehungen und Schnittstellen systematisch ab und stellen damit Transparenz, Koordination und Effizienz in komplexen Entwicklungs- und Transformationsvorhaben sicher. Laut BROY und KUHRMANN fungieren Rollenmodelle *als integrative Klammer über mehrere Systemebenen hinweg – von der Produktentwicklung über das Projektmanagement bis hin zur strategischen Unternehmenssteuerung* [BK13, S. 42f.]. ULMER ergänzt, dass ein Rollenmodell Klarheit sowie eine Entscheidungs- und Kommunikationssicherheit schafft und dies besonders im

Zusammenhang mit projektorientierten Organisationen, in denen bspw. klassische Linienhierarchien durch netzwerkartige Strukturen überlagert werden [Ulm19, S. 31; BK13, S. 43; PS18, S. 155]. Ein Rollenmodell kann somit auch die Brücke zwischen Projekt- und Linienorganisation bilden.

Rollenmodelle unterscheiden sich dabei deutlich von klassischen Organigrammen. Sie erfassen Funktionen unabhängig von konkreten Funktionsträgern [BK13, S. 53]. Damit ermöglichen sie eine flexible und skalierbare Zuweisung von Verantwortlichkeiten, welche sich z. B. durch Projektgröße oder Ressourcensituation ergeben. Rollenprofile können dadurch mehrfach oder kombiniert vergeben werden [Fre07, S. 218; Pus12, S. 91].

Strukturierung und Typen von Rollenmodellen

Rollenmodelle zeigen nicht nur funktionale Zuordnungen auf, sondern visualisieren auch die Schnittstellen zu angrenzenden Organisationseinheiten [BK13, S. 42ff.]. Ein zentrales Strukturierungsmerkmal von Rollenmodellen ist die hierarchische oder funktionale Gliederung. Rollen können z. B. in Haupt- und Unterrollen differenziert werden (z. B. Rolle „Projektleiter“ mit Unterrollen wie „Koordinator Terminsteuerung“ oder „Kommunikationsverantwortlicher“) oder entlang von Disziplinen wie Entwicklung, Qualitätssicherung und Konfiguration strukturiert werden [BK13, S. 45; ST18, S. 246]. Ein anderes Strukturierungsmerkmal ist die Prozessintegration: Rollenmodelle orientieren an Arbeitsprozessen und Wertschöpfungsketten. Hierdurch werden technische und organisatorische Perspektiven im Rollenmodell zusammengeführt [Pus12, S. 91].

Auch die Visualisierung der Rollenbeziehungen spielt eine zentrale Rolle. Werkzeuge wie RACI-Matrizen, Swimlane-Diagramme oder Rollenlandkarten helfen dabei, Rollenverantwortlichkeiten, Interaktionen und Abhängigkeiten transparent darzustellen [BK13, S. 34; GGF+12, S. 109]. Besonders in komplexen Projekten wird dadurch die Steuerbarkeit von Aufgabenpaketen und die Absicherung von Zuständigkeiten wesentlich erleichtert.

Grundsätzlich klassifizieren Rollenmodelle Rollenprofile nach verschiedenen Kriterien:

- *Formale, informelle und biografische Rollen:* SCHIERSMANN und THIEL unterscheiden zwischen formalen Rollen, die explizit definiert und mit klaren Aufgaben- und Befugniskompetenzen ausgestattet sind (z. B. Projektleiter, Qualitätsbeauftragter), und informellen Rollen, die auf gruppendynamischen Prozessen beruhen (z. B. Meinungsführer, Mediator) [ST14, S. 234, 246].
- *Organisations-, Professions- und Privatweltrollen:* VON AU schlägt eine Differenzierung entlang dreier „Rollenwelten“ vor: Organisationswelt (Rollen, die durch Strukturen, Prozesse, Hierarchien und kulturelle Normen innerhalb der Organisation definiert sind), Professionswelt (Rollen, die auf fachlicher Herkunft, Ausbildung und Berufsethik basieren), Privatwelt (Rollen, die aus persönlichen Lebensbezügen entstehen und das individuelle Rollenverständnis beeinflussen) [Von17, S. 97ff.].

- *Prozessbezogene Rollen:* GADATSCH differenziert Rollen hinsichtlich ihrer Funktion im operativen Geschäft ("Run the Business") versus in Veränderungsprojekten ("Change the Business"). Tagesgeschäftsrollen sind auf Stabilität und Effizienz ausgerichtet, während Change-Rollen Innovations-, Veränderungs- und Adaptionsprozesse treiben. Rollenmodelle müssen beide Perspektiven abbilden, insbesondere im Kontext kontinuierlicher Transformation [Gad20, S. 54].
- *Projekt- und Linienrollen:* BROY und KUHRMANN unterteilen Rollen in projektbezogene (z. B. Projektleiter, Entwickler, Tester) und organisationsübergreifende Rollen (z. B. Qualitätsmanager, Konfigurationsverantwortlicher). Projektrollen beziehen sich auf zeitlich begrenzte Vorhaben, während Linienrollen eine dauerhafte Verankerung innerhalb der Unternehmensstruktur aufweisen [BK13, S. 43f.]
- *Funktions-, sozial- und interaktionsorientierte Rollen:* SCHIERSMANN und THIEL weisen darauf hin, dass sich Rollenmodelle auch entlang funktionaler (z. B. Aufgaben- und Ergebnisorientierung), sozialer (z. B. Beziehungsmanagement) und interaktiver (z. B. Moderation, Konfliktbearbeitung) Dimensionen strukturieren lassen [ST19, S. 246].
- *Leistungs- und Publikumsrollen:* PORS und ANDERSEN schlagen eine weitere Unterscheidung vor: Leistungsrollen sind innerhalb des Systems aktiv und prägen dessen Handlungen direkt. Publikumsrollen beziehen sich auf externe Akteure, die als Beobachter oder Kunden Einfluss nehmen, aber nicht systemintern handeln [PA19, S. 240].
- *Technische und organisatorische Rollen:* PUSCHMANN differenziert im Rahmen von Prozessportalen zwischen organisatorischen Rollen (z. B. Bereichsleiter), technischen Rollen (z. B. Systemadministrator) und spezifischen Portalrollen (z. B. Portalnutzer mit definierten Rechten). Rollenmodelle in digitalen Systemlandschaften müssen diese unterschiedlichen Perspektiven integrieren [Pus12, S. 9]

Zusammenfassung der Kernerkenntnisse

- **Rollenmodelle strukturieren die Zusammenarbeit systematisch**, indem sie Rollen, Zuständigkeiten und Schnittstellen unabhängig von Personen abbilden. Die Strukturierung erfolgt funktional, hierarchisch oder prozessorientiert, unterstützt durch Visualisierungsmethoden wie RACI-Matrizen, Swimlanes oder Rollenlandkarten.
- Rollenmodelle fungieren als **verbindendes Element zwischen Projekt- und Linienorganisation** und ermöglichen eine flexible, skalierbare Rollenvergabe entsprechend der Projektgröße und Ressourcenlage.
- **Rollenmodelle unterscheiden sich in ihren Typen und Ausprägungen**, z. B. in formale/informelle/biografische Rollen, Prozess- vs. Change-Rollen, Projekt- vs. Linienrollen oder technische vs. organisatorische Rollen.

2.3.4 Komplexität und Verankerung von Rollenmodellen

Die Einführung von Rollenmodellen stellt für viele Unternehmen eine Herausforderung dar. Sie erfordert nicht nur strukturelle Anpassungen, sondern auch tiefergehende kulturelle Veränderungen. Veränderungen verursachen schnell Ängste in der Belegschaft, welche wiederum in Akzeptanzbarrieren münden können. Kapitel 2.3.4 beleuchtet mögliche Probleme und kontextuelle Faktoren bei der Einführung von Rollenmodellen (vgl. Bild 2-10).

Kontextuelle Rahmenbedingungen legen den Grundstein für die Einführung, Verankerung und Nutzung von Rollenmodellen und beschreiben organisatorische Strukturaspekte. Die konkreten Einführungsprobleme liegen folgend häufiger auf menschlicher und kultureller Ebene. Die Verankerung und Umsetzung der Rollenmodelle greift beide Dimensionen auf und erweitert diese um den Rollenlebenszyklusaspekt.

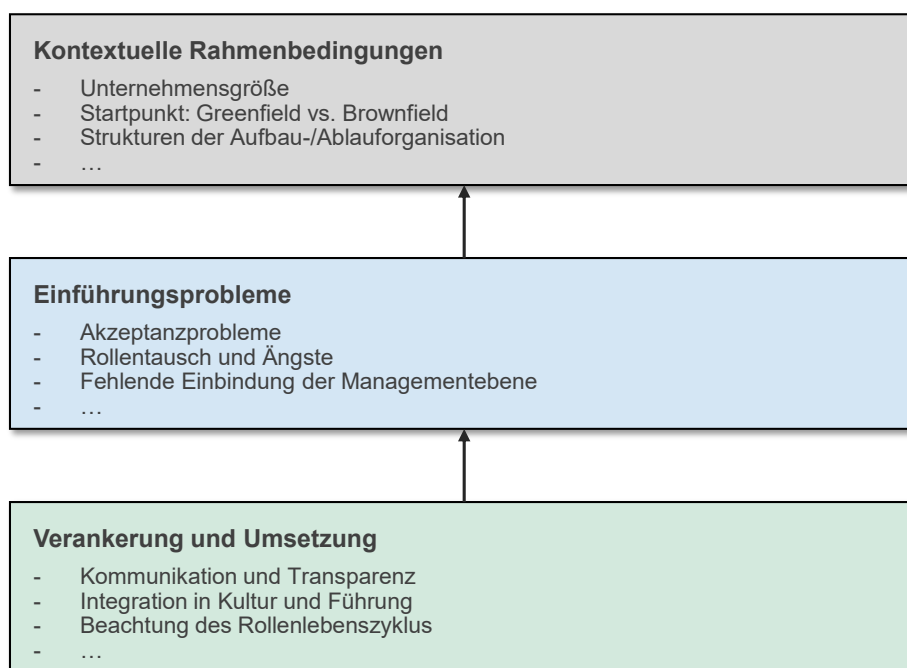


Bild 2-10 Komplexität bei der Einführung von Rollenmodellen

Mögliche Kritikalitätsfaktoren, die bei der Einführung von Rollenmodellen zu beachten sind, sind u.a. die Folgenden:

- 1) *Unternehmensgröße und Rollengestaltung*: Die Art der Rollenausgestaltung hängt stark von der Unternehmensgröße ab. In kleinen und mittelständischen Unternehmen erfolgt häufig eine Bündelung mehrerer Rollen in einer Funktionsträgerperson, während große Organisationen eine stärkere Differenzierung einzelner Rollen vornehmen [Han16, S. 414].
- 2) *Greenfield- vs. Brownfield-Ansatz*: WERTHER und BRUCKNER verdeutlichen, dass Rollenmodelle je nach Implementierungslogik unterschiedlich gestaltet werden müssen. In "Greenfield"-Situationen kann ein Rollenmodell vollständig neu und

idealtypisch aufgebaut werden. In "Brownfield"-Kontexten (bestehende Organisationen) müssen Rollen schrittweise in bestehende Strukturen integriert werden, was durch starre Aufbau- und Ablauforganisationen erheblich erschwert werden kann. [WB18, S. 141ff.]

- 3) *Anpassung an Wertschöpfungsstrukturen*: Rollenmodelle müssen ebenfalls an die strategische Zielausrichtung der Wertschöpfungsketten angepasst werden. Nur durch die Verbindung von Bedarfsanalysen (Anzahl Funktionen/Mitarbeitende) und qualitativer Kompetenzprofile kann eine zukunftsorientierte Rollenstruktur etabliert werden [WB18, S. 141ff.].
- 4) *Widerstände und Akzeptanzprobleme*: Die Einführung neuer Rollen ist häufig mit Ängsten vor Identitäts- sowie Statusverlust und Kompetenzverschiebungen verbunden [PS18, S. 342; Neg19, S. 12f.]. Mitarbeitende, die viele Jahre in stabilen hierarchischen Strukturen gearbeitet haben, empfinden die neue Rollenflexibilität als belastend und benötigen intensive Begleitung im Transformationsprozess [Neg19, S. 12].
- 5) *Führungsprobleme und fehlende Verankerung*: ULMER betont, dass Rollenmodelle nur dann erfolgreich eingeführt werden können, wenn das Top-Management und die Linienführung dahinterstehen und deren Nutzen aktiv vertreten. Andernfalls bleiben Rollenmodelle Fremdkörper ohne praktische Relevanz [Ulm13, S. 111f.]. Die Einführung von Rollenmodellen in einem reinen Top-Down-Ansatz, ohne Beteiligung der Linienführung, erhöht das Risiko von Akzeptanzproblemen erheblich [ZKL+09, S. 203].
- 6) *Kommunikative Herausforderungen*: Rollenmodelle entfalten nur dann Wirkung, wenn die Inhalte nicht nur den Rolleninhabern, sondern auch den übrigen Organisationsmitgliedern bekannt sind. Fehlende Transparenz über Aufgaben, Verantwortungen und Interaktionen kann zu erheblichen Missverständnissen führen. [AB09, S. 161f.]
- 7) *Tradierte Muster und Veränderungswiderstände*: TERNÈS und DE GRANCY weisen darauf hin, dass tradierte Arbeitsmuster und Routinen auch dann noch Akzeptanz genießen, wenn ihre Wirksamkeit bereits sinkt. Es bedarf großer Überzeugungskraft, um Mitarbeitende zum Loslassen bewährter Strukturen zu bewegen und neue Rollen aktiv zu übernehmen. [TG18, S. 18]

Zusammenfassung der Kernerkenntnisse

- **Unternehmensgröße bestimmt Rollengestaltung**: In kleinen Unternehmen erfolgt oft eine Rollenbündelung auf wenige Personen, während große Organisationen differenzierte Rollenmodelle nutzen.
- **Greenfield- vs. Brownfield-Implementierung**: Rollenmodelle müssen je nach Ausgangslage unterschiedlich eingeführt werden: Neuaufbau erlaubt Idealstrukturen ("Greenfield"), bestehende Organisationen verlangen eine schrittweise Integration ("Brownfield").

- **Akzeptanzprobleme und Ängste behindern Einführung:** Angst vor Status- und Identitätsverlust, Unsicherheit durch neue Rollenerwartungen und fehlende Erfahrung mit Rollenflexibilität erschweren die Einführung.
- **Top-Management und Linienführung als Schlüsselfaktoren:** Rollenmodelle scheitern, wenn Führungskräfte nicht überzeugt und eingebunden sind. Eine Top-Down-Einführung ohne Beteiligung der Linien erhöht die Ablehnung.
- **Kommunikation und kulturelle Verankerung entscheidend:** Transparente Kommunikation der Rolleninhalte und Überwindung tradierter Muster sind notwendig, um Akzeptanz und nachhaltige Implementierung zu erreichen.

2.4 Problemabgrenzung

Die Problemanalyse hat gezeigt, dass sich die Entwicklung technischer Systeme zunehmend durch interdisziplinäre Zusammenarbeit, dynamische Anforderungen und eine stärkere Nutzerzentrierung auszeichnet. Im Zuge der digitalen Transformation wird der Wandel der Wertschöpfung nicht mehr allein durch technologische Neuerungen getrieben, sondern verstärkt durch organisatorische und soziale Veränderungen begleitet. Dies betrifft insbesondere die frühen Phasen der Produktentstehung, in denen Anforderungen häufig unklar, Prozesse wenig standardisiert und Rollenbilder uneinheitlich ausgeprägt sind.

Advanced Systems Engineering adressiert diese Herausforderungen durch einen integrierten Entwicklungsansatz, der technische, menschliche und organisatorische Perspektiven systematisch miteinander verknüpft. In der praktischen Umsetzung zeigt sich jedoch, dass es bislang an methodisch fundierten Strukturen fehlt, um diese Integration konkret zu gestalten. Vor allem bei der Ausgestaltung von Rollenprofilen, der Zuordnung von Aufgaben und der Steuerung interdisziplinärer Zusammenarbeit bestehen erhebliche Unsicherheiten. Die bestehende Praxis ist häufig durch implizite Rollenverständnisse, unklare Zuständigkeiten und fehlende Referenzmodelle geprägt.

Herausforderungen im Status Quo

Vor dem Hintergrund dieser Entwicklung gewinnt die systematische Gestaltung von Rollenmodellen im Advanced Systems Engineering an Bedeutung. Rollen übernehmen nicht nur eine funktionale, sondern eine koordinierende und verbindende Funktion zwischen den Disziplinen. Die zielgerichtete Entwicklung, Dokumentation und Integration solcher Rollen stellen eine zentrale Voraussetzung für die erfolgreiche Umsetzung von Advanced Systems Engineering in der industriellen Praxis dar. Ein zentrales Problem stellt die fehlende Existenz von Rollenprofilen dar. Besitzen Unternehmen bereits Rollenprofile, so sind die mangelnde Standardisierung und fehlende Systematik bei der Beschreibung und Anwendung von Rollenprofilen die wesentlichen Herausforderungen dar. Die existierenden Rollen sind häufig nur informell und nicht klar von Funktionen und Stellen abge-

grenzt. Dadurch entstehen Unklarheiten hinsichtlich Zuständigkeiten, Verantwortungsbereichen und Entscheidungswegen. Zudem zeigt sich, dass bestehende Entwicklungsprozesse häufig nicht ausreichend auf die interdisziplinären Anforderungen von Advanced Systems Engineering angepasst sind. Die Zusammenarbeit unterschiedlicher Disziplinen erfordert neue Formen der Koordination, Kommunikation und Schnittstellengestaltung, die in herkömmlichen Rollen- und Prozessmodellen nicht berücksichtigt werden. Besonders herausfordernd ist die Integration neuer Rollen in bestehende Strukturen. Die Einführung agiler Methoden, hybrider Projektformen oder servicebasierter Geschäftsmodelle verändert Aufgabenverteilungen, Verantwortlichkeiten und Erwartungshaltungen. Die damit verbundenen Rollenprofile sind bislang kaum dokumentiert und lassen sich selten einfach auf unterschiedliche Unternehmensgrößen und -kontexte übertragen. Nicht zuletzt fehlt es an geeigneten Hilfsmitteln, um die Rollenprofilentwicklung systematisch mit Prozessen, Aufgaben und Kompetenzen zu verknüpfen. Die Abstimmung zwischen technischer Entwicklung, organisatorischer Umsetzung und menschlicher Interaktion ist oftmals unzureichend modelliert. Weder existieren standardisierte Templates für Rollenprofile noch strukturierte Modelle zur Verankerung der Rollen und Rollenmodellen in Prozessarchitekturen oder Organisationsstrukturen. Die Integration von Rollen in bestehende ASE-orientierte Prozesse bleibt damit häufig dem Erfahrungswissen einzelner Experten überlassen und entzieht sich einer systematischen Weiterentwicklung oder Vergleichbarkeit. Dadurch entstehen Ineffizienzen in der Zusammenarbeit oder Verantwortungsdiffusion.

Forschungslücke und Handlungsbedarf

Trotz der konzeptionellen und praktischen Relevanz von Rollen im Advanced Systems Engineering fehlt es bislang an einem systematisch fundierten Ansatz zur Entwicklung unternehmensspezifischer Rollenprofile, welche in einem Rollenmodell eingebettet werden. In der wissenschaftlichen Literatur werden zwar einzelne Rollen oder Kompetenzanforderungen thematisiert, jedoch meist fragmentiert und ohne Einbindung in ein übergreifendes, praxisorientiertes Rollenmodell. Gleichzeitig zeigt sich, dass bestehende Modelle zur Rollenprofilentwicklung häufig entweder zu generisch oder zu kontextabhängig sind, um eine breite Anwendbarkeit im industriellen Umfeld zu ermöglichen. Es fehlen skalierbare und anpassungsfähige Vorgehensweisen, die es Unternehmen ermöglichen, Rollenprofile entlang ihrer spezifischen Strukturen, Prozesse und Reifegrade zu entwickeln und in bestehende Organisationen zu integrieren.

Aus diesem Bedarf heraus ergibt sich die folgende forschungsleitende Fragestellung (vgl. Bild 2-11):

Wie lassen sich unternehmensspezifische Rollenmodelle für das Advanced Systems Engineering systematisch entwickeln und mit passenden Rollenprofilen ausgestalten?

Diese zentrale Forschungsfrage wird durch folgende Teilfragen konkretisiert:

- **F1.1:** Welche Anforderungen werden aus Sicht der ASE-Prinzipien (z. B. Systemdenken, domänenübergreifende Kooperation, Menschzentrierung) an Rollenmodelle und -profile gestellt? Wie hängen Rollen im organisatorischen Kontext mit Advanced Systems und Stellen zusammen?
- **F1.2:** Welche Prozesse und Aufgabenbereiche innerhalb des Advanced Systems Engineering eignen sich zur strukturierten Zuordnung von Rollen und Verantwortlichkeiten?
- **F1.3:** Welche Rollenprofile werden für die Entwicklung von Advanced Systems benötigt?
- **F1.4:** Wie können Abhängigkeiten und Schnittstellen zwischen Rollen systematisch modelliert werden, um eine effektive Kollaboration zu ermöglichen?
- **F1.5:** Wie lässt sich ein generisches Rollenmodell konzipieren, das eine Integration in bestehende Entwicklungs- und Organisationsstrukturen unterstützt?
- **F1.6:** Welche Methoden und Hilfsmittel können eingesetzt werden, um Rollenmodelle und ihre -profile unternehmensspezifisch anzupassen (Tailoring)?

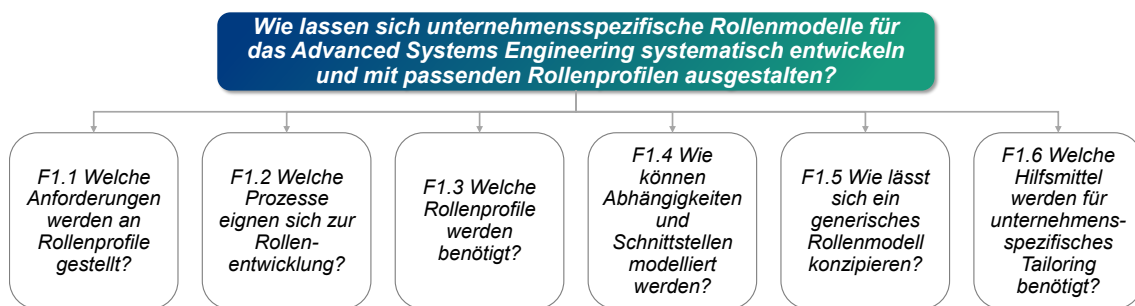


Bild 2-11 Forschungslücke und Handlungsbedarf

Vor dem Hintergrund dieser Forschungslücke besteht die Notwendigkeit, eine **praxisnahe, übertragbare und methodisch fundierte Systematik zur Entwicklung von unternehmensspezifischen Rollenmodellen für das Advanced Systems Engineering** zu entwickeln. Diese soll Unternehmen in die Lage versetzen, Rollenmodelle und -profile nachvollziehbar zu gestalten, kontextgerecht zu adaptieren und effektiv in ihre Entwicklungsorganisation zu integrieren. Folgende Forschungsfelder (FF) wurden dazu abgeleitet:

FF1 – Ableitung von Rollenanforderungen im ASE-Kontext (Forschungsfragen 1.1-1.3): In diesem Forschungsfeld werden konkrete Anforderungen an Rollenprofile erarbeitet. Dazu zählen fachliche Kompetenzen, soziale Fähigkeiten, Aufgabenverantwortung, Entscheidungsbefugnisse sowie spezifische Erwartungshaltungen.

FF2 – Strukturierung von Prozessen als Ordnungsrahmen für Rollen (Forschungsfrage 1.2): Zentrale Voraussetzung für eine differenzierte Rollenentwicklung ist ein klarer Ordnungsrahmen über die Phasen, Prozesse und Aufgaben des Advanced Systems

Engineering. In der industriellen Praxis fehlen häufig transparent dokumentierte Prozessmodelle, die als Grundlage für die Zuordnung von Rollen dienen können. Dieses Forschungsfeld widmet sich daher der Analyse und Strukturierung zentraler ASE-Prozesse und deren Abgrenzung. Ziel ist es, einen übertragbaren Bezugsrahmen zu schaffen, an dem sich Rollenprofile systematisch ausrichten lassen.

FF3 – Modellierung von Kollaboration und Schnittstellen (*Forschungsfragen 1.4, 1.5*): Die Effektivität eines Rollenmodells hängt wesentlich davon ab, wie klar und konsistent Schnittstellen zwischen Rollen definiert und gelebt werden. Dieses Forschungsfeld fokussiert auf die Identifikation, Darstellung und Strukturierung der Interaktionen zwischen den Rollenprofilen im Rollenmodell.

FF4 – Anpassung und Transferfähigkeit des Rollenmodells (*Forschungsfragen 1.5, 1.6*): Rollenmodelle müssen an unterschiedliche Unternehmensgrößen, Organisationsformen und Reifegrade adaptierbar sein. Dieses Forschungsfeld zielt auf die Entwicklung eines anwendungsorientierten Tailoring-Konzepts, das generische Rollenprofile in unternehmensspezifische Kontexte überführt. Im Zentrum stehen hier methodische Hilfsmittel wie konfigurierbare Rollenstrukturen, Entscheidungspfade und Anpassungskriterien, die einen skalierbaren Einsatz in der Praxis ermöglichen.

Im Zentrum der Betrachtung steht dabei die Rolle als verbindendes Element zwischen Mensch, Technik und Organisation. Die Arbeit konzentriert sich auf jene Rollen, die im Rahmen von ASE-Prozessen zur Koordination interdisziplinärer Zusammenarbeit und Steuerung komplexer Entwicklungsvorhaben erforderlich sind. Dabei werden sowohl technische als auch organisatorisch-kommunikative Rollen berücksichtigt.

Nicht betrachtet werden hingegen rein funktionale Aspekte des Systemdesigns oder technische Spezifika einzelner Disziplinen ohne organisationalen Bezug. Ebenso werden bestehende Rollenmodelle aus etablierten Prozessframeworks (z. B. Scrum, SAFe) nur insoweit aufgegriffen, wie sie zur Ableitung generalisierbarer Prinzipien beitragen. Die Integration des Rollenmodells in die Organisationsstrukturen fällt ebenfalls nicht in diese Arbeit.

Die Systematik verfolgt einen anwendungsorientierten und adaptiven Ansatz. Sie soll skalierbar sein und sich an unterschiedliche Unternehmensgrößen, Branchen und Reifegrade anpassen lassen. Dabei werden methodische Hilfsmittel wie Rollenprofilstrukturen, Zuordnungslogiken und Tailoring-Ansätze berücksichtigt. Zudem zielt die Arbeit darauf ab, Schnittstellen, Informationsflüsse und Verantwortlichkeiten zwischen Rollen explizit zu modellieren, um deren Integration in ASE-Prozesse systematisch zu unterstützen. Die konkreten Ziele und Anforderungen werden in Kapitel 2.5 vorgestellt.

2.5 Ziele und Anforderungen an die Arbeit

Aus der vorangegangenen Problemanalyse wird ersichtlich, dass der Wandel der Wertschöpfung nicht nur die Systeme von morgen und deren Entwicklungsprozesse verändert,

sondern auch neue Herausforderungen an Kommunikation und Kollaboration stellt. Umso wichtiger erscheint es, Entwicklungsprozesse des Advanced Systems Engineering und Zusammenarbeitsmodelle genauer zu betrachten und in Beziehung zu setzen. Demzufolge ist das übergeordnete Ziel der vorliegenden Arbeit eine Systematik zur Entwicklung von unternehmensspezifischen Rollenmodellen für das Advanced Systems Engineering. Für ihre Erarbeitung sind verschiedene Herausforderungen und Faktoren bei der Ausgestaltung zu berücksichtigen. Diese lassen sich, wie in Bild 2-12 dargestellt, zusammenfassen.

Nachfolgend werden die Ziele der Systematik im Detail vorgestellt. Sie adressieren verschiedene Herausforderungen und Ausgestaltungsfaktoren.

Systematik-übergreifende Ziele

Z1) Methodische Fundierung und systematische Herleitung des Vorgehens

Unternehmen sehen sich im Zuge der digitalen Transformation und steigender Systemkomplexität zunehmend mit der Herausforderung konfrontiert, geeignete Rollenprofile im Entwicklungsprozess systematisch zu definieren. Neue Technologien verändern Aufgabenverteilungen und erfordern neue Kompetenzen. Gleichzeitig fehlt es in der Praxis an methodischer Unterstützung zur Ableitung, Strukturierung und Anpassung von Rollenmodellen. Gerade für KMU erschwert dies die Einführung eines funktionsfähigen, anpassbaren Rollenmodells (vgl. Kap. 2.2, 2.3).

Die vorgestellte Systematik adressiert diese Lücke, indem sie ein methodisches Schritt-für-Schritt-Vorgehen zur Entwicklung von unternehmensspezifischen Rollenmodellen im Advanced Systems Engineering bereitstellt. Sie bietet konkrete Werkzeuge zur Bildung, Ausgestaltung und unternehmensspezifischen Anpassung eines konsistenten Rollenmodells – nachvollziehbar, strukturiert und anwendungsorientiert.

Z2) Anpassbarkeit und Integrationsfähigkeit

Die Entwicklung und Anwendung der Rollenmodells ist stark abhängig von unternehmensspezifischen Faktoren wie Größe, vorhandener Systemkompetenz, vorhandenen Entwicklungsmethoden oder Reifegrad der Organisation. Vorhandene Rollenmodelle sind häufig zu generisch oder zu werden nicht im Unternehmenskontext angewendet. Zudem scheitert die Integration oftmals an einer fehlenden technischen und organisatorischen Anschlussfähigkeit (vgl. Kap. 2.3).

Die entwickelte Systematik soll daher so ausgelegt sein, dass generische Elemente flexibel und einfach an individuelle Organisationsmerkmale angepasst werden können. Die Systematik muss dabei in sich konsistent, nachvollziehbar und auf unterschiedliche Anwendungskontexte skalierbar sein.

Übergreifende Aspekte

Herausforderungen	- Komplexität der Produktentstehung (Kap. 2.2) - Mangelnde Prozess- und Methodenkenntnisse (Kap. 2.2, 2.3)
Gestaltungsfaktoren	- Know-How Aufbau für Entwicklungsprozesse und ihre Aufgaben - Transparenz - Unternehmensspezifische Rahmenfaktoren
Ziele an die Systematik	Z1) Methodische Fundierung und systematische Herleitung Z2) Anpassbarkeit und Integrationsfähigkeit
Aufgabe	Entwicklung einer Systematik von der Strukturierung und Aufarbeitung von Prozessen über Ableitung von Rollenprofilen hinzu unternehmensspezifischen Rollenmodellen mit klaren Kommunikationspfaden und Verantwortlichkeitszuweisungen

Handlungsfeld Anwendungskontext Advanced Systems Engineering

Herausforderungen	- Komplexität der Advanced Systems (Kap. 2.2.2) - Auswirkungen von SE und AE (Kap. 2.2.2) - Unklarheit über Entwicklungsprozesse und deren Vernetzung (Kap. 2.2.1, 2.2.3) - Fehlende, klare Aufgabenzuweisung (Kap. 2.2.3)
Gestaltungsfaktoren	- Aufbereitung verschiedener Prozesstiefen - Beachtung statistischer und dynamischer Faktoren - Berücksichtigung der Organisationsspezifika
Ziele an die Systematik	Z3) Skalierbarer Ordnungsrahmen Z4) Detaillierung von Aufgaben in Prozessen
Aufgabe	Ableitung eines übersichtlichen, aber zeitgleich auch detailreichen und prozesstiefen Ordnungsrahmen für das Advanced Systems Engineering, der die Integration von Organisationsspezifika ermöglicht

Handlungsfeld Rollenprofile

Herausforderungen	- Unklarheit über Entwicklungsprozesse (Kap. 2.2.2, 2.2.3) - Fehlende, klare Aufgabenzuweisung (Kap. 2.2.3) - Vielzahl verschiedener Rollenprofilsteckbriefe mit ähnlichem Aufgabenprofil (Kap. 2.3.1, 2.3.2, 2.4) - Mangelnde Ausdetaillierung der Rollenprofilsteckbriefe (Kap. 2.3.1, 2.3.2, 2.4)
Gestaltungsfaktoren	- Standardisierung von Rollenprofilen - Berücksichtigung existierender Rollenprofile - Integration von Unternehmensspezifika wie Unternehmensgröße, Systemkomplexität, Kompetenzgrundlage
Ziele an die Systematik	Z5) Strukturierung der Rollenprofile mit entsprechendem Detaillierungsgrad Z6) Hilfestellung bei der unternehmensspezifischen Rollenbündelung Z7) Berücksichtigung der fachlichen Abhängigkeiten
Aufgabe	Identifikation und Entwicklung notwendiger Rollenprofile für das Advanced Systems Engineering, welche Auskunft über Aufgaben, Kompetenzen und Verantwortung geben Berücksichtigung technischer und nicht-technischer Rollen sowie der organisatorischen Rahmenbedingungen

Handlungsfeld Rollenmodell

Herausforderungen	- Fehlende Rollen-/Kollaborationsmodelle mit definierten Informationsflüssen (Kap. 2.3.3, 2.3.4, 2.4) - Gewachsene Organisationsstrukturen (Kap. 2.4) - Volatilität der Wertschöpfung und der Organisation (Kap. 2.2) - Unzureichende Transferier- und Skalierbarkeit (Kap. 2.3.3, 2.3.4, 2.4)
Gestaltungsfaktoren	- Beachtung klarer Verantwortlichkeitszuweisungen innerhalb des Prozessmodells - Berücksichtigung existierender Rollenmodelle, Kollaborations- und Kommunikationsstrukturen - Integration von Unternehmensspezifika wie Unternehmensgröße, Systemkomplexität, Kompetenzgrundlage
Ziele an die Systematik	Z8) Generisches Modell zur Rollenkollaboration Z9) Ableitung von Verantwortlichkeiten Z10) Tailoring-Maßnahmen zur Skalierbarkeit
Aufgabe	Ausleitung eines Rollenmodells zur Verbesserung der Kommunikation und Kollaboration mit Beachtung des Orientierungsrahmen der Entwicklungsprozesse, bestehender Rollenprofile und Organisationsspezifika

Bild 2-12 Zusammenfassung der Aufgaben, Herausforderungen, Ausgestaltungsfaktoren und Ziele der vorliegenden Arbeit

Handlungsfeld 1: Strukturierung des Anwendungskontextes Advanced Systems Engineering

Z3) Skalierbarer Ordnungsrahmen

Advanced Systems Engineering stellt einen interdisziplinären Ansatz zur Entwicklung komplexer technischer Systeme dar. Grundvoraussetzung für die Entwicklung von Rollenmodellen und -profilen ist ein umfassendes Verständnis der zugrundeliegenden Phasen und Prozesse der Entwicklung der Advanced Systems. In der Praxis zeigt sich häufig eine mangelnde Klarheit darüber, welche Teilprozesse konkret zum Entwicklungsprozess bzw. zum Advanced Systems Engineering gehören. Hier existiert eine Vielzahl verschiedener Entwicklungsprozesse, die in ähnlicher, aber nicht in derselben Form Aspekte der Produktentwicklung beschreiben (vgl. Kap. 2.2.1, 2.2.2).

Ziel ist es daher, innerhalb der Systematik einen transparenten, übergreifenden Ordnungsrahmen für den Anwendungskontext Advanced Systems Engineering bereitzustellen, der eine klare Phasengliederung erlaubt. Die Phasen und deren Zusammenspiel müssen dabei so gewählt sein, dass eine Übertragbarkeit auf unterschiedliche Unternehmensgrößen, Branchen und Reifegrade gewährleistet wird.

Z4) Detaillierte Beschreibung von Aufgaben in Prozessen als Grundlage für Rollenprofile

Die Entwicklung fundierter Rollenprofile setzt eine präzise Kenntnis der zugrundeliegenden Prozesse und Tätigkeiten voraus. Ohne eine klare Beschreibung der einzelnen Aufgabenbereiche, einschließlich erforderlicher Inputs sowie des erwarteten Outputs, ist eine konsistente Zuordnung von Verantwortlichkeiten nicht möglich. In der Industrie sind Prozesse jedoch oftmals nur rudimentär dokumentiert oder liegen in implizitem Wissen vor, was die Entwicklung von Rollenprofilen erheblich erschwert (vgl. Kap. 2.2.2, 2.2.3).

Aufgaben sollen in klar abgegrenzte Pakete strukturiert werden, sodass die jeweiligen Verantwortlichkeiten in einem Rollenmodell abgebildet werden können. Die daraus resultierende Transparenz über Aufgaben, Schnittstellen und Zuständigkeiten schafft die notwendige Grundlage für eine differenzierte Rollenprofilbeschreibung.

Handlungsfeld 2: Identifikation und Entwicklung von Rollen

Z5) Strukturierung der Rollenprofile mit entsprechendem Detaillierungsgrad

Zentrales Element bei der Entwicklung eines Rollenmodells sind die einzelnen Rollenprofile. In der Praxis bestehen erhebliche Unterschiede hinsichtlich Umfang, Tiefe und Ausrichtung solcher Profile – sowohl zwischen Unternehmen als auch innerhalb einzelner Abteilungen. Häufig fehlt eine methodisch fundierte Grundlage dafür, welche Informationen ein Rollenprofil enthalten soll und wie die Abgrenzung zu benachbarten Rollen erfolgen kann (vgl. Kap. 2.3.1, 2.3.2, 2.4).

Das Ziel der Systematik ist es daher, eine standardisierte Struktur für Rollenprofile zu definieren, welche einheitlich, nachvollziehbar und gleichzeitig anpassbar ist. Dazu zählt die Definition inhaltlicher Bestandteile wie Aufgabenbeschreibung, erforderliche Kompetenzen, Verantwortlichkeiten und typische Schnittstellen. Auf Basis dieser Struktur sollen sowohl technische Rollen als auch organisatorische und koordinierende Funktionen gleichermaßen abgebildet werden können.

Z6) Hilfestellung bei der unternehmensspezifischen Bündelung von Rollen

Je nach Unternehmensgröße, personellen Kapazitäten und Komplexität des Advanced Systems unterscheiden sich die Möglichkeiten zur Ausprägung einzelner Rollen bzw. Rollenbündel, erheblich. Gerade kleinere Unternehmen mit begrenztem Personalstamm können vielfach nicht alle Rollen in Reinform abbilden. Hier ist es erforderlich, Rollen inhaltlich zu bündeln, Verantwortungsbereiche zu überlappen oder bestimmte Tätigkeiten zusammenzulegen bzw. auf der anderen Seite in größeren Unternehmen Tätigkeiten weiter auszudetaillieren und Rollen mehrfach zu besetzen (vgl. Kap. 2.2.2, 2.2.3, 2.3, 2.4).

Die Systematik soll Unternehmen eine fundierte Hilfestellung bieten, um eine sinnvolle Rollenbündelung auf Basis inhaltlicher und struktureller Abhängigkeiten vorzunehmen. Dies umfasst insbesondere die Identifikation von Rollen mit überschneidenden oder abhängigen Aufgabenbereichen. Durch die Bereitstellung geeigneter Kriterien zur Clusterbildung entsteht ein flexibles Rollenprofilset.

Z7) Berücksichtigung der fachlichen Abhängigkeiten und Schnittstellen

Ein zweckmäßiges Rollenmodell zeigt auf, wie Rollen miteinander interagieren und welche wechselseitigen Abhängigkeiten zwischen ihnen bestehen. Rollen agieren nicht isoliert, sondern sind über Aufgaben, Prozesse und Informationsflüsse eng miteinander verknüpft. Schnittstellen müssen für ein erfolgreiches Rollenmodell explizit definiert und im Modell abgebildet werden (vgl. Kap. 2.3.3, 2.3.4, 2.4).

Ein zentrales Ziel der Systematik ist es daher, die relevanten Schnittstellen systematisch zu erfassen und in Beziehung zu den definierten Rollen zu setzen. Es soll erkenntlich werden, welche Rolle mit welchen anderen Rollen in welchen Aufgabenfeldern zusammenarbeitet und welche Informationsflüsse dabei erforderlich sind. Diese Transparenz ist eine wesentliche Voraussetzung, um Kommunikationspfade und Kollaborationsmuster zu modellieren.

Handlungsfeld 3: Konzipierung eines Rollenmodells zur Kollaboration

Z8) Generisches Modell zur Rollen-Kollaboration

Ein Rollenmodell erfordert ein abgestimmtes Zusammenspiel zwischen Rollen, Aufgaben und Prozessen. In der Praxis fehlen jedoch oftmals klar definierte Strukturen, um diese Zusammenarbeit gezielt zu planen, zu steuern und zu optimieren. Ohne ein konkretes Modell entsteht eine hohe Intransparenz über Zuständigkeiten und Schnittstellen. Dies kann zu Reibungsverlusten führen (vgl. Kap. 2.3.3, 2.3.4, 2.4).

Ziel dieses Teilaspekts der Systematik ist die Entwicklung eines generischen Rollenmodells, das als Ausgangsbasis für unternehmensspezifische Anpassungen dient. Es soll ein strukturiertes Rahmenwerk geschaffen werden, das die Interaktion zwischen Rollen, Aufgabenpaketen und Prozessphasen beschreibt.

Z9) Ableitung von Verantwortlichkeiten zur Schärfung von Zuständigkeiten

Zentrale Herausforderung in der Kollaboration ist die klare Zuordnung und Abgrenzung von Verantwortlichkeiten. Dies führt häufig zu Unklarheiten hinsichtlich der Ausführung, Beteiligung und Information innerhalb eines Entwicklungsprozesses. Insbesondere bei der interdisziplinären Zusammenarbeit im Advanced Systems Engineering ist eine strukturierte Differenzierung notwendig, um Überschneidungen und Lücken in der Aufgabenverteilung zu vermeiden (vgl. Kap. 2.2, 2.3, 2.4).

Die Systematik zielt daher auf eine methodisch gestützte Ableitung von Verantwortlichkeiten je Rolle und je Aufgabe ab. Durch diese Transparenz entsteht ein belastbares Modell zur Definition von Kommunikationspfaden, Entscheidungswegen und Kooperationsbeziehungen.

Z10) Ermöglichung von Tailoring zur Skalierung und Anpassung

Organisationen unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Prozesse, Strukturen und Kompetenzen. Ein erfolgreiches Rollenmodell muss daher nicht nur methodisch fundiert und transparent, sondern auch skalierbar und anpassbar sein. Ohne entsprechende Anpassungsmechanismen besteht die Gefahr, dass Rollenmodelle in der Praxis nicht umgesetzt oder akzeptiert werden, da sie nicht den spezifischen Rahmenbedingungen des Unternehmens entsprechen (vgl. Kap. 2.4).

Ein zentrales Ziel der Systematik besteht deshalb darin, konkrete Tailoring-Maßnahmen bereitzustellen. Unternehmen sollen befähigt werden, auf Basis definierter Prozessschritte ein unternehmensspezifisches Rollenmodell zu entwickeln. Die Systematik beschreibt, welche Elemente angepasst werden können, welche Aspekte unternehmensindividuell zu entscheiden sind und wie der Transfer vom generischen zum spezifischen Modell erfolgen kann.

3 Stand der Technik

Vor dem Hintergrund der in Kapitel 2.5 abgeleiteten Ziele werden in diesem Kapitel geeignete Methoden und Ansätze aus dem Stand der Technik diskutiert. Es werden relevante Lösungsansätze vorgestellt, die die Problematik in Gänze adressieren, und hinsichtlich ihrer Eignung zur Zielerreichung überprüft.

Der Stand der Technik gliedert sich in drei Bereiche: In Kapitel 3.1 werden Ansätze zur Strukturierung des Advanced Systems Engineering vorgestellt. Ansätze zu Rollenprofile und -modelle im Engineering werden in Kapitel 3.2 erläutert. Es teilt sich auf die Kapitel 3.2.1 Herleitung von Rollenprofilen und 3.2.2 Herleitung von Rollenmodellen auf. Fokus von Kapitel 3.3 sind bestehende Rollenprofile und -modelle. Die ausgewählten Ansätze und Methoden werden in Kurzform vorgestellt und bewertet. Zum Abschluss erfolgt in Kapitel 3.4 ein Abgleich der Ziele (vgl. Kap. 2.5) mit dem Stand der Technik. Die gewählte Reihenfolge der untersuchten Ansätze stellt dabei keine Bewertung dar. Das Ergebnis zeigt den Handlungsbedarf für die Erarbeitung einer Systematik zur Entwicklung von unternehmensspezifischen Rollenmodellen für das Advanced Systems Engineering.

3.1 Ansätze zur Strukturierung des Advanced Systems Engineering

Die Problemanalyse hat die Herausforderungen des Advanced Systems Engineering aufgezeigt und den Bedarf an durchgängigen, systematischen sowie interdisziplinären Strukturierungsansätzen verdeutlicht. Vor diesem Hintergrund werden in den nachfolgenden Kapiteln 3.1.1 bis 3.1.6 verschiedene Ansätze und Methoden vorgestellt, die Strukturierungsmöglichkeiten des Advanced Systems Engineering adressieren.

3.1.1 VDI2206:2021-11

Die Richtlinie VDI 2206:2021-11 – *Entwicklung mechatronischer und cyber-physischer Systeme* stellt einen etablierten methodischen Rahmen für die Entwicklung mechatronischer Systeme dar und begegnet der zunehmenden Komplexität technischer Systeme, in denen Mechanik, Elektronik und Informationstechnik eng miteinander verknüpft sind [VDI21]. Im Mittelpunkt der Richtlinie steht ein erweitertes, modellbasiertes V-Modell, das den Entwicklungsprozess in zwei übergeordnete Phasen gliedert (vgl. Bild 3-1) [VDI21]:

- Die linke Seite des V-Modells beschreibt die Spezifikation des Gegenstandes, in der Anforderungen erhoben, analysiert und Systemarchitekturen entworfen werden.
- Die rechte Seite umfasst die Umsetzung und Validierung des Gegenstandes, währenddessen die Systemelemente implementiert, integriert, verifiziert und abschließend validiert werden.

Ziel dieser Struktur ist die konsistente Umsetzung definierter Anforderungen über den gesamten Entwicklungsprozess hinweg [VDI21]. Ein wesentliches Merkmal der überarbeiteten Version von 2021 ist die Betonung der modellbasierten Systementwicklung (MBSE) [GWT22]. Digitale Modelle fungieren hierbei als verbindendes Element zwischen Disziplinen und Entwicklungsphasen. Sie ermöglichen die frühzeitige Simulation, Validierung und Abstimmung technischer Konzepte und fördern somit eine ganzheitlich integrierte Systementwicklung.

Die Entwicklung erfolgt entlang vernetzter, disziplinübergreifender Entwicklungsstränge, die über klar definierte Schnittstellen miteinander verbunden sind. Ergänzt wird dies durch Querschnittsaktivitäten wie das Anforderungsmanagement, die Systemmodellierung sowie die Planung, Durchführung und Rückkopplung von Verifikations- und Validierungsmaßnahmen, die phasenübergreifend wirksam werden [VDI21].

Die Richtlinie umfasst insgesamt sechs strukturierte Entwicklungsphasen – von der Analyse des Geschäftsmodells über die Spezifikation und die Architektur bis hin zur Implementierung, Integration und Systemübergabe. Dabei bleibt sie methodisch offen: Anstelle konkreter Werkzeuge oder detaillierter Methoden schreibt sie ein generisches Rahmenmodell vor, das flexibel mit etablierten Ansätzen wie SysML, simulationsgestützten Entwicklungsumgebungen oder PLM-Systemen kombiniert werden kann [VDI21].

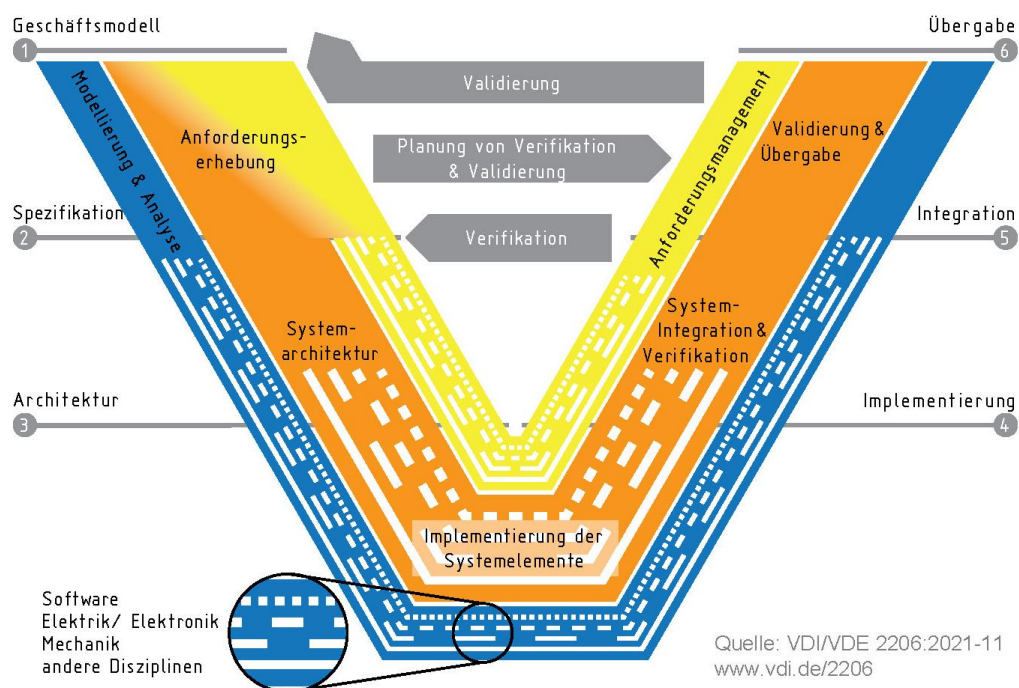


Bild 3-1 VDI2206:2021-11 [VDI21]

Bewertung: Die VDI 2206:2021-11 bietet eine robuste methodische Grundlage für eine modellbasierte Produktentwicklung und ist in wesentlichen Aspekten mit den Prinzipien

des Advanced Systems Engineering kompatibel. Gleichzeitig bleibt sie bewusst auf der Prozessebene abstrakt, ohne detaillierte operative Aufgaben oder Rollenzuweisungen zu spezifizieren. Ein vollständiges Rollenmodell wird nicht bereitgestellt, jedoch lassen sich relevante Rollen implizit aus dem Prozessverständnis ableiten.

3.1.2 ISO/IEC/IEEE 15288:2023

Die Norm ISO/IEC/IEEE 15288:2023 beschreibt die Entwicklung, den Betrieb und die Stilllegung technischer Systeme entlang ihres gesamten Lebenszyklus anhand eines prozessbasierten Modells, das sich in vier Hauptgruppen gliedert: *Enterprise Processes*, *Agreement Processes*, *Project Processes* und *Technical Processes* (vgl. Bild 3-2) [ISO23].

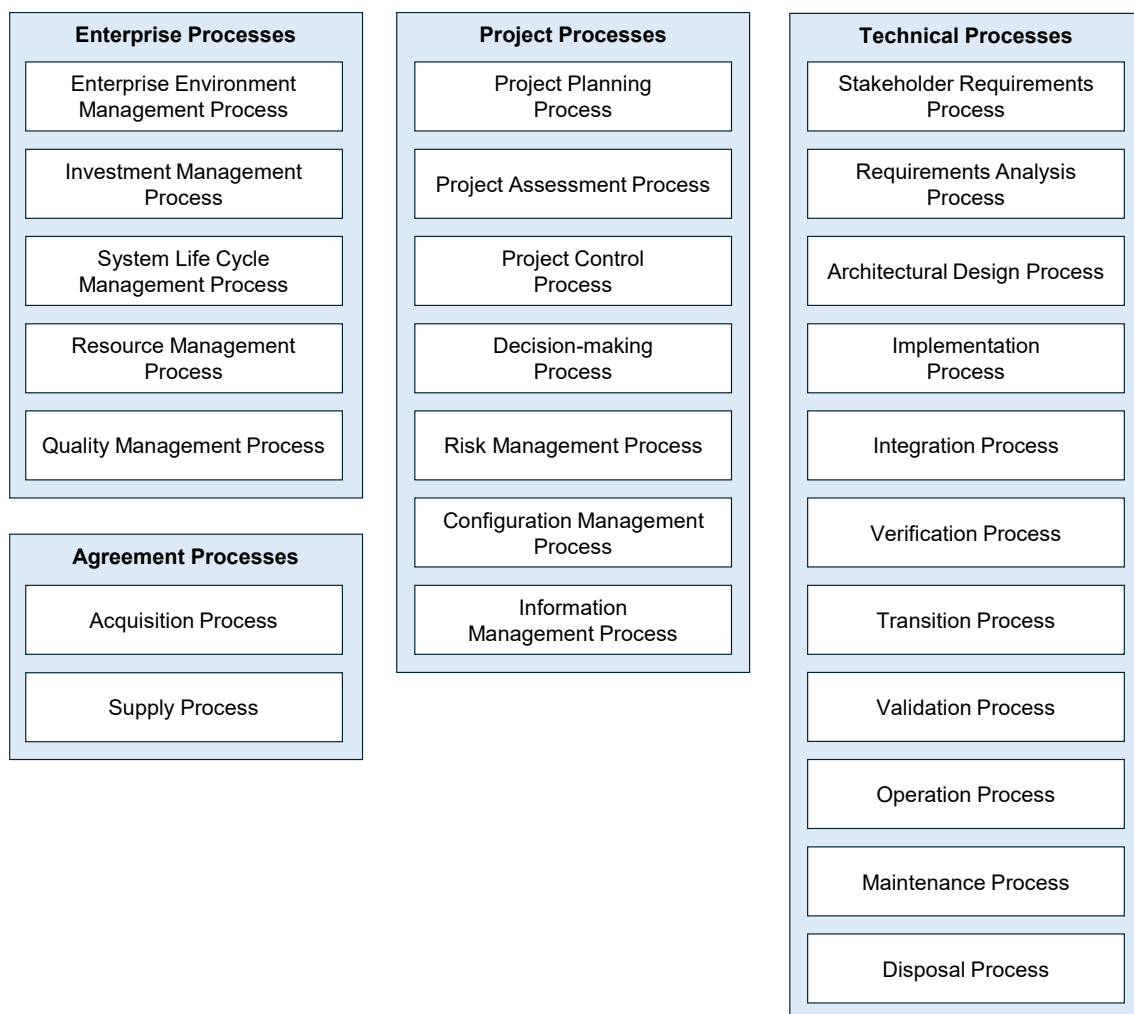


Bild 3-2 ISO/IEC/IEEE 15288:2023 [ISO23]

Enterprise Processes legen die organisatorischen und unternehmensstrategischen Rahmenbedingungen für Systementwicklungen fest. Sie umfassen u.a. das Ressourcenmanagement, die Investitionsplanung und das Management des Lebenszyklus. Diese Prozesse sorgen dafür, dass technische Projekte in ein stabiles, betriebliches Umfeld eingebettet sind [ISO23].

Agreement Processes befassen sich mit der Abwicklung von Beschaffungs- und Lieferbeziehungen. Es wird sichergestellt, dass Anforderungen und Leistungen zwischen Partnern abgestimmt, vereinbart und erfüllt werden [ISO23].

Project Processes bilden das methodische Grundgerüst für die Planung, Steuerung und Überwachung konkreter Systementwicklungsprojekte. Dazu zählen unter anderem Projektplanung, Risiko- und Konfigurationsmanagement sowie Informations- und Entscheidungsmanagement. Diese Prozesse gewährleisten eine koordinierte Durchführung technischer Vorhaben unter Berücksichtigung von Zeit, Qualität und Ressourcen [ISO23].

Im Zentrum der Norm stehen die *Technical Processes*, die sämtliche Aktivitäten über den Lebenszyklus eines Systems hinweg abbilden – von der Definition von Stakeholder-Anforderungen über Architektur und Design bis hin zu Implementierung, Integration, Validierung, Betrieb, Wartung und schließlich Außerbetriebnahme. Sie sind als logische Folge strukturiert und bauen inhaltlich aufeinander auf [ISO23].

Jeder einzelne Prozess in der ISO 15288 folgt einem konsistenten Aufbau [ISO23]:

- *Input*: beschreibt die Voraussetzungen oder Eingangsinformationen, die benötigt werden, um den Prozess durchzuführen (z. B. Anforderungen, Modelle, Entscheidungen).
- *Aktivitäten*: sind die typischen Handlungsschritte, die im Rahmen des Prozesses stattfinden (z. B. Analysieren, Ableiten, Planen, Bewerten).
- *Output*: benennt die erwarteten Ergebnisse oder Produkte des Prozesses (z. B. validierte Anforderungen, Architekturmodelle, Testberichte).

Bewertung: Die ISO/IEC/IEEE 15288:2023 bietet ein strukturiertes Prozessmodell zur Entwicklung technischer Systeme. Sie ist besonders für komplexe und interdisziplinäre Projekte geeignet, da sie alle Phasen des Systemlebenszyklus abdeckt und jedem Prozess eine klare Zielsetzung, Eingangsgrößen, Aktivitäten und Ergebnisse zuordnet. Eine Einschränkung ist das Fehlen eines integrierten Rollenmodells. Die Norm beschreibt zwar detailliert, was getan werden muss, aber nicht, wer es tun soll. Rollen, Zuständigkeiten und organisatorische Verantwortlichkeiten müssen deshalb im Unternehmen oder Projektkontext individuell ergänzt werden.

3.1.3 INCOSE Systems Engineering Handbook (2023)

Das INCOSE Systems Engineering Handbook ist eine umfassende Referenz für die Prinzipien, Prozesse und Praktiken des modernen Systems Engineering. 2023 wurde das INCOSE Systems Engineering Handbook u.a. in Hinblick auf MBSE, agile Methoden und digitale Systemarchitekturen erweitert [Inc23]. Im Mittelpunkt steht weiterhin ein lebenszyklusorientiertes Prozessmodell, das auf der ISO/IEC/IEEE 15288 (vgl. Kapitel 3.1.2) basiert. Dieses enthält die Prozessgruppen: *Technical Processes*, *Technical Management Processes*, *Agreement Processes* und *Organizational Project-Enabling Processes*. Die

Technical Processes werden durch die vier Hauptphasen Konzeption, Entwicklung, Realisierung und Betrieb/Entsorgung beschrieben. Jeder Prozess ist klar strukturiert und umfasst Zweck, Eingaben und Voraussetzungen, Tätigkeiten und Ergebnisse, ähnlich wie bei der ISO15288. Die Prozesse sind modular aufgebaut und lassen sich je nach Projekttyp, Systemkomplexität und Unternehmensgröße individuell anpassen. [Inc23]

Ein zentrales Merkmal des Handbuchs ist der starke Fokus auf Systemdenken und Interdisziplinarität. Zudem unterstützt das Handbuch ausdrücklich die Anwendung von Model-Based Systems Engineering (MBSE) und empfiehlt etablierte Modellierungsansätze (z. B. SysML) als integralen Bestandteil des Entwicklungsprozesses. [Inc23]

Das Handbuch enthält darüber hinaus ein Rollenmodell, das klassische Rollen wie *System Architect*, *Requirements Engineer*, *Verification Lead* oder *Integration Manager* umfasst. Diese Rollen sind mit konkreten Aufgaben, Prozessen und Entscheidungsbefugnissen verknüpft, was die Umsetzung in realen Projekten stark unterstützt. [Inc23]

Bewertung: Das INCOSE Systems Engineering Handbook bietet einen strukturierten Rahmen für die Entwicklung komplexer Systeme. Es operationalisiert die ISO 15288 und ergänzt sie um praxisorientierte Inhalte, Rollenprofile und Beispielartefakte. Die Rollenprofile werden allerdings nur begrenzt detailliert beschrieben und weisen kein Rollenmodell auf.

3.1.4 iPeM – Integriertes Produktentstehungsmodell nach ALBERS ET AL.

Das iPeM – integriertes Produktentstehungsmodell nach ALBERS ET AL. beschreibt die technische Produktentwicklung als einen iterativen, dynamischen und rückgekoppelten Prozess, der auf die kontinuierliche Abstimmung von Anforderungen und Lösungen ausgerichtet ist. Ziel des Modells ist es, die Komplexität der Produktentstehung systematisch darzustellen und gleichzeitig Raum für methodische und organisationale Vielfalt zu lassen. Es dient damit sowohl zur Analyse bestehender Prozesse als auch zur Strukturierung und Reflexion neuer Entwicklungsprojekte. [ARB+16]

Das Modell unterscheidet vier zentrale Systemebenen, die miteinander in Wechselwirkung stehen (vgl. Bild 3-3) [ARB+16]:

1. *Zielsystem* enthält alle Anforderungen, Erwartungen und Rahmenbedingungen an das Produkt.
2. *Objektsystem* beschreibt das entstehende Produkt selbst, also die Lösungen, die entwickelt werden.
3. *Handlungssystem* umfasst die Aktivitäten, mit denen Anforderungen in Lösungen überführt werden.
4. *Ressourcensystem* stellt alle Mittel bereit, die zur Durchführung der Entwicklungsarbeit nötig sind (z. B. Methoden, Tools, Personal).

Die vom Modell visualisierte Matrixstruktur ist in Spalten und Zeilen gegliedert [ARB+16]: Die *Spalten* stehen für wiederkehrende Aktivitätsmuster der Problemlösung, z. B. Ideen finden, Prototypen aufbauen, Wissen managen oder validieren, (vgl. SPALTEN nach ALBERS [ABM+05]). Die *Zeilen* repräsentieren den zeitlichen Verlauf der Produktentwicklung – von der Marktanalyse bis hin zur Nutzung und Außerbetriebnahme des Produkts.

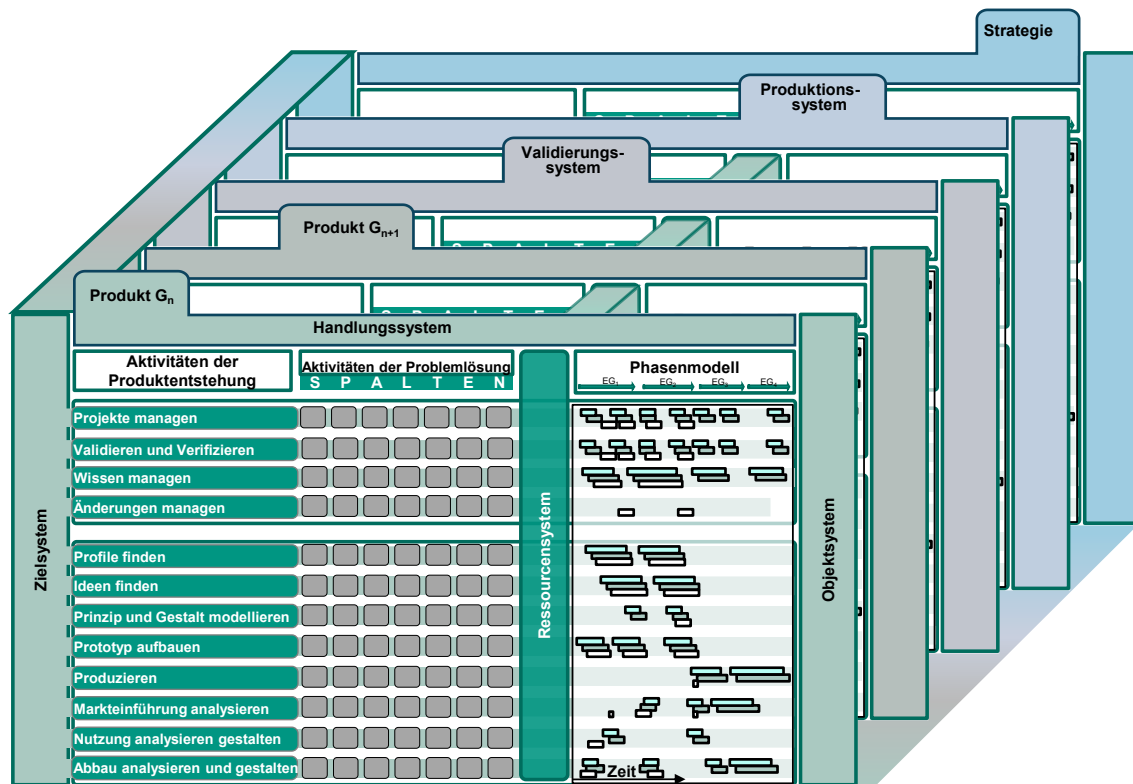


Bild 3-3 iPeM nach ALBERS [ARB+16]

Ergänzt wird das Modell durch eine mehrschichtige Darstellung. So werden neben dem aktuellen Produkt (*Produkt G_n*) auch nachfolgende Produktgenerationen (*G_{n+1}*) abgebildet, wodurch langfristige Entwicklungszusammenhänge sichtbar werden. Darüber hinaus berücksichtigt das Modell Validierungs- und Produktionssysteme als parallele Teilsysteme, die für die Bewertung und Realisierung der entwickelten Lösungen relevant sind. Überlagert werden alle Ebenen durch eine strategische Schicht, die übergeordnete Zielgrößen wie Unternehmensziele, Nachhaltigkeit oder technologische Leitbilder definiert. [ARB+16]

Bewertung: Im Gegensatz zu normativen Modellen wie VDI 2221 oder ISO 15288 beschreibt das iPeM keine festen Prozessschritte, sondern konzentriert sich auf die Struktur und Logik der Problemlösung. Obwohl das Modell kein explizites Rollenmodell enthält, bietet es durch die Kombination von Phasenmodell und Ressourcensystem eine geeignete Grundlage, um rollenbasierte Verantwortlichkeiten und Zuständigkeiten methodisch zu integrieren.

3.1.5 The Rational Unified Process nach KROLL und KRUCHTEN

Der Rational Unified Process (RUP) ist ein iteratives Vorgehensmodell für die softwarezentrierte Systementwicklung und zählt zu den am weitesten verbreiteten prozessorientierten Entwicklungsmodellen im Bereich der Softwaretechnik (vgl. Bild 3-4). RUP zielt darauf ab, Qualität, Transparenz und Steuerbarkeit komplexer Entwicklungsprojekte zu verbessern. [KK03]

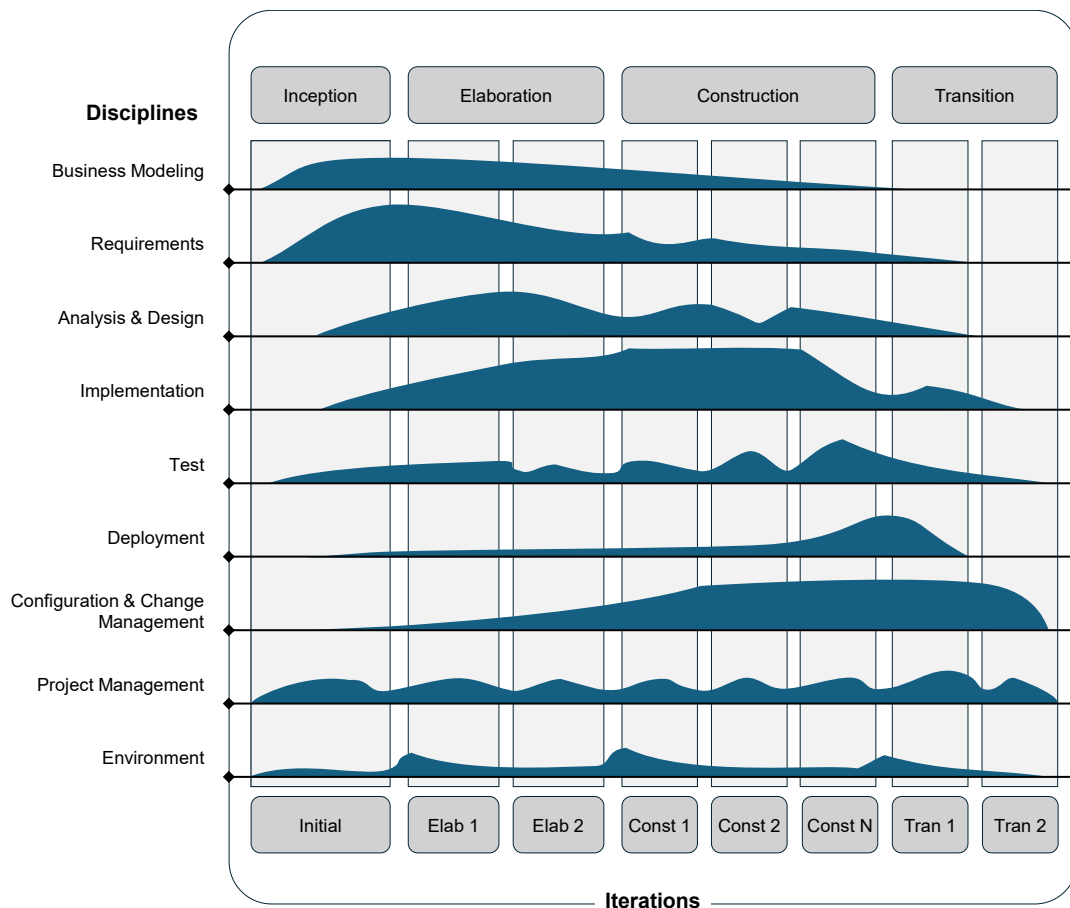


Bild 3-4 The Rational Unified Process nach KROLL und KRUCHTEN [KK03]

Das Prozessmodell besteht aus vier aufeinanderfolgenden Phasen: Initialisierung (Inception), Ausarbeitung (Elaboration), Konstruktion (Construction) und Übergabe (Transition). Innerhalb jeder Phase werden verschiedene technische und organisatorische Aktivitäten zyklisch durchlaufen. Diese können z. B. Business Modeling, Requirements, Analysis & Design, Implementation, Test und Deployment sein. Ergänzend unterstützen Prozesse wie Configuration & Change Management, Environment und Planning über alle Phasen hinweg. Jede Phase kann mehrfach durchlaufen werden, wobei die Arbeitsergebnisse in jeder Iteration weiter verfeinert werden. Ziel ist, eine zunehmend stabilere und validierte Systemlösung über die Zyklen zu erreichen. [KK03]

Ein integraler Bestandteil des RUP ist das Rollenmodell: Für jede Aktivität im Prozess sind spezifische Rollen definiert, etwa System Analyst, Architect, Designer, Developer

oder Tester. Diese Rollen sind nicht strikt an Personen, sondern an Verantwortlichkeiten gebunden, was eine flexible Teamorganisation erlaubt. Die Rollen sind direkt mit den erzeugten Artefakten (z. B. Use Cases, Architekturdokumente, Testprotokolle) verknüpft und dienen dazu, Verantwortlichkeiten im Projekt nachvollziehbar und steuerbar zu gestalten. [KK03]

Bewertung: Durch die Kombination aus phasenbasiertem Vorgehen und iterativer Verfeinerung eignet sich RUP insbesondere für komplexe, langfristige Projekte mit wechselnden Anforderungen. Allerdings ist er primär für die Softwaretechnik entwickelt worden; in domänenübergreifenden oder hardwareintensiven Entwicklungsumgebungen existieren jedoch anderen Anforderungen an Entwicklungsprozesse durch z.B. andere Lebenszyklus- und Entwicklungszeiten. RUP enthält kein allgemeingültiges Rollenmodell, liefert jedoch vordefinierte Rollenvorschläge (z. B. System Architect, Developer, Tester), die im Projekt- oder Unternehmenskontext konkretisiert werden können. Die Rollenverteilung orientiert sich stark an den Workflows und den dabei entstehenden Artefakten, was eine klare Zuweisung von Verantwortlichkeiten ermöglicht.

3.1.6 Integrierte Produkterstellungsmethodik nach EHRENSPIEL und MEERKAMM

Die Integrierte Produkterstellungsmethodik (IPE-Methodik) nach EHRENSPIEL und MEERKAMM versteht Produktentwicklung als einen interdisziplinären Prozess, in dem technische, soziale und organisationale Aspekte gleichwertig berücksichtigt werden. Im Fokus steht das komplexe Zusammenspiel zwischen Menschen, Methoden, Technologien und Organisationsstrukturen in der Produktentstehung. [EM17]

Im Zentrum des Modells steht das sogenannte Gesamtsystem „Integrierte Produkterstellung“, das das Zusammenspiel verschiedener Sachsysteme, Handlungssysteme und Zielsysteme beschreibt (vgl. Bild 3-5). Die *Sachsysteme* beziehen sich auf die physischen und virtuellen Objekte, wie z. B. Produkt oder Produktion. *Handlungssysteme* hingegen repräsentieren die handelnden Personen, Abteilungen oder Organisationseinheiten, die in die Produktentstehung involviert sind. Beispiele sind hier Entwicklung (E), Konstruktion (K), Vertrieb oder Produktion. Die *Zielsysteme* spiegeln die Erwartungen und Anforderungen wider, die von Kunden, Nutzern, Unternehmen oder regulatorischen Rahmenbedingungen an das Produkt gestellt werden. Diese Systeme stehen in enger Wechselwirkung zueinander: Jeder Entwicklungsschritt wird durch Erwartungen (Zielsysteme) beeinflusst, wird durch handelnde Instanzen (Handlungssysteme) ausgeführt und wirkt sich auf konkrete Produktzustände (Sachsysteme) aus. [EM17]

Ein grundlegendes Prinzip der IPE besteht in einer zielgerichteten Produktentwicklung, die als ihren Ausgangspunkt ein Kundenproblem nimmt und in einem marktgerechten Produkt resultiert. Der zugrunde liegende methodische Rahmen ist dabei nicht als starrer Prozess zu verstehen, sondern als offenes, anpassungsfähiges Methodensystem, das sich flexibel an die jeweilige Aufgabenstellung anpasst. [EM17]

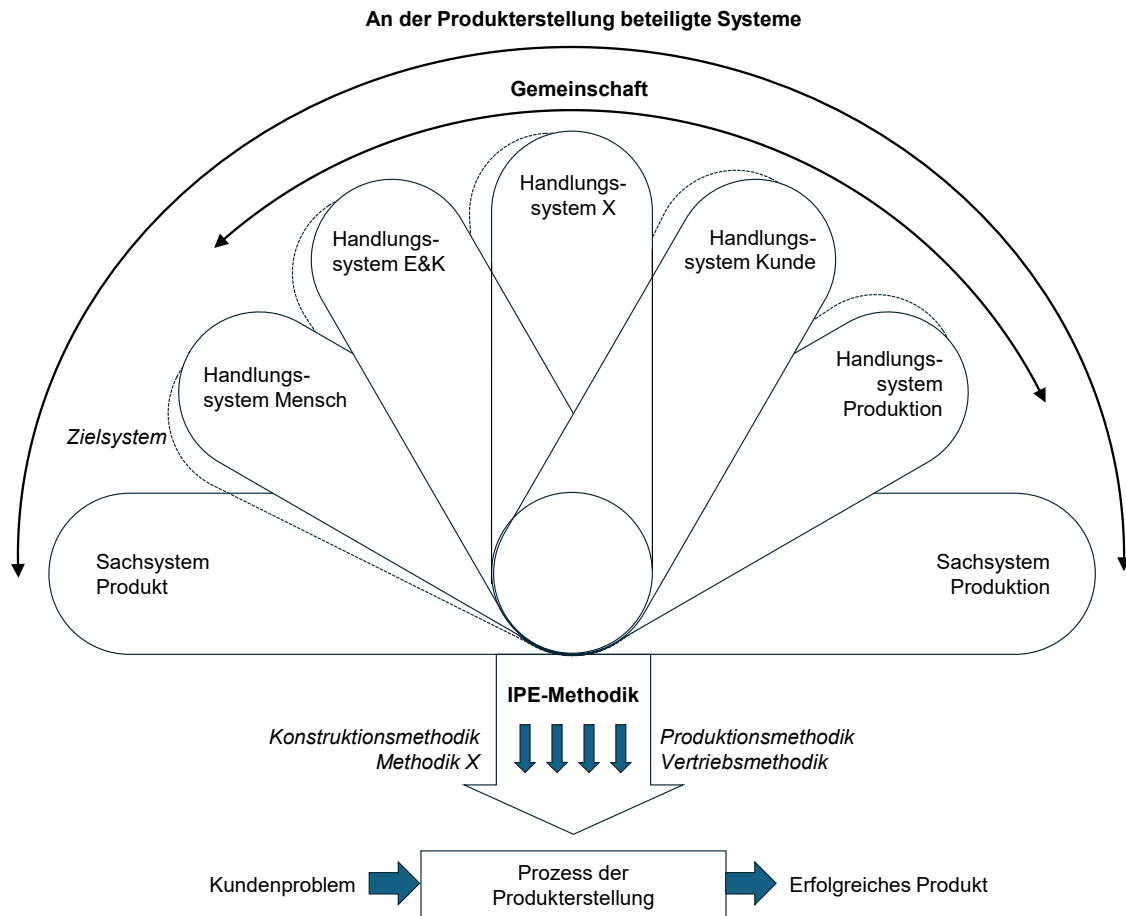


Bild 3-5 Integrierte Produkterstellungsmethodik nach EHRENSPIEL und MEERKAMM [EM17]

Bewertung: Die IPE-Methodik bietet ein ganzheitlich ausgerichtetes Denkmodell aus technischen, sozialen und strategischen Systemen. Im Gegensatz zu normativen Vorgehensmodellen macht die IPE-Methodik keine konkreten Vorgaben zu Prozessphasen, Rollen oder Tools, sondern fokussiert auf die methodische Strukturierung des Gesamtsystems. Rollen können jedoch sinnvoll abgeleitet und integriert werden, da in den Handlungssystemen die Aktivitäten explizit berücksichtigt werden.

3.2 Ansätze zur Herleitung von Rollenprofilen und -modellen

Die Ausgestaltung von Rollen ist ein zentrales Element, um Aufgaben, Zuständigkeiten und Kompetenzen gezielt zu strukturieren. Kapitel 3.2 teilt sich in Kapitel 3.2.1 Herleitung von Rollenprofilen und Kapitel 3.2.2 Herleitung von Rollenmodellen auf. Sie bilden die Grundlage für die eigentliche Entwicklung von unternehmensspezifischen Rollenmodellen für das Advanced Systems Engineering.

3.2.1 Herleitung von Rollenprofilen

In diesem Kapitel werden klassische und moderne Verfahren zur Entwicklung von Rollenprofilen vorgestellt – von arbeitsanalytischen und kompetenzbasierten Ansätzen bis hin zu datengetriebenen Methoden. Ziel ist es, ein Verständnis für die Vielfalt möglicher Herangehensweisen zu schaffen und deren Anwendbarkeit im Kontext komplexer technischer Systeme zu reflektieren.

3.2.1.1 Prozess- und Funktionsanalyse

Die Prozess- und Funktionsanalyse zählt zu den klassischen Methoden zur Herleitung von Rollenprofilen. Dabei werden betriebliche Abläufe systematisch in Prozesse, Teilprozesse und Aufgaben zergliedert. Ziel ist, Prozesse und Aufgaben so zu strukturieren, dass daraus klare Zuständigkeiten und Kompetenzanforderungen abgeleitet werden können. Die Methode eignet sich besonders zur initialen Rollenidentifikation in stark prozessorientierten Organisationen [BK13, Sch98, VCF+12].

Die in Bild 3-6 dargestellte Visualisierung basiert auf dem Modell von BROY und KUHRMANN [BK13]. Die Methodik folgt einem hierarchischen Analyseprinzip: Zunächst werden Geschäftsprozesse auf oberster Ebene identifiziert (z. B. Prozess 1–3). Diese werden dann in Teilprozesse (z. B. Prozess 2.1–2.3) und schließlich in konkrete Aktivitäten oder Aufgaben zerlegt. Aufgaben stehen im Zusammenhang mit Artefakten (z. B. Dokumenten, Ergebnistypen), auf die sie wirken oder die sie erzeugen. Rollen ergeben sich im Anschluss aus der Zuordnung von Aufgaben zu Personen, wobei eine Rolle mehrere Aufgaben umfassen kann. Organisatorisch werden Aufgaben und Rollen zusätzlich durch Strukturen wie Abteilungen, Teams oder Hierarchieebenen verortet [BK13, Kos13, Sch98].

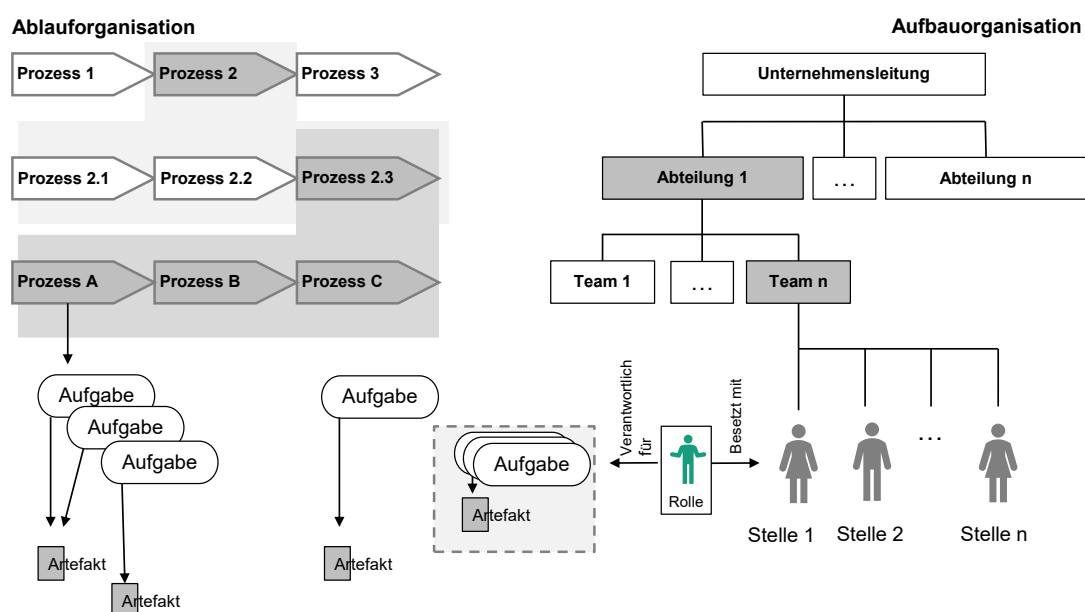


Bild 3-6 Prozess- und Funktionsanalyse nach BROY und KUHRMANN [BK13]

Bewertung: Die Prozess- und Funktionsanalyse bietet eine systematische Grundlage für die Herleitung von Rollenprofilen, da sie auf realen Arbeitsabläufen basiert und die Aufgabenlogik in den Mittelpunkt stellt. Allerdings ist die Erhebung sehr aufwendig, gerade in agilen Teams oder dynamischen Umgebungen. Gleichzeitig setzt diese Methodik klar formulierte und bestimmte Prozesse voraus, die häufig nicht in dem notwendigen Detaillierungsgrad vorliegen.

3.2.1.2 Job-Design-Theorie nach HACKMAN und OLDHAM

Die Job-Design Theorie nach HACKMAN und OLDHAM enthält das Job Characteristics Model (JCM), welches eine der einflussreichsten Theorien zur Gestaltung von Arbeit und Rollenprofilen beinhaltet [HO76]. Ursprünglich im Kontext der Arbeits- und Organisationspsychologie entwickelt, liefert das Modell für die Herleitung von Rollenprofilen Hinweise auf motivationsfördernde Aufgabenmerkmale und deren Wirkung auf das Rollenverständnis. Im Zentrum der Rollenprofile stehen fünf sogenannte Kernmerkmale von Aufgaben, die als entscheidend für das erlebte Rollenverständnis und die intrinsische Motivation gelten (vgl. Bild 3-7) [HO76, OH10]:

- *Anforderungsvielfalt* beschreibt, wie viele unterschiedliche Fähigkeiten in einer Rolle gefordert sind.
- *Ganzheitlichkeit* bezieht sich darauf, ob eine Aufgabe als abgeschlossene, erkennbare Einheit erlebt wird.
- *Bedeutsamkeit* misst, welchen Einfluss eine Rolle auf andere Personen oder Prozesse hat.
- *Autonomie* zeigt den Grad an Selbstständigkeit und Entscheidungsspielraum innerhalb der Rolle.
- *Rückmeldung* beschreibt, inwieweit eine Person direkte Informationen über die Resultate ihrer Arbeit erhält.

Die Generierung von Rollenprofilen erfolgt nicht nur anhand von Aufgaben und Zuständigkeiten, sondern viel mehr im Hinblick auf die Ausgestaltung dieser. Rollen, die durch ein hohes Maß an Anforderungsvielfalt, Autonomie und Feedback gekennzeichnet sind, entfalten dabei ein größeres motivierendes und nachhaltiges Wirkungspotenzial als stark standardisierte Funktionen. Es wird von einer menschenzentrierte Perspektive auf die Rollenentwicklung gesprochen. Ergänzt wird die Rollenprofilgenerierung durch strukturierte Interviews oder Selbsteinschätzungen. [HO76, OH10]

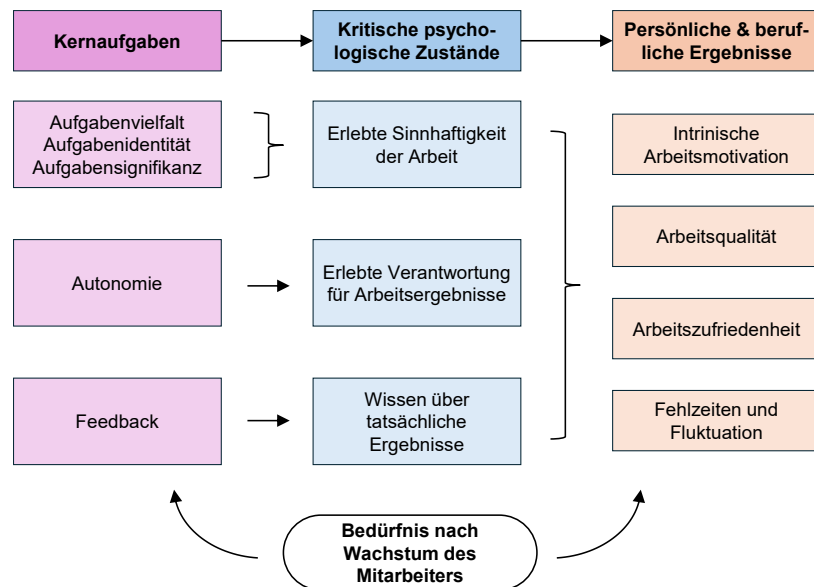


Bild 3-7 Job Characteristics Model nach HACKMAN und OLDHAM [HO76]

Bewertung: Die Job-Design-Theorie nach HACKMAN und OLDHAM bietet eine wertvolle psychologische Perspektive auf die Gestaltung von Rollenprofilen, welche insbesondere in komplexen Arbeitsfeldern von Vorteil sein kann. Es liegt eine gute Kombinierbarkeit mit einer Aufgaben- und Kompetenzanalyse vor. Für die Übertragbarkeit auf den Anwendungsfall Advanced Systems Engineering fehlt eine unmittelbare Operationalisierung technischer Rollen. Die Rollenprofilgenerierung besitzt zudem keinen strukturierenden Bezug zu Prozessen und Artefakten, daher basiert sie häufig auf subjektiven Einschätzungen.

3.2.1.3 Role-based Business Process Modelling

Role-based Business Process Modeling (RBPM) erweitert klassische Prozessmodellierung um eine explizite, systematische Repräsentation von Rollen und deren Interaktionen innerhalb von Geschäftsprozessen. Im Gegensatz zur traditionellen Business Process Modeling Notation-Darstellung, bei der Rollen oft implizit über Lanes und Pools repräsentiert sind, verfolgt RBPM das Ziel, Rollen als semantische Kernelemente zu definieren – unabhängig von konkreten Organisationseinheiten oder technischen Realisierungen [Bin18, S. 71ff.]. Beispiele sind hier der R-BPMN-Ansatz nach KIM und CHUNG [KC21] und das weiterentwickelte RBMN-Framework nach SKOUTI ET AL. (vgl. Bild 3-8) [SSF+24]. Dabei wird das klassische BPMN-Metamodell durch zusätzliche Konstrukte wie *Roles*, *Role Interactions* oder *Context Variants* ergänzt. Dies ermöglicht u. a. die trennscharfe Modellierung von Rollen, unabhängig von konkreten Personen oder Organisationen [SSF+24]. Prozessmuster können auf Basis von Rollen, die in verschiedenen Kontexten wiederverwendbar sind, definiert werden [Bin18]. Gleichzeitig wird eine explizite Darstellung von Verantwortlichkeiten, Rolleninteraktionen und Kontextabhängig-

3.2.1.4 Systemzentrierte Rollenmodellierung

Der Ansatz von SHIN ET AL. erweitert die rollenbasierte Modellierung um eine systemzentrierte Perspektive. Rollen werden dabei nicht primär aus organisatorischen Strukturen abgeleitet, sondern im engen Zusammenhang mit technischen Systemobjekten, Informationsflüssen und Zugriffsrechten modelliert. Im Mittelpunkt steht die Frage, welche Rolle auf welche Systemressourcen zugreift, welche Aktionen sie dabei ausführt und wie diese Aktivitäten durch formale Regeln gesteuert werden. [SAC+03]

Zur Herleitung und Analyse von Rollen schlagen die Autoren zwei komplementäre Informationsflüsse vor: den Forward Information Flow (FIF) und den Backward Information Flow (BIF) [SAC+03]:

- Der *FIF* beschreibt ein top-down-orientiertes Vorgehen, bei dem Rollen aus übergeordneten Vorgaben wie Richtlinien, Sicherheitsanforderungen oder Systementwürfen abgeleitet werden.
- Der *BIF* hingegen folgt einem bottom-up-Ansatz, bei dem vorhandene Aktivitäten, Systemzugriffe und Ressourcennutzungen analysiert werden, um daraus bestehende oder benötigte Rollen zu identifizieren.

Beide Flüsse unterstützen die Modellierung von Rollen im Spannungsfeld zwischen Systemanforderungen und realem Nutzungskontext. Dabei wird auf eine UML-basierte Erweiterung gesetzt, mit der Rollen, Aktionen, Ressourcen und deren Beziehungen explizit modelliert werden können. Neue semantische Beziehungen sind bspw. Role-Action und Role-Object und erzeugen damit eine Anschlussfähigkeit für gängige Modellierungswerkzeuge wie z. B. Enterprise Architect oder Papyrus. [SAC+03]

Bewertung: Im Fokus des Modellierungsansatzes von SHIN ET AL. steht die Verknüpfung von Rollen, Aktivitäten und Ressourcen im Kontext technischer Systeme. Durch die Kombination aus top-down-orientierter (FIF) und bottom-up-orientierter (BIF) Rollenentwicklung können sowohl geplante als auch empirisch beobachtete Rollenmodelle berücksichtigt werden. Die Modellierung erfordert allerdings ein hohes Maß an Strukturverständnis, insbesondere bei großen Systemarchitekturen. Gleichzeitig sind vorgeschlagene UML-Erweiterungen bisher nur theoretisch fundiert und nicht weit verbreitet implementiert.

3.2.1.5 Rollenprofilierung auf Basis von Operational Profiles

Das Konzept der Operational Profiles nach MUSA bietet eine Möglichkeit zur systematischen Ableitung und Gewichtung von Rollenprofilen. Ziel des Verfahrens ist es, Systemfunktionen in ihrer konkreten Nutzungshäufigkeit und Kontexteinbindung zu erfassen. Anschließend werden die Rollenprofile nicht nur strukturell oder prozessorientiert, sondern auf Grundlage dieser tatsächlichen Nutzungsmuster im Gebrauch gestaltet, um z. B. Ressourcen in Entwicklungsabteilungen zu optimieren. [Mus93]

Im Mittelpunkt steht die Frage, welche Aufgaben im realen Betrieb wie häufig ausgeführt werden – und damit verbunden: welche Rollen mit diesen Aufgaben verknüpft sind. Basierend z. B. auf Telemetriedaten, Loganalysen oder systemischen Erfahrungswerten können typische Nutzungsszenarien identifiziert und Rollenaufgaben mit Prioritätsgewichtungen versehen werden. Daraus ergibt sich ein mehrstufiges Vorgehen, das wie folgt skizziert werden kann [Mus93]:

1. Erhebung der Nutzungshäufigkeit von Systemfunktionen (z. B. aus *Logfiles*, *Simulationen*, *Nutzeranalysen*)
2. Zuordnung der Funktionen zu spezifischen Rollen (*Wer ist für welche Funktion zuständig?*)
3. Gewichtung der Rollenaktivitäten auf Basis der Nutzungsdaten (*Wie stark ist die Rolle operativ eingebunden?*)
4. Ableitung eines priorisierten Rollenprofils (*Welche Aufgaben und Anforderungen stehen im Vordergrund?*)
5. Variantenbildung je nach Betriebsmodus oder Nutzungskontext (z. B. *Serienproduktion* vs. *Prototypentest*)

Bewertung: Das Operational-Profile-Konzept bietet eine nutzungsorientierte Perspektive auf Rollenprofilierung, die insbesondere in technikzentrierten und dynamischen Umfeldern von hoher Relevanz ist. Der Ansatz erlaubt eine gewichtete, realitätsnahe Priorisierung von Rollenanforderungen, basierend auf tatsächlichen Nutzungsmustern im Systembetrieb. Dies erfordert jedoch eine hohe Datenverfügbarkeit (bspw. Zugriff auf valide Nutzungsdaten). Gleichzeitig sind nicht alle Aktivitäten direkt als Systemfunktionen messbar bzw. eindeutig Rollen zuordbar. Die Beschreibung der Kompetenzen und Verhaltensperspektive der einzelnen Rollenprofile bleibt offen.

3.2.2 Herleitung von Rollenmodellen

Während Rollenprofile auf die detaillierte Beschreibung einzelner Rollen abzielen, fokussiert sich die Herleitung von Rollenmodellen auf deren strukturelle Einbettung und wechselseitige Beziehung innerhalb einer Organisation. Kapitel 3.2.2 stellt im Folgenden unterschiedliche Ansätze vor, Rollenmodelle zu entwickeln und Zuständigkeiten und Kommunikationsbeziehungen systematisch zu erfassen.

3.2.2.1 RACI-Matrix

Die RACI-Matrix ist ein etabliertes Werkzeug zur Klärung von Verantwortlichkeiten in Prozessen und Projekten. Sie wird insbesondere im Projektmanagement, in der Prozessorganisation sowie im IT-Service- und Engineering-Umfeld eingesetzt, um Rollen aufgabenbezogen zu definieren. [Inc23; SP21]

Die RACI-Matrix basiert auf einer zweidimensionalen Darstellung, in der auf der einen Achse die wesentlichen Aufgaben oder Prozessschritte, auf der anderen Achse die relevanten Rollen abgebildet werden. In den Zellen der Matrix wird jeweils definiert, welche Rolle in welcher Form mit der jeweiligen Aufgabe verknüpft ist [Inc23; Sch19, S.394; SP21]:

- *R (Responsible)*: Die Rolle ist aktiv mit der Umsetzung der Aufgabe betraut.
- *A (Accountable)*: Diese Rolle trägt die gesamte Verantwortung. Es darf pro Aufgabe immer nur eine A-Rolle geben.
- *C (Consulted)*: Die Rolle wird beratend einbezogen, oft mit Fach- oder Erfahrungswissen.
- *I (Informed)*: Die Rolle wird über den Fortschritt oder das Ergebnis informiert, ohne aktiv beteiligt zu sein.

Die Erstellung einer RACI-Matrix erfolgt idealerweise in enger Abstimmung mit den Prozessverantwortlichen und den betroffenen Fachbereichen. Dabei wird häufig auch identifiziert, wo Rollenüberlastung, Verantwortungslücken oder unklare Abstimmungen bestehen – die Matrix dient somit nicht nur der Modellierung, sondern auch der Analyse von Rollenkonflikten. [Sch19; SP21]

Bewertung: Die RACI-Matrix bietet eine klar strukturierte Methode, um Rollenmodelle aufgabenbezogen abzubilden. Trotz ihrer Übersichtlichkeit stößt die RACI-Matrix in komplexen, dynamischen Kontexten an ihre Grenzen. Sie setzt eine klar definierte Aufgabenstruktur voraus und eignet sich primär für statische Zuständigkeiten. In agilen oder iterativen Entwicklungsprozessen, in denen Rollen und Verantwortlichkeiten variieren, bietet sie nur eingeschränkte Aussagekraft. Zudem bleibt die inhaltliche Tiefe der Rollen unberücksichtigt – Kompetenzen, Anforderungen oder soziale Interaktionen lassen sich mit der RACI-Matrix nicht abbilden.

3.2.2.2 Organisational Role Modeling

Das sogenannte Organisational Role Modeling (ORM) nach HALPIN ist ein Modellierungsverfahren, das sich insbesondere durch seine hohe Formalisierungstiefe auszeichnet. Ziel ist die Abbildung von Struktur und Semantik von Rollen, Beziehungen und Geschäftsinformationen, sodass sie verständlich und überprüfbar sind. Rollen werden dabei als Positions- oder Funktionsstellen innerhalb von Beziehungstypen verstanden (vgl. Bild 3-9). [Hal96]; [Hal98]

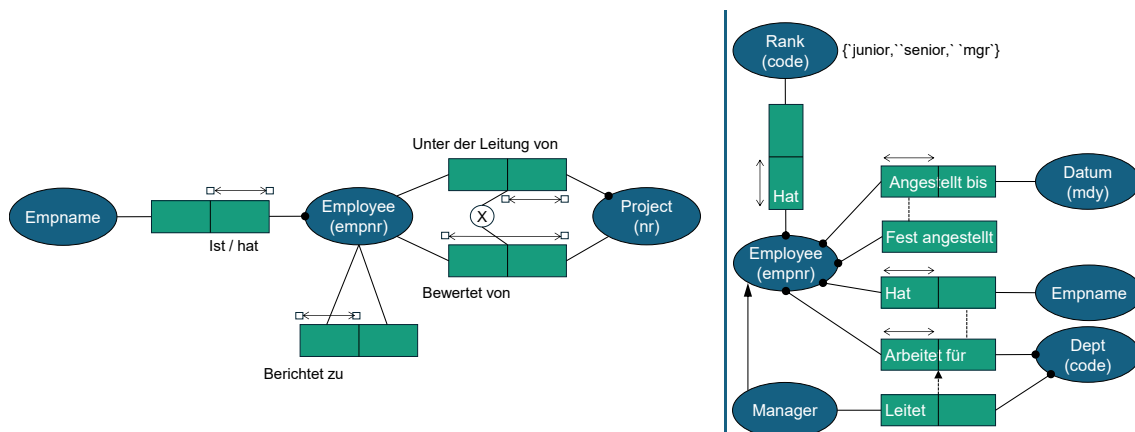


Bild 3-9 Regelnotation in ORM [Hal96]

Die Strukturierung erfolgt über natürliche Sprache und graphische Prädikate und findet innerhalb der *Konzeptuellen Schema-Design-Prozedur (CSDP)* statt. Hierbei werden die folgenden sieben Schritte durchlaufen: [Hal96]; [Hal98]

- 1) Relevante Fakten identifizieren (z. B. aus Beispieldaten)
- 2) Faktentypen formulieren (z.B. sprachlich oder formal)
- 3) Rollen benennen und strukturieren
- 4) Modell graphisch darstellen
- 5) Geschäftsregeln und Constraints integrieren
- 6) Modell iterativ verfeinern
- 7) Technische Umsetzung vorbereiten

Durch weitergehende Modellierungsarbeiten durch CUYLER und HALPIN wurde der Formalisierungsgrad erhöht, sodass mittels Mappings, in z. B. UML, die technische Implementierung sichergestellt wird. Dadurch entsteht u.a. ein verbindlicher Rollenkontext, der sowohl menschlich lesbar als auch maschinell prüfbar ist (vgl. Kapitel 3.2.2.1). [CH03]

Bewertung: Der Ansatz des Organisational Role Modeling (ORM) nach HALPIN zeichnet sich durch eine hohe, formale Konsistenz aus: Rollen werden nicht im sozialen Sinne verstanden, sondern als klar definierte Positionen innerhalb von Beziehungstypen, was eine eindeutige Modellierung ermöglicht. Diese Modellierung erfordert gleichzeitig einen hohen Einarbeitungsaufwand. Durch den starken strukturellen Fokus bleiben u.a. Kompetenz- und Kontextaspekte einer Rolle unberücksichtigt.

3.2.2.3 Object Oriented Role Analysis and Modeling

Die Methode *Object Oriented Role Analysis and Modeling (OOram)* von REENSKAUG stellt einen objektorientierten Ansatz zur rollenbasierten Analyse und Modellierung von

Systemstrukturen und Organisationen dar. Zentrales Element ist der Rollenbegriff als Abstraktion zur Beschreibung von Interaktionen zwischen Objekten, wobei Rollen in OOram nicht nur strukturgebende Funktion übernehmen, sondern auch Verhalten und Zusammenarbeit systematisch modellieren. [RWL95; Ree96; Ste00]

Im Mittelpunkt steht die Annahme, dass sich Systeme als Muster interagierender Objekte auffassen lassen. Eine Rolle beschreibt in diesem Zusammenhang eine spezifische Perspektive eines Objekts innerhalb eines solchen Musters, z. B. im Rahmen einer Aktivität oder eines Anwendungsfalls. Dabei lassen sich drei komplementäre Abstraktionen unterscheiden [Ree96, Ste00]:

- *Typ (What): Schnittstellen und externe Eigenschaften eines Objekts*
- *Klasse (How): Implementationsstruktur*
- *Rolle (Why): Kontextbezogene Aufgabe innerhalb eines Interaktionsmusters*

Das OOram stellt zusätzlich einen strukturierten Ablauf zur Verfügung, mit Hilfe dessen aus generischen, wiederverwendbaren Rollenmustern konkrete, implementierbare Rollenmodelle abgeleitet werden können. Folgende Schritte werden hierfür durchlaufen: [RWL95; Ree96]

1. Definition generischer Rollenprofile und -modelle (z. B. auf Basis abstrakter Kooperationsmuster oder wiederkehrender Interaktionsformen)
2. Selektion und Spezialisierung relevanter Rollenprofile (z. B. Entfernung nicht benötigter Rollen, Anpassung auf jeweiligen Anwendungskontext)
3. Kombination der verbliebenen Rollenprofile über Modellierungstechniken wie Komposition, Vererbung oder Aggregation, mit dem Ziel, die Rollen flexibel an unterschiedliche Kontexte anzupassen zu können, ohne dass das Ausgangsmuster vollständig neu entworfen werden muss.
4. Anreicherung des Rollenmodells um szenariobasierte Informationen (z. B. Ablaufabfolgen, Nachrichtenflüsse oder Methodenaufrufe, die das Verhalten der Rollen weiter präzisieren)
5. Überführung in eine implementierbare Klassenstruktur (z. B. typischerweise durch Mapping auf objektorientierte Programmiersprachen oder Frameworks)

Damit ist die OOram-Methodik nicht nur auf der Analyse- und Entwurfsebene wirksam, sondern auch in der technischen Umsetzung anschlussfähig. [RWL95; Ree96]

Bewertung: Der OOram-Ansatz bietet einen objektorientierten Rahmen zur systematischen Modellierung von Rollen, der sich besonders für komplexe, vernetzte und wiederverwendbare Systemarchitekturen und Organisationen eignet. Rollen werden hier nicht nur strukturell, sondern auch verhaltensbezogen und kontextuell modelliert. Daraus folgt gleichzeitig aber auch eine hohe Modellkomplexität sowie starke Objektorientierung. Anleitungen zur Kompetenz- und Zuständigkeitsmodellierung fehlen zusätzlich.

3.2.2.4 GRPI-Modell

Das GRPI-Modell, entwickelt von BECKHARD, ist ein etabliertes Strukturmodell für effektive Zusammenarbeit in Teams. Die vier zentralen Komponenten *Goals*, *Roles*, *Processes*, und *Interactions* bilden ein gestuftes Ordnungsmodell, das Teamarbeit systematisch analysierbar gestaltet. Kernthese ist, dass für ein leistungsfähiges Team die obengenannten Komponenten aufeinander abgestimmt sein müssen (vgl. Bild 3-10) [GM06; Hau17; Lan17; ST14, S. 285]:

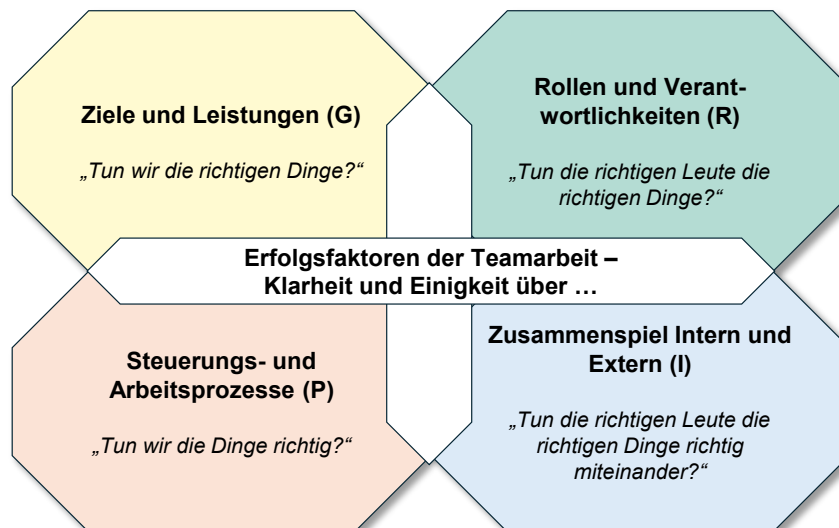


Bild 3-10 GRPI-Modell nach BECKHARD [Lan17]

- **Ziele und Leistungen:** Klare, gemeinsam geteilte Ziele sind die Voraussetzung jeder sinnvollen Zusammenarbeit – *Was soll erreicht werden? Wozu setzt das Unternehmen das Team konkret ein? Welche Funktion hat das Team? Was wird erwartet? Welche Ziele und Erfolgskriterien liegen vor?*
- **Steuerungs- und Arbeitsprozesse:** Arbeitsabläufe, Entscheidungswege und Informationsflüsse müssen vereinbart und akzeptiert sein – *Wie wird es erreicht? Was muss zur Erledigung der Arbeiten getan werden? Wie werden einzelne Arbeitsschritte konkret ausgeführt? Wer redet mit wem über was bis wann?*
- **Rollen und Verantwortlichkeiten:** Nur wenn Rollen, Zuständigkeiten und Verantwortungen transparent und abgestimmt sind, kann Produktivität entstehen. – *Wer übernimmt welche Rolle und Verantwortung? Wer ist für was verantwortlich? Wer kann / darf / will / muss jeweils wofür Verantwortung übernehmen? Wer trifft welche Entscheidungen?*
- **Zusammenspiel Intern und Extern:** Kommunikationskultur, Konfliktbearbeitung und Feedbackfähigkeit sind entscheidend für das Gelingen. – *Wie gehen die Teammitglieder miteinander um? Welchen Stil des Umgangs miteinander wollen und brauchen wir? Welche Spielregeln brauchen wir? Wie und womit gestalten wir unsere Beziehungen konkret?*

Die im Modell dargestellten Ebenen folgen einer hierarchischen Logik: Klare Zieldefinitionen bilden die Grundlage für eine sinnvolle und konsistente Rollenzuweisung; fehlen definierte Rollen, entstehen Unsicherheiten in der Prozessgestaltung; und ohne etablierte, gelebte Prozesse bleiben teaminterne und -externe Interaktionen wirkungslos oder fragmentiert. Das Modell stellt in diesem Sinne eine praxisorientierte und zugleich theoriebasierte Analysematrix dar, mit der strukturelle Schwächen in Teamkonstellationen identifiziert und adressiert werden können. Resultierend ergibt sich folgendes Ablaufschema: 1) Ziele klären, 2) Prozess gestalten, 3) Rollen definieren und 4) Interaktionen entwickeln. [Hau17; ST14]

Bewertung: Das GRPI-Modell ist ein klar strukturierter Rahmen zur Teamentwicklung und lässt sich wirkungsvoll zur Ableitung und Klärung von Rollen im Projekt- und Systemkontext einsetzen. Die vier Ebenen ermöglichen die integrative Betrachtung funktionierender Zusammenarbeit. Hemmnisse stellen die begrenzte Modelltiefe und die fehlende methodische Ausarbeitung zur Rollenanalyse dar. Es werden keine systematischen Erstellungs- und Ableitungsschritte zur Verfügung gestellt.

3.3 Bestehende Rollenprofile und -modelle

Die vorangegangenen Kapitel 3.1 und 3.2 haben zum einen strukturierende Ansätze im Advanced Systems Engineering herausgearbeitet und zum anderen zentrale Prinzipien zur Herleitung und Gestaltung von Rollenprofilen und -modellen beleuchtet. Aufbauend darauf widmet sich das folgende Kapitel 3.3 der Analyse bereits existierender Rollenprofile und -modelle, die in Forschung und Praxis zur Anwendung kommen. Im Fokus steht die systematische Darstellung und Bewertung ausgewählter Modelle hinsichtlich ihres Detaillierungsgrads, ihrer Anwendbarkeit in unterschiedlichen Unternehmenskontexten sowie ihrer Einbettung in kollaborative und prozessorientierte Entwicklungsumgebungen.

3.3.1 Rollenmodell nach SHEARD

Das von SHEARD entwickelte Rollenmodell zählt zu den frühesten und zugleich bekanntesten systematischen Beschreibungen von Rollen im Systems Engineering. Es wurde erstmals 1996 unter dem Titel "Twelve Systems Engineering Roles" vorgestellt und 2003 in "Twelve Roles and Three Types of Systems Engineering" weiterentwickelt. Ziel des Modells ist die Strukturierung uneinheitlicher Begriffsverwendungen und Zuständigkeiten im Feld des Systems Engineering. Das Modell basiert auf einer Analyse von über 60 Fachbeiträgen sowie Auszügen aus Stellenanzeigen und INCOSE-Veröffentlichungen. [She96, She03]

SHEARD identifizierte zwölf Rollen: *Requirements Owner (RO)*, *System Designer (SD)*, *System Analyst (SA)*, *Validation and Verification Engineer (VV)*, *Logistics/Operations*

Engineer (LO), Glue Among Subsystems (G), Customer Interface (CI), Technical Manager (TM), Information Manager (IM), Process Engineer (PE), Coordinator (CO) und Classified Ads SE (CA). Jede Rolle umfasst einen Rollennamen, einen alternativen Rollentitel, eine Beschreibung zentraler Aufgaben und Zuständigkeiten sowie beispielhafte Einsatzszenarien [She96; She03].

Die Rollen wurden anschließend vier übergeordneten Sichtweisen zugeordnet:

- Life-Cycle Roles (*RO, SD, SA, VV, LO*)
- Program Management Roles (*TM, G, IM, CO, CI*)
- Risk (*G, SA, TM*)
- Design Reviews (*TM, CI, G*)
- Quality Assurance (*PE, TM*)

Bild 3-11 zeigt die grafische Zuordnung der Rollen entlang eines typischen SE-Prozesses. Ziel ist die Visualisierung der Einbettung der Rollen in die jeweiligen Prozessphasen. Hierdurch lassen sich erste Interaktionsmuster zwischen den Rollen darstellen. Die vertikal angeordneten Prozesssäulen des Modells bilden die zentralen Phasen des technischen Entwicklungsprozesses ab – beginnend mit der Anforderungsanalyse über den System- und Subsystementwurf hin zur Systemintegration und Inbetriebnahme. [She03]

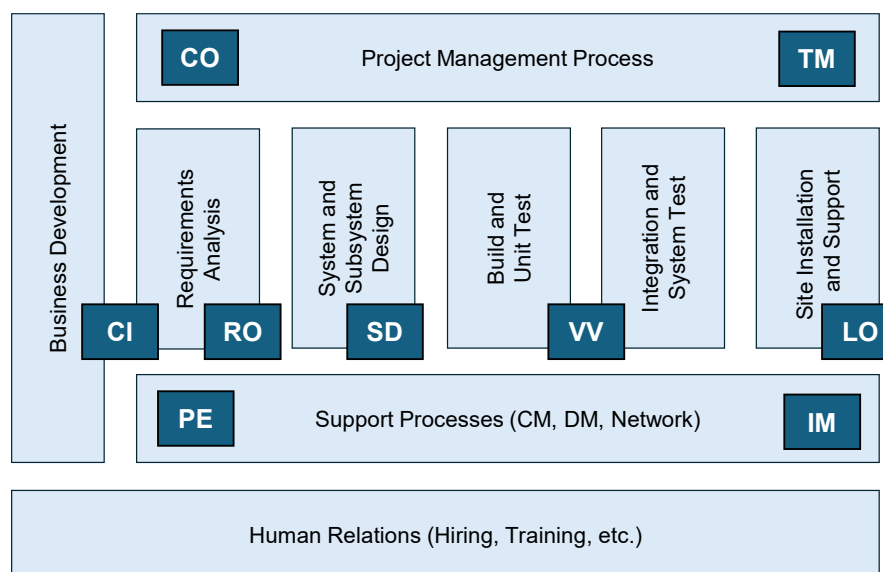


Bild 3-11 Use Example: 12 Roles and Organizational Processes [She03]

Jeder dieser Phasen sind spezifische Rollen zugeordnet, die eine funktionale Verantwortung innerhalb des jeweiligen Entwicklungsschritts übernehmen. So wirkt der Requirements Owner (RO) in der frühen Phase der Anforderungsdefinition, während der System Designer (SD) und der System Analyst (SA) zentrale Rollen im Architektur- und Designprozess einnehmen. In den Test- und Integrationsphasen kommt dem Verification & Validation Engineer (VV) eine Schlüsselrolle zu, während der Logistics/Operations Engineer (LO) in der Nutzungs- und Betriebsphase aktiv ist. Ergänzt wird diese vertikale

Struktur durch horizontale Querschnittsfunktionen, die den transversalen Charakter bestimmter Rollen unterstreichen – etwa im Project Management (TM, CO), in unterstützenden Prozessen (PE, IM) oder im Business Development (CI). Besonders hervorzuheben sind hier Rollen wie: Glue Among Subsystems (G) als verbindende Instanz zwischen Design- und Testaktivitäten, Information Manager (IM) zur Sicherstellung strukturierter Dokumentations- und Kommunikationsflüsse, Process Engineer (PE) zur übergreifenden Steuerung und Optimierung der SE-Prozesse. [She03]

Bewertung: Das Rollenmodell nach SHEARD überzeugt durch eine hohe inhaltliche Tiefe. Die zwölf definierten Rollen sind klar voneinander abgegrenzt und jeweils mit typischen Aufgaben, alternativen Rollentiteln sowie Zuständigkeiten beschrieben. Kommunikationsbeziehungen und Schnittstellen werden jedoch nur implizit adressiert. Aspekte der Rollenentwicklung, Kompetenzbedarf oder dynamische Anpassungen im Projektverlauf fehlen. Der Bezug zu etablierten Prozessstandards bleibt dabei abstrakt. Dynamische und kollaborative Aspekte werden nur eingeschränkt behandelt. Die Skalierbarkeit wird nur implizit adressiert, es wird ein Vorschlag unterbreitet, wie z. B. Rollenprofile gebündelt werden könnten.

3.3.2 Rollenmodell nach HANNA

In seiner Dissertation mit dem Titel "Prozessmodellbasiertes Vorgehensmodell für das Systems Engineering in der Entwicklung technischer Systeme" entwickelte HANNA ein ganzheitliches methodisches Rahmenwerk für das Systems Engineering. Ein zentraler Bestandteil dieses Ansatzes ist ein prozessintegriertes Rollenmodell, das sich stark an den etablierten zwölf Rollen von SHEARD [She96; She03] orientiert, diese jedoch anwendungsbezogen konkretisiert und weiterentwickelt (vgl. Kapitel 3.3.1). [Han20]

HANNA überführt die ursprünglichen SHEARD-Rollen in ein detailliertes Aktivitäts- und Rollenmodell, das auf vier übergeordnete Rollenebenen reduziert wird: [Han20]

- ARO – Requirements Owner (aggregiert) aus den Rollen *Requirements Owner und Customer Interface* – *Vereinheitlichung der Sicht des Kunden und des klassischen Requirements Engineering*
- ASD – System Designer (aggregiert) aus den Rollen *System Designer, Glue, Information Manager, Process Engineer* – *Zusammenfassung aller technischen Belange*
- ASS – System Support (aggregiert) aus den Rollen *System Analyst, Validation und Verification, Technical Manager, Logistics and Operations* – *Verantwortlichkeitsübernahme für Anforderungseinhaltung und fehlerfreie Funktionalität, Bereitstellung unterstützender Infrastruktur*
- ACO – Coordinator – *Koordination und Konsensbildung*

Hierdurch ermöglicht er eine bessere Handhabbarkeit bei gleichzeitiger Erhaltung der funktionalen Tiefe der ursprünglichen Rollen. Jede Rolle wird mit spezifischen Aktivitäten im Entwicklungsprozess verknüpft. Zusätzlich erfolgt eine Verortung in einem strukturierten Phasenmodell, welches sich an typischen Prozessverläufen in der Produktentwicklung orientiert (vgl. Bild 3-12). [Han20]

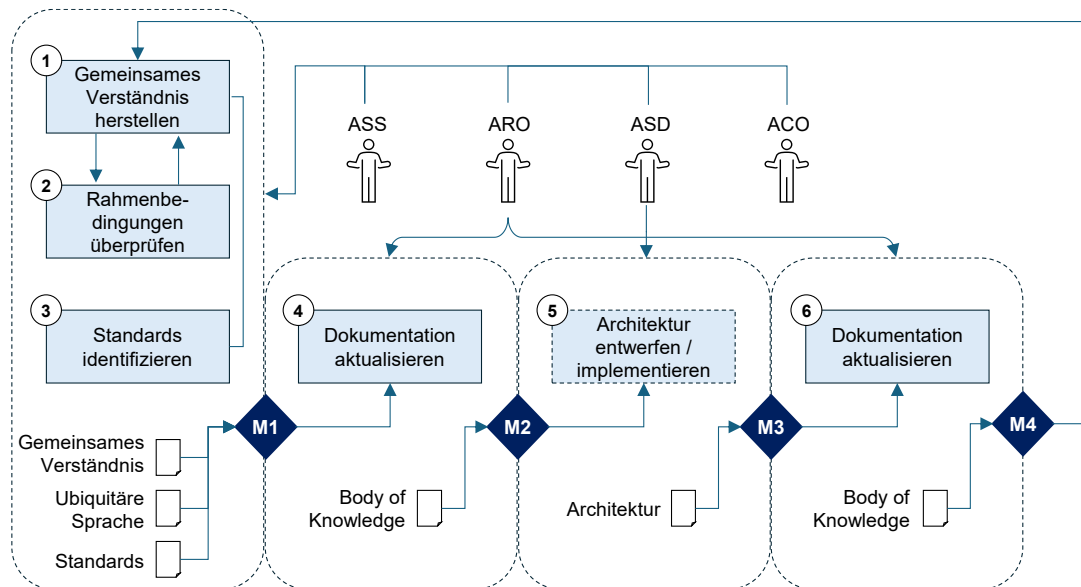


Bild 3-12 Rollen und ihre Aktivitäten nach HANNA [Han20, S. 41]

Bewertung: Das Rollenmodell nach HANNA basiert auf einer fundierten Weiterentwicklung des Rollenmodells von SHEARD und verdichtet die Rollenprofile auf vier Hauptrollen (ARO, ASD, ACO, ASS). Seine Rollenprofile enthalten Aktivitätsbeschreibungen, jedoch ohne explizite Aufgaben- oder Kompetenzformulierungen. Schnittstellen zwischen den Rollen werden nur bedingt durch die Prozesszuordnung ersichtlich, wobei HANNA hier auf einer sehr hohen Abstraktheit bleibt. Ein eigenständiges Rollenmodell liegt jedoch nicht vor.

3.3.3 Rollenmodell nach GRÄBLER UND OLEFF

Das von GRÄBLER und OLEFF entwickelte Rollenmodell stellt ein integratives Element einer umfassenden Systematik zur industriellen Umsetzung von Systems Engineering dar. Es basiert auf der zentralen Prämisse, dass die Rolle des Systems Engineer als ein rollenbasiertes Kompetenzgefüge verstanden werden muss. Dies bedeutet konkret, dass das Systems Engineering über eine Vielzahl verschieden spezialisierter Verantwortlichkeiten innerhalb eines transdisziplinären Entwicklungsteams verfügt. [GO22]

Insgesamt werden 15 klar voneinander abgegrenzte Rollen identifiziert, die den gesamten Aufgabenbereich des SE abdecken – von Management- und Architekturfunktionen über modellbasierte Entwicklung bis hin zu Lebenszyklus- und Sicherheitsaspekten. Sie werden beschrieben durch: Rollenbezeichnung, Aufgabenfelder, Verantwortlichkeiten,

Kompetenzanforderungen und konkrete Beispiele (vgl. Bild 3-13). Zu GRÄBLERS und OLEFFS Rollenportfolio gehören die Rollen *Technischer Manager*, *Projektleiterin*, *Stakeholderinteraktionsmanagerin*, *Anforderungsmanager*, *Modellierungsingenieurin*, *Systemarchitekt*, *Schnittstellenmanagerin*, *V&V-Ingenieurin*, *Lebenszyklusmanager*, *Implementierungsingenieur*, *Systemsicherheitsingenieur*, *SE-Prozessmanager*, *Konfigurationsmanager*, *Informationsmanager* sowie der *Entrepreneur*. Diese Rollen dienen nicht nur der Aufgabenverteilung, sondern auch der transparenzorientierten Steuerung von SE-Prozessen im Unternehmen. [GO22]

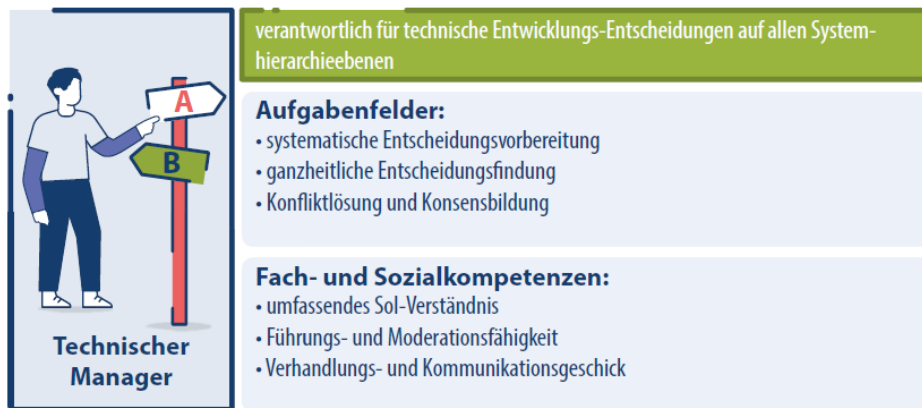


Bild 3-13 Rolle Technischer Manager [GO22, S. 186]

Zentrales Ziel des Modells ist es, SE praxisnah, anpassbar und organisationsspezifisch skalierbar zu gestalten. Die Rollen sind eng mit methodischen und prozessualen Befähigern (z. B. Tailoring, MBSE, V-Modell) verknüpft und können je nach Unternehmensgröße, Projektart oder Reifegrad individuell zugeschnitten werden. Für die konkrete Umsetzung werden Handlungsempfehlungen, Checklisten sowie Kompetenztabellen bereitgestellt, die eine systematische Einführung und nachhaltige Verankerung der Rollen im Unternehmen unterstützen. [GO22]

Bewertung: Das Modell von GRÄBLER und OLEFF überzeugt durch seine hohe Detaillierung: Die Rollenprofile werden durch kurze Steckbriefe inkl. Kompetenzbeschreibung operationalisiert. Schnittstellendefinitionen erleichtern die Entwicklung des dazugehörigen Rollenmodells, konkret wird jedoch kein Rollenmodell aufgezeigt. Obwohl eine enge Verknüpfung zur Prozesswelt des SE beschrieben wird, fehlt die direkte Verknüpfung zu Prozessen oder Workflows. In hochgradig dynamischen, agilen oder ressourcenlimitierten Umfeldern kann die Anwendung des Rollenmodells durch die Komplexität und statische Grundannahmen an seine Grenzen stoßen.

3.3.4 Rollenmodell nach INCOSE

Das INCOSE-Handbuch verfolgt ein prozessbasiertes Rollenverständnis: Rollen werden nicht abstrakt definiert, sondern kontextualisiert entlang der Lebenszyklusprozesse. Die

Rollen sind also Mittel zum Zweck der Prozessdurchführung, und nicht als eigenständige organisatorische Einheiten zu sehen. [Inc23]

Im Rahmen der Prozesslandschaft nach ISO/IEC/IEEE 15288 unterscheidet das Handbuch zwischen Kernrollen, Management- und Steuerungsrollen sowie Organisationsübergreifende Rollen: [Inc23]

- **Kernrollen im technischen Bereich:** Diese Rollen sind zentral für die Durchführung der technischen SE-Prozesse:
 - Systems Engineer: *Verantwortlich für Koordination und Durchführung der technischen SE-Prozesse.*
 - Requirements Engineer: *Definiert, analysiert und validiert Anforderungen.*
 - Architect: *Verantwortlich für Architekturdefinition und -management.*
 - Verification & Validation Engineer: *Plant und führt V&V-Aktivitäten durch.*
 - Integration Engineer: *Führt Subsysteme zusammen, prüft technische Schnittstellen.*
- **Management- und Steuerungsrollen:** Diese Rollen sichern die Durchführung, Steuerung und Qualität des Gesamtprojekts:
 - Project/Program Manager: *Verantwortlich für Kosten, Termine, Ressourcen, Risikomanagement.*
 - Configuration Manager: *Verwaltet Konfigurationsstände und Änderungsprozesse.*
 - Quality Manager: *stellt die Einhaltung von Standards, Normen und Qualitätskriterien sicher.*
 - Risk Manager: *Identifiziert, bewertet und migriert Risiken.*
- **Organisationsübergreifende Rollen:** Diese Rollen sind nicht projektspezifisch, sondern strukturell verankert:
 - Process Owner: *Verantwortlich für Definition, Pflege und Verbesserung eines SE-Prozesses.*
 - Decision Authority: *Trifft verbindliche Entscheidungen in Entscheidungsmeilensteinen.*
 - Stakeholder: *Repräsentiert interne/externe Interessen (z. B. Kunde, Zulassung, Betrieb).*

Ein zentrales Unterscheidungsmerkmal zu Modellen wie SHEARD (vgl. Kap. 3.3.1) oder GRÄBLER UND OLEFF (vgl. Kap. 3.3.3) ist: *Im INCOSE-Verständnis ergibt sich die Rolle aus der Funktion, nicht umgekehrt.* Das impliziert, dass Rollen als dynamisch und kontextbezogen angesehen werden. Daher verzichtet INCOSE bewusst auf eine starre, universelle Rollentypologie. Organisationen sollen und müssen befähigt werden, ihre eigenen Rollen aus den SE-Prozessen ableiten und verwenden zu können. Darüber hinaus wird für alle Prozesse empfohlen, die Rollenverantwortung mittels RACI-Matrix (vgl. Kap. 3.2.2.1) zu dokumentieren. [Inc23]

Bewertung: Das INCOSE-Rollenverständnis bietet ein prozessorientiertes Modell, das sich hervorragend zur organisationsspezifischen Anpassung von Rollen im Systems Engineering eignet. Die konsequente Verankerung der Rollen in den Prozessen nach ISO 15288, die Nutzung von RACI-Matrizen sowie das Tailoring-Prinzip machen das Modell besonders robust, pragmatisch und zugleich skalierbar. Allerdings fehlen eine explizite, visuelle Rollenlandkarte und ein Rollenmodell.

3.3.5 Rollencluster nach KAISER ET AL.

Die Veröffentlichung von KAISER ET AL. hat sich zum Ziel gesetzt, das sich wandelnde Verständnis von Rollen im SE mit Fokus auf den deutschen Maschinen- und Anlagenbau zu analysieren und systematisch aufzubereiten. Im Zentrum stehen drei Untersuchungsschritte: [KWF+24]

1. Analyse bestehender Rollenmodelle in der Literatur
2. Quantitative Auswertung von Stellenausschreibungen auf dem deutschen Arbeitsmarkt
3. Qualitative Untersuchung in drei Industrieunternehmen aus dem Spitzencluster it's OWL.

Auf Basis dieser Erkenntnisse wurden 14 Rollencluster gebildet, die in der Praxis vorhandene Rollen bündeln und mit typischen SE-Aufgaben verknüpfen. Die Cluster sind in Bild 3-14 dargestellt. Die Beschreibung jeder Rolle erfolgt über Aufgabenbereiche, Unterstützungsfunktionen sowie die Berücksichtigung individueller Persönlichkeit. [KWF+24] Die qualitative Untersuchung ergab, dass in mittelständischen Unternehmen bestehende Rollenprofile durch gezielte Qualifizierung weiterentwickelt werden, statt neue Rollen einzuführen. Die Autoren plädieren für einen Stakeholder-orientierten Transformationsprozess, der die Einführung von SE über eine gezielte Stärkung bestehender Strukturen realisiert. [KWF+24]

Role Cluster Name	Description
Customer	Represents the party that orders or uses a service (= development order). <i>The customer has influence on the design/technical execution of the system.</i>
Customer Representative	Forms the interface between the customer and the company. The roles in this cluster form the voice for all customer-relevant information required for the project.
Project Manager	Is responsible for the planning and coordination on the project side. The roles assume responsibility for achieving the project goals and monitoring the resources (time, costs, personnel) within a time-limited framework and have <i>a moderating role in conflicts and disputes</i> .
System Developer	Has the overview from requirements to the decomposition of the system to the interfaces and the associated system elements (external to the system environment and internal between the elements). The system developer is responsible for integration planning and consults with the appropriate <i>subject matter experts</i> .
Specialist Developer	Includes the various specialist areas, e.g., software, hardware, etc. They develop new technologies or realize the product/system based on <i>specifications from the system developer cluster</i> .
Production Planner / Coordinator	Takes on the preparation of the product realization and the transfer to the <i>customer</i> .
Production Employee	Comprises the processes that are to be assigned to the <i>implementation, assembly, and manufacture</i> of the product through to goods issue and shipping. The individual system components are integrated into the overall system and <i>verified with regard to their functionality</i> .
Quality Engineer / Manager	Ensures that the company's quality standards are maintained in order to keep <i>customer satisfaction high</i> and ensure <i>long-term competitiveness</i> in the market. Close cooperation with the V&V operator, e.g., for the analysis of <i>customer complaints and identification of the cause</i> .
Verification and Validation (V&V) Operator	Covers the topics of system verification & validation. The involvement of this role cluster in the early phases of system development can ensure that the <i>system is verifiable and validatable</i> .
Service Technician	Deals with all service-related tasks at the customer's site, i.e., <i>installation, commissioning, professional training of users</i> , as well as classic service tasks such as <i>maintenance and repairs</i> , or the area of <i>after-sales</i> .
Process and Policy Manager	Is divided into a strategic and an operational level: On a <i>strategic</i> level, the process owner serves to develop internal guidelines in the development and creation or revision of process flows. On an <i>operational</i> level, the policy owner controls compliance with <i>policies, laws, and framework conditions</i> that must be taken into account and fulfilled.
Internal Support	Represents the advisory and supporting side during the development process within the project. A distinction is made between: - IT Support: Provides and maintains the necessary IT infrastructure. - Qualification Support: Provides support in the area of methods and ensures qualification through specialized training (e.g., via HR). - Systems Engineering Support: Offers support regarding SE methods and handling of SE tools. This includes assistance in order to <i>impart the necessary knowledge in the SE procedure</i> .
Innovation Management	Focuses on the commercially successful implementation of products or services, but also <i>new business models or processes</i> .
Management	Forms the group of decision-makers and is represented by the management or department management. The cluster keeps an eye on the company's <i>goals, visions, and values</i> . Since the opinion of the cluster is crucial for project progress, <i>management is an important stakeholder in every respect</i> .

Bild 3-14 Beschreibung der Rollencluster nach KAISER ET AL. [KWF+24, S. 11f.]

Bewertung: Die von KAISER ET AL. entwickelten Rollencluster zeichnet sich durch einen praxisnahen Ansatz aus, der besonders auf die Bedürfnisse von kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) im Maschinen- und Anlagenbau ausgerichtet ist. Die Beschreibung der Rollen erfolgt nicht im Sinne klassischer Einzelprofile, sondern durch die

Bildung von Rollenclustern, welche ähnliche Aufgaben und Verantwortlichkeiten zusammenfassen. Eine systematische Auflistung von Kompetenzprofilen (z. B. Fach-, Methoden-, Sozialkompetenz) erfolgt jedoch nicht. Darüber hinaus wird kein explizites, formales Rollenmodell, z. B. im Sinne einer Interaktionsmatrix, zur Verfügung gestellt. Eine Verknüpfung mit normativen Prozessstandards (z. B. ISO/IEC 15288, INCOSE-Handbücher oder VDI/VDE 2206) ist nicht explizit gegeben; die Einbettung der Rollen bleibt auf einer konzeptuellen Ebene.

3.3.6 Rahmenwerk nach BRETZ

Im Rahmen des Rahmenwerks von BRETZ wird ein differenziertes Rollenmodell vorgestellt, das sowohl klassische Projektrollen als auch unterstützende Rollen umfasst. Das Modell basiert auf den Vorarbeiten von SHEARD [She96] und FRIEDENTHAL ET AL. [FMS14], wird jedoch um neue Rollen erweitert und an die Anforderungen moderner Entwicklungsumgebungen angepasst (vgl. Bild 3-15). [Bre21]

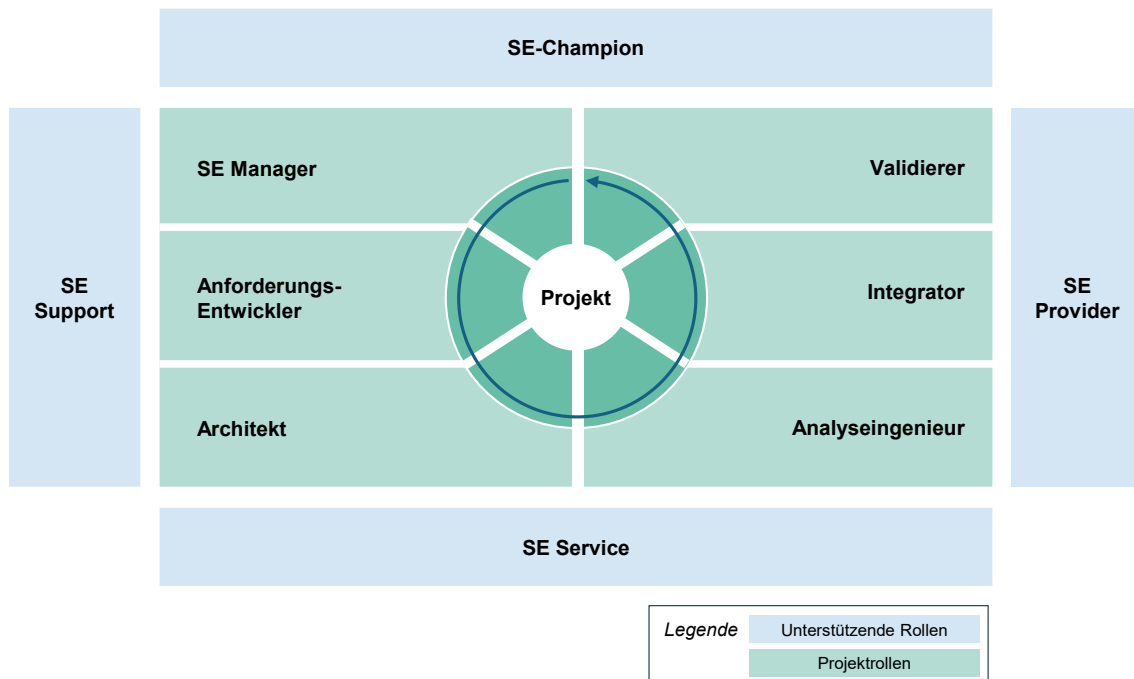


Bild 3-15 Ganzheitliches Rollenkonzept nach BRETZ [Bre21]

BRETZ unterscheidet die zwei Gruppen [Bre21]:

- Projektrollen (z. B. SE-Manager, Architekt, Integrator, Validierer, Analyseingenieur, Anforderungsentwickler): Diese Rollen decken die klassischen Aufgaben im Rahmen eines konkreten SE-Projekts ab.
- Unterstützende Rollen (z. B. SE-Champion, SE-Support, SE-Provider, SE-Service): Sie sind darauf ausgerichtet, methodische und organisatorische Unterstützung zu leisten und die langfristige SE-Befähigung im Unternehmen sicherzustellen.

Jede Rolle umfasst eine kurze Aufgabenbeschreibung, die die Zuordnung von Verantwortlichkeiten ermöglicht. Zusätzlich wird betont, dass diese Rollen in organisatorischen Einheiten verankert oder durch neue Strukturen geschaffen werden können [Bre21].

Bewertung: BRETZ greift die vorhandenen Rollenmodelle auf und erweitert sie um unterstützende Rollen. Die Rollenprofilbeschreibung in Summe fällt eher knapp aus. Die Integration in die Gesamtsystematik seiner Arbeit erscheint das Rollenmodell jedoch besonders anschlussfähig zu machen und bietet strategische Ansatzpunkte zur Einführung von Rollenmodellen in Unternehmen. Weitere Hemmnisse sind die fehlende Bereitstellung eines konkreten Kommunikations- oder Rollenmodells sowie die fehlenden Maßnahmen zur Skalierbarkeit des Rollenmodells.

3.3.7 Rollenmodell nach HUTCHISON ET AL.

Im Rahmen des Helix-Projekts haben HUTCHISON, WADE und LUNA ein erweitertes und datenbasiertes Rollenmodell für das Systems Engineering entwickelt. Ausgehend von SHEARDS zwölf klassischen Rollen wurde das Modell empirisch anhand von über 280 Interviews und 6.000 Seiten Datenmaterial aus der Industrie weiterentwickelt. Ziel war es, aufzuzeigen, welche Rollen Systemingenieure in der Praxis tatsächlich einnehmen – unabhängig von formalen Jobtiteln. Hierdurch sollte die tatsächliche Vielfalt der Rollen von Systems Engineers abgebildet werden, um ein realitätsnahes Rollenverständnis für Praxis, Lehre und Personalentwicklung zu ermöglichen. [HWL17]

Das Ergebnis ist ein strukturierter Katalog von 15 Rollen, untergliedert in drei Rollenklassen: [HWL17]

- Rollen mit Systemfokus (z. B. *Requirements Owner, System Architect, System Integrator, V&V Engineer, Detailed Designer*)
- Rollen mit Organisationsfokus (z. B. *SE Champion, Process Engineer*)
- Rollen mit Teamfokus (z. B. *Technical Manager, Customer Interface, Instructor/Teacher*)

Neu eingeführt wurden u. a. die Rollen *Concept Creator* und *Instructor*, um die zunehmende Bedeutung der frühen Produktentstehungsprozessphasen und SE-Befähigung abzubilden. Die Erhebung erfolgte über eine qualitative Inhaltsanalyse und wurde durch Community-Feedback sowie internationale Workshops validiert. [HWL17]

Darüber hinaus wurde untersucht, inwieweit die SE-Rollen und die Rollen von Systems Engineers überlappen. Das Venn-Diagramm symbolisiert die Vielfalt, Überschneidungen und die kontextuellen Unterschiede im Rollenverständnis (vgl. Bild 3-16). Der linke Kreis („SE Roles“) umfasst idealtypische Rollen, wie sie im Rahmen systemtheoretischer und methodischer SE-Modelle definiert sind. Der rechte Kreis („Roles Held by SEs“) spiegelt wider, welche Rollen Systems Engineers in der Praxis tatsächlich übernehmen. Der überlappende Bereich stellt die tatsächliche Schnittmenge dar: Hier finden sich 15

klar benannte Rollen, geordnet nach den drei Fokusebenen: Systemfokus, Teamfokus und Prozess-/Organisationsfokus. [HWL17]

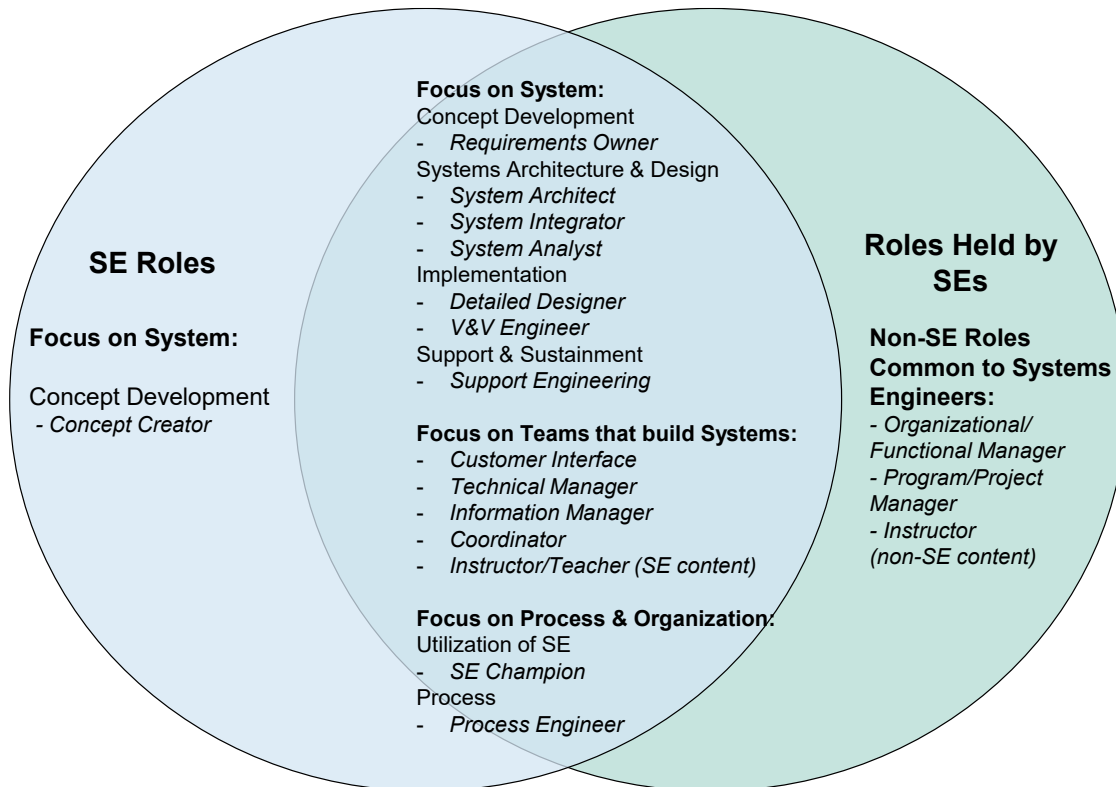


Bild 3-16 Überlappung von SE-Rollen und Rollen von Systems Engineers [HWL17, S. 11]

Neben der zentralen Schnittmenge zwischen typischen SE-Rollen und tatsächlich von Systems Engineers übernommenen Funktionen zeigt die Abbildung auch Rollen, die ausschließlich einem der beiden Bereiche zugeordnet sind. Diese außerhalb der Überlappung liegenden Rollen verdeutlichen die Spannbreite und Vielschichtigkeit des Berufsbilds im modernen Engineering-Kontext. [HWL17]

Die Rolle des *Concept Creator* befindet sich ausschließlich im linken Kreis („SE Roles“) und zielt auf die systematische Gestaltung und Bewertung von Lösungskonzepten vor der formalen Projektinitialisierung. Sie umfasst kreative, strukturierende und bewertende Tätigkeiten, bei denen interdisziplinäre Fragestellungen, Kundenbedarfe und technische Machbarkeit zusammengeführt werden. Dass diese Rolle nicht in der Praxisüberlappung erscheint, verweist auf eine bestehende Lücke: In vielen Organisationen ist die frühe Konzeptentwicklung nicht systematisch in das Systems Engineering integriert oder wird von anderen Disziplinen dominiert (z. B. Produktmanagement, Vorentwicklung). Das Modell von HUTCHISON ET AL. verdeutlicht hier einen möglichen Erweiterungspfad für SE – hin zu einem frühzeitigen, strategischen Beitrag im Innovationsprozess. [HWL17]

Im rechten Kreis („Roles Held by SEs“) erscheinen vier Rollen, die nicht zur Kernstruktur des SE zählen, aber dennoch häufig von Systems Engineers übernommen werden: [HWL17]

- *Organizational/Functional Manager: Systems Engineers übernehmen häufig Führungsaufgaben in Linienfunktionen, z. B. als Abteilungsleiter für Systemarchitektur, SE-Kompetenzzentren oder funktionsübergreifende Teams. Diese Rolle liegt außerhalb des SE-Kerngeschäfts, ist jedoch Ausdruck langfristiger Karrierepfade im Unternehmen.*
- *Program/Project Manager: Viele Systems Engineers agieren, vor allem in kleineren Organisationen, zusätzlich oder alternativ als Projektleiter. Dabei übernehmen sie Verantwortung für Kosten, Termine, Ressourcen und Stakeholdermanagement, was über die klassische SE-Rolle hinausgeht, aber dennoch eng verzahnt ist.*
- *Instructor (non-SE content): Diese Rolle bezeichnet Systems Engineers, die im Unternehmen nichttechnische Schulungen, Mentoring oder organisationsspezifische Wissensweitergabe übernehmen. Sie reflektiert die wachsende Bedeutung von Systems Engineers als Multiplikatoren und Führungspersönlichkeiten, auch außerhalb methodischer Inhalte.*

Diese Rollen verdeutlichen, dass Systems Engineers zunehmend in hybride Rollenbilder hineinwachsen, die strategische, operative und organisationale Elemente miteinander verbinden. Sie sind Ausdruck einer Rollenrealität/-dynamik, die weit über technische Systemarbeit hinausgeht. [HWL17]

Bewertung: Das Rollenmodell von HUTCHISON ET AL. überzeugt durch eine methodisch fundierte und empirisch breit abgestützte Herleitung. Die Rollen wurden anhand umfangreicher Interviewdaten aus der Praxis abgeleitet und systematisch strukturiert. Die Rollenprofile sind klar abgegrenzt, wobei die konkrete Beschreibung der Profile offen bleibt. Die Schnittstellen und die Zusammenarbeit werden nur bedingt mitgedacht, ein formales Rollenmodell fehlt. Die Prozesseinbettung orientiert sich am SE-Lebenszyklus, ohne an normative Standards gebunden zu sein.

3.3.8 SYSMOD-Rollenmodell nach ESTEFAN und WEILKIENS

Das Rollenmodell von ESTEFAN und WEILKIENS im Rahmen von SYSMOD zählt zu den strukturell sehr konsistenten Modellen im MBSE-Kontext. Besonders hervorzuheben ist die explizite Kopplung zwischen Rollen, Methoden und Produkten, was eine klare Verantwortungszuweisung und Nachvollziehbarkeit ermöglicht. SYSMOD unterscheidet nicht zwischen formal-hierarchischen Positionen oder abstrakten Rollentiteln, sondern definiert Rollen als funktionale Akteure, die Methoden anwenden und Artefakte erzeugen oder verantworten. Dadurch entsteht ein handlungsbezogenes und adaptives Rollenverständnis. [EW23]

Zentrale Rollen im SYSMOD-Modell sind der *System Architect*, *Requirements Engineer*, *MBSE Methodologist*, *System Tester* und *Stakeholder*. Besonders hervorzuheben ist die dreiseitige Kopplung mit „Rolle“, „SYSMOD-Methode“ und „SYSMOD-Artefakt“ (vgl. Bild 3-17). [EW23]

Role	→ Performs →	Identify and structure stakeholder needs	→ Generates →	SYSMOD Artifact
Requirements Engineer	Analyze the Problem	Identify and structure stakeholder needs	Stakeholder Need Specification	Stakeholder Need Document, Use Cases
Requirements Engineer	Define Requirements	Model and consolidate requirements	Requirements Model	System Requirements, Requirement Traceability Matrix
System Architect	Model Logical Architecture	Structure the system at a logical level	Logical Architecture	Block Definition Diagram, Internal Block Diagram
System Architect	Define System Boundary	Define system context and boundaries	System Context Model	Context Diagram, External Interfaces
System Architect	Define Interfaces	Specify technical interfaces	Interface Definition	Interface Contracts, Interface Diagrams
MBSE Methodologist	Tailor MBSE Methodology	Adapting the MBSE approach	Tailored Methodology	SYSMOD Tailoring Document, Role-Mapping
System Tester	Model Test Cases	Deriving tests from requirements	Test Model	Test Cases Diagram, Validation Matrix
Validation Engineer	Validate System Model	Validating against requirements	Validation Results	Review Protokolle, Validation Checklist
Stakeholder	Review System Model	Participating in review meetings	Review Feedback	Change Requests, Stakeholder Comments
Interface Engineer	Define Interfaces	Modeling interfaces	Interface Architecture	Port and Flow Diagrams, Interface Requirements
Configuration Manager	Maintain Model Configuration	Version and status management	Model Configuration Status	Baseline Status, Versioned Artifacts
System Modeler	Maintain Model Consistency	Model maintenance, ensuring consistency	Ensuring consistency	Error Logs, Consistency Constraints

Bild 3-17 Kopplung aus Rolle, SYSMOD-Methode und SYSMOD-Artefakt [EW23]

Dadurch entsteht ein abbildbares Rollenmodell, das sowohl für die Werkzeuge als auch für Schulungen, Aufgabenverteilung und Verantwortlichkeitsdefinition nutzbar ist. Nichtsdestotrotz ist SYSMOD nicht an bestimmte Modellierungswerkzeuge gebunden, wodurch die Flexibilität erhöht wird. [EW23]

Das Modell ist prozessorientiert und erlaubt eine skalierbare Rollenzuweisung: Rollen können je nach Projektgröße kombiniert oder aufgeteilt werden, konkrete Methoden und Ansätze werden aber nicht genannt. Durch die Einführung des *MBSE Methodologist* wird zudem die methodische Weiterentwicklung der Rollen selbst unterstützt. Zudem werden Stakeholder aktiv eingebunden – etwa in der Problemdefinition und Systembewertung – was das Modell besonders kollaborationsfähig und praxisnah macht. [EW23]

Bewertung: Das SYSMOD-Rollenmodell überzeugt durch seine klare methodische Struktur, die direkte Verknüpfung von Rollen, Methoden und Produkten sowie seine hohe Anwendungsnähe im MBSE-Kontext. Es bietet eine präzise Aufgabenverteilung, fördert modellbasiertes Denken und ist flexibel skalierbar. Schwächen bestehen in der fehlenden expliziten Abbildung von Kommunikation oder Rollenschnittstellen. Im Vergleich zu klassischen Rollenmodellen (z. B. SHEARD) ist SYSMOD weniger theoretisch-abstrakt, dafür deutlich praxisorientierter und operativ nutzbar.

3.3.9 Rollenprofile nach REQI SYSTEMS ENGINEERING ARTICLES

Der Artikel von REQI.IO bietet eine praxisorientierte Übersicht über Rollen im Systems Engineering, die in realen Projekten und Organisationen typischerweise auftreten. Im Unterschied zu vielen wissenschaftlich fundierten Rollenmodellen basiert dieser Ansatz auf rollenbezogenen Verantwortlichkeitsbereichen, wie sie im Projektalltag vorkommen. [Req24-ol]

Insgesamt werden über 20 Rollenprofile vorgestellt, darunter: [Req24-ol]

- Kernrollen: *Systems Engineer, Systems Engineering Manager, Requirements Manager, Integration Manager, Architecture Manager, Interface Manager, V&V Manager, Configuration Manager, RAM Engineer, Risk Manager, Safety Manager*
- Spezialrollen: *Operational Integration Manager, Human Factors Integration Manager, Quality Assurance Manager, Test & Evaluation Manager*
- Führung und Koordination: *Project/Program Manager, Organizational Manager, Instructor*

Jede Rolle wird durch eine ausführliche Aufgabenbeschreibung (z. T. 10–15 Punkte), ihre Zuständigkeiten und typische Herausforderungen erläutert (vgl. Bild 3-18). Die Rollen sind nicht in ein hierarchisches oder phasenbasiertes Modell eingebettet, sondern sind als funktionale Einheiten zu verstehen, die je nach Projektbedarf individuell eingesetzt werden. [Req24-ol]

Laut REQI.IO umfasst SE eine Vielzahl unterschiedlicher Rollen, die jeweils spezifisches Fachwissen und Verantwortung in den Entwicklungsprozess einbringen. Jede Rolle leistet einen wesentlichen Beitrag zum Erreichen der Projektziele. [Req24-ol]

Ein fundiertes Verständnis der jeweiligen Aufgaben und Zuständigkeiten innerhalb dieser Rollen ermöglicht es Organisationen, Ressourcen gezielt einzusetzen, interdisziplinäre Zusammenarbeit zu fördern und Systeme zu entwickeln, die sowohl funktionalen Anforderungen als auch Sicherheits- und Leistungsstandards gerecht werden. Durch die bewusste Einbindung vielfältiger Expertisen und eine konsequent interdisziplinäre Herangehensweise wird der Erfolg von SE-Projekten nachhaltig unterstützt. [Req24-ol]

Rollenprofilbeschreibung: Systemschnittstellenmanager

Der Systemschnittstellenmanager identifiziert und verwaltet die Schnittstellenanforderungen zwischen verschiedenen Systemkomponenten. Er erstellt Schnittstellenkontrolldokumente, legt einen Systemschnittstellenplan fest und sorgt für die ordnungsgemäße Koordination mit anderen Systemengineering-Aktivitäten. Durch die Beseitigung von Schnittstellenrisiken und -gefahren verbessert der Systemschnittstellenmanager die Systemsicherheit und ermöglicht eine nahtlose Integration zwischen Subsystemen.

Zu den typischen Aufgaben eines Systemschnittstellenmanagers gehören:

- Identifizierung und Verwaltung der Schnittstellenanforderungen zwischen verschiedenen Systemkomponenten.
- Erstellung von Schnittstellenkontrolldokumenten zur Definition von Schnittstellenspezifikationen und -richtlinien.
- Erstellung eines Systemschnittstellenplans zur Koordinierung der Schnittstellenentwicklung und -integration.
- Zusammenarbeit mit Systems Engineering-Teams, um sicherzustellen, dass die Schnittstellen den Projektanforderungen entsprechen.
- Erleichterung der Kommunikation zwischen verschiedenen Subsystemen, um Schnittstellenprobleme und -abhängigkeiten zu beheben.
- Durchführung von Schnittstellenüberprüfungen und -bewertungen, um die Kompatibilität und Übereinstimmung mit den Systemzielen zu überprüfen.
- Identifizierung von Schnittstellengefahren und -risiken, die sich auf die Systemleistung oder -sicherheit auswirken können.
- Dokumentation von Schnittstellenvereinbarungen und -konfigurationen, um die Rückverfolgbarkeit und Transparenz zu gewährleisten.
- Zusammenarbeit mit Stakeholdern, um Schnittstellenkonflikte zu lösen und eine nahtlose Integration von Subsystemen sicherzustellen.
- Überwachung von Schnittstellenänderungen und -aktualisierungen, um deren Auswirkungen auf das Gesamtverhalten des Systems zu bewerten.
- Teilnahme an Designprüfungen, um Input zu Schnittstellenüberlegungen und -anforderungen zu geben.
- Zusammenarbeit mit externen Partnern oder Lieferanten, um die Schnittstellenintegration über Unternehmensgrenzen hinweg zu gewährleisten.
- Sicherstellung der Einhaltung von Schnittstellenstandards, Protokollen und bewährten Verfahren der Branche.
- Beratung und Unterstützung von Teams, die an der Entwicklung und Integration von Schnittstellen arbeiten.
- Mitwirkung an Systemvalidierungs- und -verifizierungsaktivitäten, um die Funktionalität und Leistung der Schnittstellen zu testen.

Bild 3-18 Rollenprofilbeschreibung „Systems Interface Manager“ nach REQ1.IO [Req24-ol]

Bewertung: Das Rollenverständnis von REQ1.IO ist praxisnah, detailliert und funktional differenziert, eignet sich aber eher zur operativen Orientierung als zur systematischen Organisationsgestaltung. Es fehlt jedoch ein übergeordnetes Modell zur Einbettung der Rollen in Prozesse, Hierarchien oder Kollaborationsstrukturen. Im Vergleich zu SHEARD ist der Ansatz weniger strukturiert, dafür umfassender. Für konkrete Rollenprofilbeschreibungen kann der Beitrag von REQ1.IO nützlich sein, für den systematischen Aufbau eines rollenbasierten ASE-Referenzmodells jedoch nur eingeschränkt.

3.4 Bewertung und Handlungsbedarf

Ein Vergleich des Stands der Technik mit den in Kapitel 2.5 abgeleiteten Zielen und Anforderungen führt zu folgender Bewertung, die in Bild 3-19 zusammengefasst wird. Es wird gezeigt, dass weder ein einzelner Ansatz noch eine triviale Kombination mehrerer Ansätze die Ziele in vollem Umfang erfüllt. Die Bewertung der Erfüllung der einzelnen Ziele wird nachfolgend detailliert begründet. Abschließend folgt eine Beschreibung des verbleibenden Handlungsbedarfs.

Z1) Methodische Fundierung und systematische Herleitung des Vorgehens

Einige der betrachteten Ansätze, gerade die bestehenden Rollenprofile und -modelle aus Kap. 3.3, fokussieren sich primär auf das Endergebnis, bspw. eine Sammlung von Rollenprofilen, ohne jedoch das zugrundeliegende methodische Vorgehen transparent darzustellen. Es bleibt offen, wie die Rollen hergeleitet wurden, in welchem Kontext sie stehen und wie sie sich auf Prozesse beziehen. Diese fehlende methodische Rückführbarkeit erschwert eine fundierte Bewertung sowie eine Anwendung in der Praxis erheblich. Unternehmen benötigen jedoch nachvollziehbare, strukturierte Vorgehensmodelle, die sie in die Lage versetzen, entsprechende Ergebnisse eigenständig zu erzeugen, weiterzuentwickeln oder anzupassen.

Z2) Anpassbarkeit und Integrationsfähigkeit

Nur eine geringe Anzahl der untersuchten Methoden enthält konkrete Ansätze zur unternehmensspezifischen Integration und Skalierung der vorgeschlagenen Rollenmodelle. Diese Aspekte sind jedoch essenziell, um Rollenprofile an unternehmensspezifische Rahmenbedingungen, Organisationsstrukturen und Entwicklungsprozesse anpassen zu können. Der aktuelle Stand der Technik bietet kaum Unterstützung bei der Transformation generischer Ergebnisse in maßgeschneiderte Lösungen. Damit bleibt die praktische Relevanz vieler Ansätze beschränkt.

Z3) Skalierbarer Ordnungsrahmen

Die Vielfalt an Strukturierungsansätzen im Advanced Systems Engineering erschwert aufgrund uneinheitlicher Begriffsverwendungen und sehr unterschiedlicher Detaillierungstiefen die Orientierung erheblich. Viele Ansätze adressieren zwar ähnliche Themenfelder, nutzen jedoch abweichende Terminologien oder beschränken sich auf übergeordnete Prozessphasen wie Anforderungsdefinition oder Validierung. Eine transparente, phasenübergreifende und vergleichbare Darstellung der Prozesslogik fehlt weitgehend. Die ISO 15288 bietet hier im Vergleich die beste Grundlage für einen skalierbaren Ordnungsrahmen für das Advanced Systems Engineering.

Zielerfüllung Fragestellung: „Inwieweit werden die gestellten Ziele an die Systematik zur Entwicklung eines Rollenmodells für das Advanced Systems Engineering erfüllt?“  weitestgehend erfüllt  teilweise erfüllt  nicht erfüllt		Ziele									
		Methodische Fundierung u. Herleitung	Anpassbarkeit, Integrationsfähigkeit	Skalierbarer Ordnungsrahmen	Aufgabenbeschreibung in Prozessen	Strukturierung v. Rollenprofilen	Unterstützung bei Rollenbündelung	Fachliche Abhängigkeiten der Rollen	Modell zur Rollen-Kollaboration	Ableitung von Verantwortlichkeiten	Tailoring des Rollenmodells
Betrachtete Ansätze		Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10
Ansätze zur Strukturierung des ASE	VDI2206:2021-11										
	ISO/IEC/IEEE 15288:2023										
	INCOSE Systems Engineering Handbook										
	iPeM (ALBERS ET AL.)										
	Rational Unified Process (KROLL, KRUCHTEN)										
	Produkterstellungsmodell (EHRENSPIEL, MEERKAMM)										
Ansätze zur Herleitung von Rollenprofilen	Prozess- und Funktionsanalyse										
	Job-Design-Theorie (HACKMAN, OLDHAM)										
	Role-based Business Process Modelling										
	Systemzentrierte Rollenmodellierung										
	Rollenprofilierung durch Operational Profiles										
Ansätze zur Herleitung von Rollenmodellen	RACI-Matrix										
	Organisational Role Modeling										
	Object Oriented Role Analysis and Modeling										
	GRPI-Modell										
Bestehende Rollenprofile und -modelle	Rollenmodell nach SHEARD										
	Rollenmodell nach HANNA										
	Rollenmodell nach GRÄßLER UND OLEFF										
	Rollencluster nach KAISER ET AL.										
	Rollenmodell nach INCOSE										
	Rahmenwerk nach BRETZ										
	Rollenmodell nach HUTICHSON ET AL.										
	SYSMOD-Rollenmodell nach ESTEFAN, WEILKIENS										
	Rollenprofile n. REQI SYSTEMS ENGINEERING ARTICLES										

Bild 3-19 Bewertung des untersuchten Stands der Technik

Z4) Detaillierte Beschreibung von Aufgaben in Prozessen als Grundlage für Rollenprofile

Für die fundierte Ableitung von Rollenprofilen ist eine detaillierte Aufgabenbeschreibung in Prozessen essenziell. Lediglich einzelne Modelle, wie z. B. die ISO 15288, liefern strukturierte Prozessbeschreibungen mit Input-/Output-Definitionen und klar benannten Aktivitäten. Die Mehrheit der Ansätze bleibt auf einer hohen Abstraktionsebene und definiert weder Aufgaben noch Unterprozesse präzise. Eine Funktionsanalyse kann hier als Werkzeug dienen, Aufgaben detailliert beschreiben zu können.

Z5) Strukturierung der Rollenprofile mit einheitlichem Detaillierungsgrad

Die analysierten Rollenprofile variieren stark hinsichtlich ihres Detaillierungsgrads. Während einige lediglich Kompetenzen oder grobe Aufgabenbereiche auflisten, fokussieren sich andere ausschließlich Verantwortlichkeiten. Eine einheitliche Systematik zur Strukturierung von Rollenprofilen fehlt. Zudem zeigen sich Inkonsistenzen in der Benennung – identische Aktivitäten werden teils unterschiedlichen Rollen zugeordnet oder unterschiedliche Tätigkeiten tragen denselben Rollennamen. Eine konsolidierte Darstellung aller Rollenprofile über verschiedene Ansätze hinweg ist nicht vorhanden, wodurch Redundanzen und Unklarheiten entstehen.

Z6) Hilfestellung bei der unternehmensspezifischen Bündelung von Rollen

In der industriellen Praxis ist die Bündelung von Rollenprofilen notwendig, um Effizienzpotenziale zu heben und vorhandene Ressourcen zielgerichtet einzusetzen. Obwohl viele Autoren die Skalierbarkeit ihrer Modelle betonen, bleiben konkrete Vorschläge zur systematischen Rollenbündelung aus. Ebenso fehlt eine Bewertung der Relevanz einzelner Rollen für spezifische Unternehmenssituationen. Die RACI-Methode kann hier durch ihre Einteilung nach verschiedenen Verantwortungsgraden Anhaltspunkte bieten, welche Rollenprofile gebündelt werden könnten.

Z7) Berücksichtigung der fachlichen Abhängigkeiten und Schnittstellen

Nur wenige Ansätze, wie bspw. GRÄBLER und OLEFF, erfassen explizit Schnittstellen-Rollen innerhalb ihrer Rollenmodelle. Häufig bleibt es jedoch bei einer bloßen Nennung der Rollenbezeichnungen, ohne weiterführende Angaben zur Art der Interaktion, dem Zeitpunkt der Zusammenarbeit oder den jeweiligen Abhängigkeiten. Dabei sind genau diese Aspekte – die Kenntnis über Rollenbeziehungen und Kommunikationspfade – von zentraler Bedeutung für ein effizientes Zusammenspiel in interdisziplinären Teams.

Z8) Generisches Modell zur Rollen-Kollaboration

Die bisher untersuchten Rollenmodelle zeigen deutliche Defizite hinsichtlich der expliziten Modellierung von Rollenkollaborationen. Es existiert kein Ansatz, der die Kommunikations- und Interaktionsbeziehungen zwischen Rollen systematisch erfasst, klassifiziert und in den Gesamtkontext des Entwicklungsprozesses einbettet. Die Beziehungen

zwischen Rollen bleiben häufig implizit oder werden intuitiv angenommen. Ein generisches Rollenmodell könnte hier die Transparenz erhöhen und konkrete Maßnahmen zur Verbesserung der Zusammenarbeit ableiten. Die Ansätze aus Kap. 3.2 bieten hier erste Anknüpfungspunkte und Modellierungsschritte.

Z9) Ableitung von Verantwortlichkeiten zur Schärfung von Zuständigkeiten

Die konsequente Ableitung und Abgrenzung von Zuständigkeiten stellen einen zentralen Aspekt zur Vermeidung von Unklarheiten in Projekten dar. Einige Ansätze, etwa GRÄßLER und OLEFF, nutzen etablierte Werkzeuge wie die RACI-Matrix zur Zuordnung von Verantwortlichkeiten. Allerdings erfolgt diese Einbindung häufig ohne tiefergehende Verknüpfung mit konkreten Rollenprofilen oder Prozessphasen. Eine systematische Vorgehensweise zur Schärfung von Zuständigkeiten entlang des gesamten Produktentstehungsprozesses fehlt.

Z10) Ermöglichung von Tailoring zur Skalierung und Anpassung

Die Problemanalyse hat deutlich aufgezeigt, dass die Fähigkeit zur unternehmensspezifischen Tailoring ein zentrales Erfolgskriterium für die praktische Umsetzung von Rollenmodellen ist. Aktuell verfügbare Ansätze beschränken sich jedoch auf generische Modelle, die kaum Anleitung für eine bedarfsgerechte Anpassung bieten. Unternehmen werden weitgehend allein gelassen bei der Frage, wie sie aus einer Vielzahl von Rollen diejenigen identifizieren und kombinieren, die für ihre spezifischen Anforderungen relevant sind.

Fazit: Die Analyse des aktuellen Stands der Technik zeigt deutliche Lücken zwischen den Zielen der Systematik und den existierenden Ansätzen. Trotz zahlreicher Normen, Modelle und Frameworks fehlt es an einer durchgängigen Systematik, mit der Unternehmen Rollenmodelle mit ihren Rollenprofilen systematisch aus Entwicklungsprozessen ableiten, strukturiert beschreiben und in die Organisation integrieren können. Statt nachvollziehbarer Vorgehensweisen liefern viele Ansätze lediglich Endergebnisse, wie z. B. Rollenprofilsteckbriefe und abstrakte Prozessbeschreibungen, ohne die zugrunde liegende Methodik offenzulegen oder Möglichkeiten zur unternehmensspezifischen Anpassung aufzuzeigen. Die Folge: Rollenmodelle bleiben oft theoretisch und sind in der Praxis kaum umsetzbar. Zudem mangelt es an Einheitlichkeit. Begriffe und Strukturen sind uneinheitlich, Rollen werden unterschiedlich benannt oder beschrieben. Auch die Einbindung in reale Entwicklungsprozesse sowie die Skalierbarkeit auf individuelle Rahmenbedingungen wird bislang nur unzureichend adressiert. Besonders kritisch ist der fehlende Fokus auf Kollaboration: Rollenbeziehungen, Schnittstellen und Kommunikationspfade werden kaum berücksichtigt. Dabei sind genau diese Aspekte entscheidend für die Effizienz in komplexen Systementwicklungsprojekten.

Dieser Handlungsbedarf bildet die Grundlage für die nachfolgenden Kapiteln dieser Arbeit, in denen eine Systematik zur Entwicklung von unternehmensspezifischen Rollenmodellen für das Advanced Systems Engineering erarbeitet wird.

4 Systematik zur Entwicklung von unternehmensspezifischen Rollenmodellen für das Advanced Systems Engineering

Dieses Kapitel bildet den Kern der vorliegenden Arbeit. Es stellt die Systematik zur Entwicklung von unternehmensspezifischen Rollenmodellen für das Advanced Systems Engineering vor. Basierend auf den in der Problemanalyse identifizierten Herausforderungen und Zielen (vgl. Kapitel 2.1 bis 2.5) sowie dem zuvor dargestellten Handlungsbedarf (vgl. Kapitel 3.4) wurde die Systematik erarbeitet. Ein Überblick über die einzelnen Bestandteile der Systematik wird in Kapitel 4.1 vorgestellt. Darauf aufbauend erfolgt die Detailvorstellung des Rollen-Metamodells (vgl. Kap. 4.2), des Ordnungsrahmens (vgl. Kap. 4.3) und des Gestaltungswissens für die unternehmensspezifische Rollenprofilentwicklung (vgl. Kap. 4.4). Dieses Wissen wird in Kapitel 4.5 in einem Rollenmodell konvergiert. Für die Anwendung der Systematik wird in Kapitel 4.6 ein Vorgehensmodell vorgestellt.

Dieses Kapitel dient der Beschreibung der erarbeiteten Systematik aus methodischer Sicht. Die durchgängige Demonstration und Evaluierung sind anschließend Gegenstand von Kapitel 5.

4.1 Die Systematik im Überblick

Die Systematik zur Entwicklung von unternehmensspezifischen Rollenmodellen für das Advanced Systems Engineering besteht aus fünf Lösungsbausteinen. Diese Lösungsbausteine adressieren den erarbeiteten Handlungsbedarf und sind in Bild 4-1 dargestellt:

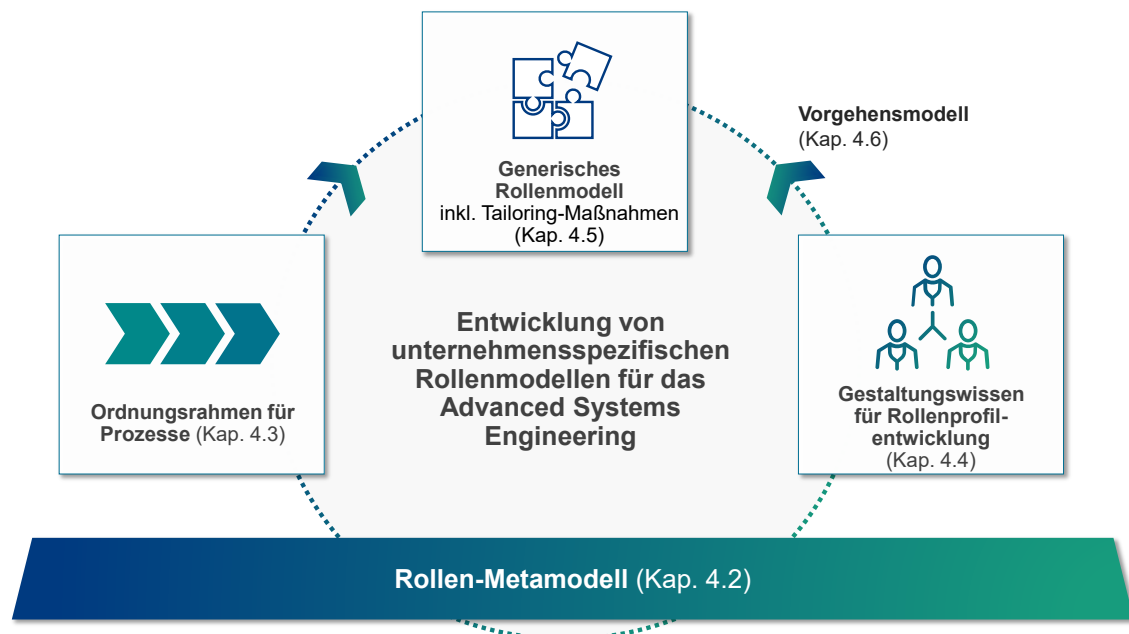


Bild 4-1 Systematik im Überblick

- **Rollen-Metamodell:** Das Rollen-Metamodell stellt die Beziehungen zwischen Akteur, Rolle und organisatorische Aufgabe dar. Es dient dazu, Abhängigkeiten sichtbar zu machen, ein gemeinsames Verständnis zu schaffen und zentrale Begriffe zu definieren. Durch die Strukturierung dieser Elemente bildet das Metamodell den Grundrahmen zur Einführung von Rollenprofilen und Rollenmodellen innerhalb von Organisationen (vgl. Kap. 4.2).
- **Ordnungsrahmen für Prozesse des Advanced Systems Engineering:** Der Ordnungsrahmen für die Prozesse des Advanced Systems Engineering bietet einen strukturierten Rahmen, um die Produktentstehung der Advanced Systems in die Gesamtprozesse einer Organisation einzubetten. Dabei werden die einzelnen Prozessphasen systematisch nach Input, Aktivität und Output klassifiziert, um klare Schnittstellen und Abhängigkeiten zu definieren. Dieser Rahmen wird ergänzt durch ein Ressourcenmodell, das unter anderem das Rollenmodell integriert (vgl. Kap. 4.3).
- **Gestaltungswissen für die unternehmensspezifische Rollenprofilentwicklung:** Das Gestaltungswissen umfasst ein Kartenset standardisierter Rollenprofilbeschreibungen aus den Produktlebenszyklusbereichen Akquise, Analyse, Synthese, Testing sowie unterstützende Projektaufgaben. Jedes Rollenprofil wird in Steckbriefform dokumentiert und enthält strukturierte Informationen zu bspw. Aufgaben und Kompetenzen. Diese standardisierte Dokumentation ermöglicht eine systematische Gestaltung und Zuordnung von Rollen innerhalb des ASE-Prozesses (vgl. Kap. 4.4).
- **Generisches Rollenmodell für das Advanced Systems Engineering:** Das Rollenmodell vereint den Ordnungsrahmen und das Gestaltungswissen. Dabei werden die Aufgaben und Prozesse des Ordnungsrahmens systematisch mit den passenden Rollenprofilen aus dem Gestaltungswissen verknüpft. Das Rollenmodell stellt die Kommunikationspfade zwischen den Rollenprofilen übersichtlich dar. Es unterstützt eine klare Rollenverteilung, transparente Verantwortlichkeiten und effiziente Zusammenarbeit im gesamten Advanced Systems Engineering. Für die unternehmensspezifische Anwendungen werden Tailoring-Maßnahmen zur Verfügung gestellt (vgl. Kap. 4.5).
- **Vorgehensmodell:** Ein übergreifendes Vorgehensmodell unterstützt den Einsatz und die Nutzung der Lösungsbausteine, ausgehend vom Rollen-Metamodell über das Gestaltungswissen bis hin zur Entwicklung eines unternehmensspezifischen Rollenmodells. Das Vorgehensmodell versetzt die Unternehmen somit in die Lage, gezielt ein für ihre Umfeldbedingungen passendes Rollenmodell zu entwickeln (vgl. Kap. 4.6).

4.2 Rollen-Metamodell für ASE

Das Rollen-Metamodell ordnet die Beziehungen zwischen Akteur, Rolle und organisatorischer Aufgabe in einem strukturierten Rahmen. Ziel ist ein einheitliches Verständnis dieser Elemente im Kontext des Advanced Systems Engineering, um Rollenprofile klar zu definieren. Damit werden Missverständnisse vermieden und eine konsistente Verwendung zentraler Begriffe gewährleistet. Kapitel 4.3.1 erläutert das methodische Vorgehen der Konzipierung des Rollen-Metamodells. Das Rollen-Metamodell selbst wird anschließend in Kapitel 4.3.2 vorgestellt.

4.2.1 Methodisches Vorgehen

Im Rahmen einer systematischen Literaturanalyse wurde zunächst ein Überblick über bestehende Rollenmodelle im Engineering und insbesondere im Systems Engineering erarbeitet, um ein grundlegendes Verständnis relevanter Begriffe, Konzepte und Zusammenhänge zu gewinnen. Hierfür wurde die Datenbank Scopus genutzt, um einschlägige Veröffentlichungen mit Bezug zu Rollenmodellen im Engineering zu identifizieren. Die initiale Suche nach „*Engineering*“ und „*Role*“ für Titel, Abstract oder Schlagwörter ergab mehr als 177.000 Publikationen im Zeitraum von 1924 bis 2024. Durch sukzessive Eingrenzungen, insbesondere auf die Suchbegriffe „*Systems Engineering*“ und „*Role Model*“, konnte die Treffermenge auf 25 relevante Veröffentlichungen seit 1998 reduziert werden. Ergänzend wurden weitere Publikationen mit allgemeinem Bezug zu Rollenmodellen und deren Strukturierungsmöglichkeiten aus anderen Disziplinen berücksichtigt, sodass insgesamt ca. 45 Publikationen in die Analyse einbezogen wurden, um ein Rollen-Metamodell zu entwickeln. Fokus lag auf sogenannten *Entity-Relationship-Modellen* (ER-Modelle, ERM). Sie dienen der strukturierten Darstellung von Entitäten, ihren Attributen und den Beziehungen untereinander und bilden eine zentrale Grundlage zur Modellierung von Daten- und Informationsstrukturen und damit die ideale Ausgangsbasis zur Modellierung eines Rollen-Metamodells [WE14, S. 33ff.].

Die Auswertung der Literatur folgte den Schritten nach XIAO und WATSON [XW17]. Relevante Konzepte, Attribute und Relationen wurden systematisch extrahiert und in einen Bezugsrahmen überführt. Als theoretische Linse für die Strukturierung der Rollenprofile diente der Ansatz von GROTE ET AL. [GPR+20]. Die Analyse zielte nicht auf die detaillierte Beschreibung einzelner Rollenprofile, sondern auf die Ableitung grundlegender Strukturen und Zusammenhänge, die für die Konzeption eines Metamodells erforderlich sind. Für eine erste Evaluation kamen die AMIQ-Kriterien [SLW02] zum Einsatz, die eine systematische Bewertung der Verständlichkeit, Anwendbarkeit und Qualität des Modells ermöglichen.

4.2.2 Rollen-Metamodell

Das Rollen-Metamodell beschreibt die Beziehungen zwischen Akteur, Rolle und organisatorische Aufgabe und stellt diese in einem strukturierten Rahmen dar (vgl. Bild 4-2). Es verfolgt das Ziel, ein konsistentes und durchgängiges Verständnis von Rollen, Akteuren und Organisationsaufgaben im Kontext des Advanced Systems Engineering zu schaffen. Durch die Strukturierung dieser Beziehungen wird eine Grundlage geschaffen, auf der Rollenprofile entwickelt, eingeführt und effektiv genutzt werden können. Die Entwicklung der Rollenprofile und die Abhängigkeit zu dem Akteur und der organisatorischen Aufgaben kann hierdurch klar, einheitlich und nachvollziehbar gestaltet werden. Dies vermeidet u.a. Missverständnisse und gewährleistet eine konsistente Verwendung der Begriffe Akteur, Rolle und Organisation, welche im Folgenden nun genauer definiert werden:

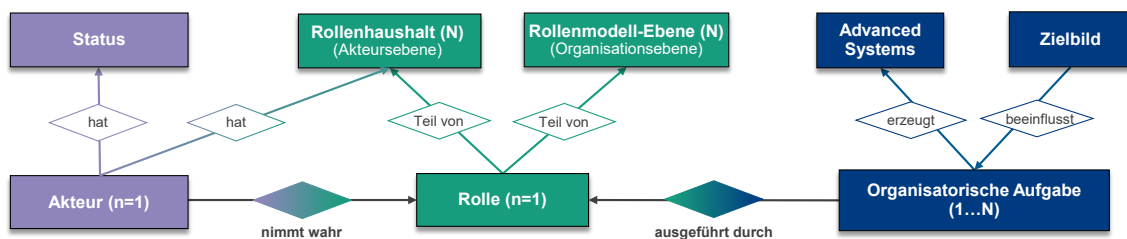


Bild 4-2 Rollen-Metamodell in Anlehnung an GROTE ET AL. [GKW24] und OPITZ [Opi09]

Ein **Akteur** bezeichnet im Rollen-Metamodell Individuen oder Gruppen, die bestimmte Aufgaben und Tätigkeiten im Kontext des Advanced Systems Engineering ausführen. Sie bringen spezifische Eigenschaften mit, die ihre Fähigkeit zur Übernahme und Erfüllung von Rollen beeinflussen. Dazu gehören insbesondere:

- **Motivation:** Die individuellen Antriebe, Zielsetzungen und Interessen eines Akteurs beeinflussen maßgeblich, mit welcher Intensität und welchem Engagement er seine Aufgaben wahrnimmt.
- **Qualifikation:** Hier sind die fachlichen und methodischen Kenntnisse zu finden, die zur Erfüllung bestimmter Rollen notwendig sind. Qualifikationen resultieren aus Ausbildung, Schulung oder gezieltem Wissenserwerb.
- **Erfahrung:** Praxiswissen kann durch wiederholte Tätigkeiten und Lernprozesse erworben werden. Erfahrung ermöglicht es Akteuren, komplexe Situationen besser zu bewerten und geeignete Maßnahmen zu ergreifen.
- **Kompetenzen:** Kompetenz beschreibt die Kombination aus Wissen, Fähigkeiten und Fertigkeiten, die zur erfolgreichen Erfüllung einer Rolle erforderlich sind. Dazu gehören sowohl fachliche als auch soziale, methodische und persönliche Kompetenzen.

Organisatorische Hilfsmittel zur Beschreibung von Akteuren sind z. B. Charakterprofile, Mitarbeiterbewertungen oder Stellenbeschreibungen, welche bspw. in einer Kompetenz-

Datenbank gefunden werden können. Neben den spezifischen Eigenschaften hat der Akteur einen *Status* in der Organisation. Dieser wird u.a. innerhalb des Organigramms der Organisation abgebildet und gibt Auskunft über Autoritätsbeziehungen und Entscheidungseinflüsse des jeweiligen Akteurs.

Ein Akteur kann mehrere Rollen übernehmen; eine Rolle kann von mehreren Akteuren ausgeführt werden. Für jede ihm zugeteilte Rolle erhält der Akteur eine Einweisung. Die Zuordnung von Akteuren zu Rollen basiert dabei auf ihren Fähigkeiten, Erfahrungen und der Organisationsstruktur.

Die **organisatorische Aufgabe** bildet den zweiten, zentralen Bestandteil des Rollen-Metamodells und umfasst die systematische Beschreibung, Planung sowie Strukturierung von Prozessen bzw. auch von Projekten in Form von Aufgaben. Die Beschreibung erfolgt nach Input, Aktivität und Output. Die Strukturierung wiederum kann in Form einer Prozesslandkarte erfolgen. Diese visualisiert z. B. die Prozesslandschaft mit Verantwortlichkeiten und Prozessschritten. Die Prozesslandschaft kann zudem funktional nach bspw. fachlichen Zuständigkeiten strukturiert werden. Ziel ist die Maximierung des Nutzens entlang der Wertschöpfungsketten jeder organisatorischen Aufgabe. Die organisatorischen Aufgaben sind in der Regel stark mit den Advanced Systems und dem Zielbild der Organisation verknüpft.

Die *Advanced Systems* sind die Systeme, möglicherweise auch die konkreten Marktleistungen, die von der Organisation erbracht werden, und damit die Ausgangsbasis für die Ableitung der organisatorischen Aufgaben. Hierfür werden die Advanced Systems über Prozesse und Unterprozesse hin zu konkreten Aufgaben heruntergebrochen und strukturiert. Organisatorische Hilfsmittel für die Beschreibung der Advanced Systems sind bspw. Wissen und Daten zu z.B. Systemarchitektur und -design sowie Kennzahlen und Berichte, die u.a. weitere Informationen bzgl. Performanz und Ergebnisse, auch im Hinblick auf die konkreten organisatorischen Aufgaben, liefern können.

Das *Zielbild* der Organisation gibt die strategische Ausrichtung vor und beeinflusst damit zusätzlich die Definition und Ausgestaltung der organisatorischen Aufgaben. Es basiert auf der Analyse von Kontextfaktoren und möglicher Entwicklungen, die z.B. mit Hilfe einer SWOT-Analyse oder Szenariotechnik ermittelt werden können. Auf diese Weise wird gewährleistet, dass die Aufgaben nicht nur kurzfristige Anforderungen erfüllen, sondern auch langfristige Ziele unterstützen.

Verbunden werden die beiden, zentralen Elemente (Akteur, organisatorische Aufgabe) des Rollen-Metamodells durch die **Rolle**. Eine zentrale Herausforderung besteht darin, die passenden Rollenprofile den organisatorischen Aufgaben zuzuordnen und diese wiederum von mindestens einem Akteur zu besetzen. Die Rolle definiert klar abgegrenzte Verantwortlichkeiten, Kompetenzen, Rechte und Pflichten, die einem oder mehreren Akteuren zugewiesen werden. Durch diese Strukturierung wird sichergestellt, dass die Aufgaben effektiv und effizient erfüllt werden können. Rollen werden im Rollen-Metamodell

durch Rollenprofile beschrieben, die standardisiert und nachvollziehbar dokumentiert sind.

In Zusammenhang steht die Rolle mit dem Rollenhaushalt und der Rollen-Metamodellebene. Der *Rollenhaushalt* beschreibt die Gesamtheit aller Rollen, die ein Akteur wahrnehmen kann. Dieser Begriff wird auf der Akteursebene, also auf der Ebene der ausführenden Personen, betrachtet. Innerhalb eines Rollenhaushalts kann ein Akteur mehrere Rollen gleichzeitig oder zu unterschiedlichen Zeitpunkten erfüllen. Dies ermöglicht eine flexible Anpassung an verschiedene Anforderungen und Aufgabenstellungen. Ein Rollenhaushalt dient auch zur Identifikation möglicher Konflikte, wenn bspw. Rollen mit widersprüchlichen Anforderungen gleichzeitig wahrgenommen werden sollen.

Die *Rollenmodell-Ebene* beschreibt die Gesamtheit aller Rollen innerhalb einer Organisation auf der Organisationsebene. Sie dient zur Strukturierung und Dokumentation aller relevanten Rollen sowie ihrer Beziehungen zueinander. Die Rollenmodell-Ebene wird durch ein Rollenorganigramm visualisiert, welches die Hierarchie, Kommunikationspfade und Koordinationsmechanismen zwischen den Rollen darstellt. Durch die Kombination aus Rollenhaushalt (Akteursebene) und Rollenmodell-Ebene (Organisationsebene) wird ein umfassendes Verständnis darüber geschaffen, wie Rollen innerhalb der Organisation gestaltet, beschrieben und umgesetzt werden.

Fazit: Das Rollen-Metamodell schafft durch klare Strukturen Transparenz über Akteure, Rollen und organisatorische Aufgaben. Es stellt sicher, dass Verantwortlichkeiten, Kompetenzen und Zuständigkeiten eindeutig definiert und nachvollziehbar dokumentiert sind. Damit erhöht es die Effizienz und Wirksamkeit der Zusammenarbeit, minimiert Missverständnisse und ermöglicht eine flexible Anpassung an sich ändernde Anforderungen. Durch die Verbindung von individueller (Rollenhaushalt) und organisationaler Ebene (Rollenmodell-Ebene) bietet es ein ganzheitliches Rahmenwerk, das sowohl für die operative Umsetzung als auch für die strategische Weiterentwicklung nutzbar ist. Dank seiner Skalierbarkeit lässt sich das Modell auf unterschiedliche Organisationsformen übertragen und unterstützt so eine konsistente, langfristig tragfähige Gestaltung von Advanced Systems Engineering.

4.3 Ordnungsrahmen für ASE-Prozesse

Ziel des Ordnungsrahmens für Prozesse ist ein ganzheitlicher Überblick über die Prozesslandschaft des Advanced Systems Engineering zu erhalten, welcher sowohl technische als auch organisatorische Aspekte berücksichtigt. Er bietet dabei eine klare Strukturierung von Prozessphasen, die in Input, Aktivität und Output gegliedert werden. Kapitel 4.3.1 erläutert das methodische Vorgehen der Entwicklung des Ordnungsrahmens. Der Ordnungsrahmen selbst wird anschließend in Kapitel 4.3.2 vorgestellt.

4.3.1 Methodisches Vorgehen

Das methodische Vorgehen zur Entwicklung des Ordnungsrahmens für das Advanced Systems Engineering basiert auf einer systematischen Literaturanalyse (SLR) und der anschließenden Bewertung identifizierter Ansätze anhand von Kriterien.

Die umfassende Literaturrecherche wurde im Oktober 2024 auf der Plattform ScienceDirect durchgeführt. Ziel war es, bestehende Aufgaben in den Prozessen des Advanced Systems Engineering zu identifizieren und zu analysieren. Dazu wurde folgender Suchstring verwendet: „Advanced Systems Engineering“ AND „process“ OR „Systems Engineering“ AND „process“ OR „Advanced Engineering“ AND „process“.

Die Recherche ergab eine große Anzahl von Dokumenten, die schrittweise gefiltert wurden (s. Bild 4-3):

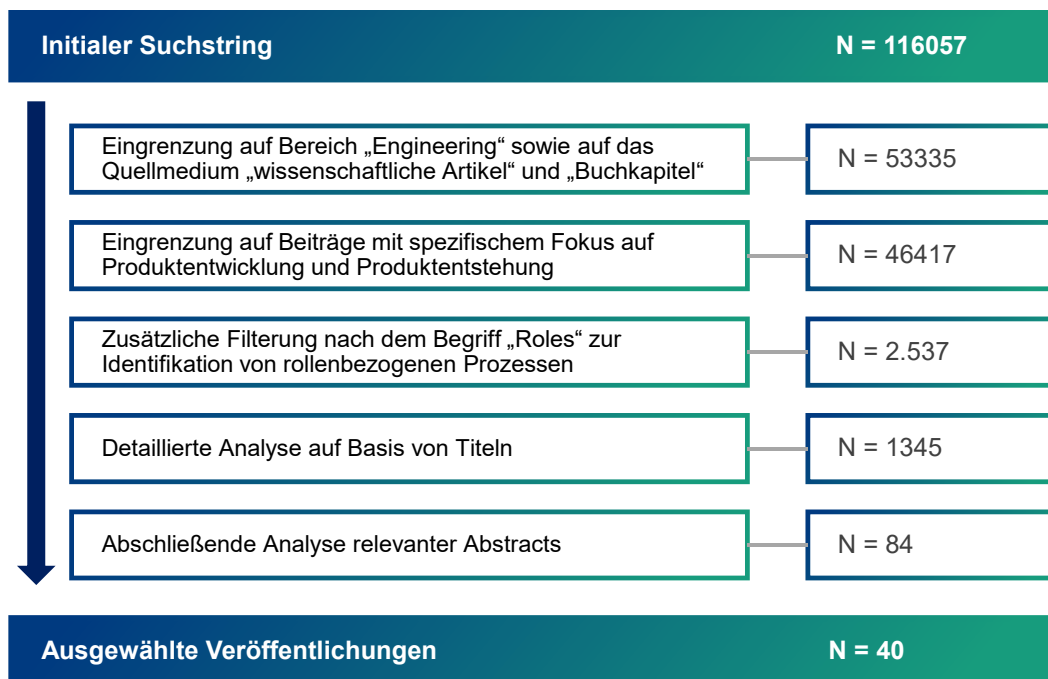


Bild 4-3 Ableitung relevanter Veröffentlichungen

Als Ergebnis wurden **40 Veröffentlichungen** zu Prozessen im (Advanced Systems) Engineering für die Ausarbeitung herangezogen. Die in den Veröffentlichungen enthaltenen Prozesse, wurden analysiert und mit Hilfe von Kriterien bewertet, um eine fundierte Ableitung des Ordnungsrahmens zu ermöglichen. Die Kriterien sind:

- *Disziplin:* Die identifizierten Entwicklungsansätze wurden systematisch ihrer jeweiligen Herkunftsdisziplin zugeordnet – beispielsweise Maschinenbau, Elektrotechnik, Softwareentwicklung oder interdisziplinären Bereichen. Dadurch wurde sichergestellt, dass der Orientierungsrahmen Ansätze aus einer möglichst breiten fachlichen Basis berücksichtigt und somit die Interdisziplinarität des Advanced Systems Engineering widerspiegelt.

- *Advanced Systems Engineering-Tauglichkeit:* Es wurde bewertet, inwieweit die identifizierten Prozesse für das Advanced Systems Engineering geeignet sind. Hierbei wurde insbesondere auf Prozesse geachtet, die explizit für Systems Engineering, Advanced Systems oder Advanced Engineering konzipiert sind.
- *Prozessform:* Die untersuchten Prozesse wurden hinsichtlich ihrer zugrunde liegenden Prozessmodelle klassifiziert. Dabei wurden unterschiedliche Modellformen wie Wasserfall-Modell, Spiral-Modell, V-Modell sowie weitere Modellansätze identifiziert und analysiert.
- *Prozessorientierung:* Bei der Analyse wurde geprüft, welchem grundsätzlichen Prozessverständnis die identifizierten Ansätze folgen. Dabei wurde unterschieden, ob ein Ansatz primär auf Entscheidungspunkten oder auf der Abfolge konkreter Aktivitäten basiert. Zudem wurde bewertet, ob der jeweilige Prozess eher eine lösungsorientierte oder eine problemorientierte Vorgehensweise verfolgt.
- *Prozessphasen:* Die Prozesse wurden entlang der Phasen Kundenbedürfnis, Produktidee, Anforderungen, Entwurf, Implementierung, Verwendung sowie End-of-Life kategorisiert. Es wurde dabei jeweils erfasst, welche dieser Phasen im betrachteten Prozess enthalten sind, wie detailliert sie beschrieben werden und ob Übergänge zwischen den Phasen methodisch unterstützt werden.
- *Prozesstiefe:* Die untersuchten Prozesse wurden hinsichtlich ihres Detaillierungsgrades analysiert. Hierbei wurde ein Mehr-Ebenen-Ansatz verfolgt, bei dem die Prozesse von oberflächlichen Beschreibungen (Ebene 0) bis hin zu detaillierten Anweisungen (Ebene 4) klassifiziert wurden.
- *Rollenbezogenheit:* Zur Bewertung der Rollenbezogenheit wurde analysiert, inwiefern die betrachteten Entwicklungsprozesse explizit Rollen berücksichtigen. Dabei wurde untersucht, ob Rollen benannt, mit Aufgabenbündeln verknüpft und mit Kompetenz- oder Verantwortlichkeitsprofilen beschrieben wurden. Zusätzlich wurde geprüft, ob Prozesse eine strukturierte Kommunikation zwischen Rollen fördern.

Die Analyse der ermittelten Prozesse und ihre Einordnung mithilfe der Klassifizierungskriterien bildet die Grundlage für die Entwicklung des Ordnungsrahmens für das Advanced Systems Engineering. Die analysierten Prozesse wiesen unterschiedliche Stärken und Schwächen auf, abhängig von ihrem jeweiligen Fokus und Anwendungsbereich: Das Konzept des Stage-Gate-Prozesses nach COOPER [Coo90] ist bspw. weit verbreitet in der Industrie und zeichnet sich durch eine klare Strukturierung von Prozessphasen und Entscheidungspunkten aus. Allerdings fehlt ihm eine explizite Rollenorientierung und eine detaillierte Betrachtung interdisziplinärer Prozesse. Wünschenswert wäre hier eine klarere Differenzierung in spezifische Arbeitsaufgaben. Ähnliche Bewertungsergebnisse liegen bei der VDI2221 [VDI19] vor. Die Ontologie nach WANG ET AL. [WWL+19] führt den Rollenbegriff mit, aber bildet keine Grundbasis zur Entwicklung eines Rollenmodells, welches in der Industrie Anwendung finden könnte.

Da keiner der betrachteten Prozesse alle Ziele aus der Problemanalyse erfüllte, wurde eine Kombination der geeignetsten Prozesse als Lösung gewählt. Der Fokus lag dabei insbesondere auf:

- Interdisziplinären Prozessen, die eine hohe Prozesstiefe aufweisen,
- Einer starken Rollenbezogenheit, um Verantwortlichkeiten klar definieren zu können, sowie
- Prozessen mit einer breiten Akzeptanz in der Industrie, um die praktische Anwendbarkeit zu gewährleisten.

Im Rahmen der Analyse erwiesen sich insbesondere zwei Ansätze als besonders relevant:

- **ISO 15288:2023 [ISO23]:** Dieser etablierte, internationale Standard definiert umfassend die System- und Software-Engineering-Prozesse über den gesamten Lebenszyklus eines Systems hinweg. Besonders hervorzuheben ist die detaillierte Beschreibung von Prozessen inkl. Input, Aktivitäten, Output und deren strukturierte Einteilung in spezifische Prozesskategorien. Die ISO 15288:2023 wird in vielen Branchen weltweit akzeptiert und bietet eine solide Grundlage für standardisierte Vorgehensweisen im Advanced Systems Engineering.
- **iPeM (integriertes Produktentstehungsmodell) [ARB+16]:** Das iPeM zeichnet sich durch das bereits integrierte Ressourcen- und Phasenmodell als ein wertvoller Ansatzpunkt aus, in welchem ein Rollenmodells konsistent integriert werden kann. Das iPeM ist besonders für die interdisziplinäre Produktentwicklung konzipiert. Es liegt in Form eines Layer-Systems von Produkt über Validierungs- und Produktionssystem hin zur Strategie vor. Es berücksichtigt nicht nur technische Aspekte, sondern auch organisatorische und soziale Dimensionen und enthält Aktivitäten der Problemlösung und eine umfangliche Methodensammlung.

Durch die Kombination beider Ansätze kann folglich ein umfassender Rahmen geschaffen werden, der sowohl standardisierte Prozessstrukturen (ISO 15288:2023) [ISO23] als auch eine flexible, rollenorientierte Methodik (iPeM) [ARB+16] berücksichtigt. Diese Kombination ermöglicht es, die Anforderungen des Advanced Systems Engineering zu erfüllen, indem technische, organisatorische und rollenbezogene Aspekte integriert werden. Basierend auf dieser Grundstruktur wurden im nächsten Schritt die durch die SLR identifizierten und bewerteten Prozesse erneut analysiert. Der Fokus dieser Überprüfung liegt auf der Identifikation detaillierter Aufgabenbeschreibungen, die in der Grundbasis ergänzt wurden. Sämtliche Aufgabenbeschreibungen wurden anschließend kodiert und zusammengefasst, um ein ganzheitliches und vollumfassendes Bild zu erhalten. Diese Basis stellt sicher, dass der Ordnungsrahmen sowohl methodisch fundiert als auch praktisch anwendbar ist und den aktuellen Anforderungen der Industrie entspricht.

4.3.2 Ordnungsrahmen

Der Ordnungsrahmen für das Advanced Systems Engineering basiert auf einem mehrstufigen Modell, welches verschiedene Prozessbereiche der ISO15288:2023 und des iPeM integriert. Die Struktur ist so gestaltet, dass sie technische Prozesse, Managementprozesse und unterstützende organisatorische Prozesse miteinander verknüpft (vgl. Bild 4-4).

Im Zentrum des Ordnungsrahmens steht der **Technische Prozess**, welche den Lebenszyklus eines Systems von der Konzeption bis zur Nutzung und Entsorgung umfasst. Dieser Prozess ist in vier Hauptphasen unterteilt, welche der ISO15288:2023 entsprechen [ISO23]:

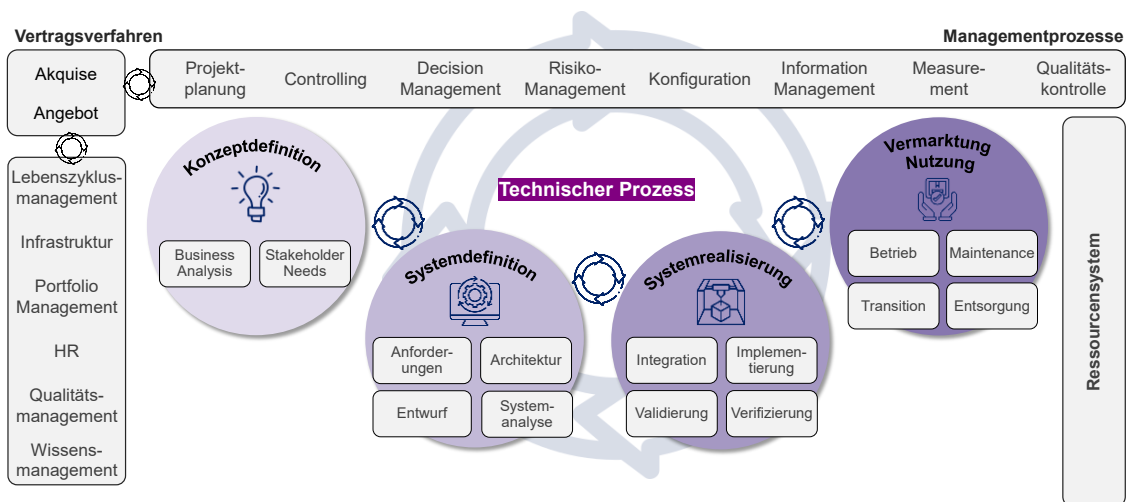


Bild 4-4 Ordnungsrahmen für das Advanced Systems Engineering

- Die Phase *Konzeptdefinition* hat das Ziel, Anforderungen zu identifizieren und zu strukturieren, um eine fundierte Basis für die Systementwicklung zu schaffen. Dieser Prozess umfasst insbesondere die Business Analysis sowie das Ermitteln und Priorisieren der Stakeholder Needs. Es werden Anforderungen gesammelt, Marktbedürfnisse analysiert und strategische Konzepte sowie Entscheidungsvorlagen entwickelt. Die wesentlichen Ergebnisse umfassen dabei kundenseitige Anforderungskataloge, Machbarkeitsanalysen, Business Cases und Roadmaps.
- Die Phase *Systemdefinition* zielt darauf ab, das zu entwickelnde System detailliert zu beschreiben und zu spezifizieren. Dazu gehören zentrale Prozesse wie Systemanforderungen, Systemarchitektur, Entwurf und Systemanalyse. In dieser Phase werden systemische Anforderungen abgeleitet und strukturiert, Systemarchitekturen entworfen, Funktionen modelliert und Alternativen bewertet. Die Hauptresultate dieser Phase sind Systemarchitekturmodelle, Designspezifikationen und Analysedokumente.
- In der Phase der *Systemrealisierung* wird das spezifizierte System in eine funktionierende Marktleistung umgesetzt. Hierzu zählen Prozesse wie Integration, Im-

plementierung, Validierung und Verifizierung. Die Aufgaben in dieser Phase beinhalten die Integration von Systemkomponenten, Implementierung nach Spezifikationen, Durchführung von Validierungstests und Verifikation gegenüber den Anforderungen. Zu den Ergebnissen zählen Prototypen, validierte Systeme, Testberichte und Verifikationsdokumentationen.

- Die abschließende Phase, *Vermarktung und Nutzung*, umfasst den Betrieb, die Pflege und den kontrollierten Rückbau des Systems. Wichtige Aufgaben sind der Betrieb des Systems, Wartung und Fehlerbehebung, Aktualisierung sowie die kontrollierte Stilllegung oder Entsorgung. Typische Ergebnisse sind Wartungspläne, Betriebsdokumentationen, Übergabedokumentationen und Entsorgungskonzepte.

Übergeordnet zu den technischen Prozessen befindet sich die Managementebene, die wesentliche unterstützende Funktionen für den gesamten Ordnungsrahmen bereitstellt. Die **Managementprozesse** gewährleisten eine zielgerichtete Planung, Steuerung und Kontrolle der technischen Prozesse sowie deren Integration in organisatorische Strukturen. Sie umfassen die folgenden Kernbereiche:

- Die *Projektplanung* bildet die Basis für die Definition von Zielen, Zeitplänen und Ressourcen. Durch eine strukturierte Planung wird sichergestellt, dass alle technischen Prozesse klar auf die übergeordneten Projektziele ausgerichtet sind.
- Im Rahmen des *Controllings* werden die Fortschritte der einzelnen Prozesse überwacht und auf ihre Zielerreichung hin geprüft. Abweichungen werden identifiziert, dokumentiert und durch geeignete Maßnahmen korrigiert.
- Das *Decision Management* unterstützt die Entscheidungsfindung innerhalb der verschiedenen Prozessphasen. Durch systematische Analysen werden fundierte Entscheidungen ermöglicht, die auf klar definierten Kriterien basieren. Dies ist insbesondere bei komplexen und interdisziplinären Projekten von großer Bedeutung.
- Ein weiterer essenzieller Bereich ist das *Risiko-Management*, welches potenzielle Risiken frühzeitig identifiziert, bewertet und geeignete Maßnahmen zur Risikominimierung entwickelt. Dies umfasst sowohl technische als auch organisatorische Risiken und ermöglicht eine vorausschauende Planung.
- Die *Konfiguration* beschreibt die Strukturierung und Verwaltung von Daten, Artefakten und Dokumentationen. Durch ein effektives Konfigurationsmanagement wird sichergestellt, dass alle relevanten Informationen stets verfügbar und aktuell sind.
- Das *Information Management* stellt den effizienten Informationsaustausch zwischen den verschiedenen Prozessphasen sicher. Hierzu gehören Kommunikationsstrategien, Datenverfügbarkeit und die Verteilung relevanter Informationen an alle beteiligten Akteure.

- Die Phasen *Measurement* und *Qualitätskontrolle* umfassen die Überwachung der Prozess- und Produktqualität. Durch kontinuierliche Messungen, Reviews und Audits wird gewährleistet, dass die definierten Anforderungen erfüllt und dokumentiert werden. Dies trägt wesentlich zur Sicherstellung der Qualität der entwickelten Systeme bei.

Neben den Managementprozesse, die für die erfolgreiche Durchführung der technischen Prozesse essenziell sind, verfügt der Ordnungsrahmen über ergänzende **projektunterstützende Prozesse**, die der Organisationssicht entspringen. Sie dienen der Sicherstellung eines effizienten und strukturierten Ablaufs im Advanced Systems Engineering. Hierdurch wird eine umfassende Integration aller relevanten Aspekte gewährleistet:

- Das *Lebenszyklusmanagement* umfasst die Verwaltung der Systemlebenszyklen von der Entwicklung bis zur Entsorgung. Dazu gehören Planung, Durchführung, Überwachung und Dokumentation aller Phasen des Lebenszyklus. Ein strukturiertes Lebenszyklusmanagement stellt sicher, dass Systeme effizient entwickelt, betrieben und letztlich ordnungsgemäß entsorgt werden können. Besondere Aufmerksamkeit wird dabei auf Übergangsprozesse, Modernisierung sowie kontrollierte Stilllegungen gelegt.
- Das *Infrastruktur- und Portfoliomanagement* beinhalten die Bereitstellung von Ressourcen und die Definition strategischer Ausrichtungen. Dazu gehören die Planung und Verwaltung von Projekten, die Bereitstellung technischer Ressourcen sowie die Optimierung von Infrastruktur und Prozessen. Das Portfoliomanagement sorgt dafür, dass Projekte auf ihre strategische Relevanz hin überprüft und priorisiert werden.
- Der *Human Resources-Prozess* stellt sicher, dass qualifizierte Mitarbeitende bereitgestellt werden und deren Kompetenzen gezielt gefördert werden. Dies umfasst die Bereiche Personalplanung, Rekrutierung, Weiterbildung und Kompetenzentwicklung.
- Das *Qualitätsmanagement* überwacht kontinuierlich die Einhaltung definierter Standards und stellt sicher, dass alle Prozesse und Produkte den geforderten Qualitätskriterien entsprechen. Dies wird durch regelmäßige Audits, Reviews und Feedbackschleifen erreicht.
- Das *Wissensmanagement* stellt sicher, dass relevantes Wissen innerhalb der Organisation erfasst, strukturiert und gezielt zur Verfügung gestellt wird. Dazu gehören die Dokumentation von Prozessen, Best Practices, Lessons Learned sowie der Zugang zu Wissensdatenbanken. Das Wissensmanagement ist essenziell, um Wissenstransfer und kontinuierliche Verbesserung im Advanced Systems Engineering zu gewährleisten.

Ein weiterer, zentraler Bestandteil ist das **Vertragsverfahren**, welches die *Akquise* und *Angebotserstellung* beinhalten. Hierbei werden Verträge ausgearbeitet, verhandelt und abgeschlossen, um Projekte zielgerichtet zu initiieren und rechtlich abzusichern.

Neben diesen vorrangig aus der ISO15288:2023 entspringenden Prozessen verfügt der Ordnungsrahmen über ein **Ressourcensystem**, welches aus dem iPeM [ARB+16] übernommen wurde. Es stellt sicher, dass alle erforderlichen Ressourcen gezielt eingesetzt werden, um den Entwicklungsprozess effizient und zielgerichtet zu gestalten. Dies schließt die Planung, Bereitstellung und Nutzung der Ressourcen über den gesamten Produktlebenszyklus hinweg ein. Ein bislang fehlender, aber essenzieller Baustein innerhalb dieses Ressourcensystems ist ein systematisch entwickeltes Rollenmodell für das Advanced Systems Engineering, das zukünftig eine zentrale Rolle bei der Zuordnung personeller Ressourcen einnehmen soll.

Die vorliegende Arbeit konzentriert sich dabei insbesondere auf die ersten drei Phasen: Konzeptdefinition, Systemdefinition und Systemrealisierung. Diese Phasen bilden den Kern des Entstehungsprozesses und sind entscheidend für die Definition, Umsetzung und Validierung technischer Systeme. Die vierte Phase, Markteinführung und Nutzung, wird im Rahmen dieser Arbeit nicht vertieft behandelt, da der Fokus auf der Systementwicklung und Implementierung liegt. Beispielhaft wird nachfolgend die Phase *Konzeptdefinition* detailliert beschrieben. Alle weiteren Detailbeschreibungen sind im Anhang A1 zu finden.

Konzeptdefinition

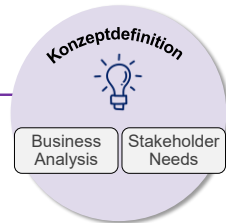
Die Phase Konzeptdefinition bildet die Grundlage für die erfolgreiche Entwicklung von Advanced Systems. Sie stellt sicher, dass sowohl die geschäftlichen Anforderungen als auch die Bedürfnisse der Stakeholder klar verstanden, dokumentiert und priorisiert werden. Aufgeteilt wird die Phase in die Unterphasen *Business Analysis* und *Stakeholder Needs*, welche gemeinsam dafür sorgen, dass alle relevanten Anforderungen identifiziert, strukturiert und bewertet werden.

Business Analysis (Detailbeschreibung, vgl. Bild 4-5)

Der strategische Input für die Unterphase Business Analysis umfasst u.a. Unternehmensstrategien und -ziele, finanzielle Rahmenbedingungen, Budgetvorgaben, Wettbewerbsanalysen sowie technologische Roadmaps und Innovationspläne. Ergänzt wird dieser Input durch Quelldokumente, Betriebskonzepte, Lebenszykluskonzepte, Cross-Industry-Insights, Kundenfeedback, Fehleranalysen, Patente, Forschungsergebnisse und Mitarbeiter-Knowhow.

Konzeptdefinition

Die Phase „**Konzeptdefinition**“ legt den Grundstein für die erfolgreiche Entwicklung von Projekten, indem sie sicherstellt, dass sowohl die geschäftlichen Anforderungen als auch die Bedürfnisse der Stakeholder klar verstanden, dokumentiert und priorisiert werden. Strategischer Input und klare Ergebnisse helfen, das Projekt in die richtige Richtung zu lenken und das Risiko von Missverständnissen oder Fehlinvestitionen zu minimieren.



Business Analysis | Aufgaben und Aktivitäten

Strategischer Input

- Unternehmensstrategie und -ziele
- Finanzielle Rahmenbedingungen und Budgetvorgaben
- Wettbewerbsanalysen und Branchenbenchmarks
- Technologische Roadmaps und Innovationspläne
- Quelldokumente, Betriebskonzept
- Lebenszykluskonzepte
- Cross-Industry-Insights
- Kundenfeedback, Fehleranalysen
- Patente und Forschungsergebnisse
- Mitarbeiter-Knowhow
- ...

Mögliche Aktivitäten

- Ermittlung von funktionalen und nicht-funktionalen Anforderungen
- Analyse der aktuellen Herausforderungen und deren Auswirkungen auf das Geschäft
- Untersuchung von Trends, Wettbewerbern und Marktbedürfnissen (Marktanalyse)
- Identifikation und Bewertung potenzieller Projektrisiken (Risikoanalyse)
- Modellierung und Optimierung bestehender Geschäftsprozesse (Prozessanalyse)
- Entwicklung eines finanziellen und strategischen Plans für das Projekt
- ...

Mögliche Ergebnisse

- Strategie zur Unternehmens- u. Aufgabenanalyse
- Marktstrategien und Branding
- Anforderungskatalog oder Lastenheft
- Business Case mit Kostenschätzung und Nutzenanalyse
- Prozessdiagramme und optimierte Workflows
- Priorisierte Liste von Lösungsoptionen
- Risiken und Migrationsstrategien
- ...

Stakeholder Needs | Aufgaben und Aktivitäten

Bild 4-5 Detailbeschreibung Konzeptdefinition | Business Analysis

Basierend auf diesem Input werden verschiedene Aktivitäten bzw. Aufgaben, durchgeführt, um die Anforderungen und Herausforderungen des Projekts zu erfassen. Dazu gehören die Ermittlung von funktionalen und nicht-funktionalen Anforderungen, die Analyse aktueller Herausforderungen und deren Auswirkungen auf das Geschäft sowie die Untersuchung von Trends, Wettbewerbern und Marktbedürfnissen durch Marktanalysen. Weitere zentrale Aufgaben sind die Identifikation und Bewertung potenzieller Projektrisiken, die Modellierung und Optimierung bestehender Geschäftsprozesse sowie die Entwicklung eines finanziellen und strategischen Plans für das Projekt.

Diese Aktivitäten führen zu konkreten Ergebnissen, die als Grundlage für die weiteren Phasen des Ordnungsrahmens des Advanced Systems Engineering dienen. Dazu gehören Strategien zur Unternehmens- und Aufgabenanalyse, Marktstrategien und Branding, Anforderungskataloge oder Lastenhefte, Business Cases mit Kostenschätzungen und Nutzenanalysen, Prozessdiagramme und optimierte Workflows, priorisierte Listen von Lösungsoptionen sowie Risiken- und Migrationsstrategien.

Stakeholder Needs (Detailbeschreibung, vgl. Bild 4-6)

Stakeholder Needs umfassen alle Anforderungen, Wünsche und Erwartungen, die von internen und externen Stakeholdern an das System gestellt werden. Diese Anforderungen können technischer, funktionaler, rechtlicher, wirtschaftlicher oder sozialer Natur sein.

Der strategische Input für die Definition der Stakeholder Needs ist breit gefächert und umfasst Feedback aus Kunden- und Nutzerbefragungen, Unternehmensziele und Kundenzufriedenheitsmetriken sowie Anforderungen aus regulatorischen oder rechtlichen

Vorgaben. Darüber hinaus werden Markttrends, technologische Erwartungen der Stakeholder, finanzielle Rahmenbedingungen und Budgetvorgaben, Fehleranalysen sowie Mitarbeiter-Knowhow berücksichtigt. Dieser Input dient als Grundlage, um ein umfassendes Verständnis für die Bedürfnisse und Erwartungen der Stakeholder zu entwickeln.

Im Rahmen der Stakeholder Needs werden zunächst alle relevanten Stakeholder identifiziert. Dies erfolgt durch die Erstellung einer Liste relevanter interner und externer Stakeholder, die für den Projekterfolg von Bedeutung sind. Anschließend werden deren Bedürfnisse durch verschiedene Methoden erfasst, darunter Interviews, Workshops, Umfragen und Dokumentenanalysen. Stakeholder-Interviews sind besonders hilfreich, um tiefere Einblicke in Erwartungen, Wünsche und Anforderungen zu erhalten. Workshops dienen dazu, Anforderungen zu konkretisieren, zu priorisieren und gemeinsam Lösungsansätze zu entwickeln. Weitere zentrale Aktivitäten umfassen die Entwicklung von Personas, um Zielgruppen besser zu verstehen, sowie die Erstellung von Stakeholder-Mapping-Diagrammen, um Einfluss- und Interessengruppen visuell darzustellen. Darüber hinaus werden Feedbackschleifen eingerichtet, um regelmäßige Rücksprache mit Stakeholdern während der Konzeptentwicklung zu halten.

Typische Ergebnisse der Erfassung von Stakeholder Needs umfassen Stakeholder-Needs-Dokumente, Personas, User Journeys, Konfliktmanagement-Strategien, Lösungsansätze sowie Pläne zur Einbindung der Stakeholder während der Projektlaufzeit. Diese Dokumente dienen als Referenzpunkt für die weitere Entwicklung und sind essenziell, um Konflikte zu vermeiden und sicherzustellen, dass die Bedürfnisse aller relevanten Stakeholder berücksichtigt werden.

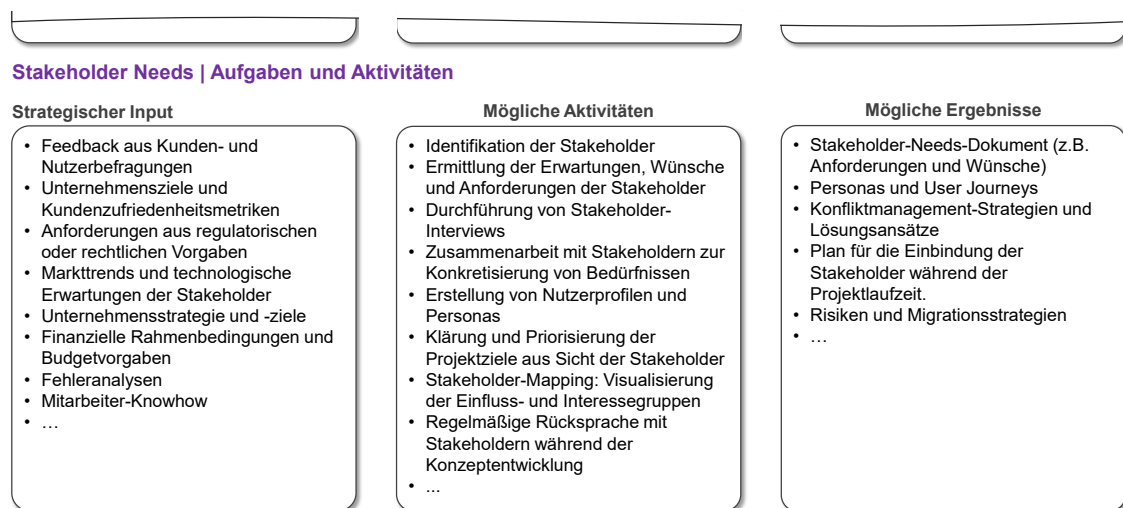


Bild 4-6 Detailbeschreibung Konzeptdefinition | Stakeholder Needs

Typische Ergebnisse der Tätigkeiten umfassen Stakeholder-Needs-Dokumente, Personas, User Journeys, Konfliktmanagement-Strategien, Lösungsansätze sowie Pläne zur Einbindung der Stakeholder während der Projektlaufzeit. Diese Dokumente dienen als

Referenzpunkt für die weitere Entwicklung und sind essenziell, um Konflikte zu vermeiden und sicherzustellen, dass die Bedürfnisse aller relevanten Stakeholder berücksichtigt werden.

Durch die detaillierte Beschreibung von Input, Aktivität und Output je Phase wird ein ganzheitlicher Ansatz geschaffen, der es ermöglicht, alle relevanten Prozesse in der Systementwicklung konsistent zu gestalten und effizient miteinander zu verknüpfen. Der Ordnungsrahmen bildet somit eine grundlegende Struktur für die Entwicklung und Umsetzung von Advanced Systems und stellt sicher, dass alle relevanten Aufgaben und Artefakte klar definiert sind.

Fazit: Der Ordnungsrahmen kann gezielt eingesetzt werden, um komplexe Entwicklungsprojekte im Advanced Systems Engineering zu strukturieren und effizient zu steuern. Auf dessen Grundlage können Rollen und Verantwortlichkeiten klar definiert, Methoden und Werkzeuge gezielt ausgewählt und angewendet sowie den Austausch zwischen verschiedenen Disziplinen gefördert werden. Prozesse werden kontinuierlich überprüft und optimiert. Durch die modulare Struktur des Ordnungsrahmens kann er flexibel an unterschiedliche Projektanforderungen angepasst werden und bietet eine solide Grundlage für die Umsetzung interdisziplinärer Entwicklungsprojekte.

4.4 Gestaltungswissen für die unternehmensspezifische Rollenprofilentwicklung für ASE

Das Gestaltungswissen für die unternehmensspezifische Rollenprofilentwicklung im Advanced Systems Engineering stellt ein Kartenset an standardisierten Rollenprofilen für das Advanced Systems Engineering zur Verfügung. Ziel ist ein ganzheitlicher Überblick über die Rollenlandschaft des Advanced Systems Engineering, welcher sowohl technische als auch organisatorische Aspekte berücksichtigt. Die Rollenprofile werden in einem Steckbriefformat beschrieben und ist in Aufgaben, Kompetenzen, Verantwortung, Erwartungen und Schnittstellen-Rollen untergegliedert.

Das methodische Vorgehen zur Definition und Entwicklung der Rollenprofilsteckbriefe wird im Kapitel 4.4.1 erläutert. Die Definition des Steckbriefformats und Bewertung der in der Literatur identifizierten Rollenprofile (vgl. Kapitel 3.2 und 3.3) erfolgen im Anschluss in Kapitel 4.4.2. Abschließend werden die Rollenprofile für das Advanced Systems Engineering vorgestellt (vgl. Kapitel 4.4.3). Das ausführliche Vorgehen ist in der Veröffentlichung GROTE ET AL zu finden [GKS+25].

4.4.1 Methodisches Vorgehen

Das methodische Vorgehen zur Ableitung des Gestaltungswissens für die unternehmensspezifische Rollenprofilentwicklung des Advanced Systems Engineering basiert auf einer systematischen Literaturanalyse (SLR) und der anschließenden Bewertung identifizierter Ansätze anhand definierter Klassifizierungskriterien.

Die umfassende Literaturrecherche wurde November 2024 auf der Plattform ScienceDirect durchgeführt. Ziel war es, bestehende Rollenprofile und -modelle des Advanced Systems Engineering zu identifizieren und zu analysieren. Dazu wurden folgende Suchstrings verwendet:

- (1) *“Advanced Systems Engineering” OR “Systems Engineering” OR “Advanced Engineering” OR “Product development” AND „Role model“*
- (2) *“Advanced Systems Engineering” OR “Systems Engineering” OR “Advanced Engineering” OR “Product development” AND „Role profile“*

Die Recherche ergab eine große Anzahl von Veröffentlichungen, die schrittweise gefiltert wurden (s. Bild 4-7):

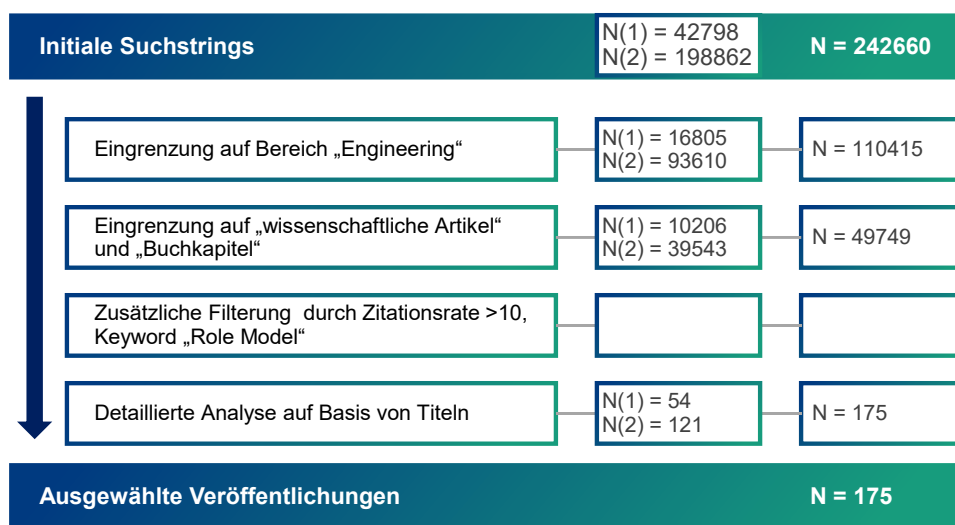


Bild 4-7 Ableitung relevanter Veröffentlichungen

Aufgrund einer sehr großen Anzahl der Veröffentlichungen in den Bereichen *„Systems Engineering“ AND „Role model“*, *„Systems Engineering“ AND „Role profile“* und *„Product development“ AND „Role profile“* werden weitere Eingrenzungsfiler wie Zitationsrate größer 10 und das Keyword Role Modeling eingesetzt. Nach einer anschließenden Titelanalyse wurden 54 Veröffentlichungen aus Suchstring (1) und 121 Veröffentlichungen aus Suchstring (2), also in Summe 175 Veröffentlichungen, für die Ableitung des Gestaltungswissens für die unternehmensspezifische Rollenprofilentwicklung genutzt.

Mit Hilfe von zuvor festgelegten Klassifizierungskriterien wurden die identifizierten Veröffentlichungen zu Rollenprofilen und -modellen tiefergehend untersucht. Die Kriterien ermöglichen eine strukturierte Analyse der ermittelten Rollen und deren Zuordnung innerhalb des Advanced Systems Engineering. Für Rollenprofile und Rollenmodelle werden jeweils separate Kriterien angewendet.

Klassifizierungskriterien - Rollenprofile

- *Beschreibung des Rollenprofils:* Hier wird analysiert, wie die einzelnen Rollenprofile beschrieben werden. Es umfasst alle relevanten Merkmale zur eindeutigen Identifikation und Abgrenzung einer Rolle im Advanced Systems Engineering.
- *Umfang, bzw. Ganzheitlichkeit des Rollenprofils:* Die Klassifikation dient dazu, unterschiedliche Typen von Rollen im Advanced Systems Engineering zu differenzieren. Dazu gehören: Analysierende Rollen, integrierende Rollen, koordinierende Rollen sowie unterstützende Rollen.

Klassifizierungskriterien - Rollenmodelle

- *Beschreibung des Rollenmodells:* Hier wird analysiert, wie viele und welche Rollen in dem jeweiligen Rollenmodell vorhanden sind und wie diese beschrieben werden, um ihre Aufgaben optimal zu erfüllen.
- *Zuordnungsmechanismen von Rollen:* Die Zuordnung bezieht sich auf die Beziehung zwischen den verschiedenen Rollen und ihren Einsatzbereichen bzw. Rahmenbedingungen. Dazu gehören folgende Unterkriterien:
 - Zuordnung Mensch-Rolle: Die Zuweisung von Rollen an Individuen basierend auf deren Fähigkeiten, Kompetenzen und Verantwortlichkeiten.
 - Zuordnung Stelle vs. Rolle: Die Unterscheidung zwischen formalen Stellenbeschreibungen und tatsächlich ausgeübten Rollen.
 - Zuordnung Unternehmensgröße vs. Rollen: Die Anpassung von Rollenprofilen an die Größe der Organisation oder des Projektes.

Ziel ist die Identifikation von Methodiken und Ansätze zur Nutzung dieser Zuordnungsmechanismen.

- *Integrationsansätze:* Letztes Klassifizierungskriterium ist die Integration. Diese beschreibt, wie Rollenmodelle im Gesamtgefüge des Advanced Systems Engineering integriert werden können. Dazu gehört die Analyse von bestehenden Ansätzen zu:
 - Rollen-Metamodelle: Konzepte, die übergeordnete Strukturen und Zusammenhänge zwischen Rollen definieren.
 - Schnittstellen: Definition von Schnittstellen zwischen Rollen, Prozessen und Systemen, die innerhalb und außerhalb des unmittelbaren Anwendungsbereichs liegen.
 - Integrationsleitfäden: Methodische Ansätze zur erfolgreichen Implementierung und Koordination von Rollenprofilen und -modellen
 - Organisationsstruktur: Die Einbettung von Rollenprofilen in die bestehende Struktur der Organisation, einschließlich Hierarchien, Teams und Netzwerken.
 - Wissensmanagement: Der Umgang mit Wissenstransfer, -speicherung und -nutzung im Kontext der definierten Rollen.

Aufbauend auf den Ergebnissen der SLR wurden ein standardisierter Rollenprofilsteckbrief und Rollenprofile für das Advanced Systems Engineering entwickelt.

Das Vorgehen für die Rollenprofilentwicklung sah wie folgt aus: [GWK+24; GKS+25]

1. **Detailanalyse der identifizierten Rollenprofile:** In einem ersten Schritt wurden die identifizierten Rollenprofile detailliert analysiert. Dies beinhaltete insbesondere das Erkennen von Schnittmengen sowie das Herausstellen und Analysieren von Unterschieden zwischen den verschiedenen Profilen. Durch diese Analyse konnten Gemeinsamkeiten und Abweichungen identifiziert werden, die als Grundlage für eine systematische Bündelung dienten.
2. **Bündelung ähnlicher Rollenprofile:** Im zweiten Schritt wurden ähnliche Rollenprofile zusammengefasst, um eine einheitliche und strukturierte Darstellung zu ermöglichen. Die Bündelung erfolgte unter Berücksichtigung funktionaler Ähnlichkeiten wie z. B. der beschriebenen Aufgaben in den Rollenprofilen. Diese Gruppenbildung erleichterte die weitere Ableitung standardisierter Rollenprofile.
3. **Entwicklung von Rollenprofilen für das Advanced Systems Engineering:** Auf Basis der gebündelten Rollenprofile wurden spezifische ASE-Rollenprofile entwickelt. Die Inhalte wurden zusammengeführt und mit Hilfe des standardisierten Rollensteckbriefformats (vgl. Kapitel 4.4.2) dokumentiert. Die Rollenprofile für das Advanced Systems Engineering werden in Kapitel 4.4.3 vorgestellt.

4.4.2 Standardisierter Rollenprofilsteckbrief

Ziel ist eine einheitliche Struktur zur Beschreibung verschiedener Rollen im ASE bereitzustellen, um deren Definition, Vergleichbarkeit und Integration zu erleichtern. Der standardisierte Rollenprofilsteckbrief umfasst fünf zentrale Komponenten (vgl. Bild 4-8).

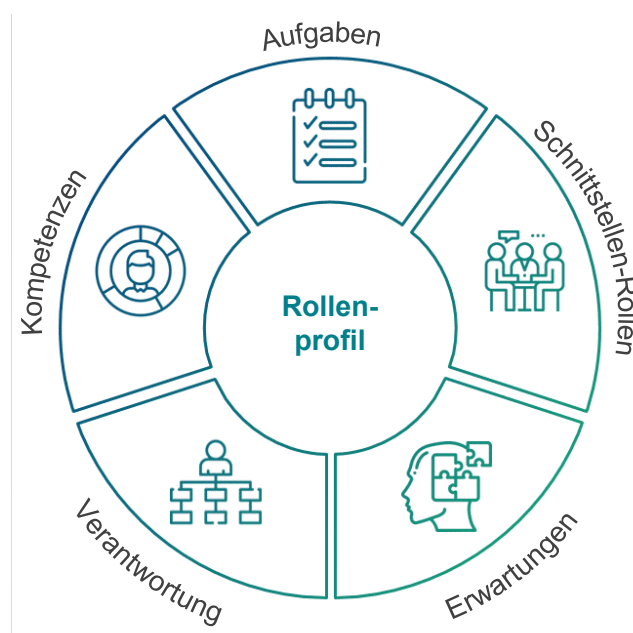


Bild 4-8 Standardisiertes Steckbriefformat nach GROTE ET AL. [GPR+20; GWK+24]

Aufgaben beziehen sich auf alle Tätigkeiten, die innerhalb der jeweiligen Rolle ausgeführt werden müssen. Dazu gehören nicht nur klar definierte Aufgabenbereiche, sondern auch die Abgrenzung gegenüber anderen Rollen, um Überschneidungen oder Mehrfachbearbeitungen zu vermeiden. (vgl. Kap. 2.1.2)

Kompetenzen umfassen die Fähigkeiten und Kenntnisse, die erforderlich sind, um die Aufgaben einer Rolle erfolgreich auszuführen. Diese Kompetenzen lassen sich in verschiedene Kategorien unterteilen. Fachliche Kompetenzen beschreiben bspw. das Wissen über Methoden, Technologien und Prozesse, die für die Rolle relevant sind. Methodische Kompetenzen beziehen sich u.a. auf die Fähigkeit zur Anwendung von Vorgehensmodellen, Analysewerkzeugen und Problemlösungsmethoden. Soziale Kompetenzen umfassen z. B. Kommunikationsfähigkeit, Teamfähigkeit und Konfliktlösungsfähigkeiten im Zusammenspiel mit anderen Rollen. Personale Kompetenzen beschreiben u.a. individuelle Fähigkeiten wie Eigenverantwortung, Motivation, Lernbereitschaft und Anpassungsfähigkeit. (vgl. Kap. 2.1.4)

Verantwortung bezieht sich auf die Zuständigkeitsbereiche und Entscheidungskompetenzen, die mit einer Rolle verbunden sind. Dazu gehört die Definition der Entscheidungsbefugnisse, d.h. welche Entscheidungen eigenständig getroffen werden dürfen. Erfolgskriterien werden ebenfalls definiert, um messbare Maßstäbe für die Erfüllung der Aufgaben zu schaffen. (vgl. Kap. 2.1.4)

Erwartungen an eine Rolle umfassen sowohl qualitative als auch quantitative Anforderungen und orientieren sich an Transparenz, Dokumentation und Wissensweitergabe. Qualitative Erwartungen betreffen bspw. Aspekte wie Präzision, Zuverlässigkeit, Innovationsfähigkeit und Qualität der Arbeit. Quantitative Erwartungen beziehen sich auf messbare Vorgaben, bspw. Zeitrahmen, Ressourcenverbrauch oder Effizienz. (vgl. Kap. 2.1.4)

Schnittstellen-Rollen umfassen alle internen und externen Akteure, mit denen eine Rolle interagiert. Zu den internen Partnern zählen andere Rollen innerhalb der Organisation, mit denen regelmäßig kommuniziert wird. Externe Partner können Kunden, Lieferanten, Experten oder Partnerorganisationen sein, die für die Rolle von Bedeutung sind. (vgl. Kap. 2.1.3)

Das beschriebene Steckbriefschema dient als Grundlage für die Erstellung konkreter Rollenprofile im Advanced Systems Engineering. Durch die standardisierte Struktur werden sowohl eine konsistente Dokumentation und Bewertung verschiedener Rollen als auch die Entwicklung des Rollenmodells in Kap. 4.5 ermöglicht.

4.4.3 Generische Rollenprofile

Die beschriebene SLR aus Kapitel 4.4.1 führte zu folgenden Ergebnissen: Insgesamt wurden **26 Rollenmodelle** und **156 Rollenprofil-Beschreibungen** identifiziert und mit Hilfe der Klassifikationskriterien umfassend analysiert.

- Die 156 Rollenprofile stammen hauptsächlich aus 100 Systems Engineering-Veröffentlichungen. Weitere Quellen umfassen das Innovationsmanagement, Business Process Management (BPM) und verwandte Bereiche. Die Tätigkeiten bzw. Funktion der Rollenprofile können in fünf Kategorien gegliedert werden: Akquisition (10), Analyse (31), Synthese (22), Testing (15), sowie Übergeordnete Rollen (60).
- Die 26 untersuchten Rollenmodelle bestehen durchschnittlich aus 10 Rollen. 12 Modelle enthalten detaillierte Rollenprofil-Beschreibungen. 6 Modelle berücksichtigen den Zusammenhang zwischen der Anzahl der Rollen und der Größe des Unternehmens. 11 Modelle adressieren den Zusammenhang zwischen Rollen und den zugehörigen Menschen. Dabei wird beschrieben, wie Rollen an Individuen zugewiesen werden, basierend auf deren Kompetenzen, Verantwortlichkeiten und organisatorischen Anforderungen. Keines der identifizierten Rollenmodelle enthält einen Integrationsleitfaden oder eine konkrete Darstellung der Rollenbeziehungen innerhalb des Rollenmodells. Der Zusammenhang zwischen Rollenmodell und konkreten Prozessen wird nicht aufgegriffen

Die Analyse zeigt, dass insbesondere die Themenfelder Rollenanzahl vs. Unternehmensgröße und Zuordnung Rolle – Mensch vergleichsweise erste Lösungsansätze aufweisen. Allerdings gibt es erhebliche Lücken in den Bereichen Integrationsleitfäden, Rollenmodelle und Prozessmodelle.

Aufbauend auf den Ergebnissen der SLR und dem standardisierten Rollenprofilsteckbrief (vgl. Kapitel 4.4.2) wurden Rollenprofile für das Advanced Systems Engineering gemäß dem Vorgehen aus Kap. 4.4.1 entwickelt.

Als Ergebnis resultieren 25 generische Rollenprofile, die sich auf fünf Bereiche verteilen: Akquise (2), Analyse (3), Synthese (5), Testing (2) und projektunterstützende Rollen (13) (vgl. Bild 4-9). Die fünf Bereiche ergeben sich aus den Erkenntnissen und den Klassifizierungskriterien aus dem methodischen Vorgehen (vgl. Kapitel 4.4.1)

Akquise	Synthese	Projektunterstützende Rollen
▪ Innovationsmanager ▪ Customer Interface	▪ Systementwickler ▪ Systemschnittstellenkoordinator ▪ Systemintegrationsingenieur ▪ Zuverlässigkeitsingenieur ▪ Systemsicherheitsingenieur	
Analyse	Testing	
▪ Anforderungsingenieur ▪ Systemarchitekt ▪ Systemanalyse-Experte	▪ V&V Ingenieur ▪ Testingenieur	▪ Projektmanager ▪ Prozesskoordinator ▪ Support Manager ▪ Qualitätsingenieur ▪ Konfigurationsspezialist ▪ Betrieb- & Logistikplaner ▪ Produktionskoordinator ▪ Informationsarchitekt ▪ Systems Engineer ▪ Dokumentations- & Schulungsbeauftragter ▪ Human Factors Experte ▪ Lebenszyklusingenieur ▪ Produktmanager

Bild 4-9 Generische Rollenprofile des Advanced Systems Engineering

Im Bereich **Akquise** stehen Rollen im Fokus, die sich mit der Identifikation kundenseitiger Anforderungen und innovativer Ansätze zur Weiterentwicklung von Systemen beschäftigen.

- Der **Innovationsmanager** ist dafür verantwortlich, neue Ideen, Technologien und Prozesse zu erkennen, zu bewerten und in den Entwicklungsprozess zu integrieren. Durch diese Rolle wird der kreative Austausch gefördert, wodurch innovative Ansätze für das Systemdesign entstehen können.
- Der **Customer Interface** dient als zentrale Schnittstelle zwischen Kunden und dem Entwicklungsteam. Er stellt sicher, dass Kundenanforderungen präzise erfasst, dokumentiert und in den Entwicklungsprozess integriert werden. Diese Rolle umfasst ebenso die Pflege von Kundenbeziehungen und das Management von Feedback, um kontinuierliche Verbesserungen zu ermöglichen.

Im Bereich **Analyse** liegt der Schwerpunkt auf der Untersuchung und Bewertung von Anforderungen, Systemen und Prozessen.

- Der **Anforderungsingenieur** erfasst und analysiert detailliert alle Anforderungen, die an das System gestellt werden. Diese Rolle ist essenziell für die präzise Definition und Spezifikation der Systemanforderungen, welche die Grundlage für den Entwicklungsprozess von Advanced Systems bilden.
- Der **Systemarchitekt** entwickelt die grundlegende Struktur des Systems und definiert dessen Komponenten. Dabei stellt er sicher, dass alle technischen und funktionalen Anforderungen berücksichtigt werden und das System insgesamt konsistent bleibt.
- Der **Systemanalyse-Experte** führt detaillierte Analysen durch, um potenzielle Risiken, Optimierungspotenziale und Systemgrenzen zu identifizieren. Durch fundierte Analysen unterstützt diese Rolle den Entscheidungsprozess und trägt zur Effizienzsteigerung bei.

Der Bereich **Synthese** umfasst Rollen, die sich mit der Entwicklung, Implementierung und Integration von Systemen beschäftigen.

- Der **Systementwickler** ist verantwortlich für das Design und die Implementierung des Systems. Er berücksichtigt dabei alle definierten Anforderungen und Spezifikationen, um ein funktionsfähiges und stabiles System zu entwickeln.
- Der **Systemschnittstellenkoordinator** übernimmt die Koordination aller Schnittstellen zwischen den verschiedenen Teilsystemen. Durch seine Arbeit wird sichergestellt, dass die Integration reibungslos verläuft und keine Inkonsistenzen auftreten.
- Der **Systemintegrationsingenieur** führt die Integration von Teilsystemen zu einem funktionierenden Gesamtsystem durch. Diese Rolle ist essenziell für die Qualitätssicherung und die Sicherstellung der Systemfunktionalität.

- Der **Zuverlässigkeitsingenieur** konzentriert sich auf die Analyse und Optimierung der Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit des Systems. Diese Rolle ist besonders relevant in sicherheitskritischen Anwendungen, bei denen die Systemstabilität oberste Priorität hat.
- Der **Systemsicherheitsingenieur** gewährleistet die Sicherheit des Systems durch die Identifikation potenzieller Gefahren und die Entwicklung von Schutzmaßnahmen.

Der Bereich **Testing** schließt Rollen ein, die sich mit der Überprüfung und Validierung der Systeme befassen.

- Der **V&V Ingenieur** ist für die Verifikation und Validierung des Systems zuständig. Er stellt sicher, dass das System alle definierten Anforderungen erfüllt und funktionsfähig ist.
- Der **Testingingenieur** führt spezifische Testverfahren durch, dokumentiert die Ergebnisse und analysiert diese, um Verbesserungspotenziale zu identifizieren.

Der Bereich **Projektunterstützende Rollen** dient Rollen, die sich mit der Organisation, Dokumentation und Verwaltung des Advanced Systems Engineering beschäftigen.

- Der **Projektmanager** leitet Projekte, definiert Ziele, plant Ressourcen und steuert den Fortschritt. Durch seine Arbeit wird sichergestellt, dass Projekte zielgerichtet und effizient durchgeführt werden.
- Der **Prozesskoordinator** überwacht und optimiert Prozesse innerhalb des Advanced Systems Engineering, um reibungslose Abläufe zu gewährleisten.
- Der **Support Manager** stellt sicher, dass technische und organisatorische Unterstützung für das Projekt bereitgestellt wird, um einen unterbrechungsfreien Betrieb zu gewährleisten.
- Der **Qualitätsingenieur** überprüft und optimiert die Qualität von Produkten und Prozessen, um die Einhaltung der geforderten Standards sicherzustellen.
- Der **Konfigurationsspezialist** ist verantwortlich für das Management und die Kontrolle von Konfigurationen, um Konsistenz und Nachverfolgbarkeit sicherzustellen.
- Der **Betrieb- & Logistikplaner** plant und koordiniert logistische Prozesse, um einen reibungslosen Betrieb des Systems zu gewährleisten.
- Der **Produktionskoordinator** unterstützt die Produktion durch Planung und Optimierung von Produktionsprozessen, um Effizienz und Qualität zu steigern.
- Der **Informationsarchitekt** definiert und verwaltet die Struktur und Verarbeitung von Informationen innerhalb des Systems.
- Der **Systems Engineer** überwacht und koordiniert die Entwicklung von komplexen Systemen, um deren erfolgreiche Implementierung sicherzustellen.
- Der **Dokumentations- und Schulungsbeauftragter** sorgt für eine lückenlose Dokumentation und vermittelt Wissen an relevante Stakeholder.

- Der **Human Factors Experte** betrachtet menschliche Faktoren und deren Einfluss auf das Systemdesign, um Benutzerfreundlichkeit und Akzeptanz zu erhöhen.
- Der **Lebenszyklusingenieur** plant und optimiert Systeme über ihren gesamten Lebenszyklus hinweg, um Effizienz und Nachhaltigkeit zu gewährleisten.
- Der **Produktmanager** koordiniert die Entwicklung und Vermarktung von Produkten, um deren Markterfolg sicherzustellen.

Alle Rollenprofile wurden in dem erarbeiteten Steckbriefformat (vgl. Kap. 4.4.2) dokumentiert. Die Rolle Systemarchitekt wird nun anhand ihres Steckbriefs ausführlich vorgestellt (vgl. Bild 4-10). Alle weiteren Steckbriefe sind im Anhang zu finden (vgl. Anhang A2).

Der Systemarchitekt.

Die Rolle des Systemarchitekten nimmt im Bereich Analyse eine zentrale Funktion ein: Primär ist er für den Entwurf der Systemarchitektur verantwortlich. Sekundäre Aufgaben umfassen die Spezifizierung sowie die Auswahl geeigneter Lösungskonzepte.

Aufgabenbeschreibung: Der Systemarchitekt identifiziert geeignete Systemarchitekturmodelle, Designs und Sichten. Er definiert Schnittstellen zwischen Systemkomponenten, um Kompatibilität und Interoperabilität zu gewährleisten. Darüber hinaus spezifiziert er Subebenen und Lösungsauswahlvarianten inklusive Folgenabschätzungen. Die Bewertung neuer Technologien und Trends gehört ebenso zu seinem Aufgabenfeld, insbesondere im Hinblick auf die Integration innovativer Lösungen. Zudem übernimmt der Systemarchitekt die Dokumentation und Auswahl geeigneter Werkzeuge, entwickelt Diagramme und erstellt Managementpläne zur Systemarchitektur.

Kompetenzen: Zur Ausführung dieser Rolle benötigt der Systemarchitekt eine hohe Technologieaffinität, ausgeprägte Fähigkeiten zur Modellierung und Abstraktion sowie ein tiefgehendes Verständnis von Systems Engineering. Breites Fach- und Systemwissen, Kommunikationsgeschick sowie Verhandlungs- und Moderationskompetenz runden sein Profil ab.

Verantwortung: Der Systemarchitekt trägt Verantwortung für die Übereinstimmung der Architektur mit Standards, bewährten Verfahren und gesetzlichen Anforderungen. Er stellt die Machbarkeit der Systemlösung sicher und verantwortet die Systemmodellierung einschließlich Struktur und Verhalten.

Erwartungen: Von einem Systemarchitekten wird erwartet, dass er funktionsübergreifend mit Teams zusammenarbeitet, um architekturbezogene Abhängigkeiten zu lösen. Darüber hinaus wirkt er aktiv an Systementwurfsrunden mit und trägt durch Architekturkonzepte zur Entscheidungsfindung bei. Er führt Architekturüberprüfungen durch, vali-

diert Designs und stimmt sich mit Stakeholdern zur finalen Architektur ab. Zudem engagiert er sich in Architektur-Governance-Aktivitäten und treibt Architekturrichtlinien aktiv voran.

Schnittstellen-Rollen: Zu den wichtigsten Schnittstellen-Rollen zählen der Requirements Manager sowie der Systementwickler.

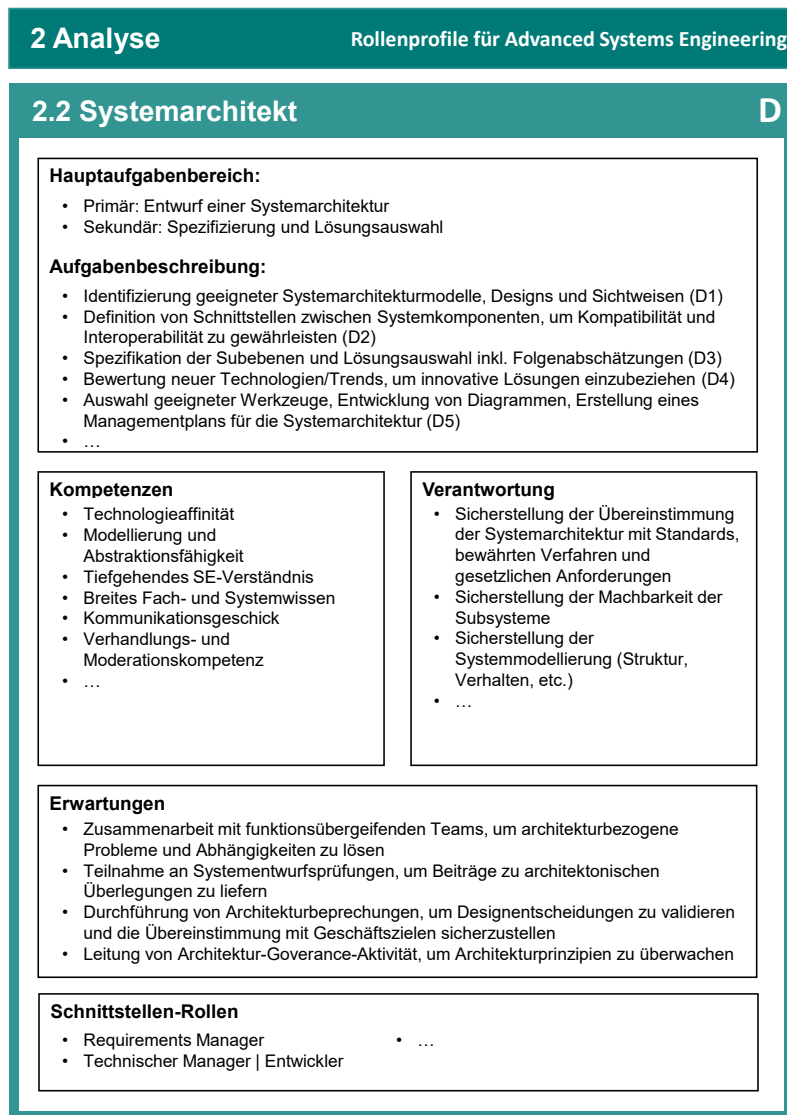


Bild 4-10 Rollensteckbrief „Systemarchitekt“

Fazit: Durch die Kombination aus systematischer Literaturanalyse, definierter Steckbriefstruktur und gezielter Rollenbündelung aus dem Stand der Technik wurde ein umfassendes Gestaltungswissens aufgebaut, das sowohl theoretisch fundiert als auch praktisch anwendbar ist. Die 25 entwickelten, standardisierten Rollenprofile sind in einem Steckbriefformat dokumentiert und ermöglichen es, Zuständigkeiten und Schnittstellen im Entwicklungsprozess klar zu definieren, die Zusammenarbeit zwischen unterschiedli-

chen Disziplinen zu verbessern und den gezielten Kompetenzaufbau zu unterstützen. Darüber hinaus fördert das Rollenprofilformat die Skalierbarkeit von Rollen innerhalb verschiedener Unternehmensgrößen und -strukturen.

4.5 Rollenmodell für ASE

Das Rollenmodell im Kontext des Advanced Systems Engineering verknüpft den im vorhergehenden Kapitel beschriebenen Ordnungsrahmen (vgl. Kapitel 4.3) mit den entwickelten Rollenprofilen (vgl. Kapitel 4.4) zu einem integrierten Rollenmodell. Es adressiert die Frage, wie eine skalierbare Zusammenarbeit zwischen unterschiedlichen Akteuren – sowohl innerhalb von Organisationen als auch übergreifend in Ökosystemen – gestaltet werden kann. Das methodische Vorgehen zur Entwicklung dieses Modells wird in Kapitel 4.5.1 erläutert. Kapitel 4.5.2 enthält die konkrete Ausgestaltung des Modells. In Kapitel 4.5.3 werden abschließend Tailoring-Maßnahmen vorgestellt, die eine Übertragbarkeit und Skalierung des Modells in unterschiedliche Anwendungskontexte in Organisationen ermöglichen. Das ausführliche Vorgehen ist in den Veröffentlichungen [GKS+25; GKV+25; GKW+25] zu finden.

4.5.1 Methodisches Vorgehen

Die Entwicklung des Rollenmodells für das Advanced Systems Engineering basiert auf der systematischen Verknüpfung von Prozess und Rolle. Ziel war es, beide Seiten in einem Rollenmodell zu integrieren, das Orientierung bietet und zugleich die Kollaboration konkretisiert bzw. optimiert.

Das Vorgehen gliedert sich in zwei wesentliche Schritte:

1. **Einordnung der Rollen in den Ordnungsrahmen:** In einem ersten Schritt wurden die entwickelten Rollenprofile in die Struktur des Ordnungsrahmens eingeordnet. Dabei wurden jene Handlungsfelder identifiziert, in denen die Rollenprofile operativ tätig sind und durch ihre Aufgaben Beiträge zum Systementwicklungsprozess leisten.
2. **Gegenüberstellung von identifizierten Rollen- und Prozessaufgaben:** Im nächsten Schritt wurden die spezifischen Aufgaben, die in den einzelnen Rollenprofilsteckbriefen und in den Prozessen des Ordnungsrahmens definiert sind, systematisch gegenübergestellt. Ziel war es, Redundanzen zu identifizieren, Rollenkonflikte zu vermeiden, Synergien zwischen den Rollen sichtbar zu machen und die inhaltliche Vollständigkeit des Modells abzusichern.

Aufbauend auf den Erkenntnissen der beiden Schritte wurde ein generisches Rollenmodell entwickelt. Es beschreibt typische Kommunikations- und Interaktionspfade zwischen den generischen Rollenprofilen.

Einordnung der Rollen in den Ordnungsrahmen

Die Einordnung erfolgte durch eine Zuordnung der Rollenprofile (A–Z) zu spezifischen Prozessschritten des Ordnungsrahmens (vgl. Bild 4-11). Hierdurch wurde eine funktionale Kopplung von Tätigkeiten und Verantwortungsbereichen hergestellt. Fokus des Rollenmodells liegt auf den drei Hauptprozessen *Konzeptdefinition*, *Systemdefinition* und *Systemrealisierung*, die Prozesse der Phase *Markteinführung* und *Nutzung* wurden im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht tiefergehend betrachtet.

So zeigt sich bspw., dass Rollen wie der Innovationsmanager (A) und Customer Interface (B) maßgeblich in der *Konzeptdefinition* mitwirken. Unterstützt werden sie vom Anforderungsingenieur (C), dem Support Manager (O), dem Qualitätsingenieur (P) und dem Konfigurationsspezialisten (Q). In der *Systemdefinition* ist eine Vielzahl an diversen Rollenprofilen zu finden. Nahezu alle Rollenprofile der Rollenprofilbereiche Akquise, Analyse, Synthese und Testing arbeiten gemeinsam an den Aufgaben der Anforderungsidentifikation, der Systemarchitekturgestaltung, dem Entwurf und der Systemanalyse.

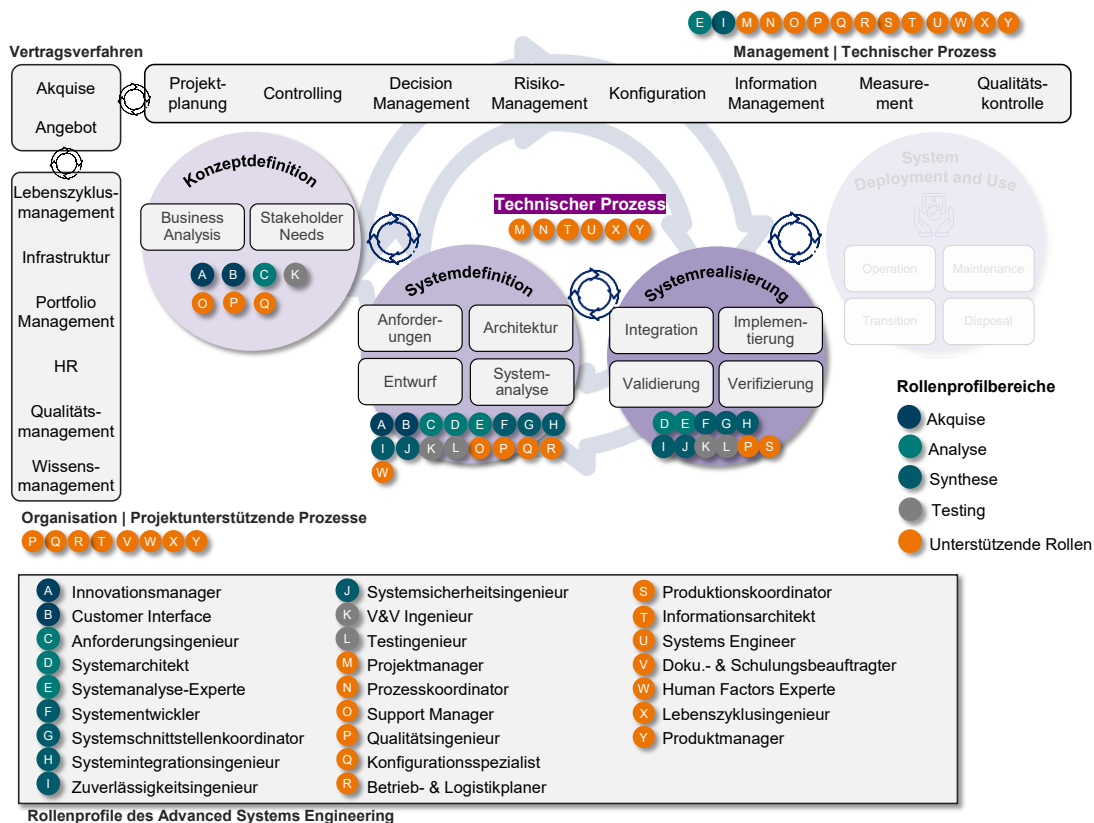


Bild 4-11 Einordnung der Rollenprofile in den Ordnungsrahmen

In der Phase der *Systemrealisierung* treten vermehrt Validierungs- und Integrationsrollen in den Vordergrund. Die Rollen Zuverlässigkeitsingenieur (J), V&V Ingenieur (L) oder Qualitätsingenieur (P) übernehmen hier Schlüsselfunktionen im Test- und Implementierungskontext. Unterstützende Rollen, wie Projektmanager (M), Prozesskoordinator (Q)

oder Informationsarchitekt (T), begleiten die Prozesse transversal über alle Phasen hinweg.

Durch die grafische Darstellung wird ersichtlich, dass sich die Rollen nicht strikt auf eine Phase begrenzen lassen. Vielmehr zeigt sich eine vernetzte Rollenlandschaft mit multiplen Zuständigkeiten. Diese Erkenntnis fließt direkt in das spätere Rollenmodell ein, das nicht nur die Aufgabenteilung, sondern auch die Kommunikationsflüsse zwischen den einzelnen Rollenprofilen adressiert.

Gegenüberstellung der identifizierten Rollen- und Prozessaufgaben

Zur weiteren Ausgestaltung des Rollenmodells wurde eine tabellarische Matrix erstellt, in der die Rollenprofile (Spalten) gegen die einzelnen Prozessschritte des Ordnungsrahmens (Zeilen) abgebildet wurden (vgl. Bild 4-12). Die Matrix differenziert nach Intensität der Rollenbeteiligung, markiert durch die Abstufung von 1 (gering) bis 3 (hoch). Die Bewertung wurde im Rahmen von Abstimmungsgesprächen forschungsintern vorgenommen. Dadurch wird ersichtlich, welche Rollen in welchen Prozessabschnitten besonders aktiv sind. Hierdurch lassen sich potenzielle Überschneidungen, aber auch Kollaborationspotenziale frühzeitig identifizieren.

		Rollenprofile des Advanced Systems Engineering														
Ordnungsrahmen für Prozesse		Innovationsmanager	Customer Interface	Anforderungsingenieur	Systemarchitekt	Systemanalyse-Experte	Systementwickler	Systemschnittstellen-koodinator	Systemintegrations-ingenieur	Zuverlässigkeitsingenieur	Systemischerheits-ingenieur	V&V Ingenieur	Testingenieur	Projektmanager	Prozesskoodinator	Support Manager
Konzept-definition	Business Analysis	3	2	1								1		1	1	1
	Stakeholder Needs	2	3											1	1	1
System-definition	Anforderungen	1	1	3	2			3	1	1				1	1	
	Architektur		1	1	3	2	1	2	1	1	1			1	1	
	Entwurf				3	2	3	2	2	1	1			1	1	
	Systemanalyse				1	3		2		2	1	2	1	1	1	1
System-realisierung	Implementierung						1	1	1	3	3	1	2	1	1	
	Integration				1	1		2	3	2	2	2	1	1	1	
	Validierung					1			1	2	2	3	3	1	1	
	Verifizierung					1	1	1			2	3	3	1	1	
Abstufung (1, 2, 3) klassifiziert die Intensität der Einbindung																

Abstufung (1, 2, 3) klassifiziert die Intensität der Einbindung

Bild 4-12 Rollen-Prozess-Matrix (Auszug)

Die Rolle Systemarchitekt wird bspw. über alle vier Phasen der *Systemdefinition* hinweg stark eingebunden, mit besonderem Schwerpunkt in der Architekturgestaltung und dem Entwurf. Rollen wie der Konfigurationsspezialist oder der Produktionskoodinator treten hingegen verstärkt erst in der Systemrealisierung in Erscheinung. Diese Transparenz schafft die Grundlage für eine gezielte Abstimmung der Zusammenarbeit und ermöglicht die Entwicklung von klaren Verantwortungs- und Kommunikationsstrukturen im weiteren Rollenmodell.

Eine ergänzende Detailanalyse erfolgte auf Ebene konkreter Aufgaben der Steckbriefe und der einzelnen Prozesse. Diese wird exemplarisch für die Prozessphase *Business Analysis* innerhalb der *Konzeptdefinition* in Bild 4-13 dargestellt. Dabei wurden einzelne Aufgaben, etwa die Ermittlung funktionaler und nicht-funktionaler Anforderungen, Trendanalysen oder die Bewertung von Projektideen, spezifischen Rollenprofilen zugeordnet.

Die zugehörige Matrix zeigt, welche einzelnen Rollen (z. B. Innovationsmanager, Customer Interface, Anforderungsingenieur) an den Aktivitäten beteiligt sind (X = beteiligt). Der Auszug dieser Tiefenanalyse zeigt deutlich:

- Der Innovationsmanager übernimmt schwerpunktmäßig Aufgaben zur Umfeldanalyse, Ideengenerierung und strategischen Projektbewertung.
- Der Customer Interface fokussiert auf die Stakeholder-Perspektive und die Ableitung kundenrelevanter Anforderungen.
- Der Anforderungsingenieur ist als zentrale Rolle breit in die inhaltliche Ausarbeitung und Bewertung von Anforderungen eingebunden.

Prozessphase	Prozessunterphase	Arbeitsstätigkeit	Rollenprofil										
			Ordnungsrahmen für Prozesse										
			Innovationsmanager	Cust. Interf.	Requirements Manager								
Definition	Business Analysis	Innovationsstrategie											
		Identifikation: Trends, Technologien											
		Kreativitätsförderung											
		Ideenbewertung, Innovationspotential											
		Implementierung Technologien											
		Markttrends, Kundenanf.											
		Ermittlung: Kundenbedürfnissen											
		Erfassung: Probleme, Wünsche											
		Herausforderungsaufnahme Nutzung											
		Zieleffinition											
		Anforderungsermittlung											
		Anf.-Spezifikation und -priorisierung											
		Anforderungsanalyse											
		Anforderungsmanagement											
		Sicherstellung d. funkt. Archi.											

Bild 4-13 Gegenüberstellung der Rollen- und Prozessaufgaben (Auszug)

Die Matrix skizziert nicht nur Rollenschwerpunkte, sondern unterstützt auch bei der Identifikation redundanter Verantwortlichkeiten oder blinder Flecken in der Zusammenarbeit der Rollen. In der Weiterentwicklung des Rollenmodells dienen solche Detailanalysen als Basis für die Ausgestaltung spezifischer Kommunikationspfade und Rollenverknüpfungen innerhalb einzelner Prozessphasen.

Die Einordnung der Rollenprofile in den Ordnungsrahmen bzw. die Gegenüberstellung der Aufgaben wurde abschließend, sowohl aus der Prozesssicht als auch aus der Rollensicht reflektiert und bewertet.

Aus Sicht des Ordnungsrahmens für Prozesse des Advanced Systems Engineering:

- Die Prozessschritte der technischen Prozesse sowie des Vertragsverfahrens werden durch die Rollenprofile gut abgedeckt.
- Die Prozessschritte des Managements technischer Prozesse werden zum Großteil gut berücksichtigt. Einzige Einschränkung betrifft den Aspekt des Risikomanagements, der nur begrenzt über die existierenden Rollenprofile abgebildet wird.
- Die organisatorischen bzw. projektunterstützenden Prozesse wie „Infrastruktur“ und „HR“ werden lediglich peripher durch die Rollenprofile adressiert.

Aus Sicht der Rollenprofile für Advanced Systems Engineering:

- Die vorhandenen Rollen lassen sich insgesamt gut in den Ordnungsrahmen integrieren. Lediglich das Rollenprofil *Dokumentations- und Schulungsbeauftragter* adressiert keine klar abgegrenzten Prozessbereiche. Seine Aufgaben verteilen sich auf HR- sowie Wissensmanagementprozesse.

Darüber hinaus wurden gezielte Anpassungen an einzelnen Rollenprofilen vorgenommen, um identifizierte Lücken im Ordnungsrahmen zu schließen:

- Die Aufgabentätigkeiten des Risikomanagements werden in den Rollenprofilen der Randbereiche ergänzt, um eine vollständigere Abdeckung der Managementprozesse zu gewährleisten.
- Bei genauerer Betrachtung der Bereiche „Infrastruktur“ und „HR“ zeigt sich, dass deren Anforderungen im Rahmen der vorliegenden Arbeit ausreichend berücksichtigt werden. Eine Erweiterung der Rollenprofile ist daher nicht zwingend erforderlich.
- Das Rollenprofil „Dokumentations- und Schulungsbeauftragter“ bleibt in seiner Struktur unverändert; allerdings werden seine Beiträge zum Wissensmanagement künftig verstärkt über Schulungskonzepte eingebunden.

Diese gezielten Ergänzungen stärken die Anschlussfähigkeit des Rollenmodells und sorgen dafür, dass auch bisher nur peripher adressierte Prozesse in eine integrierte Kollaborationslogik überführt werden können.

4.5.2 Generisches Rollenmodell

Basierend auf den Vorarbeiten der Kapitel 4.3-4.5.1 werden nun alle Ergebnisse systematisch in ein Rollenmodell überführt. Das Rollenmodell visualisiert das Zusammenspiel zwischen den einzelnen Rollenprofilen in den Phasen des Ordnungsrahmens. Nachfol-

gend werden die Rollenmodelle „*Konzeptdefinition | Business Analysis*“ und „*Systemdefinition | Anforderungen*“ vorgestellt. Alle weiteren Rollenmodelle sind im Anhang A3 zu finden.

Konzeptdefinition | Business Analysis

Das folgende Rollenmodell beschreibt exemplarisch die Zusammenarbeit in der frühen Phase des Systementstehungsprozesses, der *Konzeptdefinition*. In dieser Phase werden die Grundlagen für spätere Systementscheidungen gelegt, insbesondere durch die Ausarbeitung von Innovationsstrategien, Markt- und Wettbewerbsanalysen, Business Cases und das Verständnis von Stakeholder Needs.

Bild 4-14 visualisiert die Rollenkonstellationen und Kommunikationsflüsse in der Prozessphase *Business Analysis*. Die Zusammenarbeit stellt sich wie folgt dar:

- Der Innovationsmanager (A) ist eine zentrale Schaltstelle und agiert an der Schnittstelle zwischen strategischer Umfeldanalyse und interner Projektbewertung. Er speist Informationen über Markttrends, Technologien und Innovationspotenziale in die Analyse ein.
- Die Rollen Projektmanager (M), Produktmanager (Y), Prozesskoordinator (N), Systems Engineer (U) sowie ergänzend Qualitätsingenieur (P) und Konfigurationsspezialist (Q) bringen organisatorische, technische und prozessorientierte Perspektiven ein. Ihre Zusammenarbeit ist stark von Datenanalysen und Risikobewertungen geprägt.
- Der Customer Interface (B) liefert Erkenntnisse aus dem direkten Kundenkontakt, unterstützt durch Informationsarchitekt (T), Supportmanager (O) und die Rolle des Human Factors Experten (W).

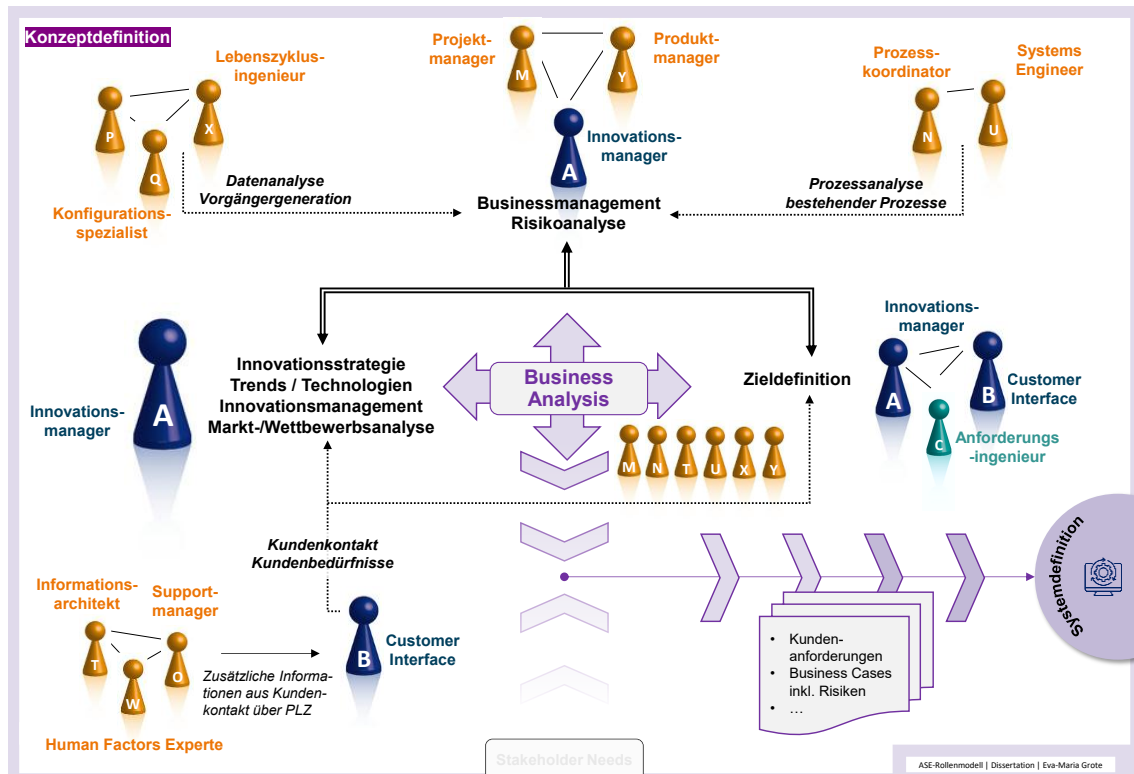


Bild 4-14 Generisches Rollenmodell der Phase Konzeptdefinition | Business Analysis

Zentrale Aktivitäten wie die Zieldefinition werden durch ein Zusammenspiel mehrerer Rollen getragen und stehen im Zentrum der Business Analysis.

Systemdefinition | Anforderungen

In der Phase *Systemdefinition* werden die in der Konzeptionsphase erarbeiteten Kundenbedürfnisse und Business Cases in konkrete Systemanforderungen überführt. Die Visualisierung der Kollaborationsmuster in dieser Phase zeigt ein enges Zusammenspiel technischer, analytischer und koordinierender Rollen. Die Zusammenarbeit in der Subphase *Anforderungen* sieht wie folgt aus (vgl. Bild 4-15):

- Der Anforderungsingenieur (C) spielt eine zentrale Rolle in nahezu allen Aufgaben dieser Subphase: von der Identifikation und Dokumentation funktionaler und nicht-funktionaler Anforderungen über die Nachverfolgbarkeit (Traceability) bis zur Validierung.
- Technische Expertise wird insbesondere durch den Systemarchitekten (D), den Systemintegrationsingenieur (H) sowie den Zuverlässigkeitsingenieur (J) eingebracht. Diese Rollen bewerten die Machbarkeit und technische Konsistenz der Anforderungen.
- Die Koordination mit Projektmanager (M) und Produktmanager (Y) sichert die wirtschaftliche und strategische Zielausrichtung (Wichtigkeit und Priorisierung).

- Die Rollen Customer Interface (B) und Informationsarchitekt (T) gewährleisten die Einbindung von Stakeholder-Perspektiven sowie eine konsistente Informationsstrukturierung.
- In der Prüfung der Anforderungen wirken verschiedene Rollen eng zusammen. Der Systemanalyst (E) bringt Akzeptanzkriterien ein, während der V&V-Ingenieur (K) und der Testingenieur (L) die Testbarkeit und Überprüfbarkeit der Anforderungen bewerten.
- Unterstützt wird dieser Validierungsprozess durch die Rückkopplung mit dem Produktmanager (Y) sowie dem Human Factors Experten (W) für nutzerzentrierte Anforderungen.

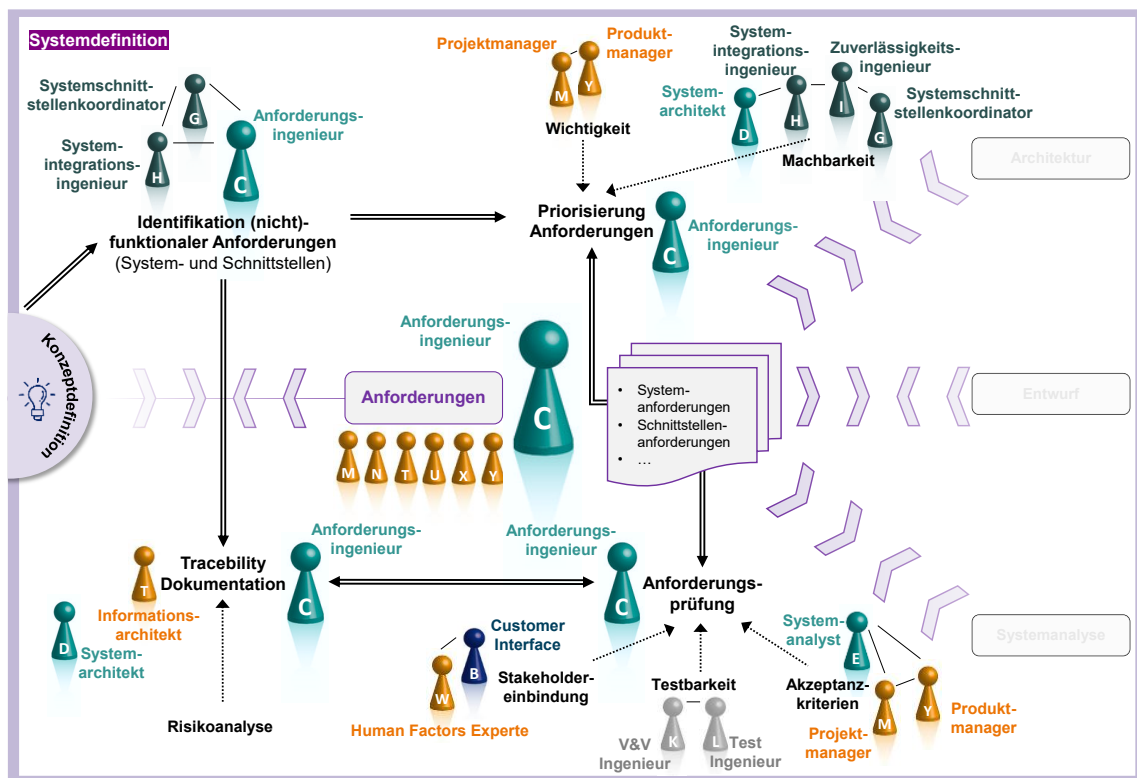


Bild 4-15 Generisches Rollenmodell der Phase Systemdefinition | Anforderungen

Die Abbildung zeigt deutlich, dass die Phase Systemdefinition durch eine hohe Interdisziplinarität geprägt ist. Während der Anforderungsingenieur als zentrales Bindeglied fungiert, sind nahezu alle Rollen auf synchronisierte Kommunikation und kontinuierlichen Abgleich angewiesen. Diese Rollenvernetzung zeigt, wie durch das Rollenmodell systematisch Rollenübergänge, Abhängigkeiten und fachliche Schnittstellen gestaltet werden.

Die weiteren Rollenmodelle für die restlichen Phasen des Ordnungsrahmens sind im Anhang A3 zu finden. Werden nun alle einzelnen Rollenmodelle über den gesamten Ordnungsrahmen zusammengefasst, dann liegt ein vollständig wissenschaftlich fundiertes und zugleich generisch anwendbares Rollenmodell für Advanced Systems Engineering vor, das sowohl domänenübergreifend anschlussfähig ist als auch konkrete Kollaborationsmuster für die Praxis anbietet.

4.5.3 Tailoring-Maßnahmen

Um das entwickelte Rollenmodell flexibel und kontextsensitiv auf verschiedene Organisationen anwenden zu können, wurde ein methodisches Vorgehen zur Sicherstellung von Skalierbarkeit und Übertragbarkeit entwickelt. Ziel war, das generische Rollenmodell so aufzubereiten, dass es unternehmensspezifisch angepasst und strukturell differenziert werden kann.

Methodisches Vorgehen

Grundlage hierfür bildet ein vierstufiges Verfahren: *Detailanalyse der identifizierten Aufgabenbeschreibungen, Aufstellung einer Distanzmatrix zwischen den Rollenprofilen, Darstellung mittels multidimensionaler Skalierung (MDS) und Hierarchisches Clustering.*

1. Detailanalyse der identifizierten Aufgabenbeschreibungen

Mittels einer Design Structure Matrix¹ (DSM) wurden die Aufgabenstellungen der identifizierten Rollenprofile systematisch analysiert. Dabei wurde untersucht, in welchem Maße Aufgabenstellungen voneinander abhängig sind – sowohl inhaltlich als auch im Hinblick auf ihre Durchführung im Engineering-Kontext.

Die Matrix wurde mit einer Skala von 0 bis 5 bewertet, wobei: 0 für keine Abhängigkeit, 3 für teilweise Abhängigkeit, 5 für vollständige Abhängigkeit steht. Beispielhafte Interpretationen aus der Analyse zeigen (vgl. Bild 4-16):

- Die Entwicklung der Innovationsstrategie baut direkt auf der Identifikation von Trends und Technologien auf (Wert 5).
- Die Erfassung von Kundenwünschen ist unabhängig von der eigentlichen Anforderungsspezifikation (Wert 0), beeinflusst diese aber teilweise.
- Die Anforderungsanalyse nutzt Markttrends und Kundenanforderungen als Input, ist jedoch stark von der vorherigen Anforderungsidentifikation abhängig (Wert 3).

¹ Die Design Structure Matrix (DSM) ist ein kompaktes, tabellarisches Werkzeug zur Darstellung und Analyse von Abhängigkeiten und Wechselwirkungen zwischen Elementen eines Systems, um komplexe Strukturen besser zu verstehen und zu optimieren. [GDE+21, S. 432f.]

Abhängigkeitsbewertung der Aufgabenbeschreibungen der ASE-Rollenprofile

Wie abhängig sind die Aufgabenstellungen der identifizierten ASE-Rollenprofile in Zeilen zu den Spalten?

0 = Die Aufgaben sind unabhängig voneinander.
3 = Die Aufgaben sind z.T. abhängig.
5 = Die Aufgaben bauen aufeinander auf.

Rolle	Aufgaben	A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	C1	C2	C3	C4	C5
Innovations- manager	A1 Innovationsstrategie	X	5	3	3	3	5	3	3						
	A2 Trends und Technologien	0	X	0	3	0	3	0	3						
	A3 Kreativitätsförderung	0	3	X	0	0	3	3	3						
	A4 Ideenbewertung Innovationspotential	3	3	3	X	0	5	3	3						
	A5 Prüfung und Implementierung neuer Technologien	3	5	0	0	X	5	5	5						
	A6 Markttrends, Kundenanforderungen und Wettbewerbern	0	0	3	5	3	X	3	5	3	0	0	0	0	0
Cust. Interf.	B1 Ermittlung von Kundenbedürfnissen	0	0	0	0	0	5	X	5	3	3	3	0	0	0
	B2 Erfassung von Problemen und Wünschen an Systeme	0	0	3	0	0	5	3	X	3	0	0	0	0	0
	B3 Aufnahme von Herausforderungen	0	0	0	0	3	0	3							
Requirements Manager	C1 Zieldefinition inkl. Einholung des Stakeholder-Bedarfs	0	0	3	0	0	5	5							
	C2 Anforderungsermittlung aus Kundenbedürfnissen	0	0	0	5	0	5	5							
	C3 Anforderungsspezifikation und -priorisierung	0	0	0	5	0	3	0							
	C4 Anforderungsanalyse	0	0	0	0	3	3	0							
	C5 Anforderungsmanagement (Planung, Dokumentation, etc.)	0	3	3	3	3	3	3							

„Die Entwicklung der Innovationsstrategie baut auf der Identifikation von Trends und Technologien auf.“

„Die Erfassung von Kundenwünschen sowie -probleme ist unabhängig von der Anforderungsspezifikation, wobei jene wiederum z.T. abhängig von der Erfassung der Kundenwünsche/-probleme ist.“

„Die Anforderungsanalyse baut z.T. auf den identifizierten Markttrends und Kundenanforderungen auf. Primäres Informationsgut ist jedoch die zuvor stattfindende Anforderungsidentifikation.“

Bild 4-16 Ähnlichkeitsbewertung der Rollenprofile für Advanced Systems Engineering (Auszug)

Diese Detailanalyse schafft die methodische Grundlage für die anschließende Distanzermittlung zwischen den Rollenprofilen.

2. Aufstellung einer Distanzmatrix für die Rollenprofile

Auf Basis der DSM-Ergebnisse wurde eine Distanzmatrix erstellt, in der die Aufgaben-
nähe bzw. -differenz einzelner Rollenpaare quantitativ aggregiert wurde (vgl. Bild 4-17).
Die Berechnung erfolgte über folgende Formel:

$$D(a, b) = \frac{1}{\frac{\sum \text{Bewertungen}(a) + \sum \text{Bewertungen}(b)}{\text{Anzahl Bewertungen}(b) * 2}}$$

Gleichung 1 Formel zur Distanzmatrixberechnung zwischen den Rollenprofilen (a) und (b) [Hel16]:

Kleine Werte deuten auf eine hohe Ähnlichkeit bzw. geringe Distanz, zwischen den Rollenprofilen hin, d. h. sie teilen sich viele gemeinsame Aufgaben oder Bearbeitungslogiken. Höhere Werte hingegen weisen auf eine starke funktionale Trennung hin.

Beispiele aus der Analyse verdeutlichen dies:

- Die Rolle Systementwickler hat zu der Rolle Systemanalyse-Experte eine geringe Distanz von 0,22 – was auf große Überschneidungen in den Aufgabenbereichen hindeutet.
- Zwischen den Rollen Produktionskoordinator und Customer Interface ergibt sich ein Distanzwert von 24 – was eine geringe Aufgabenähnlichkeit signalisiert.

Distanzmatrix

Fragestellung: Wie abhängig sind die Aufgabenbeschreibungen der ASE-Rollenprofile zueinander?

$$D_{ij} = 1 / (\sum \text{Bewertungen } a_{ij} + \sum \text{Bewertungen } a_{ji}) / (\text{Anzahl aller Bewertungen } (a_{ij}, a_{ji}))$$

	Innovationsmanager	Customer Interface	Anforderungsingenieur	Systemarchitekt	Systemanalyse-Experte	Systementwickler	Systemschnittstellenkoordinator	Systemintegrationsingenieur	Zuverlässigkeitsingenieur	System-sicherheitsingenieur	V&V Ingenieur	Testingenieur	Projektmanager	Prozesskoordinator	Support Manager	Qualitätsingenieur	Konfigurationspezialist	Betrieb- & Logistikplaner	Produktionskoordinator	Informationsarchitekt	Operativer Integrationspezialist	Systems Engineer	Doku- & Schulungsbeauftragter	Human Factors Experte	Unternehmensingenieur
Innovationsmanager	X																								
Customer Interface	0,5	X																							
Anforderungsingenieur	1,18	0,69	X																						
Systementwickler	1,05	0,94	0,45	X																					
Systemarchitekt	1,6	1,85	0,57	2	X																				
Systemanalyse-Experte	2	2	0,57	2	0,22	X																			
Systementwickler	3	6	0,42	3	0,7	1	X																		
Systemschnittstellenkoordinator	6,67	10	0,98	0,98	0,67	0,38	0,48	X																	
Systemintegrationsingenieur	16	8	0,92	0,62	0,67	0,5	0,63	0,78	X																
Zuverlässigkeitsingenieur	5	5	0,67	1	0,46	0,48	0,54	0,93	0,56	X															
System-sicherheitsingenieur	4	1,85	1,07	1,9	0,46	0,5	0,83	0,89	0,52	0,38	X														
V&V Ingenieur	4	6	0,97	1,25	0,43	0,33	0,44	1,03	0,62	0,36	0,38	X													
Testingenieur	1,2	1,2	0,48	1	0,42	0,64	0,69	0,56	0,69	0,71	0,65	0,72	X												
Projektmanager	1	2	1,41	1,33	0,52	0,8	0,43	0,47	0,62	0,95	0,47	0,52	0,33	X											
Prozesskoordinator	1,6	0,39	1,14	0,67	2,67	1,2	4	1,67	2,67	1,67	0,89	0,8	0,8	0,67	X										
Support Manager	8	1,71	0,87	0,69	0,47	0,86	0,48	0,69	0,7	0,52	0,43	0,44	0,5	0,46	1,33	X									
Qualitätsingenieur	3,2	4	1,26	0,85	1,07	0,65	1	0,93	0,97	0,91	0,91	0,96	0,45	0,48	2,29	0,71	X								
Konfigurationspezialist	14	1,82	0,73	1,33	1,33	2,22	1,78	1,33	0,76	0,57	0,44	0,47	0,53	0,55	0,76	1,78	1,78	X							
Betrieb- & Logistikplaner	48	8	2,09	1,33	10,7	2,67	1,33	1,38	0,7	1,67	1	0,53	0,63	0,5	16	1,33	3,56	0,43	0,43	2,67	X				
Produktionskoordinator	5,14	6	1,09	1	0,84	0,8	0,8	1,18	0,89	0,95	0,86	0,95	0,63	0,55	2,67	1,33	2,29	3,33	4,44	2	1,45	X			
Doku- & Schulungsbeauftragter	5	2,73	0,69	0,56	0,84	5	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	X			
Human Factors Experte	1	3	0,92	0,67	0,53	0,5	1,2	1,67	1,2	0,55	0,73	0,46	0,56	4	0,45	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	X		
Unternehmensingenieur	1	3	0,92	0,67	0,53	0,5	1,2	1,67	1,2	0,55	0,73	0,46	0,56	4	0,45	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	X	

Bild 4-17 Distanzmatrix der Rollenprofile für Advanced Systems Engineering

Diese Matrix diente im nächsten Schritt als mathematische Grundlage für die Visualisierung der Rollenlandschaft und die Ableitung funktionaler Rollenprofil-Cluster, in denen die Aufgabennähe bzw. -differenz einzelner Rollenprofilpaare quantitativ aggregiert wurde. Die Werte in der Matrix geben Aufschluss darüber, wie stark sich Rollen in ihren Aufgaben überschneiden oder voneinander abgrenzen. Dies ist als Grundlage für Clusterbildung und Rollenprofilbündelung.

3. Darstellung mittels multidimensionaler Skalierung (MDS)

Die zuvor gewonnenen Distanzwerte wurden durch eine multidimensionale Skalierung (MDS) [GDE+21, S. 432f.] in eine geometrische Raumstruktur überführt. So ließ sich die relative Nähe der Rollenprofile in einem zweidimensionalen Raum visualisieren. Die Achsen selbst sind nicht direkt interpretierbar, dienen aber der Abbildung möglichst verzerrungsfreier Distanzen zwischen den Rollen (vgl. Bild 4-18).

Die daraus entstehende Punktwolke zeigt:

- Rollen mit inhaltlicher Nähe (z. B. Systemarchitekt, Systemanalyse-Experte, Systementwickler) gruppieren sich im Zentrum.
- Rollen mit klar differenzierten Aufgaben (z. B. Produktionskoordinator, Human Factors Experte) erscheinen eher randständig. Die Rolle Dokumentation- & Schulungsbeauftragter weist den größten Abstand zu den restlichen Rollen auf.

Diese Visualisierung unterstützt die intuitive Erfassung funktionaler Rollenlandschaften und legt die Basis für die nachfolgende Clusterbildung.

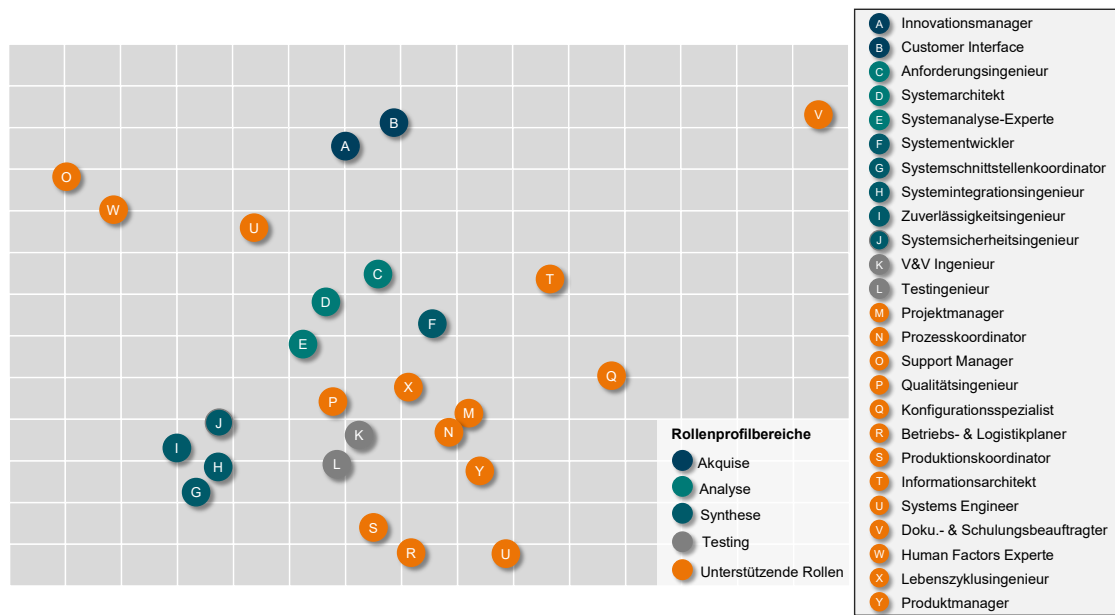


Bild 4-18 Multidimensionale Skalierung der Rollenprofile

4. Hierarchisches Clustering

Abschließend erfolgte ein hierarchisches Clustering auf Basis der Distanzen. Dadurch konnten Rollenprofile zu sinnvollen Gruppen zusammengefasst werden, je nach gewünschtem Aggregationsniveau. Für unternehmensspezifische Anwendungsfälle kann dieses Clustering mit einer gewichteten Distanzmatrix individualisiert werden, etwa durch Anpassung der Gewichtung einzelner Aufgabenbereiche entsprechend strategischer Prioritäten oder vorhandener Ressourcen.

Im Ergebnis zeigt das Dendrogramm, basierend auf *Ward's Linkage*² [Run24, S. 121ff.], wie sich Rollenprofile mit ähnlichem Aufgabenbezug kompakt und gleichmäßig gruppieren lassen (vgl. Bild 4-19). Diese Methode eignet sich besonders gut zur Ableitung klarer, abgrenzbarer Funktionsgruppen hinsichtlich von Aufgaben. So ergeben sich z. B. analytisch geprägte Cluster rund um Anforderungsingenieur und Systemanalyst, während operativ-logistische Rollen wie Produktionskoordinator, Betriebs- & Logistikplaner oder Integrationsspezialist deutlich getrennt positioniert sind. Diese Struktur bietet eine belastbare Grundlage zur Modularisierung von Rollenprofilen, etwa zur Bildung funktionaler Teams oder Projektrollenpakete.

Das hier vorgestellte Verfahren ermöglicht somit die Ableitung maßgeschneiderter Rollenprofilbündel auf Basis eines generischen, wissenschaftlich fundierten Rollenmodells für das Advanced Systems Engineering. Gleichzeitig bleibt die Anschlussfähigkeit an das ursprüngliche Rollenmodell erhalten.

² Ward Linkage (auch Ward's Methode) ist ein hierarchisches Clusterverfahren, bei dem in jedem Schritt die beiden Cluster zusammengeführt werden, deren Fusion den geringsten Anstieg der Gesamtvarianz (bzw. der „inneren Streuung“) verursacht – also die Summe der quadrierten Abstände innerhalb der Cluster möglichst gering hält. [Run24, S. 121ff.]

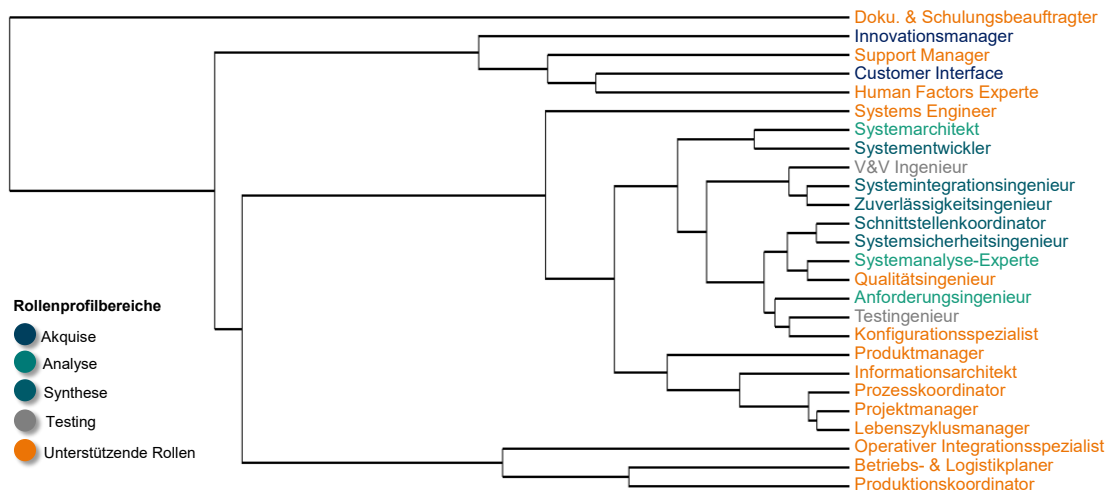


Bild 4-19 Dendrogramm zur Bündelung der Rollenprofile

4.6 Vorgehensmodell zur Sicherstellung des Transfers

Zur Anwendung der in den Kapiteln 4.1 bis 4.5 entwickelten Ergebnisse wurde ein Vorgehensmodell konzipiert, das den Transfer der Systematik in Unternehmenskontexte gezielt unterstützt. Ziel ist, generische Rollenprofile mit unternehmensspezifischen Anforderungen zu verschmelzen und daraus praxisrelevante Handlungsempfehlungen abzuleiten. Zur methodischen Fundierung des Vorgehensmodells wurde die SPALTEN-Methodik nach ALBERS ET AL. [ABM+05] herangezogen. Diese dient der systematischen Strukturierung und Reflexion technischer Entwicklungsprozesse und eignet sich daher besonders zur Beschreibung komplexer organisationsspezifischer Transformationsprojekte im Advanced Systems Engineering. Das ausführliche Vorgehen ist in den Veröffentlichungen [GKV+25; GKW+25] zu finden.

Die drei Phasen des Vorgehensmodells (vgl. Bild 4-20) lassen sich den Schritten der SPALTEN¹-Logik wie folgt zuordnen:

- Die erste Phase „Aufnahme der Ausgangssituation“ umfasst Elemente der Situations- und Problemanalyse (SPALTEN: S, P).
- Die zweite Phase „Bewertung der generischen Rollenprofile“ adressiert die Anforderungsdefinition sowie die Entwicklung und Auswahl von Lösungsalternativen (SPALTEN: A, L, T).

¹ Die Methode *SPALTEN* nach ALBERS ET AL. ist ein strukturierendes Denkwerkzeug zur systematischen Problemanalyse im Ingenieurwesen. Die Buchstaben des deutschen Akronym SPALTEN stehen für die sieben Schritte, die durch eine systematische Problemlösung leiten (Situationsanalyse, Problemeingrenzung, Alternativen aufzeigen, Lösungsauswahl, Tragweitenanalyse, Entscheidung/Umsetzung und Nachbereitung/Lernen) [ABM+05].

- In der dritten Phase werden konkrete Entscheidungen getroffen und Maßnahmen zur Nachbereitung und Integration des Modells in die Unternehmenspraxis abgeleitet (SPALTEN: E, N).

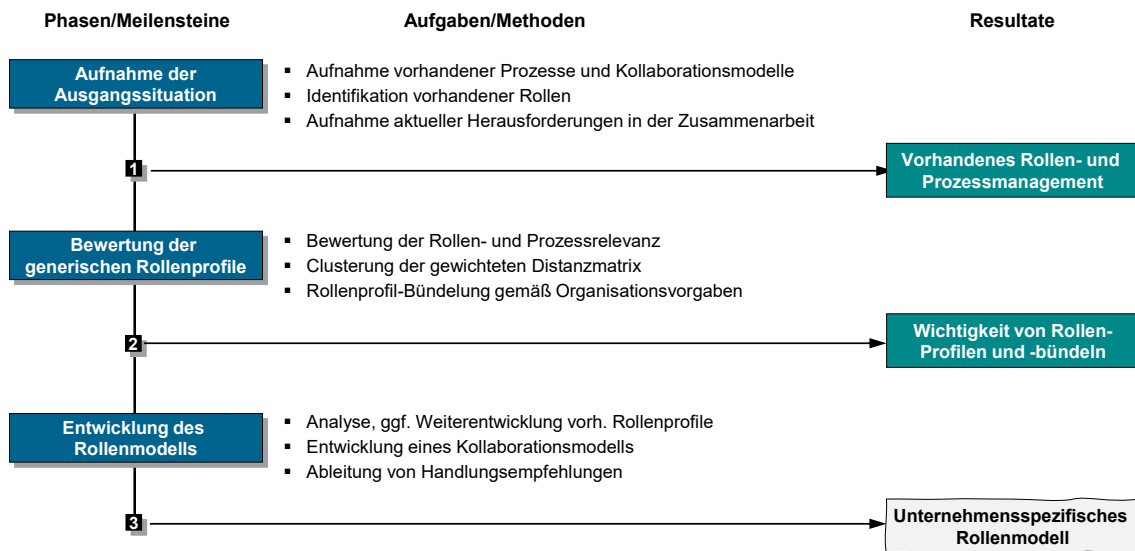


Bild 4-20 Vorgehensmodell zur Anwendung der Systematik

Die einzelnen Phasen werden im Folgenden detailliert vorgestellt.

Aufnahme der Ausgangssituation

Die erste Phase des Vorgehensmodells zielt darauf ab, ein fundiertes Verständnis der aktuellen organisationsspezifischen Rahmenbedingungen zu erlangen. Im Fokus stehen existierenden Rollen, Prozesse sowie die gegenwärtige Art und Weise der Zusammenarbeit. Diese Bestandsaufnahme bildet die Grundlage für den späteren Übertrag.

Im Rahmen der Situationsanalyse werden zunächst vorhandene Prozessbeschreibungen, Rollenmodelle und gegebenenfalls Kollaborationsleitlinien im Unternehmen systematisch erfasst und dokumentiert. Dabei können sowohl formale Dokumente (z. B. Organigramme, RACI-Matrizen, Prozesslandkarten) als auch informelle Strukturen und Informationen durch Interviews oder Workshops mit relevanten Stakeholdern berücksichtigt werden. Ziel ist es, ein umfassendes Bild über die tatsächliche Rollenverteilung und gelebten Kollaboration zu gewinnen.

Darüber hinaus erfolgt eine Analyse der aktuellen Herausforderungen im Zusammenspiel von interdisziplinären Teams und Fachbereichen. Typische Aspekte können hierbei sein:

- unklar definierte Zuständigkeiten oder Schnittstellenkonflikte,
- Redundanzen oder Inkonsistenzen in der Aufgabenverteilung,
- fehlende Transparenz in der Kommunikation,

- mangelhafte Integration neuer Rollen im Kontext technischer oder organisationaler Veränderungen.

Diese Problemstellungen werden im zweiten Schritt im Sinne der Problemanalyse systematisiert und kategorisiert. Hierzu kann der Einsatz bewährter Methoden wie etwa SWOT-Analysen oder Ursachen-Wirkungs-Ketten hilfreich sein.

Das Ergebnis dieser Phase ist ein dokumentiertes Bild der aktuellen Rollen- und Prozesslandschaft des Unternehmens, ergänzt durch eine qualitative Erfassung relevanter Problembereiche in der interdisziplinären Zusammenarbeit. Dieses Verständnis dient als Ausgangspunkt für die nachfolgende Bewertung generischer Rollenprofile.

Bewertung der generischen Rollenprofile

Die zweite Phase zielt auf die Analyse und Bewertung der generischen Rollenprofile (vgl. Kap. 4.4) im Kontext unternehmensspezifischer Anforderungen. Dabei wird geprüft, inwieweit die vorab definierten Rollenprofile auf die tatsächlichen Prozesse, Aufgaben und Strukturen des Unternehmens übertragbar sind. Diese Phase stellt die Brücke zwischen einem theoretisch fundierten Ordnungsrahmen und der praktischen Umsetzbarkeit dar. Das methodische Vorgehen gliedert sich in fünf aufeinander aufbauende Schritte: *1. RACI-Klassifizierung, 2. Nutzwertanalyse, 3. Verknüpfung von RACI- und Nutzwertdaten, 4. Gewichtete Distanzmatrix und 5. Clusterung der Rollenprofile.*

Schritt 1: RACI-Klassifizierung

Ausgangspunkt der Bewertung ist die Zuordnung der entwickelten Rollenprofile zu den Aufgaben des unternehmensspezifischen Produktentstehungsprozesses (vgl. Bild 4-21, vgl. Kap. 4.5). Hierbei wird jede Aufgabe mit den Rollen verknüpft, die dafür entweder verantwortlich (Responsible), rechenschaftspflichtig (Accountable), beratend (Consulted) oder informativ (Informed) zuständig sind [Inc23; Sch19, S.394; SP21].

Durch diese RACI-Matrix entstehen transparente Zuständigkeitszuordnungen, die die Grundlage für die weitere Bewertung und mögliche Rollenbündelung liefern. Die RACI-Zuordnung dient zugleich der Identifikation von potenziellen Schnittstellenproblemen und Verantwortungsdiffusionen im aktuellen Rollenverständnis.

Ordnungsrahmen für Prozesse

Prozessphase

Prozessunterphase

Business Analysis

Stakeholder Needs

Konzeptdefinition

Arbeitstätigkeit

Innovationsmanagement, Innovationsstrategie

Trends & Technologien (z.B. Identifikation, Analyse, Bewertung)

Markt- & Wettbewerbsanalyse (z.B. Herausforderungen, Marktbedürfnisse)

Business Management inkl. Risikoanalyse (z.B. Daten-/Prozessanalyse)

Zieldefinition (z.B. Bewertung Geschäftswert)

Stakeholderidentifikation (z.B. Radar/Mapping, Personabeschreibung)

Stakeholderanalyse (z.B. Bedürfnisse, Erwartungen)

Kundenanforderungen (z.B. Ableitung, Priorisierung, Überprüfung)

Rollenprofile

Innovationsmanager

Customer Interface

Anforderungsingenieur

Systemarchitekt

Systemanalyse-Experte

R = Responsible = Wer führt die Aufgabe aus?
A = Accountable = Wer ist rechenschaftspflichtig?
C = Consulted = Wer wird hinzugezogen?
I = Informed = Wer wird informiert?

Bild 4-21 RACI-Matrix (exemplarisch auf Basis des Ordnungsrahmens)

Schritt 2: Nutzwertanalyse

In einem zweiten Schritt erfolgt eine Nutzwertanalyse der Aufgaben durch beteiligte Unternehmensvertreter. Jede Aufgabe wird aus Unternehmenssicht hinsichtlich Relevanz, Aufwand und Komplexität bewertet. Die Kombination dieser drei Kriterien ergibt eine gewichtete Priorisierung der Aufgaben, die den realen Herausforderungen und Bedarfen in der Produktentstehung Rechnung trägt.

Das Ergebnis ist eine Ranking-Liste priorisierter Aufgaben, aus der sich der tatsächliche Gestaltungsdruck in Bezug auf Rollenfunktionen ableiten lässt. Aufgaben mit hohem Gewicht (z. B. Innovationsmanagement mit einem maximalen Nutzwert) stehen dabei besonders im Fokus der weiteren Modellierung des Rollenmodells.

Schritt 3: Verknüpfung von RACI- und Nutzwertdaten

Die Ergebnisse der RACI-Klassifizierung und der Nutzwertanalyse werden im dritten Schritt zusammengeführt (vgl. Bild 4-22). Hierbei wird analysiert, welche Rollen für besonders kritische Tätigkeiten (aus Sicht der Unternehmen) zuständig sind. Durch diese Verknüpfung entsteht ein tiefgehendes Verständnis der Bedeutung einzelner Rollen für den Unternehmenserfolg, insbesondere für solche Rollen, die bei priorisierten Tätigkeiten mehrfach als „verantwortlich“ oder „ausführend“ gekennzeichnet sind.

Beispielhaft lässt sich zeigen, dass etwa der Innovationsmanager aufgrund der mehrfachen Zuständigkeit für hochbewertete Tätigkeiten (z. B. Innovationsstrategie, Technologieanalyse) besonders stark gewichtet wird.

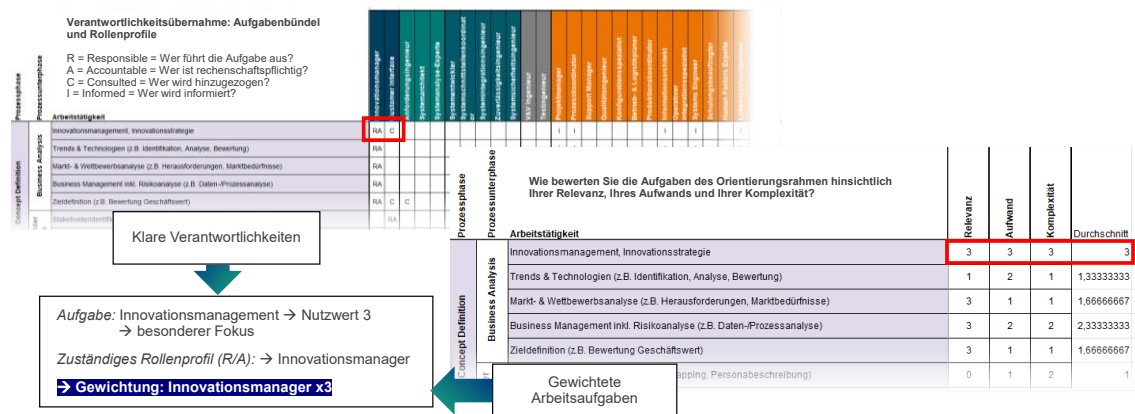


Bild 4-22 Verknüpfung von RACI- und Nutzwertdaten

Schritt 4: Gewichtete Distanzmatrix

Zur Analyse der Rollenüberschneidungen und funktionalen Nähe wird im vierten Schritt eine gewichtete Distanzmatrix erstellt. Diese visualisiert, wie stark Rollenprofile inhaltlich überlappen, sprich wie ähnlich ihre Aufgaben sind. Die Gewichtung erfolgt dabei auf Basis der zuvor bestimmten Nutzwerte, mit welchen die Zeilen- sowie Spaltenwerte des jeweiligen Rollenprofils multipliziert werden. Ergebnis ist eine Matrix, die funktionale Nähe und Überschneidung von Rollenprofilen quantitativ erfasst.

Schritt 5: Clusterung der Rollenprofile

Auf Basis der Distanzmatrix erfolgt eine Clusteranalyse (analog dem Vorgehen vgl. Kap. 4.5.3), mit dem Ziel, Rollenbündel zu identifizieren, die sich aus Sicht der Organisation logisch zusammenführen lassen. Hierdurch entsteht ein erstes, unternehmensspezifisches Rollenmodell, das sowohl funktional konsistent als auch aus Prozesssicht begründet ist. Gleichzeitig ist die Clusteranalyse eine Hilfe, den jeweils richtigen Aggregationsgrad für das Unternehmen zu finden.

Die resultierenden Rollenbündel reflektieren nicht nur die Nähe zwischen Rollenprofilen, sondern auch deren jeweilige Bedeutung im operativen Tagesgeschäft. Damit wird der Übergang zur Phase 3 vorbereitet, in der das Rollenmodell und die Handlungsempfehlungen abgeleitet werden.

Entwicklung des Rollenmodells und Ableitung von Handlungsempfehlungen

Die dritte Phase des Vorgehensmodells zielt auf die Überführung der Analyseergebnisse in ein umsetzbares Rollenmodell und in unternehmensspezifische Handlungsempfehlungen. Sie stellt den entscheidenden Schritt dar, in dem aus der Bewertung generischer Rollenprofile ein konkretes Rollenmodell für die Organisation abgeleitet wird. Dies umfasst sowohl die Weiterentwicklung der Rollenprofilen auf Basis der Clusterung als auch die Identifikation von Rollenlücken, Doppelrollen oder nicht benötigten Profilen. Dieser Ent-

wicklungsschritt erfolgt idealerweise in enger Abstimmung mit den betroffenen Fachabteilungen unter Zuhilfenahme von Workshops, Rollenspielanalysen oder Feedbackschleifen.

In einem weiteren Schritt werden die Schnittstellen zwischen den Rollenprofilen sowie deren interne und externe Kommunikationsbeziehungen analysiert und definiert. Ziel ist, Überschneidungen und Unklarheiten im Verantwortungsbereich zu minimieren und eine reibungslose Zusammenarbeit über Disziplin- und Bereichsgrenzen hinweg zu ermöglichen. Als zentrales Ergebnis dieser Phase wird ein unternehmensspezifisches Rollenmodell entwickelt. Es beschreibt die Verteilung von Aufgaben, Verantwortlichkeiten und Informationsflüssen entlang der unternehmensspezifischen Prozesse und zeigt auf, wie die definierten Rollen im Alltag miteinander interagieren sollen.

Fazit: Das Ergebnis der dritten Phase ist ein vollständig entwickeltes, unternehmensspezifisches Rollenmodell, das auf realen Anforderungen, Priorisierungen und Zusammenarbeitsmustern basiert. Es enthält klare Handlungsempfehlungen zur Identifikation, Gestaltung sowie Optionen zur Weiterentwicklung des Rollenmodells. Durch die Kombination aus analytischer Fundierung und partizipativer Gestaltung wird eine hohe Akzeptanz und Umsetzbarkeit sichergestellt.

5 Demonstration und Evaluation der Systematik

Dieses Kapitel bildet den anwendungsorientierten Teil der Arbeit. Aufbauend auf dem in Kapitel 4.6 dargestellten Vorgehensmodell sowie den konzeptionellen Bestandteilen der Systematik (vgl. Kap. 4.1 bis 4.5), wird die Anwendbarkeit in realen Kontexten demonstriert und bewertet. Zunächst werden die exemplarischen Anwendungsfälle vorgestellt, die als Referenzrahmen für die Demonstration dienen (vgl. Kap. 5.1). Anschließend erfolgt die schrittweise Anwendung der Systematik entlang der im Vorgehensmodell definierten Phasen – von der Aufnahme der Ausgangssituation hin zur die Entwicklung eines unternehmensspezifischen Rollenmodells sowie die Ableitung von Handlungsempfehlungen (vgl. Kap. 5.2). Daraufhin werden die Ergebnisse und die Systematik als solche hinsichtlich ihrer Wirksamkeit, Akzeptanz und Praxistauglichkeit evaluiert (vgl. Kap. 5.3). Die abschließende Diskussion (vgl. Kap. 5.4) reflektiert übertragbare Erkenntnisse, identifizierte Limitationen sowie Implikationen für zukünftige Anwendungen der Systematik. Das ausführliche Vorgehen ist in der Veröffentlichung [GKW+25] zu finden.

5.1 Anwendungsfälle

Zur Demonstration und Evaluation der entwickelten Systematik wurde diese exemplarisch in drei Unternehmen mit heterogenen Ausgangsbedingungen angewendet. Ziel war, die praktische Anwendbarkeit und Anschlussfähigkeit der Systematik im realen Unternehmenskontext zu überprüfen. Gleichzeitig sollten durch die Umsetzung Rückschlüsse auf potenzielle Weiterentwicklungsbedarfe und kontextspezifische Adaptionen ermöglicht werden.

Die Fallbeispiele wurden gezielt diversifiziert ausgewählt, um eine möglichst hohe Übertragbarkeit der Ergebnisse auf unterschiedliche Branchen, Unternehmensgrößen sowie Reifegrade im Bereich des Systems Engineering sicherzustellen.

Unternehmen A ist ein global tätiges Großunternehmen (GU) in der Elektrogerätebranche mit mehreren, teils sehr unterschiedlichen Produktlinien. Die Einführung von SE ist in der Organisation bereits weit fortgeschritten; eine zentrale Abteilung zur Koordination von SE-Aktivitäten existiert. Rollenprofile sind in Teilen bereits definiert, v. a. in Form einer AKV-Matrix (Aufgaben–Kompetenzen–Verantwortung), jedoch ohne übergreifende Strukturierung oder explizites Rollenmodell. Ziel der Anwendung in A war die Überprüfung des Status quo, die Identifikation von Lücken sowie die Ableitung von Impulsen für die Einführung und Ausdifferenzierung weiterer ASE-spezifischer Rollen. Unternehmen A diente darüber hinaus als Primärbeispiel für die Demonstration der Systematik im weiteren Verlauf dieser Arbeit (vgl. Kapitel 5.2).

Unternehmen B ist ein mittelständisches Unternehmen (KMU) aus dem Sondermaschinenbau. Die Produkte und Unternehmensprozesse zeichnen sich durch hohe technische Komplexität und kundenspezifische Anpassung aus. Berührungspunkte mit SE lagen bislang kaum vor, ein strukturiertes Rollenverständnis existierte nicht.

Das Unternehmen zeigte jedoch grundsätzliches Interesse an der Einführung eines Rollenmodells. Ziel der Anwendung in B war es, die aktuelle Ausgangssituation zu hinterfragen („Challenge der IST-Situation“) sowie die Eignung der Systematik für eine potenzielle Implementierung eines Rollenmodells im eigenen Unternehmen zu prüfen.

Unternehmen C ist ein weiteres Großunternehmen aus dem Bereich der Automatisierungs- und Verbindungstechnik. Die Produkte finden in verschiedenen Industrieanwendungen Einsatz. Zum Zeitpunkt der Analyse befand sich das Unternehmen in der frühen Phase der Einführung von SE. Die Entwicklung eines konkreten Rollenmodells für den Produktentstehungsprozess war als zentrale Maßnahme in Planung. Ziel der Anwendung in C war es, einen Abgleich mit dem Stand der Technik vorzunehmen, die eigenen Überlegungen zur Rollenausgestaltung zu reflektieren und erste fundierte Rollenprofile im Rahmen eines konkreten Anwendungsszenarios zu erarbeiten.

Die Anwendung der Systematik erfolgte in den Monaten *April bis August 2025*. Alle drei Unternehmen brachten unterschiedliche Reifegrade, Strukturen und Zielsetzungen in die Analyse ein. Diese Vielfalt unterstreicht die Flexibilität und Modularität der Systematik, die sich sowohl zur Strukturierung bestehender Rollenkonzepte als auch zur initialen Einführung eines Rollenmodells eignet.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit fokussiert sich die folgende Darstellung auf die Anwendung der Systematik in Unternehmen A, das als vertiefter Referenzfall dient. Die entsprechenden Ergebnisse und Analyseschritte werden in Kapitel 5.2 systematisch erläutert.

5.2 Anwendung der Systematik

Im folgenden Kapitel wird die Anwendung der entwickelten Systematik exemplarisch am Unternehmen A dargelegt. Ziel ist, die einzelnen Schritte des Vorgehensmodells (vgl. Kap. 4.6) praxisnah zu durchlaufen und deren Funktionalität sowie Transferfähigkeit aufzuzeigen. Die Anwendung erfolgt entlang der drei zentralen Phasen des Vorgehensmodells der Systematik: Aufnahme der Ausgangssituation im Unternehmen (Kap. 5.2.1), Bewertung der Rollenprofile und des Ordnungsrahmens (Kap. 5.2.2) sowie der Entwicklung des unternehmensspezifischen Rollenmodells und Ableitung konkreter Handlungsempfehlungen (Kap. 5.2.3).

5.2.1 Aufnahme der Ausgangssituation

Die Aufnahme der Ausgangssituation bildet den Ausgangspunkt für die systematische Entwicklung eines unternehmensspezifischen Rollenmodells. Im Rahmen eines ersten explorativen Workshops wurden zentrale Begriffe, Chancen und Herausforderungen im Umgang mit Rollen systematisch erarbeitet. An dem Workshop haben drei Mitarbeitende aus dem Bereich Systems Engineering teilgenommen. Das bestehende Rollen- und Pro-

zessmanagement wurde unternehmensseitig vorgestellt. Im Fokus stand, ein gemeinsames Rollenverständnis zwischen den Teilnehmenden zu entwickeln sowie organisations-typische Potentiale und Hindernisse im Umgang mit Rollen sichtbar zu machen.

Klärung des Rollenverständnisses in Unternehmen A

Hierzu wurden die drei Leitfragen „Was ist eine Rolle?“, „Welche Chancen ergeben sich durch Rollen?“ und „Welche Herausforderungen sind mit Rollen verbunden?“ gemeinsam mit den Teilnehmenden bearbeitet.

Rollenverständnis

Aus Sicht des Unternehmens A beschreibt eine Rolle eine Bündelung von Aufgaben, Rechten und Verantwortlichkeiten, die einer oder mehreren Personen in der Organisation zugewiesen werden. Eine Rolle ist demnach nicht zwangsläufig an eine konkrete Person gebunden, sondern stellt eine funktionale Einheit dar, die unabhängig von einer individuellen Besetzung gedacht wird. Es wurde hervorgehoben, dass eine einzelne Person mehrere Rollen gleichzeitig innehaben kann, was insbesondere in kleineren Organisationseinheiten oder agilen Strukturen üblich ist.

Besonderes Augenmerk lag auf der Unterscheidung zwischen der Verantwortung für eine Aufgabe und ihrer Ausführung. So wurde betont, dass Verantwortung im Sinne eines Rollenverständnisses nicht zwingend bedeutet, dass die betreffende Person die Aufgabe auch selbst operativ ausführt. Die sogenannte AKV-Logik (Aufgaben, Kompetenzen, Verantwortung) wurde von Unternehmen A als grundlegender Bezugsrahmen genannt, wobei gleichzeitig auf historisch gewachsene Unklarheiten und Business-Units-spezifische Unterschiede hingewiesen wurde. Darüber hinaus wurde kritisch reflektiert, dass der Begriff „Kompetenz“ in vielen Rollenprofilbeschreibungen nicht trennscharf verwendet wird. Insbesondere die Abgrenzung zwischen Entscheidungskompetenz, Fachkompetenz und Handlungsbefugnis wurde als unscharf empfunden. Dies führt in der Praxis häufig zu Missverständnissen über die tatsächliche Handlungsbefugnis der einzelnen Rollen.

Chancen durch den Einsatz von Rollen

Unternehmen A identifizierte eine Reihe von positiven Effekten, die sich aus dem Einsatz klar definierter Rollen ergeben können: Besonders hervorgehoben wurde die potenziell höhere Transparenz innerhalb der Organisation. Durch klar zugewiesene Rollen werde sichtbar, wer für welche Themen ansprechbar ist, was die Kommunikation innerhalb interdisziplinärer Teams erleichtere. Auch wurde betont, dass definierte Rollen helfen, Prozesse besser mit der tatsächlichen Aufgabenverteilung abzugleichen. Dies ermögliche nicht nur eine bessere Kontrolle, sondern schaffe auch Orientierung für neue Mitarbeitende. Rollen wurden zudem als Instrument zur persönlichen Weiterentwicklung verstanden: Mitarbeitende hätten die Möglichkeit, sich gezielt auf Rollen mit bestimmten Kompetenz- oder Verantwortungsprofilen vorzubereiten. Ein weiterer Vorteil liegt nach Ein-

schätzung der Teilnehmenden in der verbesserten Flexibilität und Steuerbarkeit von Ressourcen. Insbesondere in komplexen Projektstrukturen ermögliche eine rollenbasierte Organisation eine dynamischere Anpassung an sich verändernde Rahmenbedingungen, ohne dabei Prozesse oder Zuständigkeiten neu verhandeln zu müssen. Auch im Rahmen von Einstellungsprozessen könne ein systematisches Rollenverständnis helfen, Anforderungen klarer zu formulieren und geeignete Kandidaten gezielter auszuwählen.

Herausforderungen im Umgang mit Rollen

Trotz der identifizierten Potenziale wurden auch zentrale Herausforderungen von Unternehmen A benannt, die mit dem Rollenverständnis und der Rollenimplementierung in der Praxis einhergehen. Eine wiederkehrende Kritik betraf die oftmals fehlende oder unklare Governance in Bezug auf Rollen. Häufig seien Rollen nicht eindeutig dokumentiert oder würden nicht konsequent gelebt, was zu Unsicherheiten in der Zuständigkeit und mangelnder Verantwortungsübernahme führe. Zudem seien die Aufgaben, die einer Rolle zugeordnet werden, vielfach nicht konkret definiert oder würden im Alltag nicht aktiv wahrgenommen. Dies erschwere nicht nur die Steuerung, sondern führe auch zu Ineffizienzen in der Zusammenarbeit.

Die Einführung und Verankerung neuer Rollen werden zudem häufig durch kulturelle oder strukturelle Barrieren erschwert. Ein weiterer kritischer Punkt betraf die Schnittstellen zwischen Rollen, insbesondere im Zusammenspiel mit bestehenden Organisations- oder Prozessrollen. Die Abgrenzung zwischen verschiedenen Rollenprofilen sei häufig unklar, was zu Doppelarbeiten oder widersprüchlichen Verantwortlichkeiten führen könne. Nicht zuletzt wurde angemerkt, dass Rollenmodelle, insbesondere wenn sie zu starr formuliert sind, als administrativer Mehraufwand empfunden werden und Prozesse sogar behindern können, anstatt sie zu unterstützen. Dies unterstreicht die Notwendigkeit, bei der Einführung und Anwendung von Rollenmodellen ein angemessenes Maß an Flexibilität und Kontextsensibilität zu wahren.

Die Ergebnisse wurden mit Hilfe einer Stärken-Schwächen-Chancen-Risiken-Analyse zusammengefasst und werden in Bild 5-1 dargestellt. Sie unterstützt die zielgerichtete Ausgestaltung des Rollenmodells, indem sie interne Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken systematisch gegenüberstellt. Dadurch lassen sich konkrete Handlungsbedarfe ableiten, Rollen gezielt an organisationale Gegebenheiten anpassen und strategische Entwicklungspotenziale identifizieren

Stärken • Erhöhte Transparenz über Verantwortlichkeiten • Bessere Orientierung für Mitarbeitende und neue Rolleninhaber • Förderung persönlicher Weiterentwicklung durch klar definierte Rollen • Flexibilität bei Ressourceneinsatz und Aufgabenverteilung • Nützliches Instrument im Einstellungsprozess	Schwächen • Unklare Begriffsverwendung (z. B. Kompetenz, Verantwortung) • Fehlende oder inkonsistente Governance-Strukturen • Abgrenzung zu bestehenden Strukturen oft unklar • Mangelnde Definition konkreter Aufgaben innerhalb von Rollen • Gefahr administrativer Überlastung durch zu detaillierte Modelle
Chancen • Ermöglichung eines gezielten Kompetenzaufbaus durch strukturierte Rollen • Bessere Steuerung interdisziplinärer Zusammenarbeit • Förderung von agilen, prozessorientierten Arbeitsweisen • Erleichterung der Skalierung in Organisationen mittels Standardisierung von Rollen	Risiken • Kulturelle Widerstände gegen neue Rollenkonzepte • Verlangsamte Prozesse durch Rollenregelungen • Fehlende Akzeptanz bei Führungskräften oder Mitarbeitenden • Implementierung erfordert intensives Change-Management

Bild 5-1 SWOT-Analyse | Rollenverständnis Unternehmen A

Vorhandenes Rollen- und Prozessmanagement

Nach der gemeinsamen Erarbeitung eines organisationsinternen Rollenverständnisses wurden die vorhandenen Prozess- und Rollenstrukturen von Unternehmen A aufgenommen. Das Unternehmen A stellte hierzu bereits bestehende Vorarbeiten zur Verfügung. Aus Gründen der Vertraulichkeit und interner Compliance-Vorgaben wird an dieser Stelle bewusst auf die Darstellung konkreter Inhalte und Dokumente verzichtet. Stattdessen erfolgt eine zusammenfassende Beschreibung wesentlicher Erkenntnisse aus der Analyse.

Prozesse: Im Zentrum stehe ein organisationsweiter übergreifender Produktentstehungsprozess. Dieser werde unternehmensintern jedoch von jeder Business Unit eigenständig angepasst und weiterentwickelt. Dabei zeige sich eine hohe Varianz hinsichtlich der Detaillierung der einzelnen Prozessbausteine: Während manche Prozessschritte klar umrissene Aufgaben und Artefakte enthielten, blieben andere offen und unspezifisch. Allgemein wird Transparenz über alle unternehmensweiten Prozesse als zusätzliche Herausforderung beschrieben. Dies führe teilweise zu einer reduzierten Nachvollziehbarkeit und zu potenziellen Koordinationsdefiziten.

Die zentrale Abteilung für Systems Engineering übernehme eine unterstützende Rolle in der methodischen Ausgestaltung dieser Prozesse. Sie entwickle Empfehlungen und stelle Methodenbausteine zur Verfügung, deren tatsächlicher Einsatz jedoch der Entscheidungshoheit der jeweiligen Business Unit unterläge. Die Steuerung erfolge daher primär indirekt über methodische Angebote, nicht über verbindliche Prozessvorgaben.

Rollen: Auch im Bereich der Rollen wurde eine erste Strukturierung vorgenommen. Allerdings entspricht die aktuelle Nutzung des Rollenbegriffs nicht dem in dieser Arbeit verwendeten Verständnis eines strukturierten Rollenprofils. Der Rollenbegriff würde bislang primär im Rahmen einer AKV-Matrix (Aufgaben–Kompetenzen–Verantwortung) verwendet, welche zur initialen Definition von Rollen dient.

Das AKV-Tool werde jedoch nur in begrenztem Umfang aktiv genutzt und gälte im Unternehmen eher als bürokratisches Instrument als gelebte Praxis. Eine kontinuierliche Aktualisierung und Anwendung im Alltag erfolgen nur eingeschränkt. Entsprechend fehle bislang eine visuelle oder systematische Darstellung eines vollständigen sowie übergreifendes Rollenmodell zur Rolleninteraktion.

Positiv hervorzuheben sei, dass die bestehende AKV-Struktur als Basis für Weiterbildungs- und Kompetenzentwicklungsmaßnahmen genutzt werden kann. Dies stelle ein potenzielles Anknüpfungspotenzial für die Weiterentwicklung der Systematik dar, insbesondere im Sinne eines rollenbasierten Kompetenzmanagements.

5.2.2 Bewertung der generischen Rollenprofile und des Ordnungsrahmens

Auf Grundlage der zuvor analysierten Ausgangssituation erfolgt im nächsten Schritt die Bewertung der generischen Rollenprofile und des Ordnungsrahmens. *[Anmerkung: Aus Gründen der Vertraulichkeit wird an dieser Stelle auf den Ordnungsrahmen anstelle des unternehmenseigenen Produktentstehungsprozesses zurückgegriffen.]*

Hierzu werden die generischen Rollenprofile sowie der generische Ordnungsrahmen anhand definierter Merkmale systematisch bewertet. Diese Ergebnisse fließen in eine gewichtete Distanzmatrix (vgl. Kap. 4.5.3) ein, die funktionale Nähe und Ähnlichkeit der Rollen abbildet. Auf dieser Basis erfolgt eine Clusterung, um inhaltlich verwandte Rollen zu bündeln und so das Rollenmodell zu erzeugen. Dabei werden die analysierten Rahmenbedingungen des Unternehmens berücksichtigt.

Bewertung der Rollenprofile

Die Bewertung der generischen Rollenprofile erfolgte anhand zweier Kriterien (vgl. Bild 5-2):

- **Relevanz:** *Wie wichtig ist die jeweilige Rolle für das Unternehmen im Kontext des Advanced Systems Engineering? (Skala von 0 = „nicht relevant“ bis 5 = „sehr relevant“)*
- **Existenz:** *Ist diese Rolle bereits im Unternehmen institutionell verankert? (Antwortoptionen: „Ja“, „Teilweise“, „Nein“)*

	Relevanz 0=nicht relevant 5= sehr relevant	Existenz 0=Nein 1=Teilweise 2=Ja
Innovationsmanager	5	2
Customer Interface	4	1
Anforderungsingenieur	-	0
Systemarchitekt	5	2
Systemanalyse-Experte	3	0
Systementwickler	5	2
Schnittstellenkoordinator	5	1
Systemintegrationsingenieur	-	0
Zuverlässigkeitsingenieur	-	0
Sicherheitsingenieur	4	2
V&V Ingenieur	5	2
Testingenieur	5	0
Projektmanager	5	2
Prozesskoordinator	4	0
Supportmanager	3	1
Qualitätsingenieur	5	2
Konfigurationsspezialist	5	2
Betriebs-/Logistikplaner	-	-
Industrial Engineer	4	1
Informationsarchitekt	2	0
Operativer Integrationsspezialist	1	-
Systems Engineer	5	2
Dok.- u. Schulungsbeauftragter	4	0
Designer	4	1
Lebenszyklusingenieur	0	0
Produktmanager	4	2

Bild 5-2 Bewertung der Rollenprofile

Erkenntnisse aus der Relevanzbewertung: Die Ergebnisse zeigen, dass viele der im ASE-Kontext zentralen Rollen eine sehr hohe Relevanz aufweisen. Hierzu zählen insbesondere die Rollen Innovationsmanager, Systemarchitekt, Systementwickler sowie der Schnittstellenkoordinator und V&V Ingenieur. Diese Rollen wurden mit einer Relevanz von „5“ bewertet und gelten damit als entscheidend für eine erfolgreiche Umsetzung von Advanced Systems Engineering im Unternehmen. Die Rollen Systemintegrations- und Zuverlässigkeitsingenieur wurden dagegen nicht als relevant eingeschätzt.

Bei den projektunterstützenden Rollen zeigt sich ein heterogenes Bild: Rollen wie Projektmanager, Qualitätsingenieur, Konfigurationsspezialist und Systems Engineer wurden als sehr relevant bewertet. Andere Rollen, wie bspw. der Informationsarchitekt, wurden als weniger relevant eingeschätzt, ihre Aufgaben werden teils von anderen Rollen ausgeführt. Die Rolle Lebenszyklusingenieur wurde gänzlich abgelehnt, da das Unternehmen A erwartet, dass alle anderen Rollen die Aufgaben des Lebenszyklusingenieurs im Sinne eines ganzheitlichen SE übernehmen und es eher kontraproduktiv wäre eine separate Rolle zu haben. Die Rollen Produktionskoordinator und Human Factors Experte wurden in Industrial Engineer und Designer umbenannt.

Erkenntnisse aus der Existenzbewertung: Die zweite Bewertungsdimension offenbart teils deutliche Diskrepanzen zwischen Relevanz und Umsetzung (vgl. Bild 5-2). Rollen

mit hoher Relevanz, aber fehlender oder nur teilweise organisatorischer Verankerung, sind insbesondere in den Clustern „Analyse“ und „Testing“ zu finden. Die Rollen des Schnittstellenkoordinators, des Systemanalyse-Experten und des Testingenieurs werden als strategisch bedeutend eingestuft, existieren im Unternehmen nicht oder nur in Teilen und ohne klar definierte Schnittstellen. Auch der Prozesskoordinator wird als potenziell sehr wichtig erachtet, ist aber bislang nicht als eigenständige Rolle etabliert. Das Unternehmen A möchte diesen jedoch auf kurzer Sicht implementieren und hat bereits intern erste Schritte veranlasst. Die Rolle Anforderungsingenieur existiert in einer solchen Form nicht in Unternehmen A; seine Aufgaben werden vorrangig von der Rolle Systemarchitekt übernommen. Rollenprofile, die als nicht relevant eingeschätzt worden sind, existieren im Unternehmen auch nicht. Ergänzt wurden keine weiteren Rollen.

Ableitungen und Implikationen für die Rollenprofilbündelung: Die Kombination aus Relevanz- und Existenzbewertung liefert eine Orientierung für die weitere Rollenprofilentwicklung:

- Rollen mit hoher Relevanz und fehlender Umsetzung markieren vorrangige Handlungsfelder. Hier sind sowohl konzeptionelle Klärungen als auch konkrete Implementierungsmaßnahmen erforderlich.
- Rollen mit hoher Relevanz und bestehender Verankerung bieten Potenzial zur Weiterentwicklung, Standardisierung und Qualifizierung.
- Rollen mit geringer Relevanz oder unklarer Definition sollten im Zuge der Clustering kritisch hinterfragt bzw. zusammengefasst oder gestrichen werden.

Als **Ergebnis** liegen 18 ausgewählte Rollenprofile für das Unternehmen A vor, welche die Ausgangsbasis für die Entwicklung des Rollenmodells sind.

Bewertung der Prozesse des Ordnungsrahmens

Im nächsten Schritt wurden die im Ordnungsrahmen abgebildeten Prozesse bewertet. Die Bewertung erfolgte entlang folgender drei Kriterien, abgestuft auf einer Skala von 0 bis 3:

- Relevanz: *Wie bedeutsam ist die jeweilige Aufgabe für das betrachtete Unternehmen im Kontext von Advanced Systems Engineering?*
- Aufwand: *Welcher zeitliche, organisatorische oder personelle Aufwand ist mit der Durchführung der Aufgabe verbunden?*
- Komplexität: *Wie herausfordernd ist die konkrete Umsetzung der Aufgabe in Hinblick auf fachliche, methodische oder prozessuale Anforderungen?*

Dabei galt: 0 = nicht vorhanden oder nicht relevant, 1 = gering, 2 = mittel und 3 = hoch. Durchgeführt wurde die Bewertung mit Hilfe eines standardisierten Fragebogens. Den Teilnehmenden (n=3 aus dem Bereich Systems Engineering) lagen hierfür die ausführlichen Beschreibungen des Ordnungsrahmens vor.

Ergebnisse der Prozessbewertung: Die Ergebnisse zeigen ein differenziertes Bild über die Prozessphasen hinweg (vgl. Bild 5-3). Übergreifend sei laut Unternehmen A zu berücksichtigen, dass die Bewertung nach Relevanz, Aufwand und Komplexität je nach Business Unit unterschiedlich ausfällt, daher wurde versucht, ein Mittelwert zu finden, der die Gesamtsituation des Unternehmens widerspiegelt.

Prozessphase		Wie bewerten Sie die Aufgaben der ISO15288 hinsichtlich Ihrer Relevanz, Ihres Aufwands und Ihrer Komplexität?				Relevanz	Aufwand	Komplexität	Durchschnitt	
Prozessunterphase		0 = nicht vorhanden 1 = gering 2 = mittel 3 = hoch								
Arbeitsfähigkeit										
Konzeptdefinition	Business Analysis	Innovationsmanagement, Innovationsstrategie					3	2	2	2,33
		Trends & Technologien (z.B. Identifikation, Analyse, Bewertung)					2	1	1	1,33
		Markt- & Wettbewerbsanalyse (z.B. Herausforderungen, Marktbedürfnisse)					2	2	1	1,67
		Business Management inkl. Risikoanalyse (z.B. Daten-/Prozessanalyse)					2	1	1	1,33
	Stakeholder Needs	Stakeholderidentifikation (z.B. Radar/Mapping, Personabeschreibung)					3	1	1	1,67
		Stakeholderanalyse (z.B. Bedürfnisse, Erwartungen)					3	1	1	1,67
		Kundenanforderungen (z.B. Ableitung, Priorisierung, Überprüfung)					3	2	2	2,33
Requirements	Anforderungssammlung/-identifikation (z.B. funktional/nichtfunktional, rechtlich, regulatorisch)					3	1	1	1,67	
	Anforderungsanalyse (z.B. nach Wichtigkeit, Machbarkeit)					2	1	2	1,67	

Bild 5-3 Bewertung der Prozesse des Ordnungsrahmens durch Unternehmen A

Konzeptdefinition: In den Phasen *Business Analysis* und *Stakeholder Needs* werden die Aufgaben in der Regel als sehr relevant, aber wenig komplex bewertet. Der Aufwand ist moderat, die Durchführung jedoch stark vom strategischen Kontext abhängig.

Systemdefinition: Die *Anforderungs- und Architekturphase* weist durchgängig eine hohe Relevanz auf. Aufgaben wie die Systemarchitekturdefinition, Anforderungsprüfung oder Risikobewertung wurden als zentral, aber zugleich methodisch anspruchsvoll und teilweise aufwendig eingestuft. Diese Phase stellt somit einen Kernbereich für die Rollenverankerung dar.

In der Phase des *Entwurfs und Systemanalyse* zeigt sich ein heterogenes Bild. Während Aufgaben wie die Design-Spezifikation und Design-Validierung als relevant, komplex und aufwendig bewertet werden, sind andere Aktivitäten (z. B. Entwicklungstool-Auswahl) organisatorisch weniger relevant ausgeprägt. Bei der Bewertung wurde gleichzeitig daraufhin hingewiesen, dass bspw. die Relevanz der Prozesse Systemleistungsanalyse und -bewertung sowie der Systemalternativen-Vergleich zukünftig deutlich steigen muss.

Systemrealisierung: Die Aufgaben der *Implementierungs- und Integrationsphase* werden mit durchweg hoher Relevanz bewertet. Die Komplexität variiert hier stark je nach Projekttyp und Technologieeinsatz.

In der abschließenden *Verifikations- und Validierungsphase* werden ein durchgängig hoher Aufwand und eine hohe Relevanz festgestellt, insbesondere bei Aufgaben zur Systemverifikation, End-to-End-Tests und der Umsetzung regulatorischer Anforderungen. Gleichzeitig ist diese Phase eng mit fachübergreifenden Rollen und Schnittstellen verbunden. Die Komplexität wird mit einer Bewertung von 1 vergleichsweise niedrig eingestuft.

Ableitungen und Implikationen für die Rollenprofilbündelung: Die Bewertung liefert wichtige Hinweise auf kritische Prozessschritte, die besonders gut durch Rollen abgedeckt sein müssen.

- Hohe Relevanz in Kombination mit hoher Komplexität oder hohem Aufwand legt nahe, dass hier spezialisierte und methodisch versierte Rollenprofile erforderlich sind.
- Umgekehrt können Aufgaben mit geringer Relevanz oder Komplexität ggf. in breiteren Rollenbündeln zusammengefasst oder nachrangig behandelt werden.

5.2.3 Entwicklung des unternehmensspezifischen Rollenmodells und Ableitung von Handlungsempfehlungen

Die gewonnenen Erkenntnisse werden im nächsten Schritt für die Entwicklung eines geeigneten Rollenmodells genutzt. Im Mittelpunkt stehen u.a. die Generierung von Rollenprofilbündel, die Weiterentwicklung bestehender Rollenprofile und Identifikation relevanter Schnittstellen, um die Zusammenarbeit der definierten Rollen zu strukturieren. Abschließend werden Handlungsempfehlungen für die Organisation abgeleitet.

Entwicklung des unternehmensspezifischen Rollenmodells

Basierend auf den in den vorhergehenden Schritten bewerteten Rollenprofilen und Prozessaufgaben wurde im Rahmen eines zweiten Workshops gemeinsam mit den Teilnehmenden von Unternehmen A entwickelt ein unternehmensspezifisches Rollenmodell. Zur methodischen Unterstützung wurden eine visuelle Prozessdarstellung und physischer Rollenprofil-Spielfiguren genutzt (vgl. Bild 5-4):

- Die Prozessphasen des Ordnungsrahmens wurden als physisches Spielfeld visualisiert und dienten der Verortung der Rollen.
- Die zuvor ausgewählten und bereits an die unternehmensspezifischen Gegebenheiten angepassten Rollenprofile wurden in Form von Steckbriefkarten bereitgestellt.
- Jede Rolle wurde durch eine Holzfigur repräsentiert, die haptisch auf dem Spielfeld bewegt und positioniert werden konnte.

Mithilfe dieses physischen Modells wurde der gesamte Prozess schrittweise durchlaufen. Die Teilnehmenden positionierten die Rollenfiguren in den jeweiligen Prozessphasen, in

denen ihre Mitwirkung erforderlich ist. Für jede Zuordnung wurde zudem eine Verantwortlichkeitskennzeichnung in Form farbiger Punkte vorgenommen (vgl. Bild 5-4):

- Rot: Die Rolle ist in dieser Phase *verantwortlich für die Durchführung oder Koordination der Aufgabe*.
- Blau: Die Rolle wird *beratend hinzugezogen*.

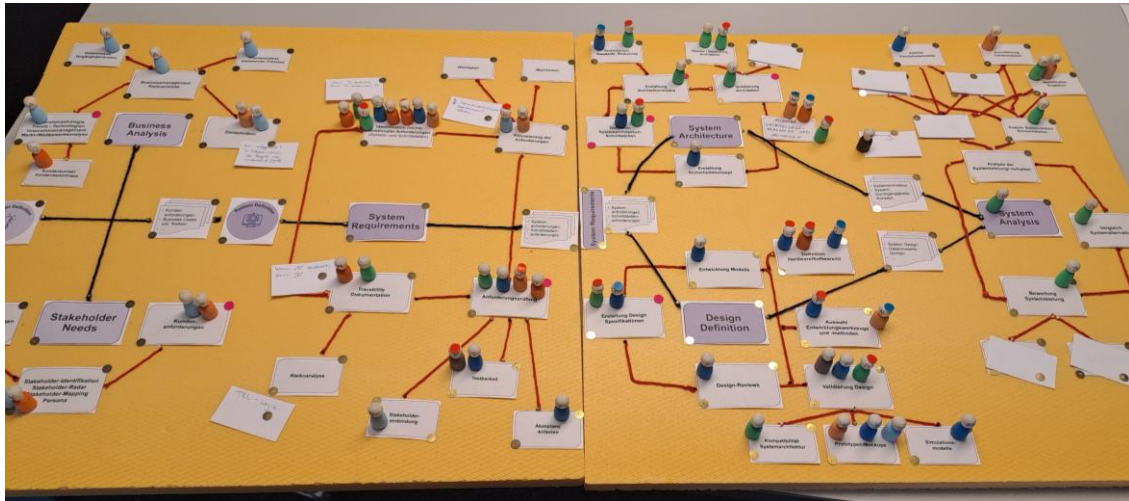


Bild 5-4 Unternehmensspezifisches Rollenmodell | Auszug der Workshopergebnisse

Dieses Vorgehen ermöglichte Diskussionen über Verantwortlichkeiten und Kooperationsbedarfe der einzelnen Rollen entlang der Prozessphasen. Das visuelle Format förderte insbesondere die Abgrenzung der Rollen zueinander.

Zusätzlich sei zu erwähnen, dass die Anzahl der Rollen pro Aufgabe nicht mit der Anzahl an Mitarbeitenden gleichzusetzen ist. Die Anzahl der Mitarbeitenden lässt sich nachgehend mit der Bewertung der Aufgaben, den organisatorischen Gegebenheiten (z. B. Mitarbeiteranzahl, Volatilität des Umfelds, Systemeigenschaften, Aufbauorganisation) sowie der Mitarbeiter-individuellen Voraussetzungen (z. B. Arbeitszeit, Kompetenzen) ableiten.

Eine Darstellung des Rollenmodells von Unternehmen A für die Prozessphase *Anforderungen* findet sich in Bild 5-5. In dieser Phase werden insbesondere vier zentrale Aufgaben abgedeckt:

- **Identifikation (nicht-)funktionaler Anforderungen:** Hier wurden die Rollen Systemarchitekt (D) und Projektmanager (M) als verantwortliche Rollen benannt (rot markiert). Weitere Rollen im Erarbeitungsteam sind der Systemanalyst (E), der Systementwickler (F), der Systemsicherheitsingenieur (J), der Supportmanager (O), der Industrial Engineer (S) und der Designer (X).
- **Priorisierung von Anforderungen:** Für die Anforderungsbewertung hinsichtlich Wichtigkeit und Machbarkeit spielen insbesondere die Rollen Customer Interface (B) (hier als Hauptverantwortlicher) und Projektmanager (M) eine entscheidende

Rolle. Sie übernehmen die Koordination zwischen der technischen und marktbezogenen Perspektive.

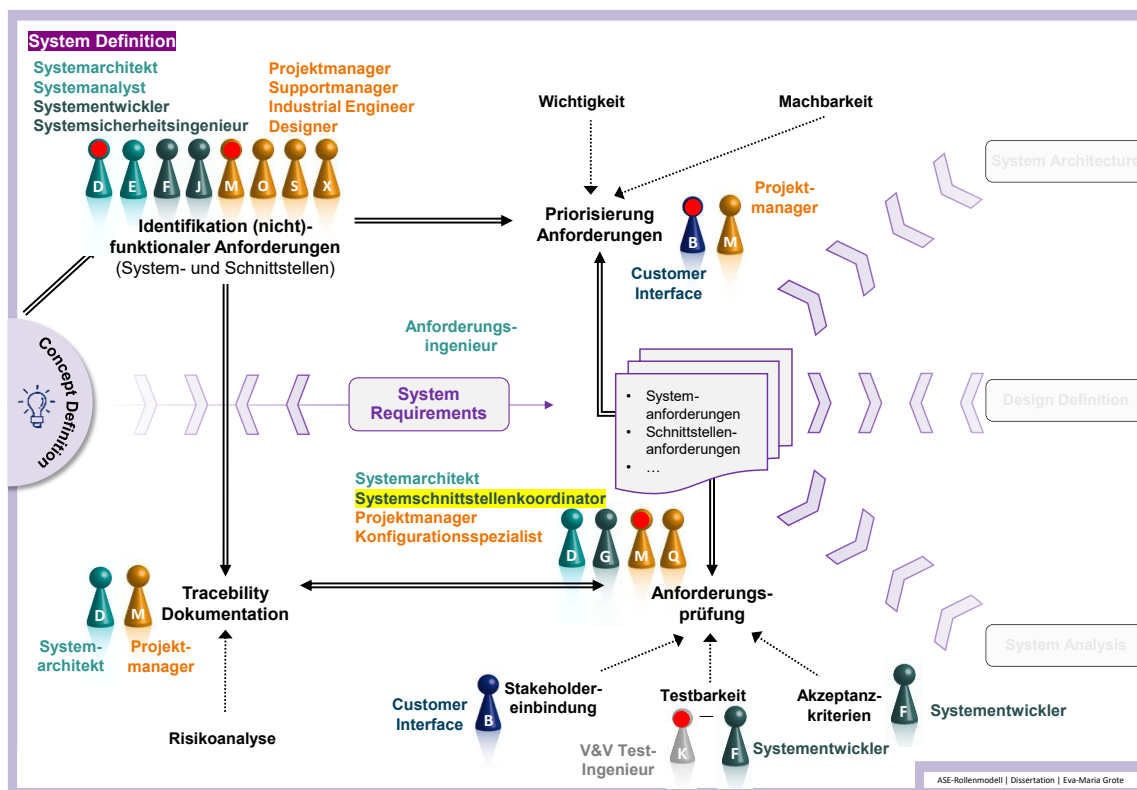


Bild 5-5 Rollenmodell zur Prozessphase „Anforderungen | System Requirements“ von Unternehmen A (Auszug)

- **Anforderungsprüfung:** Die Prüfung erfolgt durch ein erweitertes Rollenset, u. a. bestehend aus dem Systemarchitekt (D), den Systemschnittstellenkoordinator (G), dem Konfigurationsspezialist (Q) und erneut dem Projektmanager (M), der die Hauptverantwortung trägt. Die fachliche Bewertung erfolgt entlang der Prüfkriterien Stakeholdereinbindung (Rolle: Customer Interface (B)), Testbarkeit (Rolle: V&V-Testingenieur (K)), Systementwickler (F) und Akzeptanzkriterien (Rolle: Systementwickler (F)). Die Rolle Systemschnittstellenkoordinator (G) ist eine Rolle, die das Unternehmen A als sehr relevant eingeschätzt hat, aber noch nicht eingeführt hat, und ist aus diesem Grund gelb hinterlegt.
- **Traceability / Dokumentation:** Die Aufgabe der Traceability und Dokumentation werden durch den Systemarchitekt (D) und den Projektmanager (M) wahrgenommen.

Die Rollenverteilung zeigt klar, dass sowohl technische Fachrollen als auch prozessuale Koordinationsrollen eng zusammenwirken müssen, um die Systemanforderungen konsistent zu definieren. Diese differenzierte Betrachtung der Prozessphase erlaubt nicht nur die sachlogische Zuordnung von Rollen zu Aufgaben, sondern fördert auch die Identifikation von Rollenüberlappungen und Schnittstellen. Auf Basis dieser Erkenntnisse wurde

im nächsten Schritt die systematische Rollenbündelung für Unternehmen A vorgenommen.

Generierung von unternehmensspezifischen Rollenprofilbündeln

Zur Reduktion der Komplexität und Steigerung der Flexibilität des unternehmensspezifischen Rollenmodells wurden die unternehmensspezifischen Rollenprofile in einem mehrstufigen Verfahren zu Rollenbündeln zusammengeführt. Ausgangspunkt ist die Zuordnung der einzelnen Rollenprofile zu den jeweiligen Prozessaufgaben des Ordnungsrahmens. Diese Zuordnung erfolgte auf Basis der Ergebnisse aus dem Rollenmodellierungsworkshop. Durch die vorangegangene Gewichtung der Prozesse des Ordnungsrahmens (vgl. Abschnitt 5.2.2) kann nun im folgenden Schritt der Gewichtungsfaktor je Rollenprofil bestimmt werden. Hierfür werden zunächst die Gewichtungsdurchschnitte der einzelnen Prozesse berechnet.

$$\text{Gewichtungsdurchschnitt (Prozess } P) = \frac{\sum \text{Gewichtung } (R, A, K)}{3}$$

Gleichung 2 Gewichtungsdurchschnitt eines Prozesses P mit Gewichtung durch R = Relevanz, A = Aufwand, K = Komplexität

Der ermittelte Durchschnittswert wird anschließend mit den jeweiligen Rollenprofilen, deren zugeordneten Prozessaufgaben und der Häufigkeit ihres Auftretens verknüpft, um einen Gewichtungsfaktor pro Rolle abzuleiten.

$$\text{Gewichtungsfaktor (Rolle } N) = \frac{\sum \text{Gewichtungsdurchschnitte der Prozesse } P_i}{\text{Anzahl der Rollenprofilehäufigkeit}}$$

wobei P_i nur die Prozesse sind, in denen die Rolle N mitarbeitet

Gleichung 3 Gewichtungsfaktor (Rolle N)

Dieser Faktor dient der quantitativen Einschätzung der „Prozesslast“ einer Rolle (vgl. Bild 5-6) und bildet somit eine wichtige Grundlage für die spätere Distanzbewertung, um die Nähe der einzelnen Rollen zueinander zu berechnen.

Rollenprofil	Summe der Gewichtungsdurchschnitte	Häufigkeit	Gewichtungsfaktor
A – Innovationsmanager	6,67	4	1,67
B – Customer Interface	7,33	4	1,83
C	0	0	-
D – Systemarchitekt	20,67	12	1,72
E – Systemanalyse-Experte	4	2	2,00
F – Systementwickler	17	11	1,55
G – Schnittstellenkoordinator	9	5	1,80
H	0	0	-
I	0	0	-
J – Systemsicherheitsingenieur	7,33	4	1,83
K – V&V Testingenieur	10,5	5	2,10
L	0	0	-
M – Projektmanager	7,67	5	1,53
N – Prozesskoordinator	0	2	0,00
O – Supportmanager	1,67	1	1,67
P – Qualitätsingenieur	3,67	2	1,83
Q – Konfigurationsspezialist	3,67	2	1,83
R	0	0	-
S – Meister	3,67	2	1,83
T	0	0	-
U	0	0	-
V – Systems Engineer	0	1	0,00
W	0	0	-
X – Designer	4	3	1,33
Y	0	0	-
Z	0	0	-

Bild 5-6 Gewichtungsfaktor je Rollenprofil

Die bereits vorliegende Distanzmatrix (vgl. Kapitel 4.5.3) wird im nächsten Schritt um die Gewichtungsfaktoren ergänzt. Für jedes Rollenduo wurde der ursprüngliche Distanzwert mit dem durchschnittlichen Gewichtungsfaktor der beiden Rollen multipliziert. Das Ergebnis ist eine gewichtete Distanzmatrix, in der nicht nur strukturelle Überschneidungen, sondern auch die operative Bedeutung, der Rollen berücksichtigt wurde (vgl. Bild 5-7): Kleine Werte in der Distanzmatrix deuten auf eine Nähe beider Rollenprofile hin, große Werte auf eine größere Distanz. Rollenprofile mit einer Gewichtung von Null entfallen in der Distanzmatrix.

Distanzmatrix		Innovationsmanager	Customer Interface	Anforderungsingenieur	Systemarchitekt	Systemanalyse-Experte	Systementwickler	Systemschnittstellenkoordinator	Systemintegrationsingenieur	Zuverlässigkeitsingenieur	System sicherheitsingenieur
Fragestellung: Wie abhängig sind die Aufgabenbeschreibungen der ASE-Rollenprofile zueinander?											
$D_{ij} = 1 / (\sum \text{Bewertungen } a_{ji} + \sum \text{Bewertungen } a_{ij}) / \text{Anzahl aller Bewertungen } (a_{ji}, a_{ij})$											
Innovationsmanager		X									
Customer Interface		1,53	X								
Anforderungsingenieur		-	-	X							
Systemarchitekt		3,02	2,96	-	X						
Systemanalyse-Experte		5,33	6,77	-	1,16	X					
Systementwickler		5,15	5,67	-	0,83	0,69	X				
Systemschnittstellenkoordinator		9	19,8	-	1,16	1,52	0,76	X			
Systemintegrationsingenieur		-	-	-	-	-	-	-	X		
Zuverlässigkeitsingenieur		-	-	-	-	-	-	-	-	X	
System sicherheitsingenieur		15,3	16,8	-	3,16	1,69	1,35	1,77	-	-	X

Bild 5-7 Gewichtete Distanzmatrix für Unternehmen A (Auszug) mit D_{ij} als Distanzwert für die Rollen i und j

Auf Basis der gewichteten Distanzmatrix wurde abschließend eine hierarchische Clusteranalyse nach dem Ward-Linkage-Verfahren (vgl. Kap. 4.5.3) durchgeführt. Die dabei entstandene Struktur wurde in Form eines Dendrogramms visualisiert (vgl. Bild 5-8). Das Dendrogramm zeigt deutlich:

- welche Rollen sich zu funktionalen Clustern zusammenfassen lassen,
- welche Rollen eine Alleinstellung aufweisen,
- und wo hohe Aufgabenüberschneidungen vorliegen, die eine Bündelung nahelegen.

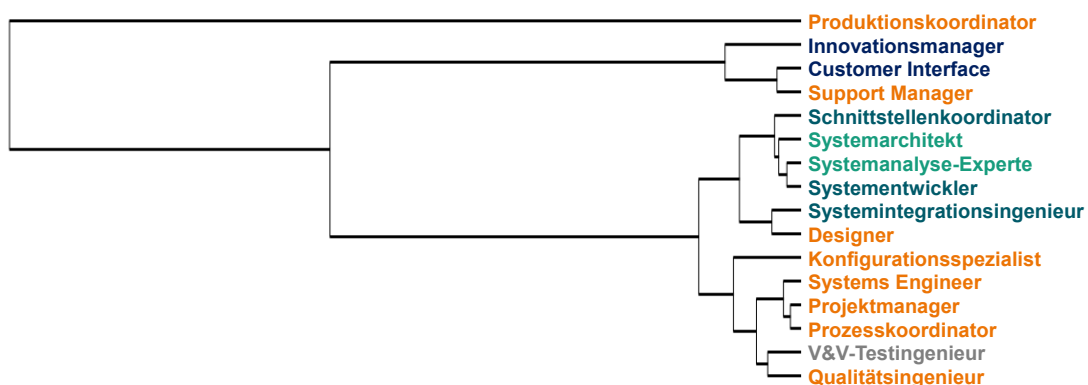


Bild 5-8 Dendrogramm für Unternehmen A

Beispielsweise weisen die Rollenprofile Customer Interface und Support Manager, Systemanalyse-Experte und Systementwickler oder V&V-Testingenieur und Qualitätsingenieur Aufgaben-bezogene Parallelen auf und bilden erste Rollencluster für das Unternehmen A. Diese resultierenden Rollencluster sind die Grundlage für das finale, unternehmensspezifische Rollenmodell und dienen als Bezugsrahmen für die Ableitung der Handlungsempfehlungen im folgenden Abschnitt.

Handlungsempfehlungen

Auf Grundlage der entwickelten Rollenprofile, des erarbeiteten Rollenmodells sowie der möglichen Rollenprofilbündel und der anfangs erarbeiteten SWOT-Analyse lassen sich folgende Handlungsempfehlungen ableiten. Sie adressieren sowohl die strukturelle Verankerung als auch die methodische Weiterentwicklung und Kommunikation des Rollenmodells.

Folgende Handlungsempfehlungen wurden abgeleitet:

1) Rollenklarheit sicherstellen und systematisch dokumentieren

Die unternehmensinternen Rollenprofilbeschreibungen, die bisher durch die AKV-Matrix beschrieben worden sind, sollten im nächsten Schritt, unter Zuhilfenahme der 18 ausgewählten Rollenprofilsteckbriefe für Advanced Systems Engineering überprüft (vgl. Kap. 4.4.3) und überarbeitet werden. Zur besseren Transparenz wird empfohlen, diese in einem rollenbasierten Organisationshandbuch (vgl. Kap. 4.2) zu integrieren, das als Referenz für Projekte, HR und Führungskräfte dient.

2) Vielfalt der Rollenprofile überprüfen, ggf. anpassen

Die im Rahmen der Analysephase identifizierte, existierende Rollenvielfalt weist sowohl funktionale Überschneidungen als auch mögliche Lücken auf. Diese sollten genauer betrachtet werden. Zwei Rollen stehen dabei exemplarisch im Fokus:

- *Rolle „Prozesskoordinator“ – gezielt einführen und verankern:* Die Einführung einer expliziten Rolle für die prozessuale Koordination kann maßgeblich dazu beitragen, Schnittstellen zwischen Engineering- und Unterstützungsfunktionen effizienter zu gestalten.
- *Rolle „Systemschnittstellenkoordinator“ – Profil schärfen und differenzieren:* Die Analyse hat gezeigt, dass die Rolle des Systemschnittstellenkoordinators zwar als sehr relevant eingestuft wurde, in der Praxis jedoch nicht umgesetzt ist. Zur Hebung dieses Potenzials wird empfohlen: die AKV-Struktur systematisch zu erarbeiten, ein Rollenprofil mit konkreten Einsatzmöglichkeiten, Artefakten und typischen Methodenbezügen zu entwickeln sowie Schnittstellen zu angrenzenden Rollenprofilen (z. B. Systemarchitekt, Systemintegrationsingenieur, Projektmanager) explizit herauszuarbeiten. Ein besonderes Augenmerk sollte dabei auf Überschneidungen und Abgrenzungskriterien gelegt werden, um Dopplungen zu

vermeiden und klare Verantwortungsbereiche zu schaffen. Die präzise Ausgestaltung dieser Rolle kann insbesondere in komplexeren Produktarchitekturen und interdisziplinären Teams zu einer signifikanten Effizienzsteigerung beitragen.

3) Rollenschnittstellen und -verantwortung verbindlich verankern

Aus der Clusteranalyse und der Entwicklung des Rollenmodells ergibt sich ein hoher Bedarf, Schnittstellen zwischen Rollen klar zu definieren – insbesondere bei Rollen mit gemeinsamer Verantwortung in kritischen Phasen (z. B. Systemarchitektur, Systemintegration). Vielfach wurde in den Gesprächen deutlich, dass es zwar eine Verantwortung auf dem Papier gibt (AKV-Matrix), diese jedoch in der Realität nicht so gelebt wird. Hierdurch kann es zu Verzögerungen in dem Produktentstehungsprozess kommen. Zur Unterstützung und Erarbeitung der Schnittstellen und Verantwortlichkeiten empfiehlt sich die Erstellung eines Rollenmodells genau für diese Phasen gemeinsam mit den jeweils verantwortlichen Mitarbeitenden. Insbesondere die physische Erarbeitung des Rollenmodells ohne digitale Medien unterstützt den Erkenntnisgewinn.

4) Rollenkompetenzen systematisch entwickeln

Aus der Gewichtung der Prozessaufgaben ergibt sich ein klarer Weiterbildungsbedarf, insbesondere in den Bereichen Anforderungsmanagement, Systemintegration, Modellierung und Traceability sowie Testing und Validierung. Es sollte ein rollenbasiertes Qualifizierungskonzept erstellt werden, das Kompetenzstufen, Schulungsformate und Entwicklungspfade für jede Rolle vorsieht.

5) Kontinuierliches Rollenmanagement einführen

Zur Sicherung der Nachhaltigkeit wird empfohlen, ein zentrales Rollenmanagement zu etablieren. Dieses kann in Form eines interdisziplinären Gremiums oder einer zentralen Fachstelle (z. B. HR, Prozessmanagement, SE-Abteilung) organisiert werden. Aufgabe ist die regelmäßige Aktualisierung, Evaluation und Pflege des Rollenmodells sowie die Integration neuer Rollen bei organisatorischem oder technischem Wandel.

6) Kommunikationsmaßnahmen und Change-Begleitung einplanen

Rollenmodelle greifen tief in bestehende Strukturen ein. Ihre Akzeptanz hängt maßgeblich von der frühzeitigen Kommunikation, Beteiligung und Transparenz ab. Es wird empfohlen, die Einführung durch begleitende Change-Maßnahmen zu flankieren, bspw. durch: Workshops mit Führungskräften und Mitarbeitenden, Rollenkonferenzen, regelmäßige Feedbackschleifen.

Diese Handlungsempfehlungen für das Unternehmen A können im Rahmen eines strukturierten Einführungsprojekts priorisiert, mit Verantwortlichkeiten hinterlegt und in einen Umsetzungsplan überführt werden.

Im nächsten Schritt gilt es, die entwickelte Vorgehensweise systematisch zu bewerten. Dazu wurde die Systematik im Rahmen eines mehrstufigen Evaluationsansatzes auf ihre Anwendbarkeit, Anschlussfähigkeit und Weiterentwicklungspotenziale hin überprüft.

5.3 Evaluation der Systematik

Ziel dieses Kapitels ist die Evaluation der Systematik zur Entwicklung von unternehmensspezifischen Rollenmodellen für das Advanced Systems Engineering. Die Evaluation erfolgte in zwei Schritten: Erstens über qualitative Experteninterviews mit Industrievertretern (vgl. Kapitel 5.3.1), und zweitens über eine Workshop-Reihe mit Mitgliedern der Gesellschaft für Systems Engineering (GfSE) (vgl. Kapitel 5.3.2). Ziel war es, sowohl anwendungspraktische als auch community-getriebene Perspektiven auf die Systematik zu erfassen und deren Nutzen, Anwendbarkeit und Weiterentwicklungspotenziale zu validieren.

5.3.1 Qualitative Interviews mit Industrievertretern

Die Interviews verfolgten das Ziel, die Anwendbarkeit und Relevanz der Systematik aus Sicht von Industrieakteuren kritisch zu reflektieren. Dabei sollten insbesondere die Praktikabilität des entwickelten Rollenmodells, die Anschlussfähigkeit an bestehende Organisationsstrukturen sowie die Potenziale für den Einsatz in ASE-Umgebungen untersucht werden.

Die semistrukturierten Interviews wurden mit insgesamt sieben Experten aus den Bereichen SE, Produktentwicklung und Projektmanagement durchgeführt. Die Interviews dauerten im Durchschnitt 1,5 Stunden, wurden aufgezeigt, transkribiert und ausgewertet. Die Teilnehmenden repräsentierten verschiedene Unternehmensgrößen und Industriezweige und verfügten über fundierte Erfahrung im Umgang mit Systemarchitekturen, Produktlebenszyklen und interdisziplinären Entwicklungsteams.

Ergebnisse

Allgemeine Einschätzungen: Die Systematik wurde insgesamt positiv aufgenommen und als wertvolle Grundlage für organisationsspezifische Rollenmodellentwicklung bewertet. Laut Rückmeldung ermöglicht sie die Reflexion über Kompetenzbedarfe, Schulungsnotwendigkeiten und die Flexibilisierung von Organisationen. Das Rollenmodell erfülle dabei eine "Brillenfunktion" – es schaffe alternative Perspektiven auf Projekte und mache implizite Strukturen und Zuständigkeiten sichtbar. Besonders betont wurde, dass Rollenprofile nicht als fixe Vorgaben, sondern als inspirierende Denkanstöße wahrgenommen werden sollten.

Bewertung des Gestaltungswissen für die unternehmensspezifische Rollenprofilentwicklung: Die Mehrheit der Interviewten lobte die Profile als übersichtlich, strukturiert

und differenziert. Sie regten zur Reflexion bestehender Rollenverteilungen an und boten eine nützliche Grundlage zur Ableitung unternehmensspezifischer Rollenmodelle.

Gleichzeitig wurde angemerkt, dass nicht alle Profile universell einsetzbar seien – ihr Bedarf hänge von Faktoren wie Produkttyp, Sicherheitsanforderungen und Risikobereitschaft ab. Die Rolle des Lebenszyklusmanagers wurde kritisch hinterfragt: Im Kontext von Advanced Systems Engineering wurde betont, dass ganzheitliches Denken in allen Rollen verankert sein sollte und die Abgrenzung zu einer zentralen Managementrolle potenziell kontraproduktiv sei.

Rollenmodellierung und organisationaler Nutzen: Ein übergeordnetes Rollenmodell wurde als wertvolles Werkzeug zur Analyse und Weiterentwicklung bestehender Prozesse und Zuständigkeiten verstanden. Insbesondere der Vergleich zwischen formaler Rollendefinition und realer Rollenausführung wurde als erkenntnisreich bewertet. In der Diskussion wurde deutlich, dass die Systematik eine nützliche Basis für organisationsinterne Diskussionen bietet, bspw. zur Klärung von Verantwortlichkeiten oder zur Verbesserung der Kollaboration.

Hervorgehoben wurde dabei insbesondere die haptische Modellierungsmethodik: Das physische Nachbilden von Rollenbeziehungen wurde als „greifbar“ und „visualisierungsstark“ empfunden. Es unterstütze nicht nur die individuelle Reflexion, sondern fördere auch die teamübergreifende Kommunikation.

Herausforderungen und offene Fragen: Trotz der positiven Rückmeldungen wurden auch zentrale Herausforderungen identifiziert, insbesondere im Hinblick auf die operative Umsetzung der Systematik:

- Wie erfolgt die Integration in bestehende Strukturen?
- Wie werden Rollenprofile konkreten Personen zugewiesen?
- Wie stelle ich sicher, dass Rollen verstanden und gelebt werden?
- Wie gehe ich mit Rollenkonflikten und Überschneidungen um?

Zudem wurde betont, dass die Systematik zwar in sich schlüssig sei, aber aktuell nur einen ersten Baustein darstelle. Für die Umsetzung in der Praxis seien weiterführende Hilfsmittel, bspw. Messgrößen, Artefakt-Verknüpfungen oder Leitfaden zur Integration des Rollenmodells in Organisationsstrukturen, notwendig, um die anschlussfähige Integration zu erleichtern.

Fazit: Die Interviews zeigen, dass die entwickelte Systematik aus Sicht industrieller Experten einen hohen Reflexionswert besitzt und ein geeignetes Instrument zur Rollenklärung und Prozessentwicklung im Advanced Systems Engineering darstellt. Gleichzeitig besteht deutlicher Bedarf nach methodischer Begleitung, um sie in Organisationen erfolgreich implementieren zu können.

5.3.2 Workshop-Reihe mit der GfSE

Ziel der Workshop-Reihe mit der GfSE war, die Profile hinsichtlich Vollständigkeit, Praxistauglichkeit und Anschlussfähigkeit zu evaluieren und in einem kollaborativen Prozess ein visuelles Rollenmodell entlang des Ordnungsrahmens zu entwickeln. Die Evaluierung fand im Rahmen eines zweitägigen, explorativ-qualitativen Workshops mit sechs Experten aus Wissenschaft, Industrie und SE-Praxis statt. Das Workshop-Design folgte einem iterativen, partizipativen Ansatz mit Inputphasen, Einzel- und Gruppenarbeit sowie moderierten Diskussionen.

Abschließend wurde mit Hilfe eines USE-Fragebogens (Usefulness, Satisfaction and Ease of Use) nach LUND eine weitere Evaluation durchgeführt. Dieser Fragebogen wurde von 24 weiteren Teilnehmenden der GfSE-Veranstaltung ausgefüllt. Der Fragebogen wird im weiteren Verlauf vorgestellt.

Ablauf und Methodik: Am ersten Tag wurde innerhalb des Workshops ein gemeinsames Rollenverständnis erarbeitet. Die 6 Teilnehmenden validierten die bestehenden Profile entlang leitender Fragestellungen: *Sind sie vollständig? Welche Informationen fehlen? Gibt es Redundanzen?* Anschließend wurden die Rollenprofile den Lebenszyklusphasen des Ordnungsrahmens zugeordnet, um funktionale Rolleneinsätze sichtbar zu machen. Aufbauend auf der Zuordnung entwickelten die Gruppen erste Rollenmodelle. Hierbei wurden sie durch die Rollensteckbriefe, Prozessbeschreibungen, sowie physischen Rollenfiguren und ein Prozessspielfeld unterstützt; ein konkretes Vorgehen wurde den Teilnehmenden nicht an die Hand gegeben. Tag zwei diente der Weiterentwicklung dieser Modelle. Die Ergebnisse wurden im Plenum vor den 24 weiteren Teilnehmenden vorgestellt und anschließend wurde der Fragebogen verteilt.

Ergebnisse

Validierung der Rollenprofile: Die Analyse der 25 Rollenprofile ergab ein differenziertes Meinungsbild. Einerseits wurde die detaillierte Beschreibung angesichts der wachsenden Komplexität technischer Systeme begrüßt, andererseits kritisierten Teilnehmende den Umfang und die wissenschaftlich geprägte Sprache als hinderlich für die Praxis.

Die Strukturierung nach Aufgaben, Kompetenzen, Verantwortlichkeiten, Erwartungen und Schnittstellen wurde überwiegend positiv bewertet, wenngleich der Begriff *Schnittstelle*, insbesondere ohne konkrete Artefakte, als unzureichend eingestuft wurde. Auch das Wording war Kritikpunkt: Begriffe wie *Manager* wurden wegen hierarchischer Konnotationen abgelehnt; Vorschläge wie *Owner* oder *Experte* wurden als praxisnäher angesehen. Mehrheitlich wurde empfohlen, die Profile durch konkrete Artefakte, KPIs und Ressourcenanforderungen zu ergänzen sowie den Mehrwert der Rolle für das Gesamtsystem klarer herauszustellen.

Zuordnung der Rollenprofile zu Lebenszyklusphasen des Ordnungsrahmens: Die Zuordnung der Rollenprofile zu den Prozessphasen des Ordnungsrahmens zeigte diverse

Herausforderungen: Rollen wie *Systementwickler* oder *Zuverlässigkeitsexperte* ließen sich gut verorten, während Profile aus dem Bereich *Infrastruktur* oder *Lifecycle Management* seltener zugewiesen wurden. Die finalen Ergebnisse zeigten, dass einige Rollen spezifisch phasenbezogen sind, während andere eine übergreifende Funktion einnehmen. Das allgemeine Fazit der Teilnehmenden war, dass die Profile eine gute Ausgangsbasis bilden. Sie müssen jedoch stärker mit Artefakten und Prozessen verknüpft werden, um in der Praxis anwendbar zu sein.

Entwicklung von Rollenmodellen: Die zwei Gruppen entwickelten unabhängig voneinander Rollenmodelle mit unterschiedlichen methodischen Ansätzen (vgl. Bild 5-9). Die methodischen Ansätze wurden nicht vorgegeben. Ihr Vorgehen wird nachfolgend beschrieben.

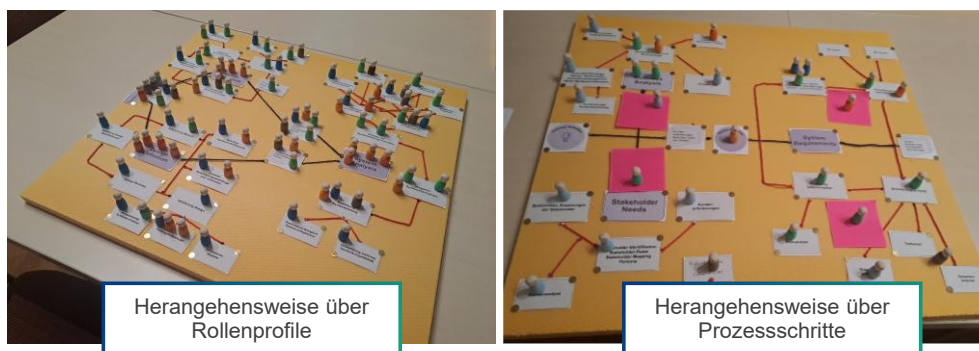


Bild 5-9 Workshopergebnis: Rollenmodelle für das Advanced Systems Engineering

- **Gruppe 1** ordnete die Rollenprofile über die Steckbriefbeschreibungen systematisch den einzelnen Aufgaben zu. Das Ergebnis war ein interaktionsreiches, aber komplexes Modell, das die Vielschichtigkeit des ASE-Prozesses abbildete, jedoch schwer nachvollziehbar blieb. Je Aufgabe waren mehrere Rollen verortet.
- **Gruppe 2** orientierte sich stärker an den Prozessen des Ordnungsrahmens und definierte pro Aufgabe jeweils nur eine verantwortliche Rolle. Dies führte zu einem klar strukturierten, gut nachvollziehbaren Modell, ließ jedoch viele Rollenschnittstellen unberücksichtigt.

Der Vergleich verdeutlicht ein typisches Spannungsfeld: Eine Detaillierung erhöht die Realitätsnähe, kann aber zu Überkomplexität führen. Eine Reduktion hingegen schafft Übersicht, birgt jedoch das Risiko, wichtige Interdependenzen zu übersehen. Ein tragfähiges Modell benötigt daher sowohl strukturierte Rollendefinitionen als auch flexible Modellierungsmöglichkeiten, abhängig vom Anwendungsfall. Zur Auflösung dieses Spannungsfeldes wurde die Verwendung des RACI-Modells vorgeschlagen [Inc23; SP21]. Hierdurch besteht die Möglichkeit, sogenannte „Verantwortlichkeitshüte“ zur Spezifizierung der Rollenbeziehungen und der Kollaboration zu nutzen. [Das RACI-Modell wurde nach dem Workshop im Vorgehensmodell in Kapitel 4.6 integriert.]

Ergebnisse der Evaluation mittels Fragebogen: Die an die Vorstellung der Ergebnisse anschließende Evaluation mit dem USE-Fragebogen bestätigte die grundsätzliche Akzeptanz und Nützlichkeit der Systematik (vgl. Bild 5-10). Die Rollenprofile erhielten durchschnittlich für ihre Nützlichkeit 6,04 von 7 Punkten, die Zufriedenheit lag im Durchschnitt bei 6,1. Die Benutzerfreundlichkeit der bisher in der Literatur bzw. in den Unternehmen bestehenden Rollenprofile wurde mit 4,38 eher durchschnittlich bewertet. Dies ist insbesondere auf die aus Sicht einiger Teilnehmender zu abstrakte Sprache und die zu geringen Visualisierungshilfen zurückzuführen.

Das Rollenmodell wurde im Durchschnitt mit 6,05 Punkten ebenfalls als hilfreiches Werkzeug eingeschätzt, insbesondere zur Unterstützung systemischer Prozessplanung. Gleichzeitig betonten die Teilnehmenden die Notwendigkeit, die Profile stärker an branchenspezifische Kontexte anpassbar zu gestalten. Zu generische Beschreibungen wurden als hinderlich empfunden.

	Unzutreffend					Zutreffend			
	1	2	3	4	5	6	7	Ø	
Aussagen (n=24)									
Bedienungsfreundlichkeit									
Bestehende Rollenprofile sind allgemein einfach zu benutzen.		3	3	7	3	1	4	4,38	
Bestehende Rollenprofile umfassen die wichtigsten Informationen.		2	2	1	8	6	4	5,13	
Bestehende Rollenmodell fassen die wesentlichen Punkte übersichtlich zusammen.		1	1	5	5	7	4	5,22	
Nützlichkeit									
Die vorgest. Rollenprofile sind nützlich.	1	1			4	3	14	6,04	
Die vorgest. Rollenprofile geben mir mehr Aufschluss über die Aktivitäten in meinem Job.		1		3	2	6	12	6,00	
Das vorgest. Rollenmodell hilft, zielgerichteter Informationen zu beschaffen.	1			1	7	8	8	5,76	
Zufriedenheit									
Ich würde mir unternehmensspezifische Rollenprofilbeschreibungen wünschen.	1	1			1	6	12	6,10	
Ein unternehmensinternes Rollenmodell würde für viele Mitarbeitende einen Mehrwert liefern.			3			8	10	6,05	

Bild 5-10 Evaluation mittels USE-Fragebogen in Anl. an LUND [LUN01]

Fazit: Die Workshop-Reihe bestätigte sowohl die fachliche Relevanz als auch das praktische Potenzial der entwickelten Systematik. Während die vorhandenen Rollenprofile eine solide Grundlage bieten, wurde deutlich, dass eine praxisnahe Weiterentwicklung, insbesondere durch Artefaktverknüpfung, sprachliche Vereinfachung und Kontextflexibilität, erforderlich ist.

5.4 Bewertung und Validierung der Systematik

Abschließend erfolgt eine Bewertung der entwickelten Systematik zur Entwicklung von unternehmensspezifischen Rollenmodellen für das Advanced Systems Engineering anhand der in Kapitel 3.4 definierten Ziele. Zu diesem Zweck wird für jedes einzelne Ziel systematisch dargelegt, inwieweit dieses durch die Systematik sowie die darin enthaltenen Bausteine und Hilfsmittel adressiert wird. Die Diskussion stützt sich auf qualitative und quantitative Erkenntnisse aus den durchgeführten Anwendungsworkshops sowie auf

Einschätzungen aus den begleitenden Evaluierungsgesprächen mit Unternehmensvertretern.

Z1) Methodische Fundierung und systematische Herleitung des Vorgehens

Die entwickelte Systematik stellt ein klar strukturiertes, methodisch fundiertes Vorgehen zur Entwicklung von Rollenmodellen im Advanced Systems Engineering dar. Sie gliedert sich in drei aufeinander aufbauende Phasen: (1) die Analyse der Ausgangssituation, (2) die Bewertung bestehender Rollenprofile und relevanter Prozesse sowie (3) die Ableitung eines organisationsspezifischen Rollenmodells inklusive konkreter Handlungsempfehlungen.

Zentrale methodische Hilfsmittel, wie das zugrunde liegende Rollen-Metamodell, ein Set von 25 differenzierten Rollenprofilen sowie ein Ordnungsrahmen für die Prozesse des Advanced Systems Engineering, unterstützen die Anwendung in der Praxis (vgl. Kapitel 4, 5). Die modulare Struktur der Systematik ermöglicht eine zielgerichtete, nachvollziehbare und anschlussfähige Bearbeitung, auch in komplexen organisationalen Kontexten.

Z2) Anpassbarkeit und Integrationsfähigkeit

Die Systematik ist modular aufgebaut und lässt sich dadurch flexibel an unterschiedliche Ausgangslagen und Reifegrade in Organisationen anpassen. Einzelne Elemente, bspw. die Bewertung von Prozessaufgaben, die Rollenprofile als auch der Clusterungsalgorithmus, können unabhängig voneinander eingesetzt oder kombiniert werden. Dies erhöht die Anschlussfähigkeit an bestehende Strukturen, beispielsweise in HR, Prozessmanagement oder Projektorganisation. Die Skalierbarkeit des Ansatzes ermöglicht sowohl einen kompakten Einstieg als auch eine vertiefte Ausarbeitung mit hoher Detailtiefe, was die exemplarische Anwendung in Kapitel 5.1 und 5.2 gezeigt haben.

Z3) Skalierbarer Ordnungsrahmen

Die Bereitstellung eines prozessphasenbezogenen Ordnungsrahmens schafft ein gemeinsames Verständnis über typische Aufgaben und Phasen im ASE-Kontext. Durch die strukturierte Darstellung und Bewertung dieser Aufgaben wird Transparenz über Verantwortlichkeiten und Prozessbeteiligungen erzeugt. Dies erleichtert es Organisationen, vorhandene Lücken zu erkennen, Redundanzen zu identifizieren und die eigenen Entwicklungsprozesse besser zu verorten und zu reflektieren (vgl. Kapitel 4.3).

Z4) Detaillierte Beschreibung von Aufgaben in Prozessen als Grundlage für Rollenprofile

Die systematische Beschreibung der Aufgaben durch Input, Aktivität und Output schafft eine solide inhaltliche Basis zur Rollenentwicklung. Dies ermöglicht eine fundierte und nachvollziehbare Rollenzuordnung, die sich nicht nur an Funktionen, sondern auch an konkreten Beiträgen innerhalb des Engineering-Prozesses orientiert (vgl. Kapitel 4.3).

Z5) Strukturierung der Rollenprofile mit einheitlichem Detaillierungsgrad

Die Rollenprofile sind in einem standardisierten Steckbriefformat mit definierten Aufgaben, Kompetenzen, Verantwortung, Erwartungen und Schnittstellen beschrieben. Diese einheitliche Struktur erhöht die Vergleichbarkeit der Rollen untereinander, fördert die Kommunikation im Entwicklungsprozess und unterstützt gezielt die spätere Integration in Dokumentationen, Schulungsunterlagen oder HR-Systeme (vgl. Kapitel 4.4).

Z6) Hilfestellung bei der unternehmensspezifischen Bündelung von Rollen

Die Bündelung von Rollenprofilen basiert auf einer Distanzanalyse. Hierdurch werden die Rollen entlang ihrer funktionalen Ähnlichkeit und Prozessbeteiligung systematisch geclustert. Die Anwendung der Ward-Linkage-Methode erlaubt dabei eine nachvollziehbare und statistisch belastbare Zusammenführung ähnlicher Rollen. Diese Vorgehensweise unterstützt die Reduktion von Komplexität, verhindert Dopplungen und erleichtert die Etablierung klar abgegrenzter Verantwortungsbereiche (vgl. Kapitel 4.4, 4.5).

Z7) Berücksichtigung der fachlichen Abhängigkeiten und Schnittstellen

Durch die Verknüpfung von Rollenprofilen mit Prozessaufgaben und die Visualisierung von Verantwortlichkeiten im Rollenmodell wird eine prozessuale Sicht auf Rolleninteraktionen ermöglicht. Dies schafft Transparenz über fachliche Abhängigkeiten, Schnittstellen und notwendige Kooperationsbeziehungen. Die differenzierte Zuordnung von Verantwortlichkeitsgraden (z. B. primär verantwortlich vs. beratend beteiligt) fördert ein konsistentes Verständnis von Zuständigkeiten über Funktions- und Bereichsgrenzen hinweg (vgl. Kapitel 4.5, 4.6).

Z8) Generisches Modell zur Rollen-Kollaboration

Die Systematik beinhaltet die Möglichkeit, ein generisches Rollenmodell zu erstellen, das die Interaktion und Verteilung von Rollen entlang des Engineering-Prozesses abbildet. Die Kombination aus prozessbezogener Visualisierung und rollenspezifischer Beteiligung schafft eine gemeinsame Grundlage für die Rollenabstimmung im Team. Das Modell ist offen strukturiert und lässt sich je nach Unternehmenskontext individuell ausgestalten und vertiefen (vgl. Kapitel 4.5, 4.6).

Z9) Ableitung von Verantwortlichkeiten zur Schärfung von Zuständigkeiten

Ein zentrales Element der Systematik ist die explizite Definition von Verantwortlichkeiten innerhalb der Prozessphasen. Durch die Nutzung einer RACI-Matrix sowie die differenzierte Beteiligungskennzeichnung können Rollen nicht nur beschrieben, sondern auch eindeutig verortet werden. Dies trägt zur Klärung von Zuständigkeiten bei, vermeidet operative Unschärfen und unterstützt den Aufbau verbindlicher Verantwortungsstrukturen (vgl. Kapitel 4.6).

Z10) Ermöglichung von Tailoring zur Skalierung und Anpassung

Die Systematik ist so konzipiert, dass sie in verschiedenen Organisationstypen und Reifegraden genutzt werden kann. Dies betrifft sowohl die Auswahl und Kombination der Prozessschritte als auch die Gestaltung der Rollenprofile selbst. Durch den modularen Aufbau können Teilaspekte selektiv eingesetzt, skaliert oder erweitert werden. Damit bietet die Systematik ein hohes Maß an Anpassungsfähigkeit bei gleichzeitiger methodischer Konsistenz (vgl. Kapitel 4.6).

Fazit: Die vorgestellte *Systematik zur Entwicklung von unternehmensspezifischen Rollenmodellen für das Advanced Systems Engineering* erfüllt folglich die definierten Ziele in vollem Umfang. Sie ermöglicht eine strukturierte und methodengestützte Herangehensweise zur Analyse bestehender Rollenstrukturen, zur Bewertung von Prozessaufgaben und zur Entwicklung unternehmensspezifischer Rollenmodelle. So unterstützt die Systematik sowohl die zielgerichtete Bündelung und Ausgestaltung von Rollenprofilen als auch die Identifikation und Gestaltung von Schnittstellen und Verantwortlichkeiten innerhalb des Entwicklungsprozesses. Durch die modulare Struktur kann die Systematik an unterschiedliche Reifegrade und organisatorische Rahmenbedingungen angepasst werden. Die praktische Anwendbarkeit und Wirksamkeit der Systematik wurde im Rahmen exemplarischer Anwendungsfälle demonstriert und evaluiert.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Die vorliegende Dissertation widmet sich der Konzeption, Entwicklung und exemplarischen Anwendung einer Systematik zur Entwicklung von unternehmensspezifischen Rollenmodellen für das Advanced Systems Engineering. Sie setzt an den Herausforderungen der heutigen Produktentstehung an. Diese ist geprägt durch eine zunehmende hohe technologische Komplexität, schnelle organisatorische Veränderungen und intensive interdisziplinäre Zusammenarbeit. In solchen Entwicklungsumgebungen geraten traditionelle Stellenbeschreibungen, funktionale Zuständigkeitsbereiche und hierarchisch geprägte Organisationsstrukturen zunehmend an ihre Grenzen. Sie erlauben weder die erforderliche Flexibilität noch die nötige Transparenz, um der modernen Produktentstehung gerecht zu werden.

Im Zentrum der Arbeit steht die These, dass Rollenmodelle einen zentralen Hebel darstellen, um Produktentstehungsprozesse im ASE effizienter, transparenter und anpassungsfähiger zu gestalten. Unter einem Rollenmodell werden strukturierte Verknüpfung und das Zusammenspiel verschiedener Rollenprofile verstanden. Rollenprofile liefern strukturierte, kontextbezogene und dynamisch anpassbare Beschreibungen von Aufgaben, Kompetenzen, Verantwortlichkeiten, Erwartungen und Schnittstellen-Rollen. Sie können nicht nur helfen, Aufgaben klar zuzuweisen, sondern auch Schnittstellen zu definieren und Kommunikationsflüsse zu strukturieren. Voraussetzung hierfür ist allerdings, dass solche Rollenprofile und -modelle nicht statisch und isoliert, sondern in Prozesse, Technologien und organisatorische Rahmenbedingungen integriert werden.

Problematik und damit Ausgangspunkt der Arbeit bildet daher eine Analyse existierender Rollenverständnisse im technischen Umfeld. Diese zeigt, dass der Begriff der „Rolle“ in der Praxis häufig diffus verwendet wird. Rollenmodelle selbst sind oft unvollständig, redundant oder inkonsistent. In modellbasierten, agilen oder hybriden Entwicklungsteams entstehen spezifische Anforderungen, z. B. an verteilte Verantwortlichkeiten, adaptive Kompetenzprofile oder die Integration digitaler Assistenzsysteme, welche mit klassischen Rollenansätzen nicht abbildbar sind.

Diese Analyse legt einen doppelten Gestaltungsbedarf offen: Zum einen müssen Rollenprofile und -modelle konzeptionell neu gedacht sowie methodisch (weiter)entwickelt werden. Sie sollen sich nicht auf abstrakte Idealtypen beschränken, sondern konkrete Anforderungen aus Prozessen und Technologien aufnehmen und strukturiert beschreibbar machen. Zum anderen müssen Unternehmen in die Lage versetzt werden, solche Modelle praktisch zu entwickeln und anzuwenden, an ihre individuellen Gegebenheiten anzupassen und in bestehende Entwicklungs- und Führungsstrukturen zu integrieren. Dies erfordert geeignete methodische Werkzeuge und Prozessmodelle.

Methodisch folgt die Arbeit der *Design Science Research Methodology (DSRM)* nach PEFFERS ET AL. Die Phasen der Problemanalyse, Zieldefinition, Artefaktentwicklung, Evaluation und Kommunikation wurden konsequent durchlaufen und in den Aufbau der

Arbeit integriert. Damit wird ein methodisch belastbarer Beitrag zur gestaltungsorientierten Forschung im Kontext technischer Organisationsgestaltung geleistet.

Stand der Technik

Zur Einordnung dieser Arbeit wurde eine Analyse des aktuellen *Standes der Technik* durchgeführt. Diese fokussiert drei zentrale Perspektiven: die Strukturierungsansätze des Advanced Systems Engineering, bestehende Methoden zur Entwicklung von Rollenprofilen und -modellen sowie bestehende Rollenmodelle und -profile in der Literatur.

- *Ansätze zur Strukturierung des Advanced Systems Engineering:* Advanced Systems Engineering verfolgt das Ziel, Produkt-, Prozess- und Organisationsentwicklung integrativ weiterzuentwickeln. Der Stand der Forschung zeigt verschiedene Strukturierungsansätze, von V-Modell-artigen Entwicklungsprozesse bis hin zu hybriden Vorgehensmodellen, die klassische und agile Methoden kombinieren. Zwar existieren methodisch fundierte Referenzprozesse (z. B. in INCOSE-Standards), doch fehlt es häufig an einer expliziten Integration von Rollen und Verantwortlichkeiten in diese Prozessmodelle. Rollen werden meist implizit mit Funktionen oder Disziplinen verbunden, jedoch selten systematisch beschrieben, verortet oder reflektiert.
- *Ansätze zur Herleitung von Rollenprofilen und -modellen:* Im Bereich der Organisationsentwicklung und HR existieren etablierte Methoden zur Rollenprofilbeschreibung, bspw. durch Kompetenzprofile, Funktionsanalysen oder Stellenbeschreibungen. Jedoch bleibt deren Übertragbarkeit auf das komplexe, interdisziplinäre Advanced Systems Engineering begrenzt. Es mangelt an domänenübergreifenden Verfahren zur systematischen Ableitung von Rollenprofilen, die sowohl prozess- als auch rollenbasiert arbeiten und zugleich die Dynamik technischer Entwicklungskontexte abbilden.
- *Bestehende Rollenprofile und -modelle in der Literatur:* Zahlreiche Veröffentlichungen enthalten Rollenprofilbeschreibungen, insbesondere für technische Fachfunktionen im z. B. Systems Engineering. Diese bleiben jedoch oft unspezifisch und abstrahiert: klare Rollenprofile mit definierten Aufgaben, Kompetenzen und Verantwortungen sind selten. Sie stellen meist keine Interaktion zwischen Rollen oder Bezug zu konkreten Entwicklungsprozessen her. Rollen werden isoliert dargestellt und nicht in Kollaborationen oder Prozessphasen eingebettet. Damit fehlt es an detaillierten, kontextbezogenen und prozessintegrierten Rollenmodellen, die in komplexen ASE-Umgebungen anwendbar wären.

Handlungsbedarf

Die Problemanalyse und die Analyse des Stand des Technik zeigen deutlich: Trotz zahlreicher verfügbarer Modelle und Frameworks fehlt es im aktuellen Stand der Technik an einer durchgängigen, methodisch fundierten Systematik zur Entwicklung kontextualisierter Rollenmodelle im Advanced Systems Engineering. Existierende Ansätze liefern zu meist nur Ergebnisartefakte, bspw. etwa Rollenprofile oder generische Prozessdarstellungen, ohne nachvollziehbare Herleitung oder Anpassungslogik. Begriffe und Strukturen sind uneinheitlich, und die notwendige Einbettung in reale Entwicklungsprozesse bleibt unzureichend. Besonders gravierend ist die fehlende Betrachtung der Kollaboration, Schnittstellen und Rolleninteraktion. Dies sind die zentrale Erfolgsfaktoren in interdisziplinären Engineering.

Systematik und Anwendung

Auf Basis dessen wurde eine **Systematik zur Entwicklung von unternehmensspezifischen Rollenmodellen für das Advanced Systems Engineering** konzipiert. Diese Systematik kombiniert bewährte Ansätze aus der Literatur mit neuen methodischen Elementen und besteht aus fünf modularen Bestandteilen:

1. *Rollen-Metamodell:* Es formalisiert zentrale Begriffe und Zusammenhänge und ermöglicht damit eine konsistente Rollenentwicklung.
2. *Ordnungsrahmen für Prozesse:* Er strukturiert und untergliedert den Produktentstehungsprozess in Unterprozesse und Aufgaben, um Rollenprofile kontextuell abzuleiten. Dies schafft Klarheit über Zuständigkeiten, reduziert Redundanzen und erleichtert die Integration in bestehende Prozesslandschaften.
3. *Gestaltungswissen für die unternehmensspezifische Rollenprofilentwicklung:* Das Gestaltungswissen enthält methodisch aufbereitetes Wissen zur Beschreibung und Differenzierung von Rollenprofilen. Der standardisierte Rollenprofilsteckbrief besteht aus Aufgaben, Kompetenzen, Verantwortung, Erwartungen und Schnittstellen-Rollen.
4. *Generisches Rollenmodell:* Das generische Rollenmodell setzt die generischen Rollenprofile mit dem Ordnungsrahmen für Prozesse in Verbindung. Es vereinfacht den Einstieg in das Rollenmodellentwicklung und erlaubt erste Anpassungen ohne hohen Initialaufwand.
5. *Vorgehensmodell:* Es ermöglicht mit einem Tailoring-Mechanismus, das den gesamten Entwicklungsprozess des Rollenmodells an die Organisationsbedarfe anzupassen.

Die Systematik wurde exemplarisch in drei Industrieunternehmen angewendet. Dabei wurde das Vorgehensmodell vollständig durchlaufen, unternehmensspezifische Rollenmodelle entwickelt und das Vorgehen evaluiert.

Qualitative Rückmeldungen durch Interviews und einen Workshop mit der Gesellschaft für Systems Engineering (GfSE) bestätigten sowohl die Praxisrelevanz als auch die methodische Konsistenz der Systematik. Besonders hervorgehoben wurden deren Strukturierungsgrad, Anwendungsfreundlichkeit und Anpassungsfähigkeit.

Limitationen

Trotz des positiven Evaluierungsergebnisses und der praktischen Einsetzbarkeit der Systematik weist die Arbeit mehrere Limitationen auf. Erstens stützt sich die Evaluation überwiegend auf qualitative Methoden wie Interviews und Workshops; quantitative Nachweise zur Wirksamkeit (z. B. durch Performance-Messung) konnten nicht erbracht werden. Zweitens erfolgte die Anwendung ausschließlich in drei spezifischen Industrieunternehmen, wodurch die Übertragbarkeit auf andere Branchen oder Organisationsformen begrenzt bleibt.

Drittens adressiert die Arbeit primär die methodische Entwicklung von Rollenmodellen, nicht jedoch deren umfassende Implementierung im Sinne eines unternehmensweiten Change-Prozesses. Aspekte wie Schulung, Toolunterstützung oder Integration in HR-Systeme wurden bewusst ausgeklammert. Viertens wurde der Person-Rollen-Fit nicht vertiefend analysiert; es fehlen valide Verfahren zur Kompetenzabstimmung oder psychometrischen Eignungsanalyse. Schließlich bleibt der Einfluss von disruptiven Technologien wie KI oder automatisierter Entscheidungsunterstützung auf zukünftige Rollenbilder ein Forschungsfeld, das in dieser Arbeit nur angerissen werden konnte.

Weiterer Forschungsbedarf

Neben den Limitationen verbleiben zahlreiche relevante **Forschungsfragen**, die in zukünftigen Arbeiten bearbeitet werden sollten:

- *Nachhaltige Integration in Organisationen:* Wie lassen sich Rollenmodelle in bestehende Führungs- und Organisationssysteme verankern?
- *Person-Rollen-Fit und Kompetenzmatching:* Wie kann der Abgleich zwischen individuellen Kompetenzen und Rollenanforderungen systematisiert werden? Welche Rolle spielen hierbei psychometrische Verfahren, Lernpfade oder KI-basierte Tools?
- *Umgang mit Rollenkonflikten und Mehrfachrollen:* Wie kann mit Spannungen zwischen parallelen Rollen umgegangen werden? Welche Steuerungsmechanismen sind geeignet, um Überlastungen und Verantwortungsunklarheiten zu vermeiden?
- *Organisationsformen und Rollenmodelle:* Wie unterscheiden sich Rollenanforderungen und -modelle in klassischen, agilen, hybriden oder projektorientierten Organisationsformen? Lassen sich organisationsspezifische Rollentypologien ableiten?

- *Einfluss von Künstlicher Intelligenz (KI):* Welche Auswirkungen hat der Einsatz von KI auf Rollenverteilungen, Kompetenzanforderungen und neue Rollenbilder? Entstehen neue Rollen durch Assistenzsysteme oder algorithmische Entscheidungsprozesse (z. B. KI-Ethik-Beauftragte, Data Trustees)?
- *Nutzenpotenziale für HR und Kompetenzmanagement:* Inwieweit können Rollenmodelle als Referenzrahmen für die Entwicklung von Kompetenzmatrizen und Weiterbildungsmaßnahmen genutzt werden? Wie kann auf Basis von Rollenprofilen eine konsistente, nachvollziehbare und faire Gehaltsstruktur abgeleitet werden?

Diese Forschungsfragen zeigen, dass Rollenmodelle weit über die technische Gestaltung hinauswirken können – als Brücke zwischen Organisation, Technologie, Mensch und Strategie. Die in dieser Arbeit entwickelte Systematik bildet eine belastbare Grundlage für diese Weiterentwicklung und einen Beitrag zur Transformation des Advanced Systems Engineering im digitalen Zeitalter.

7 Literaturverzeichnis

- [AB09] ABRAHAM, M.; BÜSCHGES, G.: Einführung in die Organisationssoziologie. VS Verlag für Sozialwissenschaften, 4. Auflage, 2009
- [ABE13] ALBERS, A.; BRAUN, A.; EBEL, B.: Activity-Based Modeling and Analysis of Product Engineering Processes. In: Abramovici, M.; Stark, R. (Ed.): Smart Product Engineering: Proceedings of the 23rd CIRP Design Conference, Bochum, 2013
- [ABM+05] ALBERS, A.; BURKHARDT, N.; MEBOLDT, M.; SAAK, M.: SPALTEN Problem Solving Methodology in the Product Development. Engineering Design and the Global Economy: 15th International Conference on Engineering Design - ICED 2005, Melbourne, 2005
- [ABW15] ALBERS, A.; BURSAC, N.; WINTERGERST, E.: Produktgenerationsentwicklung - Bedeutung und Herausforderungen aus einer entwicklungsmethodischen Perspektive. Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung, Stuttgart, 2015
- [aca17] ACATECH - FACHFORUM AUTONOME SYSTEME IM HIGHTECH-FORUM: Fachforum Autonome Systeme - Chancen und Risiken für die Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft. Acatech, Abschlussbericht, 2017
- [Ada20] ADAMCZEWSKI, P.: The TOP ICT-Trends to Accelerate Digital Transformation in VUCA-Environment. Proceedings of the 23nd International Conference on Information Technology for Practice, Ostrava, Czech Republic, 2020
- [AG25] AVINASH, B.; GEORGE, J.: Embracing resilience on pharmaceutical manufacturing: “digital twins” – forging a resilient path in the VUCA maze. International Journal of Pharmaceutical and Healthcare Marketing, Emerald Publishing Limited, 2025
- [Alb24] ALBERS, A. (HRSG.): Engineering neu denken und gestalten - Herausforderungen, Anwendungsszenarien und das neue Leitbild Advanced Systems Engineering. acatech IMPULS, München, 2024
- [And19] ANDERL, R.: Elektronische Datenverarbeitung - Y1 Einführung. In: Grote, K.-H.; Bender, B.; Göhlich, D. (Hrsg.): Dubbel - Taschenbuch für den Maschinenbau. Springer Vieweg, 25. Auflage, Berlin, 2019
- [ARB+16] ALBERS, A.; REISS, N.; BURSAC, N.; RICHTER, T.: IPEM - Integrated Product Engineering Model in Context of Product Generation Engineering. Procedia CIRP, 26th CIRP Design Conference, Stockholm, 2016
- [Arn10] ARNOLD, R.: Kompetenz. In: ARNOLD, R.; NUISSL, E.; NOLDA, S.: (Hrsg): Wörterbuch Erwachsenenbildung. UTB, Bad Heilbrunn, 2010
- [Bal20] Balog, K.: The concept and competitiveness of agile organization in the fourth industrial revolution's drift. Strategic Management, Vol. 25, No. 3, pp. 14-27, 2020
- [BBR21] BROY, M.; BÖHM, W.; RUMPE, B.: Advanced Systems Engineering. In: Böhm et al: Model-Based Engineering of Collaborative Embedded Systems, Springer Verlag, Wiesbaden, 2021
- [BC24] BOTEAN-MUNTEAN, D.-R.; CONSTANTINESCU, R.: Vuca and Bani Worlds – Challenges for nowadays business models. Could circular economy and various digital instruments like internet of things help a business model to respond to such challenges? An examination of solutions and future strategies through marketing lens. Journal of Information Systems and Operations Management, Vol. 18.1, 2024
- [BDK+24] BEVERUNGEN, D.; DUMITRESCU, R.; KÜHN, A.; PLASS, C. (HRSG.): Digitale Plattformen im industriellen Mittelstand – Strategien, Methoden, Umsetzungsbeispiele. Springer Vieweg, Berlin, 2024
- [BF98] BLANCHARD, B. S.; FABRYCKY, W. J.: Systems Engineering and Analysis. Pearson International Edition, Fourth Edition, 1998

- [BG21] BENDER, B.; GERICKE, K. (HRSG.): Pahl/Beitz Konstruktionslehre - Methoden und Anwendung erfolgreicher Produktentwicklung. Springer Vieweg, 9. Auflage, Berlin, 2021
- [BGG+21] BENTLER, D.; GROTE, E.-M.; GABRIEL, S.; BANSMANN, M.; LATOS, B. A.; MAIER, G.: Wie gelingt intelligentes und humanzentriertes Kompetenzmanagement. praevium, Nr. 2, pp. 24-25, 2021
- [BH15] BOTTHOF, A.; HARTMANN, E.-A. (HRSG.): Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0. Springer Vieweg, Wiesbaden, 2015
- [Bin18] BINNER, H. F.: Organisation 4.0: MITO-Konfigurationsmanagement - Masterplan zur prozessorientierten Organisation. Springer Vieweg, Wiesbaden, 2018
- [Bit25] BITCOM: Generative KI im Unternehmen - Rechtliche Fragen zum Einsatz generativer Künstlicher Intelligenz im Unternehmen. Bitcom, Berlin, 2025
- [BK13] BROY, M.; KUHRMANN, M.: Projektorganisation und Management im Software Engineering. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, 2013
- [BLG17] BIFFL, S.; LÜDER, A.; GERHARD, D.: Multi-Disciplinary Engineering for Cyber-Physical Productions Systems. Springer, Cham, Schweiz, 2021
- [BPK+23] BEHIE, S. W.; PASMAN, H. J.; KHAN, F. I.; SHELL, K.; ALARFAJ, A.; EL-KADY, A. H.; HERNANDEZ, M.: Leadership 4.0: The changing landscape of industry management in the smart digital era. Process Safety and Environmental Protection., Vol. 172, pp. 317-328, 2023
- [Bra14] BRAUN, A.: Modellbasierte Unterstützung der Produktentwicklung - Potentiale der Modellierung von Produktentstehungsprozessen am Beispiel des integrierten Produktentstehungsmodells (iPeM). Karlsruher Institut für Technologie, IPEK, Dissertation, Band 72, Karlsruhe, 2014
- [Bre21] BRETZ, L.: Rahmenwerk zur Planung und Einführung von Systems Engineering und Model-Based Systems Engineering. Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn, Dissertation, Band 401, Paderborn, 2021
- [BS11] BAXTER, G.; SOMMERVILLE, I.: Socio-technical systems: From design methods zu systems engineering. Journal Interacting with Computers, Vol. 23, pp. 4-17, 2011
- [Buc03] BUCCIARELLI, L. L.: Engineering Philosophy. DUP Satellite, Delft University Press, Delft, 2003
- [Cam25-ol] CAMBRIDGE DICTIONARY: Definition Engineering. Unter: <https://dictionary.cambridge.org/de/worterbuch/englisch/engineering>, 21. April 2025
- [CBB+23] CSAR, M.; BACHMANN, T.; BRAVO, K.; HEEMANN, C.: Wenn mehr Ganzheit gefordert wird - Agile Teams und ihre Personen. Gruppe. Interaktion. Organisation. Zeitschrift für angewandte Organisationspsychologie (2023) 54:521-531, 2023
- [CBM+23] CIOROI, N.; BLEISINGER, O.; MECHERGUL, A.; KRAUTKREMER, J.; KLEINER, S.: Ein generisches Informationsmodell für durchgängige IT-Toolchains im Kontext des Model-Based Systems Engineering. Tag des Systems Engineering, Paderborn, 2023
- [CH03] CUYLER, D.; HALPIN, T.: Metamodels for Object-Role Modeling. 8th International Working Conference on Exploring Modeling Methods for Systems Analysis and Development (EMMSAD), Österreich, 2003
- [CKH21] COLOMBO, A. W.; KARNOUSKOS, S.; HANISCH, C.: Engineering human-focused Industrial Cyber-Physical Systems in Industry 4.0 context. The Royal Society, n. 379, 2021
- [Coo90] COOPER, R.: Stage-Gate Systems: A New Tool for Managing New Products. Journal of Business Horizons, 1990
- [DAG+21] DUMITRESCU, R.; ANACKER, H.; GROTE, E.-M.; RASOR, R.; TEKAAT, J.; MEYER, M.; GAUSEMEIER, J.; STEGLICH, S.: Erfolgspotentiale für die Zukunft des Engineeringstandorts

- Deutschland – Ein Beitrag zum Advanced Systems Engineering. 16. Symposium Vorausschau und Technologieplanung, Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn, Paderborn, 2021
- [DAR+21] DUMITRESCU, R.; ALBERS, A.; RIEDEL, O.; STARK, R.; GAUSEMEIER, J. (HRSG.): Advanced Systems Engineering – Wertschöpfung im Wandel – Leistungsstand des Engineerings in Wirtschaft und Wissenschaft. Paderborn, 2021
- [DG05] DEHNBOSTEL, P.; GILLEN, J.: Kompetenzentwicklung, reflexive Handlungsfähigkeit und reflexives Handeln in der Arbeit. In: DEHNBOSTEL, P.; GILLEN, J.; ELSHOLZ, U.; HABENICHT, T.; PROß, G.; SKROBLIN, J.-P. (HRSG): Kompetenzentwicklung in vernetzten Lernstrukturen. Konzepte arbeitnehmerorientierter Weiterbildung. Bertelsmann, Bielefeld, 2005
- [DWZ+20] DAUM, M.; WEDEL, M.; ZINKE-WEHLMANN, D.; ULBRICH, H. (HRSG.): Gestaltung vernetzt-flexibler Arbeit - Beiträge aus Theorie und Praxis für die digitale Arbeitswelt. Springer Vieweg, Berlin, 2020
- [EM17] EHRENSPIEL, K.; MEERKAMM, H.: Integrierte Produktentwicklung - Denkabläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit. Carl Hanser Verlag, 6. Auflage, München, Wien, 2017
- [EP22] ECKERT, C.; PLOSS, R. (HRSG.): Cybersicherheit - Status quo und zukünftige Herausforderungen. Acatech, acatech IMPULS, München, 2022
- [Erp07] ERPENBECK, J. (HRSG.): Handbuch Kompetenzmessung -Erkennen, verstehen und bewerten von Kompetenzen in der betrieblichen, pädagogischen und psychologischen Praxis. Schäffer Poeschel, Stuttgart, 2007
- [ES09] EIGNER, M.; STELZER, R.: Product Lifecycle Management - Ein Leitfaden für Product Development und Life Cycle Management. Springer, Berlin, Heidelberg, 2009
- [ES14] EIGNER, M.; SCHÄFER, P.: Nachhaltigkeit aus Engineering Perspektive. In: Hauff, M. v.: Nachhaltige Entwicklung - Aus der Perspektive verschiedener Disziplinen. Nomos Verlag, 2014
- [EW23] ESTEFAN, J. A.; WEILKIENS, T.: MBSE Methodologies. In: Handbook of Model-Based Systems Engineering, Springer Nature Switzerland AG, Schweiz, 2023
- [FDG+16] FAY, A.; DRUMM, O.; GUTERMUTH, G.; LÖWEN, U.: Durchgängigkeit in Wertschöpfungsketten von Industrie 4.0. Conference Automation, Baden-Baden, 2016
- [Fra15] FRANZEN, T: Gedanken zur Einführung des Systems Engineering in mittelständische Unternehmen. Gesellschaft für Systems Engineering, Tag des Systems Engineering, 2015
- [Fre07] FREUND, T.: Software Engineering durch Modellierung wissensintensiver Entwicklungsprozesse. GITO-Verlag, Berlin, 2007
- [FG13] FELDHUSEN, J.; GROTE, K.-H.: Pahl/Beitz Konstruktionslehre - Methoden und Anwendung erfolgreicher Produktentwicklung. Springer Vieweg, 8. Auflage, Berlin, Heidelberg, 2013
- [FK18] FORTMANN, H. R.; KOLOCEK, B. (HRSG.): Arbeitswelt der Zukunft – Trends – Arbeitsraum – Menschen – Kompetenzen. Springer Gabler, Wiesbaden, 2018
- [FMS14] FRIEDENTHAL, S.; MOORE, A.; STEINER, R.: A Practical Guide to SysML – The Systems Modeling Language. Third Edition, Morgan Kaufmann Publishers, Waltham, 2014
- [Gad20] GADATSCH, A.: Grundkurs Geschäftsprozess-Management. Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2020
- [Gay19] GAY, F.: Talent. In Busold, M. (Hrsg.): War for Talents, Springer Verlag, Berlin 2019

- [GBG+22] GABRIEL, S.; BENTLER, D.; GROTE, E.-M.; JUNKER, C.; MEYER ZU WENDISCHHOFF, D.; BANSMANN, M.; LATOS, B. A.; HOBSCHEIDT, D.; KÜHN, A.; DUMITRESCU, R.: Requirements analysis for an intelligent workforce planning system: a socio-technical approach to design AI-based systems. 32nd CIRP Design Conference, pp. 431-436, 2022
- [GDE+21] GAUSEMEIER, J.; DUMITRESCU, R.; ECHTERFELD, J.; PFÄNDER, T.; STEFFEN, D.; THIELEMAN, F.: Innovationen für die Märkte von morgen - Strategische Planung von Produkten, Dienstleistungen und Geschäftsmodellen. Carl Hanser Verlag, München, 2021
- [Geh06] GEHLE, M.: Internationales Wissensmanagement - Zur Steigerung der Flexibilität und Schlagkraft wissensintensiver Unternehmen. Gabler, RWTH Aachen, Dissertation, Aachen, 2006
- [Gey14] GEYER, R.: Die Stellenbeschreibung - vielseitiges Instrument für die Personalabteilung. Bachelor + Master Publishing, Hamburg, 2014
- [GGF+12] GEISSBAUER, R.; GRIESMEIER, A.; FELDMANN, S.; TOEPERT, M.: Serviceinnovation – Potentiale industrieller Dienstleistungen erkennen und erfolgreich implementieren. Springer, Berlin, Heidelberg, 2012
- [GGG+22] GORSKI, A. T.; GLIGOREA, I.; GORSKI, H.; OANCEA, R.: Workforce and workplace ecosystem – challenges and opportunities in the age of digital transformation and 4IR. International Conference Knowledge-Based Organization, Vol. 28, No. 1, pp. 187- 194, 2022
- [GKS+25] GROTE, E.-M.; KOLDEWEY, C.; SCHWARZ, S. E.; DUMITRESCU, R.; ALBERS, A.: Enabling Better Systems Through Better Teams: 27 Role Profiles for Engineering Advanced Systems. 31th International Conference on Engineering, Technology and Innovation, Valencia, Spain, 2025
- [GKV+25] GROTE, E.-M.; KOLDEWEY, C.; VOELK, T.; SCHWARZ, S. E.; DUMITRESCU, R.; ALBERS, A.: From Generic to Specific: Scalable Role Modeling for Engineering Advanced Systems. International Symposium on Systems Engineering (ISSE), Paris, Frankreich, 2025
- [GKW+25] GROTE, E.-M.; KOLDEWEY, C.; WILKE, D.; SCHWARZ, S. E.; DUMITRESCU, R.; ALBERS, A.: 'Defining Roles, Enabling Systems: a Structured Role Model for Engineering Advanced Systems. International Symposium on Systems Engineering (IEEE ISSE), Paris, Frankreich, 2025
- [GM06] GERGS, H.-J.; MOSNER, M.: Teamentwicklung auf den Kopf gestellt. Das GPRI-Modell zur aufgabenorientierten Teamentwicklung. In: Pohlmann, M.; Zillman, T. (Hrsg.): Beratung und Weiterbildung. Fallstudien, Aufgaben und Lösungen. Oldenbourg Verlag, München, 2006
- [GO22] GRÄBLER, I.; OLEFF, C.: Systems Engineering - Verstehen und industriell umsetzen. Springer-Verlag GmbH, 2022
- [Göp25] GÖBEL, U.: KI-Transformation im Engineering - Die zentrale Rolle von PLM-Systemen. ZWF Zeitschrift für Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Vol. 120(s1), pp. 51-54, 2025
- [GPR+20] GROTE, E.-M.; PFEIFER, S.; RÖLTGEN, D.; KÜHN, A.; DUMITRESCU, R.: Towards Defining Role Models in Advanced Systems Engineering. IEEE International Symposium on Systems Engineering (ISSE), Wien, Österreich, 2020
- [Gra94] GRAUMANN, C. F.: Verantwortung als soziales Konstrukt. Zeitschrift für Sozialpsychologie 25:181-191, 1994
- [GWK+24] GROTE, E.-M.; WILKE, D.; KOLDEWEY, C.; DUMITRESCU, R.: Roleplaying made easy – A Meta-model for Roles in Systems Engineering. IEEE International Symposium on Systems Engineering (ISSE), Italien, 2024
- [GWT22] GRÄBLER, I.; WIECHEL, D.; THIELE, H.: Fortschrittskontrolle der Modellierung mechatronischer Produkte. Fachtagung VDI-Mechatronik 2022, 2022

- [Hal96] HALPIN, T.: Business Rules and Object Role Modeling. Database Programming & Design, 1996
- [Hal98] HALPIN, T.: Object-Role Modeling (ORM/NIAM). In: Handbook on Architectures of Information Systems, Springer Verlag, Berlin, 1998
- [Han16] HANSCHKE, I.: Enterprise Architecture Management – einfach und effektiv. Ein praktischer Leitfaden für die Einführung von EAM. Carl Hanser Verlag, München, 2016
- [Han20] HANNA, S.: Ein Prozess zur Unterstützung im System of Systems Engineering. University of Applied Sciences, Hochschule Emden Leer, Dissertation, Medieninformatik, Emden, 2020
- [Hau17] HAUSNER, M. B.: Teams synergetisch entwickeln | Beiträge zur Entwicklung von Teams in der Arbeitswelt unter besonderer Berücksichtigung der Synergetik als Lehre der Selbstorganisation. Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, Fakultät für Verhaltens- und empirische Kulturwissenschaften, Studienarbeit, Heidelberg, 2017
- [HE95] HUBKA, V.; EDER, W. E.: Design Science - Introduction to the Needs, Scope and Organization of Engineering Design Knowledge. Springer, London, Berlin, Heidelberg, 1995
- [Hei16] HEIDBRINK, L.: Definitionen und Voraussetzungen der Verantwortung. Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2016
- [Hel16] HELLBRÜCK, R.: Angewandte Statistik mit R – Eine Einführung für Ökonomen und Sozialwissenschaftler. Springer Gabler, 3. Auflage, Wiesbaden, 2016
- [Hin17] HINZ, O.: Segeln auf Sicht – Das Führungshandbuch für ungewisse Zeiten. Springer Gabler, Wiesbaden, 2017
- [HKW13] HERRMANN, A.; KNAUS, E.; WEIßBACH, R. (HRSG.): Requirements Engineering und Projektmanagement. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, 2013
- [HO76] HACKMAN, J. R.; OLDFHAM, G. R.: Motivation through the Design of Work: Test of a Theory. In: Organizational Behavior and Human Performance 16, Academic Press, Inc., 1976
- [Hof18] HOFERT, S.: Das agile Mindset – Mitarbeiter entwickeln, Zukunft der Arbeit gestalten. Springer Gabler, Wiesbaden, 2018
- [HRA+18] HEIMICKE, J.; REIß, N.; ALBERS, A.; WALTER, B.; BREITSCHUH, J.; Knoche, S.; Bursac, N.: Agile innovative impulses in product generation engineering: creativity by intentional forgetting
- [HV20] HUTH, T.; VIETOR, T.: Systems Engineering in der Produktentwicklung: Verständnis, Theorie und Praxis aus ingenieurwissenschaftlicher Sicht. Springer Verlag, Gruppe. Interaktion. Organisation, Wiesbaden, 2020
- [HVB+16] HEHENBERGER, P.; VOGEL-HEUSER, B.; BRADLEY, D.; EYNARD, B.; TOMIYAMA, T.; ACHICHE, S.: Design, modelling, simulation and integration of cyber physical systems: Methods and applications. Elsevier, Journal of Computers in Industry, vol. 82, pp.273-289, 2016
- [HWF+15] HABERFELLNER, R.; WECK, O. D.; FRICKE, E.; VÖSSNER, S.: Systems Engineering - Grundlagen und Anwendungen. Orell Füssli, 13th edition, Zürich, Schweiz, 2015
- [HWL17] HUTCHISON, N.; WADE, J.; LUNA, S.: The Roles of Systems Engineers Revisited. 27th Annual INCOSE International Symposium, Australia, 2017
- [HX23] HOY, Z.; XU, M.: Agile Software Requirements Engineering Challenges-Solutions – A conceptual framework from Systematic Literature Review. MDPI, Information 2023, 14, 322, Basel, Switzerland, 2023
- [Inc23] INCOSE: INCOSE Systems Engineering Handbook. John Wiley & Sons, 5. Auflage, 2023

- [ISO23] ISO: ISO/IEC/IEEE 15288:2023 Systems and software engineering - System life cycle processes. ISO/IEC/IEEE, 2023
- [JP22] JAGGERNATH-FURLONGE, S.; PUN, K. F.: Incorporating VUCA and Digitalisation Capabilities into Resilient Organisations: A Multidimensional Approach. IEM5-22 Conference on “Emerging Research and Practices in Engineering Resilience and Management”, 4th-5th November 2022, 2022
- [Kam10] KAMINSKI, A.: Technik als Erwartung - Grundzüge einer allgemeinen Technikphilosophie. Bielefeld: transcript Verlag, 2010
- [Kau14] KAUFFELD, S. (HRSG.): Arbeits-, Organisations- und Personalpsychologie für Bachelor. Springer, 2. Auflage, Heidelberg, 2014
- [KC21] KIM, D.-K.; CHUNG, Y. K.: R-BPMN for abstract modeling of business process patterns. Business Process Management Journal, Vol. 27, No. 5, pp.1445-1462, 2021
- [KG18] KRAUSE, D.; GEBHARDT, N.: Methodische Entwicklung modularer Produktfamilien - Hohe Produktvielfalt beherrschbar entwickeln. Springer Vieweg, Berlin, 2018
- [KK03] KROLL, P.; KRUCHTEN, P.: Rational Unified Process Made Easy: A Practitioner's Guide to the RUP. Addison Wesley, 2003
- [KKR+20] KERSTEN, H.; KLETT, G.; REUTER, J.; SCHRÖDER, K.-W.: IT-Sicherheitsmanagement nach der neuen ISO 27001 – ISMS, Risiken, Kennziffern, Controls. Springer Vieweg, 2. Auflage, Wiesbaden, 2020
- [KL19] KUHN, T.; LIGGESMEYER, P.: Autonome Systeme - Potenziale und Herausforderungen. Springer, Autonome Systeme und Arbeit, pp. 27-46, 2019
- [KMP+09] KIRCHMAYR, M.; MÜLLER, M.; PENZENSTADLER, B.; SIKORA, E.; WEYER, T.: Essenzieller REMsES-Leitfaden - Requirements Engineering and Management Softwareintensiver eingebetteter Systeme. REMsES-Konsortium, 2009
- [Koe85] KOEN, B. V.: Definition of the Engineering Method. American Society for Engineering Education, ASEE Publications, Suite 200, Washington, 1985
- [Kol21] KOLDEWEY, C.: Systematik zur Entwicklung von Smart Service-Strategien im produzierenden Gewerbe. Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn, Band 399, Paderborn, 2021
- [Kos13] KOSIOL, E.: Organisation der Unternehmen. Gabler Verlag Wiesbaden, Wiesbaden, 2013
- [KR23] KAUFFELD, S.; ROTHENBUSCH, S. (HRSG.): Kompetenzen von Mitarbeitenden in der digitalisierten Arbeitswelt – Chancen und Risiken für kleine und mittlere Unternehmen. Springer, Berlin, 2023
- [KWF+24] KAISER, L.; WILKE, D.; FÖRSTER, F.; KÖHLER, I.: Evolving Roles in Systems Engineering - Insights from Germany's Mechanical and Plant Engineering Sector. 34th Annual IN-COSE International Symposium, Dublin, Ireland, 2024
- [KWH13] KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J.: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 – Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0, 2013
- [Lan17] LANGER, C.: Teamentwicklung und Teamleistungsfähigkeit. Institut für Jugendrecht, Organisationsentwicklung und Sozialmanagement, 2017
- [LC16] LIU, J. Y.-C.; CHIU, G. C.-T.: Influence of Project Partnering on Stakeholder Role Ambiguity and Project Manager Risk Perception in Information System Projects. Sage, Project Management Journal, Vol. 47, Issue 6, 2016
- [Len16] LENK, H.: Verantwortlichkeit und Verantwortungstypen - Arten und Polaritäten. Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2016

- [Lin09] LINDEMANN, U.: Methodische Entwicklung technischer Produkte - Methoden flexibel und situationsgerecht anwenden. Springer Verlag, 3. Auflage, Heidelberg, 2009
- [Lin16] LINDEMANN, U.: Handbuch Produktentwicklung. Carl Hanser Verlag, 2016
- [Lop22] LOPEZ-CRUZ, O.: An Essential Definition of Engineering to Support Engineering Research in the Twenty-First Century. *International Journal of Philosophy*, 10(4), 130–137, 2022, DOI: 10.11648/j.ijp.20221004.12.
- [LRF+20] LI, A. Q.; RICH, N.; FOUND, P.; KUMAR, M.; BROWN, S.: Exploring product-service systems in the digital era: a socio-technical systems perspective. Cardiff University, Cardiff, 2020
- [Luh87] LUHMANN, N.: Soziale Systeme - Grundriss einer allgemeinen Theorie. Suhrkamp taschenbuch wissenschaft, 1987
- [Lun01] LUND, A.: Measuring Usability with the USE Questionnaire". *Journal, Usability Interface*, 8(2), 2001
- [MB22] MUELLER, L.; BENLIAN, A.: Too Drained from Being Agile? The Self-Regulatory Effects of Agile ISD Practices Use and their Consequences for Turnover Intention. *Association for Information Systems, Journal of the Association for Information Systems* (2021) 21(1), 2022
- [Möh12] Möhringer, S.: Systems Engineering im Mittelstand – ein flexibles Modell zur Rollenverteilung, Praxiserfahrungen aus Entwicklungsprojekten. Hanser Verlag, Tag des Systems Engineering, Gesellschaft für Systems Engineering, Paderborn, 2012
- [MPE20-ol] MPE – Management und Personalentwicklung: Gestaltung Rollenmodelle. Unter: <http://mpe-hamburg.de/> , 15. Dezember 2020
- [Mus93] MUSA, J. D.: Operational Profiles in Software-Reliability Engineering. *IEEE Software*, Vol. 10, No. 2, 1993
- [Neg19] NEGRI, C. (HRSG.): Führen in der Arbeitswelt 4.0 – Der Mensch im Unternehmen: Impulse für Fach- und Führungskräfte. Springer, Berlin, 2019
- [NR21] NOWACKA, A.; RZEMIENIAK, M.: The Impact of the VUCA Environment on the Digital Competences of Managers in the Power Industry. *Energies*, vol. 15, no. 185, 2021
- [NRS13] NORTH, K.; REINHARDT, K.; SIEBER-SUTER, B.: Kompetenzmanagement in der Praxis - Mitarbeiterkompetenzen systematisch identifizieren, nutzen und entwickeln. Springer Gabler, 2. Auflage, 2013
- [Oer09] OERDING, J.: Ein Beitrag zum Modellverständnis der Produktentstehung - Strukturierung von Zielsystemen mittel C&CM. Karlsruher Institut für Technologie, IPEK, Dissertation, Band 37, Karlsruhe, 2009
- [OH10] OLDHAM, G. R.; HACKMAN, J. R.: Not what it was and not what it will be: The future of job design research. John Wiley & Sons, *Journal of Organizational Behavior*, vol. 31, pp. 463-479, 2010
- [Opi09] OPITZ, M.: Organisation integrierter Dienstleistungsinnovationssysteme- Ein rollenbasiertes Rahmenkonzept. Gabler, Universität Stuttgart, Dissertation, Wiesbaden, 2009
- [PA19] PORS, J. G.; ANDERSEN, N. A.: Potentialisierung organisieren. Springer VS, Wiesbaden, 2019
- [PB19] BARKE, H.; PRECHELT, L.: Role clarity deficiencies can wreck agile teams. *PeerJ Computer Science*, 5:e241, 2019
- [Per22] PERTLWIESER, M.: Das Richtige digitalisieren - Eine ‚Masterclass‘ zur digitalen Transformation der Wirtschaft. Springer Gabler, Wiesbaden, 2022

- [PK25] PLÄTZER, G.; KRAL, C.: Digital Leadership - Kompetenzentwicklung von Führungskräften und Mitarbeitenden als zentraler Erfolgsfaktor transformativer Unternehmensberatung. Springer Nature, Berlin, 2025
- [PS13] PRIEB, A.; SPÖRER, S.: Führen mit dem Omega-Prinzip - Neuroleadership und Führungspraxis erfolgreich vereint. Haufe, 2013
- [PS18] PFANNSTIEL, M.; STEINHOFF, P.: *Der Enterprise Transformation Cycle – Theorie, Anwendung, Praxis*. Springer, Berlin, 2018
- [PTR07] PEFFERS, K.; TUUNANEN, T.; ROTHENBERGER, M. A.: A design science research methodology for information systems research. *Journal of Management Information Systems*, Winter 2007-8, Vol. 24, No. 3, pp.45-77, 2007
- [Pus12] PUSCHMANN, T.: Prozessportale: Architektur zur Vernetzung mit Kunden und Lieferanten. Springer, Berlin, 2012
- [QM24] QUINTERO, W. R.; MALDONADO, J. E. N.: Competencies of the engineer in industry 4.0 context: a systematic literature review. *Production*, Vol. 34, 2024
- [RE17] RUMP, J.; EILERS, S. (HRSG.): Auf dem Weg zur Arbeit 4.0 – Innovationen in HR. Springer Gabler, Berlin, 2017
- [Ree96] REENSKAUG, T.: Working with Objects OOram Framework Design Principles. Proceedings of the 11th ACM SIGPLAN conference on Object-oriented programming, systems, languages, and applications (OOPSLA)- Workshop Exploration of Framework Design Principles, 1996
- [Req24-ol] REQ.IO: Roles in Systems Engineering: A Comprehensive Overview. Unter: <https://reqi.io/articles/roles-in-system-engineering-a-comprehensive>, abgerufen: 15. November 2024, 2024
- [RHL70] RIZZO, J. R.; HOUSE, R. J. LIRTZMAN, S. I.: Role conflict and ambiguity in complex organizations. *Administrative Science Quarterly*, Vol. 15 No. 2, 1970
- [RKS24] RIEDEL, O.; KÜRÜMLIOGLU, M.; SCHNEIDER, B.: Advanced Systems Engineering. In: Riedel et al: *Handbuch Unternehmensorganisation*, Springer-Verlag, Wiesbaden, 2024
- [Roe05] ROEHL, K. F.: *Rechtssoziologie- die Zukunftsdisziplin der Jurisprudenz*. Carl Heymanns, München, 2005
- [Rop09] ROPOHL, G.: *Allgemeine Technologie - Eine Systemtheorie der Technik*. Universitätsverlag Karlsruhe, 3. Auflage, Karlsruhe, 2009
- [Ros12] ROSEN, M. A.: Engineering Sustainability: A Technical Approach to Sustainability. *Journal Sustainability*, Vol. 4, pp. 2270-2292, 2012
- [Ros13] ROSEN, M. A.: Engineering and Sustainability: Attitudes and Actions. *Journal Sustainability*, Vol. 5, pp. 372-386, 2013
- [RSB18] REUVER, M. D.; SORENSEN, C.; BASOLE, R. C.: The digital platform: a research agenda. *Journal of Information Technology*, vol. 33, pp. 124-135, 2018
- [Run24] RUNKLER, T. A.: *Data Analytics – Models and Algorithms for Intelligent Data Analysis – A Comprehensive Introduction*. Springer Vieweg, Fourth Edition, pp 121-143, Heidelberg, 2024
- [RWD+20] RAMME, S.; WACHE, H.; DINTER, B.; SCHMIDT, S.: Der Kollaborative Digitale Zwillling. *ZWF Zeitschrift für Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, Vol. 115 special, pp. 94-96, 2020
- [RWL95] REENSKAUG, T.; WOLD, P.; LEHNE, O. A.: *Working with objects - The OOram Software Engineering Method*. Taskon Work Environments, Norway, 1995
- [SAC+03] SHIN, D.; AHN, G.-J.; CHO, S.; JIN, S.: On Modeling System-centric Information for Role Engineering. *SACMAT03*, June 2-3 2003, Como, Italy, 2003

- [Sch12] SCHWEIGER, C.: Junge Technologieunternehmen – Systemische Personal- und Organisationsentwicklung. Springer, 2012
- [Sch14] SCHULTE-ZURHAUSEN, M.: Organisation. Vahlen, 6. Auflage, 2014
- [Sch19] SCHWALBE, K.: Information Technology - Project Management. Cengage Learning, Inc, 9th Edition, Boston, USA, 2019
- [Sch98] SCHEER, A.-W.: ARIS - Modellierungsmethoden, Metamodelle, Anwendungen. Springer Berlin, Heidelberg, 1998
- [SDS+23] SOMMERFELD, T.; BERTRAM, V.; DEHN, S.; SLAWIK, V.; FLEISCHER, D.; CHANDER, J.; MÜLLER, A. W.; KOSTOV, N.; SCHMITZ, J. N.: Mehr Effizienz und Qualität im Requirements Engineering mit KI - Potentiale, Implementierung, Chancen und Risiken am Beispiel Forschungsprojekt KIZAM. Embedded Software Engineering Kongress, Sindelfingen, 2023
- [SDV+24] SALADO, A.; DOMINGUEZ, A. S.; VERMA, D.; McDERMOTT, T. A.; RAMOS DEL POZO, V.; GIACHETTI, R.; MONJE, J. C. L.; LONG, D.; TEJADA, B. M.; HENDERSON, K.; DELP, D.; ORTEGA, L. M. A.; GREGORY, J.; CASTELLE, K.; MATAMALAS, M. A. C.: Induction to Systems Engineering in the 21st Century. Cuadernos de Isdefe, Systems Engineering Series, Vol. 1, 2024
- [SG24] SCHREYÖGG, G.; GEIGER, D.: Organisation - Grundlagen moderner Organisationsgestaltung. Springer Gabler, 7. Auflage, Wiesbaden, 2024
- [SH16] SIDDIQUE, L.; HUSSEIN, B. A.: Grounded Theory Study of Conflict in Norwegian Agile Software Projects: The Project Managers' Perspective. Journal of Engineering, Project, and Production Management, Vol. 6, No. 2, pp. 120-135, 2016
- [She96] SHEARD, S. A.: Twelve Systems Engineering Roles. Proceedings, 6th Annual International Symposium of the International Council on Systems Engineering, Boston, 1996
- [She03] SHEARD, S. A.: Twelve Roles and Three Types of Systems Engineering. Software Productivity Consortium, 2003
- [Sim96] SIMON, H.: The Sciences of Artificial. 3. Auflage, MIT Press, Cambridge, MA, 1996
- [SKK14] SOUSA-POZA, A.; KEATING, C.; KOVACIC, S.: Systems engineering: evolution and challenges. International Journal System of Systems Engineering, Vol. 5, No. 4, 2014
- [SKM07] STAUDT, E.; KRIEGSMANN, B.; MUSCHIK, C.: IAI-Scorecard of Competence. In: ERPENBECK, J. (HRSG.): Handbuch Kompetenzmessung. Erkennen, verstehen und bewerten von Kompetenzen in der betrieblichen, pädagogischen und psychologischen Praxis. Schäffer Poeschel, Stuttgart, 2007
- [SL13] STEIGER, T.; LIPPMANN, E. (HRSG.): Handbuch Angewandte Psychologie für Führungskräfte - Führungskompetenz und Führungswissen. Springer, 4. Auflage, Heidelberg, 2013
- [SLW02] STRONG, D. W.; LEE, Y.; WANG, R. Y.: Data quality in context. Communications of the ACM 40(5), DOI:10.1145/253769.253804, 2002
- [SMM+19] SILLITTO, H.; MARTIN, J.; MCKINNEY, D.; GRIEGO, R.; DORI, D.; KROB, D.; GODFREY, P.; ARNOLD, E.; JACKSON, S.: Systems Engineering and Systems Definitions. International Council on Systems Engineering (INCOSE), 2019
- [SMM+23] SZABÓ, P.; MLKVA, M.; MARKOVÁ, P.; SAMÁKOVÁ, J.; JANIK, S.: Change of Competences in the Context of Industry 4.0 Implementation. Applied sciences, Vol. 13, 8547, 2023
- [SP21] SUHANDA, R. D. P.; PRATAMI, D.: RACI Matrix Design for Managing Stakeholders in Project Case Study of PT: XYZ. Internation Journal of Innovation in Enterprise System, vol. 5, no. 02, Telkom, University, 2021
- [SS16] SAUTER, W.; STAUDT, F.-P.: Strategisches Kompetenzmanagement 2.0 - Potenziale nutzen - Performance steigern. Springer Gabler, Wiesbaden, 2016

- [SSF+24] SKOUTI, T.; SEIGER, R.; FURRER, F. J.; STRAHRINGER, S.: RBPMN: the value of roles for business process modeling. *Software and Systems Modeling*, Vol. 23, pp. 1375-1406, 2024
- [SSW25] STEFFEN, D.; STANDKE, J.; WIBBING, P.: Code the Product - Vision für die Produktentstehung der Zukunft. *ZWF Zeitschrift für Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, Vol. 120 (s1), pp.55-60, 2025
- [ST14] SCHIERSMANN, C.; THIEL, H.-U.: *Organisationsentwicklung*. Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2014
- [ST18] SCHIERSMANN, C.; THIEL, H.-U.: *Organisationsentwicklung – Prinzipien und Strategien von Veränderungsprozessen*. Springer VS, 5. Auflage Wiesbaden, 2018
- [Ste00] STEIMANN, F.: On the representation of roles in object-oriented and conceptual modelling. *Elsevier, Data & Knowledge Engineering*, Vol 35, pp. 83-106, 2000
- [Stö11] STÖCKERT, H.: *Fehlervermeidung an Schnittstellen-Prozessen der verteilten Produktentwicklung*. Technische Universität Berlin, Dissertation, Berlin, 2011
- [SWR+15] SCHUH, G.; WENTZEL, D.; RUDOLF, S.; ERKIN, A.: *Schnittstellenmanagement in der Business-to-Business-Praxis: Wie Unternehmen interne und externe Komplexität managen*. *ZWF Zeitschrift für Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, Vol. 110(11), pp. 694-697, 2015
- [TG18] TERNÈS VON HATTBURG, A.; DE GRANCY, C.-D. (HRSG.): *Agenda HR – Digitalisierung, Arbeit 4.0, New Leadership – Was Personalverantwortliche und Management jetzt nicht verpassen sollten*. Springer Gabler, 2. Auflage, Wiesbaden, 2018
- [Tre23] TREDER, M.: *Das Management-Handbuch für Chief Data Officer Aufbau und Betrieb der Daten Supply Chain eines Unternehmens*. Springer Vieweg, New York, 2023
- [TRK+24] TRIENENS, M.; RASOR, R.; KHARATYAN, A.; DUMITRESCU, R.; ANACKER, H.: Digital twins to increase sustainability throughout the system life cycle: a systematic literature review. *International Design Conference, Design 2024*, Cambridge
- [TW18] TERNÈS, A.; WILKE, C.-D. (HRSG.): *Agenda HR – Digitalisierung, Arbeit 4.0, New Leadership: Was Personalverantwortliche und Management jetzt nicht verpassen sollten*. Springer Gabler, Berlin, 2018
- [UE16] ULRICH, K. T.; EPPINGER, S. D.: *Product Design and Development*. McGraw-Hill Education, 6th edition, New York, USA, 2016
- [Ulm13] ULMER, G.: *Führen mit Rollenbildern - Neue Stellenbeschreibungen für die Führungspraxis*. Springer Gabler, 3. Auflage, Berlin, 2013
- [VCF+12] VIOLA, N.; CORPINO, S.; FIORITI, M.; STESINA, F.: *Functional Analysis in Systems Engineering: Methodology and Applications*. In: *Systems Engineering - Practice and Theory*, InTech, 2012
- [VDI19] VDI/VDE-GESELLSCHAFT MESS- UND AUTOMATISIERUNGSTECHNIK (GMA): VDI: VDI-Richtlinie 2221 Blatt 1 – Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte. Verein Deutscher Ingenieure. VDI, 2019
- [VDI21] VDI/VDE-GESELLSCHAFT MESS- UND AUTOMATISIERUNGSTECHNIK (GMA): "VDI/VDE 2206:2021-11 - Entwicklung mechatronischer und cyber-physischer Systeme. VDI, Düsseldorf, 2021
- [Von17] VON AU, C. (HRSG.): *Eigenschaften und Kompetenzen von Führungspersönlichkeiten*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2017
- [VTC+20] VENKATESH, V.; THONG, J. Y. L.; CHAN, F. K. Y.; HOEHLE, H.; SPOHRER, K.: How agile software development methods reduce work exhaustion: Insights on role perceptions and organizational skills. *Wiley, Information Systems Journal*, Vol. 30, pp. 733 -761, 2020

- [Wag20] WAGNER, L.: Kein Digital Twin ohne digitale Durchgängigkeit. ZWF Zeitschrift für Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Vol. 115 special, pp. 43-45, 2020
- [WB18] WERTHER, S.; BRUCKNER, L.: Arbeit 4.0 aktiv gestalten – Die Zukunft der Arbeit zwischen Agilität, People Analytics und Digitalisierung. Springer, Berlin, 2018
- [WDM22] WILLEMS, W.; DEMKE, N.; MANTWILL, F.: Nachhaltigkeit in der frühen Phase der Produktentwicklung. Springer Science and Business Media LLC, Nachhaltige Industrie, Vol. 3, pp.36-37, 2022
- [WE14] WATT, A.; ENG, N.: Database Design. BCCampus, 2nd Edition, Victoria, 2014
- [Wen08] WENTZ, R.-C.: Die Innovationsmaschine - Wie die weltbesten Unternehmen Innovationen managen. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2008
- [WGS+24] WILKE, D.; GROTE, E.-M.; SCHIERBAUM, A.; DUMITRESCU, R.: Messbare Erfolgskriterien von Systems Engineering. Tag des Systems Engineering, Band 22, Leipzig, 2024
- [Win16] WINZER, P.: Generic Systems Engineering - Ein methodischer Ansatz zur Komplexitätsbewältigung. Springer Vieweg, 2. Auflage, Berlin, 2016
- [Wu24] WU, J.: Cyber Resilience System Engineering Empowered by Endogenous Security and Safety. Springer Nature, Singapura, 2024
- [WWL+19] WANG, H.; WANG, G.; LU, J.; MA, C.: Ontology Supporting Model-Based Systems Engineering Based on a GOPRRR Approach. Springer Nature, WorldCIST'19, Schweiz, 2019
- [WZ20] WEIß, G.; ZIRFAS, J. (HRSG.): Handbuch Bildungs- und Erziehungsphilosophie. Springer VS, Wiesbaden, 2020
- [XW17] XIAO, Y.; WATSON, M.: Guidance on Conducting a Systematic Literature Review. Journal of Planning Education and Research, ACSP, vol. 39, 2017.
- [YGS13] YIGITBAS, E.; GERTH, C.; SAUER, S.: Konzeption modellbasierter Benutzungsschnittstellen für verteilte Selbstbedienungssysteme. GI Jahrestagung, 2013
- [ZKL+09] ZINK, K. J.; KÖTTER, W.; LONGMUE, J.; THUL, M. J.: *Veränderungsprozesse erfolgreich gestalten*. Springer, Berlin, 2009
- [ZPB+24] ZENK, L.; PAUSITS, A.; BRENNER, B.; CAMPBELL, D. F. J.; BEHRENS, D. A.; STÖCKLER, E. M.; OPPL, S.; STEINER, G.: Meta-competences in complex environments: An interdisciplinary perspective. Thinking Skills and Creativity, Vol. 53, 101515, 2024

Anhang

A1	Ordnungsrahmen für Prozesse des Advanced Systems Engineering.....	175
A1.1	Konzeptdefinition.....	175
A1.2	Systemdefinition.....	176
A1.3	Systemrealisierung.....	178
A2	Rollenprofile für das Advanced Systems Engineering	181
A2.1	Akquise	181
A2.2	Analyse	183
A2.3	Synthese	186
A2.4	Testing	191
A2.5	Projektunterstützende Rollenprofile	193
A3	Generisches Rollenmodell für das Advanced Systems Engineering.....	207
A3.1	Konzeptdefinition.....	207
A3.2	Systemdefinition.....	209
A3.3	Systemrealisierung.....	214

A1 Ordnungsrahmen für Prozesse des Advanced Systems Engineering

Nachfolgend sind die Steckbriefe des Ordnungsrahmens für Prozesse des Advanced Systems Engineering zu finden – sortiert nach: Konzeptdefinition (vgl. Kapitel A1.1), Systemdefinition (vgl. Kapitel A1.2) und Systemrealisierung (vgl. Kapitel A1.3).

A1.1 Konzeptdefinition

Orientierungsrahmen für Prozesse des ASE Concept Definition

Die Phase "Concept Definition" legt den Grundstein für die erfolgreiche Entwicklung von Projekten, indem sie sicherstellt, dass sowohl die geschäftlichen Anforderungen als auch die Bedürfnisse der Stakeholder klar verstanden, dokumentiert und priorisiert werden. Strategischer Input und klare Ergebnisse helfen, das Projekt in die richtige Richtung zu lenken und das Risiko von Missverständnissen oder Fehlinvestitionen zu minimieren.

Business Analysis | Aufgaben und Aktivitäten

Strategischer Input

- Unternehmensstrategie und -ziele
- Finanzielle Rahmenbedingungen und Budgetvorgaben
- Wettbewerbsanalysen und Branchenbenchmarks
- Technologische Roadmaps und Innovationspläne
- Quelldokumente, Betriebskonzept
- Lebenszykluskonzepte
- Cross-Industry-Insights
- Kundenfeedback, Fehleranalysen
- Patente und Forschungsergebnisse
- Mitarbeiter-Knowhow
- ...

Mögliche Aktivitäten

- Anforderungen sammeln: Ermittlung von funktionalen und nicht-funktionalen Anforderungen
- Geschäftsprobleme definieren: Analyse der aktuellen Herausforderungen und deren Auswirkungen
- Marktanalyse: Trends, Wettbewerber, Marktbedürfnisse
- Risikoanalyse: Identifikation/Bewertung potenzieller Projektrisiken
- Gap-Analyse: Vergleich Ist-Zustands & Soll-Zustand
- Datenanalyse: Interpretation bestehender Daten zur Unterstützung der Entscheidungsfindung
- Prozessanalyse: Modellierung und Optimierung bestehender Geschäftsprozesse
- Business Case erstellen: Entwicklung eines finanziellen und strategischen Plans für das Projekt
- Anforderungen priorisieren: Bewertung der wichtigsten Anforderungen nach Geschäftswert
- Anforderungskatalog dokumentieren: Erstellung eines detaillierten Anforderungskatalogs
- Technologische Möglichkeiten bewerten: Analyse von bestehenden und aufkommenden Technologien
- Lösungsalternativen entwickeln: Erarbeitung verschiedener Ansätze zur Zielerreichung
- Entscheidungsgrundlagen schaffen: Vorbereitung von Fakten für Managemententscheidungen
- Validierung der Anforderungen: Überprüfung und Freigabe der Anforderungen durch Stakeholder
- ...

Mögliche Ergebnisse

- Strategie zur Unternehmens- u. Aufgabenanalyse
- Marktstrategien und Branding
- Anforderungskatalog oder Lastenheft
- Business Case mit Kostenschätzung und Nutzenanalyse
- Prozessdiagramme und optimierte Workflows
- Priorisierte Liste von Lösungsoptionen
- Risiken und Migrationsstrategien
- ...

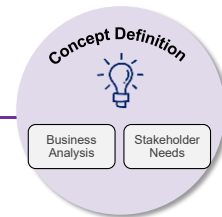
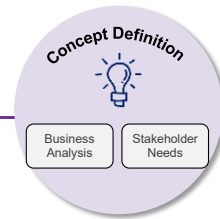


Bild A-1 Concept Definition – Business Analysis

Orientierungsrahmen für Prozesse des ASE

Concept Definition

Die Phase "Concept Definition" legt den Grundstein für die erfolgreiche Entwicklung von Projekten, indem sie sicherstellt, dass sowohl die geschäftlichen Anforderungen als auch die Bedürfnisse der Stakeholder klar verstanden, dokumentiert und priorisiert werden. Strategischer Input und klare Ergebnisse helfen, das Projekt in die richtige Richtung zu lenken und das Risiko von Missverständnissen oder Fehlinvestitionen zu minimieren.



Stakeholder Needs | Aufgaben und Aktivitäten

Strategischer Input

- Feedback aus Kunden- und Nutzerbefragungen
- Unternehmensziele und Kundenzufriedenheitsmetriken
- Anforderungen aus regulatorischen oder rechtlichen Vorgaben
- Markttrends und technologische Erwartungen der Stakeholder
- Unternehmensstrategie und -ziele
- Finanzielle Rahmenbedingungen und Budgetvorgaben
- Fehleranalysen
- Mitarbeiter-Knowhow
- ...

Mögliche Aktivitäten

- Stakeholder identifizieren: Erstellung einer Liste relevanter interner und externer Stakeholder
- Bedürfnisse erheben: Ermittlung der Erwartungen, Wünsche und Anforderungen der Stakeholder
- Stakeholder-Interviews durchführen: Durchführung von Gesprächen zur Informationssammlung
- Personas entwickeln: Erstellung von Nutzerprofilen, um Zielgruppen besser zu verstehen
- Zieldefinition: Klärung und Priorisierung der Projektziele aus Sicht der Stakeholder
- Konflikte identifizieren: Aufdeckung und Lösung von widersprüchlichen Interessen
- Stakeholder-Mapping
- Feedback einholen: Regelmäßige Rücksprache Stakeholdern, Erwartungen kommunizieren
- Nutzeranforderungen formulieren: Erstellung spezifischer und testbarer Anforderungen
- Einflussfaktoren analysieren: Berücksichtigung externer Faktoren wie gesetzlicher Vorgaben
- Stakeholder-Needs-Report erstellen: Dokumentation der ermittelten Bedürfnisse
- Testscenarien entwickeln: Ableitung von Tests auf Basis der Stakeholder-Anforderungen
- Change-Management-Plan erstellen: Planung, wie Stakeholder in Veränderungsprozesse eingebunden werden
-

Mögliche Ergebnisse

- Stakeholder-Needs-Dokument (z.B. Anforderungen und Wünsche)
- Personas und User Journeys
- Konfliktmanagement-Strategien und Lösungsansätze
- Plan für die Einbindung der Stakeholder während der Projektlaufzeit
- Risiken und Migrationsstrategien
- ...

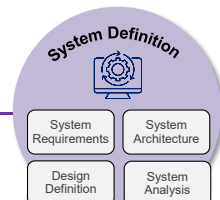
Bild A-2 Concept Definition – Stakeholder Needs

A1.2 Systemdefinition

Orientierungsrahmen für Prozesse des ASE

System Definition

Die Phase "System Definition" ist entscheidend, um Anforderungen, Architektur, Design und Analysen so zu gestalten, dass sie den Projektzielen gerecht werden. Strategischer Input und klar definierte Ergebnisse sichern die Qualität, Effizienz und Ausrichtung an den Stakeholder-Bedürfnissen und den Marktanforderungen.



System Requirements | Aufgaben und Aktivitäten

Strategischer Input

- Unternehmensziele und Marktanforderungen
- Technologie-Roadmap
- Kunden- und Benutzerfeedback
- Regulatorische Vorgaben und Standards
- Lebenszykluskonzepte
- Produkt-Ideen Katalog
- Geschäftsfeld- und Marktanalysen
- ...

Mögliche Aktivitäten

- Sammeln funktionaler Anforderungen
- Erhebung nicht-funktionaler Anforderungen (z. B. Zuverlässigkeit, Sicherheit, Skalierbarkeit). Validierung und Konsolidierung der Anforderungen
- Erstellung eines Anforderungsdokuments (Requirements Specification Document, RSD)
- Priorisierung der Anforderungen nach Wichtigkeit und Machbarkeit
- Verfolgung von Anforderungen (Traceability)
- Definition der Systemanforderungen (Beschreibung, Use Cases, Referenzsysteme, Mehrwerte)
- Definition von Schnittstellenanforderungen
- Anforderungsprüfungen mit Stakeholdern durchführen
- Identifikation regulatorischer und rechtlicher Anforderungen
- Erstellung von Akzeptanzkriterien
- Prüfung der Anforderungen auf Testbarkeit
- Identifikation von Risiken im Zusammenhang mit Anforderungen
- Anforderungsmanagement-Plan erstellen
- Änderungen an Anforderungen dokumentieren und kommunizieren
- Erstellung eines Konsens über Anforderungen zwischen Stakeholdern
- Verwaltung und Dokumentation
- ...

Mögliche Ergebnisse

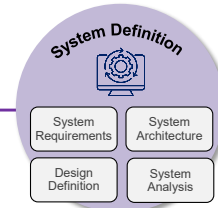
- Abgeschlossenes Anforderungsdokument (RSD)
- Priorisierte Liste von Anforderungen
- Akzeptanzkriterien und Testpläne
- Nachvollziehbare Anforderungsrückverfolgung (Traceability Matrix)
- Überprüfungs-kriterien - kritische Anforderungen und Daten an die Leistungsmessung
- Anforderungen an unterstützende Systeme
- ...

Bild A-3 System Definition – System Requirements

Orientierungsrahmen für Prozesse des ASE

System Definition

Die Phase "System Definition" ist entscheidend, um Anforderungen, Architektur, Design und Analysen so zu gestalten, dass sie den Projektzielen gerecht werden. Strategischer Input und klar definierte Ergebnisse sichern die Qualität, Effizienz und Ausrichtung an den Stakeholder-Bedürfnissen und den Marktanforderungen.



System Architecture | Aufgaben und Aktivitäten

Strategischer Input

- Technologischer Status Quo und Roadmap
- Branchenstandards und Best Practices
- Abgeschlossenes Anforderungsdokument
- Priorisierte Liste von Anforderungen
- Akzeptanzkriterien und Testpläne
- Nachvollziehbare Anforderungsrückverfolgung (Traceability Matrix)
- Überprüfungskriterien - kritische Anforderungen und Daten an die Leistungsmessung
- Sicherheits- und Datenschutzanforderungen
- ...

Mögliche Aktivitäten

- Definition der Systemkomponenten und -module
- Erstellung eines Architekturmodells (z. B. Blockdiagramm, Layered Architecture)
- Definition von Schnittstellen zwischen Systemkomponenten
- Identifikation und Auswahl von Technologien und Tools
- Berücksichtigung von Skalierbarkeit und Modularität
- Definition von Kommunikationsprotokollen und Datenflüssen
- Erstellung eines Sicherheitskonzepts
- Durchführung von Architektur-Reviews
- Validierung der Architektur mit Stakeholdern
- Erstellung eines Architekturhandbuchs
- Bewertung alternativer Architekturansätze
- Sicherstellung der Einhaltung von Architekturstandards
- Integration von Drittanbietersystemen in die Architektur
- Planung der Systemintegration
- Architekturtests planen und durchführen
- ...

Mögliche Ergebnisse

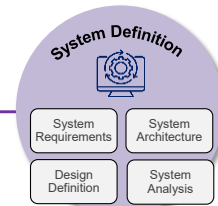
- Strategie/Vorgehensweise bei der Definition der Systemarchitektur
- Systemstandpunkte, Sichten und Modelle
- Beschreibung und Grundprinzipien der Systemarchitektur
- System-Durchgängigkeits-Konzept
- Architekturmodell und -dokumentation
- Sicherheits- und Integrationspläne
- Technologiewahl mit Begründung
- Validierte und genehmigte Systemarchitektur
- ...

Bild A-4 System Definition – System Architecture

Orientierungsrahmen für Prozesse des ASE

System Definition

Die Phase "System Definition" ist entscheidend, um Anforderungen, Architektur, Design und Analysen so zu gestalten, dass sie den Projektzielen gerecht werden. Strategischer Input und klar definierte Ergebnisse sichern die Qualität, Effizienz und Ausrichtung an den Stakeholder-Bedürfnissen und den Marktanforderungen.



Design Definition | Aufgaben und Aktivitäten

Strategischer Input

- Geschäftsziele und Anforderungen
- Benutzerbedürfnisse und Feedback
- Produktions- und Wartungserwägungen
- Systemstandpunkte, Sichten und Modelle
- Beschreibung und Grundprinzipien der Systemarchitektur
- System-Durchgängigkeits-Konzept
- Architekturmodell und -dokumentation
- Sicherheits- und Integrationspläne
- Technologiewahl mit Begründung
- ...

Mögliche Aktivitäten

- Erstellung von Design-Spezifikationen
- Entwicklung von detaillierten Modellen und Plänen
- Auswahl geeigneter Entwicklungswerkzeuge und -methoden
- Definition von Hardware- und Softwarekomponenten
- Erstellung eines Datenmodells
- Definition der Benutzeroberfläche (UI/UX)
- Erstellung von Simulationsmodellen
- Durchführung von Design-Reviews
- Dokumentation von Designentscheidungen
- Validierung des Designs mit Stakeholdern
- Optimierung von Design für Produktion und Wartung
- Sicherstellen der Kompatibilität mit der Systemarchitektur
- Erstellung eines Prototypens oder Mockups
- Einhaltung regulatorischer Anforderungen im Design sicherstellen
- Planung von Design-Verifikations- und Validierungstests
- ...

Mögliche Ergebnisse

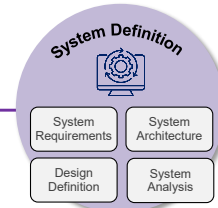
- Design-Dokumentation
- Datenmodelle und Prototypen
- Genehmigtes Design und Design-Review-Berichte
- Test- und Validierungspläne
- Systemstandpunkte, Sichten und Modelle
- System-Durchgängigkeits-Konzept
- Systemschnittstellen | System-Element-Beschreibungen
- Vorarbeiten für die Erstellung des Systementwurfs
- Vorbereitung der Systemanalyse
- ...

Bild A-5 System Definition – Design Definition

Orientierungsrahmen für Prozesse des ASE

System Definition

Die Phase "System Definition" ist entscheidend, um Anforderungen, Architektur, Design und Analysen so zu gestalten, dass sie den Projektzielen gerecht werden. Strategischer Input und klar definierte Ergebnisse sichern die Qualität, Effizienz und Ausrichtung an den Stakeholder-Bedürfnissen und den Marktanforderungen.



System Analysis | Aufgaben und Aktivitäten

Strategischer Input

- Geschäftsziele und Erfolgskriterien
- Systemanforderungen und Architekturpläne
- Markt- und Wettbewerbsanalysen
- Sicherheits- und Risikoanforderungen
- Systemstandpunkte, Sichten und Modelle
- Grundprinzipien der Systemarchitektur
- System-Durchgängigkeits-Konzept
- Sicherheits- und Integrationspläne
- Design-Dokumentation
- Datenmodelle und Prototypen
- Genehmigtes Design und Design-Review-Berichte
- Test- und Validierungspläne
- ...

Mögliche Aktivitäten

- Analyse der funktionalen und nicht-funktionalen Anforderungen
- Bewertung der Systemleistung (Performance Analysis)
- Durchführung von Szenario- und Belastungstests
- Analyse von Systemrisiken und Schwachstellen
- Identifikation von Optimierungsmöglichkeiten
- Erstellung von Simulationsmodellen zur Analyse des Systemverhaltens
- Bewertung der Systemzuverlässigkeit und -verfügbarkeit
- Durchführung von Fehleranalysen (Failure Mode and Effects Analysis, FMEA)
- Identifikation von Engpässen im System
- Analyse von Schnittstellen und Datenflüssen
- Validierung der Systemanforderungen durch Tests und Simulationen
- Vergleich von Systemalternativen
- Erstellung von Analyseberichten und Entscheidungsvorlagen
- Entwicklung von Szenarien für den Realbetrieb
- Überprüfung der Systemkompatibilität mit externen Anforderungen
- ...

Mögliche Ergebnisse

- Analyseberichte mit Empfehlungen
- Systemoptimierungspläne
- Validierungs- und Testberichte
- Risikoanalysen und Maßnahmenpläne
- ...

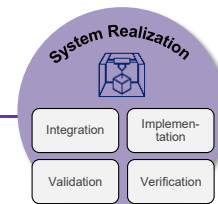
Bild A-6 System Definition – System Analysis

A1.3 Systemrealisierung

Orientierungsrahmen für Prozesse des ASE

System Realization

Die Phase "System Realization" umfasst die Umsetzung, Integration, Validierung und Verifizierung des Systems, um sicherzustellen, dass es die Anforderungen erfüllt und den Stakeholder-Erwartungen entspricht. Strategischer Input und definierte Ergebnisse stellen sicher, dass jedes Teilsystem erfolgreich realisiert wird und reibungslos in die Gesamtlösung integriert werden kann.



Integration | Aufgaben und Aktivitäten

Strategischer Input

- Anforderungen und Spezifikationen aus der System-Design-Phase Systemarchitektur und Schnittstellendefinitionen
- Testpläne und Szenarien aus der Design-Phase
- Anforderungen an Interoperabilität und Systemgrenzen
- Standards für Datenintegrität und Sicherheit
- Ergebnisse der Systemanalyse
- Sicherheits- und Compliance-Vorgaben
- Budget und Zeitpläne
- System-Durchgängigkeits-Konzept
- Datenmodelle und Prototypen
- ...

Mögliche Aktivitäten

- Zusammenführung einzelner Module oder Subsysteme zu einem Gesamtsystem
- Sicherstellung der korrekten Funktion der Schnittstellen zwischen Modulen
- Durchführung von Integrationstests
- Identifikation und Behebung von Inkompatibilitäten
- Synchronisierung von Datenflüssen zwischen Komponenten
- Einrichtung von Kommunikationsprotokollen und Netzwerkschnittstellen
- Überprüfung der Systemleistung nach der Integration
- Dokumentation der Integrationsprozesse und -ergebnisse
- Validierung der Interoperabilität mit externen Systemen
- Testen von Systemgrenzen und Kapazitäten
- Überwachung der Datenintegrität bei der Integration
- Koordination zwischen Entwicklungsteams und Systemarchitekten
- Aufbau einer Testumgebung für das integrierte System
- Simulation von Echtzeitszenarien im integrierten System
- Freigabe des integrierten Systems für die nächste Phase
- ...

Mögliche Ergebnisse

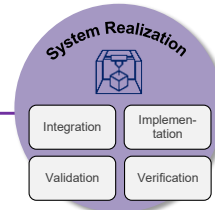
- Vollständig integriertes System
- Erfolgreich durchgeführte Integrationstests
- Integrationsbericht mit Fehleranalysen und Lösungen
- Freigabe für Validierungs- und Verifizierungsphasen
- ...

Bild A-7 System Realization – Integration

Orientierungsrahmen für Prozesse des ASE

System Realization

Die Phase "**System Realization**" umfasst die Umsetzung, Integration, Validierung und Verifizierung des Systems, um sicherzustellen, dass es die Anforderungen erfüllt und den Stakeholder-Erwartungen entspricht. Strategischer Input und definierte Ergebnisse stellen sicher, dass jedes Teilsystem erfolgreich realisiert wird und reibungslos in die Gesamtlösung integriert werden kann.



Implementation | Aufgaben und Aktivitäten

Strategischer Input

- Vollständig integriertes System
- Erfolgreich durchgeführte Integrationstests
- Integrationsbericht mit Fehleranalysen und Lösungen
- Freigabe für Validierungs- und Verifizierungsphasen
- Sicherheits- und Compliance-Vorgaben
- Budget und Zeitpläne
- Geschäftsziele und Erfolgskriterien
- Sicherheits- und Integrationspläne
- Datenmodelle und Prototypen
- ...

Mögliche Aktivitäten

- Entwicklung von Code oder Hardware entsprechend den Design-Spezifikationen
- Auswahl geeigneter Entwicklungsumgebungen und -tools
- Erstellung von Unit-Tests für einzelne Komponenten
- Implementierung von Sicherheitsmaßnahmen (z. B. Authentifizierung, Verschlüsselung)
- Dokumentation des Entwicklungsprozesses und der Quellcodes
- Versionskontrolle und Konfigurationsmanagement sicherstellen
- Entwicklung von Benutzeroberflächen (UI/UX)
- Optimierung des Codes für Leistung und Effizienz
- Sicherstellung der Einhaltung von Standards und Normen
- Einbindung von Drittanbieter-APIs oder externen Modulen
- Entwicklung von Testumgebungen und -tools
- Fehlerbehebung und Debugging
- Planung und Durchführung von Code-Reviews
- Sicherstellung der Skalierbarkeit und Erweiterbarkeit des Systems
- Bereitstellung und Deployment des Systems in der Zielumgebung
- ...

Mögliche Ergebnisse

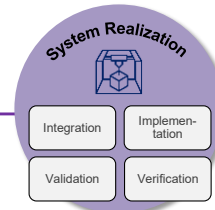
- Entwickeltes System oder Subsystem
- Quellcode-Dokumentation und Versionskontrolle
- Ausgeführte Unit-Tests und Fehlerprotokolle
- Bereitstellungsbericht und Deployment-Dokumentation

Bild A-8 System Realization – Implementation

Orientierungsrahmen für Prozesse des ASE

System Realization

Die Phase "**System Realization**" umfasst die Umsetzung, Integration, Validierung und Verifizierung des Systems, um sicherzustellen, dass es die Anforderungen erfüllt und den Stakeholder-Erwartungen entspricht. Strategischer Input und definierte Ergebnisse stellen sicher, dass jedes Teilsystem erfolgreich realisiert wird und reibungslos in die Gesamtlösung integriert werden kann.



Validation | Aufgaben und Aktivitäten

Strategischer Input

- Entwickeltes System oder Subsystem
- Quellcode-Dokumentation und Versionskontrolle
- Ausgeführte Unit-Tests und Fehlerprotokolle
- Bereitstellungsbericht und Deployment-Dokumentation
- Stakeholder-Anforderungen und Akzeptanzkriterien
- Marktanforderungen und Benutzerfeedback
- Regulatorische und gesetzliche Anforderungen
- Validierungspläne und Zielumgebungen
- ...

Mögliche Aktivitäten

- Überprüfung der Erfüllung der Benutzer- und Stakeholder-Bedürfnisse
- Durchführung von Akzeptanztests mit Kunden und Stakeholdern
- Prüfung der Systemleistung unter realistischen Bedingungen
- Durchführung von End-to-End-Tests
- Simulation von Nutzungsszenarien im Zielumfeld
- Validierung der Benutzerfreundlichkeit (Usability)
- Überprüfung der Sicherheits- und Datenschutzmaßnahmen
- Sammlung von Benutzerfeedback während der Validierung
- Erstellung eines Validierungsplans und eines Testprotokolls
- Validierung der Einhaltung gesetzlicher und regulatorischer Anforderungen
- Überprüfung der Dokumentation aus Anwendersicht
- Durchführung von Pilotprojekten oder Prototypentests
- Validierung der Systemverfügbarkeit und -zuverlässigkeit
- Erstellung eines Berichts über die Validierungsergebnisse
- Übergabe an Stakeholder zur abschließenden Bewertung
- ...

Mögliche Ergebnisse

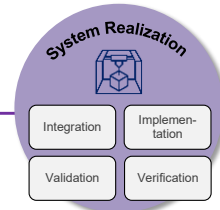
- Validierungsbericht mit Ergebnissen und Benutzerfeedback
- Akzeptanzbescheinigung der Stakeholder
- Identifizierte Verbesserungsmöglichkeiten
- Freigabe für den Markteinsatz
- ...

Bild A-9 System Realization – Validation

Orientierungsrahmen für Prozesse des ASE

System Realization

Die Phase "**System Realization**" umfasst die Umsetzung, Integration, Validierung und Verifizierung des Systems, um sicherzustellen, dass es die Anforderungen erfüllt und den Stakeholder-Erwartungen entspricht. Strategischer Input und definierte Ergebnisse stellen sicher, dass jedes Teilsystem erfolgreich realisiert wird und reibungslos in die Gesamtlösung integriert werden kann.



Verification | Aufgaben und Aktivitäten

Strategischer Input

- Entwickeltes System oder Subsystem
- Quellcode-Dokumentation und Versionskontrolle
- Ausgeführte Unit-Tests und Fehlerprotokolle
- Bereitstellungsbericht und Deployment-Dokumentation
- Technische Anforderungen und Spezifikationen
- Verifizierungspläne und Testprotokolle
- Standards und Compliance-Vorgaben
- Ergebnisse aus früheren Entwicklungsphasen
- ...

Mögliche Aktivitäten

- Sicherstellung der Erfüllung der technischen Anforderungen
- Durchführung von Funktionstests auf Komponenten- und Systemebene
- Überprüfung der Einhaltung von Spezifikationen und Standards
- Durchführung von Compliance-Tests
- Testen der Systemleistung (z. B. Geschwindigkeit, Kapazität)
- Erstellung und Durchführung automatisierter Tests
- Analyse von Testergebnissen und Dokumentation von Abweichungen
- Verifikation der Datenintegrität und -sicherheit
- Erstellung eines Verifizierungsplans mit Testfällen
- Durchführung von Regressionstests nach Fehlerbehebungen
- Überprüfung der Konfigurations- und Versionskontrolle
- Dokumentation der Testergebnisse und Prüfprotokolle
- Durchführung von Belastungs- und Stresstests
- Sicherstellung der Einhaltung von Sicherheitsanforderungen
- Freigabe nach erfolgreicher Verifizierung
- ...

Mögliche Ergebnisse

- Verifizierungsbericht mit detaillierten Testergebnissen
- Nachgewiesene Einhaltung von Spezifikationen und Standards
- Fehlerberichte und korrigierte Mängel
- Freigabe für Validierung und Produktion
- ...

Bild A-10 System Realization – Verification

A2 Rollenprofile für das Advanced Systems Engineering

Nachfolgend sind die Steckbriefe der Rollenprofile für das Advanced Systems Engineering zu finden – sortiert nach: Akquise (vgl. Kapitel A2.1), Analyse (vgl. Kapitel A2.2), Synthese (vgl. Kapitel A2.3), Testing (vgl. Kapitel A2.4) und Projektunterstützende Rollenprofile (vgl. Kapitel A2.5).

A2.1 Akquise

1 Akquise	Rollenprofile für Advanced Systems Engineering
1.1 Innovationsmanager A Hauptaufgabenbereich: - Primär: Innovationsmanagement - Sekundär: Ideenmanagement, Technologiemanagement Aufgabenbeschreibung: - Entwicklung und Umsetzung einer Innovationsstrategie, passend zu Unternehmenszielen sowie Entwurf einer Roadmap für zukünftige Entwicklungsprojekte (A1) - Identifikation von Trends und Technologien (A2) - Aufbau von Prozessen und Plattformen zur Förderung kreativer Ideen (A3) - Bewertung / Priorisierung von Ideen nach Innovationspotenzial, Marktfähigkeit (A4) - Prüfung und Implementierung neuer Technologien in bestehenden Prozessen (A5) - Analyse von Markttrends, Kundenanforderungen und Wettbewerbern (A6) ... Kompetenzen - Kreatives, innovatives, strategisches Denken - Offenheit für Neues - Ganzheitliche Problembetrachtung - Technologieaffinität - Moderationskompetenz ... Verantwortung - Sicherstellung der Innovationsfähigkeit - Überwachung technologischer Entwicklungen und Bewertung deren Relevanz für das Unternehmen - Leitung von Innovationsprojekten von Konzeptphase bis zur Markteinführung ... Erwartungen - Moderation von Workshops, Hackathons und anderen Methoden zur Ideengewinnung - Koordination von interdisziplinären Teams aus Engineering, Produktmanagement, etc. - Förderung einer Innovationskultur innerhalb des Unternehmens - Schulung und Sensibilisierung von Mitarbeitern für neue Technologien / Arbeitsweisen ... Schnittstellenpartner - Project Manager - Systems Engineering Manager - Process Manager	

Bild A-11 Rollenprofil Innovationsmanager

1 Akquise

Rollenprofil für Advanced Systems Engineering

1.2 Customer Interface

B

Hauptaufgabenbereich:

- Primär: Kundenschnittstelle | Kundenkontakt
- Sekundär: -

Aufgabenbeschreibung:

- Ermittlung von Kundenbedürfnissen (B1)
- Erfassung von Problemen und Wünschen an Systeme (B2)
- Aufnahme von Herausforderungen während der Nutzungsphase (B3)
- ...

Kompetenzen

- Kreatives, innovatives Denken
- Kundenorientierung
- Ganzheitliche Problemerkennung
- Gesprächstechniken
- Offenheit, Geduld
- ...

Verantwortung

- Sicherstellung der Kundenbeziehung vor, während und nach Systemnutzung
- Sicherstellung der Erfassung der Kundenanforderungen an ein System
- ...

Erwartungen

- Effiziente Kundeninteraktion, um Wünsche und Probleme der Kunden zu erfassen
- Überblick über das Marktgeschehen, um rechtzeitig neue Innovationsmöglichkeit zu identifizieren
- Teilnahme an Kundensystem-Schulungen, um die Kunden überall Phasen des Systemlebenszyklus begleiten zu können
- Vertretung der Kundenperspektive in unternehmensinternen Diskussionen
- ...

Schnittstellenpartner

- Entwicklung / Vertrieb
- Kunden
- SE-Support
- Externe Stakeholder

Bild A-12 Rollenprofil Customer Interface

A2.2 Analyse

2 Analyse

Rollenprofil für Advanced Systems Engineering

2.1 Anforderungsingenieur

C

Hauptaufgabenbereich:

- Primär: Anforderungsmanagement
- Sekundär: Architektur, Funktionsspezifikation, Stakeholder

Aufgabenbeschreibung:

- Zieldefinition inkl. Einholung des Stakeholder-Bedarfs (C1)
- Anforderungsermittlung aus Kundenbedürfnissen (C2)
- Anforderungsspezifikation und -priorisierung inkl. Zuweisung (C3)
- Anforderungsanalyse, Validierung bzgl. realisierbarer, messbarer Anforderungen (C4)
- Anforderungsmanagement (Planung, Kontrolle, Dokumentation, Bewertung von Änderungen) (C5)
- Sicherstellung der Anforderungen durch funktionale Architektur (C6)
- ...

Kompetenzen

- Abstraktionsvermögen
- Interdisziplinäres Fachwissen
- Verständnis für externe Schnittstellen
- Moderationskompetenz
- ...

Verantwortung

- Übersetzung der Kundenanforderungen in Systemanforderungen
- Bewertung von Änderungsauswirkungen auf Anforderungen
- Sicherstellung der Qualität, Konsistenz und Erfüllung der Systemanforderungen
- Führen einer Anforderungsdatenbank
- Koordinierung der Anforderungsabstimmung mit anderen SE-Funktionen
- ...

Erwartungen

- Effektive Kommunikation, um Verständnis der Anforderungen sicherzustellen
- Anleitung bei der Verwaltung von Änderungen an Anforderungen
- Teilnahme an Risikomanagement-Aktivitäten, um potentielle Auswirkungen auf die Anforderungen zu ermitteln und abzumildern
- Beitrag zur Sicherstellung, dass die Anforderungen die Entwicklung des Systems vorantreiben, das die Bedürfnisse des Benutzers erfüllt
- ...

Schnittstellenpartner

- Systemdesigner
- Systemarchitekt
- Modellingenieur
- V&V-Ingenieur

Bild A-13 Rollenprofil Anforderungsingenieur

2 Analyse

Rollenprofil für Advanced Systems Engineering

2.2 Systemarchitekt

D

Hauptaufgabenbereich:

- Primär: Entwurf einer Systemarchitektur
- Sekundär: Spezifizierung und Lösungsauswahl

Aufgabenbeschreibung:

- Identifizierung geeigneter Systemarchitekturmodelle, Designs und Sichtweisen (D1)
- Definition von Schnittstellen zwischen Systemkomponenten, um Kompatibilität und Interoperabilität zu gewährleisten (D2)
- Spezifikation der Subebenen und Lösungsauswahl inkl. Folgenabschätzungen (D3)
- Bewertung neuer Technologien/Trends, um innovative Lösungen einzubeziehen (D4)
- Dokumentation, Pflege und Management | Auswahl geeigneter Werkzeuge, Entwicklung von Diagrammen, Erstellung eines Managementplans für die Systemarchitektur (D5)

Kompetenzen

- Technologieaffinität
- Modellierung und Abstraktionsfähigkeit
- Tiefgehendes SE-Verständnis
- Breites Fach- und Systemwissen
- Kommunikationsgeschick
- Verhandlungs- und Moderationskompetenz
- ...

Verantwortung

- Sicherstellung der Übereinstimmung der Systemarchitektur mit Standards, bewährten Verfahren und gesetzlichen Anforderungen
- Sicherstellung der Machbarkeit der Subsysteme
- Sicherstellung der Systemmodellierung (Struktur, Verhalten, etc.)
- ...

Erwartungen

- Zusammenarbeit mit funktionsübergreifenden Teams, um architekturbezogene Probleme und Abhängigkeiten zu lösen
- Teilnahme an Systementwurfsprüfungen, um Beiträge zu architektonischen Überlegungen zu liefern
- Durchführung von Architekturbesprechungen, um Designentscheidungen zu validieren und die Übereinstimmung mit Geschäftszielen sicherzustellen
- Leitung von Architektur-Governance-Aktivität, um Architekturprinzipien zu überwachen

Schnittstellenpartner

- Requirements Manager
- Technischer Manager | Entwickler
- ...

Bild A-14 Rollenprofil Systemarchitekt

2 Analyse

Rollenprofile für Advanced Systems Engineering

2.3 Systemanalyse-Experte

E

Hauptaufgabenbereich:

- Primär: Systemanalyse
- Sekundär: -

Aufgabenbeschreibung:

- Analyse des Gesamtsystems und deren Subsysteme (E1)
- Modellierung der Systementwicklungsaktivitäten (E2)
- Durchführung von Analysen zur Ermittlung von Kennzahlen bzgl. Performance und Zuverlässigkeit (E3)
- Monitoring der Systemzielsetzung, auch in Hinblick auf Kundenbedürfnisse und Wirtschaftlichkeit (E4)
- ...

Kompetenzen

- Technologieaffinität
- Modellierung und Abstraktionsfähigkeit
- Wissen über Simulation und Simulationswerkzeuge
- ...

Verantwortung

- Sicherstellung der Anforderungserfüllung seitens Kundenbedürfnisse und technischen Systems
- Übereinstimmung der Systemarchitektur mit Standards, bewährten Verfahren und gesetzlichen Anforderungen
- ...

Erwartungen

- Zusammenarbeit mit funktionsübergreifenden Teams, um architekturbezogene Probleme und Abhängigkeiten zu lösen
- Teilnahme an Systementwurfprüfungen, um Ergebnisse der Systemanalyse beizutragen
- ...

Schnittstellenpartner

- Systemarchitekt | Designer
- Technischer Manager | Entwickler
- ...

Bild A-15 Rollenprofil Systemanalyse-Experte

A2.3 Synthese

3 Synthese

Rollenprofil für Advanced Systems Engineering

3.1 Systementwickler

F

Hauptaufgabenbereich:

- Primär: Systementwicklung
- Sekundär: -

Aufgabenbeschreibung:

- Entwicklung des Systems auf Basis der Spezifikationen vom Systemarchitekten (F1)
- Domänenspezifische Entwicklung durch den Entwicklerspezialist (F2)
- Identifikation der Integration der domänenspezifischen Subsysteme in das Gesamtsystem (F3)
- ...

Kompetenzen

- Technologieaffinität
- Modellierung und Abstraktionsfähigkeit
- Domänenspezifisches Entwicklungswissen
- Interdisziplinäres Wissen
- ...

Verantwortung

- Sicherstellung der Anforderungserfüllung und des Systementwurfs bezogen auf die domänenspezifische Entwicklung
- Sicherstellung der Integrationsfähigkeit der Subsysteme in das Gesamtsystem
- ...

Erwartungen

- Funktionale und wirtschaftlich-optimale Lösung der domänenspezifischen Systementwicklung, die kompatibel in das Gesamtsystem integriert werden kann
- Berücksichtigung der neusten Technologie-Trends der jeweiligen Domänen in die Systementwicklung
- Teilnahme an interdisziplinären Systementwicklungskreisen
- ...

Schnittstellenpartner

- Systemarchitekt | Designer
- System-Analyst
- ...

Bild A-16 Rollenprofil Systementwickler

3 Synthese

Rollenprofil für Advanced Systems Engineering

3.2 Systemschnittstellenkoordinator

G

Hauptaufgabenbereich:

- Primär: Schnittstellenmanagement
- Sekundär: -

Aufgabenbeschreibung:

- Identifizierung und Verwaltung von Schnittstellenanforderungen zwischen verschiedenen Systemkomponenten (G1)
- Erarbeitung eines Schnittstellenmanagements | Entwicklung von Schnittstellenkontrolldokumenten, Erarbeitung eines Systemschnittstellenplans, Dokumentation von Schnittstellenkonfigurationen (G2)
- Identifizierung von Schnittstellengefahren und -risiken, die die Systemleistung oder -sicherheit beeinträchtigen können (G3)
- ...

Kompetenzen

- Modellierung und Abstraktionsfähigkeit
- Domänenspezifisches Entwicklungswissen
- Interdisziplinäres Wissen und Zusammenarbeit (intern/extern)
- ...

Verantwortung

- Sicherstellung der Einhaltung von Schnittstellenstandards, Protokollen und bewährten Verfahren der Branche
- Mitwirkung an Systemvalidierungs- und -verifizierungsaktivitäten zur Prüfung der Schnittstellenfunktionalität und -leistung
- Durchführung von Schnittstellenprüfungen und -bewertungen, um die Kompatibilität mit den Systemzielen zu überprüfen

Erwartungen

- Teilnahme an Entwurfsprüfungen, um Beiträge zu Schnittstellenüberlegungen und -anforderungen zu liefern
- Erleichterung der Kommunikation zwischen verschiedenen Teilsystemen, um Schnittstellenprobleme und Abhängigkeiten zu lösen
- Überwachung von Schnittstellenänderungen und -aktualisierungen zur Bewertung ihrer Auswirkungen auf das Gesamtsystemverhalten
- ...

Schnittstellenpartner

- Systementwicklungsteam
- Externe Stakeholder
- Systemarchitekt
- ...

Bild A-17 Rollenprofil Systemschnittstellenkoordinator

3 Synthese

Rollenprofil für Advanced Systems Engineering

3.3 Systemintegrationsingenieur

H

Hauptaufgabenbereich:

- Primär: Systemintegration
- Sekundär: -

Aufgabenbeschreibung:

- Erstellung und Pflege eines Systemintegrationsplans (inkl. Ansatz und Zeitplan) (H1)
- Ausführung der Integrationsaufgaben gemäß festgelegtem Plan und Zeitplan (H2)
- Laufende Identifikation und Lösung von Integrationsproblemen und -konflikten (H3)
- Durchführung von Integrationstests (H4)
- Dokumentation von Integrationsverfahren und -ergebnissen als Referenz sowie Verwaltung der Konfigurationskontrolle (H5)
- ...

Kompetenzen

- Ganzheitliches Denken
- Domänenübergreifendes Fachwissen
- Erfahrungswissen hinsichtlich Implementierungsformen
- Koordinationsfähigkeit
- Durchsetzungsfähigkeit
- ...

Verantwortung

- Sicherstellung der Berücksichtigung von Anforderungen in der Implementierung sowie deren Erfüllung
- Sicherstellung der Übereinstimmung der Integrationsaktivitäten mit den einschlägigen Normen und Vorschriften
- Verhinderung von Wechselwirkung zwischen Teilsystemen
- ...

Erwartungen

- Unterstützung von Systemvalidierungs- und -verifizierungsaktivitäten, um sicherzustellen, dass integrierte Systeme die Leistungsanforderungen erfüllen
- Teilnahme an Entwurfsprüfungen, um bereits in einem frühen Stadium des Projektlebenszyklus Beiträge zu Integrationsüberlegungen zu leisten
- Koordinierung mit verschiedenen Teilsystemen, Komponenten und Schnittstellen, um eine nahtlose Integration zu gewährleisten
- Zusammenarbeit und Kommunikation an andere Systementwicklungsfunktionen

Schnittstellenpartner

- Systementwicklungsteam
- Systemarchitekt | Designer
- Testing
- ...

Bild A-18 Rollenprofil Systemintegrationsingenieur

3 Synthese

Rollenprofil für Advanced Systems Engineering

3.4 Systemsicherheitsingenieur

Hauptaufgabenbereich:

- Primär: Systemsicherheit-Management
- Sekundär: -

Aufgabenbeschreibung:

- Entwicklung von Sicherheitsplänen und -verfahren (I1)
- Verfolgung und Verwaltung sicherheitsrelevanter Anforderungen, um die Einhaltung von Sicherheitsstandards und -vorschriften zu gewährleisten (I2)
- Durchführung und Dokumentation von Sicherheitsanalysen, einschließlich Gefahrenanalysen und Risikobewertungen, um potenzielle Sicherheitsprobleme und -gefahren zu ermitteln (I3)
- ...

Kompetenzen

- Fachwissen über Sicherheitsvorschriften
- Koordinationsfähigkeit
- Sicherheits-, bzw. Risikobewusstsein
- Interdisziplinäres Arbeiten
- ...

Verantwortung

- Durchführung von Sicherheitsanalysen, einschließlich Gefahrenanalysen und Risikobewertungen, um potenzielle Sicherheitsprobleme und -gefahren zu ermitteln
- Überwachung und Behandlung von Sicherheitsbedenken, die von Interessengruppen oder Aufsichtsbehörden vorgebracht werden
- Kommunikation von Sicherheitsrisiken

Erwartungen

- Teilnahme an Entwurfsprüfungen, um sicherheitskritische Entwurfselemente zu identifizieren und Sicherheitsverbesserungen vorzuschlagen
- Leitung von Sicherheitsüberprüfungen und -audits zur Bewertung der Sicherheitsleistung von Systemen und zur Ermittlung von Verbesserungsmöglichkeiten
- Bereitstellung von Sicherheitsschulungen und -anleitungen für Systembetreiber und Wartungspersonal
- ...

Schnittstellenpartner

- Test and Evaluation Manager
- V&V-Manager
- Systementwickler
- Stakeholder Test-/Systemsicherheit

Bild A-19 Rollenprofil Systemsicherheitsingenieur

3 Synthese

Rollenprofil für Advanced Systems Engineering

3.5 Zuverlässigkeitsingenieur (RAM)

J

Hauptaufgabenbereich:

- Primär: RAM-Management
- Sekundär: -

Aufgabenbeschreibung:

- Identifizierung der RAM-Anforderungen für das System auf Grundlage der betrieblichen Erfordernisse und Leistungsziele (J1)
- Entwicklung und Umsetzung einer RAM-Managementstrategie zur Optimierung der Systemleistung und -zuverlässigkeit (J2)
- Durchführung von RAM-Analyseaufgaben zur Bewertung der Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit und Wartungsfreundlichkeit (J3)
- Entwicklung von sicherheitsorientierten Protokollen und Registern zur Verfolgung RAM-bezogener Daten (J4)

Kompetenzen

- Fachwissen über RAM-Prinzipien
- Interdisziplinäres Fachwissen
- ...

Verantwortung

- Bewertung von Systemzuverlässigkeits-, Verfügbarkeits- und Wartbarkeitskennzahlen
- Bewertung von Risikofaktoren und Management von Ausfällen zur Verbesserung der Systemstabilität und Betriebszeit
- Überwachung von Systemleistungskennzahlen zur Erkennung potenzieller Probleme und deren proaktiver Behebung
- ...

Erwartungen

- Enge Zusammenarbeit mit dem Systemsicherheitsmanager zur Ermittlung potenzieller Gefahren und Risiken
- Abgabe von Empfehlungen zur Verbesserung von Systemwartungsstrategien und zur Vermeidung von Ausfällen
- Mitwirkung bei der Umsetzung von Präventivmaßnahmen zur Abschwächung potenzieller Systemausfälle
- Teilnahme an Systemtests und Validierungsaktivitäten

Schnittstellenpartner

- Systemsicherheitsmanager
- Systementwickler
- ...

Bild A-20 Rollenprofil Zuverlässigkeitsingenieur (RAM)

A2.4 Testing

4 Testing

Rollenprofil für Advanced Systems Engineering

4.1 V&V Ingenieur

K

Hauptaufgabenbereich:

- Primär: Verifizierung und Validierung
- Sekundär: -

Aufgabenbeschreibung:

- Identifizierung der V&V-Anforderungen auf Grundlage der Projektziele (J1)
- Planung und Dokumentation der Verifizierung und Validierung (J2)
- Festlegung von Kriterien für die Bewertung der Systemleistung (J3)
- Auswahl geeigneter Methoden/Werkzeuge für Durchführung von V&V-Aktivitäten (J4)
- Analyse von Testergebnissen und Daten zur Validierung der Systemleistung anhand definierter Kriterien (J5)
- ...

Kompetenzen

- Fach- und Erfahrungswissen hinsichtlich Messmethoden
- Kommunikationsfähigkeit
- Interdisziplinäres Arbeiten
- Kenntnisse über Systemzertifizierungen
- ...

Verantwortung

- Sicherstellung der Einhaltung von Vorgaben an das SoL aus Entwicklungs- und Stakeholderperspektive
- Überwachung von V&V-Fortschritten und -Meilensteinen, um den rechtzeitigen Abschluss der Aktivitäten zu gewährleisten
- ...

Erwartungen

- Leitung von V&V-Teams bei der Ausführung von Testplänen und -protokollen zur Überprüfung der Systemfunktionalität
- Zusammenarbeit mit den Beteiligten bei der Kommunikation von V&V-Ergebnissen, Fortschritten und Risikobewertungen
- Teilnahme an Risikomanagement-Aktivitäten zur Ermittlung potenzieller V&V-Herausforderungen und Strategien zur Risikominderung
- ...

Schnittstellenpartner

- Requirements Manager
- Stakeholderinteraktionsmanager
- Test and Evaluation Manager
- ...

Bild A-21 Rollenprofil V&V Ingenieur

4 Testing

Rollenprofil für Advanced Systems Engineering

4.2 Testingenieur

L

Hauptaufgabenbereich:

- Primär: Testmanagement
- Sekundär: -

Aufgabenbeschreibung:

- Entwicklung von Testplänen und -strategien auf der Grundlage von Systemanforderungen und Projektzielen (K1)
- Definition von Testszenarien, -fällen und -verfahren für Systemfunktions- und Leistungstests (K2)
- Ausführen von Tests, Erfassen und Analysieren von Testergebnissen und Dokumentieren der Ergebnisse für weitere Analysen (K3)
- Implementierung von Testautomatisierungswerkzeugen und -techniken zur Rationalisierung von Testprozessen und Verbesserung der Effizienz (K4)

Kompetenzen

- Fach- und Erfahrungswissen hinsichtlich Testmethoden
- Interdisziplinäres Systemverständnis
- Fokussierung auf Details
- Abschätzung der Testrelevanz
- ...

Verantwortung

- Verwaltung von Testumgebungen und -geräten zur Gewährleistung der ordnungsgemäßen Funktion und Verfügbarkeit
- Sicherstellung der klaren Definition von Testzielen und -kriterien
- Sicherstellung der Einhaltung von Teststandards, Best Practices und Branchenvorschriften
- ...

Erwartungen

- Koordination mit Systemingenieuren und Interessengruppen, um die Testaktivitäten mit den Entwurfsspezifikationen abzustimmen
- Bereitstellung von Testfortschrittsberichten und Aktualisierungen für Projektbeteiligte und Management
- Teilnahme an Aktivitäten zur Systemvalidierung und -verifizierung, um sicherzustellen, dass die Testergebnisse den Projektanforderungen entsprechen
- ...

Schnittstellenpartner

- V&V Manager
- Systementwickler
- ...

Bild A-22 Rollenprofil Testingenieur

A2.5 Projektunterstützende Rollenprofile

5 Unterstützende R.

Rollenprofile für Advanced Systems Engineering

5.1 Projektmanager

M
Hauptaufgabenbereich:

- Primär: Projektmanagement | Projektleitung
- Sekundär: -

Aufgabenbeschreibung:

- Definition, Strukturierung und Zuweisung von Arbeitsaufgaben (M1)
- Management (Erfassung sowie Dokumentation) des Lebenszyklusmanagement des Systems (M2)
- Beobachtung und Tracking des Projektfortschritts (M3)
- ...

Kompetenzen

- Organisationstalent
- Fachkenntnisse im Bereich Projektsteuerung
- Ganzheitliches Systemverständnis
- Führungsgeschick
- Moderationskompetenz
- Konfliktmanagement
- ...

Verantwortung

- Sicherstellung der Planung und Koordination des Projekts
- Sicherstellung der Erreichung der Projektziele
- Monitoring der Ressourcen
- Beleuchtung der Wirtschaftlichkeit
- ...

Erwartungen

- Enge Zusammenarbeit mit allen Projektbeteiligten
- Beobachtung aller Risiken
- Teilnahme an verschiedenen, projektspezifischen Regelterminen
- Koordination des Entwicklungsteams sowie Kommunikationskoordination
- ...

Schnittstellenpartner

- Stakeholder des Projekts

Bild A-23 Rollenprofil Projektmanager

5 Unterstützende R.

Rollenprofile für Advanced Systems Engineering

5.2 Prozesskoordinator

N

Hauptaufgabenbereich:

- Primär: Prozessmanagement
- Sekundär: -

Aufgabenbeschreibung:

- Identifizierung, Analyse und Weiterentwicklung bestehender Prozessabläufe im Engineering (N1)
- Management des Systemtechnikprozesses (u.a. Organisation und Dokumentation) (N2)
- ...

Kompetenzen

- Wissen über Projekt-Guidelines
- Wissen über Compliance
- Erfahrungswissen
- Prozessorientiertes Denken
- ...

Verantwortung

- Sicherstellung des geplanten Prozessablaufs - Unterstützung sowie Überprüfung z.B. des SE-Prozesses
- Sicherstellung der Zielerreichung des Gesamtsystems
- ...

Erwartungen

- Analyse und Optimierung bestehender Prozessabläufe
- Anleitung und Workshopvorbereitung für ein verbessertes Prozessverständnis aller Beteiligten
- Übernahme der konzeptionellen und methodischen Assistenz, z.B. während einer Prozessimplementierung
- ...

Schnittstellenpartner

- Project Manager
- SE-Manager
- Systementwickler
- ...

Bild A-24 Rollenprofil Prozesskoordinator

5 Unterstützende R.

Rollenprofile für Advanced Systems Engineering

5.3 Support Manager

O

Hauptaufgabenbereich:

- Primär: Kunden-Support
- Sekundär: -

Aufgabenbeschreibung:

- Koordination (Aufbau, Strukturierung und Anleitung des Service- und Supportmanagements) (O1)
- Interaktion mit dem Kunden (u.a. Installation, Kommissionierung, Schulung, Wartung, Reparatur) (O2)
- ...

Kompetenzen

- Projektunterstützung
- Moderationskompetenz
- Methodenanwendung, Toolbedienung
- Kommunikationsgeschick
- ...

Verantwortung

- Bildung der Schnittstelle zum Kunden / Endanwender
- Identifikation von Herausforderungen im Systemgebrauch und Kommunikationsweitergabe an die zuständigen Ansprechpersonen
- ...

Erwartungen

- Teilnahme und Leitung von Weiterbildungsmaßnahmen bezogen auf das Thema Servicemanagement und Support
- Unterstützung und interdisziplinäre Zusammenarbeit mit relevanten Stakeholder-Gruppen
- Berücksichtigung aller Lebenszyklusphasen in der Gestaltung von Support und Service, sowohl in der Kunden- als auch aus Organisationsperspektive
- ...

Schnittstellenpartner

- Systementwickler
- Customer Interface
- SE Manager
- ...

Bild A-25 Rollenprofil Support Manager

5 Unterstützende R.

Rollenprofile für Advanced Systems Engineering

5.4 Qualitätsingenieur

P

Hauptaufgabenbereich:

- Primär: Qualitätsmanagement
- Sekundär: -

Aufgabenbeschreibung:

- Entwicklung und Umsetzung eines Qualitätssicherungsplans zur Festlegung von Qualitätszielen und -strategien für Systementwicklungsprojekte (P1)
- Festlegung von Qualitätsstandards, -verfahren und -richtlinien zur Gewährleistung der Konsistenz und Qualität der Projektergebnisse (P3)
- Durchführung von Ursachenanalysen sowie Korrektur- und Vorbeugungsmaßnahmen zur Behebung von Qualitätsproblemen, Abweichungen und Nichtkonformitäten (P4)
- Überwachung, Bewertung und Dokumentation von Qualitätskennzahlen (P5)
- ...

Kompetenzen

- Fachwissen über Qualitätsstandards
- Moderationskompetenz
- Sorgfältiges Überprüfen
- ...

Verantwortung

- Durchführung von Qualitätsaudits und -prüfungen zur Bewertung der Einhaltung von Qualitätsanforderungen und Industriestandards
- Sicherstellung der Übereinstimmung der Qualitätssicherungsprozesse mit den Methoden der Systemtechnik, bewährten Verfahren und Industriestandards
- Bereitstellung von Qualitätsstatusberichten
- ...

Erwartungen

- Wissen über Qualitätsstandards zur Steigerung der Kundenzufriedenheit und Wettbewerbsfähigkeit
- Zusammenarbeit mit Projektteams bei der Festlegung von Qualitätskennzahlen, wichtigen Leistungsindikatoren und Kontrollpunkten für die Qualitätskontrolle
- Beratung und Schulung von Projektteams zu Qualitätsstandards, bewährten Verfahren und Qualitätssicherungsprozessen
- Teilnahme an Entwurfsprüfungen und Validierungsaktivitäten

Schnittstellenpartner

- V&V-Engineer
- Project
- Process Manager
- ...

Bild A-26 Rollenprofil Qualitätsingenieur

5 Unterstützende R.

Rollenprofile für Advanced Systems Engineering

5.5 Konfigurationsspezialist

Q

Hauptaufgabenbereich:

- Primär: Konfigurationsmanagement
- Sekundär: -

Aufgabenbeschreibung:

- Definition von Konfigurationselementen und Festlegung von Baselines für das System
- Erstellung eines Konfigurationsmanagementplans zur Definition des Ansatzes und der Prozesse für die Verwaltung von Systemkonfigurationen
- Durchführung und Dokumentation von Konfigurationsprüfungen und -bewertungen
- Änderungsnachverfolgung an Systemkonfigurationen, Versionskontrolle-Verwaltung
- Bedarfsgerechte Bereitstellung der Daten zur Systemkonfiguration
- ...

Kompetenzen

- Fachwissen zu Daten- und Änderungsmanagement
- Verhandlungsgeschick
- Kommunikationsfähigkeit
- Interdisziplinäre Zusammenarbeit
- ...

Verantwortung

- Sicherstellung der Aktualität und Konsistenz der Systemkonfiguration sowie Aufrechterhaltung der Integrität
- Sicherstellung der Konsistenz und Integrität von Systemkonfigurationen während des gesamten Projektlebenszyklus
- Unterstützung von Systemtests und Validierungsaktivitäten durch die Bereitstellung genauer Konfigurationsdaten und -dokumentation
- ...

Erwartungen

- Auswahl geeigneter Tools und Software für Konfigurationsmanagementaktivitäten
- Implementierung von Konfigurationskontrollverfahren zur effektiven Verwaltung von Änderungen
- Durchführung von Konfigurationsaudits, um sicherzustellen, dass die Systemkomponenten mit den Spezifikationen und Anforderungen übereinstimmen
- Bereitstellung von Konfigurationsstatusberichten und -dokumentation für Interessengruppen und Projektteams

Schnittstellenpartner

- Technischer Manager
- Systementwickler
- ...

Bild A-27 Rollenprofil Konfigurationsspezialist

5 Unterstützende R.

Rollenprofile für Advanced Systems Engineering

5.6 Betriebs- & Logistikplaner

R

Hauptaufgabenbereich:

- Primär: Logistikmanagement, Operation
- Sekundär: -

Aufgabenbeschreibung:

- Planung und Überwachung des Materialflusses von der Beschaffung zur Produktion
- Analyse und Optimierung von Arbeitsabläufen, um Effizienz und Produktivität zu steigern
- Unterstützung bei der Planung von Produktionsprozessen und Ressourcenallokation
- Überwachung von Logistik- und Betriebskosten | Einleitung von Maßnahmen zur Kostensenkung
- ...

Kompetenzen

- Verständnis über das Gesamtsystem
- Fachwissen über Qualitätsstandards
- Problemlösungskompetenz
- Nachhaltiges, unternehmerisches Denken und Handeln
- Risikomanagement
- ...

Verantwortung

- Sicherstellung der Funktionsfähigkeit im Betrieb
- Übernahme der Koordination von Wartung und Stilllegung
- Sicherstellung einer optimalen Nutzung von Ressourcen, Materialien und Produkte zur Erreichung der Entwicklungsziele
- Sicherstellung der Qualitätsstandards
- ...

Erwartungen

- Überblick über Logistik, Betrieb, Wartung und Entsorgung des Systems
- Erstellung von Schulungsunterlagen für verschiedene Stakeholdergruppen zu verschiedenen Lebenszyklus-Phasen
- Koordination Supply Chain Management
- Überwachung der Produktionskapazitäten, um Überlastungen/Leerzeiten zu vermeiden
- ...

Schnittstellenpartner

- Systementwickler
- Kunden
- Configuration Manager
- Process Manager

Bild A-28 Rollenprofil Betriebs- & Logistikplaner

5 Unterstützende R.

Rollenprofile für Advanced Systems Engineering

5.7 Produktionskoordinator

S

Hauptaufgabenbereich:

- Primär: Produktionsmanagement
- Sekundär: -

Aufgabenbeschreibung:

- Vorbereitung der Produktrealisierung
- Ableitung von Anforderungen die Implementation und Produktion
- Aufbau und Entwicklung der Produktion inkl. Produktionsstätten-Planung und Ablaufplänen
- Identifikation von Implementierungs- und Montageschritten für das Gesamtsystem
- ...

Kompetenzen

- Prozessverständnis
- Interdisziplinäres Fachwissen
- Offenheit für neue Technologien
- Kenntnisse über Automatisierungsverfahren
- ...

Verantwortung

- Übersicht über Implementation, Montage und Produktion
- Sicherstellung der Produzierbarkeit des Gesamtsystem mit seinen Besonderheiten
- ...

Erwartungen

- Entwicklung von Montageplänen
- Erstellung von Montageanleitungen sowie Implementierungsleitfäden
- Funktionaler und wirtschaftlicher Aufbau der Produktionsanlage
- Teilnahme an Entwicklungsbesprechungsterminen, um ein ganzheitliches Systemverständnis zu erlangen und diese in der Gestaltung der Implementierung und Produktion zu berücksichtigen
- ...

Schnittstellenpartner

- Systemsicherheitsmanager
- Systementwickler
- Process Manager
- Configuration Manager

Bild A-29 Rollenprofil Produktionskoordinator

5 Unterstützende R.

Rollenprofile für Advanced Systems Engineering

5.8 Informationsarchitekt

T

Hauptaufgabenbereich:

- Primär: Informationsmanagement
- Sekundär: -

Aufgabenbeschreibung:

- Systematische Informationserhebung, -dokumentation und -pflege zu dem Gesamtsystem
- Bedarfsgerechte Aufbereitung und Bereitstellung dieser Informationen
- ...

Kompetenzen

- Koordinationsfähigkeit
- Verständnis über Prozess- und Systemspezifika
- Verständnis verschiedener Stakeholdergruppen
- ...

Verantwortung

- Sicherstellung der Verwaltung der Entwicklungsinformationen und deren bedarfsgerechte Bereitstellung
- Monitoring von Unternehmenszielen, Vision und Unternehmenswerten als auch des Prozessfortschritts
- Verantwortlichkeit für das Informationsmanagement, u.A. Konfigurations-, Datenmanagement
- ...

Erwartungen

- Überblick über Entwicklungsaktivitäten und Entscheidungszusammenhängen sowie das proaktive Erkennen daraus resultierender Informationsbedarfen
- Entwicklung management- sowie Stakeholder-gerechter Informationsdarstellung zu notwendigen Aspekten des Gesamtsystems
- ...

Schnittstellenpartner

- Projektmanager
- Prozessmanager
- Konfigurationsspezialist
- ...

Bild A-30 Rollenprofil Informationsarchitekt

5 Unterstützende R.

Rollenprofile für Advanced Systems Engineering

5.10 Systems Engineer

V

Hauptaufgabenbereich:

- Primär: Koordination Systems Engineering
- Sekundär: -

Aufgabenbeschreibung:

- Identifikation und Anpassung erforderlicher Systems Engineering Prozesse
- Ausarbeitung und Dokumentation des Systems Engineering Management Plans
- Entwicklung und Umsetzung von Strategien zur Optimierung von System-Engineering-Prozessen und zur Verbesserung von Projektergebnissen
- Durchführung regelmäßiger Überprüfungen und Bewertungen zur Qualitätsprüfung
- Anpassen der System-Engineering-Prinzipien an die spezifischen Projektanforderungen und -beschränkungen
- Entwicklung / Umsetzung von Strategien zur Optimierung der Systemtechnikprozesse

Kompetenzen

- Tiefgehendes SE-Wissen und deren Vermittlung
- Koordination und Führung
- Kommunikation
- ...

Verantwortung

- Prozessverantwortlichkeit für Systems Engineering - Unterstützung bei der bedarfsgerechten Umsetzung von SE
- Sicherstellung der Zielentsprechung der Projektergebnisse an die Erwartungen der Interessengruppen
- Sicherstellung der Einhaltung von Qualitätsstandards und bewährten Verfahren in der Systemtechnik
- ...

Erwartungen

- Gestaltung und Optimierung der SE-Prozesse und Methoden
- Effektive Zuweisung von Ressourcen und Verantwortlichkeiten zur Unterstützung der Projektanforderungen
- Überwachung des Projektfortschritts und Behandlung aller auftretender Probleme
- Aufrechterhaltung einer transparenten Kommunikation mit den wichtigsten Interessengruppen sowie regelmäßige Informationen über den Projektstatus
- ...

Schnittstellenpartner

- SE-Rollen
- Projektmanager
- Prozessmanager
- ...

Bild A-31 Rollenprofil Systems Engineer

5 Unterstützende R.

Rollenprofil für Advanced Systems Engineering

5.11 Dokumentations- & Schulungsbeauftragter

W
Hauptaufgabenbereich:

- Primär: Trainings, Schulungen
- Sekundär: -

Aufgabenbeschreibung:

- Entwicklung zugeschnittener Schulungsprogrammen und -materialien
- Erstellung von Benutzerhandbüchern, Leitfäden, Tutorials und Support-Dokumenten
- Durchführung von Bewertungen des Schulungsbedarfs, um Kompetenzlücken und Schulungsanforderungen zu ermitteln
- Implementierung von Lernmanagementsystemen und Online-Schulungsplattformen zur Erleichterung von Fernunterricht und Benutzerzugriff
- Durchführung von On-the-job-Schulungen und Mentoring-Sitzungen
- Einschätzung des Kompetenzbedarfes verschiedener Stakeholder

Kompetenzen

- Interdisziplinäres Fachwissen
- SE-Fachwissen
- Kommunikationsfähigkeit
- Moderationsfähigkeit
- ...

Verantwortung

- Pflege eines zentralen Speichers für Schulungsmaterialien und -dokumentation
- Sicherstellung der Einhaltung von Schulungsstandards und Branchenvorschriften
- Organisation von Schulungsveranstaltungen, Workshops und Seminaren zur Förderung des Engagements der Benutzer und des kontinuierlichen Lernens
- ...

Erwartungen

- Konzeption und Durchführung von Schulungssitzungen, Workshops und Webinaren, um die Systembenutzer mit den wichtigsten Merkmalen und Funktionen vertraut zu machen
- Evaluierung der Schulungseffektivität und Benutzerzufriedenheit durch Umfragen, Bewertungen und Feedback-Mechanismen
- ...

Schnittstellenpartner

- Systems Engineering Manager
- Systementwicklungsrollen
- Vertrieb

Bild A-32 Rollenprofil Dokumentations- & Schulungsbeauftragter

5 Unterstützende R.

Rollenprofile für Advanced Systems Engineering

5.12 Human Factors Experte

X

Hauptaufgabenbereich:

- Primär: Mensch-Maschinen-Interaktionsmanagement
- Sekundär: -

Aufgabenbeschreibung:

- Identifizierung menschlicher und ergonomischer Elemente, die sich auf das Systemdesign und die Benutzerfreundlichkeit auswirken
- Durchführung von Nutzerforschung, um die Präferenzen, Verhaltensweisen und Einschränkungen der Nutzer zu verstehen
- Bewertung von Designlösungen durch eine HF-Linse zur Optimierung von Benutzerfreundlichkeit, Sicherheit und Benutzerzufriedenheit
- ...

Kompetenzen

- Verständnis für Kundenbedürfnisse und Designphilosophie
- Grundwissen über Modellierung und Simulation
- Kommunikationsfähigkeit
- ...

Verantwortung

- Entwicklung von Gestaltungsrichtlinien und Empfehlungen auf der Grundlage bewährter HF-Verfahren
- Sicherstellung der Einhaltung von ergonomischen Standards und Vorschriften bei der Systementwicklung
- ...

Erwartungen

- Zusammenarbeit mit Designteams, um die Prinzipien des menschenzentrierten Designs in der Systementwicklung umzusetzen
- Einbeziehung von Feedback aus Usability-Tests zur Designverbesserung
- Bereitstellung von Beiträgen zum Schnittstellendesign, zur Platzierung von Bedienelementen und zum Systemlayout zur Verbesserung der Benutzerfreundlichkeit
- Teilnahme an Design-Reviews, um HF-Einsichten und Empfehlungen für Verbesserungen zu liefern

Schnittstellenpartner

- Analyse-Rollen Systems Engineering
- Prozessmanager
- ...

Bild A-33 Rollenprofil Human Factors Experte

5 Unterstützende R.

Rollenprofile für Advanced Systems Engineering

5.13 Lebenszyklusingenieur

Y

Hauptaufgabenbereich:

- Primär: Lebenszyklusmanagement
- Sekundär: -

Aufgabenbeschreibung:

- Identifikation von Restriktionen und Randbedingungen aus dem Systemlebenszyklus
- Analyse der verschiedenen Handlungsoptionen in den verschiedenen Systemlebenszyklusphasen
- ...

Kompetenzen

- Verständnis über den gesamten Lebenszyklusprozess und der fach-/disziplinspezifischen Besonderheiten
- Risikomanagement
- Kommunikationsstärke
- Breites Fachwissen
- ...

Verantwortung

- Verantwortlichkeit für die Integration der Bedarfe des Systemlebenszyklus in die Entwicklungsaktivitäten
- Sicherstellung systemlebenszyklusgerechter Entwicklungsentscheidungen
- ...

Erwartungen

- Enge Zusammenarbeit mit allen am Prozess beteiligten Stakeholder zur Identifikation der Besonderheiten der verschiedenen Lebenszyklusphasen
- Teilnahme an verschiedenster Systementwicklungsgesprächen
- ...

Schnittstellenpartner

- Systementwickler
- Prozessmanager
- ...

Bild A-34 Rollenprofil Lebenszyklusingenieur

5 Unterstützende R.

Rollenprofile für Advanced Systems Engineering

5.15 Produktmanager

Z

Hauptaufgabenbereich:

- Primär: Management, Koordination
- Sekundär: -

Aufgabenbeschreibung:

- Monitoring der Wirtschaftlichkeit des Systementwicklungsprozesses
- Planung von Ressourcen und Finanzen
- ...

Kompetenzen

- Umfassendes Sol-Verständnis
- Ganzheitliche Entscheidungsfindung
- Konfliktlösung und Konsensbildung
- Führungs- und Moderationskompetenz
- ...

Verantwortung

- Verantwortlichkeit für technische Entwicklungsentscheidungen auf allen Systemhierarchieebenen
- Sicherstellung der Wirtschaftlichkeit der Systementwicklung
- ...

Erwartungen

- Teilnahme an wichtigen Systementwicklungsentscheidungspunkten
- Schnittstelle zwischen Kunden und anderen Stakeholdern, Zulieferern sowie allen an der Entwicklung beteiligten Personen
- Überblickswissen und Kontrolle der technischen Verwaltung und Rechnungsstelle
- ...

Schnittstellenpartner

- Projektmanager
- Prozessmanager
- SE Manager
- ...

Bild A-35 Rollenprofil Produktmanager

5 Unterstützende R.

Rollenprofile für Advanced Systems Engineering

5.16 PMTO-Infrastruktur-Ingenieur



Hauptaufgabenbereich:

- Primär: Prozesse, Methoden, Tools, Organisation
- Sekundär: -

Aufgabenbeschreibung:

- Definition der technischen Anforderungen für die Infrastruktur (z. B. IT-Systeme, physische Infrastruktur, Testeinrichtungen)
- Erstellung von Spezifikationen und Lastenheften für Infrastrukturkomponenten
- Auswahl geeigneter Technologien und Werkzeuge zur Unterstützung des Projekts
- Planung und Überwachung der Installation, Implementierung und Inbetriebnahme der Infrastruktur
- Durchführung von Risikoanalysen, Identifikation potenzieller, technischer Probleme
- ...

Kompetenzen

- Technischer Hintergrund
- Erfahrung mit Projektmanagement in technischen Infrastrukturprojekten
- Kenntnisse in Sicherheits-, Umwelt- und Compliance-Vorschriften
- Interdisziplinäre Zusammenarbeit
- Kommunikation mit verschiedenen Teams
- ...

Verantwortung

- Sicherstellung einer skalierbaren, sicheren und zuverlässigen Infrastruktur
- Überprüfung der Kompatibilität mit bestehenden Systemen
- Sicherstellung der Einhaltung der Sicherheits- und Compliance-Standards
- ...

Erwartungen

- Koordination mit Architekten, Ingenieuren, Lieferanten und Projektmanagern zur Sicherstellung der technischen Anforderungen
- Zusammenarbeit mit IT, Facility Management, Produktion und Systementwicklung, um Infrastruktur- und Systemintegration zu gewährleisten
- Unterstützung bei der Definition von Schnittstellen zu anderen Systemen oder Standorten
- ...

Schnittstellenpartner

- Berührungspunkte zu fast allen ASE-Rollen

Bild A-36 Rollenprofil PMTO-Infrastruktur-Ingenieur

A3 Generisches Rollenmodell für das Advanced Systems Engineering

A3.1 Konzeptdefinition

Das folgende Rollenmodell beschreibt exemplarisch die Zusammenarbeit in der frühen Phase des Systementwicklungsprozesses: Konzeptdefinition. In dieser Phase werden Grundlagen für spätere Systementscheidungen gelegt, insbesondere durch die Ausarbeitung von Innovationsstrategien, Markt- und Wettbewerbsanalysen, Business Cases und das Verständnis von Stakeholder Needs.

Die Abbildungen visualisieren die Rollenkonstellationen und Kommunikationsflüsse entlang zweier zentraler Subphasen: *Business Analysis* und *Stakeholder Needs*.

Zusammenarbeit in der Subphase „Business Analysis“ (vgl. Bild A-37):

- Der Innovationsmanager (A) ist eine zentrale Schaltstelle und agiert an der Schnittstelle zwischen strategischer Umfeldanalyse und interner Projektbewertung. Er speist Informationen über Markttrends, Technologien und Innovationspotenziale in die Analyse ein.
- Die Rollen Projektmanager (M), Produktmanager (Z), Prozesskoordinator (N), Systems Engineer (V) sowie ergänzend Qualitätsingenieur (P) und Konfigurationspezialist (R) bringen organisatorische, technische und prozessorientierte Perspektiven ein. Ihre Zusammenarbeit ist stark von Datenanalyse und Risikobewertung geprägt.
- Der Customer Interface (B) liefert Erkenntnisse aus dem direkten Kundenkontakt, unterstützt durch Informationsarchitekt (T), Supportmanager (X) und die Rolle des Human Factors Experten (X).

Zentrale Aktivitäten wie die Zieldefinition werden durch ein Zusammenspiel mehrerer Rollen getragen und stehen im Zentrum der Business Analysis.

Zusammenarbeit in der Subphase „Stakeholder Needs“ (vgl. Bild A-38):

- Die Customer Interface (B) Rolle ist hier besonders dominant und bildet gemeinsam mit dem Innovationsmanager (A) und dem Anforderungsingenieur (C) ein Kerndreieck zur Identifikation, Strukturierung und Priorisierung von Stakeholder-Bedürfnissen.
- Methoden wie Stakeholder-Mapping, Persona-Definition und Stakeholder-Radar werden zur strukturierten Erhebung und Einbindung genutzt.
- Auch in dieser Phase bringen die unterstützenden Rollen (Produktmanager, Informationsarchitekt, Supportmanager) wertvolle Beiträge aus organisatorischer und operativer Perspektive ein.

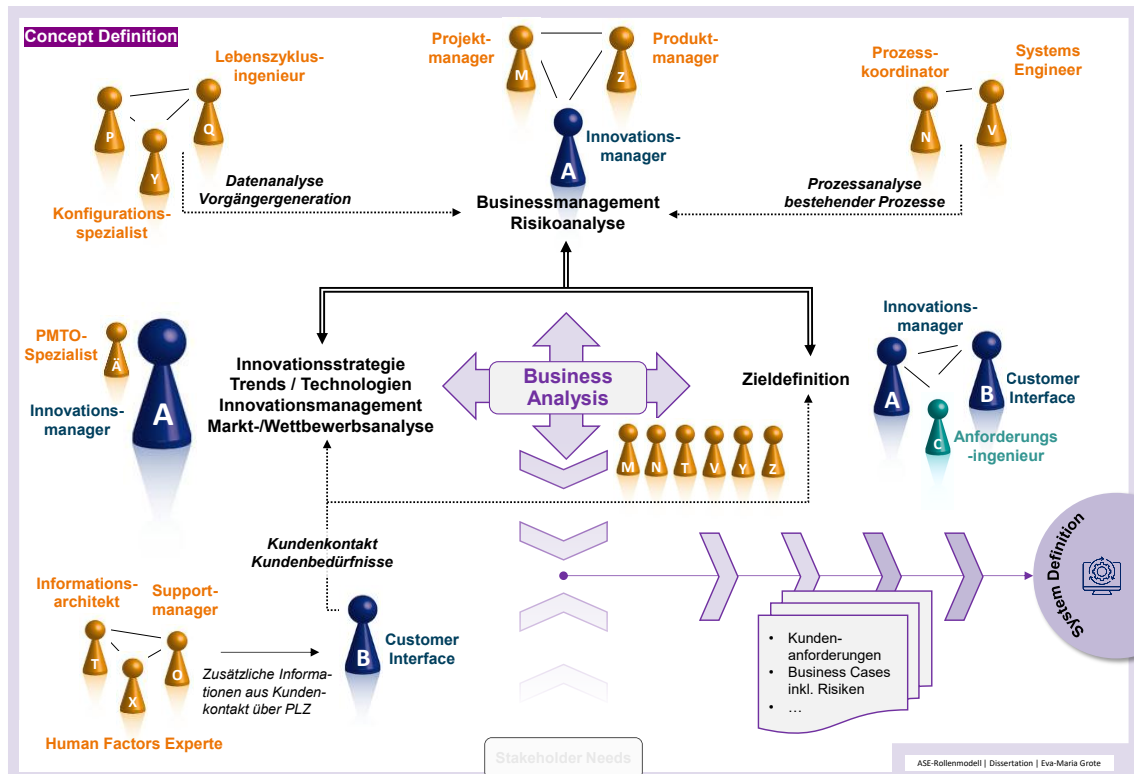


Bild A-37 Rollenmodell Concept Design | Business Analysis

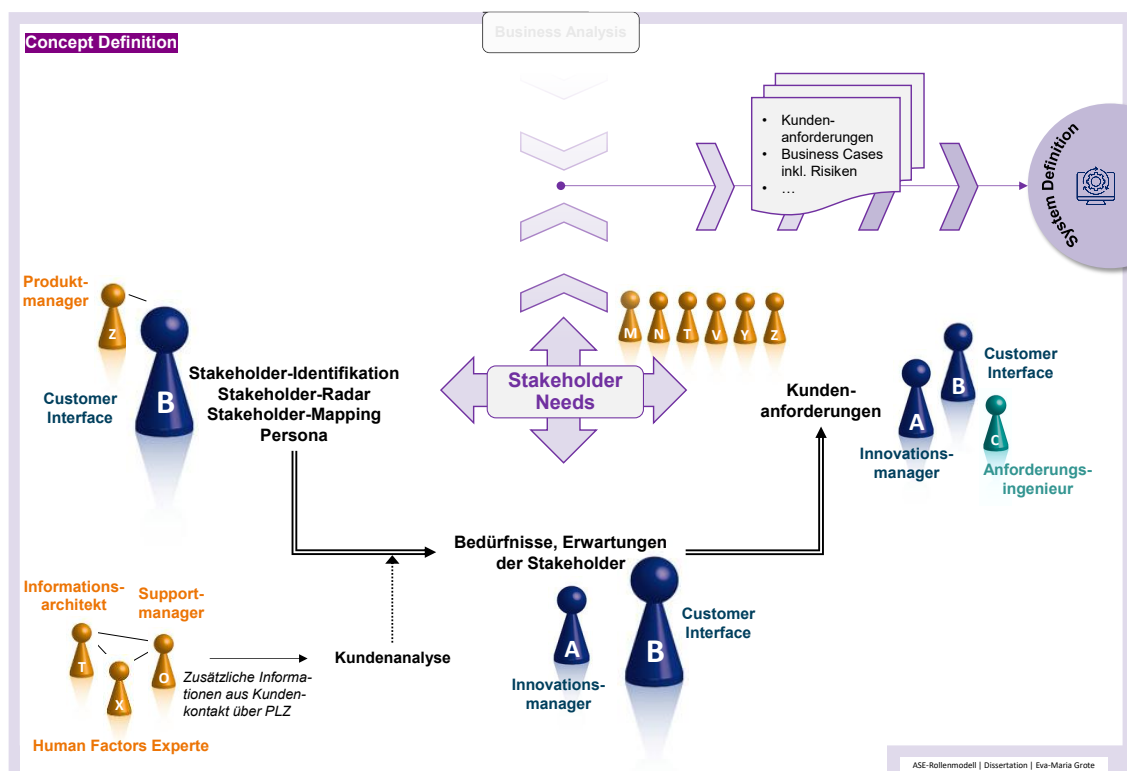


Bild A-38 Rollenmodell Concept Design | Stakeholder Needs

A3.2 Systemdefinition

In der Phase Systemdefinition werden die in der Konzeptionsphase erarbeiteten Kundenbedürfnisse und Business Cases in konkrete Systemanforderungen überführt. Die Visualisierung der Kollaborationsmuster in dieser Phase zeigt ein enges Zusammenspiel technischer, analytischer und koordinierender Rollen.

Die Zusammenarbeit in der Subphase **System Requirements** sieht wie folgt aus (vgl. Bild A-39):

- Der Anforderungsingenieur (C) spielt eine zentrale Rolle in nahezu allen Aufgaben dieser Subphase: von der Identifikation und Dokumentation funktionaler und nicht-funktionaler Anforderungen über die Nachverfolgbarkeit (Traceability) bis zur Validierung.
- Technische Expertise wird insbesondere durch den Systemarchitekten (D), den Systemintegrationsingenieur (H) sowie den Zuverlässigkeitsingenieur (J) eingebracht. Diese Rollen bewerten die Machbarkeit und technische Konsistenz der Anforderungen.
- Die Koordination mit Projektmanager (M) und Produktmanager (Z) sichert die wirtschaftliche und strategische Zielausrichtung (Wichtigkeit und Priorisierung).
- Die Rollen Customer Interface (B) und Informationsarchitekt (T) gewährleisten die Einbindung von Stakeholder-Perspektiven sowie eine konsistente Informationsstrukturierung.
- In der Prüfung der Anforderungen wirken verschiedene Rollen eng zusammen. Der Systemanalyst (E) bringt Akzeptanzkriterien ein, während V&V-Ingenieur (L) und Testingenieur (K) die Testbarkeit und Überprüfbarkeit der Anforderungen bewerten.
- Unterstützt wird dieser Validierungsprozess durch Rückkopplung mit dem Produktmanager (Z) sowie dem Human Factors Experten (X) für nutzerzentrierte Anforderungen.

Die Abbildung macht deutlich, dass die Phase System Definition durch eine hohe Interdisziplinarität geprägt ist. Während der Anforderungsingenieur als zentrales Bindeglied fungiert, sind nahezu alle Rollen auf synchronisierte Kommunikation und kontinuierlichen Abgleich angewiesen. Diese Rollenvernetzung zeigt, wie durch das Rollenmodell systematisch Rollenübergänge, Abhängigkeiten und fachliche Schnittstellen gestaltet werden – als Vorbereitung für die folgenden Design- und Realisierungsphasen.

- In einem gesonderten Strang wird auf Basis der Architektur das Sicherheitskonzept entwickelt – unter Leitung des Systemarchitekten (D) in Zusammenarbeit mit dem Zuverlässigkeitsingenieur (J), Systemsicherheitsingenieur (I) und Systemanalyst (E).

Die enge Abstimmung zwischen Modellierung, Überprüfung, Dokumentation und Sicherheitsbewertung unterstreicht, wie essenziell integrative Kollaboration für den Erfolg in dieser Phase ist. Der Systemarchitekt wirkt hierbei als Knotenpunkt eines weit verzweigten Kommunikationsnetzwerks – abgestimmt entlang funktionaler, technischer und regulatorischer Anforderungen.

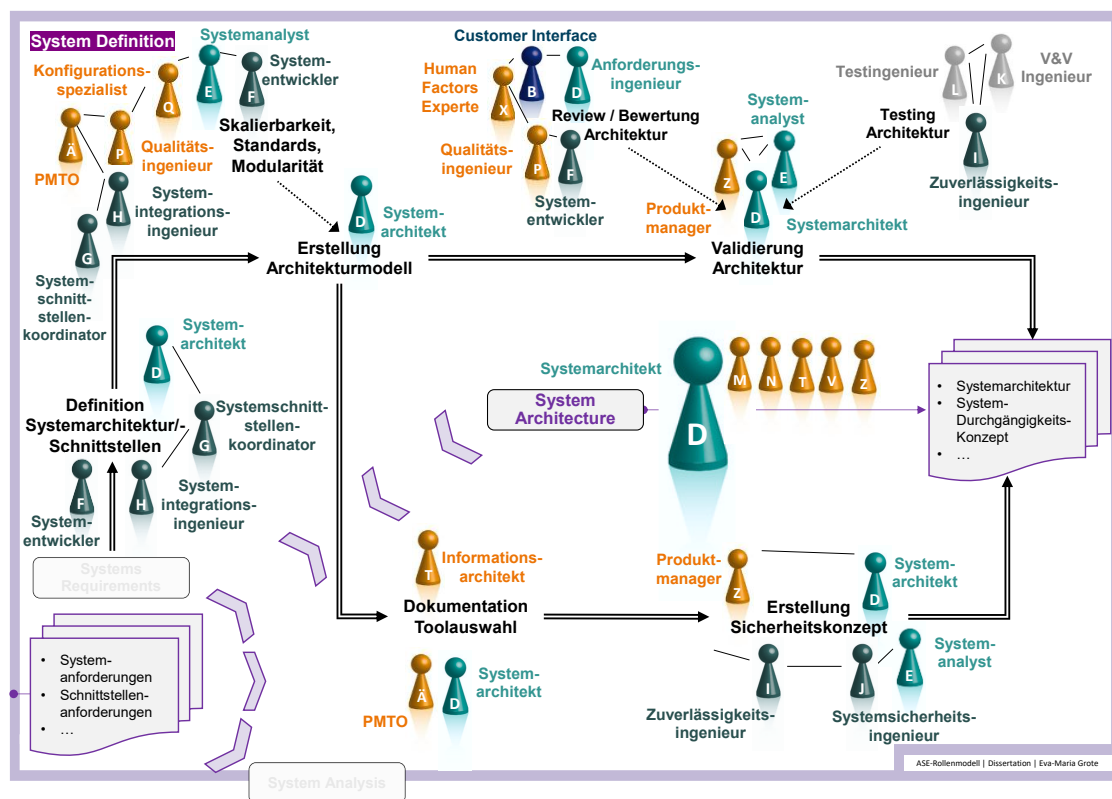


Bild A-40 Rollenmodell System Design | System Architecture

Die Subphase **Design Definition** bildet den Übergang von der Architektur zur konkreten Umsetzung (vgl. Bild A-41). Sie umfasst die Spezifikation technischer Komponenten, Werkzeuge und Methoden sowie die Validierung des entworfenen Designs. Dabei agieren zahlreiche technische und koordinierende Rollen im engen Zusammenspiel:

- Die **Systementwickler (F)** und der **Systemarchitekt (D)** erstellen auf Grundlage der Systemanforderungen und Architekturmodelle die ersten Designspezifikationen.
- Unterstützt werden sie dabei durch **Systemanalyst (E)**, **Systemintegrationsingenieur (H)** und **Systemschnittstellenkoordinator (G)**, um Schnittstellen und Abhängigkeiten abzustimmen.

- Die Rolle des **Informationsarchitekten (T)** sichert Strukturierung und Nachvollziehbarkeit, insbesondere bei der Dokumentation von Sichten und Datenmodellen.
- Die Auswahl geeigneter Entwicklungswerkzeuge erfolgt gemeinsam durch **Systementwickler (F)** und **Systemarchitekt (D)**, wobei auch organisatorische Rollen wie **Produktionskoordinator (S)** und **Konfigurationsspezialist (R)** eingebunden sind, um produktionsseitige Anforderungen zu berücksichtigen.
- Die Validierung erfolgt durch den **V&V-Ingenieur (L)**, den **Testingenieur (K)** und die Rückkopplung mit dem **Systemarchitekten (D)** zur Bewertung der Kompatibilität mit der Gesamtarchitektur.
- In **Design-Reviews** sind außerdem **Produktmanager (Z)**, **Lebenszyklusingenieur (Y)**, **Human Factors Experte (X)** sowie weitere übergreifende Rollen eingebunden, um Anforderungen aus Nutzerperspektive, Wirtschaftlichkeit und Lebenszyklusmanagement zu reflektieren.

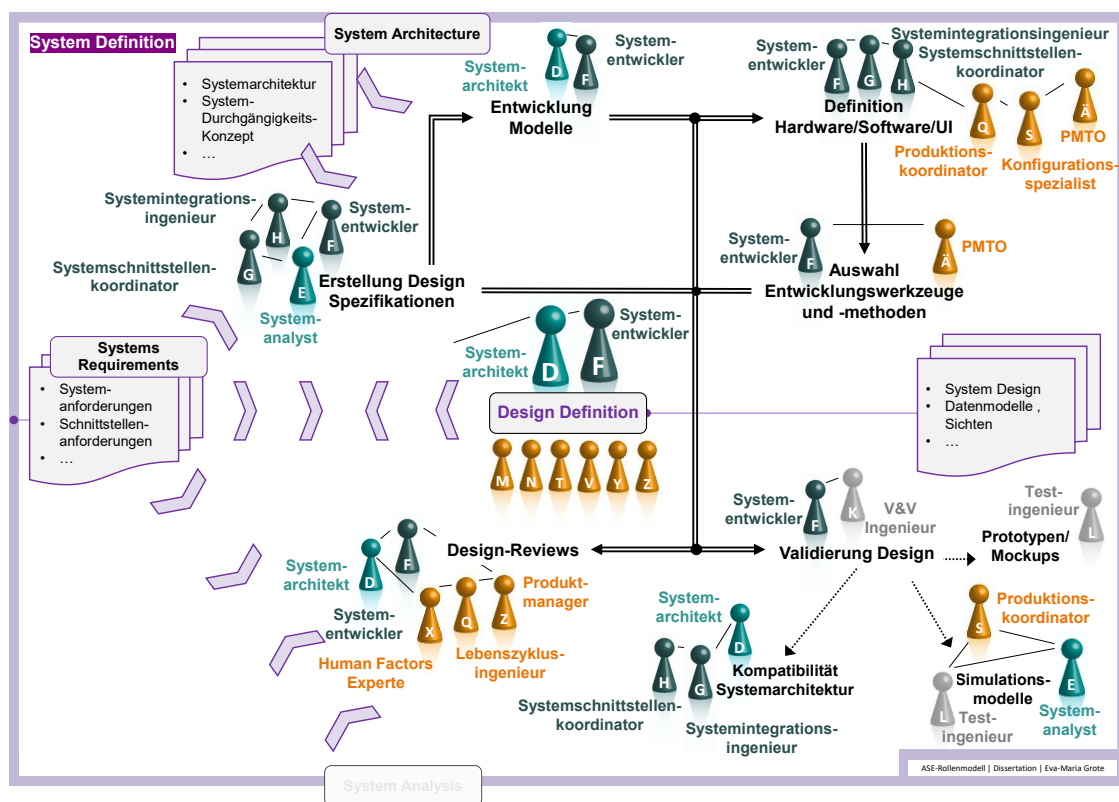


Bild A-41 Rollenmodell System Design | Design Definition

Die Subphase **System Analysis** schließt die Phase System Definition ab und zielt auf die fundierte Bewertung des entworfenen Systems (vgl. Bild A-42). Im Mittelpunkt stehen Analysen zur Leistungsfähigkeit, Zuverlässigkeit, Risikoabschätzung und potenziellen Optimierung des Gesamtsystems:

A3.3 Systemrealisierung

In der Phase **Systemrealisierung** erfolgt die konkrete Umsetzung des entworfenen Systems. Die Zusammenarbeit der Rollen ist dabei stark auf die operative Implementierung, die Qualitätssicherung sowie die Validierung des entwickelten Systems fokussiert (vgl. Bild A-43).

Umsetzung und Implementierung:

- Die Systementwickler (F) tragen die Hauptverantwortung für die Implementierung – sowohl im Bereich Hardware/Software als auch für spezifische UI/UX-Komponenten.
- Unterstützt werden sie von den Rollen Systemintegrationsingenieur (H), System-schnittstellenkoordinator (G) und den Operativen Integrationsspezialisten (R) für die technische Abstimmung von Modulen, Drittanbieter-APIs und internen Schnittstellen.
- Die Systemsicherheitsingenieure (I) und Zuverlässigkeitsingenieure (J) stellen sicher, dass definierte Sicherheitsmaßnahmen eingehalten und korrekt implementiert werden.
- Die Ergebnisse der Implementierung – einschließlich Systemcode, Komponentenübersichten und Unit-Tests – werden dokumentiert durch die Systementwickler (F) in enger Zusammenarbeit mit dem Konfigurationsspezialisten (R) und dem PMTO (Ä).
- Der Qualitätsingenieur (P) begleitet diese Aktivitäten durch Prüfung auf Normenkonformität, Standardumsetzung und Qualitätsziele.
- Die Erstellung geeigneter Testumgebungen und die Durchführung von Unit-Tests liegt in der Verantwortung des Testingenieurs (K) und des V&V-Ingenieurs (L).

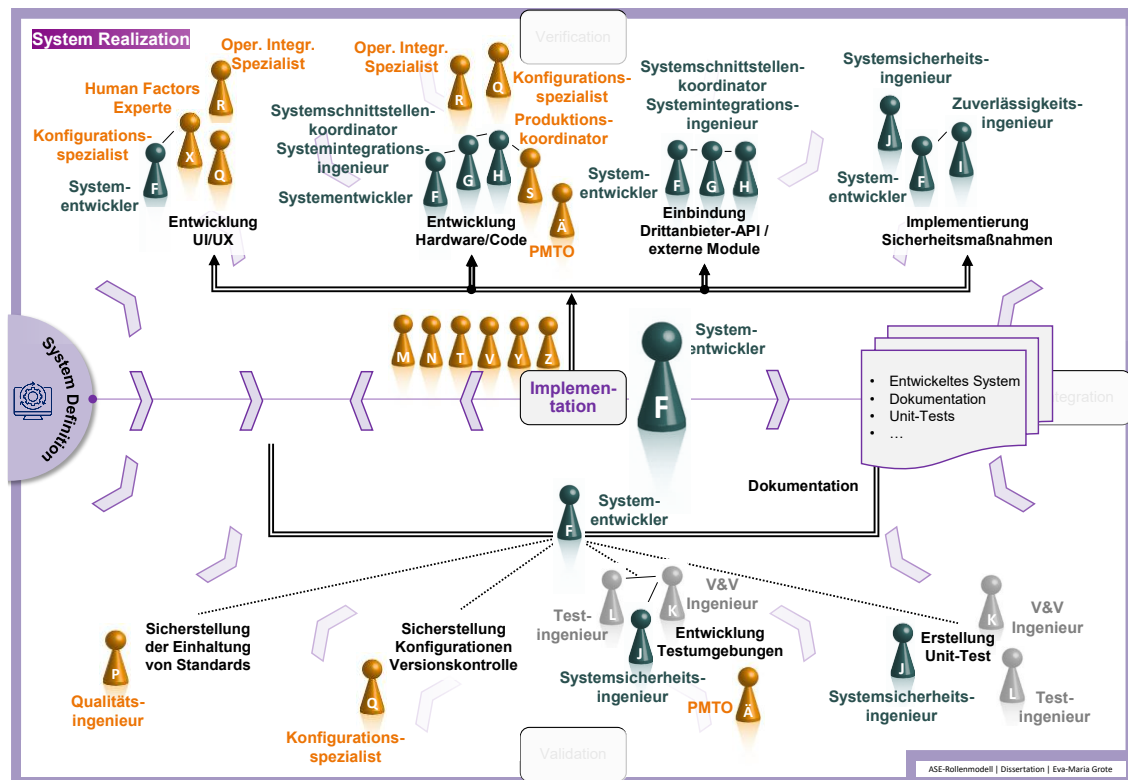


Bild A-43 Rollenmodell System Realization | Implementation

Die Subphase **Integration** schließt die Realisierungsphase ab und überführt die entwickelten Module in ein voll funktionales Gesamtsystem (vgl. Bild A-44). Sie stellt höchste Anforderungen an die technische Abstimmung, Testfähigkeit und Interoperabilität.

- Die zentrale Rolle übernehmen der Systemschnittstellenkoordinator (G) und der Systemintegrationsingenieur (H). Sie verantworten die Zusammenführung einzelner Module und Subsysteme, die Abstimmung der Schnittstellen sowie die technische Koordination des Integrationsprozesses.
- Unterstützt werden sie durch den Systementwickler (F), der Wissen über die implementierten Module einbringt.
- Der Systemarchitekt (D) und Operative Integrationsspezialisten (R) sorgen für die Synchronisation von Datenflüssen, Kommunikationsprotokollen und Netzwerkschnittstellen.
- Die korrekte Funktion des Gesamtsystems wird geprüft durch die Rollen V&V-Ingenieur (L) und Testingenieur (K) mittels Szenarien, Echtzeitsimulationen und Lasttests.
- Der Systemanalyst (E) analysiert die Systemleistung nach Integration, identifiziert mögliche Inkompatibilitäten und dokumentiert Optimierungspotenziale.

Integrative Bedeutung:

- Die Rollen in V&V agieren phasenübergreifend und wirken als Qualitätssicherung auf System-, Prozess- und Organisationsebene.
- Die Rückkopplung aus V&V-Aktivitäten fließt regelmäßig zurück in Analyse, Design und Weiterentwicklung und stellt so einen iterativen Lernprozess sicher.

Durch diese Verankerung im gesamten Systemlebenszyklus sichert das Rollenmodell ab, dass Engineering nicht nur funktional korrekt, sondern auch nutzerzentriert, robust und anpassungsfähig realisiert wird.

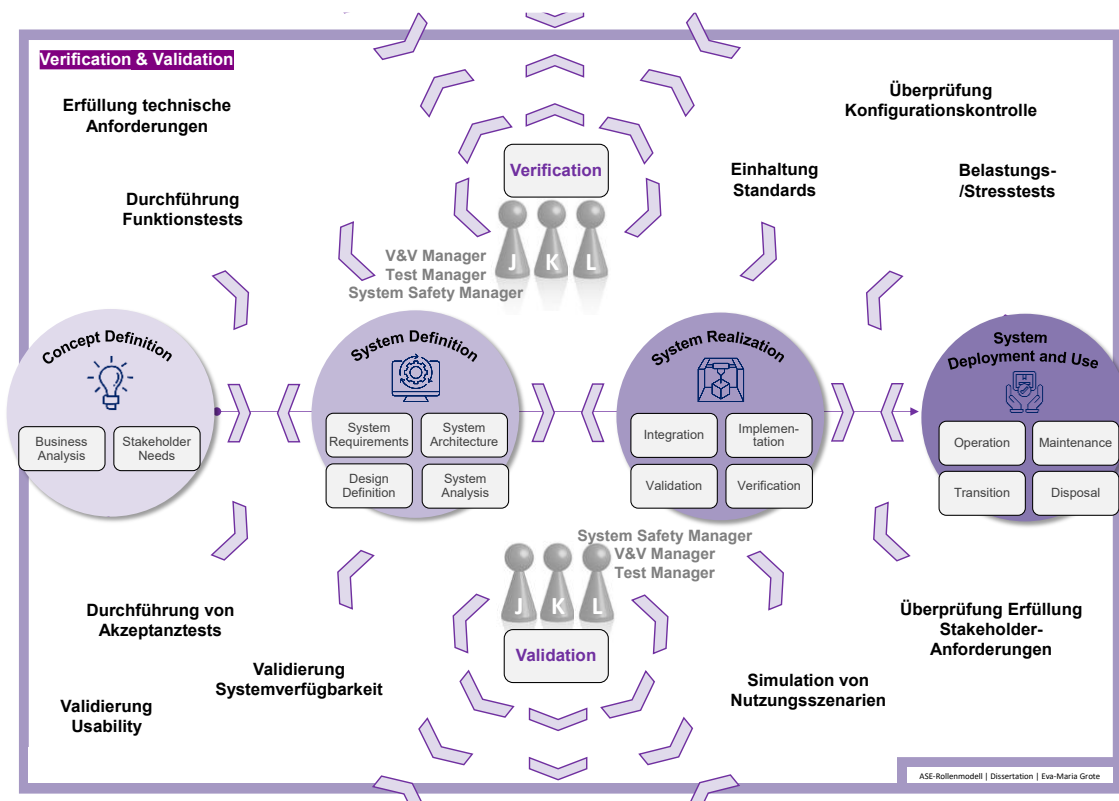


Bild A-45 Validierung und Verifizierung im Rollenmodell

Das Heinz Nixdorf Institut – Interdisziplinäres Forschungszentrum für Informatik und Technik

Das Heinz Nixdorf Institut ist ein Forschungszentrum der Universität Paderborn. Es entstand 1987 aus der Initiative und mit Förderung von Heinz Nixdorf. Damit wollte er Ingenieurwissenschaften und Informatik zusammenführen, um wesentliche Impulse für neue Produkte und Dienstleistungen zu erzeugen. Dies schließt auch die Wechselwirkungen mit dem gesellschaftlichen Umfeld ein.

Die Forschungsarbeit orientiert sich an dem Programm „Dynamik, Mobilität, Vernetzung: Eine neue Schule des Entwurfs der technischen Systeme von morgen“. In der Lehre engagiert sich das Heinz Nixdorf Institut in Studiengängen der Informatik, der Ingenieurwissenschaften und der Wirtschaftswissenschaften.

Heute wirken am Heinz Nixdorf Institut acht Professoren mit insgesamt 130 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern. Pro Jahr promovieren hier etwa 15 Nachwuchswissenschaftlerinnen und Nachwuchswissenschaftler.

Heinz Nixdorf Institute – Interdisciplinary Research Centre for Computer Science and Technology

The Heinz Nixdorf Institute is a research centre within the Paderborn University. It was founded in 1987 initiated and supported by Heinz Nixdorf. By doing so he wanted to create a symbiosis of computer science and engineering in order to provide critical impetus for new products and services. This includes interactions with the social environment.

Our research is aligned with the program “Dynamics, Mobility, Integration: Enroute to the technical systems of tomorrow.” In training and education the Heinz Nixdorf Institute is involved in many programs of study at the Paderborn University. The superior goal in education and training is to communicate competencies that are critical in tomorrows economy.

Today eight Professors and 130 researchers work at the Heinz Nixdorf Institute. Per year approximately 15 young researchers receive a doctorate.