

Der DyNamic-Ansatz

„Entwicklung eines Ansatzes zur verlässlichen Gestaltung von Unternehmensnetzwerken und ihren Produkt-Service-Systemen“

Habilitationsschrift
zur Erlangung der Lehrbefugnis
für das Fach

Generic Systems Engineering

in der

Fakultät für Maschinenbau und Sicherheitstechnik

der

Bergischen Universität Wuppertal

vorgelegt von:

Dr.-Ing. Nadine Schlüter

aus Haltern am See

Wuppertal, den 21.12.2016

Die Habilitationsschrift kann wie folgt zitiert werden:

urn:nbn:de:hbz:468-20171009-111216-2

[<http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn=urn%3Anbn%3Ade3A468-20171009-111216-2>]

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Habilitationsschrift selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt und alle wörtlich oder inhaltlich übernommenen Stellen als solche gekennzeichnet habe.

Die Habilitationsschrift ist bisher keiner anderen Fakultät vorgelegt worden.

Ich erkläre, dass ich bisher kein Habilitationsverfahren erfolglos beendet habe und dass eine Aberkennung eines bereits erworbenen Titels als Privatdozent nicht vorliegt.

Nadine Schlüter

Wuppertal, 20.12.2016

Dr.-Ing. Nadine Schlüter

Ort, Datum

Zusammenfassung

Durch die digitale Transformation im Rahmen der vierten industriellen Revolution, neue Technologien und der weiter fortschreitenden Globalisierung ist die verlässliche Gestaltung von sozio-technischen Systemen in Form von Unternehmensnetzwerken sowie deren Output wie Produkte, Dienstleistungen und Produkt-Service-Systeme mit neuen Herausforderungen konfrontiert (Morabito 2014).

Die Handhabung der Komplexität solcher Systeme bei gleichzeitig immer kürzer werdenden Reaktionszeiten und steigender Anforderungsvielfalt erschweren es den Ingenieuren sowie Personen anderer Fachdisziplinen eine verlässliche Gestaltung von Produkten, Dienstleistungen und Produkt-Service-Systemen über den gesamten Lebenszyklus hinweg zu gewährleisten (Xiao et al. 2012), (Helbing 2015). Hinzu kommt, dass eine verlässliche Gestaltung nur dann möglich ist, wenn die Wertschöpfung innerhalb der Unternehmensnetzwerke verlässlich durchgeführt wird (Huberty 2015). Dass die verlässliche Gestaltung von Produkt-Service-Systemen in Unternehmensnetzwerken fachdisziplinübergreifend immer noch eine wissenschaftliche Lücke ist, belegt neben internationaler Literatur wie bspw. (Helbing 2015) und (Huberty 2015) zudem die im Sommer 2015 durchgeführte internationale Recherche (siehe (Schlüter und Winzer 2016, S. 211–212)).

Dementsprechend bedarf es eines neuen, disziplinübergreifenden Ansatzes für die Verlässlichkeit, der die Anforderungen bezüglich Überlebensfähigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit, Safety, Security, Resilienz und Qualität (Schnieder 2013, S. 57) an Unternehmensnetzwerke und ihren Produkt-Service-Systemen (sowie Produkte und Dienstleistungen) erfasst, entsprechend der fokussierten Problematik filtert, mit dem Unternehmensnetzwerk und seinen Produkt-Service-Systemen verknüpft sowie deren Umsetzung systematisch realisiert und auf Erfüllung prüft.

Hierzu werden die Qualitäts- und Sicherheitswissenschaft, die Logistik und das Systems Engineering bezüglich möglicher Lösungsansätze für die verlässliche Gestaltung von Unternehmensnetzwerken und ihren Produkt-Service-Systemen untersucht sowie ein fachdisziplinübergreifender Ansatz entwickelt, der systematisch und modellbasiert anhand von fünf ausgewählten Szenarien aufzeigt, wie eine verlässliche Gestaltung sozio-technischer Systeme ermöglicht wird. Da die Evaluation des Ansatzes über alle relevanten Fachdisziplinen als auch betroffenen Branchen hinaus zu lange dauert, wurden logisch gekoppelte Szenarien ausgewählt, die belegen, wie die Erfüllung von Verlässlichkeitsanforderungen realisiert werden kann. Durch die Überprüfung des neuen DyNamic-Ansatzes (dependable networks) an den fünf Szenarien ist somit die Nutzbarkeit nachgewiesen.

Das erste Szenario beginnt bei der Anforderungserhebung, der Strukturierung und Filterung von Verlässlichkeitsanforderungen. Das zweite schließt hieran an und fokussiert die Verteilung der Verlässlichkeitsanforderungen im Unternehmensnetzwerk. Das dritte Szenario betrachtet die Handhabung und Realisierung von Verlässlichkeitsanforderungen bezüglich des Produkt-Service-Systems, während das vierte die sich daraus ergebenden Veränderungen für das Unternehmensnetzwerk hinsichtlich Wissen und Kompetenzen sowie den Wechselwirkungen zwischen dem Unternehmensnetzwerk und seinen Produkt-Service-Systemen betrachtet. Im letzten Szenario wird aufgezeigt, wie die Überprüfung der Erfüllung der Verlässlichkeitsanforderungen durch die erarbeiteten Lösungen möglich ist.

Auf Basis der erarbeiteten Erkenntnisse wird der Bedarf für eine interdisziplinäre Forschungsstrategie im Themenfeld der Verlässlichkeit aufgezeigt und ein entsprechender Entwurf für eine interdisziplinäre, universitäre Masterausbildung von Fachpersonal bezüglich der Verlässlichkeit dargelegt.

Mit dem hier neu entwickelten DyNamic-Ansatz soll somit ermöglicht werden, die Fehleranfälligkeit von interdisziplinär aufgestellten Unternehmensnetzwerken als auch ihren Produkt-Service-Systemen aufgrund kürzerer Entwicklungszyklen bei steigender Komplexität und Anforderungsvielfalt zu verringern und die Verlässlichkeit zu erhöhen. Der Vorteil des DyNamic-Ansatzes liegt vor allem in der fachdisziplinübergreifenden Verwendbarkeit und der systematischen Vorgehensweise, die die Transparenz und das Verständnis in den Projektteams der Unternehmensnetzwerke fördert sowie Schnittstellenprobleme verringert. Durch die Nutzung von Aspekten des modellbasierten Systems Engineering wird zudem gewährleistet, dass die Projektmitglieder sowohl ein kontinuierlich aktualisiertes Produkt-Service-System-Modell als auch Unternehmensnetzwerk-Modell zur Verfügung haben. Diese Modelle dienen als Informationsbasis und können je nach Problem- und Zielstellung die Durchführung bestmöglicher Methoden zur Erreichung der Lösung unterstützen.

Abstract

Due to the digital transformation in the context of the 4th Industrial Revolution, new technologies as well as further sustainable advancement in global socio-technical systems (in the form of business networks and their end-products, services and product-service-systems) are facing new challenges (Morabito 2014).

The ever increasing complexity of systems as well as the shortening of reaction time and increasing complexity of demand make it difficult for engineers and people from other fields of expertise, to have a reliable design of products, services and Product-Service-Systems (PSS) guaranteed throughout the life cycle (Xiao et al. 2012), (Helbing 2015). In addition, the thorough verification of added value within business networks requires reliable design (Huberty 2015). The latter, especially the reliable design of PSS in an interdisciplinary business network, is still a scientific gap (Helbing 2015), (Huberty 2015). This was proven by international research in the summer of 2015. (Schlüter und Winzer 2016, p. 211–212).

A new interdisciplinary approach for reliability is therefore required, that fulfills requirements in regards to survivability, availability, maintenance, safety, security, resilience and quality (Schnieder 2013, S. 57) of business networks and their PSS (as well as products and services). This new approach is meant to capture those demands, screen them regarding the outlined problem, link them to the business network as well as their PSS, implement them systematically and check their fulfillment.

Therefore, the Sciences of Quality Engineering, Safety Engineering, Logistics and Systems Engineering are analyzed in order to identify possible solutions for a reliable design of business networks and their PSS. Findings are enhanced to an interdisciplinary approach that prove the reliable design of socio-technical systems, both systematically and based on the five select scenarios described. The evaluation of the chosen approach in regards to all relevant disciplines and industrial segments would be too time-consuming. Therefore logically linked scenarios have been selected, which prove, how the reliability demands can be successfully met. The verification of the new dynamic approach based on the five scenarios proves the usability of it.

The first scenario starts in the field of requirements engineering, the structuring, assessment and screening of reliability requirements. The second one connects to the first one and focuses on the assignment of reliability requirements to the business network. The third scenario considers the handling and realization of reliability requirements regarding PSS. The fourth is dealing with the resulting changes for the business network of the prior scenario regarding knowledge and competencies as well as interdependencies between business network and its PSS. The last scenario points out, how the developed solutions can be assessed regarding the fulfillment of the reliability requirements.

The need for an interdisciplinary research strategy in the field of reliability is demonstrated and a corresponding concept for an interdisciplinary Master Program at Universities regarding reliability has been drafted.

Hereby, the newly developed DyNamic-Approach should enable error reductions in interdisciplinary business networks as well as their PSS, even if time spans for Research & Development are shortened while complexity of systems and variety of requirements increase. The advantage of the DyNamic-Approach is based upon its interdisciplinary usability and its systematic methodology. This improves the transparency and understanding within project teams and therefore reduces communication and interface challenges in business networks. By using aspects of Model-Based Systems Engineering, all project members have access to two relevant models: the continuously updated PSS model, as well as the business network model. These models represent preliminary information. They will support the application of relevant methods to identify the most suitable solution in a given scenario (defined problem and goal statement).

Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Erklärung	I
Zusammenfassung.....	II
Abstract	IV
Inhaltsverzeichnis.....	VI
Abbildungsverzeichnis.....	X
Tabellenverzeichnis	XIV
1 Einleitung.....	1
1.1 Problemstellung	2
1.2 Zielsetzung	3
1.3 Vorgehensweise	4
2 Forderungen der Verlässlichkeit bei PSS-Unternehmensnetzwerken	7
2.1 Produkt-Service-Systeme.....	7
2.2 Unternehmensnetzwerk.....	8
2.3 Verlässlichkeit.....	10
2.3.1 Definition der Verlässlichkeit	10
2.3.2 Forschungserkenntnisse und –lücken bezüglich Verlässlichkeit	15
3 Relevante Wissenschaften für die verlässliche Gestaltung von UNW und ihren PSS	18
3.1 Qualitätswissenschaft	22
3.2 Sicherheitswissenschaft.....	23
3.3 Logistik.....	24
3.4 Systems Engineering	25
4 Bestimmung eines geeigneten SE-Ansatzes und Evaluationsszenarien	28
4.1 Auswahl eines geeigneten SE-Ansatzes	28
4.2 Konkrete Szenarien für die verlässliche Gestaltung von UNW und ihren PSS.....	30
4.2.1 Szenario A: “Verlässlichkeitsanforderungen für UNW”	34
4.2.2 Szenario B: “Modellierung von Verlässlichkeit in UNW”	35
4.2.3 Szenario C: “Verlässliche Produktentwicklung in UNW”	35

4.2.4	Szenario D: „Verlässliche Großprojekte in UNW“	36
4.2.5	Szenario E: „Verlässlichkeit von UNW bei Stakeholdern prüfen“	37
5	Fachdisziplinübergreifendes Konzept für Verlässlichkeit bei Unternehmensnetzwerken und ihren PSS.....	39
5.1	Standardisiertes Denkmodell für UNW	39
5.1.1	DeCoDe	44
5.1.2	e-DeCoDe	47
5.1.3	Zwischenfazit zum Denkmodell.....	48
5.2	Vorgehenskonzept für UNW	49
5.2.1	Zielbildungsmodul.....	50
5.2.2	Analysemodul.....	51
5.2.3	Gestaltungsmodul.....	51
5.2.4	Projektmanagementmodul.....	52
5.2.5	Zwischenfazit zum Vorgehenskonzept	53
6	Verlässlichkeit in UNW realisieren	54
6.1	Betrachtung von Szenario A: „Verlässlichkeitsanforderungen für UNW“	55
6.1.1	Schritt 1: Stakeholderanalyse und -priorisierung	59
6.1.2	Schritt 2: Anforderungserfassung.....	61
6.1.3	Schritt 3: Anforderungsstrukturierung	62
6.1.4	Schritt 4: Filtern von Verlässlichkeitsanforderungen.....	64
6.1.5	Schritt 5: Anforderungspriorisierung	65
6.1.6	Zwischenfazit aus Szenario A	66
6.2	Betrachtung von Szenario B: „Modellierung von Verlässlichkeit in UNW“	67
6.2.1	Schritt 1: System definieren und abgrenzen.....	69
6.2.2	Schritt 2: Bezüglich der Verlässlichkeit relevante Prozesse des UNW abbilden.....	69
6.2.3	Schritt 3: Rollen und Kompetenzen je Prozess definieren	70
6.2.4	Schritt 4: Kompetenzen messen	73
6.2.5	Schritt 5: UNW-Modellierung.....	73

6.2.6	Zwischenfazit aus Szenario B	74
6.3	Betrachtung von Szenario C: „Verlässliche Produktentwicklung in UNW“	75
6.4	Betrachtung von Szenario D: „Verlässliche Großprojekte in UNW“	82
6.4.1	Schritt 1: Basisinformationen zu Projektprozessen und Soll-Profilen von Verlässlichkeitskompetenzen	89
6.4.2	Schritt 2: Kompetenzanalyse	89
6.4.3	Schritt 3: Interpretation	91
6.4.4	Schritt 4: Implementierung	93
6.5	Betrachtung von Szenario E: „Verlässlichkeit von UNW bei Stakeholdern prüfen“	94
6.5.1	Schritt 1: Orientierende Analyse	97
6.5.2	Schritt 2: Erweitertes Service-Blueprinting	98
6.5.3	Schritt 3: Kundenkontaktpunkte und Leistungsmerkmale	100
6.5.4	Schritt 4: Leistungscluster	101
6.5.5	Schritt 5: Datenbank	103
6.5.6	Schritt 6: Befragung	104
6.5.7	Schritt 7: Datenauswertung	105
6.5.8	Zwischenfazit zu Szenario E:	106
7	Konsequenzen aus der Entwicklung und Erprobung des DyNamic-Ansatzes für die verlässliche Gestaltung von Unternehmensnetzwerke und ihren PSS.....	108
7.1	Konsequenzen für die Entwicklung eines GSE-Ansatzes zur Gestaltung verlässlicher Unternehmensnetzwerke und ihrer PSS.....	109
7.2	Ableitung von Forschungsschwerpunkten	112
7.2.1	Charakteristik von Forschungskomplexen	113
7.2.2	Arbeitsfeld 1: Rahmenbedingungen der Verlässlichkeit:.....	114
7.2.3	Arbeitsfeld 2: Verlässlichkeit von technischen Systemen	114
7.2.4	Arbeitsfeld 3: Verlässlichkeit von Menschen	114
7.2.5	Arbeitsfeld 4: Verlässlichkeit von Organisationen	115
7.2.6	Übersicht für zukünftige Forschungsthemen	115

7.3	Konsequenzen für die universitäre Aus- und Weiterbildung.....	118
7.3.1	Stand der universitären Ausbildung und Anforderungen an die Weiterentwicklung	120
7.3.2	Lösungsansätze für die Modifizierung der universitären Ausbildung	131
7.4	Implementierung der gewonnenen Erkenntnisse in die Lehr- und Forschungskonzeption für das Fachgebiet „Produktsicherheit und Qualitätswesen“ der Bergischen Universität Wuppertal ..	134
8	Fazit.....	137
8.1	Zusammenfassung.....	137
8.2	Ausblick	141
8.2.1	Weiterentwicklung des DyNamic-Ansatzes.....	141
8.2.2	Forschungsbedarf	142
8.2.3	Weiterentwicklung der Lehre	143
9	Literaturverzeichnis	145
10	Anhang.....	158
10.1	Anhang A: Masterstudiengänge im Bereich Logistik an deutschen Hochschulen ..	158
10.2	Anhang B: Module und Fächer des Masterstudiengangs Logistik.....	161

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Vorgehensweise zur Entwicklung des neuen Ansatzes für die verlässliche Gestaltung von UNW und ihrer PSS	5
Abbildung 2: Zusammenfassende Systemdarstellung (Nicklas 2016, S. 13) in Anlehnung an (Haberfellner 2012).....	10
Abbildung 3: Kategorisierung der Anforderungen und inhärente Systemeigenschaften bezüglich des Begriffs „Verlässlichkeit“	13
Abbildung 4: Ergebnisse der Recherche zu thematisch einschlägigen Forschungsprojekten (Schlüter und Winzer 2016, S. 211)	17
Abbildung 5: Betrachtung der Verlässlichkeit von PSS-produzierenden UNW aus wissenschaftlicher Sicht	19
Abbildung 6: Relevante Wissenschaftsdisziplinen für die verlässliche Gestaltung von UNW	21
Abbildung 7: Sichtweise auf die akademische Disziplin der Sicherheitswissenschaft in Anlehnung an (Kahl 2010)	23
Abbildung 8: Das 5-Ebenen-Modell nach Hitchins in Anlehnung an (Schulze 2016, S. 156).....	26
Abbildung 9: SE-Disziplinen in Anlehnung an (Weilkiens 2007, S. 15)	26
Abbildung 10: Szenarienübersicht für die Evaluierung des Ansatzes zur verlässlichen Gestaltung von UNW und ihren PSS	32
Abbildung 11: Überblick über die Einordnung der Szenarien A-E bezüglich der Verlässlichkeitsmerkmale	33
Abbildung 12: GSE nach Winzer in Anlehnung an (Winzer 2013, S. 171)	39
Abbildung 13: Das Prinzip der Vernetzung der vier Sichten im GSE-Denkmodell DeCoDe in Anlehnung an (Winzer 2013, S. 110)	44
Abbildung 14: Das Prinzip der zeitlichen Veränderung des GSE-Denkmodells (Winzer 2013, S. 110)	45
Abbildung 15: GSE-Denkmodell am Beispiel eines Roboters mit den vier standardisierten, hierarchisch strukturierten Sichten und ihrer Verknüpfung über entsprechende Matrizen in Anlehnung an (Sitte, J., Winzer, P. 2011)	45
Abbildung 16: Vergleich der vier Sichten des Systems „Antrieb einer intralogistischen Anlage“ mit Hilfe von DeCoDe in Anlehnung an (Winzer 2013, S. 141)	46

Abbildung 17: Doppelter Blackbox-Ansatz für das mittelständische Unternehmensnetzwerk in Anlehnung an (Nicklas 2016, S. 99).....	47
Abbildung 18: Dekomposition des Unternehmensnetzwerks und der Lieferantenbeziehungen in Anlehnung an (Nicklas 2016, S. 101).....	48
Abbildung 19: Szenarienübersicht für die Evaluierung des Ansatzes zur verlässlichen Gestaltung von UNW und ihren PSS	54
Abbildung 20: Vorgehensweise zur Identifizierung und Handhabung von Verlässlichkeitsanforderungen in PSS produzierenden UNW.....	58
Abbildung 21: Identifizierte Stakeholder im Projekt aim4it in Anlehnung an (Nicklas et al. 2016)	59
Abbildung 22: Systemabgrenzung mittels Blackbox in Anlehnung an (Nicklas et al. 2016)	61
Abbildung 23: Ausschnitt der Anforderungen für den Use-Case „Feedbackfunktion“ (Nicklas 2016, S. 122).....	64
Abbildung 24: Genutzte Matrizen von e-DeCode und DeCoDe	65
Abbildung 25: Bewertung und Präzisierung des Netzwerkmodells (Nicklas 2016, S. 124)	66
Abbildung 26: Vorgehenskonzept für die Modellierung von UNW.....	68
Abbildung 27: Auszug aus dem VR-integrierten Produktentwicklungs-Blueprint für das UNW.....	70
Abbildung 28: Je Prozess sind die jeweilig relevanten Rollen und deren Kompetenzen zu definieren (in Anlehnung an Winzer et al. 2016, S. 24).....	71
Abbildung 29: Generierung von Soll-Kompetenzprofilen je Rolle im VR-Prozess (Winzer et al. 2016, S. 42).....	72
Abbildung 30: Genutzte Relationen in e-DeCoDe für die Abbildung von Soll-Kompetenzen.....	74
Abbildung 31: Fokussierung auf die Produktentwicklungsprozesse im UNW	76
Abbildung 32: Generierung der Netzdarstellung für FEM-Simulation aus der DeCoDe K-K-Matrix in Gamma (Huber 2014, S. 88).....	78
Abbildung 33: GSE für die Produktentwicklung, während auf der Metaebene GSE für die Gestaltung der Produktentwicklung genutzt wird.....	79
Abbildung 34: Überführung und Weiterverarbeitung der Produkthanforderungen in die UNW-Modellierung.....	81

Abbildung 35: Zusammensetzung eines interdisziplinären Projektteams für die Entwicklung von PSS in Anlehnung an (Schlüter und Schlüter 2015).....	84
Abbildung 36: PSS-Lebenszyklusphasen in Anlehnung an (Gegusch und Seliger 2012, S. 195) und der generische PSS-Entwicklungsprozess nach (Meier 2012, S. 48) in (Schlüter und Schlüter 2015)	84
Abbildung 37: Theoretisches Konzept für das kompetenzbasierte Projektmanagement für die IPSS-Entwicklungsprojekte in UNW in Anlehnung an (Schlüter und Schlüter 2015).....	85
Abbildung 38: Vorgehensweise zur Erarbeitung einer projektbasierten Kompetenzentwicklung für UNW	88
Abbildung 39: Erhebung von Soll-Kompetenzen auf allen Ebenen in Anlehnung an (Wank 2005)	90
Abbildung 40: Kompetenzpotentiale im Netzwerk erkennen in Anlehnung an (Wank 2005).....	91
Abbildung 41: Planung der Personalentwicklung auf Basis des identifizierten Kompetenzbedarfs (in Anlehnung an (Wank 2005)).....	92
Abbildung 42: Screenshots des Software-Tools zur Unterstützung des Kompetenzcockpits in Anlehnung an (Wank 2005).....	93
Abbildung 43: Vorgehensweise bei <i>KuWiss</i> -Netz (Schlüter 2013)	96
Abbildung 44: Abbildung des UNW mit Kundengruppen und Informationsfluss bzgl. Kundenzufriedenheit als Ergebnis der orientierenden Analyse gemäß <i>KuWiss</i> -Netz	98
Abbildung 45: Ausschnitt Service Blueprinting „Benutzung der U-Bahn und Ausstieg am Kölner Hauptbahnhof“ in Anlehnung an (Schlüter 2013)	99
Abbildung 46: e-DeCoDe Input für das <i>KuWiss</i> -Netz Leistungscluster	102
Abbildung 47: Beispielhafter Ausschnitt des implementierten Leistungsclusters in Anlehnung an (Schlüter 2013).....	103
Abbildung 48: Screenshot der Software Cards & Lights – clWeb v1.0 in Anlehnung an (Schlüter 2013)	104
Abbildung 49: Poll Cards am Kölner Hauptbahnhof (Schlüter 2013).....	105
Abbildung 50: Sicherheitsempfinden von Fahrgästen am Kölner Hbf (23.05.2009, N=4397, n=169) in Anlehnung an (Schlüter 2013)	106

Abbildung 51: Arbeitsfelder für die Entwicklung einer Theorie der Verlässlichkeit für sozio-technische Systeme (Bertsche et al. 2016, S. 15).....	113
Abbildung 52: Zusammenhang zwischen spezialisierten und interdisziplinären Studiengängen ...	119
Abbildung 53: Curriculum des MSc Qualitätsingenieurwesen der Bergischen Universität Wuppertal in Anlehnung an (Bergische Universität Wuppertal 2014a).....	121
Abbildung 54: Das DGQ Rollenbündelmodell in Anlehnung an (Sommerhoff et al. 2016, S. 79)	122
Abbildung 55: Bündelungen kompatibler Rollen im DGQ Rollenbündelmodell (Sommerhoff et al. 2016, S. 82)	124
Abbildung 56: Curriculum des MSc Sicherheitstechnik der Bergischen Universität Wuppertal in Anlehnung an (Bergische Universität Wuppertal 2014b).....	125
Abbildung 57: Studienverlaufsplan des Master Logistik an der TU Dortmund (Technische Universität Dortmund 2013).....	127
Abbildung 58: Synergetische Vermittlung systemtheoretischer Kenntnisse in interdisziplinären Studiengängen.....	133
Abbildung 59: Lehrinhalte des Fachgebiets Produktsicherheit und Qualitätswesen (Fachgebiet Produktsicherheit und Qualitätswesen, Bergische Universität Wuppertal 2014)..	134
Abbildung 60: Ansatz zur Gestaltung verlässlicher UNW und ihrer Produkt-Service-Systeme.....	138
Abbildung 61: GSE und e-DeCoDe als modellbasierter SE-Ansatz für die verlässliche Gestaltung von UNW	139
Abbildung 62: Hergeleitete Forschungs- und Lehrkonzepte	140

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der Definitionen zum Begriff „Produkt-Service-Systeme“ in Anlehnung an (Baines et al. 2007, S. S. 3).....7

Tabelle 2: Begriffe zur Spezifikation des Produktverhaltens über die Nutzungsdauer in Anlehnung an (Bertsche und Stohrer 2016, S. 186)..... 12

Tabelle 3: Einordnung der Szenarien bezüglich der Verlässlichkeitsmerkmale..... 38

Tabelle 4: Anforderungsbezogener Vergleich der verschiedenen Darstellungsmöglichkeiten von Denkmodellen (Winzer 2013, S. 105)42

Tabelle 5: Erläuterung der Sichten für das Systemmodell in Anlehnung an (Nicklas 2016, S. 69)..43

Tabelle 6: Ausgewählte Phasen des Requirements Management (in Anlehnung an Nicklas 2016, S. 53).....57

Tabelle 7: Auswahl geeigneter Methoden für die einzelnen Schritte des Vorgehenskonzepts58

Tabelle 8: Paarweiser Vergleich der aim4it-Stakeholder 60

Tabelle 9: Use-Cases und Anwendungsfelder zur Anforderungserhebung (Nicklas et al. 2016)62

Tabelle 10: Ausschnitt aus der Liste der erhobenen Anforderungen im Projekt aim4it in Anlehnung an (Nicklas et al. 2016).....63

Tabelle 11: Genutzte Methoden im Vorgehenskonzept für die Modellierung zur Gestaltung verlässlicher UNW.....68

Tabelle 12: Verwendete Methoden im Vorgehenskonzept.....77

Tabelle 13: Liste der nach Themenfeld strukturierten Anforderungen an das projektbasierte Kompetenzmanagement in Anlehnung an (Schlüter und Schlüter 2015)..... 87

Tabelle 14: Eingesetzte Methoden im Rahmen des Vorgehenskonzepts zur Verlässlichen Gestaltung von Großprojekten in UNW 89

Tabelle 15: Eingesetzte Methoden im Rahmen des Vorgehenskonzepts zur Überprüfung der Verlässlichkeit in UNW..... 96

Tabelle 16: Überblick über Bezugspunkte und deren Anforderungen im Logistik-Managementbereich in Anlehnung an (Hildebrand und Roth 2008) 128

Tabelle 17: Übersicht der Masterstudiengänge Systems Engineering an deutschen Universitäten (Master-and-More 2016) 130

Tabelle 18: Wahlpflichtmodul „Verlässliche Gestaltung sozio-technischer Systeme“	135
Tabelle 19: Übersicht über Masterstudiengänge im Bereich Logistik in Deutschland (Gate4Logistics)	158
Tabelle 20: Übersicht über die Module und Fächer des Masterstudiengangs Logistik an der TU Dortmund in Anlehnung an (Technische Universität Dortmund 2013)	161

1 Einleitung

Die Verlässlichkeit von Systemen zu sichern, seien es sozio-technische oder rein technische, ist auch in Zeiten der digitalen Revolution immer noch ein Problem. Dies belegen die Vielzahl an Rückrufen in der Automobilindustrie (im Jahr 2015 waren es 326, siehe auch Kraftfahrzeugbundesamt 22.02.2016), Pannen bei Atomkraftwerken (Süddeutsche Zeitung 04.03.2016), lebensgefährliche Zwischenfälle auf der Raumstation ISS (Verein Deutscher Ingenieure 26.01.2016) oder Großbauprojekte wie der Berliner Flughafen (Zeit online 07.08.2015). Die Verlässlichkeit in der Entwicklung komplexer Systeme, sowie auch deren verlässliche Nutzung sind Herausforderungen, bei denen die interdisziplinären Projektteams immer wieder scheitern.

Die Gründe für das Scheitern sind vielfältig und reichen von abstrakten Problemen, wie der Verständigung der multi-disziplinär zusammengesetzten Teams, über fehlende Methoden und Vorgehensweisen zur Betrachtung komplexer Zusammenhänge, bis hin zu Detailproblemen wie der Schaffung von verlässlichen Schnittstellen zwischen zwei ansonsten autarken Softwaresystemen (Winzer 2013), (Schlüter und Schlüter 2015), (Schlüter und Winzer 2016, S. 211–212).

Um das Problem der Komplexität zu handhaben, nutzen viele Fachdisziplinen spezifisch entwickelten Systems Engineering Ansätze, die dabei helfen, komplexe Systeme wie einen Flughafen, eine Raumfähre, eine Fabrik, etc., zu verstehen und zu gestalten (Schulze 2016, S. 155–157). Doch jede Fachdisziplin hat ihre eigenen Ansätze, Methoden und Modelle (Herrmann 2010), die mit denen anderer Disziplinen allein schon wegen der in den jeweiligen Normen unterschiedlich festgelegten Terminologien nicht vereinbar sind (Schulze 2016, S. 166–168). Aber nur, wenn ein einheitliches Begriffsverständnis vorliegt, können Skalierungen und Metriken aufgebaut und genutzt werden, die eine verlässliche Gestaltung und das Vergleichen von komplexen Systemen ermöglichen. Als Beispiel sei hier der Airbus A380 genannt, der auf Grund seiner Vielzahl an Komponenten, die in unterschiedlichen Ländern entwickelt und gefertigt wurden, am Ende nicht zusammengebaut werden konnte, weil Kabel der einzelnen Rumpfkomponten zu kurz waren und Bohrlöcher für die Verbindung der Segmente nicht zueinander passten (Stern 19.10.2006). Die Gründe hierfür waren vielfältig. So setzte sich die internationale Produktentwicklung aus national agierenden Entwicklerteams zusammen, deren Computersysteme nicht miteinander kompatibel waren, sodass es bei der Datenübertragung zu Fehlern kam. Lastenhefte wurden unterschiedlich interpretiert, Bauteile von Zulieferern entsprachen nicht mehr den neuesten Forderungen aus dem Ausland, ohne dass die ausländischen Kollegen informiert wurden. Zusammengefasst lässt sich sagen, dass die Komplikationen bei der Entwicklung des

Airbus A380 eine Mischung aus fehlerhaften Managementprozessen, unzureichenden Computerschnittstellen, fehlender Aktualisierung von Systemmodellen und einem mangelnden, uneinheitlichen Verständnissen der internationalen, fachdisziplinären Entwicklungsteams war.

1.1 Problemstellung

Werden das oben genannte Beispiel des Airbus A380 und anderen Pannen aus der Automobilindustrie, der Raumfahrt, etc. betrachtet, lässt sich vermuten, dass die Komplexität sowohl der zu entwickelnden Systeme, als auch des Entwicklungsprozesses selbst und die Komplexität der Unternehmensnetzwerke, die in der heutigen Zeit diese Systeme entwickeln, herstellen und vertreiben, in Kombination mit einem fehlenden, einheitlichen Sprachverständnis für global agierende Projektteams unweigerlich zu Fehlern führen. Endnutzer fordern jedoch ein verlässliches Produkt-Service-System (PSS) entlang des gesamten Lebenszyklus (Xiao et al. 2012), (Helbing 2015), (Herrmann 2010). Dementsprechend ist mit dem neuen Ansatz ein modellbasiertes Vorgehen zu entwickeln, das eine verlässliche PSS-Gestaltung ermöglicht. Da eine verlässliche PSS-Gestaltung auch eine verlässliche Auslegung der Unternehmensnetzwerk-Prozesse erfordert, muss der neue Ansatz zudem verlässliche Unternehmensnetzwerke (UNW) ermöglichen (Huberty 2015).

Eine verlässliche Entwicklung und Nutzung von komplexen Systemen (hier UNW und PSS) ist auf Grund der hohen Anzahl an Elementen und ihren Wechselwirkungen sowohl untereinander als auch mit der Umgebung des Systems eine Aufgabe, die kaum lösbar scheint.

Dabei ist die abstrakte Vorgehensweise bei der Entwicklung von Systemen immer die gleiche: Auf Basis der Stakeholder, die Ansprüche an das System haben, werden deren Anforderungen erhoben. Diese sind umzusetzen, und abschließend ist die Erfüllung der Anforderungen zu prüfen. Je höher der Erfüllungsgrad, desto höher die Qualität.

Doch wie können Anforderungslisten mit zehntausenden von Anforderungen eindeutig verstanden werden? Wie können Widersprüche erkannt werden – bei den Anforderungen oder aber bei den Umsetzungsmöglichkeiten bezüglich der Anforderungen selbst oder bei deren Umsetzbarkeit?

Diese Fragen resultieren nicht nur allein aus der Komplexität heraus, sondern auch aus dem Sprachverständnis. So ist allein schon die Übersetzung von deutschen Anforderungstexten ins Englische oder anderen Sprachen eine Fehlerquelle in sich. Darüber hinaus sind Fachbegriffe in den unterschiedlichen Fachdisziplinen abweichend definiert, was ebenfalls zu Missverständnissen und Fehlinterpretationen führt.

Doch wenn das System, an dem in interdisziplinären Teams gearbeitet werden soll, nicht eindeutig von allen Beteiligten verstanden werden kann, dann ist eine verlässliche Gestaltung nicht möglich.

Eine verlässliche Gestaltung von Produkt-Service-Systemen (PSS) beispielsweise, die eine Zusammenarbeit von Experten verschiedenster Fachdisziplinen im Netzwerkverbund an unterschiedlichen Standorten erfordert, kann nur erfolgreich sein, wenn die einzelnen Mitarbeiter das gleiche Verständnis vom System haben. Das beschriebene System(-modell) muss für alle verständlich und somit einheitlich beschreiben sein sowie neue Erkenntnisse immer zeitnah für alle bereitstellen.

1.2 Zielsetzung

Um eine verlässliche Gestaltung von komplexen Systemen zu ermöglichen, ist somit ein Ansatz erforderlich, der auf Basis der Systemtheorie das hier fokussierte Komplexitätsproblem von UNW sowie den von ihnen gestalteten PSS handhabbar macht, und gleichzeitig das Vorgehen mit einem einheitlichen, standardisierten Modell zum Abbild dieser Systeme koppelt, damit die interdisziplinären Teams das gleiche Verständnis haben. Dieser Ansatz wird im Folgenden als DyNamic-Ansatz (dependable networks) bezeichnet.

Der DyNamic-Ansatz ist auf Grund wissenschaftlicher Erkenntnisse zu entwerfen (Teilziel 1), zukünftige Forschungsfelder sind zu identifizieren (Teilziel 2) und entsprechende Ausbildungsinhalte für die zukünftigen Ingenieure sind zu gestalten (Teilziel 3).

Teilziel 1: Neuer DyNamic-Ansatz

Da in der heutigen Zeit die Entwicklung komplexer Systeme in der Regel in international agierenden Unternehmensnetzwerken (UNW) erfolgt, wird ein Ansatz entwickelt, der UNW und die von ihnen entwickelten Systeme fokussiert (siehe Kapitel 5). Als Betrachtungsgegenstand sind dabei Unternehmensnetzwerke, die PSS unter Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus gestalten, gewählt worden, da die Forderung nach Nachhaltigkeit neben der Entwicklung und dem Vertrieb auch immer die Berücksichtigung von Instandhaltung und anderen unterstützenden Dienstleistungen mit einschließt. Zudem ist in der globalisierten Welt die Entwicklung von produktinhärenten Dienstleistungen ein nicht zu unterschätzendes Alleinstellungsmerkmal von UNW am internationalen Markt.

Teilziel 2: Forschungskonzept

Die im Rahmen dieser Arbeit gewonnenen wissenschaftlichen Erkenntnisse zur Gestaltung von verlässlichen UNW und ihren PSS münden zudem in ein Forschungskonzept, um in dieser Arbeit noch nicht fokussierte Problemstellungen aufzugreifen sowie die Weiterentwicklung des DyNamic-Ansatz für die Nutzung in anderen Wissenschaftsdisziplinen (bspw. Wirtschaftswissenschaften, Informatik, Rechtswissenschaften, etc.) zu planen (siehe Kapitel 7.2).

Teilziel 3: Lehrkonzept

Des Weiteren ist ein universitäres Lehrkonzept zu erarbeiten, um zukünftige Fachkräfte für die zuvor geschilderten Herausforderungen zu wappnen (siehe Kapitel 7.3).

1.3 Vorgehensweise

Um einen Lösungsansatz zu entwickeln, werden zunächst die Begriffe PSS (siehe Kapitel 2.1) und Unternehmensnetzwerk (UNW, siehe Kapitel 2.2) definiert, da sie den Betrachtungsgegenstand bilden. Zudem ist festzulegen, was unter dem Begriff der Verlässlichkeit (siehe Kapitel 2.3) zu verstehen ist.

Im nachfolgenden Schritt werden vier ausgewählte Wissenschaftsdisziplinen, die im Rahmen der Verlässlichkeit relevant sind, fokussiert (siehe Kapitel 3), wie

Abbildung 1 darstellt. Darüber hinaus werden Anforderungen an den zu entwickelnden Ansatz erhoben und den (modellbasierten) Systems Engineering (SE) Ansätzen gegenübergestellt, um einen geeigneten SE-Ansatz für den DyNamic-Ansatz auszuwählen (Kapitel 4.1). Zudem werden Anwendungsszenarien (siehe Kapitel 4.2) definiert, um den zu entwickelnden Ansatz veranschaulichen und evaluieren zu können.

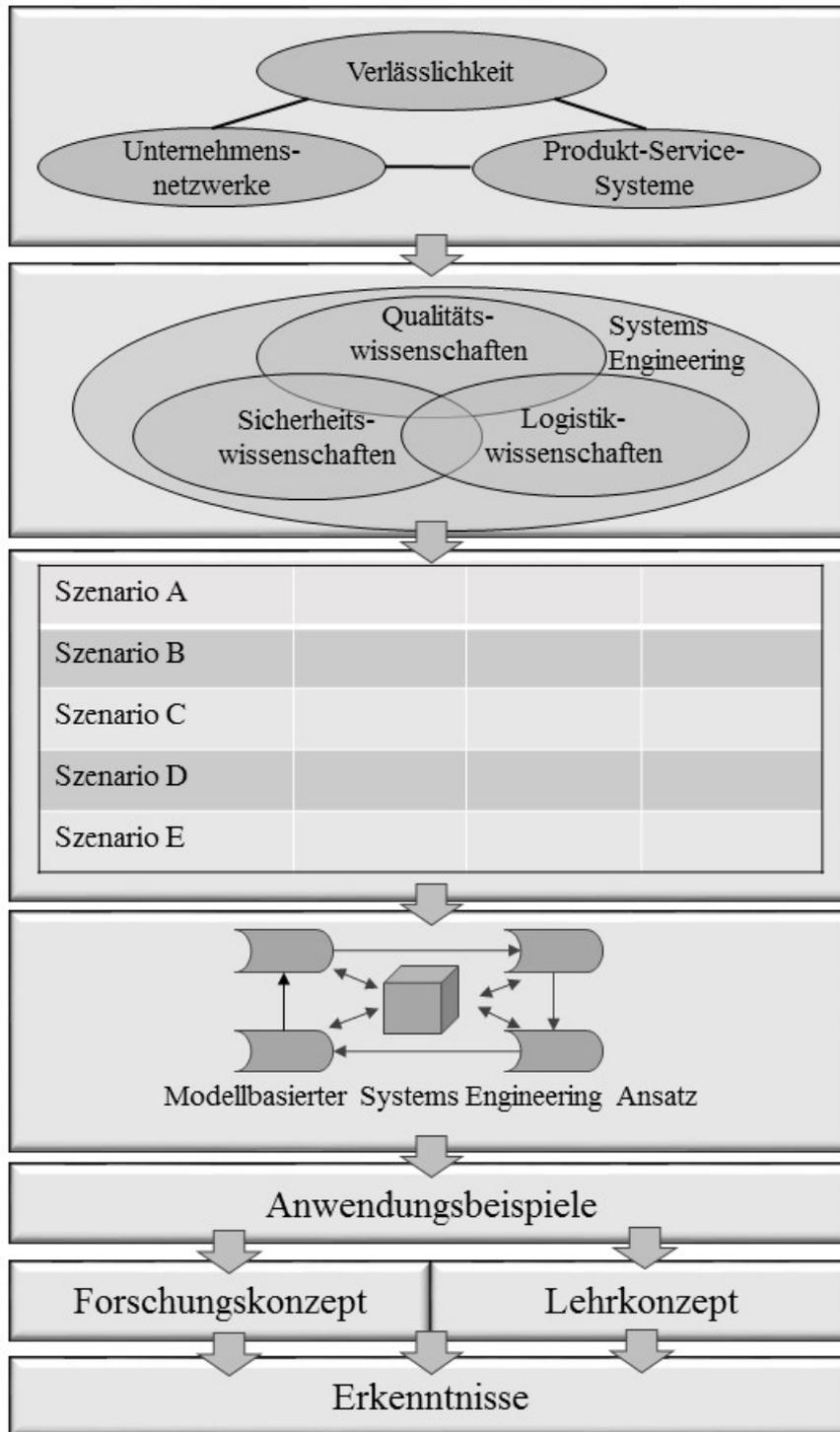
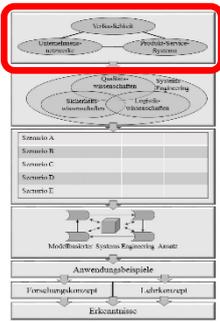


Abbildung 1: Vorgehensweise zur Entwicklung des neuen Ansatzes für die verlässliche Gestaltung von UNW und ihrer PSS

Anschließend erfolgt die Entwicklung und Beschreibung des modellbasierten Systems Engineering Ansatzes zur Gestaltung von UNW und deren PSS (Kapitel 5). Die zuvor definierten Szenarien werden genutzt, um im Kapitel 6 die Anwendung des neuen Ansatzes darzulegen und zu reflektieren.

Die Erkenntnisse des neuen DyNamic-Ansatz fließen anschließend sowohl in das Forschungskonzept zur Erforschung des Themenfelds Verlässlichkeit (Kapitel 7.2) als auch in das Lehrkonzept zur Ausbildung von Fachkräften für die Gestaltung verlässlicher sozio-technischer Systeme ein (Kapitel 7.3), bevor im Fazit (Kapitel 8) ein Resümee gezogen wird.

2 Forderungen der Verlässlichkeit bei PSS-Unternehmensnetzwerken



Um zu verstehen, welche Forderungen die Verlässlichkeit an die Gestaltung von UNW und den von ihnen erstellten PSS stellt, ist der Begriff der Verlässlichkeit zu klären (siehe Kapitel 2.3). Des Weiteren werden der Begriff des Produkt-Service-Systems in Kapitel 2.1 und der Begriff des Unternehmensnetzwerks in Kapitel 2.2 bestimmt, auf die diese Arbeit sich bezieht.

2.1 Produkt-Service-Systeme

Bezüglich des Begriffs des Produkt-Service-Systems gibt es eine Vielzahl von Definitionen, die international diskutiert werden (Baines et al. 2007), wie nachfolgende Tabelle 1 zeigt.

Tabelle 1: Übersicht der Definitionen zum Begriff „Produkt-Service-Systeme“ in Anlehnung an (Baines et al. 2007, S. S. 3)

Autor	Definition des PSS
(Goedkoop, M. et al. 1999)	Ein PSS ist ein System aus Produkten, Services, Netzwerken von „Spielern“ und unterstützender Infrastruktur, das kontinuierlich danach strebt, wettbewerbsfähig zu sein, Kundenbedürfnisse zu erfüllen und niedrigere belastende Auswirkungen auf die Umwelt zu haben als traditionelle Geschäftsmodelle.
(Centre for Sustainable Design 2002)	Ein vordesigntes System aus Produkten, unterstützender Infrastruktur und notwendigen Netzwerken, das Kundenbedürfnisse am Markt erfüllt, eine geringere negative Auswirkung auf die Umwelt hat als separat angebotene Produkten und Dienstleistungen mit der gleichen Funktion und selbst lernt.
(Mont 2002)	Ein System von Produkten, Services, Netzwerken und Infrastruktur, das wie folgt ausgelegt ist: wettbewerbsfähig, Kundenwunsch erfüllend und mit niedrigerer negativer Auswirkung auf die Umwelt als traditionelle Geschäftsmodelle.

Autor	Definition des PSS
(Manzini und Vezolli 2003)	Eine innovative Strategie, die den Geschäftsfokus vom Design (und Verkauf) rein physikalischer Produkte auf das Design (und Verkauf) von Systemen von Produkten und Services verschiebt, die zusammen dazu fähig sind, spezielle Klientenanforderungen zu erfüllen.
(Brandstotter et al. 2003)	Ein PSS besteht auf greifbaren Produkten und intangiblen Services, designt und kombiniert in einer Weise, durch die sie gemeinsam spezifische Kundenanforderungen erfüllen können. Zusätzlich versuchen PSS, das Ziel der nachhaltigen Entwicklung zu erreichen.
(Wong 2004)	Ein PSS kann definiert werden als eine Lösung, die für den Verkauf angeboten wird, die sowohl ein Produkt- als auch ein Serviceelement enthält, um die geforderte Funktionalität zu bieten.
(Austrian Society for Systems Engineering and Automation 2005)	Ein PSS ist definiert als ein System aus Produkten, Services, unterstützenden Netzwerken und Infrastruktur, das wie folgt designt ist: wettbewerbsfähig, Kundenbedürfnis erfüllend, mit niedrigerer negativer Auswirkung auf die Umwelt als traditionelle Geschäftsmodelle.

(Baines et al. 2007) kommen zu der Erkenntnis, dass PSS ein integriertes Angebot von Produkt und Service sind, welche auf Grund ihrer Integration im Nutzungsprozess einen Mehrwert gegenüber den herkömmlichen Produkten oder Services aufweisen. PSS bieten die Möglichkeit, den wirtschaftlichen Erfolg vom materiellen Konsum zu entkoppeln und dadurch die Umweltbelastung der ökonomischen Aktivitäten zu reduzieren. Durch PSS wird eine Steigerung der Wertschöpfung im Output und gleichzeitig eine Verringerung von Materialien und Kosten beim Input eines Systems erreicht, indem das Wissen von Entwicklern und Produzenten kombiniert genutzt wird (Baines et al. 2007). Diesem Standpunkt wird in dieser Arbeit gefolgt.

2.2 Unternehmensnetzwerk

Wird das Unternehmensnetzwerk aus systemtheoretischer Sicht betrachtet, sind bestimmte Eigenschaften von UNW von Bedeutung. So definiert Nicklas (Nicklas) das Unternehmensnetzwerk in

Anlehnung an Ritsch als ein „Subsystem im volkswirtschaftlichen Gesamtsystem“ (Ritsch 2005, S. 33), das wiederum aus verschiedenen, individuellen Systemen im Sinne von Unternehmen besteht. Die Unternehmen wiederum sind eigenständige sozio-technische Systeme oder auch Arbeitssysteme, deren Beziehungen untereinander sich zu einem Unternehmensnetzwerk (Nicklas 2016, S. 9–11) formen.

Um eine hierarchische Unterscheidung von Unternehmensnetzwerken und Unternehmen zu ermöglichen, verweist Nicklas auf den Ansatz des Systems von Systemen (SvS), der im Transportwesen, in der Raumfahrt und im Militär weit verbreitet ist, aber auch für Dienstleistungs- und Produktionssysteme genutzt wird ((Nicklas 2016) in Anlehnung an (Department of Defense (DoD) 2010), (Dagli und Kilicay-Ergin 2009), (Dahmann 2015), (DeLaurentis 2005), (Gorod et al. 2007), (Jamshidi 2009), (Jing et al. 2013), (Maier 1998), (Weiss 2013)). Unter SvS sind komplexe soziotechnische Systeme zu verstehen, die einzigartige Attribute besitzen (DiMario et al. 2010). Die einzigartigen Attribute charakterisieren dabei UNW-Eigenschaften wie die geographische Verteilung (Maier 2005) oder die Kernkompetenzen (Nicklas 2016).

Neben dem eingegrenzt System des Unternehmensnetzwerks ist auch seine Umgebung zu betrachten, die wiederum aus diversen Elementarten besteht. So umfasst die Umwelt des UNW naturgegebene Elemente (z. B. Temperatur, Lichtverhältnisse, etc.), von Menschen gestaltete Elemente und den/die Menschen selbst. Die einzelnen Elemente können wiederum Bestandteil anderer Systeme sein.

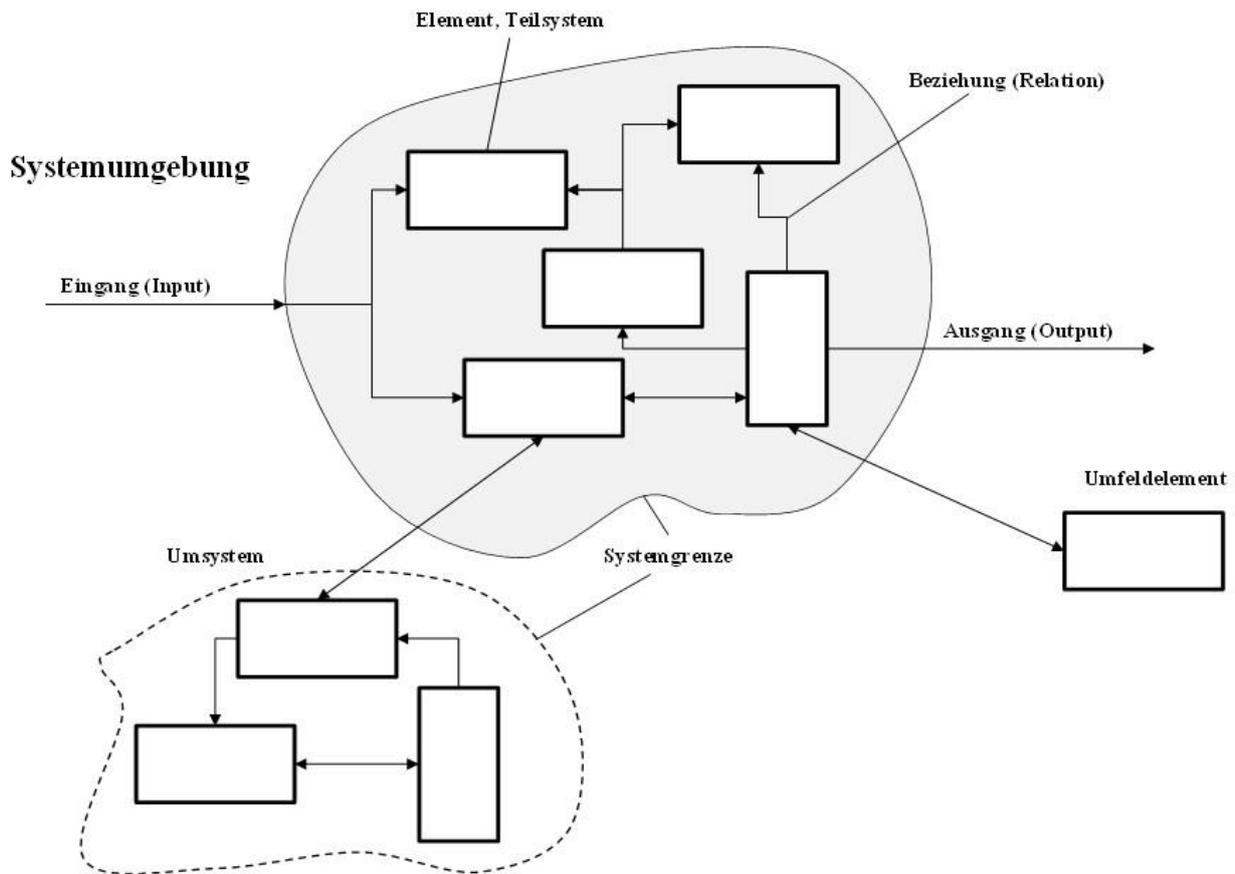


Abbildung 2: Zusammenfassende Systemdarstellung (Nicklas 2016, S. 13) in Anlehnung an (Haberfellner 2012)

Das Umfeld ist für die Betrachtung des UNW von Bedeutung, da das UNW mit seinem Umfeld interagiert (s. Abbildung 2). Darüber hinaus können sich die Grenzen des zu betrachtenden Systems und die Relationen zwischen dem System und seiner Umwelt über die Zeit hinweg verändern (Böhm und Fuchs 2002). Um die durch die Vielzahl an Elementen und Systemen erzeugte Komplexität und die entstehende Dynamik über die Zeit zu handhaben, ist die Nutzung von systemtheoretischen Ansätzen unumgänglich (Nicklas 2016).

2.3 Verlässlichkeit

Bezüglich des Begriffs „Verlässlichkeit“ sind zwei Fragen zu beantworten:

- a) Was wird unter dem Begriff „Verlässlichkeit“ in dieser Arbeit verstanden?
- b) Welche Forschungserkenntnisse existieren zum Verlässlichkeitsbegriff bereits und welche Forschungslücken sind noch nicht geschlossen?

2.3.1 Definition der Verlässlichkeit

Im Folgenden wird daher zunächst der Begriff der Verlässlichkeit auf Basis aktueller Erkenntnisse aus der Forschung diskutiert und definiert, bevor ein Überblick über bereits gelöste und noch offene Forschungsfragen bezüglich der Verlässlichkeit dargelegt wird.

Der Begriff der Verlässlichkeit ist 2013 von Schnieder (vgl. (Schnieder 2013, S. 57)) wie folgt definiert worden:

Die **Verlässlichkeit** „... bezeichnet die Gesamtheit der **vier Eigenschaften** von Systemen, d.h. **Überlebensfähigkeit** (engl. Reliability; oftmals auch als Zuverlässigkeit bezeichnet), **Verfügbarkeit** (engl. Availability), **Instandhaltbarkeit** (engl. Maintainability), **Sicherheit** (engl. Safety für Schutz der Umwelt vor negativen Auswirkungen des Betrachtungssystems sowie Security für Schutz des Systems vor Fremdeinwirkungen)“.

Dabei bezieht sich Schnieder auf ein sozio-technisches System wie beispielsweise den Öffentlichen Personennahverkehr.

Die hier angeführte Definition fasst unter dem Begriff der Verlässlichkeit somit vier Eigenschaften zusammen, die auch Bertsche und Stohrer (vgl. (Bertsche und Stohrer 2016)) ins Feld führen, wenn sie die relevanten Begriffe zur Spezifikation des Produktverhaltens über die Nutzungsdauer beschreiben, wie nachfolgende Tabelle zusammenfasst.

Tabelle 2: Begriffe zur Spezifikation des Produktverhaltens über die Nutzungsdauer in Anlehnung an (Bertsche und Stohrer 2016, S. 186)

Zuverlässigkeit	Sicherheit	Verfügbarkeit	Instandhaltbarkeit
<p>Zuverlässigkeit ist die Wahrscheinlichkeit dafür, dass ein Produkt während einer definierten Zeitdauer unter gegebenen Funktions- und Umgebungsbedingungen nicht ausfällt.</p>	<p>Deterministisch: eine Abwesenheit von Gefährdungen für den Fall, dass Schäden nicht oder in nicht signifikantem Umfang auftreten können (ISO/IEC 27000:2009).</p> <p>Probabilistisch: eine angemessene Seltenheit von Gefährdungen für den Fall, dass im Sinne eines begrenzten, tolerierbaren Risikos signifikante Schadensfälle nur bei entsprechend geringer Auftretenswahrscheinlichkeit möglich sind (DIN EN 61508-1).</p>	<p>Die Verfügbarkeit ist die Wahrscheinlichkeit dafür, dass sich ein System zum Zeitpunkt t oder während einer definierten Zeitspanne in einem funktionsfähigen Zustand befindet, wenn es vorschriftsmäßig betrieben und instandgehalten wurde (Birolini 1988).</p>	<p>Die Instandhaltbarkeit beschreibt die Wahrscheinlichkeit dafür, dass die benötigte Zeitdauer für eine Reparatur bzw. für eine Wartung kleiner als ein vorgegebenes Intervall ist, wenn die Instandhaltung unter definierten materiellen und personellen Bedingungen erfolgt (Birolini 1988).</p>
Typische Fragestellungen			
<p>Wie viele Störungen, Unterbrechungen, Reparaturen etc. sind zu erwarten?</p>	<p>Wie viele gefährliche Ausfälle sind zu erwarten?</p>	<p>Wie groß ist die Chance, dass das System gerade dann funktioniert, wenn dies verlangt wird?</p>	<p>Sind Bauteile einfach tauschbar, reparierbar, prüfbar, etc.?</p>

Sowohl Schnieder (Schnieder 2013, S. 57) als auch Bertsche und Stohrer (Bertsche und Stohrer 2016) beziehen sich bei der Definition der Begrifflichkeiten auf Systeme, die ein Produkt (Flugzeug), ein Produkt-Service-System (Wartungshangar für Flugzeuge) oder gar ein sozio-technisches System im Sinne einer kritischen Infrastruktur (Flughafen) sein können.

Auch die DIN EN 50126 festigt dieses Begriffsverständnis, indem sie Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit als einen grundlegenden Bestandteil in der internationalen Bahnindustrie im Bereich Systemspezifikation von Sicherungssystemen im Eisenbahnwesen einfordert (DIN EN 50126:2000).

Winzer als auch Schnieder weisen darauf hin, dass der Begriff „Sicherheit“ allerdings zu Missverständnissen führen kann. Sie empfehlen stattdessen die Nutzung der Begriffe „Safety“ und „Security“, die den Überbegriff der Sicherheit konkretisieren (Schnieder 2013), (Winzer 2013).

Die Akademie der Technikwissenschaften (acatech) geht gemäß des 7. Europäischen Rahmenprogramms zur Sicherheitsforschung bezüglich der Definition des Begriffs „Verlässlichkeit“ noch einen Schritt weiter und fordert den Einbezug der Resilienz, wobei „Resilienz (...) die Fähigkeit [ist], tatsächlich oder potenziell widrige Ereignisse abzuwehren, sich darauf vorzubereiten, sie einzukalkulieren, sie zu verkraften, sich davon zu erholen und sich ihnen immer erfolgreicher anzupassen. Widrige Ereignisse sind menschlich, technisch sowie natürlich verursachte Katastrophen oder Veränderungsprozesse, die katastrophale Folgen haben“ (Thoma 2014, S. 7).

Um die Abbildung der Kundenanforderungen aus dem Bereich Verlässlichkeit zu ermöglichen, ist der Begriff der Verlässlichkeit zudem um die thematische Kategorie der Qualität zu erweitern, die den Grad der Erfüllung der Anforderungen an ein System widerspiegelt (DIN EN ISO 9000).

Werden somit die Definitionen nach Schnieder, Bertsche, Stohrer, DIN EN 50126, acatech und Winzer zusammengefasst und der Qualitätsaspekt integriert, so ergibt sich die Möglichkeit der thematischen Kategorisierungen der Anforderungen an ein System (vergl. Abb. 3). Folglich kann die Auswahl der Anforderungen der verschiedenen Stakeholder an ein System mit Bezug auf die Kategorie Verlässlichkeit erfolgen.

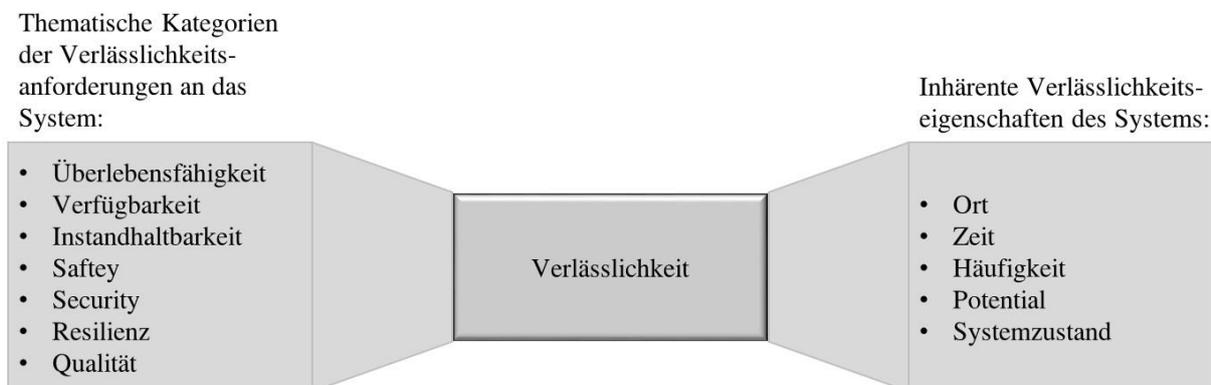


Abbildung 3: Kategorisierung der Anforderungen und inhärente Systemeigenschaften bezüglich des Begriffs „Verlässlichkeit“

Um ein sozio-technisches System (sei es das PSS oder das UNW selbst) gemäß der Verlässlichkeitsanforderungen gestalten zu können, sind spezifische organisatorische, technische und personenbezogene Maßnahmen durchzuführen. Ziel bezüglich der Gestaltung verlässlicher UNW und PSS ist es, Verlässlichkeitsprobleme des Systems (das UNW und seine PSS) einzugrenzen und nach Möglichkeit zu kompensieren oder zu eliminieren.

Die Bedeutung eines Verlässlichkeitsproblems umfasst verschiedene Eigenschaften, die es beeinflussen. So wirkt sich der Ort (so kann der Stromabnehmer einer Straßenbahn auf grader Strecke verlässlich funktionieren, während ein enger Radius bei einer Kurve zu Funktionsverlust bei der Stromführung und somit dem Stillstand der Bahn führen kann (Mamrot et al. 2014, S. 1–18)) auf die Bedeutungsschwere eines Verlässlichkeitsproblems aus. Darüber hinaus ist der Zeitaspekt relevant. So sind Probleme, die in der frühen Phase der Produktentwicklung auftreten, in ihrer Bedeutung für den späteren Endnutzer von einer anderen Bedeutung als solche, die in der Nutzungsphase auftreten. Des Weiteren können Verlässlichkeitsprobleme des Systems ein einmaliges Ereignis sein, oder regelmäßig auftreten, was durch das Merkmal der Häufigkeit ausgedrückt wird.

Bei der Bedeutung eines Verlässlichkeitsproblems ist auch das Potential dessen zu berücksichtigen (niedrig, mittel, hoch). Hierbei wird unterschieden, welche Auswirkungen das Problem auf das System als auch seine Umwelt haben kann. Hohes Potential beispielsweise liegt dann vor, wenn Menschen zu Schaden kommen können.

Abschließendes Merkmal der Verlässlichkeit ist der Systemzustand, der ausdrückt, inwieweit das zu betrachtende System stabil ist oder über den Verlauf der Zeit einer Dynamik unterliegt. Der Systemzustand, zusammen mit den anderen Merkmalen Ort, Zeit, Häufigkeit und Potential sind inhärente Merkmale des Systems mit unterschiedlichen Ausprägungen, die dabei helfen, den Grad der Verlässlichkeit eines Systems zu bestimmen, wie Abbildung 3 aufzeigt.

Die Ausprägungen der einzelnen Merkmale sind wie folgt definiert:

- Ort:
Was ist der örtliche Bezug des zu betrachtenden Systems? Bspw. regional, überregional oder international für UNW, bspw. indoor/outdoor für PSS.
- Zeit:
Zu welchem Zeitpunkt wird das System betrachtet? Bspw. Phase des Produktlebenszyklus, Phase des Dienstleistungszyklus, etc.,
- Häufigkeit:
Wie oft tritt das verlässlichkeitsrelevante Problem auf? Bspw. einmalig, mehrmalig, etc.,
- Potential:
Wie hoch ist das Schadenspotential? Bspw. niedrig, mittel, hoch (Existenzgefährdung des UNW oder gar tödlich für den Endnutzer des Produkts),
- Systemzustand:
Unterliegt das System einem Wandel über die Zeit? Bspw. stabil, instabil, chaotisch, etc.

Es bleibt die Frage, was genau ein Verlässlichkeits**problem** ist. Unter **Problem** sind alle Ereignisse und Zustände des Systems zusammengefasst, die zu Fehlern, Abweichungen, Unzufriedenheit, Schäden, etc. führen.

Die hier vorliegende Arbeit konzentriert sich dabei auf eine Subkategorie des Verlässlichkeitsproblems: den Verlässlichkeits**fehler**, wobei unter Fehler die Nicht-Erfüllung von Anforderungen zu verstehen ist (DIN EN ISO 9000). Dieses Verständnis setzt allerdings voraus, dass die Verlässlichkeitsanforderungen bereits bekannt sind. Durch die Dynamik von Systemen, aber auch durch nicht vollständige Anforderungserhebungen (so ist die Erhebung latenter Anforderungen immer noch ein ungelöstes Forschungsproblem), treten immer wieder Verlässlichkeitsprobleme auf, die gemäß obiger Definition nicht als Verlässlichkeitsfehler definiert werden können, da die Anforderungen zu dem Zeitpunkt nicht existent war. Diese Art der Verlässlichkeitsprobleme werden im weiteren Verlauf der Arbeit nicht betrachtet, sind aber Gegenstand weiterführender Forschungsarbeiten.

2.3.2 Forschungserkenntnisse und –lücken bezüglich Verlässlichkeit

In den vergangenen Jahren gab es 239 Forschungsprojekte, gefördert von der EU, deutschen Ministerien und Verbänden, die sich mit dem Thema der Verlässlichkeit von technischen oder sozio-technischen Systemen auseinandergesetzt haben (Schlüter und Winzer 2016, S. 211–212). Doch all diese

Forschungen konzentrierten sich auf das Produktsystem oder die Projektierung verlässlicher Systeme. Dies ist aus Sicht der Qualitätswissenschaft nicht weit genug gefasst.

So betrachtet die Qualitätswissenschaft ein System, das die Anforderungen seiner Stakeholder erfüllt, als qualitativ hochwertig gemäß DIN EN ISO 9000:2015 ff. Darüber hinaus ist die Wertschöpfung eines qualitativ hochwertigen Produkts nur dann möglich, wenn die Prozesse der Wertschöpfung den Anforderungen ebenfalls entsprechen. Hier rückt bereits die Projektierung einer Wertschöpfung mit in den Fokus (DIN EN ISO 9000).

Was allen Forschungsprojekten gemein ist, ist die Fokussierung auf die Mikroebenen und ein Mangel an fachdisziplinübergreifender Systematik, welche die Anforderungen sowohl an wertschöpfende UNW als auch deren PSS zielgerichtet und einheitlich domänen- und technikübergreifend konzeptualisiert. Eine im Sommer 2015 durchgeführte Recherche (Schlüter und Winzer 2016, S. 211–212) zeigt dies auf.

Die Auswertung der Rechercheanalyse erfolgte über eine Clusterung der Projekte nach ihrem Untersuchungsgegenstand, d.h. inwieweit die Systeme in der Makro- oder Mikroebene betrachtet wurden (vgl. Y-Achse, Abbildung 4), und ob sie Modelle, Methoden und Vorgehenskonzepte fachspezifisch oder transdisziplinär mit dem Ziel entwickeln, Facetten der Verlässlichkeit für PSS produzierende sozio-technischen Systeme zu gewährleisten (vgl. X-Achse, Abbildung 4). Die analysierten ganzheitlichen Ansätze der Makroebene wie auch die interdisziplinären Konzepte der Mikroebene von sozio-technischen Systemen lassen nach Auswertung der Analyse keine gemeinsamen Modelle, Methoden und Vorgehenskonzepte erkennen. Somit sind umfangreiche wissenschaftliche Teilergebnisse verfügbar, die noch nicht synergetisch verbunden und kohärent abgeglichen sind. Ein Ansatz der Verlässlichkeit für PSS produzierende UNW auf der Makroebene ist nicht existent, wie Schlüter und Winzer (Schlüter und Winzer 2016, S. 211–212) nachweisen (siehe Abbildung 4).

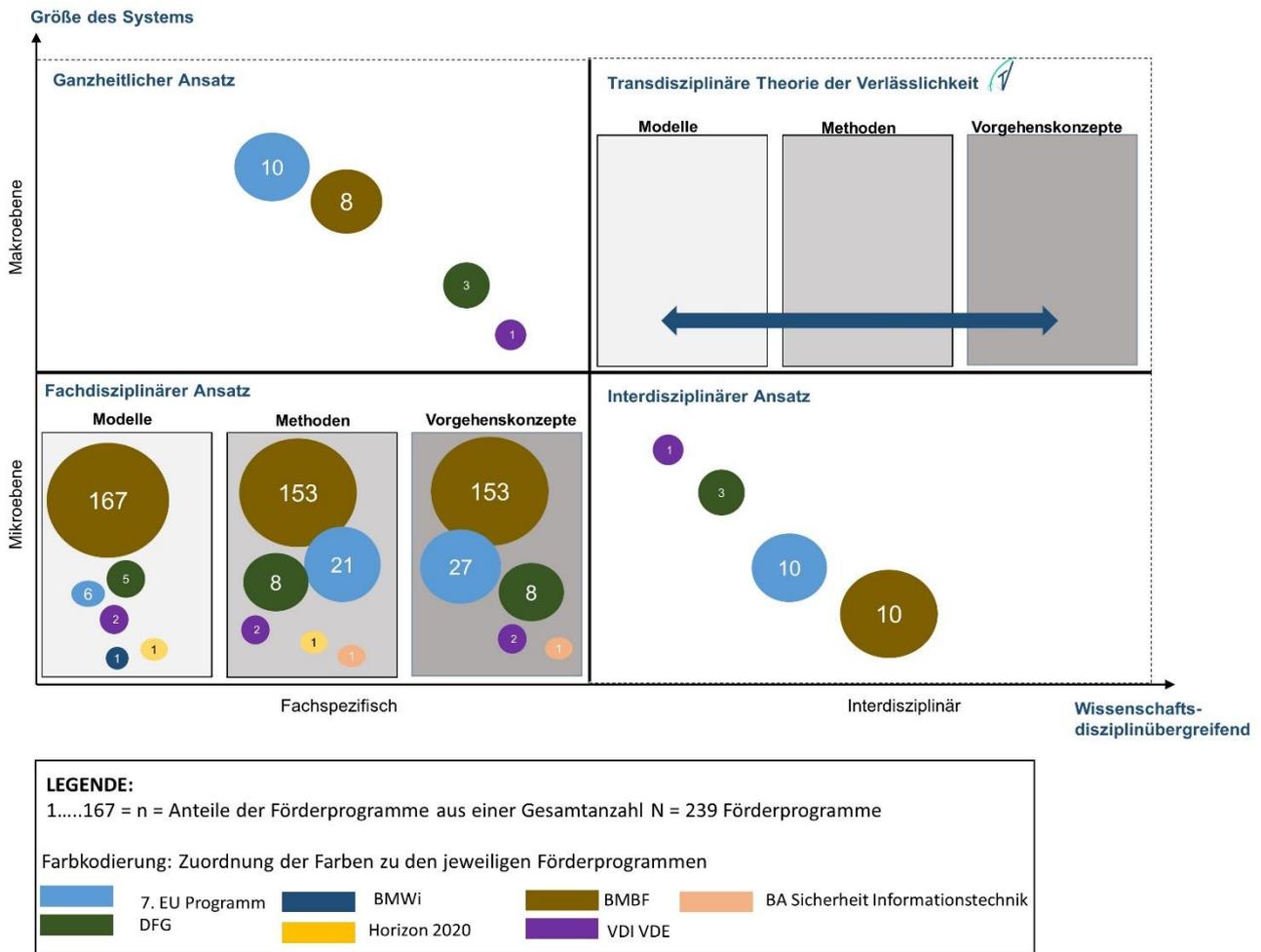
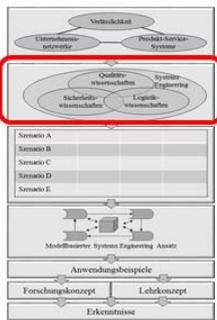


Abbildung 4: Ergebnisse der Recherche zu thematisch einschlägigen Forschungsprojekten (Schlüter und Winzer 2016, S. 211)

Was insgesamt fehlt, ist eine die verschiedenen Perspektiven (Technik, Mensch, deren Organisation untereinander sowie die auf sie wirkenden Randbedingungen) verbindende, wissenschaftsdisziplinübergreifende Betrachtung der Verlässlichkeit von sozio-technischen Systemen, z.B. in Form eines Unternehmensnetzwerks, das Methoden, Modelle und Vorgehenskonzepte thematisch relevanter Fachdisziplinen (Ingenieur-, Informatik, Sozial-/Geisteswissenschaften) zusammenführt und so zielgerichtet Anforderungen der Verlässlichkeit an das UNW und seine Produkte umsetzt (Schlüter und Winzer 2016, S. 211–212). Dies bestätigt auch internationale Literatur wie bspw. (Helbing 2015) und (Huberty 2015).

Wird das Themenfeld der Verlässlichkeit mit seinen Anforderungen den Fachdisziplinen der Wissenschaften gegenübergestellt, so wird deutlich, dass es nicht „die eine“ Wissenschaft gibt, die das Thema Verlässlichkeit abbildet (Schlüter und Winzer 2015). Stattdessen ist es eine Schnittmenge aus verschiedenen Wissenschaften, wie im nachfolgenden Kapitel weiterführend untersucht wird. Zudem werden im Folgenden konkrete Anwendungsszenarien skizziert, um den zu entwickelnden Lösungsansatz für die Gestaltung verlässlicher UNW darlegen und evaluieren zu können.

3 Relevante Wissenschaften für die verlässliche Gestaltung von UNW und ihren PSS



Um für die in Kapitel 1.1 skizzierte Problematik die relevanten Wissenschaften für einen Lösungsansatz zur verlässlichen Gestaltung von UNW und ihren PSS zu identifizieren, ist zunächst zu klären, was unter Wissenschaft in dieser Arbeit zu verstehen ist. Bereits Immanuel Kant setzte sich mit dem Begriff der Wissenschaft und was diese im Kern ausmacht auseinander: „Wissenschaft ist der Inbegriff des menschlichen Wissens, das nach Prinzipien geordnete Ganze der Erkenntnis; der

sachlich geordnete Zusammenhang von wahren Urteilen, wahrscheinlichen Annahmen und möglichen Fragen über das Ganze der Wirklichkeit oder über einzelne Gebiete und Seiten derselben“ (Martin 1969, S. 38).

Laut Schischkoff schreitet die Wissenschaft analytisch vom „Ganzen“ zu den „Teilen“, synthetisch von diesem zu jenem. Durch die Induktion von Erfahrungen und Beobachtungen zu Begriffen, Urteilen und Schlüssen, vom Einzelnen zum Besonderen schließt sie auf das Allgemeine. Gleichzeitig leitet sie aber auch durch Deduktion vom Allgemeinen zum Besonderen hin durch prüfend systematisches Vordringen in die Breite und Tiefe Erkenntnisse des Zusammenhangs der Wirklichkeit ab (Schmidt 1991, S. 787–788).

Nach Humboldt wird dann von einer Wissenschaftsdisziplin gesprochen, wenn diese einen Gegenstand hat und sich einer eigenen methodischen Vorgehensweise bedient, womit der Gegenstand untersucht wird (Winzer 2013, S. 5).

Dementsprechend ist in dieser Arbeit eine Wissenschaft als ein Konzept aus Regeln, Informationen, Standards, Methoden, Modellen und Techniken zu verstehen, die durch ihre Anwendung in einer systematischen und zielorientierten Vorgehensweise das Verstehen und Gestalten der Realität bezüglich ihres Themengebietes ermöglichen.

Wird zu dieser Definition der Wissenschaft die Erkenntnis hinzugezogen, dass es für die verlässliche Gestaltung von sozio-technischen Systemen der interdisziplinären Betrachtung aus den Perspektiven Technik, Mensch, deren Organisation untereinander sowie die auf sie wirkenden Randbedingungen bedarf (Herrmann 2010), ergibt sich, dass eine einzelne Wissenschaftsdisziplin nicht ausreichend ist, um einen Ansatz für die verlässliche Gestaltung von UNW und ihren PSS zu kreieren. Nur durch eine disziplinübergreifende Denkwelt, die die Ingenieur-, Informatik, Sozial- und Geisteswissenschaften vereint, kann die Schaffung eines solchen Ansatzes gelingen.

Um für ein solches Vorhaben einen ersten Ausgangspunkt zu schaffen, wird dementsprechend in den nachfolgenden Kapiteln ein Ansatz erarbeitet und vorgestellt, der zunächst drei ausgewählte Wissenschaftsdisziplinen miteinander vereint. Hierfür sind die Qualitätswissenschaft, die Sicherheitswissenschaft und die Logistik ausgewählt worden. Auf Basis dieses ersten Ansatzes ist dann im Verlauf weiterer Forschungsarbeiten der DyNamic-Ansatz herzuleiten, um eine umfassenden, interdisziplinären Denkwelt voranzutreiben.

Warum genau die drei ausgewählten Wissenschaftsdisziplinen für das Themenfeld der verlässlichen Gestaltung von UNW und ihren PSS relevant sind, wird im folgenden Abschnitt beleuchtet.

Wird die oben angeführte Definition der Wissenschaft auf das Problem der Gestaltung verlässlicher UNW und ihrer PSS angewendet, so sind für die weitere Arbeit Wissenschaftsdisziplinen relevant, die Regeln, Informationen, Standards, Methoden, Modelle und Techniken bieten, die sich mit den Bereichen der Verlässlichkeit bei Produkten, PSS, Unternehmen und UNW auseinandersetzen. Wird dieser Zusammenhang verallgemeinert dargestellt, ergibt sich nachfolgendes Bild (siehe Abbildung 5).

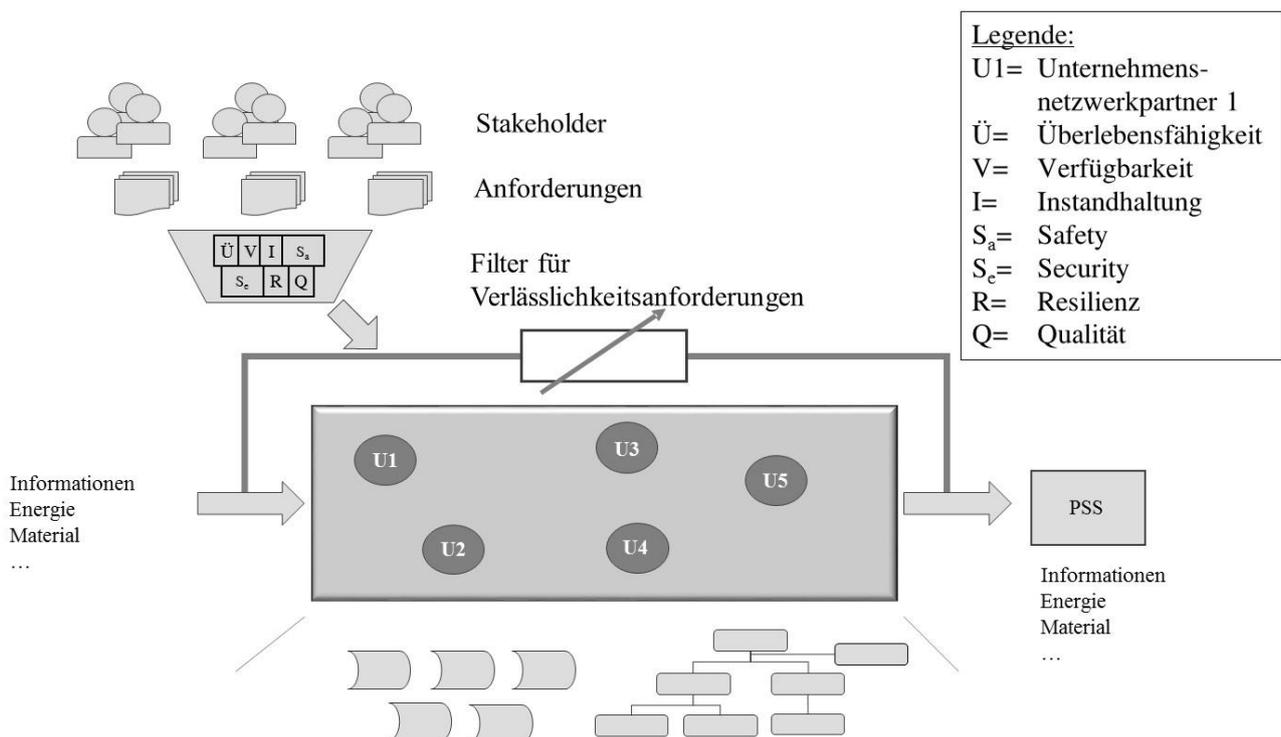


Abbildung 5: Betrachtung der Verlässlichkeit von PSS-produzierenden UNW aus wissenschaftlicher Sicht

So ist zum Erreichen des Ziels eines verlässlich agierenden UNW und entsprechend verlässlicher PSS zunächst zu untersuchen, welche Stakeholder Anforderungen an das UNW und seine PSS stellen. Anschließend sind die Anforderungen dieser Stakeholder zu erheben. Die Anforderungen der Stake-

holder sind vielfältig und betreffen unterschiedlichste Themenbereiche. Für die hier vorliegende Arbeit sollen jedoch zunächst nur Verlässlichkeitsanforderungen weiter betrachtet werden, so dass an dieser Stelle ein Filter benötigt wird. Sind die Verlässlichkeitsanforderungen einschließlich ihrer Gewichtung erfasst, erfolgt die Umsetzung dieser im System UNW und im System PSS. Hierbei wird ein Ansatz benötigt, der die Anforderungen an die entsprechend verantwortlichen Stellen im UNW verteilt und sie mit den betroffenen Systemelementen des UNW und des PSS verknüpft. Anschließend erfolgt die Umsetzung der Anforderungen mit für die Anforderungen und Systemelemente geeigneten, fachspezifischen Modellen und Methoden, die in den zu entwickelnden DyNamic-Ansatz zu integrieren sind. Abschließend erfolgt die Messung der Anforderungserfüllung sowohl beim UNW als auch beim PSS.

Werden diese Aufgaben den Wissenschaftsdisziplinen gegenübergestellt, so wird deutlich, dass Wissenschaftsdisziplinen zu berücksichtigen sind, die sich mit der Realisierung von Anforderungen an Systemen, der Analyse und Gestaltung von Informations-, Energie- und Materialflüssen, der Aufbau- und Ablauforganisation sowohl von UNW als auch von Produkt-Service Systemen auseinandersetzen.

Darüber hinaus müssen die Wissenschaftsdisziplinen einen Bezug zu den Verlässlichkeitsmerkmalen aufweisen (siehe Kapitel 2.3.1). Dies bedeutet, dass die Disziplinen sich bezüglich der Merkmale „Ort“ mit Produkten, Produkt-Service-Systemen, Unternehmen und/oder UNW befassen, und dabei auch den Produktlebenszyklus mit einbeziehen. Die Wissenschaftsdisziplinen müssen einmalige und wiederkehrende Ereignisse analysieren und deren Potential bewerten können. Darüber hinaus müssen sie auch die Dynamik sowohl von sozio-technischen als auch technischen Systemen handhaben können.

Um geeignete Wissenschaftsdisziplinen auswählen zu können, wird zunächst die grundlegende Vorgehensweise zur Realisierung von Verlässlichkeitsanforderungen (siehe Abbildung 5) herangezogen:

Da gemäß DIN EN ISO 9000:2015 Qualität sowohl von Produkten als auch Organisationen als Grad der Erfüllung von Anforderungen durch inhärente Merkmale definiert ist (DIN EN ISO 9000), und sich die Qualitätswissenschaft somit umfassend mit Themen von der Anforderungsermittlung über die Anforderungsumsetzung bis hin zur Erfüllungsüberprüfung auseinandersetzt, wird diese in dieser Arbeit mit berücksichtigt.

Des Weiteren ist die Sicherheitswissenschaft, die sich mit dem Thema Sicherheit, mit Bereichen der Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit von sozio-technischen und technischen Systemen befasst, Bestandteil der Untersuchungen.

Die Logistik wird mit betrachtet, da Verlässlichkeit nicht allein durch die Konstruktion ermöglicht wird, sondern auch eine Frage der Organisation von Elementen eines Systems ist, und die Logistik die Verknüpfung von Prozessen mit der Aufbauorganisation mit beleuchtet. Zudem bietet die Logistik neben der Entwicklung von Transportsystemen Erkenntnisse im Bereich der Instandhaltung und Entsorgung, wodurch der gesamte Produktlebenszyklus betrachtet wird.

Neben den hier genannten Wissenschaften gibt es eine hohe Anzahl weiterer Wissenschaftsdisziplinen, die Erkenntnisse zu dem hier gewählten Fokus beisteuern können, bspw. die Arbeitswissenschaft, die Sozialwissenschaften, die Elektrotechnik, die Informatik, etc. Um jedoch einen ersten Ansatz für die verlässliche Gestaltung von UNW und ihren PSS zu generieren, werden zunächst nur die drei oben beschriebenen Wissenschaftsdisziplinen betrachtet und über das Systems Engineering miteinander in Verbindung gesetzt (vgl. Abbildung 6).

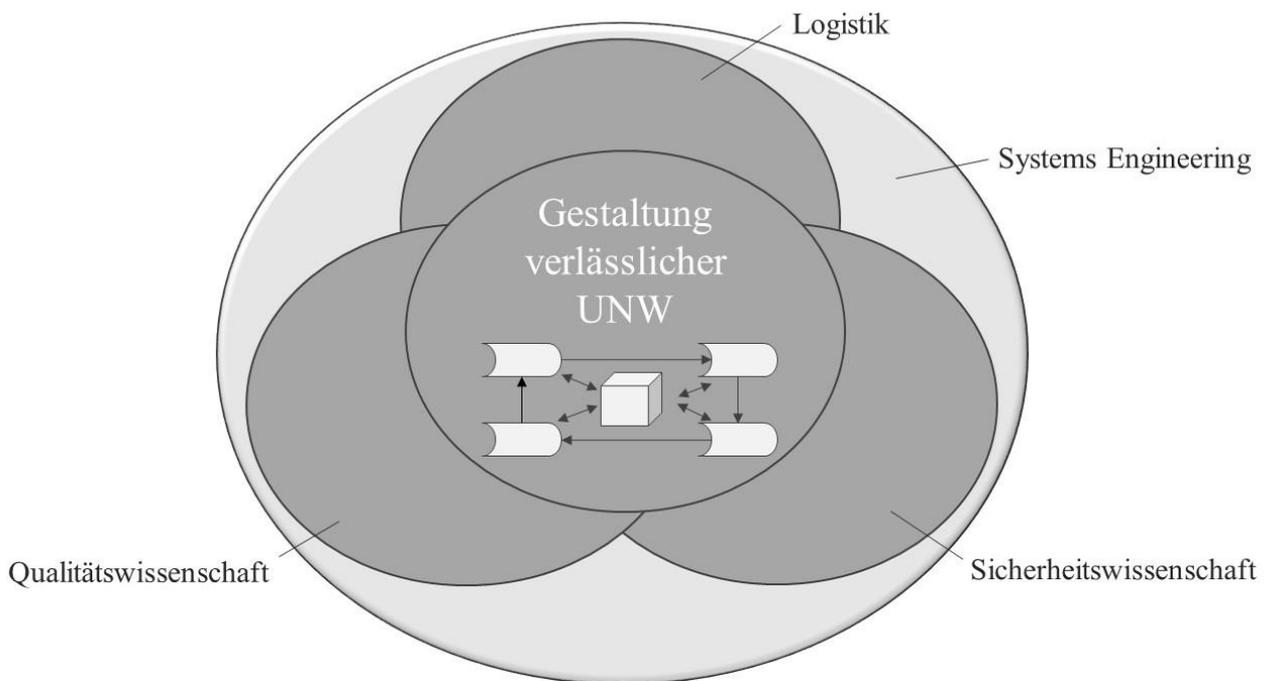


Abbildung 6: Relevante Wissenschaftsdisziplinen für die verlässliche Gestaltung von UNW

Wie in Abbildung 6 dargestellt, bieten alle vier genannten Wissenschaften (Qualitätswissenschaft, Sicherheitswissenschaft, Logistik, Systems Engineering) einen bestimmten Input für den neuen Dynamic-Ansatz zur Gestaltung von verlässlichen UNW. Um die einzelnen Wissenschaften jedoch zielgerichtet und effektiv bei komplexen Systemen wie in UNW nutzen zu können, ist zudem das Systems Engineering (SE) zu nutzen. Aufbauend auf der SE-Philosophie, die bei der Handhabung komplexer Zusammenhänge hilft, und auch auf den im SE postulierten Vorgehensmodellen in Kombination mit Systemmodellen (Haberfellner 2012, S. 31–84) wird ein Rahmen geboten, der die Erkenntnisse der einzelnen Wissenschaftsdisziplinen eint.

Wie die einzelnen Wissenschaftsdisziplinen genau definiert sind, und in welchem Bezug sie zur hier betrachteten Problemstellung stehen, wird im Folgenden in Detail betrachtet.

3.1 Qualitätswissenschaft

Die „Qualitätswissenschaft umfasst das Sammeln von Erfahrungen, das Systematisieren von Erkenntnissen sowie das Suchen von Gesetzmäßigkeiten und methodischen Vorgehensweisen sowie das Definieren von einheitlichen Begriffen auf dem Gebiet der Qualität“ (Gesellschaft für Qualitätswissenschaft). Dabei ist unter Qualität die Erfüllung von Anforderungen durch inhärente Merkmale eines Produkts zu verstehen, was die Organisation, die das Produkt herstellt, mit einbezieht (DIN EN ISO 9000, S. 39). Im hier betrachteten Fall bedeutet dies: Um UNW verlässlich zu gestalten, sind Anforderungen bezüglich der Verlässlichkeit sowohl an das UNW als auch an seine Produkte und Dienstleistungen zu realisieren, d. h. Verlässlichkeit wird zu einem Qualitätsmerkmal.

Die Qualitätswissenschaft fokussiert sich dabei darauf, Methoden und Modelle zu entwickeln, die es ermöglichen, die richtige Unternehmenspositionierung im Beziehungsgeflecht der drei Treiber und Erfolgsfaktoren Qualität, Kosten und Zeit zu finden (Masing et al. 2014, S. V). Neben dem Qualitätsmanagementsystem, das das qualitätsgerechte Leiten und Lenken der Organisation ermöglicht, werden für die Lösung konkreterer Problemstellungen innerhalb der Organisation oder bei einem Produkt Methoden und Techniken postuliert, weiterentwickelt oder neu erschaffen, die eine kundengerechte Auslegung oder eine Identifizierung und Vermeidung von Fehlern (Nicht-Erfüllung von Anforderungen) ermöglichen (Masing et al. 2014).

Somit verfügt die Qualitätswissenschaft über Methoden und Verfahren, um (Verlässlichkeits-) Anforderungen zu erheben, zu strukturieren, zu bewerten und den Grad der Anforderungserfüllung zu prüfen für Produkte, Dienstleistungen, Prozesse und UNW. Doch es ist zu prüfen, wie diese Vorgehensweise der Qualitätswissenschaft für die verlässliche Gestaltung von UNW und ihren PSS konkret genutzt werden kann. Da zudem Verlässlichkeitsanforderungen nicht der Fokus der Qualitätswissenschaft sind, sondern unter anderem Bestandteil der Sicherheitswissenschaft, muss untersucht werden, wie die spezifischen Methoden und Modelle der Sicherheitswissenschaft mit den Methoden und Modellen der Qualitätswissenschaft kombiniert werden können. So stoßen bspw. qualitätswissenschaftliche Methoden hinsichtlich der Betrachtung von Gefährdungspotentialen, Risikoanalysen und Berechnungen von Auftrittswahrscheinlichkeiten bei komplexen Produkten an ihre Grenze (Schlüter und Winzer 2016, S. 211–212). Hier sind Methoden und Modelle gefragt, die einerseits bei fokussierten Problemstellungen auf Komponentenebene komplizierte Simulationen des Systemverhaltens ermöglichen, oder aber auf abstrakterer Ebene bei komplexen sozio-technischen Systemen wie bspw.

Flughäfen die fokussierte Betrachtung von Safety oder Security Aspekten ermöglichen (Winzer et al. 2010). Dementsprechend ist hier auf die Sicherheitswissenschaft zurückzugreifen.

3.2 Sicherheitswissenschaft

Die Sicherheitswissenschaft setzt sich mit der Gewährleistung der Sicherheit von technischen und sozio-technischen Systemen auseinander. Dabei wird unter Sicherheit die Abwesenheit von Gefährdungen (in Anlehnung an ISO/IEC 27000:2009) oder die angemessene Seltenheit von Gefährdungen bei begrenztem, tolerierbarem Risiko (in Anlehnung an DIN EN 61508-1:2011 DIN EN 61508-1:2011-02) verstanden. Um diese zu gewährleisten, werden spezielle Methoden und Verfahren bzw. Vorgehenskonzepte genutzt, die auf unterschiedliche Gegenstände angewendet werden können, wie Kahl (Kahl 2010) zusammenfasst (siehe Abbildung 7).

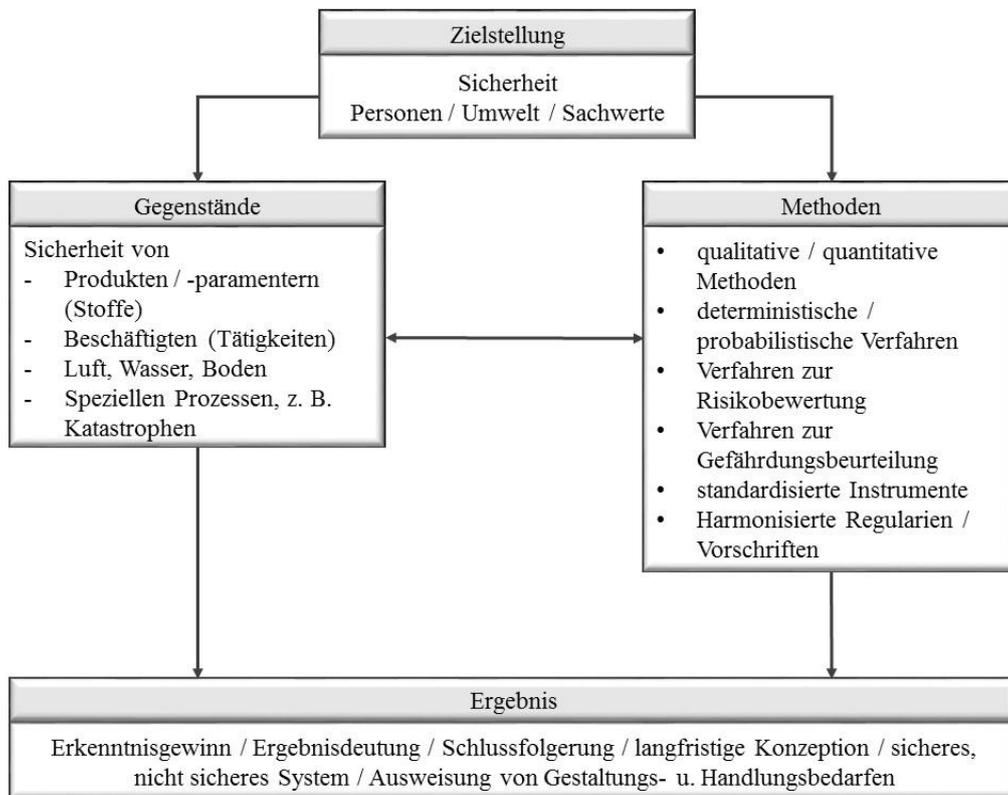


Abbildung 7: Sichtweise auf die akademische Disziplin der Sicherheitswissenschaft in Anlehnung an (Kahl 2010)

Ritz (Ritz 2015) folgt diesem Verständnis, fokussiert aber Arbeitssysteme. „Die Sicherheitswissenschaften beschäftigen sich als interdisziplinäre und angewandte Wissenschaften mit der Erforschung von Bedingungen bei der Entstehung, Bewältigung und Vermeidung von Gefährdungspotenzialen, die im Zusammenhang mit Arbeits- und Produktionsprozessen innerhalb und zwischen Arbeitssystemen entstehen und die Unversehrtheit von Mensch, Organisation und Umwelt bedrohen“ (Ritz 2015, S. 1).

Insgesamt ist die Sicherheitswissenschaft als Querschnittsdisziplin zu verstehen, welche die Basiswissenschaften wie Physik, Chemie, Maschinenbau, etc. im Themenfeld Gefahrenanalyse und –abwehr vereint. Sie kann dabei auch als eine Kombination aus Technik und Ergonomie gesehen werden, die sich an den Arbeitswissenschaften anlehnt, aber neben den Arbeitssystemen auch bspw. Infrastrukturen betrachtet (Hettinger et al. 1988, S. 107–114).

Grundsätzlich befassen sich alle Methoden und Modelle der Sicherheitswissenschaft mit der Erfassung, Umsetzung und Prüfung von Sicherheitsanforderungen, womit diese Wissenschaft im Themenfeld der Verlässlichkeit lediglich einen Teilaspekt betrachtet. So bietet die Sicherheitswissenschaft diverse Risikoanalysemethoden und -modelle für die Beurteilung der Sicherheit von Produkten, Technologien und Arbeitsplätzen, aber eine Betrachtung weiterer Anforderungen der Verlässlichkeit neben den Sicherheitsanforderungen fehlt. Zudem fokussiert die Sicherheitswissenschaft aus sozio-technischer Sicht in der Regel kleinere Systeme wie z.B. einen Arbeitsplatz. Eine Betrachtung von komplexen Organisationen wie ein UNW fehlt, womit diesbezüglich eine weitere Wissenschaftsdisziplin zu ergänzen ist, die neben den Sicherheitsanforderungen auch bspw. Anforderungen der Instandhaltung (siehe hierzu Definition „Verlässlichkeit“ in Kapitel 2.3) betrachtet sowie die Analyse und Gestaltung von komplexen sozio-technischen Systemen wie UNW ermöglicht. Eine solche Wissenschaftsdisziplin ist die Logistik, die im folgenden Abschnitt vorgestellt wird.

3.3 Logistik

Die Logistik umfasst „alle Aufgaben zur integrierten Planung, Koordination, Durchführung und Kontrolle der Güterflüsse sowie der güterbezogenen Informationen von den Entstehungsquellen bis hin zu den Verbrauchssenken“ (Roberts 2014). Sie ist „eine anwendungsorientierte Wissenschaftsdisziplin. Sie analysiert und modelliert arbeitsteilige Wirtschaftssysteme als Flüsse von Objekten (v.a. Güter und Personen) in Netzwerken durch Zeit und Raum und liefert Handlungsempfehlungen zu ihrer Gestaltung und Implementierung. Die primären wissenschaftlichen Fragestellungen der Logistik beziehen sich somit auf die Konfiguration, Organisation, Steuerung oder Regelung dieser Netzwerke und Flüsse mit dem Anspruch, dadurch Fortschritte in der ausgewogenen Erfüllung ökonomischer, ökologischer und sozialer Zielsetzungen zu ermöglichen“ (Bundesvereinigung Logistik e.V.).

In der Praxis findet die Seven-Rights-Definition nach Plowman häufig Anwendung: „Logistik heißt, die Verfügbarkeit des richtigen Gutes, in der richtigen Menge, im richtigen Zustand, am richtigen Ort, zur richtigen Zeit, für den richtigen Kunden, zu den richtigen Kosten zu sichern“ (Baumgarten 2008, S. 231).

Die Methoden und Modelle der Logistik, die für Netzwerke konzipiert sind, ermöglichen sowohl die Analyse als auch Gestaltung von komplexen Prozessketten, wie sie bei UNW vorkommen und bezüglich der Verlässlichkeit hin zu untersuchen und zu optimieren sind.

Somit ergänzt die Logistik die fehlenden Thematiken der Sicherheitswissenschaft und bietet Methoden und Modelle für die anforderungsgerechte Gestaltung von UNW und PSS, die durch die Qualitätswissenschaft nicht umfassend angeboten werden.

Insgesamt werden somit mit der Logistik, der Sicherheitswissenschaft und der Qualitätswissenschaft eine Vielzahl an Methoden und Modelle aus einzelnen Teilbereichen des Themengebiets Verlässlichkeit und ihre anforderungsgerechte Umsetzung bereitgestellt. Doch es bleibt weiterhin die Problematik, dass diese Methoden und Modelle fachspezifisch sind und die Möglichkeit einer Integration in einem umfassenden Ansatz für die Nutzung in interdisziplinären Projektteams fraglich ist.

Dementsprechend wird im Folgenden (Kap. 3.4) eine vierte Wissenschaftsdisziplin, das Systems Engineering, hinzugenommen. Diese soll die Methoden und Modelle der einzelnen Fachdisziplinen in einen umfassenden DyNamic-Ansatz integrieren, um einen Ausgangspunkt für die verlässliche Gestaltung von UNW und PSS zu schaffen, der zukünftig um noch weitere Wissenschaftsdisziplinen zu einem Ansatz für verlässliche sozio-technische Systeme erweitert werden kann.

3.4 Systems Engineering

Rouse und Sage verstehen unter SE das Management von Technologien, die einen umfassenden Systemlebenszyklus kontrollieren, der die Definition, Entwicklung und Gestaltung eines Systems umfasst, das die Kundenansprüche mit hoher Qualität, kosteneffizient und großem Maß an Vertrauen erfüllt (Rouse und Sage 2009, S. 3).

Das zu betrachtende System kann dabei unterschiedliche Größen aufzeigen. Das 5-Ebenen-Modell nach Hitschins (s. Abbildung 8) zeigt diesen Aspekt der unterschiedlichen Systemgrößen auf, indem die fokussierten Systeme nach Produkt, Projekt, Unternehmen, Industrie und sozioökonomischem Systeme gestaffelt werden (Schulze 2016).

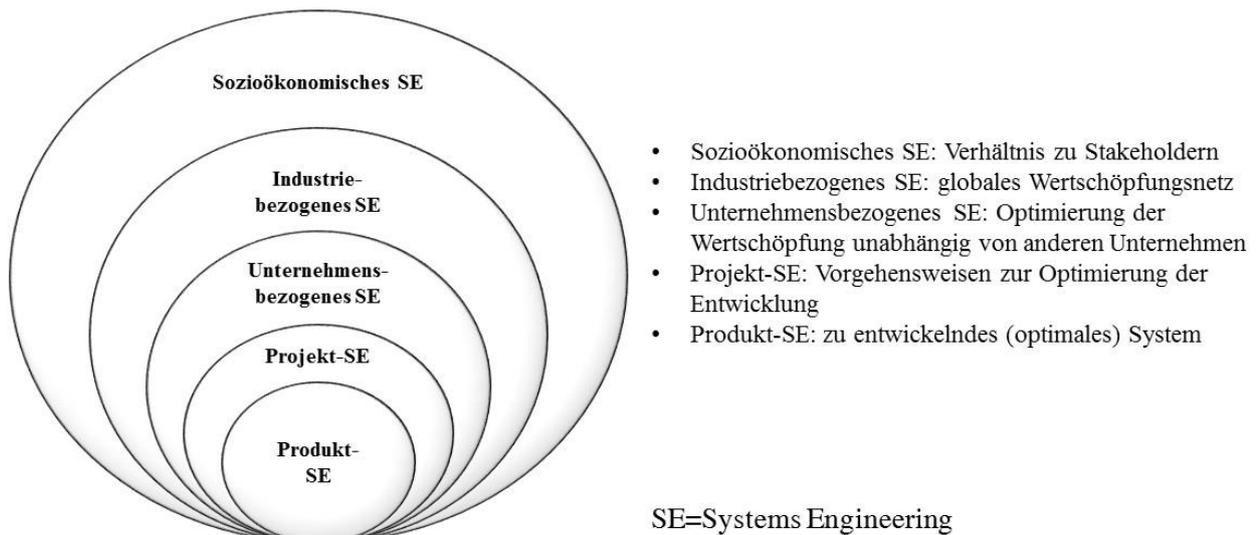


Abbildung 8: Das 5-Ebenen-Modell nach Hitchins in Anlehnung an (Schulze 2016, S. 156)

Dabei umfasst das Systems Engineering gemäß Weilkiens (Weilkiens 2007) diverse Fachdisziplinen wie Software Engineering, Maschinenbau, Elektrotechnik, Werkstoffkunde, etc. (siehe nachfolgende Abbildung 9).

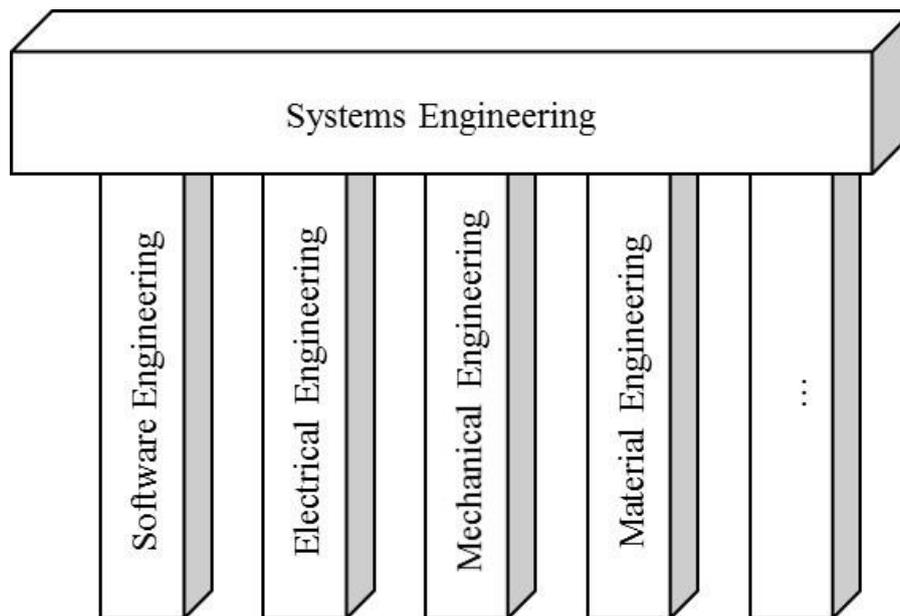


Abbildung 9: SE-Disziplinen in Anlehnung an (Weilkiens 2007, S. 15)

Währenddessen umschreibt Haberfellner das Systems Engineering (SE) als Gerüst, das auf der einen Seite das Systemdenken nutzt, um Situationen und Sachverhalte zu strukturieren, Zusammenhänge zwischen ihnen darzustellen und somit ein besseres Verständnis und Gestalten zu ermöglichen. Andererseits umfasst das SE Vorgehensmodelle, die aus verschiedenen Grundprinzipien und Komponenten bestehen, welche helfen sollen, die Entwicklung und Realisierung einer Lösung in überblickbare Teilschritte zu untergliedern (Haberfellner 2012, S. 28–29).

Nach der Definition des INCOSE (International Council of Systems Engineering) ist das SE eine Disziplin, deren Ziel es ist, einen interdisziplinären Prozess zu schaffen, der sicherstellt, dass Kunden- und Stakeholderanforderungen über den gesamten Lebenszyklus des Systems zufriedengestellt werden (Winzer 2013, S. 3).

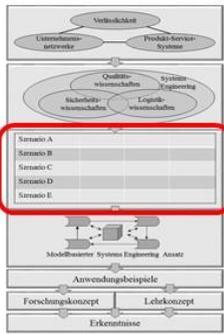
Zusammengefasst kann SE somit als Wissenschaftsdisziplin verstanden werden, die Modelle und Methoden systematisch und in Wechselwirkung miteinander einsetzt, um entlang des gesamten Lebenszyklus eines Systems (technisch, sozio-technisch oder sozial) Anforderungen unter Einbeziehung der Spezialkenntnisse verschiedener Fachdisziplinen zu realisieren.

Um das angestrebte Ziel eines DyNamic-Ansatz zur verlässlichen Gestaltung von UNW und ihren PSS zu erreichen, ist somit zu prüfen, ob im SE ein abstraktes, fachdisziplinübergreifendes Modell verfügbar ist, das die Modellierung von UNW und seinen PSS in einer Art ermöglicht, dass Verlässlichkeitsanforderungen an diese beiden Systeme zielgerichtet realisiert werden können. Für die zielgerichtete Realisierung wird zudem ein Vorgehenskonzept benötigt, das Verlässlichkeitsanforderungen erfasst, gewichtet, bewertet, handhabt, umsetzt und deren Erfüllung überprüft (siehe hierzu auch Abb. 6 zur allgemeinen Vorgehensweise zur Gestaltung verlässlicher UNW und ihrer PSS).

Sowohl das abstrakte Modell als auch das Vorgehenskonzept aus dem SE-Bereich müssen die fachspezifischen Modelle und Vorgehensweisen der Qualitätswissenschaft, der Sicherheitswissenschaft und der Logistik integrieren können, damit es für interdisziplinäre Teams nutzbar ist. Dies bedeutet, dass der SE-Ansatz eine interdisziplinäre Terminologie, Philosophie und entsprechende Vorgehenskonzepte bereitstellt, wie es sich aus der in Kapitel 2 dargelegten wissenschaftlichen Lücke bezüglich der Verlässlichkeit von PSS-produzierenden UNW ergibt. Die spezifischen Modelle und Methoden, die die Erfassung, Realisierung und Erfüllungsüberprüfung der Verlässlichkeitsanforderungen bei UNW und PSS ermöglichen, werden dann je konkreter Problemstellung aus den entsprechenden Fachdisziplinen für eine zielgerichtete Lösung im Rahmen des SE-Vorgehenskonzepts herangezogen.

Allerdings existiert im Systems Engineering eine Vielzahl von – oftmals fachspezifischen – Ansätzen (siehe hierzu auch (Haberfellner 2012), (Lindemann 2016), (Rouse und Sage 2009), (Winzer 2013)), deren Eignung für die hier skizzierte Problemstellung fraglich ist. Dementsprechend ist im Folgenden zu untersuchen, welcher SE-Ansatz die nötigen Kriterien erfüllt, um anschließend auf Basis von Evaluationsszenarien zu überprüfen, ob die verlässliche Gestaltung von UNW und ihre PSS durch einen interdisziplinären, generischen DyNamic-Ansatz möglich ist.

4 Bestimmung eines geeigneten SE-Ansatzes und Evaluationsszenarien



Wie bereits in Kapitel 3 dargelegt, sollen die Methoden, Modelle und Vorgehensweisen der Qualitätswissenschaft, der Sicherheitstechnik und der Logistik unter Nutzung des Systems Engineering zielgerichtet eingesetzt werden, um Synergien zu schaffen und eine verlässliche Gestaltung von UNW zu ermöglichen. Dem SE kommt dabei die Aufgabe zu, ein abstraktes, fachdisziplinübergreifendes Modell und Vorgehenskonzept bereitzustellen, das die fachspezifischen Methoden der Qualitätswissenschaft, der Sicherheitswissenschaft und der Logistik zielgerichtet

zur Problemlösung einbindet. Doch bei der hohen Anzahl an SE-Ansätzen, die sich in den vergangenen Jahrzehnten mit Fokus auf spezielle Problemstellungen einzelner Fachdisziplinen entwickelt haben (Winzer 2013, S. 59–92), ist zunächst zu eruieren, welcher SE-Ansatz geeignet ist, fachdisziplinübergreifend eingesetzt zu werden. Um die Eignung zu evaluieren, sind zudem Szenarien zu definieren (Kapitel 4.2).

4.1 Auswahl eines geeigneten SE-Ansatzes

Um dies zu ermöglichen, ist zunächst zu untersuchen, welche der diversen SE-Konzepte sich eignen UNW zu betrachten und die Methoden und Modelle der drei anderen Wissenschaften zu vereinen. Wie in Kapitel 2 dargelegt, sind diesbezüglich verschiedene Anforderungen bei der Auswahl des geeigneten SE-Ansatzes zu berücksichtigen.

So ist ein generischer SE-Ansatz zu wählen, der die Integration diverser Wissenschaftsdisziplinen und ihre unterschiedlichen, fachspezifisch angepassten Methoden und Modelle ermöglicht, statt nur einer speziellen Disziplin, die sich auf eine Fachsprache und deren Methoden und Modelle fokussiert. Zudem muss der SE-Ansatz ein einheitliches, standardisiertes Modell fordern, das für UNW geeignet ist. So können die einzelnen Methoden der Disziplinen miteinander in Verbindung gesetzt und ein modellbasiertes Vorgehen ermöglicht werden. Letzteres ist von großer Bedeutung, da die Komplexität von UNW nur dann handhabbar ist, wenn für das gesamte System ein Modell erstellt werden kann, das die Fokussierung und Abstraktion von Problemen einschließlich ihrer Rahmenbedingungen zulässt. Ohne eine Verknüpfung mit einem einheitlichen Modell können die Erkenntnisse der einzelnen Methoden nicht zurückgeführt und für die nächsten Phasen des Lebenszyklus zur Verfügung gestellt werden (Winzer 2013, S. 59–92).

Zudem müssen alle Elemente des UNW sowie ihre Relationen mit einem eindeutigen Begriffs- und Kommunikationsverständnis abbildbar sein, um eine einheitliche Kommunikationsbasis bei der interdisziplinären Betrachtung zu ermöglichen.

Während das Prinzip der Modellierung und anschließenden Verwendung von Methoden zur Problemlösung im modellbasierten Systems Engineering bereits stark vertreten ist, gibt es weiterhin Brüche bei der Modellierung zwischen den spezifisch angewendeten Modellen bezüglich einzelner Lebenszyklusphasen oder Fachdisziplinen. Dennoch kann bei der Entwicklung eines Modellierungsansatzes für die Verlässlichkeit von UNW von den Prinzipien und Erfahrungen des modellbasierten Systems Engineering (MBSE) profitiert werden. Denn die Forderungen an ein Modell, die das MBSE stellt, sind die gleichen wie für das neu zu entwickelnde:

1. Besseres Verständnis für das zu entwickelnde oder existierende System schaffen,
2. komplexe Zusammenhänge durch Abstraktion und reduzierte Abbilder besser verstehen,
3. Wesentliches von Unwesentlichem unterscheiden können,
4. fachdisziplinübergreifende Verständigung in Entwicklungsprozessen ermöglichen,
5. Spezifikationen, Strukturen und spezifisches Verhalten erkennen und simulieren und
6. Erkenntnisse dokumentieren (Winzer 2013, S. 70).

Doch das MBSE bietet auf Grund der Vielzahl von Modellarten hinsichtlich eines einheitlichen Modellierungssystems für die Verlässlichkeit entlang des gesamten Produktlebenszyklus bisher keine Lösungsmöglichkeit. So gibt es Modelle verschiedenster Funktion:

- Beschreibungsmodelle,
- Analysemodelle,
- Gestaltungsmodelle,
- Optimierungsmodelle und
- Prognosemodelle (nach (Häuslein 2004, S. 40) und (Winzer 2013, S. 71)).

Für den hier skizzierten DyNamic-Ansatz wird allerdings ein Modell benötigt, das all diese Funktionen gleichzeitig erfüllt, um Anforderungen und das System selbst (UNW und/oder PSS) zu beschreiben, Probleme bei der Umsetzung der Anforderungen zu analysieren und auf Basis dessen zu gestalten, Optimierungen des Systems zu ermöglichen und Prognosen für die zukünftige Gestaltung zu erhalten.

Für die verlässliche Gestaltung von UNW ist somit ein SE-Ansatz zu wählen, der disziplinübergreifend ein einheitliches, möglichst standardisiertes Modell nutzt. Dieses muss alle oben aufgezählten Funktionalitäten aufweisen und zudem eine Kopplung mit den fachspezifischen Methoden zulassen, so dass im Rahmen der einzelnen Schritte des Vorgehenskonzepts mit dem Ziel der Problemlösung

die Rückführung der Erkenntnisse aus einzelnen fachspezifischen Methoden und Problemlösungsschritten in das Modell gelingt. Nur durch diese Interaktion zwischen Modell und Vorgehenskonzept ist es möglich, dass alle beteiligten Personen auf dem aktuellen Stand bezüglich des Systems sind (Schlüter und Winzer 2015). Die Forderung, dass das Vorgehenskonzept und das Denkmodell kontinuierlich interagieren, ist eine Muss-Anforderung, da nur so sichergestellt werden kann, dass das Projektteam Entscheidungen auf Basis aktueller Daten und Informationen trifft.

Werden diese Forderungen den bekannten Ansätzen des SE gegenübergestellt, so zeigt sich, dass lediglich das Generic Systems Engineering (GSE) das entsprechende Potential aufweist, den hier skizzierten DyNamic-Ansatz für die verlässliche Gestaltung von UNW und ihren PSS zu unterstützen, wie (Winzer 2013) nachweist.

Dabei ist bislang lediglich nachgewiesen worden, dass GSE für die fachdisziplinübergreifende Gestaltung von technischen Systemen genutzt werden kann. Der Nachweis, dass GSE in Kombination für die verlässliche Gestaltung von UNW und PSS geeignet ist, ist noch zu erbringen. Dementsprechend werden im nachfolgenden Kapitel zunächst konkrete Szenarien für die verlässliche Gestaltung von UNW und ihren PSS gemäß der in Abbildung 6 grob skizzierten Vorgehensweise fixiert, um darauf aufbauend den GSE-basierten DyNamic-Ansatz in Kopplung mit dem Demand Compliant Design (DeCoDe) auszuarbeiten und an Hand der vorgegebenen Szenarien zu evaluieren.

4.2 Konkrete Szenarien für die verlässliche Gestaltung von UNW und ihren PSS

Das Themenfeld der Verlässlichkeit stellt, wie bereits in Kapitel 3 dargelegt, einen weitreichenden Betrachtungsgegenstand dar, der diverse Wissenschaftsdisziplinen involviert. Dementsprechend ist der Eignungsnachweis des DyNamic-Ansatzes von hohem Aufwand geprägt.

In Folge dessen ist für die Entwicklung eines solchen DyNamic-Ansatzes zunächst ein eingegrenztes Themenfeld – verlässliche UNW und ihre PSS – festgelegt worden. Doch auch unter dieser Einschränkung erfordert der Nachweis der Eignung eines Ansatzes für die verlässliche Gestaltung von UNW weiterhin einen hohen Aufwand, weshalb in einem nächsten Schritt die Festlegung von Szenarien fokussiert wird. Auf Basis der definierten Szenarien, die, gemäß der Definition von Qualität nach DIN EN ISO 9000:2015, die Schritte von der Erhebung von Stakeholdern und ihren Verlässlichkeitsanforderungen bis hin zur Umsetzung und Überprüfung dieser Anforderungen beleuchten, soll aufgezeigt werden, dass der neu entwickelte DyNamic-Ansatz die an ihn gestellte Forderungen (siehe hierzu Kapitel 2) erfüllt.

Ausgangspunkt ist dementsprechend das grob skizzierte Vorgehen zur Gestaltung von verlässlichen UNW und ihren PSS gemäß Abbildung 5. Detaillierter aufgezeigt, besteht das Vorgehen aus folgenden Schritten:

- Stakeholder identifizieren und gewichten.
- Anforderungen der Stakeholder erfassen, strukturieren und gewichten.
- Verlässlichkeitsanforderungen filtern.
- Verlässlichkeitsanforderungen mit den Elementen des UNW und PSS verlinken.
- Verlässlichkeitsanforderungen den entsprechenden Elementverantwortlichen bereitstellen.
- Verlässlichkeitsanforderungen umsetzen.
- Erfüllungsgrad der Verlässlichkeitsanforderungen überprüfen.

Für diese Schritte wurden anschließend Szenarien definiert, an Hand derer der neu zu entwickelnde Ansatz evaluiert werden soll. Dabei wurden insgesamt fünf Szenarien definiert:

- a) Verlässlichkeitsanforderungen für UNW,
- b) Modellierung von Verlässlichkeit in UNW,
- c) Verlässliche Produktentwicklung in UNW,
- d) Verlässliche Großprojekte in UNW sowie
- e) Verlässlichkeit von UNW bei Stakeholdern prüfen.

Diese bündeln verschiedene der oben genannten Schritte, wie Abbildung 10 aufzeigt.

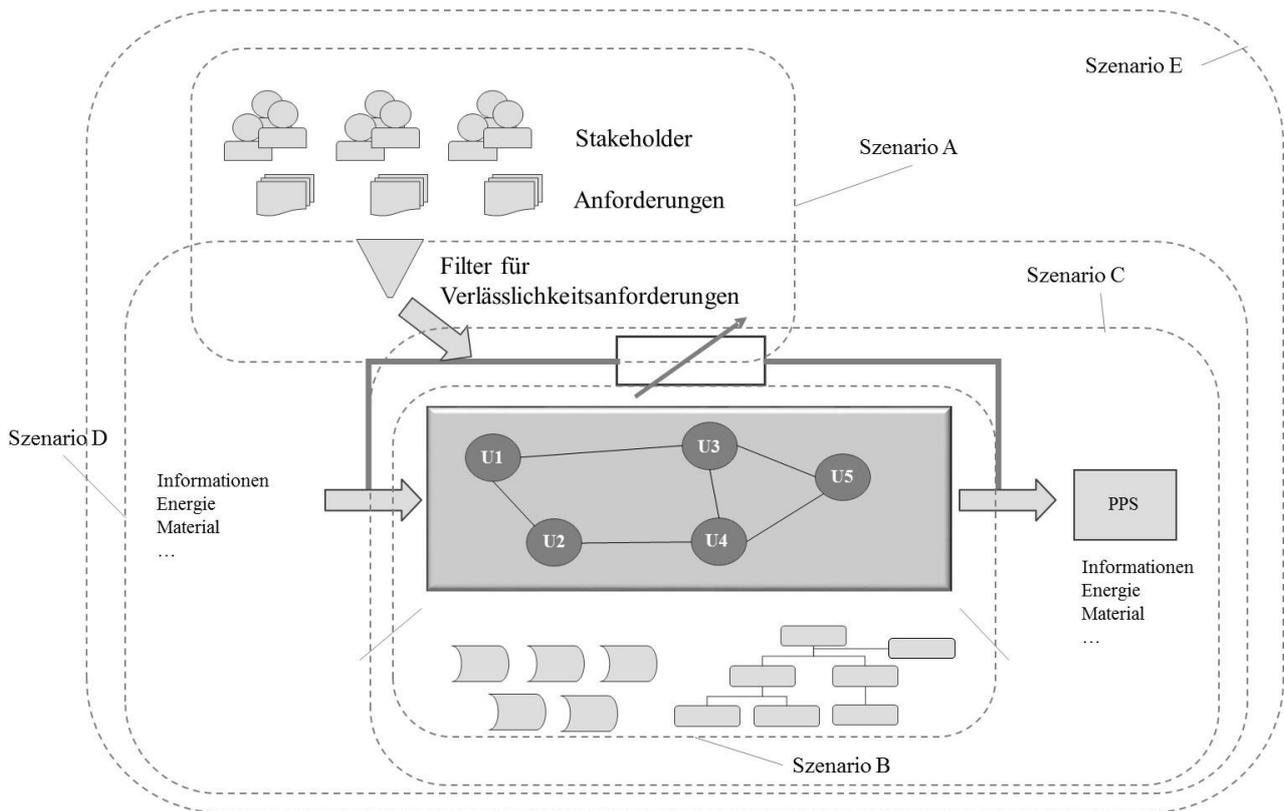


Abbildung 10: Szenarienübersicht für die Evaluierung des Ansatzes zur verlässlichen Gestaltung von UNW und ihren PSS

Die Szenarien sind so ausgewählt, dass sie die systeminhärenten Merkmale der Verlässlichkeit (siehe Kapitel 2.3.1) abdecken und zudem die Umsetzung der Verlässlichkeitsanforderungen von der Stakeholderbestimmung über die Anforderungserfassung und –gewichtung bis hin zur Überprüfung betrachten.

Gemeinsam haben alle Szenarien, dass sie ein UNW als sozio-technisches System fokussieren. Allerdings „produzieren“ die UNW unterschiedliche Outputs: Produkt, PSS oder Dienstleistungen. Alle Szenarien werden bezüglich des Merkmals „Potential“ als mittel eingestuft, da kein Personenschaden als direkte Konsequenz zu Fehlern bei den hier fokussierten PSS- und UNW-Lösungen zu erwarten ist. Während die ersten beiden Szenarien ein einmaliges Ereignis sind, finden die anderen drei Ereignisse mehrmalig statt. Zudem ist das UNW in Szenario D ein dynamisches System, bei dem sich die UNW-Struktur über den Verlauf der Zeit verändert. Über den gemeinsamen Aspekt des UNW als Betrachtungsgegenstand lässt sich somit folgender Zusammenhang der Szenarien visualisieren (siehe Abbildung 11).

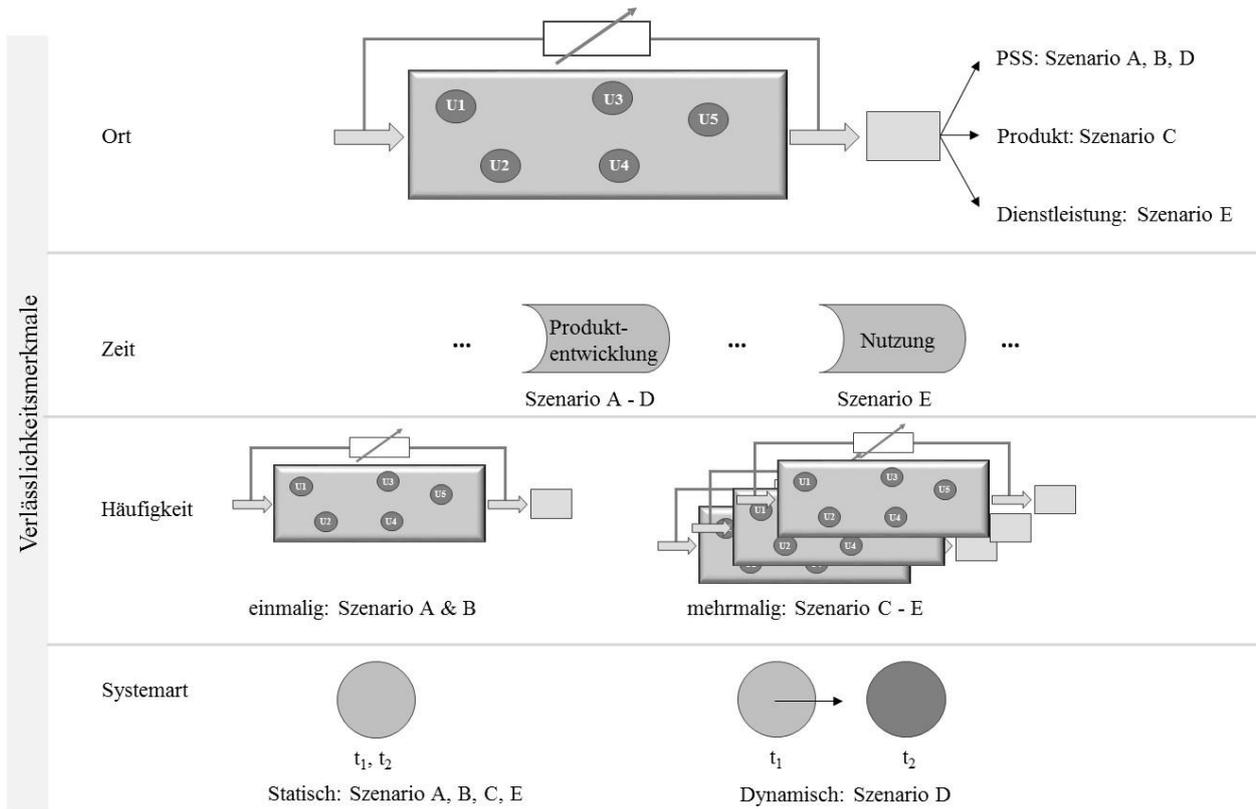
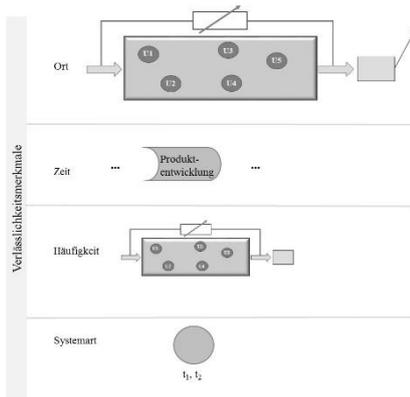


Abbildung 11: Überblick über die Einordnung der Szenarien A-E bezüglich der Verlässlichkeitsmerkmale

Wie genau die Szenarien im Detail aussehen, wird im Folgenden beschrieben.

4.2.1 Szenario A: “Verlässlichkeitsanforderungen für UNW”



Um Barrierefreiheit im Öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) umzusetzen, wird ein europäisches Forschungs- und Entwicklungsnetzwerk aufgebaut. Ziel des Netzwerks ist die Entwicklung einer verlässlichen, echtzeitfähigen Smartphone-App, die gehörlosen, blinden und gehbehinderten Personen die Nutzung von Bus und Bahn in der Stadt ohne Begleitperson ermöglichen soll. An dem Netzwerk beteiligen sich Softwareentwickler aus Deutschland und Österreich, Verkehrsbetriebe aus Wien, Karlsruhe und Poznan

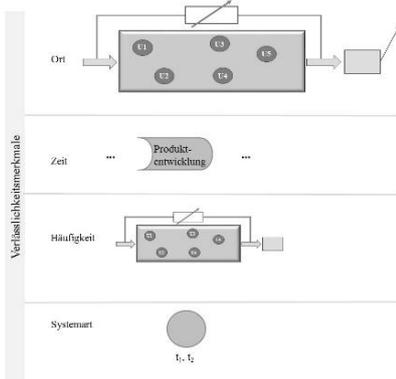
(Polen), Forschungsinstitute aus dem Bereich Verkehrswesen und Qualitätswesen, sowie kleine Unternehmen, die sich auf Produkte für in ihren Fähigkeiten eingeschränkte Personen fokussieren. Das Netzwerkmanagement wird vom Forschungspartner im Bereich Verkehrswesen übernommen. Die Netzwerkaktivität, die auf drei Jahre begrenzt ist, basiert auf einem Forschungsvertrag, der die allgemeine Zusammenarbeit im Projekt und die Nutzung der gewonnenen Erkenntnisse regelt (Nicklas et al. 2015).

Um die Erfüllung der gesetzlichen Anforderungen im Netzwerk zu gewährleisten, gleichzeitig aber auch die Kundenanforderungen der unterschiedlichen Kundengruppen (Gehörlose, Blinde, körperlich Behinderte) mit zu berücksichtigen, sind alle relevanten Stakeholder und ihre Bedeutung zu identifizieren sowie die Anforderungen sowohl zu erheben als auch zu priorisieren. Im Rahmen des Anforderungsmanagements sind die erarbeiteten Anforderungen den jeweils zuständigen Netzwerkpartnern zur Verfügung zu stellen (Nicklas et al. 2015).

Hierbei sind folgende Kernfragen zu lösen:

- Welche Stakeholder sind für die Entwicklung des UNW-Produkts relevant?
- Welche Bedeutung haben die Stakeholder bezüglich des zu entwickelnden Produkts?
- Welche Anforderungen stellen die Stakeholder an das Produkt?
- Wie können die erhobenen Anforderungen geclustert werden, um die Komplexität zu handhaben und eine Priorisierung zu ermöglichen?
- Wie kann die Priorisierung der Anforderungen durchgeführt werden?
- Wie können die Verlässlichkeitsanforderungen herausgefiltert werden?

4.2.2 Szenario B: “Modellierung von Verlässlichkeit in UNW”

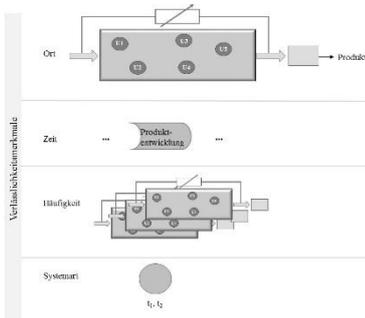


Die für das europäische aim4it Forschungs- und Entwicklungsnetzwerk erhobenen und priorisierten Verlässlichkeitsanforderungen sind den jeweiligen, für die einzelnen Anforderungen zuständigen Netzwerkpartnern zur Verfügung zu stellen. Hierbei sind sowohl die Verteilung der Arbeitsaufgaben der jeweiligen Netzwerkpartner im Netzwerkentwicklungsprozess als auch die Verantwortlichkeiten der Mitarbeiter bei jedem Netzwerkpartner zu berücksichtigen (Nicklas et al. 2015).

Hierbei sind folgende Kernfragen zu lösen:

- Wie können die Verlässlichkeitsanforderungen konkreten Prozessen der Produktentwicklung zugeordnet werden?
- Welche Kompetenzen werden bezüglich der Verlässlichkeitsanforderungen in den Prozessen je Personenrolle benötigt?
- Wie können die Verlässlichkeitsanforderungen je Produktentwicklungsprozess den entsprechend ihrer Kompetenz geeigneten und zuständigen Mitarbeitern der Netzwerkpartner zugeordnet werden?
- Wie können Verlässlichkeitsanforderungen, Prozesse, Kompetenzen und Verantwortliche im Netzwerk für alle Beteiligten nachvollziehbar und auf standardisierter Basis abgebildet werden?

4.2.3 Szenario C: “Verlässliche Produktentwicklung in UNW”



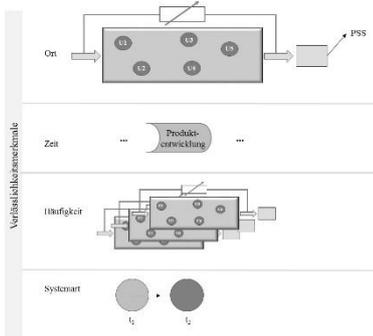
Um die Verlässlichkeitsanforderungen im Rahmen der Produktentwicklung umzusetzen, sind Methoden und Modelle aus unterschiedlichen Fachdisziplinen notwendig. Damit im Netzwerk jeder Partner trotz der vielen Schnittstellen auf Grund unterschiedlicher Methoden, Modelle und Prozessverantwortlichkeiten jedoch immer den aktuellen Entwicklungsstand kennt, ist eine iterative Aktualisierung eines gemeinsam genutzten, standardisierten und fachdisziplinübergreifenden Produktmodells nötig (Huber 2014).

Hierbei sind folgende Kernfragen zu lösen:

- Wie werden die Verlässlichkeitsanforderungen entlang des Produktentwicklungsprozesses methodisch umgesetzt?

- Welcher Modellierung bedürfen die Methoden zur Umsetzung der Verlässlichkeitsanforderungen?
- Welches standardisierte Modell ermöglicht die Erfassung aller Daten der fachdisziplinspezifischen Methodenmodelle, um diese den Netzwerkpartnern zur Verfügung zu stellen?
- Wie wird das standardisierte Modell aktuell gehalten?
- Können das standardisierte Modell für die Produktentwicklung und das standardisierte Modell für das UNW untereinander abgestimmt werden?

4.2.4 Szenario D: “Verlässliche Großprojekte in UNW”



Während das bislang thematisierte aim4it Forschungs- und Entwicklungsnetzwerk zeitlich begrenzt tätig ist, existieren in der Industrie unzählige Netzwerkverbünde, die langfristig miteinander kooperieren. Um gemäß ISO 9000:2015 ff. (DIN EN ISO 9000) den kontinuierlichen Verbesserungsprozess in solchen Netzwerken zu ermöglichen und somit eine Leistungssteigerung und Konkurrenzfähigkeit am Markt abzusichern, sind innerhalb des UNW Entwicklungsprojekte so

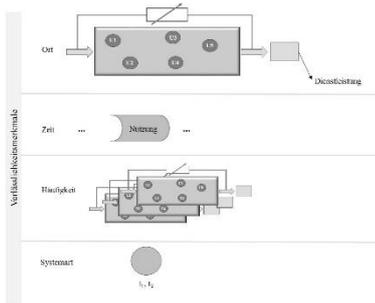
zu steuern, dass nicht nur auf die Erfahrungen bisheriger Projekte zurückgegriffen werden kann, sondern auch die Kompetenzen der jeweiligen Projektmitarbeiter zielgerichtet weiterentwickelt werden (Schlüter und Schlüter 2015). Hierzu bedarf es einer projektbasierten Kompetenzentwicklung im UNW, für das folgende Kernfragen zu lösen sind:

- Wie werden Projektprozesse innerhalb des UNW einzelnen Partnern und Personen entsprechend der vorhandenen Komponenten¹, Ressourcen² und Kompetenzen im Bereich Verlässlichkeit zugeordnet?
- Wie werden in den Projektprozessen einzelne Netzwerkpartner und Personen bezüglich ihrer Kompetenzen, Komponenten und Ressourcen im Bereich Verlässlichkeit standardisiert abgebildet?
- Wie werden die Kompetenzen und Ressourcen einzelner Netzwerkpartner und Personen über einzelne Projekte hinaus zielgerichtet und verlässlich weiterentwickelt?

¹ Unter Komponenten werden hier Werkzeuge, Maschinen, Anlagen bis hin zur Infrastruktur eines Unternehmens oder UNW verstanden.

² Unter Ressourcen werden hier Informationen, Dokumente, Energie und Material verstanden.

4.2.5 Szenario E: „Verlässlichkeit von UNW bei Stakeholdern prüfen“



Um die Verlässlichkeit sowohl des UNW als auch seiner Produkte messen zu können, sind die Merkmale von UNW und Produkt bezüglich des Erfüllungsgrads der Verlässlichkeitsanforderungen zu bewerten. Da im UNW durchaus mehrere Partner parallel identische Prozessleistungen erbringen können, ist dabei darauf zu achten, dass je Partner die Erfüllung der zugeordneten Verlässlichkeitsanforderungen mit den entsprechend geeigneten Methoden für die jeweiligen Anforderungen als auch Stakeholdern, die die Anforderungen stellen, gemessen wird (Schlüter 2013).

Hierzu sind folgende Kernfragen zu lösen:

- Welche Verlässlichkeitsanforderungen sind je Prozess und Verantwortlichen zu betrachten (Schnittstelle zu Szenario C)?
- Welche Methoden sind zur Überprüfung der Erfüllung von Verlässlichkeitsanforderungen geeignet?
- Wie kann die Anforderungserfüllung sowohl bei UNW als auch den Produkten des UNW kontinuierlich gemessen werden?
- Wie werden die Messergebnisse bezüglich der Anforderungserfüllung abgebildet und den jeweiligen Verantwortlichen für den kontinuierlichen Verbesserungsprozess zur Verfügung gestellt?

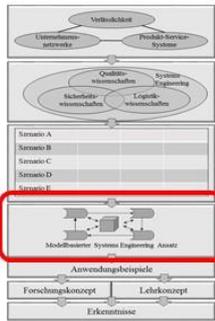
Zusammengefasst ergeben sich somit fünf Szenarien, die sowohl unterschiedliche Schritte des groben Vorgehens beleuchten als auch unterschiedliche Merkmalsausprägungen der Verlässlichkeit, wie in Tabelle 3 noch einmal zusammenfassend dargelegt wird.

Tabelle 3: Einordnung der Szenarien bezüglich der Verlässlichkeitsmerkmale

	Szenarien				
	A	B	C	D	E
Verlässlichkeitsmerkmale	Verlässlichkeitsanforderungen für UNW	Modellierung von Verlässlichkeit in UNW	Verlässliche Produktentwicklung in UNW	Verlässliche Großprojekte in UNW	Verlässlichkeit von UNW bei Stakeholdern prüfen
Ort	UNW & PSS	UNW & PSS	UNW & Produkt	UNW & PSS	UNW & DL
Zeit	Produktentwicklung	Produktentwicklung	Produktentwicklung	Produktentwicklung	Nutzung
Häufigkeit	Einmalig	einmalig	mehrmalig	mehrmalig	mehrmalig
Potential	Mittel	mittel	mittel	mittel	mittel
Systemart	sozio-techn. & techn. System, beide statisch	sozio-techn. & techn. System, beide statisch	sozio-techn. & techn. System, beide statisch	sozio-techn. & techn. System, beide dynamisch	sozio-techn./statische Systeme

Die hier beschriebenen Szenarien können dazu genutzt werden, den neu zu entwickelnden DyNamic-Ansatz für die verlässliche Gestaltung von UNW und ihren PSS (siehe nachfolgendes Kapitel 5) anzuwenden und zu evaluieren (siehe Kapitel 6).

5 Fachdisziplinübergreifendes Konzept für Verlässlichkeit bei Unternehmensnetzwerken und ihren PSS



Wie in Kapitel 4.1 dargelegt, ist das Generic Systems Engineering (GSE) nach (Winzer 2013) als SE-Ansatz für das hier fokussierte Themenfeld der interdisziplinären Gestaltung verlässlicher PSS-Unternehmensnetzwerke als geeigneter Ansatz ausgewählt worden.

Das GSE startet mit der Problemdefinition und der damit einhergehenden Systembestimmung. Anschließend wird das System von seinem Umfeld abgegrenzt.

Um schließlich eine Problemlösung für das festgelegte System zu erarbeiten, nutzt das GSE ein standardisiertes und einheitliches Denkmodell, sowie das GSE-Vorgehenskonzept, das die Schrittfolge zur Problemlösung bietet (Winzer 2013) und kontinuierlich die dort gewonnenen Erkenntnisse im Denkmodell hinterlegt, wie nachfolgende Abbildung darlegt.

1. Problemdefinition und Systembestimmung
2. Systemabgrenzung
3. Modellbasierte Problemlösung mittels GSE-Vorgehenskonzept und GSE-Denkmodell

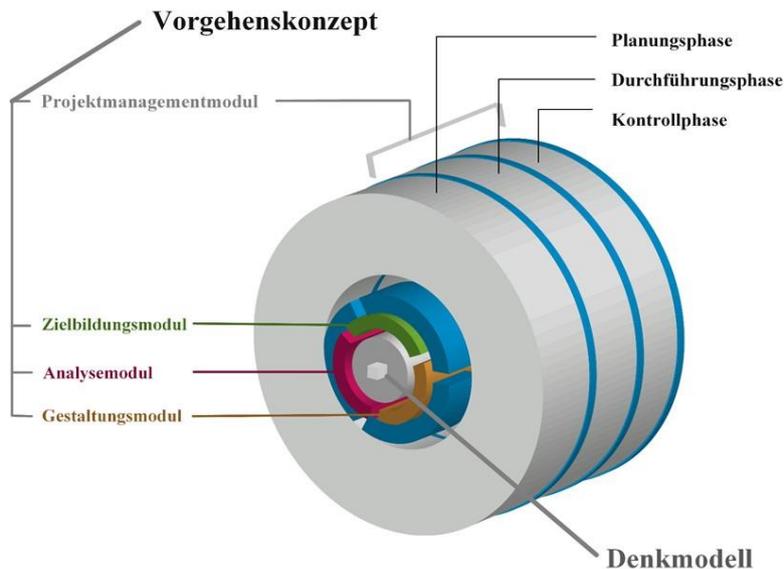


Abbildung 12: GSE nach Winzer in Anlehnung an (Winzer 2013, S. 171)

Im Folgenden werden das Denkmodell und das Vorgehenskonzept im Detail beschrieben und Erweiterungen bezüglich der Nutzung für die verlässliche Gestaltung von PSS-Unternehmensnetzwerken dargelegt.

5.1 Standardisiertes Denkmodell für UNW

Das GSE stellt explizit Forderungen an das Denkmodell. So muss das Denkmodell auf der Systemtheorie basieren, was bedeutet, dass es die Komplexität eines Systems begreifbar und transparent machen

muss (vgl. (Winzer 2013), (Lindemann 2005), (Pahl et al. 2005), (Häuslein 2004)). Des Weiteren muss das Denkmodell generisch mit dem Vorgehenskonzept interagieren, so dass die im Denkmodell hinterlegten Daten nach jedem Schritt des Vorgehenskonzepts aktualisiert werden, und somit immer den aktuellen Stand des Systems bezüglich der fokussierten Problemstellung abbilden (Winzer 2013, S. 62). Für das GSE muss das Denkmodell „sowohl Beschreibungs- als auch Erklärungs-, Prognose-, Gestaltungs- und Optimierungsmodell zugleich sein“ (Winzer 2013, S. 71).

Werden alle Forderungen bezüglich des GSE-Denkmodells zusammengefasst, so ergibt sich folgende Liste:

- „Das Denkmodell des GSE-Ansatzes basiert auf der Systemtheorie. Es ist ein generalistisches Systemverständnis, d. h. alles was uns umgibt, ist als System darstellbar (...) (Lindemann 2005).
- Die Systeme aller Arten sind universell beschreibbar über die Systemgrenzen, Systeminput und -output, Systemelemente, Systemrelationen und die Systemumgebung (Häuslein 2004)
- Die Art und Verschiedenartigkeit der Elemente und deren Relationen sowie die Art und Anzahl der Systemzustände (Systemveränderungen) gehören ebenfalls zur Systembeschreibung. Dafür sind standardisierte Beschreibungsprozeduren zu entwickeln.
- Das Denkmodell ist ein modulares Abbild von realen Systemen, welches Veränderungen unterliegt. Es muss als Metamodell den verschiedensten Fachdisziplinen dienen.
- Das dynamische Verhalten und die Entwicklung des Systems müssen über das Denkmodell transparent und nachvollziehbar sein.
- Durch die Kopplung von Blackbox-Modell, hierarchischen und dynamischen Modellen des Systems kann die Komplexität von Systemen systematisch begrenzt bzw. wieder erweitert werden.
- Das Abbild dieses generalistischen Systems dient grundsätzlich im GSE als ein Gedankenmodell (vgl. Lindemann 2005), welches das diskursive Denken unterstützen soll.
- Weiterführend soll das zu entwickelnde Denkmodell des GSE-Ansatzes sowohl als Beschreibungs-, Erklärungs-, Prognose-, Gestaltungs- und Optimierungsmodell dienen (vgl. Häuslein 2004). Dabei sind die Grundprinzipien des systematischen Denkens und Handelns einzubeziehen. Dies sollte in ein Vorgehen zum Aufbau des Denkmodells und zum Umgang mit ihm münden“ (Winzer 2013, S. 73–74).

Um ein geeignetes Denkmodell für das GSE zu identifizieren, untersucht (Winzer 2013) diverse Modelle der SE-Wissenschaften. Hierbei werden alle recherchierten Modelle nach folgenden Kategorien eingeteilt:

- a) „Denkmodelle, die die Wechselwirkung des Systems mit der Umwelt darstellen,
- b) Denkmodelle, die zwei Sichten des Systems charakterisieren,
- c) Denkmodelle, die drei Sichten des Systems abbilden,
- d) Denkmodelle, die Systeme variabel beschreiben,
- e) Denkmodelle, die ein Ergebnis des intuitiven Denkens sind, sowie
- f) Denkmodelle, die Systeme mithilfe von Attributen widerspiegeln.“ (Winzer 2013, S. 96)

Diese Kategorien werden den Anforderungen gegenübergestellt (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4: Anforderungsbezogener Vergleich der verschiedenen Darstellungsmöglichkeiten von Denkmodellen (Winzer 2013, S. 105)

Anforderungen	Darstellungsmöglichkeiten					
	A) System/ Umwelt	B) System mit zwei Sichten	C) System mit drei Sichten	D) Variable Systembe- schreibung	E) Intuitive Systembe- schreibung	F) Attributive Systembe- schreibung
Wechselwirkung zwi- schen dem System und der Um- welt beschreiben						
Darstellung der Ele- mente des Systems						
Darstellung der Rela- tionen zwischen den Systemelementen						
Generalisierte und keine fachspezifische Beschreibung des Sys- tems						
Kopplung von Black- Box mit strukturier- tem und dynamischem Modell						
Grundprinzip der Mi- nimierung von Schnittstellen						
Grundprinzip der mi- nimalen Modelle						
Grundprinzip der Neutralität						
Grundprinzip der Standardisierung						
Grundprinzip vom Ganzen zum Detail						

Legende: nicht zutreffend teilweise zutreffend zutreffend

Da keines der bisherigen Modelle alle Anforderungen vollständig erfüllte, wurde von Winzer das Demand Compliant Design (DeCoDe) (Sitte und Winzer, 2011) für technische Systeme entwickelt, welches vier Systemsichten (Anforderungen, Funktionen, Prozesse und Komponenten) sowie ihre Relationen untereinander nutzt, um ein System umfassend zu beschreiben. Da dieses Modell nur für technische Systeme geeignet ist, hat Nicklas das Modell (enhanced Demand Compliant Design /e-DeCoDe) noch um die Personen-Sicht erweitert, damit es auch für sozio-technische Systeme nutzbar ist.

Tabelle 5: Erläuterung der Sichten für das Systemmodell in Anlehnung an (Nicklas 2016, S. 69)

Sichten	Erläuterung
Anforderungen	Anforderungen sind Erfordernisse oder Erwartungen von Stakeholdern an ein System, welche festgelegt, üblicherweise vorausgesetzt oder verpflichtend sind.
Funktionen	Funktionen beschreiben den Zweck bzw. die Aufgabe, die ein System zu erfüllen hat. Sie geben damit der Umwandlung von Eingaben in Ausgaben eines Systems eine Zielrichtung. Dadurch ermöglichen Funktionen eine Beschreibung davon, „Was“ ein System oder Teile davon realisieren sollen.
Prozesse	Prozesse beschreiben, wie die Eingaben eines Systems in Ausgaben umgewandelt werden, also das „Wie“. Über den Prozess realisiert sich die eingebaute Funktionalität des Systems, d.h. innerhalb von Prozessen werden bei technischen Systemen durch die Nutzung von Komponenten Funktionen umgesetzt. Erfolgt die Einbindung von Menschen in Prozesse, werden letztere oftmals auch als Arbeits- oder Geschäftsprozesse bezeichnet (Prozess eines sozio-technischen Systems).
Komponenten	Komponenten sind physische oder logische, einzelne oder zusammengefasste Bestandteile eines Systems.
Personen	Personen beschreiben Menschen. Sie nutzen und realisieren Komponenten und auch Prozesse und stellen Input für die Leistungserbringung zur Verfügung. Somit realisieren sie Funktionen, welche wiederum Anforderungen erfüllen. Im Zusammenhang mit Unternehmensnetzwerken werden Personen den jeweiligen Unternehmen im Netzwerk zugeordnet und durch diese dargestellt.

Durch die Verwendung der vier Sichten in DeCoDe (siehe Abbildung 13), bzw. der fünf Sichten in e-DeCoDe, kommen Winzer und Nicklas der Forderung nach einer standardisierten und fachübergreifenden Beschreibung von Systemen nach. Des Weiteren wird das Grundprinzip der minimalen Modelle erfüllt.

5.1.1 DeCoDe

Das DeCoDe-Modell für technische Systeme weist vier Sichten auf, wie Abbildung 13 darlegt.

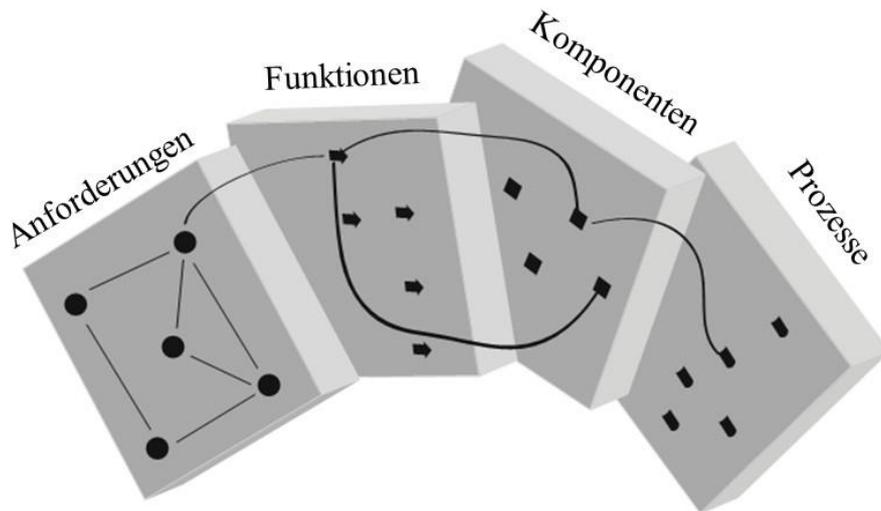


Abbildung 13: Das Prinzip der Vernetzung der vier Sichten im GSE-Denkmodell DeCoDe in Anlehnung an (Winzer 2013, S. 110)

Durch die Vernetzung der Elemente sowohl einer Sicht untereinander als auch zwischen den Sichten können alle Relationen zwischen den Elementen betrachtet werden, wie es bei SE-Ansätzen gefordert ist (Winzer 2013). Des Weiteren ist der Aspekt des sich dynamisch verändernden Modells mit berücksichtigt (vgl. Abbildung 14).

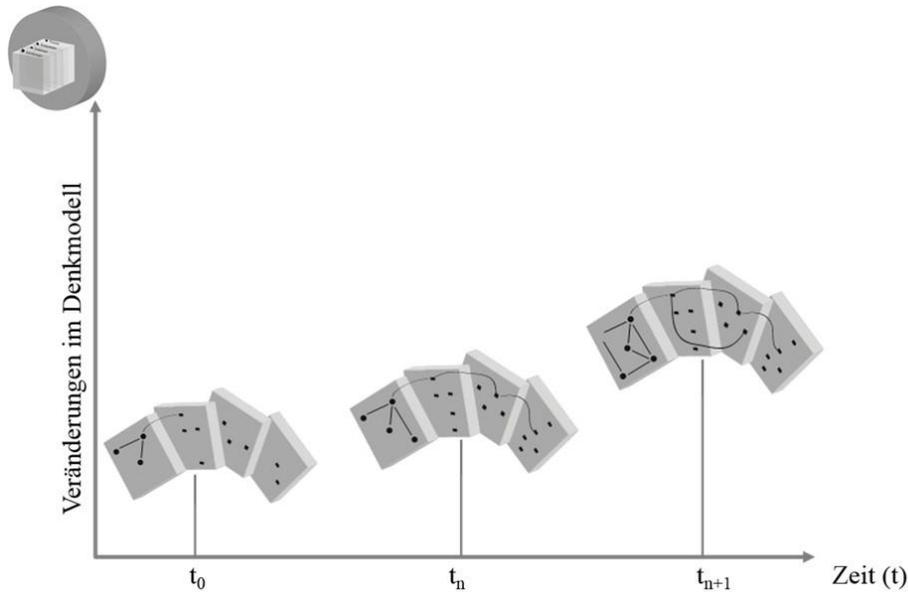


Abbildung 14: Das Prinzip der zeitlichen Veränderung des GSE-Denkmodells (Winzer 2013, S. 110)

Um die Veränderungen im Denkmodell nachvollziehen zu können, sind die einzelnen Modelle zu unterschiedlichen Zeitpunkten miteinander zu vergleichen. Durch die standardisierten Sichten ist dies möglich.

Die Kopplung des Blackbox Ansatzes mit hierarchisch strukturierten Modellen beinhaltet DeCoDe ebenfalls.

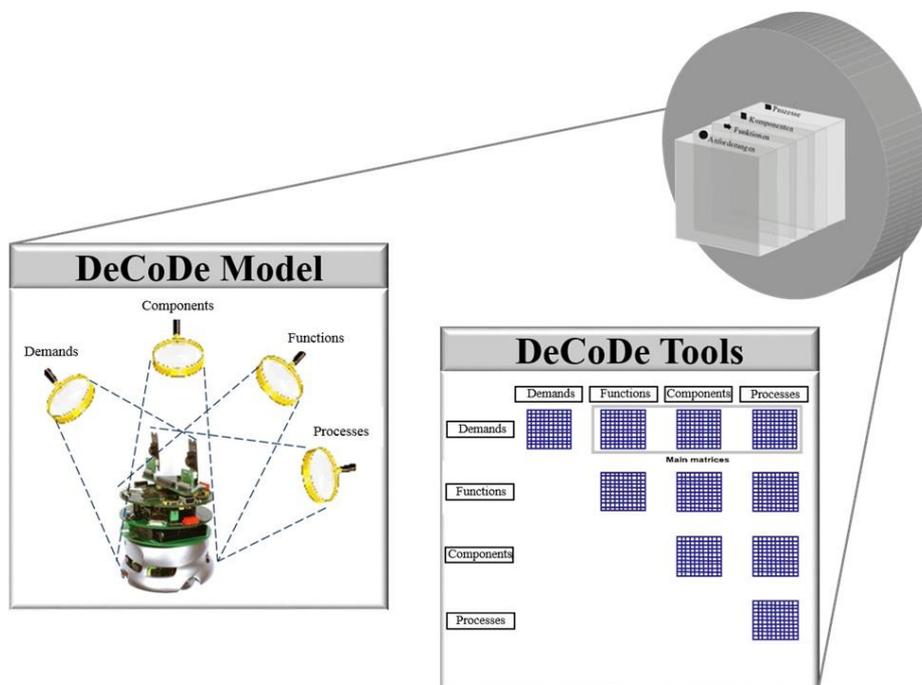


Abbildung 15: GSE-Denkmodell am Beispiel eines Roboters mit den vier standardisierten, hierarchisch strukturierten Sichten und ihrer Verknüpfung über entsprechende Matrizen in Anlehnung an (Sitte, J., Winzer, P. 2011)

So wird zunächst das zu betrachtende System über den Blackbox Ansatz analysiert, wobei das System von seiner Umwelt abgegrenzt und der oberste Level der Systemhierarchie festgelegt wird. Anschließend erfolgt die Ausarbeitung der unteren Systemlevel für jede Systemsicht bezüglich des fokussierten Problems.

So zeigt nachfolgende Abbildung 16 den Antrieb einer intralogistischen Anlage, der in DeCoDe abgebildet wurde. Die Anforderungen, Funktionen, Prozesse und Komponenten können hierbei hierarchisch strukturiert in die Matrizen eingefügt und untereinander verknüpft werden.

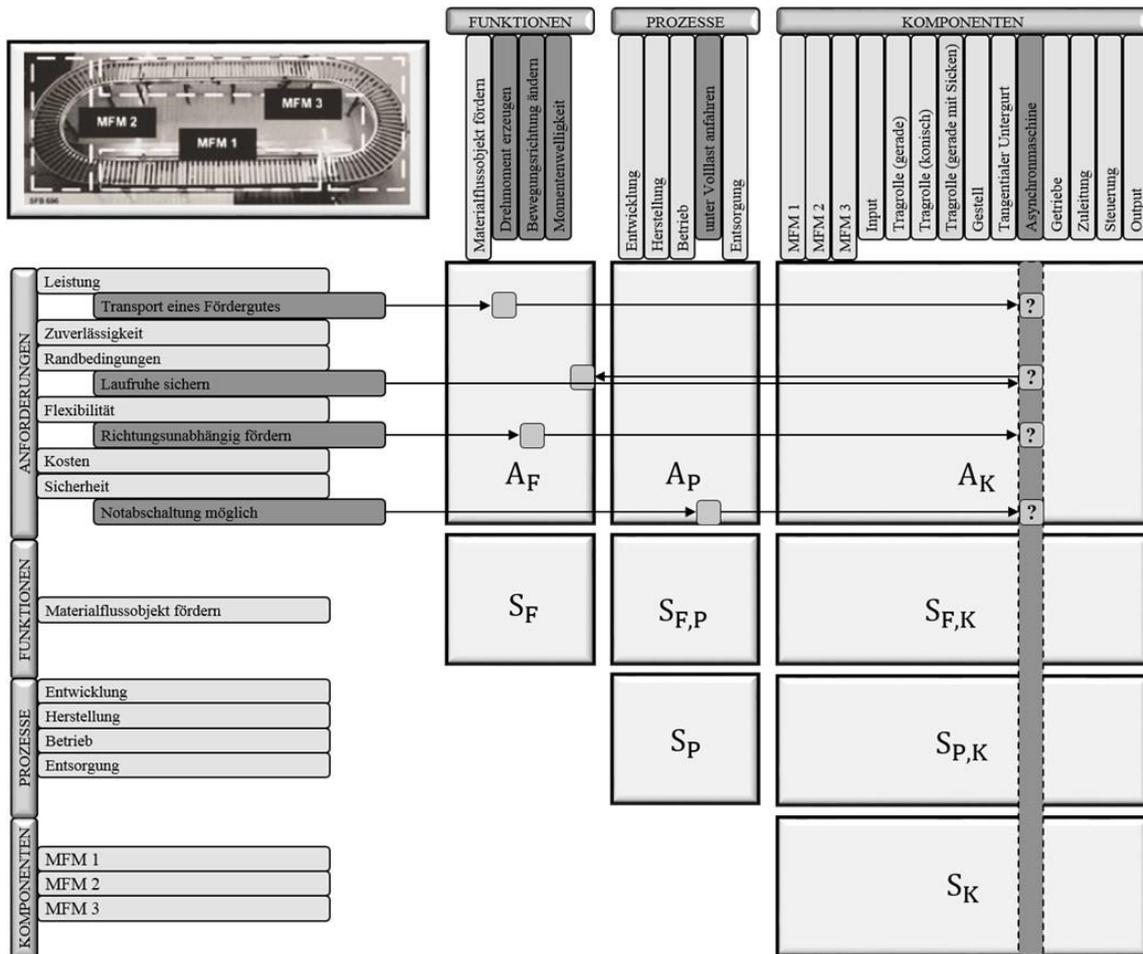


Abbildung 16: Vergleich der vier Sichten des Systems „Antrieb einer intralogistischen Anlage“ mit Hilfe von DeCoDe in Anlehnung an (Winzer 2013, S. 141)

Somit ist bezüglich der GSE-Forderung nach einem einheitlichen, standardisierten und transdisziplinären Modell die Nutzung von DeCoDe für technische Systeme als Metamodell empfehlenswert, um die Daten und Informationen entlang des gesamten Produktlebenszyklus zu hinterlegen. So kann beispielsweise auch der Informations- oder Materialfluss zwischen den Elementen über die Relationen abgebildet werden. Für konkrete Methoden, die ein fachspezifisches Problem wie bspw. die Kraftverteilung beleuchten, kann individuell entschieden werden, ob DeCoDe direkt genutzt wird, oder ob

methodenspezifische Modelle genutzt werden und deren Ergebnisse nach Durchführung der Methode in DeCoDe hinterlegt werden.

5.1.2 e-DeCoDe

Bezüglich der Modellierung sozio-technischer Systeme ist das um die Personensicht erweiterte e-DeCoDe als Metamodell empfehlenswert, in das methodenspezifische Modellierungsergebnisse entlang des Vorgehenskonzepts eingearbeitet werden können.

So kann bspw. ein Unternehmensnetzwerk, das Schnellhefter produziert, zunächst gemäß des Blackbox-Prinzips wie folgt abgegrenzt werden (siehe Abbildung 17).

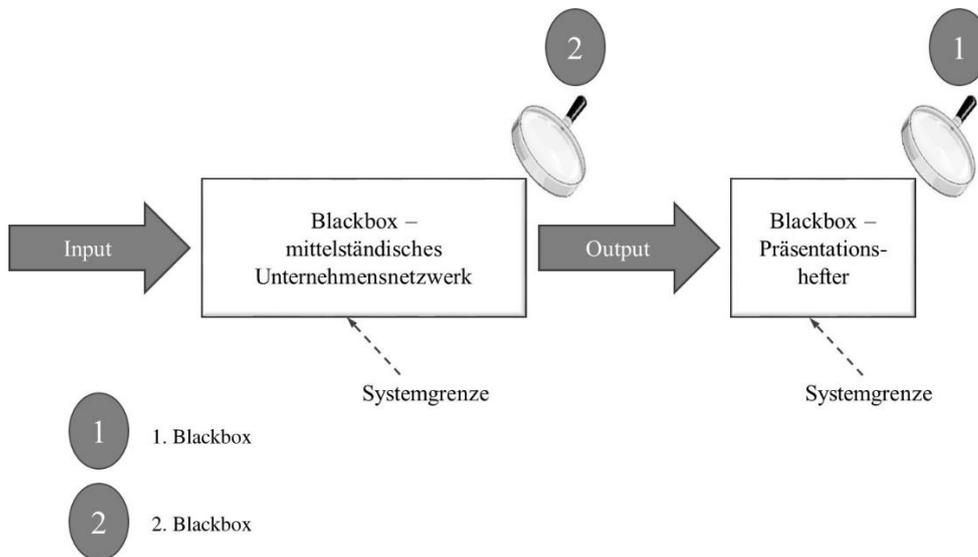


Abbildung 17: Doppelter Blackbox-Ansatz für das mittelständische Unternehmensnetzwerk in Anlehnung an (Nicklas 2016, S. 99)

Nachdem der Schnellhefter im DeCoDe-basierten Systemmodell dekomponiert wurde, werden die einzelnen Komponenten in das Netzwerksystem übernommen und die Lieferbeziehungsrichtungen der zugelieferten Fertigungskomponenten sowie die Fertigungskomponenten selbst durch binäre Relationen ersichtlich (siehe Abbildung 18).

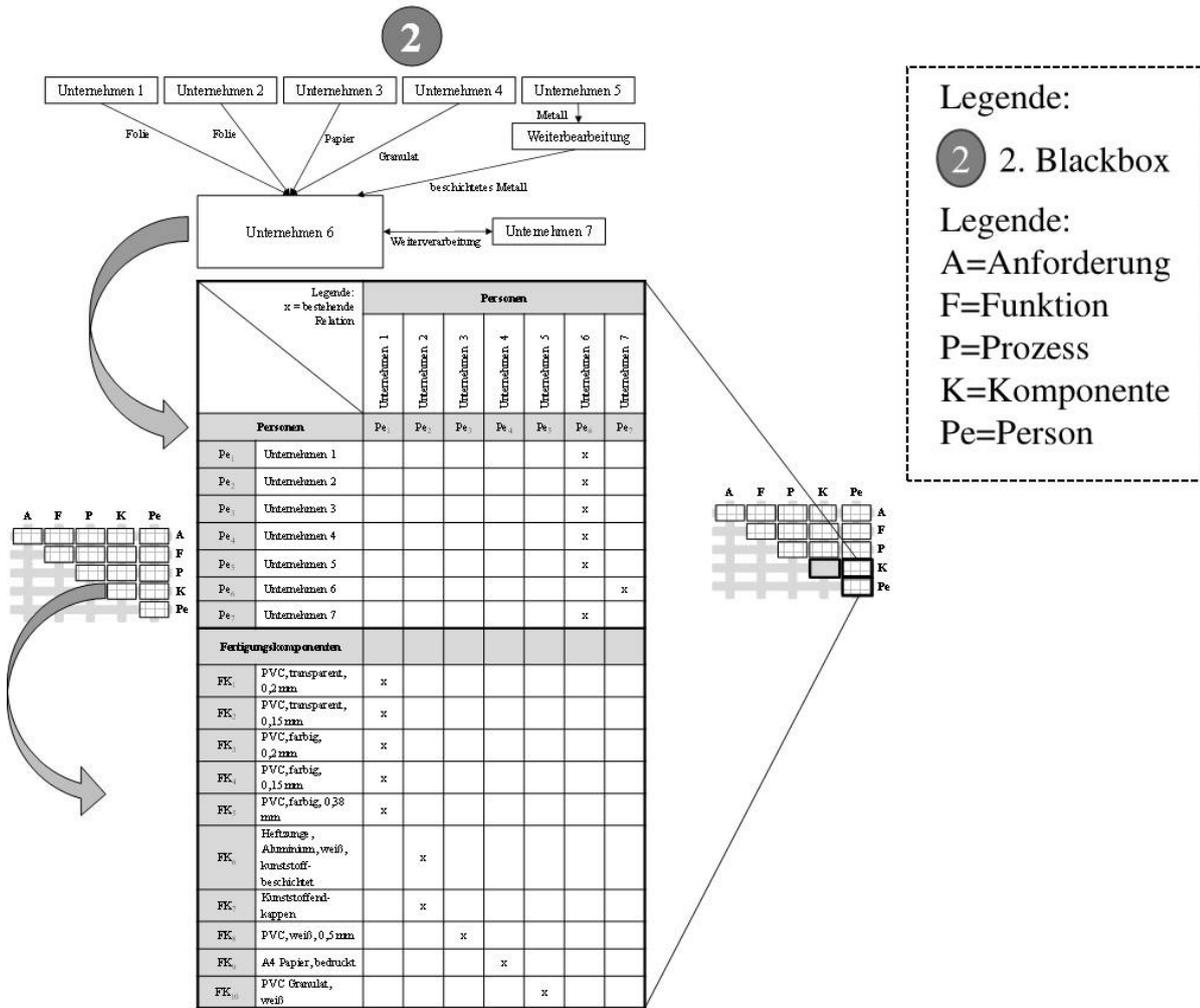


Abbildung 18: Dekomposition des Unternehmensnetzwerks und der Lieferantenbeziehungen in Anlehnung an (Nicklas 2016, S. 101)

Im weiteren Verlauf werden für das Problem der Integration neuer Kundenanforderungen in den Produktentwicklungsprozess die Fertigungsprozesse und Personen sowie deren Zusammenhänge abgebildet. Auf diese Weise kann nachvollzogen werden, welcher UNW-Partner für welche Komponente in welchem Prozess die Verantwortung hat. Anschließend erfolgen die Abbildung der neuen Kundenanforderungen und die entsprechende Gestaltung der Anforderungsrealisierung in Form von neuen bzw. abgeänderten Prozessen, Komponenten, Funktionen und Personen (Verantwortlichkeiten) (Nicklas 2016).

5.1.3 Zwischenfazit zum Denkmodell

Sowohl DeCoDe und e-DeCoDe erfüllen den Vorteil des GSE-Ansatzes, dass im Verlauf der Projektarbeit ein System durchaus eingegrenzt oder erweitert werden kann (Winzer 2013, S. 15). Dies kann sich bei der Analyse einer Problemstellung durchaus ergeben, denn zu Beginn der Problemdefinition ist der Wissensstand nur gering. Im Laufe der Problemlösung kommen jedoch immer mehr Erkenntnisse dazu, was dazu führen kann, dass der ursprüngliche Systemfokus angepasst werden muss.

Zudem erfüllen beide Modelle den Aspekt der Kundenintegration. Während DeCoDe die Kundensicht durch die Anforderungen integriert, werden die Kunden in e-DeCoDe ggf. auch Teil des Systems, da Dienstleistungen als ein Prozess anzusehen sind, in dem der Kunde und das Unternehmen (bzw. der Mitarbeiter eines Unternehmens) miteinander interagieren.

Für die Modellierung von Systemen im Rahmen des Denkmodells können diverse Methoden unterschiedlicher Fachdisziplinen genutzt werden. Sie müssen lediglich die Forderungen des GSE-Denkmodells hinsichtlich der Nutzung standardisierter Sichten und der Dynamik des Denkmodells (kontinuierliche Interaktion zwischen Vorgehenskonzept und Denkmodell zur Gewährleistung aktueller Informationen) erfüllen.

So sind bspw. bei der Nutzung der Kartentechnik die zuvor im Denkmodell festgelegten Systemsichten zu berücksichtigen. Auch bei der Auswahl entsprechend unterstützender IT-Systeme zur Handhabung der Daten ist darauf zu achten, dass die IT-Systeme den Modellierungsregeln des Denkmodells entsprechen.

Für die in dieser Arbeit fokussierten Denkmodelle e-DeCoDe und DeCoDe bieten sich bspw. zur Aufnahme von Modellierungsdaten in interdisziplinären Teams Workshops an, in denen mittels Kartentechnik zunächst die benötigten Matrizen zielgerichtet gefüllt werden. Anschließend können die Daten digitalisiert und für das gesamte Team bereitgestellt werden. Ob hierbei bspw. eine Excel-Datei Anwendung findet, die Modellierung mittels einer Visualisierungssoftware wie Loomeo® erfolgt, oder IT-Systeme auf Basis von Modellierungssprachen wie SysML oder UML genutzt werden, ist dem Team überlassen. Zu beachten ist hierbei lediglich, dass die gewählten Methoden und IT-Systeme von allen Teammitgliedern anwendbar sein sollen und eine möglichst hohe Kompatibilität zu fachspezifischen Modellierungs-Systemen besteht, um Mehrarbeit bei der Überführung von Erkenntnissen aus fachspezifischen Modellen in das GSE-Denkmodell zu vermeiden.

Nach Darlegung des GSE-Denkmodells ist im Folgenden nun das GSE-Vorgehenskonzept zu betrachten, das sich mit der Problemlösung auseinandersetzt und dabei ständig mit dem Denkmodell interagiert.

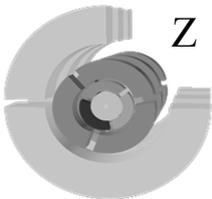
5.2 Vorgehenskonzept für UNW

Das Vorgehenskonzept (vgl. Abb. 12) besteht aus den drei Problemlösungsphasen Zielbildung, Analyse und Gestaltung sowie dem übergreifenden Projektmanagement, das den Einsatz von Personal, Methoden, Daten etc. über die Planungs-, Durchführungs- und Kontrollphasen steuert. Alle Module „drehen sich“ um das standardisierte GSE-Denkmodell: dies bedeutet, dass die Daten des Modells als Input für die einzelnen Module genutzt werden und dass der Output der Module kontinuierlich in

das Denkmodell zurückgeführt wird, so dass die Erkenntnisse zum System auf dem neuesten Stand und für alle Beteiligten verfügbar sind. In den einzelnen Modulen werden je nach Problemstellung geeignete Methoden angewendet, um das entsprechende Ziel zu erreichen. Dabei hängt die Eignung einer Methode unter anderem von der Kopplungsmöglichkeit mit dem standardisierten Denkmodell ab (weitere Eignungskriterien von Kompetenzmethoden: Usability für den Anwender, Praktikabilität im Alltagsgeschäft, etc.). Somit bietet das Vorgehenskonzept des GSE, basierend auf einem allgemeinen Problemlösungszyklus aus Zielbildung, Analyse und Gestaltung, die Möglichkeit, fachspezifische Methoden in diesem interdisziplinär nutzbaren Vorgehenskonzept zu integrieren, was für das wissenschaftsdisziplinübergreifende Themenfeld der Verlässlichkeit unerlässlich ist. Welche fachspezifischen Methoden in welchen GSE-Vorgehensmodulen eingesetzt werden, hängt dabei alleine von der Problemstellung und dem Ziel des Methodeneinsatzes ab. So können umfassendere Methoden auch zwei Modulen angehören (Winzer 2013), bspw. die Fehlzustands- und Einflussanalyse (Verband Deutscher Automobilbauer 2012), die einerseits Fehler analysiert (Analysemodul), diese dann aber andererseits durch Verbesserungsvorschläge vermeidet bzw. deren Auswirkung verringert (Gestaltungsmodul).

Was genau Fokus eines jeden Moduls des Vorgehenskonzeptes ist und welche Methoden hier Anwendung finden können, wird im Folgenden skizziert.

5.2.1 Zielbildungsmodul



Z Im Zielbildungsmodul werden Methoden und Techniken eingesetzt, die auf Basis des entsprechenden Problems der Zielbildung der anstehenden Arbeiten dienen. Generell werden in diesem Modul Methoden verwendet, die auf Basis vielfältiger und priorisierter Anforderungen, nicht-erfüllte Anforderungen und anforderungs-

relevante Ereignisse (Ereignisse, die das Ableiten von unbekanntem Anforderungen oder Präzisieren vorhandener Anforderungen auslösen) Ziele und Lösungsansätze identifizieren (Winzer 2013). Für das Themenfeld der Verlässlichkeit bedeutet dies, dass auf Basis erhobener, neuer Verlässlichkeitsanforderungen oder noch nicht erfüllter Verlässlichkeitsanforderungen konkrete Zielstellungen zur Umsetzung dieser im interdisziplinären Team festgelegt werden. Insgesamt umfasst das Zielbildungsmodul dabei folgende Schritte der systematischen Zielbildung:

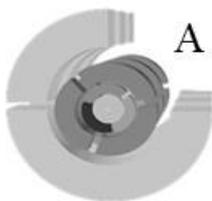
1. Ermitteln und Priorisieren der zu betrachtenden Stakeholder (Stakeholderermittlung),
2. Erheben der (Verlässlichkeits-)Anforderungen jedes Stakeholders (Anforderungsermittlung),
3. Vergleichen der (Verlässlichkeits-)Anforderungen hinsichtlich Widersprüchlichkeiten und Redundanzen (Anforderungsprüfung),

4. Priorisieren der (Verlässlichkeits-)Anforderungen (Anforderungspriorisierung) (in Anlehnung an (Winzer 2013, S. 183–184)).

Das Denkmodell kann hierbei bereits als Informationsbasis für die zu verwendenden Methoden genutzt werden. Darüber hinaus werden die Ergebnisse der oben genannten Schritte wieder in das Denkmodell zurückgeführt und dienen somit auch als Input für die anderen Module (Winzer 2013).

Die einzelnen Methoden für die vier Schritte der Zielbildung sind vielfältig. Generell gilt, dass jede Methode, die sich mit den standardisierten Sichten des Denkmodells koppeln lässt, genutzt werden kann (Winzer 2013).

5.2.2 Analysemodul



Das Analysemodul dient der Identifizierung oder auch Konkretisierung eines Problems. Hier werden Situationen greifbar gemacht, um das Problem und seine Ursachen zu verstehen. Dies umfasst auch das strukturierte Sammeln von Informationen für die Problemlösung. Bezüglich des Themenfelds Verlässlichkeit be-

deutet dies, dass auf Basis der Verlässlichkeitsanforderungen Problemstellungen fokussiert und analysiert werden. Dabei werden die für die Analyse benötigten Methoden je nach Problem aus den jeweiligen Fachdisziplinen herangezogen. Auch hier dient das GSE-Denkmodell als Informationsbasis für die Methoden, indem es Input für die Analysemethoden bereitstellt und anschließend die neuen Erkenntnisse der Methoden in sich aufnimmt (Winzer 2013).

Die für das Analysemodul nutzbaren Methoden aus den unterschiedlichen Fachdisziplinen müssen laut Winzer (Winzer 2013) drei verschiedene Merkmale aufweisen:

1. Die Methoden dienen (nur) der Problemerkennung,
2. die Methoden dienen der Analyse von speziellen Sachverhalten oder Gegenständen,
3. die Methoden werden nur in einer spezifischen Branche eingesetzt (Winzer 2013).

5.2.3 Gestaltungsmodul



Das GSE-Gestaltungsmodul nutzt das GSE-Denkmodell mit seinen dort hinterlegten Informationen aus dem Ziel- und Analysemodul als Input, um unter Anwendung der Grundprinzipien des systematischen Denkens und Handelns Lösungen zu gestalten. Es bedient sich spezieller, fachspezifischer Methoden und Verfahren,

die aufgabenspezifisch durchaus auch miteinander kombiniert werden können (Winzer 2013, S. 193ff.). Dieser Ansatz ermöglicht es, dass je nach Problemstellung im Bereich Verlässlichkeit gezielt

die jeweils am besten geeigneten Methoden zur Problemlösung, bzw. Systemgestaltung herangezogen werden können. Hierdurch wird somit eine fachdisziplinübergreifende Problemlösung ermöglicht.

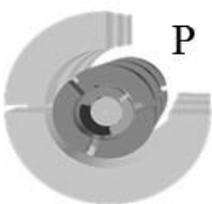
Dabei umfasst das GSE-Gestaltungsmodul folgende Teilschritte:

- „die Definition des Lösungsraumes,
- die Generierung von Lösungsideen,
- die Entwicklung und Auswahl der Lösungsvarianten,
- ihre Umsetzung und
- die Evaluierung des Umsetzungsprozesses.“ (Winzer 2013, S. 193ff.)

Es empfiehlt sich, erst nach der Definition des Lösungsraumes im GSE-Denkmodell sowie der Generierung von Ideen die Methoden und Verfahren für das Entwickeln, die Auswahl und die Umsetzung sowie Evaluierung der Lösungsideen festzulegen. Eine Überblick über hier einsetzbare Methoden geben neben (Winzer 2013) auch (Lindemann 2005), (Lindemann et al. 2009), (Haberfellner 2012), (Ehrlenspiel 2003), (Franke 2002), (Gausemeier et al. 2010) und (Pahl et al. 2005).

Zudem sind die Erkenntnisse, die bei der Anwendung der Methoden erzielt werden, kontinuierlich ins Denkmodell zu überführen, so dass das gesamte Team jederzeit über eine aktuelle Datenbasis verfügt (Winzer 2013, S. 193ff.). Hierbei kann es durchaus vorkommen, dass die Erkenntnisse eine Anpassung der Gestaltung erfordern, oder aber Lösungsideen verworfen werden, und zunächst wieder in das Ziel- oder Analysemodul gewechselt wird, weil die Zielstellung neu definiert, oder neue Zusammenhänge durch Analysen identifiziert werden müssen.

5.2.4 Projektmanagementmodul



Da die Problemlösung aufgrund der im Rahmen des Vorgehenskonzepts neu gewonnenen Erkenntnisse einer gewissen Dynamik unterliegt, ist das Projektmanagementmodul für die zeitlich logische Abfolge der Tätigkeiten zuständig. Mit Hilfe des Projektmanagementmoduls werden die Methoden und Verfahren der Ziel-, Analyse- und Gestaltungsmodule in zeitlich logischer Folge geplant, realisiert und kontrolliert. Dabei ist es Aufgabe des Projektmanagementmoduls, die Interaktion zwischen dem Denkmodell und den Modulen des Vorgehenskonzepts erfolgreich umzusetzen (Winzer 2013, S. 203ff.). Das Projektmanagement ist die Summe aller organisatorischen und dispositiven Maßnahmen, die der Planung, Führung, Überwachung und Steuerung von Problemlösungsprojekten hinsichtlich Inhalt, Zeit und Kosten dienen (Haberfellner 2012).

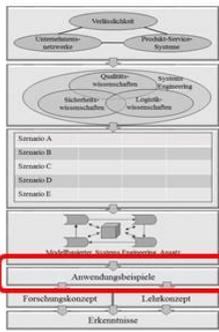
Da das Thema der Verlässlichkeit ein interdisziplinäres Thema ist, das entsprechend zusammengestellte Projektteams erfordert, die ihre Tätigkeiten aufeinander abstimmen, ist die Nutzung des Projektmanagementmoduls unumgänglich.

5.2.5 Zwischenfazit zum Vorgehenskonzept

Insgesamt ergibt sich somit für den neuen DyNamic-Ansatz zur verlässlichen Gestaltung von UNW und ihren PSS die Kombination des Generic Systems Engineerings mit den beiden Modellen DeCoDe für technische und e-DeCoDe für sozio-technische Systeme.

Wie GSE und DeCoDE/e-DeCoDe konkret eingesetzt werden, wird im folgenden Kapitel an Hand der zuvor skizzierten Anwendungsszenarien A-E (siehe Kapitel 4.2) beschrieben.

6 Verlässlichkeit in UNW realisieren



Die Realisierung von Verlässlichkeit in UNW benötigt, wie bereits in Kapitel 2 dargelegt, einen systematischen und fachdisziplinübergreifenden DyNamic-Ansatz, der die Methoden respektive Modelle einzelner Fachdisziplinen zusammenführt, je Problem die entsprechend geeigneten Methoden sowie Modelle einsetzt und die Schnittstellen miteinander über ein standardisiertes Modell, das iterativ aktualisiert wird, verknüpft. Wie genau der hierfür im Kapitel 4 dargelegte GSE-Ansatz dies für technische und sozio-technische Systeme ermöglicht, wird auf

Basis der in Kapitel 4.2 dargelegten Szenarien zu ausgewählten Problemstellungen an Praxisbeispielen im Folgenden belegt. Die Reihenfolge der Szenarien folgt dabei der Logik des Qualitätsbegriffes der ISO 9001:2015 (DIN EN ISO 9000, S. 39), der besagt, dass Stakeholder Anforderungen an ein System (hier UNW und seine Produkte bzw. PSS) stellen, die über die Merkmale der Komponenten und Prozesse des Systems zu erfüllen sind, um somit die Anforderungserfüllung und die dadurch bestimmte Qualität zu erreichen. Für die Verlässlichkeit von UNW und ihren PSS bedeutet dies, dass UNW sowie PSS systematisch auf Basis von Verlässlichkeitsanforderungen (weiter-)entwickelt werden.

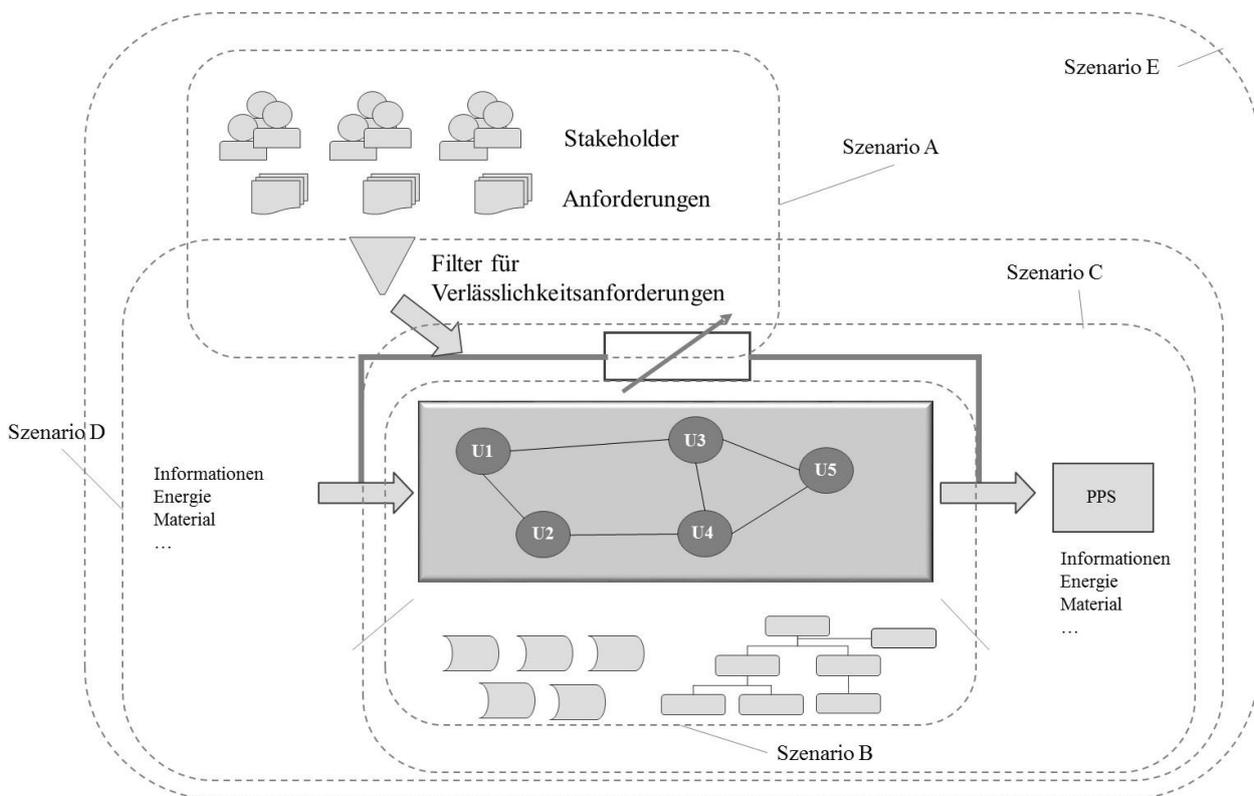


Abbildung 19: Szenarienübersicht für die Evaluierung des Ansatzes zur verlässlichen Gestaltung von UNW und ihren PSS

Dementsprechend wird zunächst das Szenario A betrachtet, das die systematische Stakeholder- und Anforderungserhebung sowie deren Priorisierung beinhaltet. Im anschließenden Szenario B wird die Zuordnung der Erkenntnisse aus Szenario A zu den einzelnen UNW-Partnern und den UNW-Produkten fokussiert. In Szenario C erfolgt die Umsetzung der Anforderungen durch entsprechende Methoden und Modelle zunächst an einem eingegrenzten Ausschnitt des Produktlebenszyklus eines UNW-Produkts (Produktentwicklungsprozess), bevor in Szenario D umfassende UNW-Prozesse, wie sie bei Großprojekten der Fall sind, betrachtet werden. Abschließend wird in Szenario E die Erfüllung der Anforderungen durch das UNW und seine Produkte überprüft.

Durch die Überprüfung der Nutzbarkeit des neu entwickelten DyNamic-Ansatzes auf Basis der fünf festgelegten Szenarien wird somit im Folgenden nachgewiesen, dass Verlässlichkeitsanforderungen für UNW und ihre PSS trotz der Komplexität und Dynamik von Anforderungen sowie dem Bedarf an verschiedenen Wissenschaftsdisziplinen realisiert werden können, was wiederum die Hypothese stützt, dass die verlässliche Gestaltung von sozio-technischen Systemen prinzipiell möglich ist.

6.1 Betrachtung von Szenario A: „Verlässlichkeitsanforderungen für UNW“

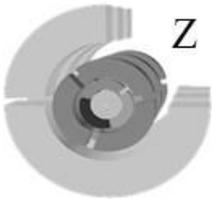
Im hier vorliegenden Szenario wird die Forschungstätigkeit eines Entwicklungsnetzwerks fokussiert, das eine verlässliche, echtzeitfähige Smartphone-App, die gehörlosen, blinden und gehbehinderten Personen die Nutzung von Bus und Bahn in der Stadt ohne Begleitperson realisieren soll (Nicklas et al. 2015). Bezüglich der Handhabung der Verlässlichkeitsanforderungen für dieses PSS in diesem UNW sind folgende Kernfragen beantwortet worden, deren Lösungsweg im Folgenden beschrieben wird:

- Welche Stakeholder sind für die Entwicklung des verlässlichen PSS relevant?
- Welche Bedeutung haben die Stakeholder bezüglich des zu entwickelnden PSS?
- Welche Anforderungen stellen die Stakeholder an das PSS?
- Wie können die erhobenen Anforderungen geclustert werden, um die Komplexität zu handhaben und eine Priorisierung zu ermöglichen?
- Wie kann die Priorisierung der Anforderungen durchgeführt werden?
- Wie können die Verlässlichkeitsanforderungen herausgefiltert werden?

Gemäß der GSE-Schrittfolge wurde zunächst das Problem im aim4it³-Konsortium definiert und dadurch auch das System bestimmt. Als Betrachtungsgegenstand wurde der öffentliche Personennah-

³ Forschungsprojekt aim4it: Individuelle Reiseassistenten für Mobilitätseingeschränkte – kontinuierlicher Verbesserungsprozess der Barrierefreiheit, FKZ-Nr. 64.004/2014, era-net-TRANSPORT, Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur.

verkehr einer Großstadt definiert, der aus Verkehrsobjekten, Verkehrsorganisationen, Verkehrsmitteln und Verkehrsinfrastruktur besteht (Nicklas et al. 2015). Als Problem wurde die anforderungsgerechte Entwicklung eines verlässlichen hybriden Leistungsbündels identifiziert, welches eines entsprechendem Anforderungsmanagements bedarf, damit alle Partner die für sie relevanten Verlässlichkeitsanforderungen zur Verfügung gestellt bekommen.



Z

Nachdem gemäß des GSE die Problemstellung benannt und das System definiert sowie abgegrenzt worden ist, wurde im Zielbildungsmodul das schrittweise Vorgehen erarbeitet. Für das Anforderungsmanagement ergab sich hier zunächst die Herausforderung, alle für das definierte System relevanten Stakeholder zu identifizieren, um dann deren Anforderungen zu erheben, zu gewichten und den entsprechenden Partnern im UNW zur Verfügung zu stellen. Die Erfassung der Stakeholder ist dabei nicht Bestandteil des in der Literatur zu findenden Anforderungsmanagements, wie Tabelle 6 aufzeigt.

Tabelle 6: Ausgewählte Phasen des Requirements Management (in Anlehnung an Nicklas 2016, S. 53)

Literatur	Vorgeschlagene Phaseneinteilungen					
Universelle Ansätze						
(Hull et al. 2005)	Abstimmen	Analysieren und Modellieren		Ableiten und Qualifizieren	Abstimmen	
(Lewis et al. 2009)	System-abgrenzung	Analyse des Systems	Analyse der Interaktionen	Fähigkeits-analyse	Analyse der Lücke	
(Loucopoulos 2005)	Erhebung	Verhandlung		Spezifikation	Validierung	
(Parviainen et al. 2005)	Sammeln	Analyse		Verhandlung und Priorisierung	Dokumentation	
Software-/Elektronikentwicklung						
(Broy et al. 2007)	Erfassen	Analysieren	Filtern	Klassifizieren	Modellieren	
(Ebert 2014)	Ermitteln	Spezifizieren	Validieren	Analysieren	Vereinbaren	Verwalten
(Hood et al. 2008)	Erhebung	Spezifizierung		Analyse	Review / Überprüfen	
(Partsch 2010)	Ermitteln		Beschreiben		Analysieren (Verifizieren und Validieren)	
Produktentwicklung						
(Jiao und Chen 2006)	Erhebung		Analyse		Spezifizierung	
(Lex et al. 2004)	Erhebung	Gruppierung	Vergleich		Strukturierung	
(Lindemann et al. 2009)	Ermitteln		Strukturieren und Gewichten		Dokumentieren	
(Ponn und Lindemann 2011)	Ermitteln	Strukturieren	Analysieren und Priorisieren		Pflegen und Einsteuern	

Daher wurde im Zielbildungsmodul des GSE die in Abbildung 20 dargestellte Vorgehensweise für die Identifizierung und Handhabung der Verlässlichkeitsanforderungen erarbeitet:

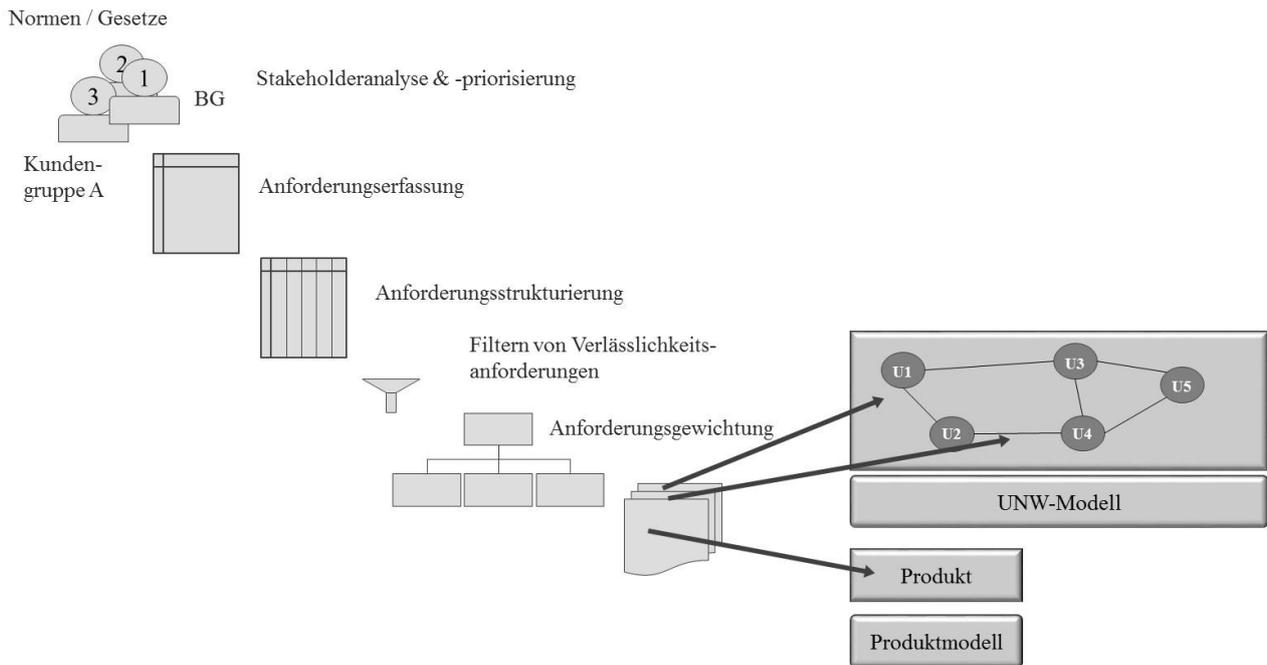


Abbildung 20: Vorgehensweise zur Identifizierung und Handhabung von Verlässlichkeitsanforderungen in PSS produzierenden UNW

Für die einzelnen Schritte des Vorgehenskonzepts wurden folgende Methoden ausgewählt:

Tabelle 7: Auswahl geeigneter Methoden für die einzelnen Schritte des Vorgehenskonzepts

Schritt des Vorgehenskonzepts	Ausgewählte Methode(n)	Literaturverweis(e)
Stakeholderanalyse & -priorisierung	<ul style="list-style-type: none"> • Stakeholderanalyse • Paarweiser Vergleich 	<ul style="list-style-type: none"> • (Barthelmes 2013, S. 367 ff.) • (Drews und Hillebrand 2010, S. 130–136)
Anforderungserfassung	<ul style="list-style-type: none"> • Expertenbefragung • Fokusgruppe • Recherche • Service Blueprint • Use-Case 	<ul style="list-style-type: none"> • (Bernecker 2013) • (Schulz 2012) • (Müller et al. 2013) • (Zeithaml et al. 2009) • (Bittner und Spence 2003)
Anforderungsstrukturierung	<ul style="list-style-type: none"> • Hierarchieebäume • Matrizen • Clusteranalyse 	<ul style="list-style-type: none"> • (Saaty 2013) • (Drews und Hillebrand 2010, S. 153–160) • (Stevens et al. 1998)
Filtern von Verlässlichkeitsanforderungen	<ul style="list-style-type: none"> • Matrizen • DeCoDe • e-DeCoDe 	<ul style="list-style-type: none"> • (Drews und Hillebrand 2010, S. 153–160) • (Sitte und Winzer 2011) • (Nicklas 2016)
Anforderungspriorisierung	<ul style="list-style-type: none"> • AHP 	<ul style="list-style-type: none"> • (Saaty 2013)

6.1.1 Schritt 1: Stakeholderanalyse und -priorisierung

A Gemäß dem erarbeiteten Vorgehen wurde im Rahmen des GSE-Analysemoduls die Frage geklärt, welche Stakeholder für das zu entwickelnde System relevant sind. Stakeholder sind hierbei definiert als „Gruppen [...], die Interessen oder Ansprüche gegenüber einem Unternehmen haben (z.B. Aktionäre, Gesellschaft, Mitarbeiter, Kunden, Zulieferer). Dabei kann es sich um Gruppen oder um Einzelpersonen handeln“ (Kamiske 2009, S. 855). Das Ergebnis der Stakeholderanalyse ist in Abbildung 21 dargestellt.

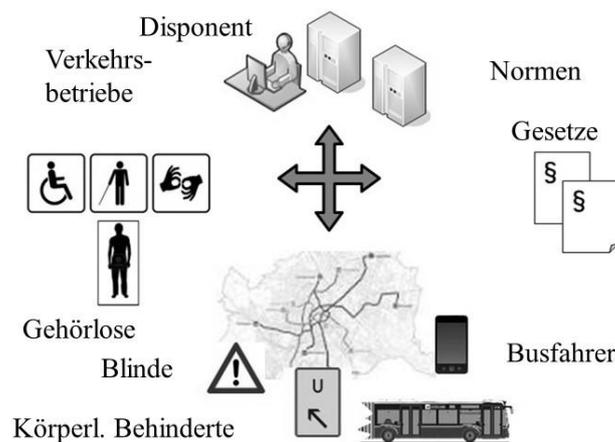


Abbildung 21: Identifizierte Stakeholder im Projekt aim4it in Anlehnung an (Nicklas et al. 2016)

So sind für die Erhebung der Anforderungen diverse Gesetze (internationale, europäische und nationale) zu beachten. Hinzu kommen internationale, europäische und nationale Standards, die sich mit dem ÖPNV oder der Inklusion befassen.

Des Weiteren wurden die Nutzer des ÖPNV in verschiedene Kundengruppen geclustert (Gehörgeschädigte bzw. Gehörlose, Blinde, körperlich Behinderte). Die Charakteristik der Kategorisierung begründet sich dabei in den unterschiedlichen körperlichen Fähigkeiten der Nutzer (Nicklas et al. 2016).

Neben den Fahrgästen wurden auch die Busfahrer und die Disponenten der Verkehrsbetriebe, die mit dem System arbeiten und somit systemimmanent sind, als Stakeholder identifiziert. Die Verkehrsbetriebe, die als weitere Gruppe bestimmt wurden, sind dabei als Arbeitgeber von Busfahrern und Disponenten zu verstehen, die bezüglich der Funktionalität und der Integration in bestehende Systeme ebenfalls eigene Anforderungen mitbringen, ggf. auch gegensätzliche Anforderungen zu denen der Mitarbeiter (Nicklas et al. 2016).

Nach der Identifizierung der Stakeholder wurde zudem eine Priorisierung der einzelnen Gruppen mittels paarweisem Vergleich (siehe auch Drews und Hillebrand 2010, S. 130–136) durchgeführt, dessen Ergebnis in nachfolgender Tabelle abgebildet ist.

Tabelle 8: Paarweiser Vergleich der aim4it-Stakeholder

Paarweiser Vergleich der Stakeholder	Blinde	Busfahrer	Disponent	Gehörlose	Gesetze	Körperl. Behinderte	Normen	Verkehrsbetrieb
Blinde	■	1	1	1	2	1	2	2
Busfahrer	1	■	1	1	2	1	2	2
Disponent	1	1	■	1	2	1	2	2
Gehörlose	1	1	1	■	2	1	2	2
Gesetze	0	0	0	0	■	0	1	0
Körperl. Behinderte	1	1	1	1	2	■	2	2
Normen	0	0	0	0	1	0	■	0
Verkehrsbetrieb	0	0	0	0	2	0	2	■
Summe	4	4	4	4	13	4	13	10
Position	3	3	3	3	1	3	1	2
Bedeutung	1	1	1	1	3	1	3	2

Legende:
 Vergleichswerte: 2=ist wichtiger, 1=gleichwichtig, 0=weniger wichtig
 Bedeutungswerte: Position 1=3; Position 2=2; Position 3=1

Beim paarweisen Vergleich wurden die Stakeholder vom Forschungsnetzwerk bezüglich ihrer Bedeutung für das Netzwerk gewichtet. Die Bedeutung drückt dabei aus, wie wichtig die Erfüllung der Anforderungen des jeweiligen Stakeholders für das Netzwerk und sein Produkt sind. So haben Gesetze und Normen die höchste Priorität erhalten. Grund hierfür ist, dass bei Nichterfüllung dieser Forderungen ein an den Markt bringen der zu entwickelnden aim4it-App auf Grund von Haftungsgründen nicht möglich ist.

Die Verkehrsbetriebe als potentielle Käufer des Netzwerkprodukts und ihre Bedeutung werden durch die Position 2 ausgedrückt. Busfahrer, Disponenten und Fahrgäste erhielten eine niedrigere Priorität, da eine nicht vollständige Erfüllung ihrer Anforderungen nichts zwangsläufig zu einem Scheitern des Projekts bzw. zu einem nicht verlässlichen Endprodukt führen. Die Vergabe der Bedeutung ist für die spätere Bewertung der Anforderungen relevant. Dadurch, dass die Bedeutung des Stakeholders mit der Gewichtung seiner Anforderung multipliziert wird, erhalten die Anforderungen von sehr wichtigen Stakeholdern einen höheren Wert als Anforderungen von Stakeholdern mit geringerer Bedeutung.

Nach Durchführung der Analyse und Priorisierung der Stakeholder waren die nächsten Schritte die Erhebung, Strukturierung und Priorisierung der Anforderungen. Damit alle Beteiligten die gleiche

Ausgangsbasis und das gleiche Verständnis haben, wurde zunächst das bereits modellierte System aktualisiert und von seiner Umwelt abgegrenzt.

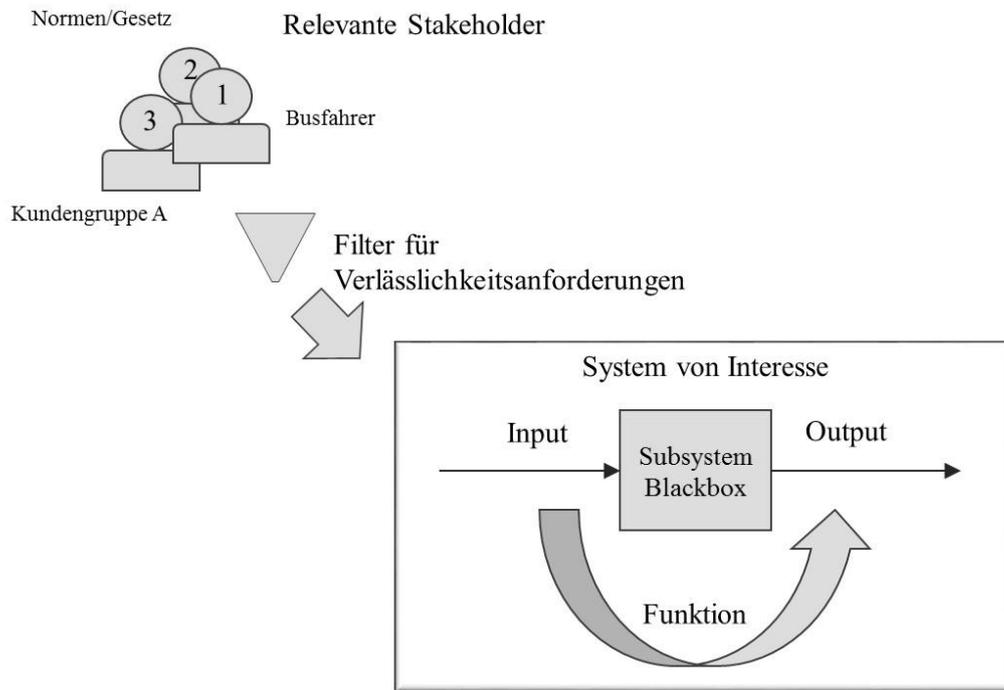


Abbildung 22: Systemabgrenzung mittels Blackbox in Anlehnung an (Nicklas et al. 2016)

6.1.2 Schritt 2: Anforderungserfassung



Im nächsten Schritt waren die Anforderungen systematisch zu erheben und zu dokumentieren. Für die Erhebung wurden Use-Cases mit Hilfe der Methoden Expertengespräche, Fokusgruppen und Recherchen erstellt. Dabei wurden die Methoden je nach Stakeholder entsprechend eingesetzt. So wurden bei der Befragung der Fahrgastgruppen, der Busfahrer und Disponenten Fokusgruppen und das erweiterte Service Blueprint nach (Schlüter 2013) genutzt. Bei der Erhebung von Anforderungen der Verkehrsbetriebe wurden Expertengespräche genutzt. Die Forderungen aus Gesetzen und Normen wurden mittels Recherche eruiert.

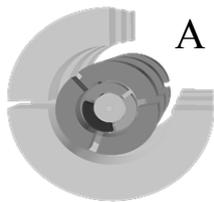
Insgesamt wurden sechs verschiedene Use-Cases definiert (siehe Tabelle 9), und durch die Nutzung von zuvor im Team festgelegten Templates die dazugehörigen Rahmenbedingungen und Anforderungen erfasst (Nicklas et al. 2016).

Tabelle 9: Use-Cases und Anwendungsfelder zur Anforderungserhebung (Nicklas et al. 2016)

Nr.	Use-Cases für das aim4it-Mobilitätskonzept	Anwenderstädte	
		Wien	Karlsruhe
1	Anschlussicherung für Passagiere mit speziellen Mobilitätsanforderungen		<input checked="" type="checkbox"/>
2	Störungsmeldungen in Gebärdensprache	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	Anfrage einer Mobilitätsassistenz durch den Fahrer		<input checked="" type="checkbox"/>
4	Feedbackfunktion	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	Re-routing von Passagieren mit speziellen Mobilitätsanforderungen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	Interaktion zwischen Fahrgast und ITCS-Bordrechner		<input checked="" type="checkbox"/>

Um die Anforderungen systematisch gewichten zu können, wurden diese im nächsten Schritt strukturiert.

6.1.3 Schritt 3: Anforderungsstrukturierung



Um die Anforderungen in das Systemmodell zu überführen und gleichzeitig auch einen Überblick über die verschiedenen Anforderungen sowie eventuelle Wechselwirkungen und Doppelungen zu erhalten, wurden die Anforderungen strukturiert. Die Strukturierung verfolgt somit das Ziel, komplexe Informationsmengen

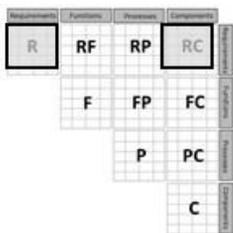
und ihre Zusammenhänge händelbar zu machen, indem sie kategorisiert werden. Hierzu kann bspw. die Sacherschließung genutzt werden, aber auch computergestützte, automatische Verfahren wie das Clusterverfahren (Bacher 2008), künstliche neuronale Netze (Kruse 2011) oder die latente Klassenanalyse (Formann 2010).

Dabei ist bei der Strukturierung zu hinterfragen, welche Art der Kategorisierung für den vorliegenden Fall am effektivsten ist. Eine Option ist die Kategorisierung nach Funktionalität eines Sub-Systems oder nach Themenfeld. So kann das Themenfeld „Verlässlichkeit“ fokussiert werden. In der Befragung zum Ressourcen- und Knowhow-Stand des UNW ergab sich zudem, dass alle Partner mit Use-Cases arbeiten, womit eine Zuordnung der Anforderungen zu konkreten Use-Cases sinnvoll ist.

Grundsätzlich sind Anforderungen hinsichtlich der Quelle der Anforderung (also der Stakeholder) und deren Bedeutung zu kategorisieren, um diese bei der Priorisierung der Anforderung (Bestandteil des weiteren Vorgehens) mit zu berücksichtigen. Zudem ist eine Hierarchisierung der Anforderungen erforderlich. Die Hierarchie bezieht sich dabei auf den Detaillierungsgrad einer Anforderung und den thematischen Bezug.

Tabelle 10: Ausschnitt aus der Liste der erhobenen Anforderungen im Projekt aim4it in Anlehnung an (Nicklas et al. 2016)

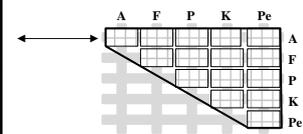
AF-ID	Anforderungstext	Quelle	Thematische Kategorie	Use-Case Kategorie	Hierarchieebene	...
1	„Niemand [...] wegen seines Geschlechtes, seiner Abstammung, seiner Rasse, seiner Sprache, seiner Heimat und Herkunft, seines Glaubens, seiner religiösen oder politischen Anschauung benachteiligt oder bevorzugt werden. Niemand darf ... wegen seiner Behinderung benachteiligt werden“ [GG, Artikel 3]	Gesetz	Verlässlichkeit	UC1-6	0	...
1.2	Vor, während und nach der Fahrt müssen Fahrgästen individuelle Informationen zur Verfügung gestellt werden.	Verkehrsbetriebe	Verlässlichkeit	UC1-6	0	...
1.2.4	Aktuelle Informationen zur Verkehrssituation im ÖPNV sind für Gehörlose verständlich bereits zu stellen.	Fahrgast-gehörlos	Verlässlichkeit	UC1,2,5,6	1	...
...



Im Ergebnis ergab sich somit eine Liste von Verlässlichkeitsanforderungen, die entsprechend ihrer hierarchischen Strukturierung in die Anforderungs-Anforderungs-Matrix von DeCoDe für das Produktmodell überführt wurde. Zudem sind im UNW-Modell die Verantwortlichen für die Anforderungen in der Personenmatrix zu hinterlegen und eine entsprechende Verknüpfung der Anforderungen

mit den jeweiligen Verantwortlichen durchzuführen (Nicklas et al. 2016).

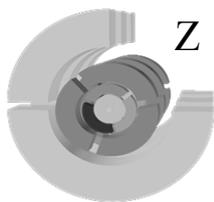
Legende: x = bestehende Relation	Use-Case „Feedbackfunktion“									
	Kundenprozesse							fokussierte Kundengruppen		
	Nutzung der Applikation	Betreten der Haltestelle	Warten an der Haltestelle	...	Umsteigen	Beenden der Fahrt	Verlassen der Haltestelle	Fahrgäste mit Gehbehinderung	Fahrgäste mit Sehschädigung	Gehörlose Fahrgäste
Anforderungen an										
1. Applikation										
1.1. Informationseingabe					x		x	x	x	x
1.1.1. Spracherkennung	x							x	x	
1.1.2. Eingabemaske	x							x		x
1.1.3. Videostream	x									x
1.2. Informationsbereitstellung	x	x	x		x	x	x	x	x	x
1.2.1. Verarbeitungszeit	x	x						x	x	x
1.2.2. textuelle Informationsbereitstellung		x	x		x	x	x	x		x*
1.2.3. akustische Informationsbereitstellung	x	x	x		x	x	x		x	
1.2.4. Informationsbereitstellung in Gebärdensprache	x	x			x	x	x			x
...										
1.3. Eingabekomfort	x	x	x					x	x	x
...										
2. Infrastruktur										
2.1. Fahrzeugkommunikation					x	x		x	x	x
...										
3. Datenschutz										
3.1. GPS-Ortung					x	x	x	x	x	x
3.2. Bluetooth					x			x	x	x
...										



* nicht prälingual erlaubte Personen

Abbildung 23: Ausschnitt der Anforderungen für den Use-Case „Feedbackfunktion“ (Nicklas 2016, S. 122)

6.1.4 Schritt 4: Filtern von Verlässlichkeitsanforderungen



Z Gemäß der Systemdefinition und der festgelegten Problemstellung, dass ein verlässliches System zu entwickeln ist, wird in diesem Schritt das GSE-Grundprinzip der minimalen Modelle angewendet. Dies bedeutet, dass im weiteren Vorgehen nur die Teile der Anforderungs-Anforderungs-Anforderungs-Matrix weiter verwendet werden, die einen Bezug zum Thema Verlässlichkeit haben (vgl. Abbildung 24).

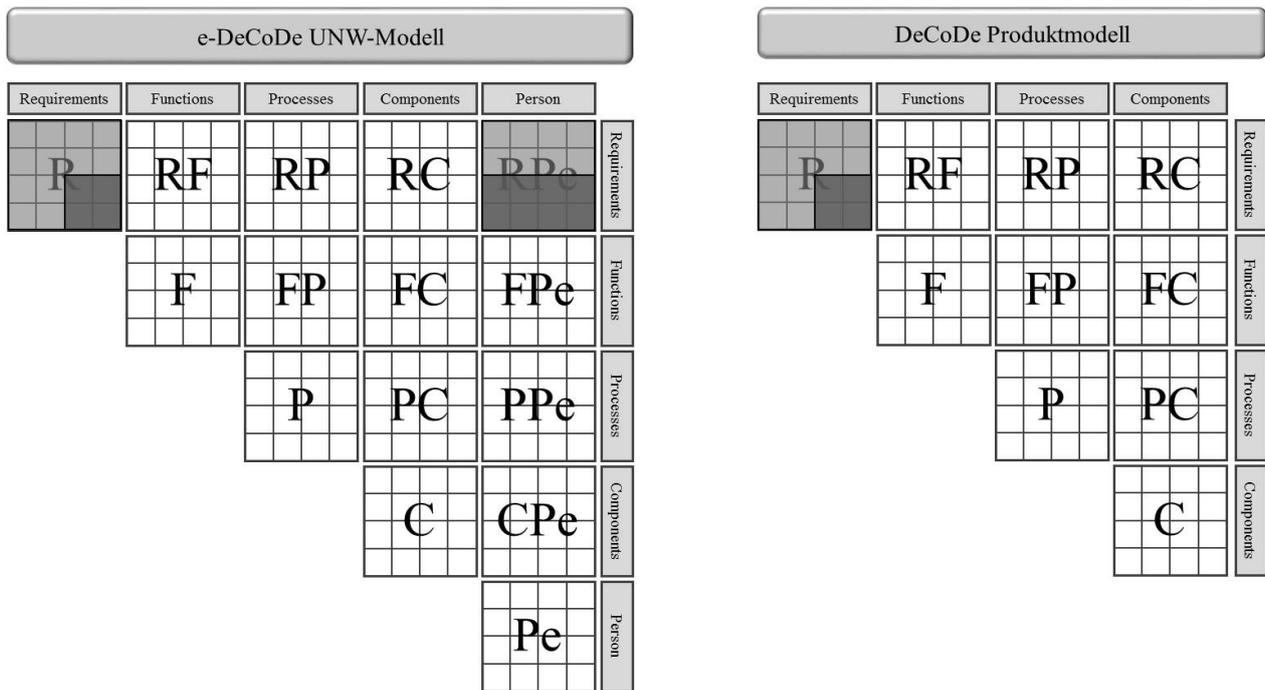
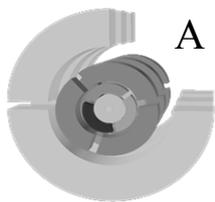


Abbildung 24: Genutzte Matrizen von e-DeCode und DeCoDe

Durch die Fokussierung auf die konkrete Problemstellung wird auch die für den nächsten Schritt zu handhabende Informationsmenge geringer.

6.1.5 Schritt 5: Anforderungspriorisierung



Die Anforderungspriorisierung dient der Bewertung aller Verlässlichkeitsanforderungen bezüglich ihrer Bedeutung. Die Bedeutung ergibt sich dabei aus der Frage, wie wichtig ihre Erfüllung für die Zufriedenheit der Anforderungsquelle ist. Bei Gesetzen und Normen ist die Erfüllung der Anforderungen in der Regel ein Muss, da eine Nicht-Erfüllung zu rechtlichen und/oder finanziellen Konsequenzen für das UNW führt. Ausnahmen sind Anforderungen, die im Gesetzes- oder Normentext ausdrücklich als optional angegeben sind.

Bezüglich der anderen Stakeholder (Verkehrsunternehmen, Fahrgastgruppen, etc.) können die Bedeutung bzw. Priorisierung einer Anforderung mit unterschiedlichen Methoden (Expertenspräch, Fragebogen, Conjoint-Analyse, ...) erfasst werden. Hier reicht die Auswahl von einer einfach Punkte-Skala über paarweise Vergleiche und Conjoint-Analysen bis hin zu umfassenden, mathematischen Methoden wie dem Analytical Hierarchie Process (AHP), der in diesem Fall verwendet wurde.

Wie in Abbildung 25 visualisiert, sind hierzu die Verlässlichkeitsanforderungen verwendet worden, welche zuvor strukturiert und attribuiert in das Netzwerkmodell eingepflegt wurden. Mit Hilfe des AHP konnten den jeweiligen Anforderungen wiederum Attribute hinsichtlich der durch die Anforderungserfüllung erzielten Kundenzufriedenheit der Quelle zugewiesen werden. Des Weiteren

wurde der ermittelte AHP-Wert mit der Gewichtung des jeweiligen Stakeholders multipliziert, so dass die Bedeutung des Stakeholders bei der Gewichtung der Anforderung mit einfluss. Dies trug durch die Rückspiegelung der Ergebnisse in das Netzwerkmodell zur Systempräzisierung bei (Nicklas 2016, S. 115–127).

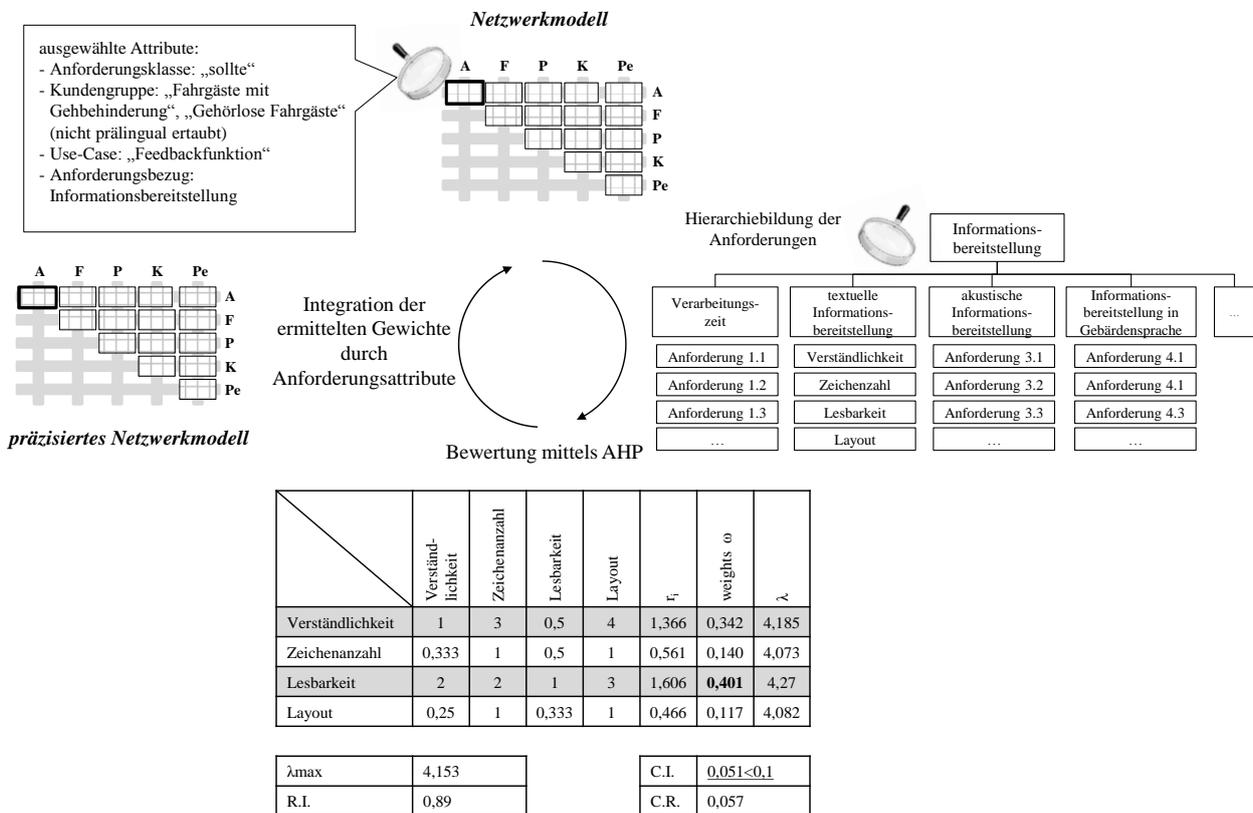


Abbildung 25: Bewertung und Präzisierung des Netzwerkmodells (Nicklas 2016, S. 124)

6.1.6 Zwischenfazit aus Szenario A

Das hier dargelegte modellbasierte Vorgehenskonzept sowohl für die Umsetzung des Anforderungsmanagements von UNW bei der Entwicklung von verlässlichen PSS als auch für die Umsetzung von Verlässlichkeitsanforderungen im Produktmodell hat aufgezeigt, wie von der Stakeholder-Analyse an bis hin zur Priorisierung einzelner Anforderungen die Komplexität von Systemen bezüglich ihrer Anforderungen und dafür verantwortlichen Personen (bzw. UNW-Partner) zielgerichtet gehandhabt werden kann. Dabei kann durch die Nutzung von Anforderungsfiltern das Prinzip der minimalen Modelle ebenso realisiert werden, wie die Grundprinzipien der Strukturierung durch die bereits vorher realisierte Kategorisierung der Anforderungen nach diversen, je Problemstellung auszuwählenden Kriterien. Hiermit einher geht auch das Grundprinzip vom Ganzen zum Detail, indem die Anforderungen zunächst umfassend bei allen Stakeholdern erhoben werden und dann auf die Verlässlichkeitsanforderungen fokussiert wird.

Bezüglich der Filterung der Verlässlichkeitsanforderungen wurde für dieses Projekt die in Kapitel 2.3 festgelegte Definition des Begriffs Verlässlichkeit zu Grunde gelegt. Allerdings ist dies eine Arbeitsdefinition und noch nicht fachdisziplinübergreifend akzeptiert. Dementsprechend können Veränderungen der Definition zu Veränderungen des Anforderungsfilters führen. Bezüglich des Begriffs Verlässlichkeit und der damit einhergehenden Terminologie ist somit noch weiterer, fachdisziplinübergreifender Forschungsbedarf erkennbar.

6.2 Betrachtung von Szenario B: „Modellierung von Verlässlichkeit in UNW“

Wie in Kapitel 4.2.2 skizziert, sind die bezüglich der Verlässlichkeit gestellten Anforderungen an das UNW systematisch mit den entsprechenden Prozessen, Personen und Produkten zu verknüpfen, um das UNW verlässlich gestalten zu können. Hierzu sind folgende Forschungsfragen zu beantworten:

- Wie können die Verlässlichkeitsanforderungen konkreten Prozessen der Produktentwicklung zugeordnet werden?
- Welche Kompetenzen werden bezüglich der Verlässlichkeitsanforderungen in den Produktentwicklungsprozessen je Personenrolle benötigt?
- Wie können die Verlässlichkeitsanforderungen je Produktentwicklungsprozess den entsprechend ihrer Kompetenz geeigneten und verantwortlichen Mitarbeitern der UNW-Partner zugeordnet werden?
- Wie können Verlässlichkeitsanforderungen, Prozesse, Kompetenzen und Verantwortliche im UNW für alle Beteiligten nachvollziehbar und auf standardisierter Basis abgebildet werden?

Im Rahmen des Forschungsprojekts VitAmIn⁴ ergaben sich diese Fragestellungen in Zusammenhang mit der Entwicklung einer Vorgehensweise für die verlässliche Nutzung von Virtual Reality (VR)-Technologie in den frühen Phasen der Produktentwicklung. Die hierbei gewonnen Erkenntnisse zur Modellierung von Wertschöpfungsprozessen, Mitarbeiterverantwortlichkeiten und –kompetenzen sowie den hieraus resultierenden Produkten können auf eine Vorgehensweise zur Modellierung von UNW und ihren Produkten verallgemeinert werden, wie nachfolgende Abbildung 26 skizziert.

⁴ Projekt VitAmIn: Virtuelles Anforderungsmanagement im kundenintegrierten Innovationsprozess, gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie über AIF und FQS, www.projektvitamin.de.

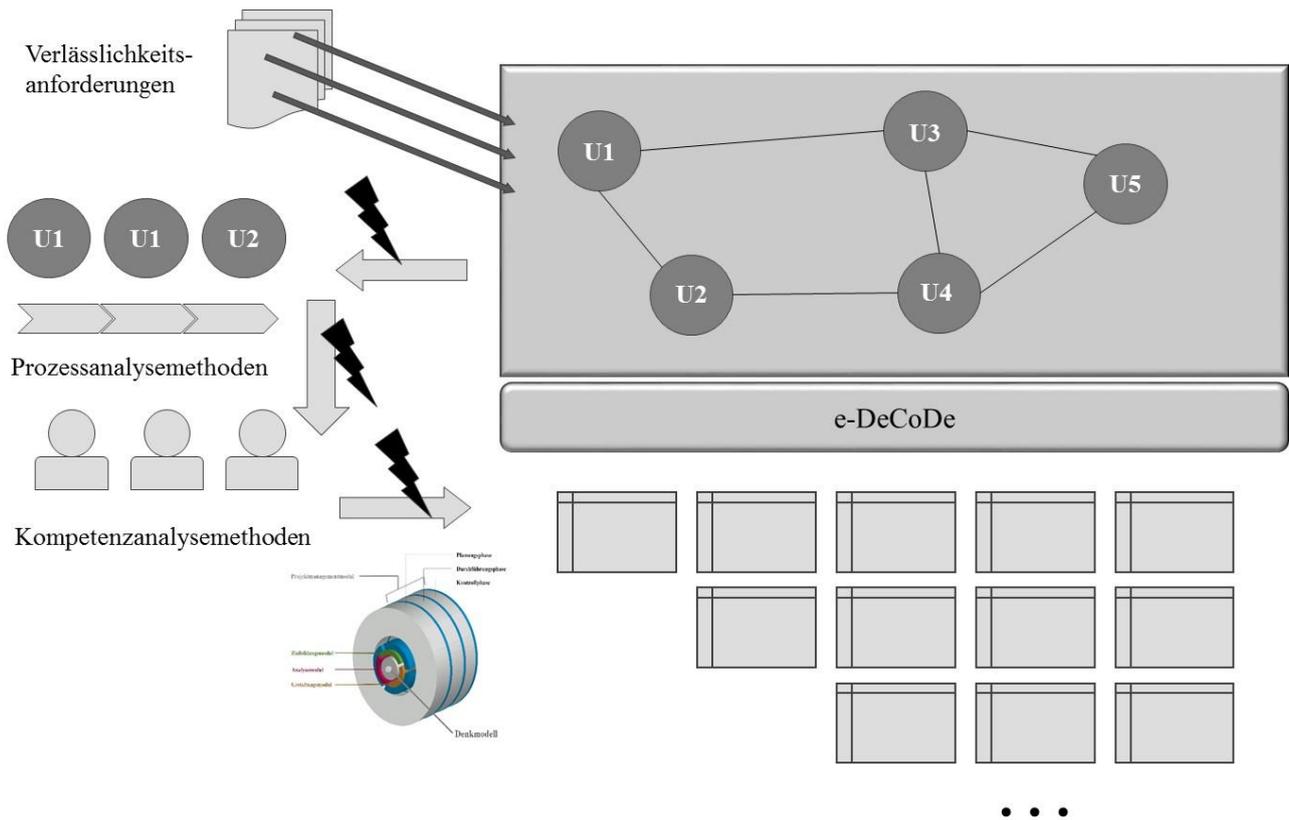


Abbildung 26: Vorgehenskonzept für die Modellierung von UNW

Das skizzierte Vorgehenskonzept nutzt dabei diverse Methoden, die in nachfolgender Tabelle den einzelnen Schritten zugeordnet sind.

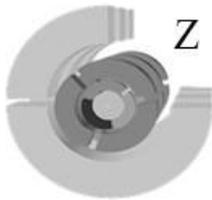
Tabelle 11: Genutzte Methoden im Vorgehenskonzept für die Modellierung zur Gestaltung verlässlicher UNW

Schritt des Vorgehenskonzepts	Ausgewählte Methode(n)	Literaturverweis(e)
System definieren und abgrenzen	• Doppelter Blackbox-Ansatz	• (Nicklas und Winzer 2014)
Bezüglich der Verlässlichkeit relevante Prozesse des UNW abbilden	• Erweitertes Service Blueprint	• (Schlüter 2013)
Rollen und Kompetenzen je Prozess definieren	• Kompetenz Kompetenzcockpit	• (Wank 2005)
Kompetenzen messen	• Kompetenzcockpit	• (Wank 2005)
UNW-Modellierung	• e-DeCoDe	• (Nicklas 2016)

Ausgangspunkt für die Abbildung des UNW und die Verknüpfung mit den zuvor bereits erhobenen, strukturierten und priorisierten Verlässlichkeitsanforderungen (Bsp. für systematisches Vorgehen

hierzu siehe Kapitel 6.1) ist die Prozessorientierung. Wie in der DIN EN ISO 9001:2015 dargelegt, ermöglicht die Prozessorientierung die Verknüpfung von Anforderungen über die Prozesse mit allen Aspekten einer Organisation. Wird dies mit dem enhanced Demand Compliant Design (e-DeCoDe) und dessen fünf standardisierten Sichten in Verbindung gesetzt, so ergibt sich der bereits in Kapitel 5 theoretisch dargelegte Bezug.

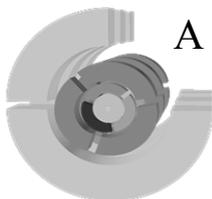
6.2.1 Schritt 1: System definieren und abgrenzen



Ist nun die Problemstellung gegeben, dass neue Prozesse, Kompetenzen und Mitarbeiter je UNW-Partner zu modellieren sind, um einen Überblick darüber zu erhalten, wer für welche Tätigkeiten und somit auch welche Verlässlichkeitsanforderungsrealisierungen verantwortlich ist, so werden in einem ersten Schritt ge-

mäß GSE die Grenzen des UNW bestimmt. Im nächsten Schritt wird im Rahmen der Zielbildung definiert, dass die Prozesse der Produktentwicklung mit den jeweilig verantwortlichen UNW-Partnern (gemäß des Blackbox Ansatzes) über verschiedene Ebenen hinweg erhoben werden sollen, um die Verlässlichkeitsanforderungen je Prozessschritt zu verknüpfen und anschließend die entsprechenden Kompetenzen zu verlinken.

6.2.2 Schritt 2: Bezüglich der Verlässlichkeit relevante Prozesse des UNW abbilden



Im Rahmen des Analysemoduls wird mit Hilfe des erweiterten Service Blueprints für UNW (Schlüter 2013) zunächst der UNW-interne Produktentwicklungsprozess in Bezug auf VR-Prozesse abgebildet, die implementiert werden sollen, um eine verlässliche PSS-Entwicklung zu ermöglichen. Wie Abbildung 27 zeigt, werden

auf Basis des abgegrenzten UNW auf der ersten Ebene die Produktentwicklungsprozesse je Partner chronologisch erfasst. Auf der zweiten Ebene werden einzelne Entwicklungsprozesse detaillierter dargestellt, wie hier die VR-relevanten Prozesse des Partners U2. Diese werden wiederum unterteilt in Subprozesse bei der VR-Session auf der dritten Ebene. Diese werden nicht nur vom Partner U2, der die VR-Technologie besitzt und dem Netzwerk zur Verfügung stellt, realisiert, sondern auch vom Dienstleister U3, der Moderatoren für die VR-Sitzungen mit einbringt. Zudem entsendet Partner U1 seinen Qualitätsingenieur zur VR-Session, um die Anforderungen direkt vor Ort zu dokumentieren.

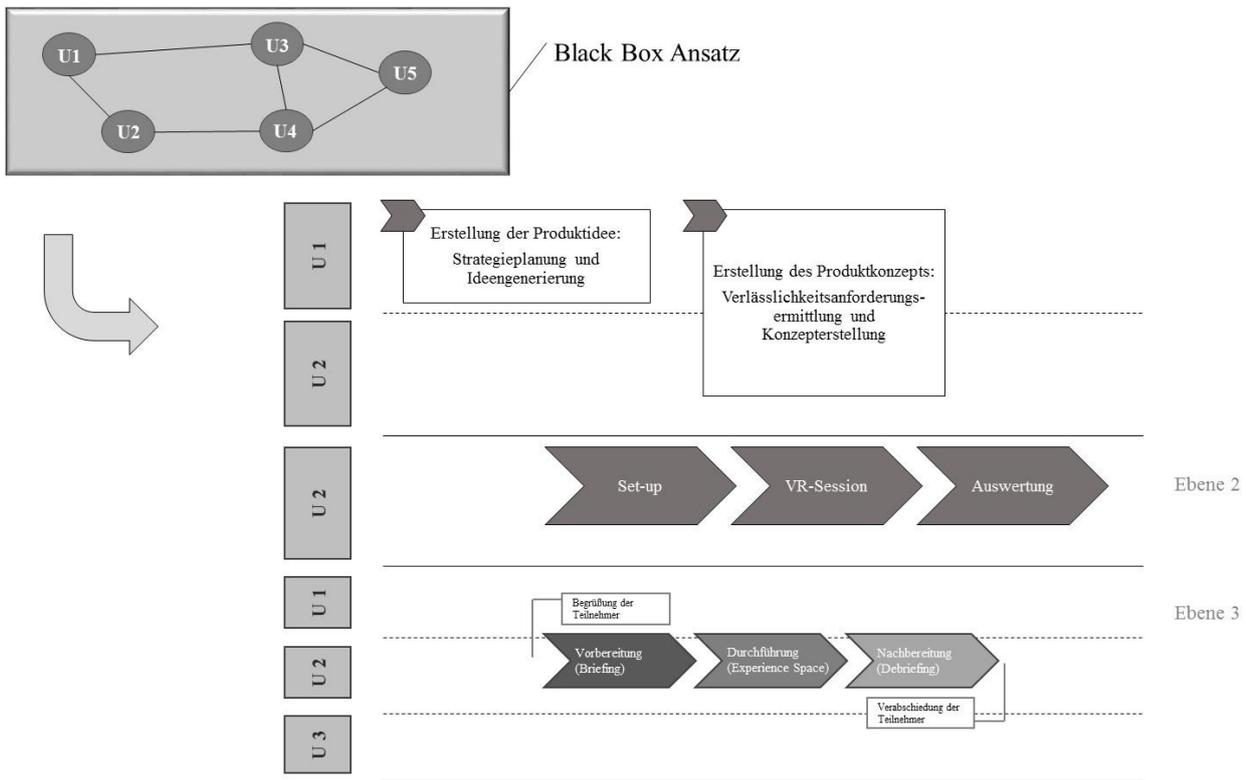
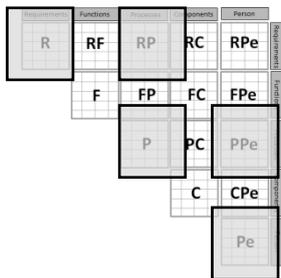
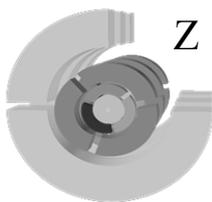


Abbildung 27: Auszug aus dem VR-integrierten Produktentwicklungs-Blueprint für das UNW



Um die Verlässlichkeitsanforderungen mit den entsprechend Prozessen der einzelnen Ebenen zu verknüpfen, kann im Rahmen eines Workshops ein solches Blueprint mit den UNW-Partnern erarbeitet werden. Hierbei werden auch gleich die Verantwortlichkeiten je Partner festgelegt. Anschließend können die Verlässlichkeitsanforderungen direkt mit den einzelnen Prozessen und den für diese verantwortlichen Partner verknüpft werden. Hierzu kann die Kartentechnik genutzt werden, aber auch bspw. eine Komplexitätsmanagement-Software wie Loomeo®, die die Abbildung der hierfür relevanten e-DeCoDe Matrizen ermöglicht und diese auch direkt bei Bedarf in Graphen visualisieren kann, was in Teamsitzungen oft intuitiv verständlicher ist als die Nutzung von Matrizen.

6.2.3 Schritt 3: Rollen und Kompetenzen je Prozess definieren



Z Um die nächste Problemstellung bezüglich der Kopplung der anforderungsgerechten Prozesse mit konkreten Rollen und Kompetenzen zu lösen, wird zunächst wieder in das Zielbildungsmodul gewechselt. Als Ziel wird die Kopplung der bereits in Relation gesetzten Prozesse und Verlässlichkeitsanforderungen mit den konkreten Rollen und ihren Kompetenzen definiert. Da es sich um einen neu zu implementierenden Prozess handelt, bei dem die benötigten Rollen und ihre Kompetenzen noch unbekannt sind, wird im Rahmen des Gestaltungsmoduls die Methode Kompetenzcockpit nach (Wank 2005) gewählt.

G Das Kompetenzcockpit ist eine systematische Methode, die auf Basis der Wertschöpfungsprozesse einer Organisation je Prozess (auch Prozessbetrachtung auf mehreren Ebenen ist möglich) die involvierten Rollen definiert und diesen Soll-Kompetenzen mit entsprechenden Soll-Ausprägungen zuordnet. Anschließend erfolgt die Erfassung der real vorhandenen Kompetenzen bei den Mitarbeitern, die die jeweiligen Rollen in den Prozessen ausfüllen. Durch einen Soll-Ist-Vergleich lassen sich so Stärken und Schwächen der Mitarbeiterkompetenzen (bspw. „Wissen über Zuverlässigkeitsberechnungen“ oder „unbestechlich“) bezüglich der Verlässlichkeitsanforderungen analysieren und zielgerichtete Schulungen und Weiterentwicklungen planen (Wank 2005).

Im hier vorliegenden Fall wurden vom Kompetenzcockpit zunächst nur die Schritte für die Erhebung der Soll-Kompetenzen durchlaufen. Dies bedeutet, dass bspw. für die einzelnen Sub-Prozesse der „VR Durchführung“ die einzelnen Rollen, die hier zu involvieren sind, definiert werden. Anschließend sind je Rolle die benötigten Kompetenzen mit ihren Zielausprägungen für eine verlässliche VR-Nutzung zu definieren (s. Abbildung 28) (Winzer et al. 2016, S. 24).

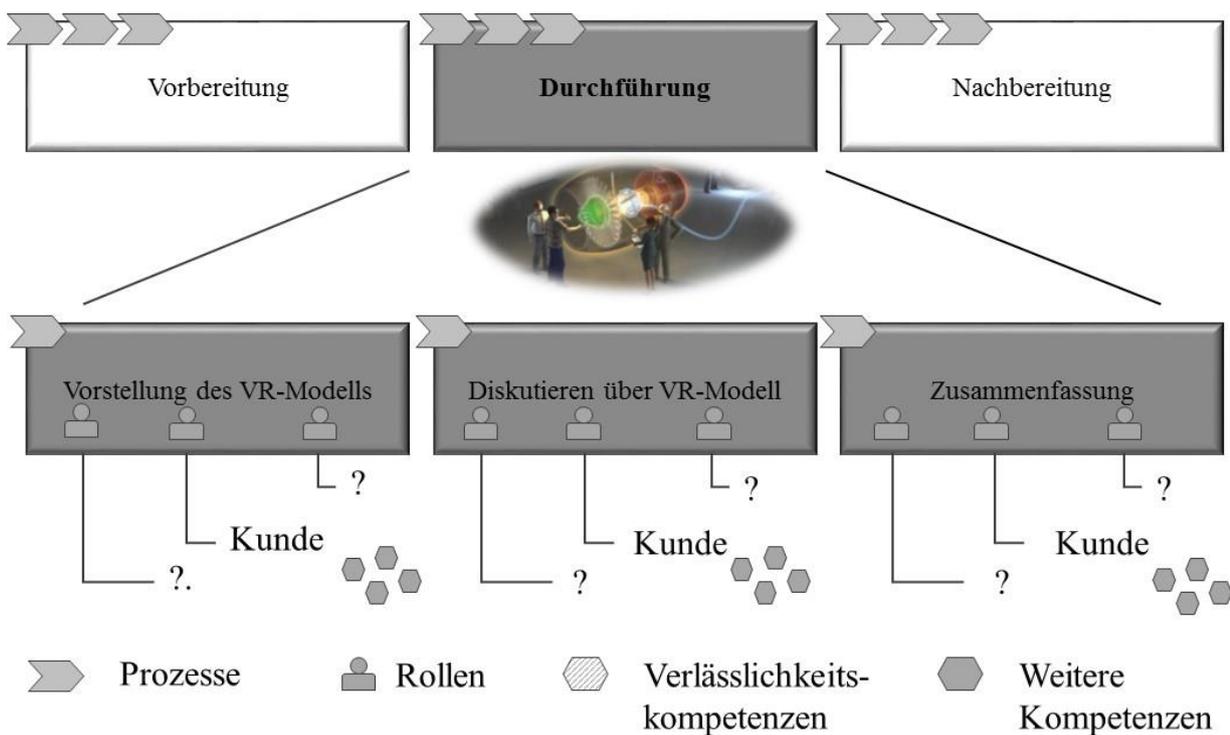
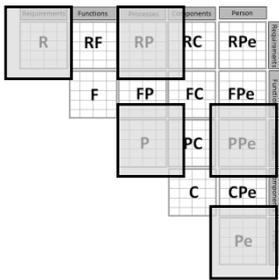


Abbildung 28: Je Prozess sind die jeweilig relevanten Rollen und deren Kompetenzen zu definieren (in Anlehnung an Winzer et al. 2016, S. 24)

Insgesamt wurden fünf relevante Rollen definiert:

- Qualitätsingenieur,
- Entwicklungsingenieur,
- Kunde,
- Moderator und
- Navigator (Winzer et al. 2016, S. 24).



Für jede Rolle sind Kompetenzen zu definieren und in e-DeCoDe zu hinterlegen sowie das Kompetenzcockpit bereit zu stellen. Da nicht alle Kompetenzen die gleiche Bedeutung für die einzelnen Prozessschritte bei der verlässlichen VR-Nutzung haben, wurden zudem die Relevanzen jeder einzelnen Kompetenz mit aufgenommen. Hierdurch wird sichergestellt, dass Kompetenzen, die nur einen geringen Einfluss auf die Verlässlichkeit eines Prozesses

haben, bei späteren Weiterbildungsprogrammen mit geringerer Bedeutung und somit geringerem Ressourcenaufwand behandelt werden als Kompetenzen von hoher Relevanz (Winzer et al. 2016, S. 24).

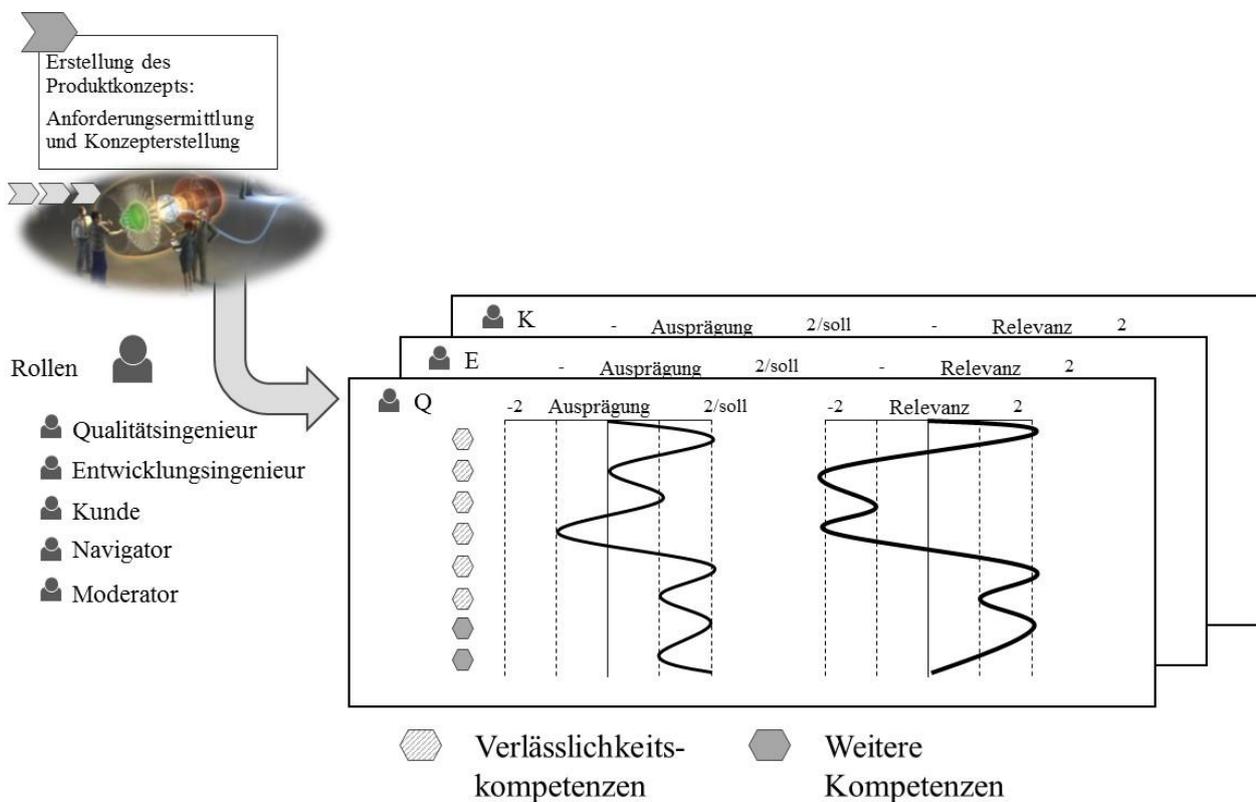
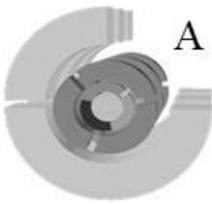


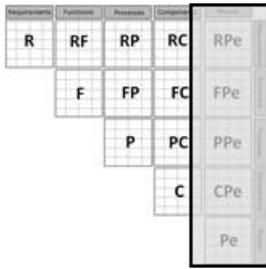
Abbildung 29: Generierung von Soll-Kompetenzprofilen je Rolle im VR-Prozess (Winzer et al. 2016, S. 42)

6.2.4 Schritt 4: Kompetenzen messen



Auf Grund der durchgeführten Kompetenzmessungen vor und nach Durchführung der VR-Sessions mittels Fragebögen konnte festgestellt werden, dass bei 30% der untersuchten Verlässlichkeitskompetenzen (bspw. Wissen über Lebensdauerberechnung von Komponenten) die Relevanz niedriger ist, als angenommen. Hier sind die Zielausprägungen entsprechend angepasst worden (Winzer et al. 2016).

6.2.5 Schritt 5: UNW-Modellierung



Nachdem die einzelnen Rollen und ihre Kompetenzen je Prozess erarbeitet und gemessen worden waren, galt es abschließend, die gewonnenen Erkenntnisse in das e-DeCoDe Modell des UNW zu übertragen, damit die entsprechenden Informationen allen Partnern zur Verfügung standen und für die entsprechende Realisierung und Anpassung der QMS-Dokumentation der einzelnen Partner genutzt werden konnten.

Hierzu wurde das bisherige e-DeCoDe Modell erweitert. Bislang beinhaltete das Modell die Anforderungs-, Prozess- und Personensicht. Eine Verknüpfung der Verlässlichkeitsanforderungen untereinander bildete die Priorisierung der Verlässlichkeitsanforderungen ab. Die Verknüpfungen in der Anforderungs-Prozess-Matrix bildeten die Beziehung „Verlässlichkeitsanforderungen an Prozess“ ab, während die Prozesse untereinander ebenfalls bezüglich ihrer Hierarchie und Schnittstellen über Input/Output-Informationen in Beziehung gesetzt worden sind. Die Personensicht ist lediglich auf Partnerebene abgebildet worden, um zu definieren, welcher Partner im UNW vorhanden ist und in welchen Prozessen er involviert bzw. verantwortlich ist.

Durch die Berücksichtigung der definierten Rollen und Kompetenzen ist dieses Modell nun zu ergänzen, indem die Partnerebene weiter untergliedert wird in konkrete Rollen. Diese sind mit den Prozessen durch eine Realisierungsbeziehung zu verknüpfen. Zudem sind die Prozesse für jede Rolle mit den entsprechenden Soll-Kompetenzen zu attribuieren (siehe Abbildung 30), die indirekt auch auf die Verlässlichkeitsanforderungen zurückzuführen sind (Winzer et al. 2016).

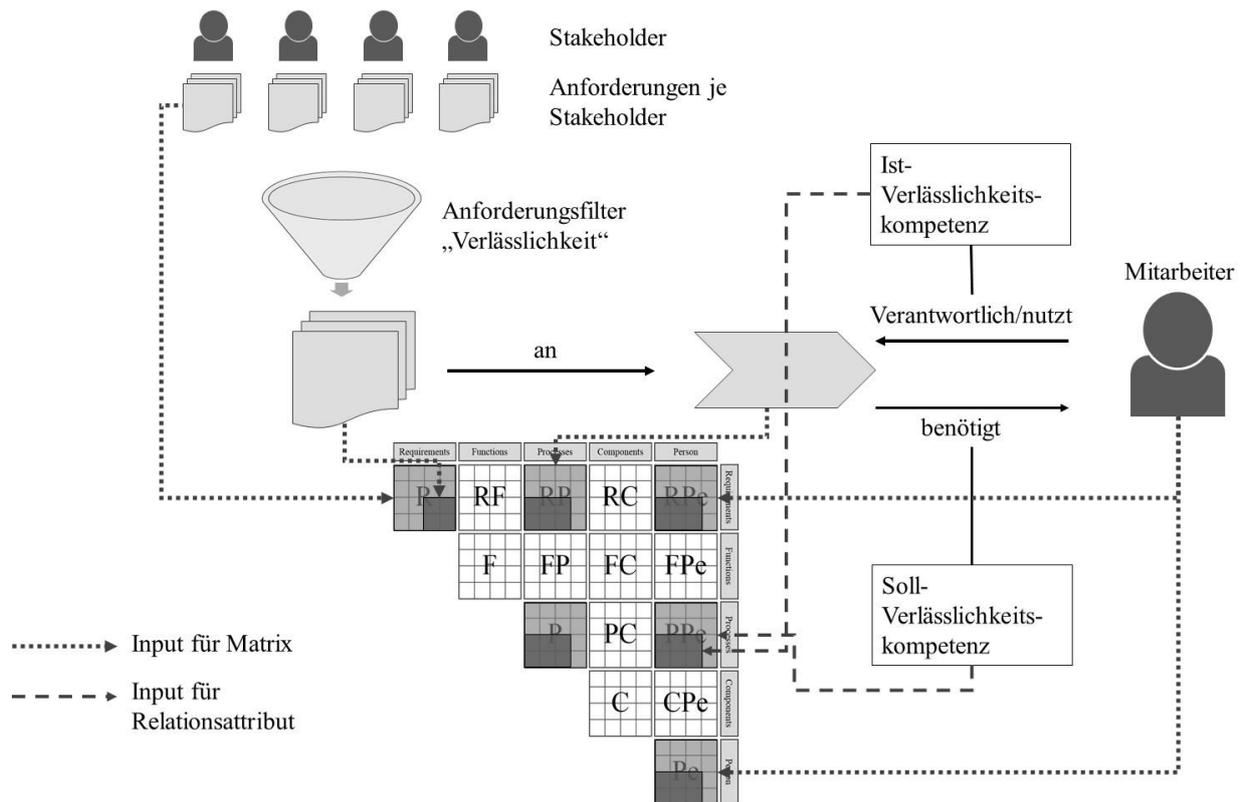


Abbildung 30: Genutzte Relationen in e-DeCoDe für die Abbildung von Soll-Kompetenzen

6.2.6 Zwischenfazit aus Szenario B

Durch die hier dargelegte Nutzung von GSE mit e-DeCoDe sowie die zielgerichtete Nutzung ausgewählter Methoden im Bereich Kompetenzerfassung und –messung konnten die Kompetenzen, die gemäß der Verlässlichkeitsanforderungen an die involvierten Personen gestellt werden, konkreten Rollen und Personen prozessorientiert zugeordnet werden. Dabei wurde durch den zuvor verwendeten Filter für die Verlässlichkeitsanforderungen das Prinzip der minimalen Modelle und der Strukturierung angewendet, indem im weiteren Vorgehen nur für das Problem relevante Informationen weiterverarbeitet wurden.

Die einzelnen Produktentwicklungsprozesse wurden in konkrete Subprozesse mit hierfür benötigten Kompetenzen heruntergebrochen. Die Rollen, die diese Prozesse verantworten oder durchführen, wurden definiert und den jeweiligen Netzwerkpartnern zuordbar gemacht. Dabei wurde sich bewusst dafür entschieden, die Rolle, die für die Erfassung, Realisierung und Überprüfung der Verlässlichkeitsanforderungen verantwortlich ist, mit „Qualitätsingenieur“ zu titulieren, weil die hier beschriebenen Tätigkeiten im klassischen Qualitätswesen fußen, während die alternativ angedachte Bezeichnung des „Verlässlichkeitsingenieurs“ weitere Kompetenzen im Gebiet der Systemtheorie, des Komplexitätsmanagements, etc. (siehe hierzu auch Kapitel 7.3) beinhalten.

Des Weiteren wurden die Soll-Kompetenz-Profile der einzelnen Rollen durch die Nutzung des Kompetenzcockpits als Messmethode mit der Erfassung der Ist-Kompetenzen der jeweiligen Mitarbeiter verknüpft, wobei die Messergebnisse ebenfalls in e-DeCoDe erfasst werden können und in folgenden Schritten für die zielgerichtete Kompetenzentwicklung der Mitarbeiter genutzt werden können. Für alle Beteiligten werden somit die Verlässlichkeitsanforderungen, die hiervon betroffenen Prozesse und benötigte Kompetenzen transparent und nachvollziehbar dargelegt.

6.3 Betrachtung von Szenario C: „Verlässliche Produktentwicklung in UNW“

Auf Basis des in Kapitel 4.2.3 beschriebenen Szenarios C, dass Verlässlichkeitsanforderungen im Rahmen der Produktentwicklung mittels geeigneter Methoden und Modelle unterschiedlicher Fachdisziplinen in einem Netzwerk effektiv einzusetzen sind, ist die Lösung folgender Forschungsfragen zu evaluieren:

- Wie werden die Verlässlichkeitsanforderungen entlang des Produktentwicklungsprozesses methodisch umgesetzt?
- Welcher Modellierung bedürfen die Methoden zur Umsetzung der Verlässlichkeitsanforderungen?
- Welches standardisierte Modell ermöglicht die Erfassung aller Daten der fachdisziplinspezifischen Methodenmodelle, um diese den Netzwerkpartner zur Verfügung zu stellen?
- Wie wird das standardisierte Modell aktuell gehalten?
- Können das standardisierte Modell für die Produktentwicklung und das standardisierte Modell für das UNW untereinander abgestimmt werden?

Wird erneut von dem Blackbox-Ansatz eines UNW ausgegangen, so ist das UNW bezüglich des Entwicklungsprozesses zu fokussieren und gemäß der in der DIN EN ISO 9001:2015 geforderten Prozessorientierung (siehe DIN EN ISO 9001:2015-11) hierüber weiter zu untersuchen.

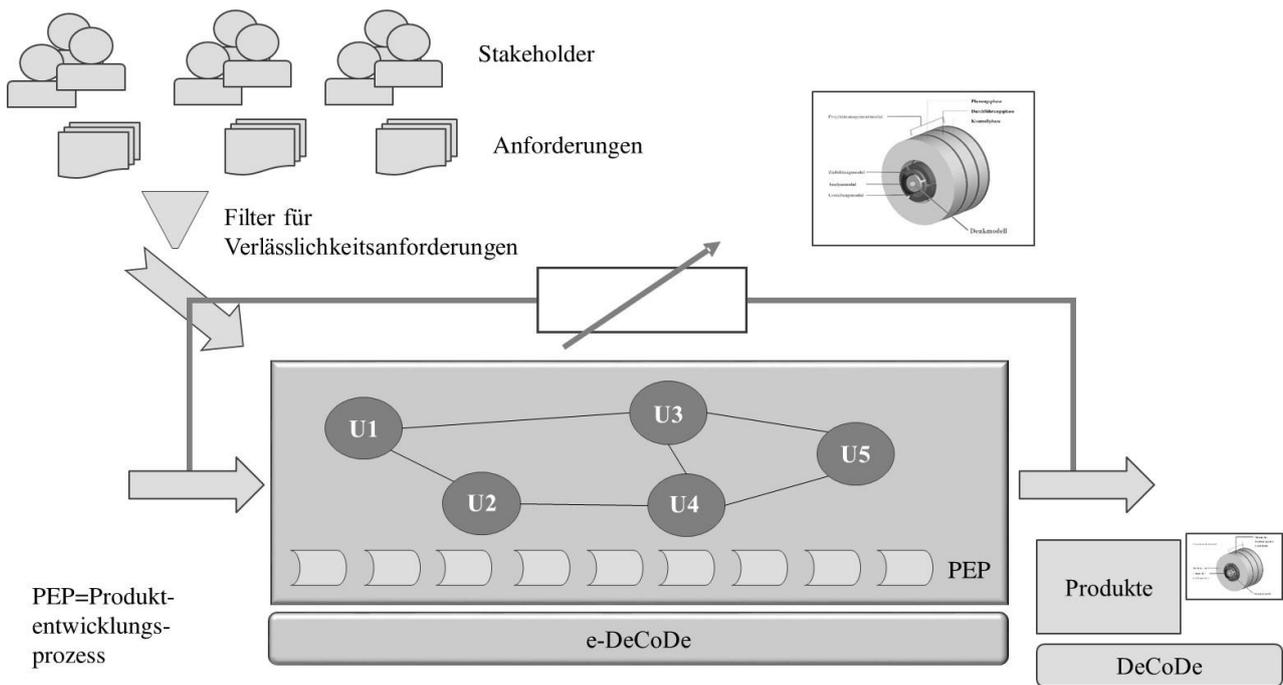


Abbildung 31: Fokussierung auf die Produktentwicklungsprozesse im UNW

Nach der Abgrenzung des Systems und der Abbildung der ersten Ebene, mit den UNW-Partnern, sowie der zweiten Ebene, mit den Wertschöpfungsprozessen, wird die Verlässlichkeit im Produktentwicklungsprozess (PEP) fokussiert. Hier kann bspw. auf die Erkenntnisse aus dem vorherigen Kapitel zur Modellierung von UNW zurückgegriffen werden.

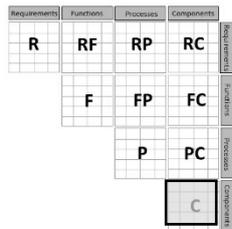
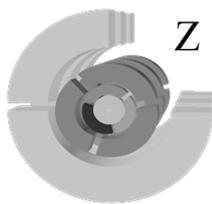
In der jetzigen Problemstellung geht es darum, die einzelnen PEP-Subprozesse so zu realisieren, dass ein verlässliches Produkt gestaltet wird. Hierbei ist allerdings nicht nur das Produkt selbst mittels GSE und DeCoDe so zu modellieren, dass die entsprechenden Verlässlichkeitsanforderungen erfüllt werden, sondern auch der PEP bzw. das UNW selbst, denn nur ein verlässlicher PEP ermöglicht ein verlässliches Produktdesign. Hierfür ist das GSE unter Nutzung von e-DeCoDe geeignet.

Um das Ziel der verlässlichen Produktgestaltung durch entsprechend zu realisierende PEP-Subprozesse zu erreichen, kommen folgende Methoden im Rahmen des Vorgehenskonzepts zum Einsatz (Tabelle 12).

Tabelle 12: Verwendete Methoden im Vorgehenskonzept

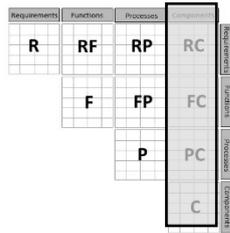
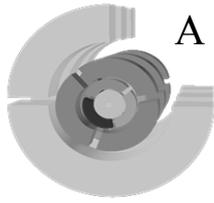
Schritt des Vorgehenskonzepts	Ausgewählte Methode(n)	Literaturverweis(e)
Systeme „Produkt“ und „UNW“ definieren und abgrenzen	• Doppelter Blackbox-Ansatz	• (Nicklas und Winzer 2014)
Prozesse „Produkt“ und „UNW“ modellieren	• DeCoDe • e-DeCoDe	• (Sitte und Winzer 2011) • (Nicklas 2016)
Test des Produkts	• Fenite-Elemente-Methode • Mehrkörpersimulation	• (Rieg et al. 2014) • (Rill und Schaeffer 2014)
Ergänzung von Verlässlichkeitsanforderungen an das Produktsystem	• DeCoDe	• (Sitte und Winzer 2011)
Rückführung neuer Anforderungen in das UNW	• e-DeCoDe	• (Nicklas 2016)

Die Verlässlichkeitsanforderungen, die sich auf das UNW und seinen Entwicklungsprozess beziehen, sind hierzu wie in Kapitel 6.1 beschrieben, den entsprechenden PEP-Subprozessen zuzuordnen und über das GSE umzusetzen. Die Verlässlichkeitsanforderungen, die das Produkt betreffen, sind mit dem Produkt in Relation zu setzen und entsprechend über das GSE, das das Produkt fokussiert, zu realisieren. Dies wird hier als Ausgangspunkt genommen.



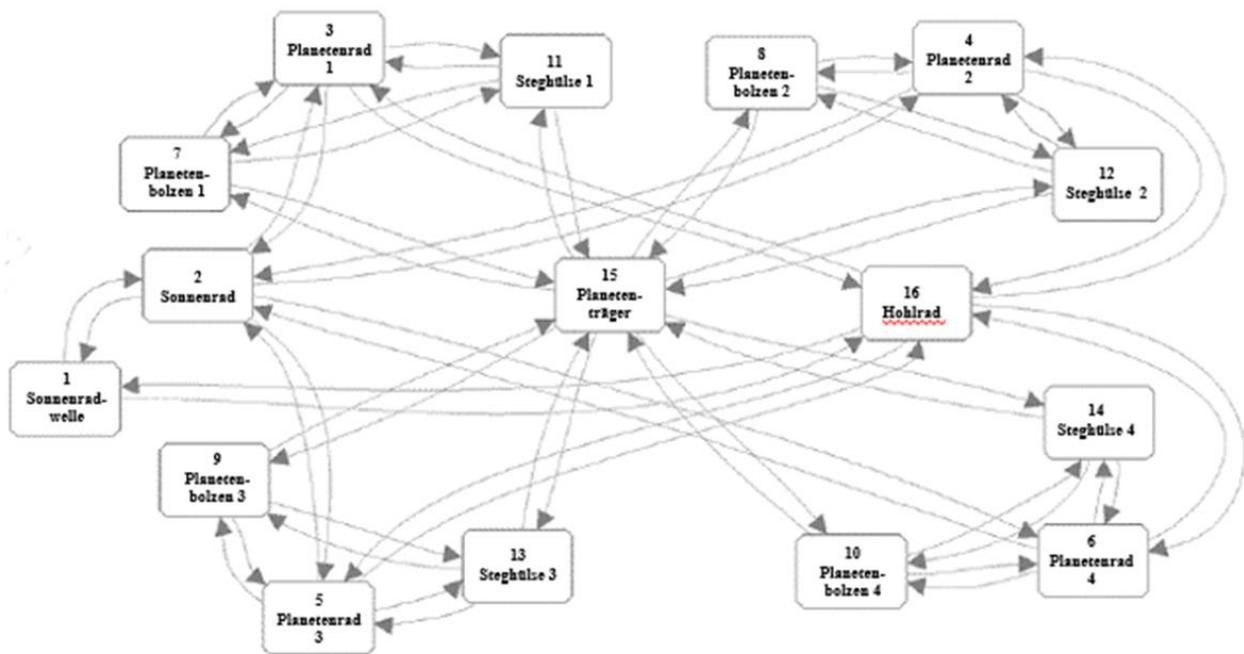
Im Rahmen des GSE gilt es, innerhalb des Zielmoduls zu bestimmen, welche Methoden und Modelle für die jeweiligen Subprozesse und ihre Problemstellungen am besten geeignet sind. Im konkreten Anwendungsfall handelt es sich bei dem Produkt um die Weiterentwicklung eines Planetengetriebes,

bei dem die Verzahnungslebensdauer der Planetenräder verbessert werden soll (Huber 2014, S. 83–92). Im PEP-Subprozess „Produkttests“ sind vom Kunden sowohl Ergebnisse der Fenite-Elemente-Methode (FEM) als auch Mehrkörper-Simulationen (MKS) für einzelne Subkomponenten des Systems gefordert. Um Fehler an den Schnittstellen zwischen den einzelnen Produkttests bezüglich der Datenweitergabe zu vermeiden und den Aufwand für eine Up-to-Date Datenhaltung zu verringern, werden die einzelnen Komponenten in der K-K-Matrix von DeCoDe für das Produkt bereitgestellt, und der Methodeneinsatz über das sich auf das Produkt beziehende GSE entsprechend gesteuert (Huber 2014, S. 83–92).



Im nächsten Schritt, der in das Analyse-Modul des GSE fällt, werden die einzelnen Produkttests mit den jeweiligen, fachspezifischen Methoden (bspw. FEM, MKS,...) am Produkt durchgeführt. Hierbei werden die für die Methodendurchführung benötigten Daten aus dem entlang des gesamten Entwicklungsprozesses bereitgestellten DeCoDe-Modell des Produkts zur Verfügung gestellt.

Dies bedeutet, dass DeCoDe als Metamodell fungiert, und dass das Projektteam für die einzelnen Methoden die benötigten Informationen/Daten für das Produkt hier abgreifen kann (Huber 2014, S. 83–92), wie Abbildung 32 für den Einsatz der Finite-Elemente-Methode aufzeigt.



Wirkung VON / AUF	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Su.E
1. Sonnenradwelle		1														1	2
2. Sonnenrad	1		1	1	1	1											5
3. Planetenrad 1		1					1				1						4
4. Planetenrad 2		1						1				1					4
5. Planetenrad 3		1							1				1				4
6. Planetenrad 4		1								1				1			4
7. Planetenbolzen 1			1								1					1	3
8. Planetenbolzen 2				1								1				1	3
9. Planetenbolzen 3					1								1			1	3
10. Planetenbolzen 4						1									1	1	3
11. Steghülse 1			1				1									1	3
12. Steghülse 2				1				1									3
13. Steghülse 3					1				1								3
14. Steghülse 4						1				1							3
15. Planetenträger							1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	8
16. Hohlräder	1		1	1	1	1											5
Summe Beeinflussung	2	5	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	8	5

Abbildung 32: Generierung der Netzdarstellung für FEM-Simulation aus der DeCoDe K-K-Matrix in Gamma (Huber 2014, S. 88)

Nach Durchführung der Methoden werden die Erkenntnisse bezgl. der Verzahnungslebensdauer zudem als Update in das DeCoDe Modell übertragen. Somit wird sichergestellt, dass alle im PEP involvierten Personen über den aktuellen Kenntnisstand bezüglich des zu entwickelnden Produkts verfügen (Huber 2014, S. 83–92).

Während die Produktentwicklung an sich somit DeCoDe und GSE nutzt, um zielgerichtet im Projektteam fachspezifische Methoden und Modelle einzusetzen und die Erkenntnisse über DeCoDe für alle bereit zu stellen, ist der Entwicklungsprozess an sich als Bestandteil des UNW ebenfalls systematisch zu betrachten, um zielgerichtet und effektiv die Verlässlichkeitsanforderungen an das UNW zu erfüllen.

Dementsprechend gilt es auch hier, den PEP als zu gestaltendes System zu betrachten. Das heißt, dass die Nutzung von GSE und DeCoDe für die Entwicklung des Produkts hier lediglich ein Teilsystem, bzw. Subsystem des gesamten UNW darstellt. Das gesamte UNW wiederum wird über ein separates GSE mit e-DeCoDe gehandhabt. Wie in folgender Abbildung schematisch dargestellt, bedeutet dies, dass GSE im GSE angewendet wird. Dabei ist der Produktentwicklungsprozess (PEP) vereinfacht dargestellt. Im Projekt läuft der PEP ineinander verschachtelt und iterativ ab.

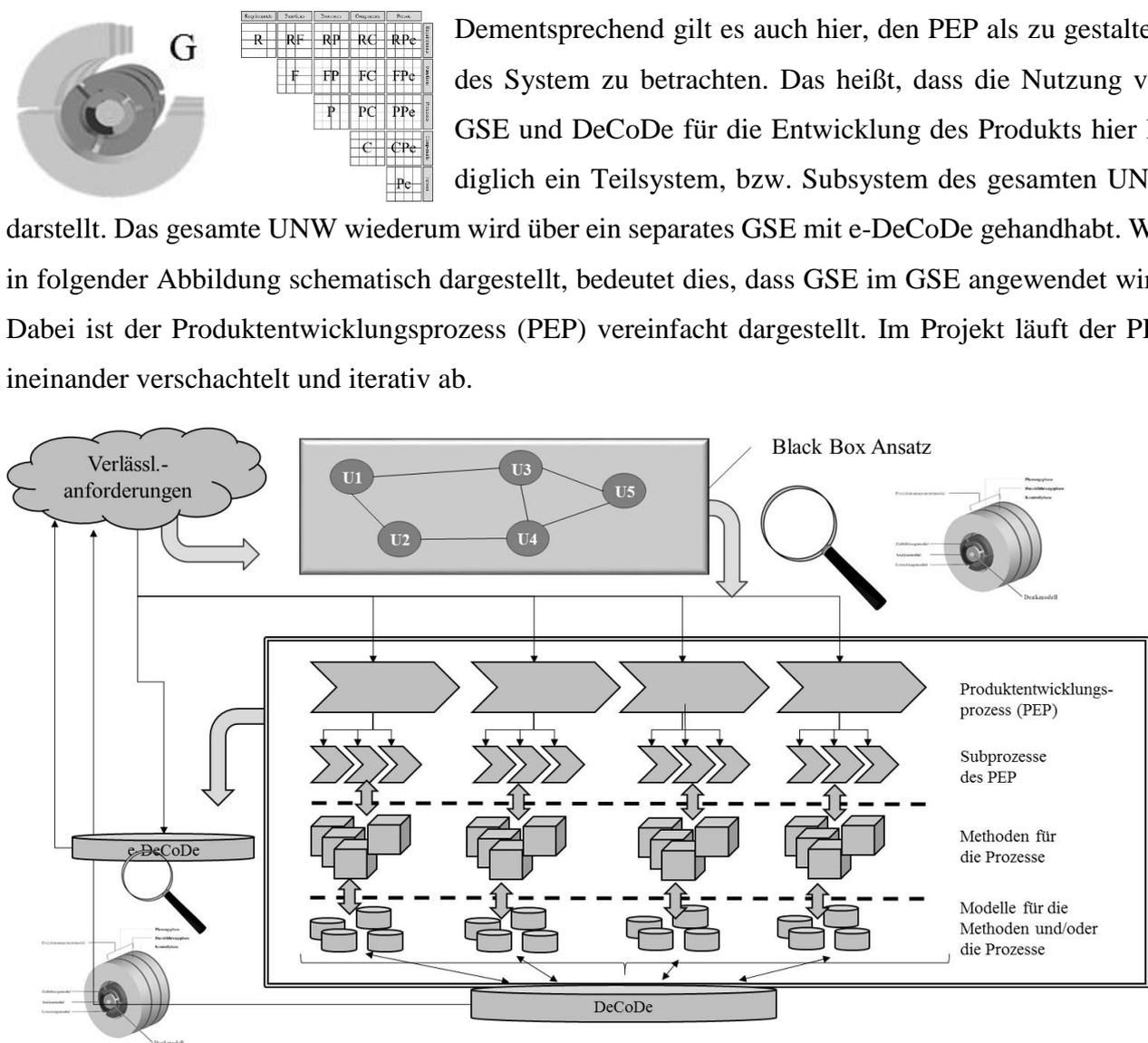


Abbildung 33: GSE für die Produktentwicklung, während auf der Metaebene GSE für die Gestaltung der Produktentwicklung genutzt wird

Durch die jeweils systematisch abgebildeten Prozesse der Produktentwicklung und deren Integration in die Vorgehensweise zur Gestaltung eines verlässlichen UNW ist es möglich, Wechselwirkungen zwischen der Produktentwicklung und der UNW-Gestaltung nachvollziehen zu können.

Die Gestaltung der Produktentwicklung im UNW als sozio-technisches System wird, wie bereits im vorherigen Kapitel dargelegt, über die Nutzung von GSE mit e-DeCoDe ermöglicht, wodurch die einzelnen Produktentwicklungsprozesse hinsichtlich der verwendeten Ressourcen, des Personals, der Information, etc. analysiert und gestaltet werden kann.

Bleibt die Frage, ob eine Verknüpfung der einzelnen, technischen Produktmodelle, die die Produktentwicklung durchlaufen und im DeCoDe-basierten Modell gebündelt werden, mit der Modellierung des sozio-technischen Systems in e-DeCoDe möglich ist. Hierdurch sollen die Regelung der Verantwortlichkeiten für die einzelnen Komponenten und deren Erfüllung der Verlässlichkeitsanforderungen abgebildet werden. Zudem weist die Verknüpfung den Informationsfluss auf, der im UNW benötigt wird, um eine verlässliche Gestaltung des Produkts zu ermöglichen.

Im hier vorliegende Beispiel bedeutet dies, dass sowohl die Anforderung bezüglich des Testens der Verzahnungslebensdauer als auch der damit einher gehende Nachweis der Verzahnungslebensdauer für den Kunden in e-DeCoDe mit abgebildet werden kann, so dass die Gestaltung eines entsprechenden UNW-Prozesses möglich ist.

Hierzu sind die Verlässlichkeitsanforderungen bezüglich der Verzahnungsdauer aus dem DeCoDe-Modell in das Systemmodell des UNW zu überführen, wie Abbildung 34 zeigt.

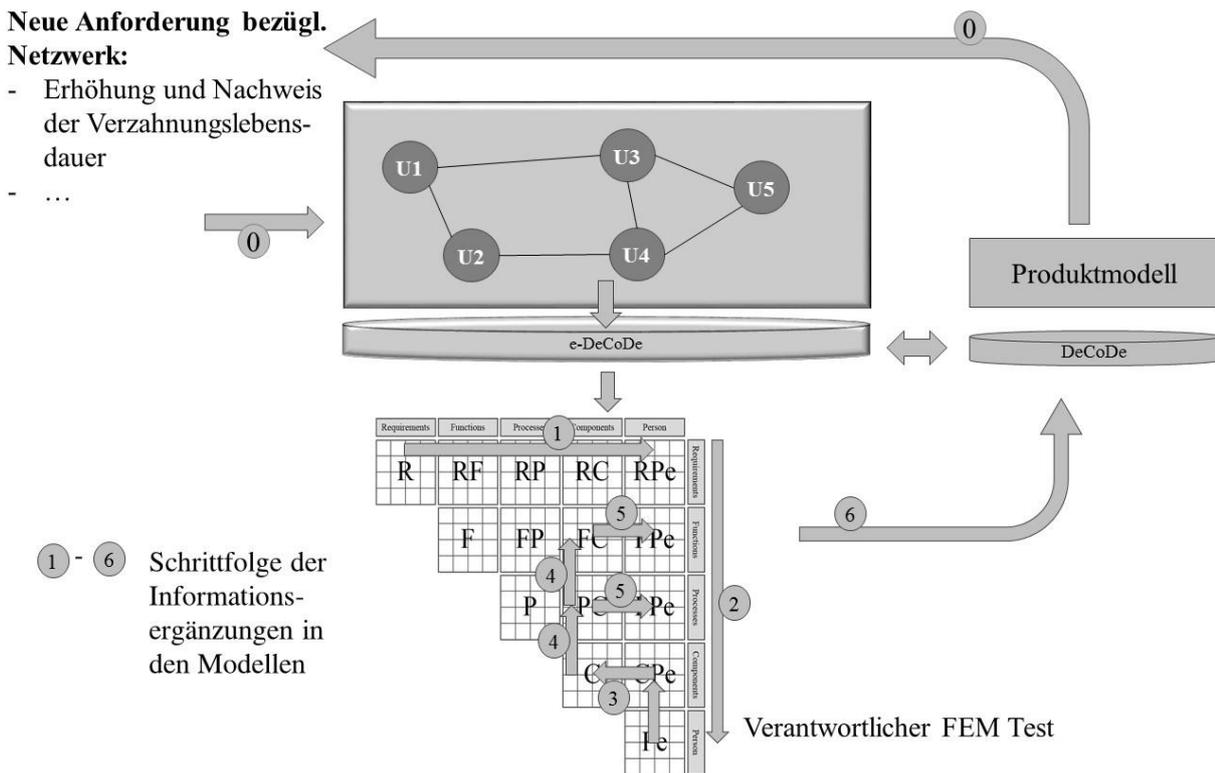


Abbildung 34: Überführung und Weiterverarbeitung der Produkthanforderungen in die UNW-Modellierung



Requirements	Functions	Processes	Components	Person
R	RF	RP	RC	RPe
	F	FP	FC	FPe
		P	PC	PPe
			C	CPe
				Pe

Zudem ist die Anforderung mit der konkret für die Verlässlichkeitsanforderungen verantwortlichen Person zu verknüpfen. Durch diese Zuordnung wird nicht nur die Verantwortung ersichtlich. Auch der Informationsfluss ist entsprechend zu regeln. Um die im UNW aktiven Partner und

die für sie tätigen Personen zur Regelung des Informationsflusses zu verfügen, ist die Visualisierung des UNW als Blackbox mit den Partnern und auf der unteren Systemebene mit der Aufbauorganisation hilfreich. So kann mittels des Top-Down Ansatzes für jeden Prozess auf unterschiedlichen Ebenen und über die Ebenen hinweg der Informationsfluss abgebildet werden. Der Verantwortliche für einen Prozess erhält somit alle Informationen über seinen Prozess und die damit verknüpften Komponenten, Anforderungen etc.

Ist beispielsweise der Verantwortliche für die FEM-Tests identifiziert, erfolgt im nächsten Schritt die Verknüpfung des Verantwortlichen mit der betroffenen Komponente. Alle Testergebnisse zur Komponente werden somit auch dieser Person zugeordnet. Über die Komponente sind zudem die Funktionen und Prozesse verknüpft, die dann ebenfalls im fünften Schritt den entsprechenden Verantwortlichen mit zugeordnet werden können.

Ergibt sich bei der Modellierung eine Abweichung der bisherigen Anforderung (bspw. kann der FEM-Test auf Grund defekter Geräte oder mangelnder Personalkapazität nicht ausgeführt werden),

ist die Erarbeitung einer entsprechenden Maßnahme und deren Realisierung im GSE des UNW umzusetzen und das e-DeCoDe Modell zu aktualisieren. Evtl. führen die Maßnahmen auch zu einer Veränderung am Produkt. In solch einem Fall ist die Veränderung in das GSE und DeCoDe-Modell des Produkts zu überführen. Es kommt somit zu einer gegenseitigen Aktualisierung der Systemmodelle und Vorgehensinhalte auf Grund der iterativen Kopplung zwischen dem sozio-technischen und dem technischen Systems.

Zwischenfazit zu Szenario C

Das hier vorliegende Beispiel zeigt somit auf, dass durch das miteinander koppelbare sozio-technischen Systemmodell mit dem technischen Systemmodell sowohl eine durchgängige Nachverfolgung der Verlässlichkeitsanforderungen als auch die Aktualisierung der Verlässlichkeitsanforderungen sowohl an das Produkt als auch das UNW möglich ist. Hierdurch wird die systematische und verlässliche Gestaltung von UNW und ihren PSS in der Produktentwicklung ermöglicht. Durch die Einbindung von fachspezifischen Modellen in das DeCoDe-Systemmodell des Produkts wird sichergestellt, dass Daten und Informationen für das Entwicklerteam nach Durchlauf jeder neuen Methode aktualisiert bereitgestellt werden. Zudem werden durch die Nutzung von e-DeCoDe, das auf den Prinzipien von DeCoDe aufbaut und die soziale Sicht in das sozio-technische System mit einbringt, die Kopplung und der Datentransfer zwischen dem UNW-Modell und den Produktenmodellen des UNW ermöglicht.

Dadurch ist zum einen das Prinzip des iterativen Vorgehens und des kontinuierlichen Updates von Modellen erfüllt. Des Weiteren ist sowohl DeCoDe als auch e-DeCoDe eine Modellierung mit standardisierten, einheitlichen Sichten, die zudem das Prinzip der minimalen Modelle erfüllt.

Durch die im Laufe der Zeit aktualisierten Modelle (für UNW und Produkt) ist zudem die Nachverfolgung der Verlässlichkeitsanforderungen über die Zeit möglich, indem die einzelnen Modelle unterschiedlichen Datums miteinander verglichen werden können. Dies ist vor allem dann hilfreich, wenn bei der Gestaltung des UNW Sachargumente für die Weiterentwicklung der Organisation in der Diskussion mit betroffenen Parteien des UNW benötigt werden.

6.4 Betrachtung von Szenario D: „Verlässliche Großprojekte in UNW“

Netzwerke, die PSS produzieren, gehen mit ihren Partnern oft zeitlich begrenzte Kooperationen ein (Detecon Consulting 2016). Dementsprechend hat die Entwicklung von PSS oft den Charakter eines Großprojekts. Dies bedeutet, dass sich bspw. Unternehmen in einem Netzwerk für die Entwicklung der Anlage zusammenschließen, nach Ablauf des Projekts dann aber wieder als Konkurrenten am

Markt agieren. Diese Dynamik führt dazu, dass eine verlässliche Weiterentwicklung der Unternehmens- und Mitarbeiterkompetenz nur über die einzelnen Projekte gelenkt werden kann. Um eine langfristige und verlässliche Entwicklung von Unternehmen und Personal zu ermöglichen, sind die einzelnen Projekte über den Verlauf der Zeit zielgerichtet hinsichtlich Lessons Learned, Personal-/Kompetenzentwicklung sowie Wissensmanagement zu koordinieren und zu gestalten (Schlüter und Schlüter 2015).

Hierzu bedarf es einer projektbasierten Kompetenzentwicklung - nicht nur für das einzelne Unternehmen, sondern auch das UNW. Denn nur, wenn die Kompetenzentwicklung der einzelnen Unternehmen im UNW abgestimmt wird, ist eine zielgerichtete Weiterentwicklung möglich. Hierfür sind im Detail folgende Kernfragen zu lösen:

- Wie werden Projektprozesse innerhalb des UNW einzelnen Partnern und Personen entsprechend der vorhandenen Komponenten, Ressourcen und Kompetenzen im Bereich Verlässlichkeit zugeordnet?
- Wie werden in den Projektprozessen einzelne Netzwerkpartner und Personen bezüglich ihrer Kompetenzen, Komponenten und Ressourcen im Bereich Verlässlichkeit standardisiert abgebildet?
- Wie werden die Kompetenzen und Ressourcen einzelner Netzwerkpartner/Personen über einzelne Projekte hinaus zielgerichtet und verlässlich weiterentwickelt?

Als Problem wird im Rahmen des GSE die zielgerichtete Entwicklung der Kompetenzen von Unternehmensmitarbeitern, die in dynamisch ausgelegten Netzwerken PSS-Entwicklungsprojekte durchführen, fokussiert. Das Netzwerk, das als System fokussiert wird, besteht aus diversen Experten (siehe Abbildung 35), die bei unterschiedlichen Netzwerkpartnern unter Vertrag sind.

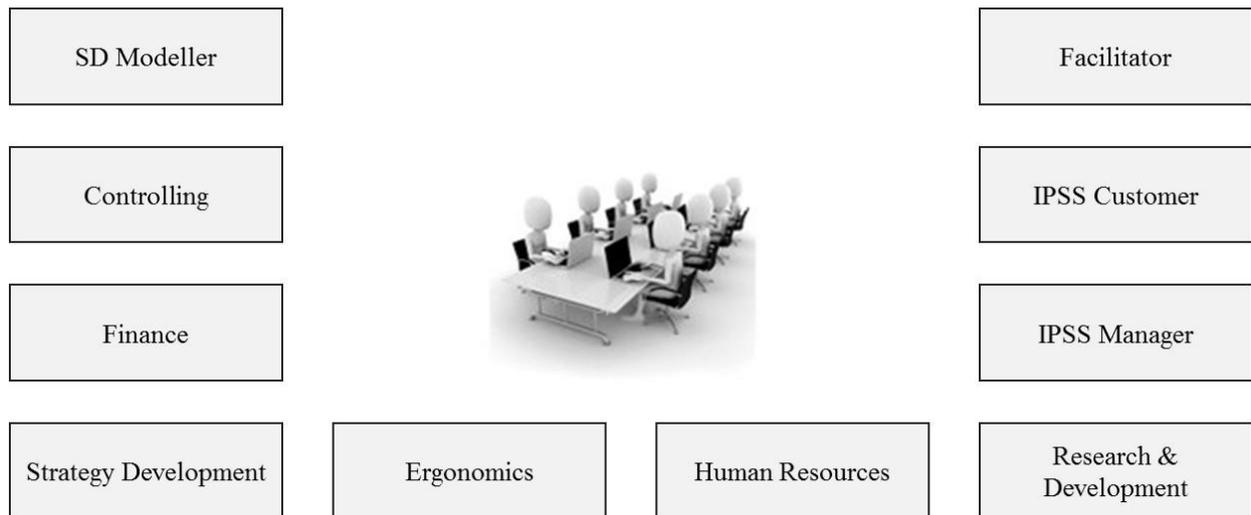


Abbildung 35: Zusammensetzung eines interdisziplinären Projektteams für die Entwicklung von PSS in Anlehnung an (Schlüter und Schlüter 2015)

Das Produkt, das das UNW durch seine Wertschöpfungsprozesse realisiert, ist ein industrielles Produkt-Service-System (IPSS), dessen Lebenszyklusphasen von Gegusch und Seliger (Gegusch und Seliger 2012, S. 195) wie folgt skizziert werden (siehe Abbildung 36, links) und bezüglich der Entwicklungsphase von Meier (Meier 2012, S. 48) folgende Prozessentwicklungsschritte durchlaufen (siehe Abbildung 36, rechts).

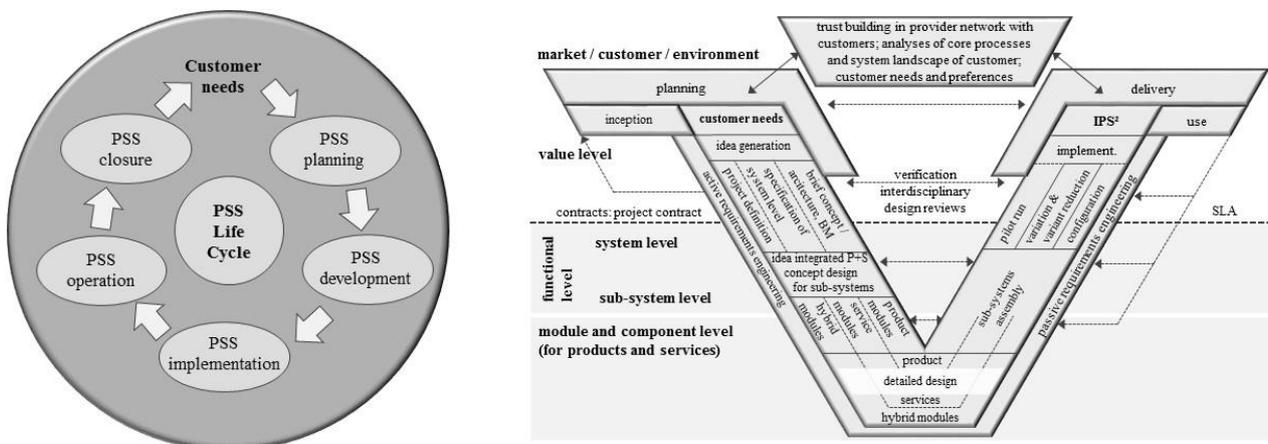
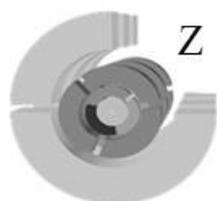


Abbildung 36: PSS-Lebenszyklusphasen in Anlehnung an (Gegusch und Seliger 2012, S. 195) und der generische PSS-Entwicklungsprozess nach (Meier 2012, S. 48) in (Schlüter und Schlüter 2015)



Im Rahmen des Zielbildungsmoduls wird für die projektbasierte Kompetenzentwicklung im UNW das theoretische Konzept definiert, so dass entlang der durchgeführten Entwicklungsprojekte von IPSS Toolkits in das Projektmanagement implementiert werden, die das Planen, Messen und Entwickeln von Kompetenzen für die verlässliche Gestaltung von PSS über einzelne Projekte hinaus langfristig ermöglichen. Dabei soll das Toolkit so gestaltet werden, dass es in unterschiedliche Projektmanagement-Vorgehensweisen integrierbar und eine gemeinsame, für alle UNW-Partner nutzbare, standardisierte Basis

für die verlässliche Kompetenzentwicklung ist. Wie Abbildung 37 darstellt, ist hierzu ein Koordinierungsprozess im Netzwerk vorgesehen, der die Administration des Personals über die Projekte hinweg bündelt, während in den einzelnen Projekten das zu entwickelnde Toolkit bereitgestellt wird (Schlüter und Schlüter 2015).

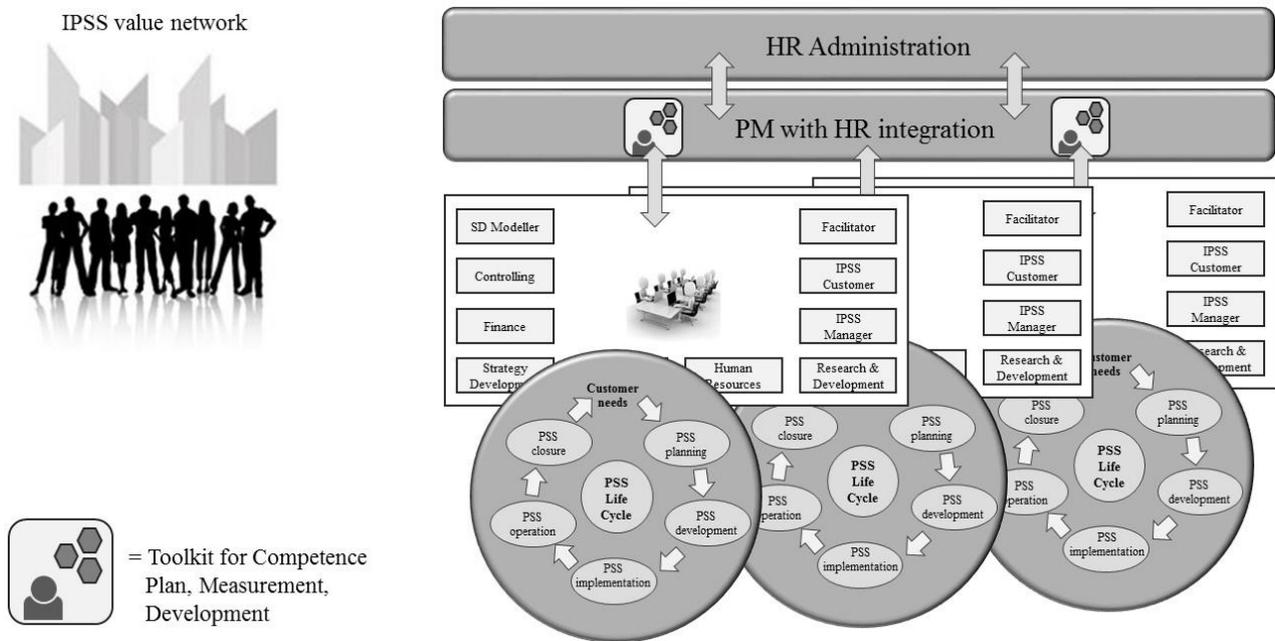


Abbildung 37: Theoretisches Konzept für das kompetenzbasierte Projektmanagement für die IPSS-Entwicklungsprojekte in UNW in Anlehnung an (Schlüter und Schlüter 2015)

Nachdem das Problem und das System definiert sowie die Zielstellung festgelegt worden sind, gilt es im nächsten Schritt zunächst die Verlässlichkeitsanforderungen an die zu entwickelnde Vorgehensweise für das kompetenzbasierte Projektmanagement zu erarbeiten. Dabei ist das Vorgehen zu vergleichen mit dem in Kapitel 6.1 dargelegten Vorgehenskonzept zur Erfassung und Handhabung von Verlässlichkeitsanforderungen an ein System.

Hierzu wurden Expertengespräche mit Mitgliedern der Projektteams, der Projektleitung und der Geschäftsführung der UNW-Partner, die als relevante Stakeholder identifiziert wurden, geführt. Dabei ergaben sich unterschiedlichste Verlässlichkeitsanforderungen an verschiedene Themenbereiche rund um das Kompetenzmanagement, wobei vor allem die Besonderheiten der interdisziplinären, projektbasierten IPSS-Entwicklung von großer Bedeutung waren. So wurde von allen Befragten die Bestimmung von Kompetenzprofilen fokussiert auf projekt-, arbeitspaket- und zielland-bezogene Sollkompetenzen gefordert. Die Methodik soll in die klassische Projektplanung einzubinden sein. Die ermittelten Sollkompetenzen für die verlässliche Entwicklung von PSS dienen dabei der gezielten Suche nach geeigneten Mitarbeitern im Unternehmen, die die für die Projektumsetzung einbringen bzw. aufbauen (Kompetenz-Roll-Out). Es soll mitberücksichtigt werden, dass Mitarbeiter mit Mig-

rationshintergrund eine hohe Eignung aufweisen, da sie u.a. ein höheres kulturelles Verständnis einbringen (Kowalski und Franken 2006). Zudem sollen insbesondere ältere Mitarbeiter als Verlässlichkeit-Coachs für die Projekte zur Verfügung stehen, was auch (Iller 2005) empfiehlt. Die Coaching Eignung zur Verlässlichkeit ergibt sich dabei aus ihrer langjährigen Prozess- und Projekterfahrung, der Erfahrung mit unterschiedlichen kulturellen Gruppen aufgrund von Auslandseinsätzen, ihrer über Arbeitserfahrung geformten Kompetenzen hinsichtlich leistungsbezogener Belastbarkeit, Stressreagibilität, kultureller Offenheit und Kommunikationsfähigkeit (Weitergabe von Wissen).

Das bereits zuvor erwähnte Kompetenz-Roll-Out soll auf einem anforderungskonformen Soll-Ist-Vergleich projektspezifisch erforderlicher und personell gegebener Kompetenzen basieren. Der gezielte kompetenzorientierte Einsatz von Personal bietet ein hohes Potenzial zur Reduzierung von Hemmnissen wie Culture Gaps oder Wissenslücken im Bereich der Verlässlichkeit. Die Weiterentwicklung des ressourcengesteuerten Projektmanagements zum kompetenzbasierten Projektmanagement soll eine nachhaltige und bedarfsgerechte Kompetenz- und Personalentwicklung in den Unternehmen bzw. UNW ermöglichen angesichts begrenzter personeller Ressourcen.

Es sollen eine konsequente Integration der Vorgehensweise in das Projektmanagement, die Entwicklung geeigneter Methoden für die Ermittlung projekt- und zielland-spezifischer Soll- und Ist-Kompetenzen und ihres Abgleichs mit dem Ziel eines möglichen großen Fits realisiert werden. Um die Verlässlichkeitsanforderungen, die in den Gesprächen direkt oder indirekt benannt wurden, im weiteren Verlauf der Gestaltung eines kompetenzbasierten Projektmanagements systematisch umsetzen zu können, wurden diese nach Thema strukturiert. Alle Verlässlichkeitsanforderungen wurden zudem nach „Muss“- und „Kann“-Anforderungen priorisiert, was bedeutet, dass die „Muss“-Anforderungen zwingend zu realisieren sind, während die „Kann“-Anforderungen optional sind. Eine Übersicht der Strukturierung und Bewertung bietet nachfolgende Tabelle 13.

Tabelle 13: Liste der nach Themenfeld strukturierten Anforderungen an das projektbasierte Kompetenzmanagement in Anlehnung an (Schlüter und Schlüter 2015)

Thematischer Aspekt	IPSS-Anforderungen an das Personalwesen Schlagwörter	IPSS-Anforderungen an das Personalwesen Details	Priorisierung
IPSS als Alleinstellungsmerkmal	Definierter Mitarbeiter-Mehrwert	Bedarf an Mitarbeiter-Branding, um Talentanwendungsdauer und –kosten zu senken sowie Mitarbeiterzufriedenheit zu erhöhen.	Muss
IPSS als Alleinstellungsmerkmal	Effizientes Kompetenzmanagement (außerhalb des Personalwesens)	Bedarf an innovativen und dynamischen, internationalen Projektmanagementkulturen sowie eine nachhaltiger Experten-Pool.	Muss
IPSS Prozess	Richtlinien und Verfahrensanweisungen im Personalwesen	Bedarf an transparenten Richtlinien für bspw. Work-Life-Balance, externe Talent-Pools, etc.	Kann
		Bedarf an Management-Richtlinien, die mit den IPSS Lebenszyklusphasen und damit einhergehenden Kompetenzen verknüpft sind.	Muss
IPSS Prozess	Effizientes Kompetenzmanagement (innerhalb des Personalwesens)	Bedarf an qualifizierter Organisation mit transparenter Talentmanagement-Strategie.	Muss
		Bedarf an Kompetenzmanagement-Software.	Kann
IPSS Netzwerk	Aktive Partnerschaften im Personalwesen	Bedarf an Kompetenzmanagement und –entwicklung, sowohl qualitativ als auch quantitativ, innerhalb eines spezifischen Projektes sowie projektübergreifend.	Muss
		Bedarf an einem Personaler als konstantes Teammitglied in IPSS Projekten.	Muss
		Bedarf an Kompetenzmanagement-Software.	Kann
IPSS Projekt Teams	Effizientes Kompetenzmanagement (innerhalb und außerhalb vom Personalwesen)	Bedarf an Kompetenzprofilen, Jobbeschreibungen für alle Systemebenen und für multifunktionale Rollen.	Muss
		Bedarf an Kompetenzmanagement-Software.	Kann
IPSS Project Teams	Effizientes Kompetenzmanagement (innerhalb und außerhalb vom Personalwesen)	Bedarf an variablen Teamzusammensetzungen.	Muss
		Bedarf an Kompetenzmanagement-Software.	Kann

Um die oben genannten Verlässlichkeitsanforderungen an das projektbasierte Kompetenzmanagement zu realisieren, wurde im Zielbildungsmodul des GSE ein Vorgehenskonzept erarbeitet, dessen Schrittfolge in Abbildung 38 visualisiert ist.

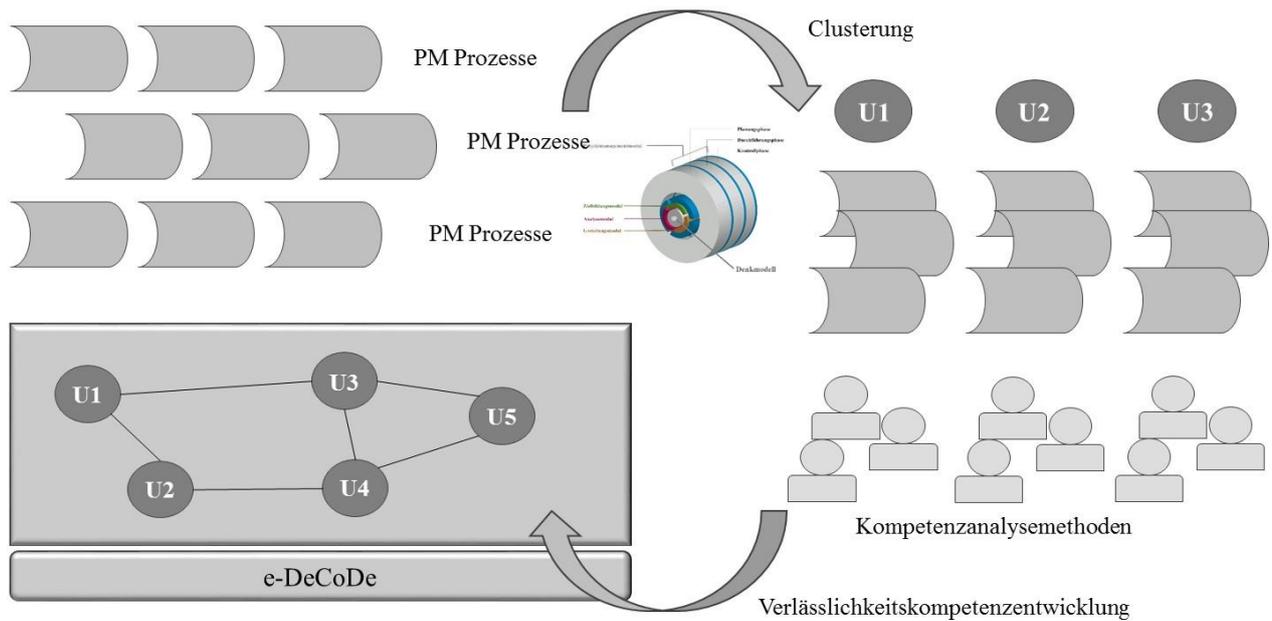


Abbildung 38: Vorgehensweise zur Erarbeitung einer projektbasierten Kompetenzentwicklung für UNW

So sind zunächst die Projektmanagementprozesse der verlässlichen PSS-Entwicklung vom Allgemeinen zum Detail hin für die einzelnen UNW-Partner zu erfassen, abzugleichen und bei Bedarf abzustimmen. Im nächsten Schritt werden die Prozesse je UNW-Partner geclustert und die Soll-Kompetenzprofile für die einzelnen Prozesse definiert.

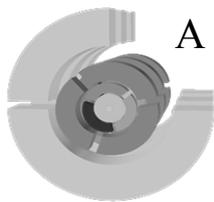
Anschließend wird auf Basis der Soll-Profile und der Projektprozesse ermittelt, welche Kompetenzanalysemethode am besten dafür geeignet ist, im Rahmen des verlässlichen Projektmanagements die Ist-Kompetenzen kontinuierlich zu erfassen, mit den Soll-Kompetenzen abzugleichen und Input für eine zielgerichtete, verlässliche Kompetenzentwicklung bereit zu stellen. Die hierbei gewählte Lösung ist dann im nächsten Schritt in das Projektmanagement und das UNW im Rahmen des GSE-Gestaltungsmoduls mit entsprechend geeigneten Methoden zu realisieren.

Einen Überblick über die im Rahmen des Vorgehenskonzepts schrittweise eingesetzten Methoden gibt hierbei nachfolgende Tabelle.

Tabelle 14: Eingesetzte Methoden im Rahmen des Vorgehenskonzepts zur Verlässlichen Gestaltung von Großprojekten in UNW

Schritt des Vorgehenskonzepts	Ausgewählte Methode(n)	Literaturverweis(e)
Basis-Informationen zu Projektprozessen und Soll-Profilen	<ul style="list-style-type: none"> • Blackbox-Ansatz • Erweitertes Blueprint • Prozessflussdiagramm 	<ul style="list-style-type: none"> • (Haberfellner 2012) • (Schlüter 2013) • (Masing et al. 2014)
Kompetenzanalyse	<ul style="list-style-type: none"> • Kompetenzcockpit • Interview • Fokusgruppe 	<ul style="list-style-type: none"> • (Wank 2005) • (Beckmann und Langer 2009) • (Schulz 2012)
Interpretation	<ul style="list-style-type: none"> • Kompetenzcockpit 	<ul style="list-style-type: none"> • (Wank 2005)
Implementierung	<ul style="list-style-type: none"> • Kompetenzcockpit • Projektplanung • Prozesslandkarte 	<ul style="list-style-type: none"> • (Wank 2005) • (Zimmermann et al. 2010) • (Schallmo, Daniel R. A und Brecht 2014)

6.4.1 Schritt 1: Basisinformationen zu Projektprozessen und Soll-Profilen von Verlässlichkeitskompetenzen



A

Basierend sowohl auf den bereits bekannten Informationen zum UNW-System als auch auf allgemeingültigen Prozessen internationaler Projekte von Unternehmensnetzwerken sind die Subprozesse mittels Service Blueprint und Prozessflussdiagrammen erarbeitet und diese dann den verschiedenen Ebenen (Netzwerk, Unternehmen, Personen) zugeordnet worden. Die Prozesse wurden den Projektprozessen der einzelnen Projektindustriepartner gegenübergestellt, um eine gemeinsamen Ausgangsbasis zu schaffen und branchenspezifisch (Fokus auf PSS-Entwicklung und ihre Besonderheiten) evaluiert. Ergebnis war ein gemeinsames Prozessverständnis der identifizierten Projektprozesse bzw. –subprozesse, gekoppelt mit Leistungsindikatoren der Verlässlichkeit und Soll-Kompetenzen für die verlässliche Leistungserfüllung. Hierbei kann die bereits in Kapitel 6.2 beschriebene Vorgehensweise zur Modellierung von UNW genutzt werden.

6.4.2 Schritt 2: Kompetenzanalyse



G

Anhand der ermittelten Prozesse und Soll-Kompetenzen im Themenfeld Verlässlichkeit sowie ihres Vergleich mit dem aktuellen Wissenstand wird der Rahmen für ein kompetenzbasiertes Projektmanagement geschaffen, das die Verlässlichkeit der Projektarbeit erhöhen soll. Dazu werden Soll-Kompetenzen kontrastiv für die einzelnen Prozesse und damit verknüpfte Rollen auf den unterschiedlichen Ebenen des Systems betrachtet und mit Ausprägungsmerkmalen verknüpft, um sie messen und Zielwerte für den

Soll-Stand definieren zu können (siehe auch Abbildung 39). Dieser Soll-Stand ist anzustreben, um eine verlässliche Projektierung durchführen zu können.

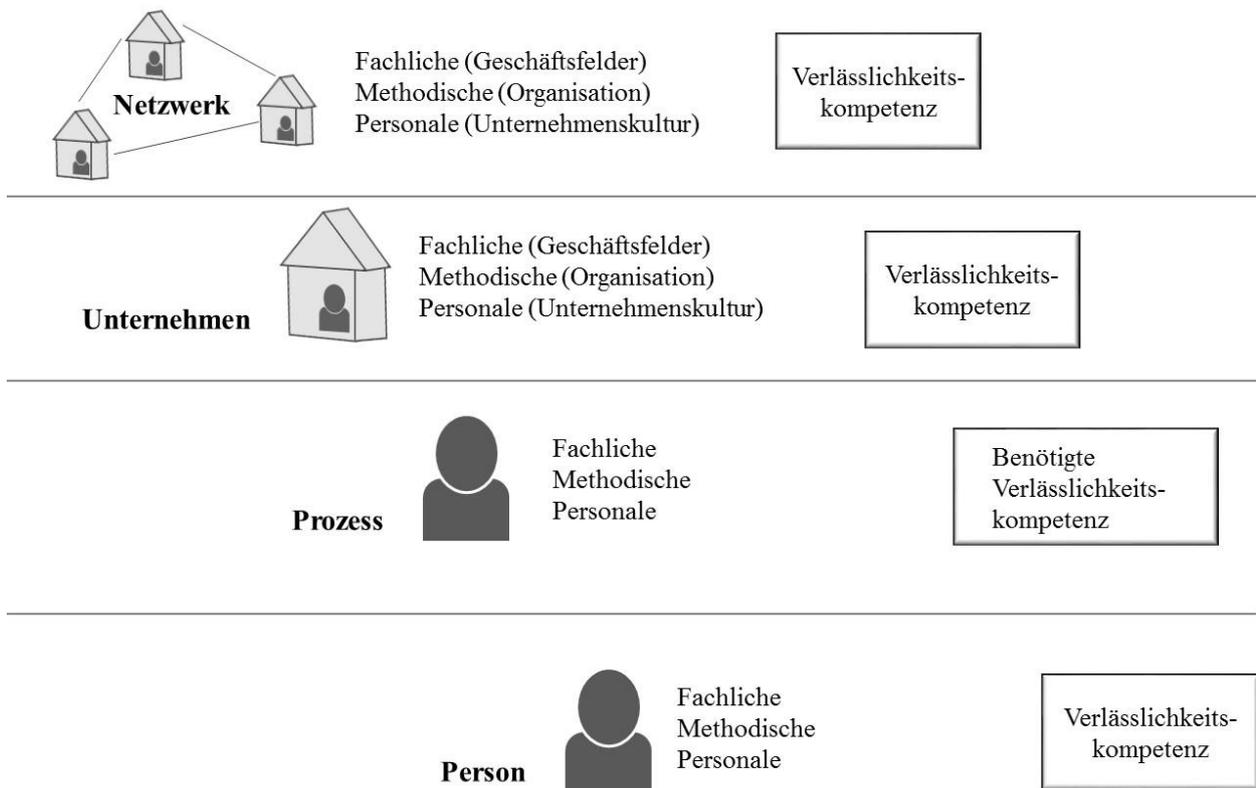


Abbildung 39: Erhebung von Soll-Kompetenzen auf allen Ebenen in Anlehnung an (Wank 2005)

Hierzu bringen die Partnerunternehmen ihre Erfahrungen und Kompetenzbedarfe je Projektprozess im Rahmen von Workshops mit in die Entwicklung der Soll-Profile ein. Ergebnis ist eine prozessorientierte Kompetenz-Landkarte für verlässliche PSS-Projekte als Ausgangspunkt für die Durchführung von Kompetenzmessungen, die im nachfolgenden Schritt den Ist-Zustand von Kompetenzen einer Person erfassen und abbilden. Die Messungen erfolgen mit einem Methodenmix (Interview mit Arbeitnehmer & Arbeitgeber, Fokusgruppe) und lehnen sich an das bereits in Kapitel 6.2 beschriebene Vorgehen zur Definition von Soll-Kompetenzprofilen, der Messung von Ist-Kompetenzen und deren Abgleich an. Hierdurch werden die für die Verlässlichkeit im Projekt benötigten Kompetenzen der verantwortlichen, bzw. nutzenden Personen je Projektsprozess erfasst (IST) und anschließend dem Soll-Wert (benötigte Kompetenzen und ihre Ausprägungen im Prozess) gegenüber gestellt, um Input für die Kompetenzentwicklung über mehrere Projekte hinweg zu erhalten, die wiederum in die einzelnen Projekte mit konkreten Zieldefinitionen zurückzuführen sind. Auf diese Weise können Anforderungen und Hemmnisse bezüglich der Verlässlichkeit in einem einzelnen Projekt gegeneinander geprüft und projektübergreifend in Änderungs- und Optimierungsprofile überführt werden.

6.4.3 Schritt 3: Interpretation



G

Ziel in diesem Schritt ist es, eine Interpretation der Ergebnisse aus der Kompetenzerhebung für UNW und UNW-Partner zu ermöglichen, um die verlässliche Kompetenzentwicklung systematisch und zielgerichtet voranzutreiben. Die ermittelten Soll- und Ist-Kompetenzen werden verglichen und Handlungsbedarf für die Weiterentwicklung von Kompetenzen abgeleitet. Auf Basis der

zu Beginn ermittelten Verlässlichkeitsanforderungen und der Rahmenbedingungen, die ein UNW und die Projektarbeit mit sich bringen, erweist sich das Kompetenzcockpit nach Wank (Wank 2005) als geeignete Methode.

Auf Basis der erhobenen Prozesse, Soll-Kompetenzen und vorhandenen Ist-Kompetenzen kann festgestellt werden, welche Kompetenzen bei konkreten Personen im Rahmen von Schulungen oder gar Personalwechsel zu fördern sind. Darüber hinaus ergibt sich eine Übersicht, welche Verlässlichkeitskompetenzen sowohl auf UNW-Partnerebene als auch im gesamten Netzwerk bisher ungenutzt sind und für zukünftige Projekte zur Verfügung stehen (siehe Abbildung 40).

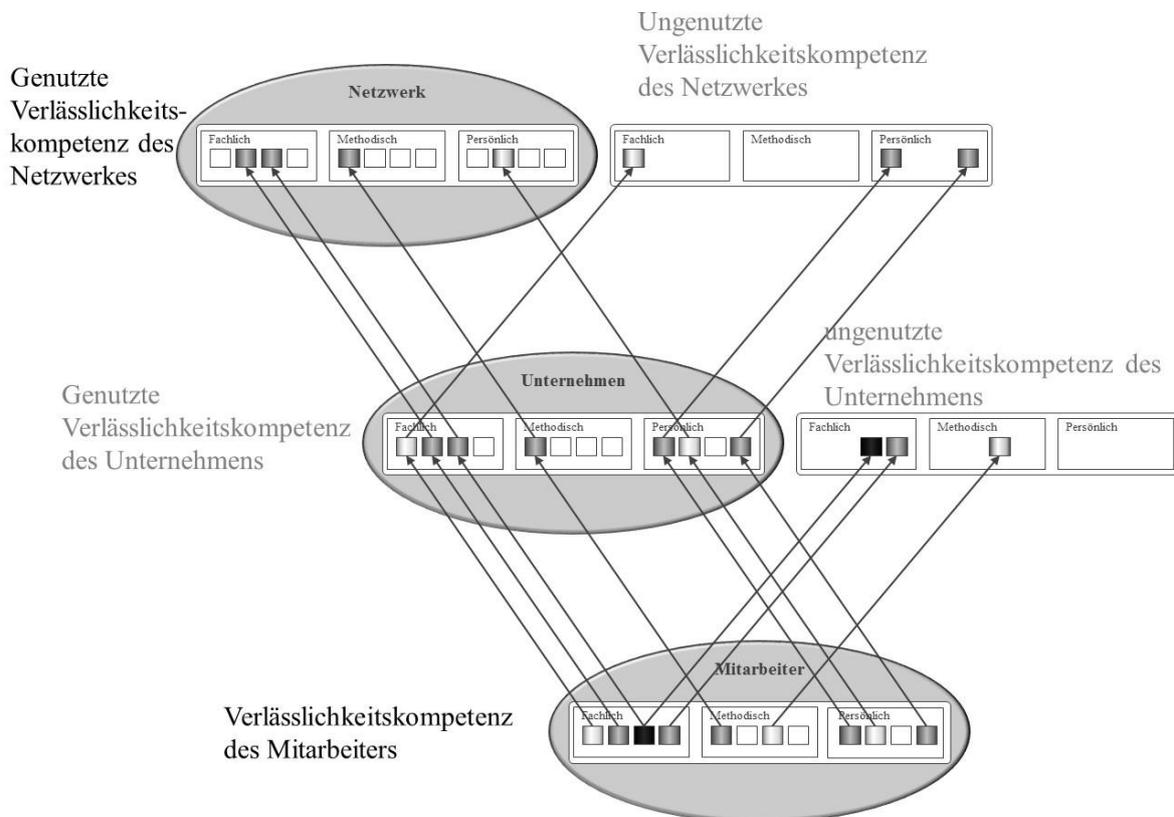


Abbildung 40: Kompetenzpotentiale im Netzwerk erkennen in Anlehnung an (Wank 2005)

Diese ungenutzten Kompetenzen, die durchaus auch außerhalb des bisherigen Produkt- und Dienstleistungsportfolios des UNW liegen, können zudem als Input für eine SWOT-Analyse (siehe auch

(Simon und von der Gathen, A. 2002)) genutzt werden, um neue Marktfelder für das UNW zu erschließen.

Bezüglich der Erkenntnisse der zu fördernden Verlässlichkeitskompetenzen bei den Mitarbeitern des UNW sind entsprechende Personalentwicklungsmaßnahmen zu planen und zu koordinieren (siehe Abbildung 41).

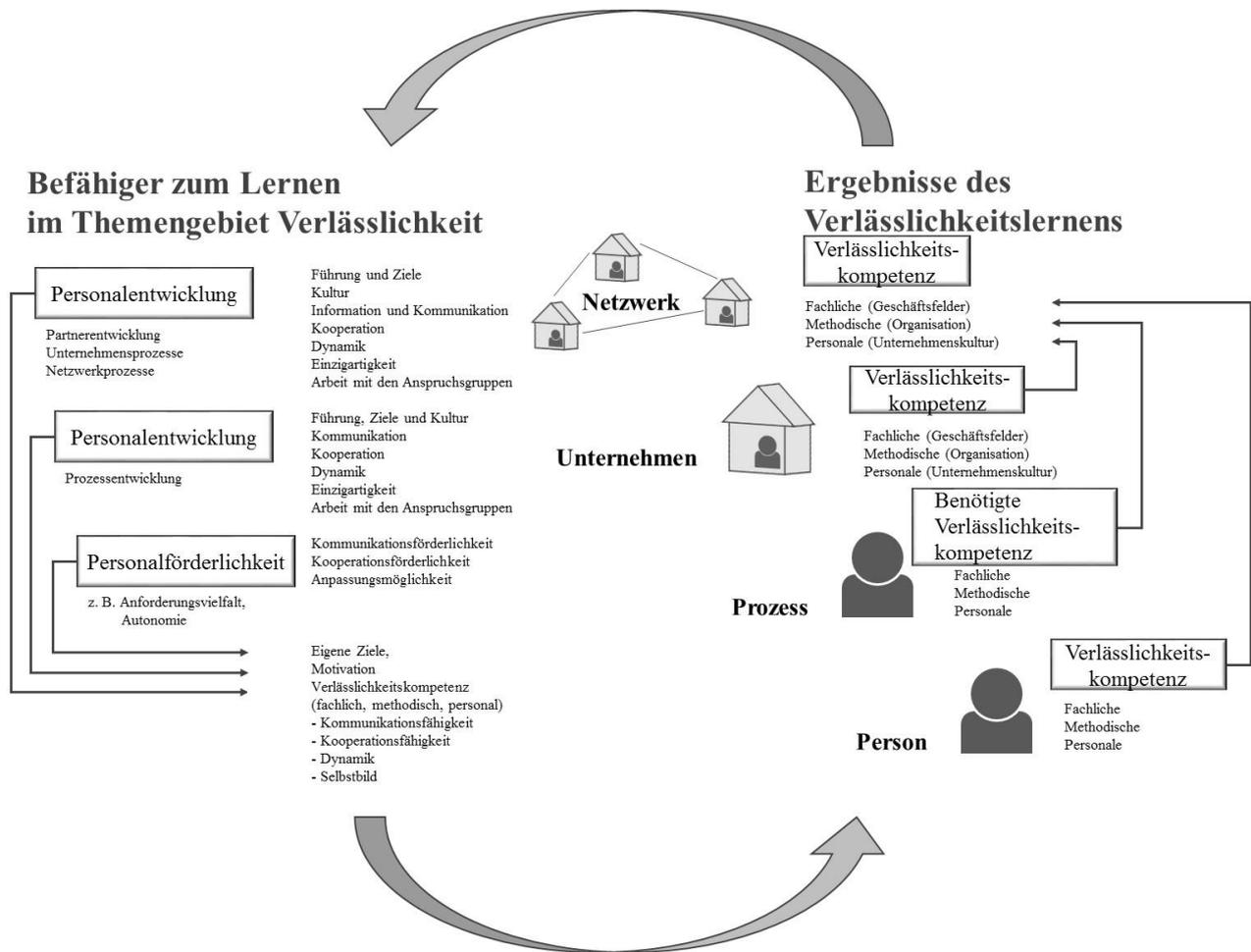


Abbildung 41: Planung der Personalentwicklung auf Basis des identifizierten Kompetenzbedarfs (in Anlehnung an (Wank 2005))

Hierbei werden die Kompetenzbedarfe aus der Soll-Ist-Analyse von der Prozessebene über die Unternehmensebene bis hin zur Netzwerkebene kumuliert und thematisch geclustert. Für die einzelnen Themen der Verlässlichkeit werden dann über die Personalentwicklung entsprechende Schulungen organisiert und unter Einbeziehung des Führungspersonals unterstützend zwecks Transparenz und Motivation Personalgespräche geführt, um die fehlenden Verlässlichkeitskompetenzen beim Personal aufzubauen.

6.4.4 Schritt 4: Implementierung



Um die projektbasierte Kompetenzmessung im UNW für die verlässliche IPSS-Entwicklungen nachhaltig zu realisieren, ist die Vorgehensweise des Kompetenzcockpits nach erfolgreichem Testlauf gemäß des Plan-Do-Check-Act-Ansatzes nach Deming (siehe hierzu (Kamiske 2009)) zur kontinuierlichen Nutzung innerhalb des Projektmanagements des UNW zu implementieren.

Hierzu ist das Projektmanagement mit seinen entsprechenden Werkzeugen um das Kompetenzcockpit zu erweitern. Als Schnittstelle hierfür empfiehlt sich die Prozesslandkarte des UNW, die bereits im Rahmen von Schritt 1 (siehe Kapitel 6.4.1.) erarbeitet wurde. Sowohl die Instrumente des Projektmanagement als auch das Kompetenzcockpit orientieren sich an den Prozessen, die dort abgebildet sind.

Die größte Herausforderung hierbei ist, die Software-Tools, die das Projektmanagement und das Kompetenzcockpit (siehe Abbildung 42) unterstützen, mit entsprechenden Schnittstellen zu versehen.

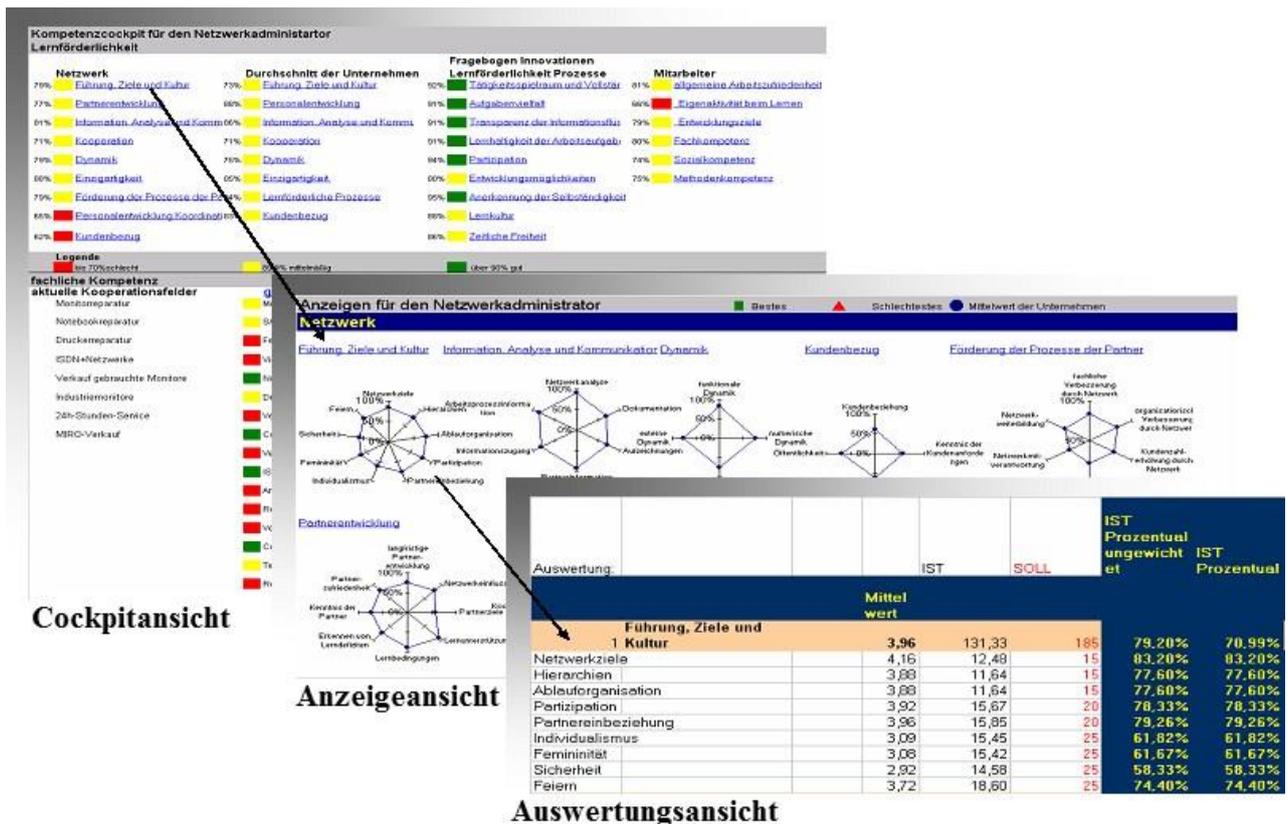


Abbildung 42: Screenshots des Software-Tools zur Unterstützung des Kompetenzcockpits in Anlehnung an (Wank 2005)

So bietet bspw. das Software-Tool zum Kompetenzcockpit nach Wank (Wank 2005) Übersichten über die Kompetenzen je einzelnen Prozess. Wenn die Prozesse eines Projekts, die ebenfalls in den Software-Tools des Projektmanagements hinterlegt sind, als Schnittstelle herangezogen werden, ist

somit für die unterschiedlichen Softwaresysteme an dieser Stelle ein entsprechender Datenaustausch zu implementieren. Natürlich ist ein Software-Tool, das alle Funktionalität ineinander vereint, wünschenswerter, doch dessen Einführung ist mit einem hohen Zeit- und Kostenaufwand verbunden.

6.5 Betrachtung von Szenario E: „Verlässlichkeit von UNW bei Stakeholdern prüfen“

Während in den vorherigen Anwendungsbeispielen die Realisierung der Verlässlichkeit fokussiert wurde, wird hier der Forschungsfrage nachgegangen, wie die Realisierung der Verlässlichkeit in Unternehmensnetzwerken gemessen werden kann. Dabei reicht die Messung der Verlässlichkeit von der Prozessleistungsmessung im Unternehmensnetzwerk, über die Überprüfung der Anforderungserfüllung von den im UNW geschaffenen Produkten/Dienstleistungen/PSS bis hin zur Kundenzufriedenheitsmessung bezüglich der Verlässlichkeitsanforderungen.

Hierzu sind folgende Fragen zu lösen, wie bereits in Kapitel 4.2.5 angesprochen:

- Welche Verlässlichkeitsanforderungen sind je Prozess und Verantwortlichen zu betrachten?
- Welche Methoden sind zur Überprüfung der Erfüllung von Verlässlichkeitsanforderungen geeignet?
- Wie kann die Erfüllung der Verlässlichkeitsanforderungen bei UNW als auch den Produkten/ Dienstleistungen/ PSS des UNW kontinuierlich gemessen werden?
- Wie werden die Messergebnisse bezüglich der Erfüllung der Verlässlichkeitsanforderungen abgebildet und den jeweiligen Verantwortlichen für den kontinuierlichen Verbesserungsprozess zur Verfügung gestellt?

Da Verlässlichkeitsanforderungen eine Teilmenge aller Anforderungen verschiedenster Stakeholder an ein System darstellen, sind Messmethoden, die alle Arten von Anforderungen handhaben können, für diesen Anwendungsfall geeignet. Darüber hinaus kann davon ausgegangen werden, dass Methoden, die unterschiedlichste Stakeholder und ihre Anforderungen verarbeiten können, für die Nutzung in diesem Zusammenhang ebenfalls geeignet sind. Dementsprechend werden hier Kundenzufriedenheitsmessungen fokussiert, die für komplexe UNW mit diversen Stakeholdern geeignet sind.

Der Bedarf an einer solchen Methode wurde im Rahmen des Projekts VeRSiert⁵ ersichtlich. Es galt, das Sicherheitsempfinden von Fahrgästen des Öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) zu erfassen. Dabei ist das Sicherheitsempfinden eine vom Menschen individuell wahrgenommene Emotion, die durch Safety-Aspekte (bspw. bauliche Maßnahmen) und Security-Aspekte (bspw. Anwesenheit

⁵ BMBF-Projekt VeRSiert – Sicherheit im ÖPNV bei Großveranstaltungen: Vernetzung von Verkehrsunternehmen, Einsatzkräften, Veranstaltern und Fahrgästen des ÖPNV

von Wachpersonal) beeinflusst wird. Es stellte sich direkt zu Beginn des Projekts heraus, dass bisherige Methoden für Unternehmensnetzwerke (im betroffenen ÖPNV-Netzwerk arbeiten fünf voneinander unabhängige Organisation zusammen, um die Sicherheit im ÖPNV im städtischen Raum zu gewährleisten) nicht geeignet sind. Es ergab sich zum einen das Problem, dass die Überschneidung von Verantwortungsbereichen und parallel erbrachten Leistungen diverser Unternehmensnetzwerkpartner nicht transparent war, und dementsprechend nicht gehandhabt werden konnten. Zum anderen waren die Einflüsse, die die Sicherheit des Fahrgastes beeinflussen, umfangreich und bislang nicht entsprechenden Maßnahmen bzw. Prozessen und Ihren Verantwortlichen zugeordnet (Schlüter 2013).

Zudem waren die Verantwortlichkeiten im Unternehmensnetzwerk nicht klar festgelegt. Es existierte keine Prozesslandkarte für das UNW. Bei der Planung von Befragungen zum Sicherheitsempfinden war die Bereitschaft der einzelnen Unternehmensnetzwerkpartner bezüglich der Bereitstellung von Kundenbefragungskonzepten gering. Auch war eine Zusammenarbeit für ein umfassendes Kundenbefragungskonzept für das gesamte UNW nicht gegeben. Die Bewilligung von Befragungen wurde durch die nicht eindeutig geregelten Verantwortlichkeiten zwischen den Partnern erschwert (Schlüter 2013).

Um die hier skizzierte Problematik zu lösen, wurde eine systematische Methodik zur ganzheitlichen Erfassung der Kundenzufriedenheit (in diesem Fall Erfassung des Sicherheitsempfindens als Bestandteil der Verlässlichkeit von ÖPNV-Systemen) in Unternehmensnetzwerken (KuWiss-Netz) entwickelt, die durch das GSE sowohl die Komplexität von UNW als auch ihre unterschiedlichen (UNW-Partner-) Bedürfnisse handhaben kann (Schlüter 2013).

Im Folgenden wird die beispielhafte Anwendung von KuWiss-Netz (siehe nachfolgende Abbildung) im Rahmen des DyNamic-Ansatz für die Messung des Sicherheitsempfindens im Öffentlichen Personennahverkehrs in Köln dargelegt (Schlüter 2013).

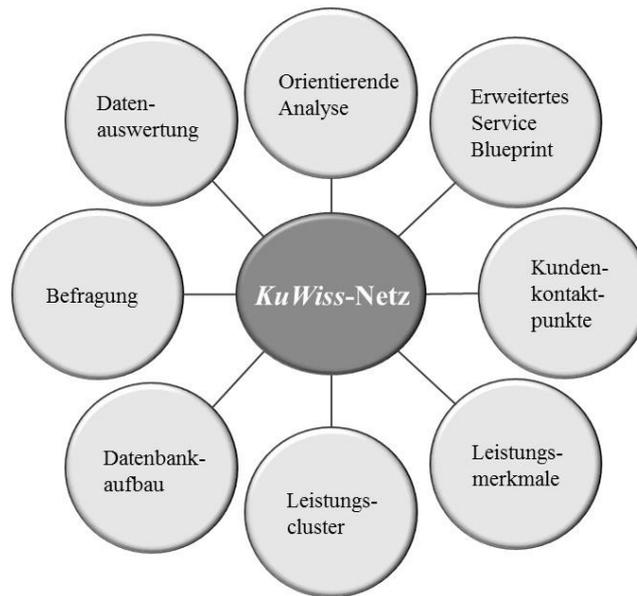


Abbildung 43: Vorgehensweise bei *KuWiss-Netz* (Schlüter 2013)

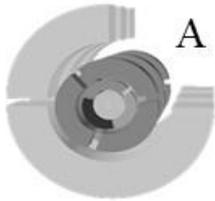
Hierbei werden folgende Methoden im Rahmen des Vorgehenskonzeptes eingesetzt (siehe Tabelle 15).

Tabelle 15: Eingesetzte Methoden im Rahmen des Vorgehenskonzeptes zur Überprüfung der Verlässlichkeit in UNW

Schritt des Vorgehenskonzeptes	Ausgewählte Methode(n)	Literaturverweis(e)
Orientierende Analyse	<ul style="list-style-type: none"> • Blackbox-Ansatz • Sampling • Sekundäranalyse 	<ul style="list-style-type: none"> • (Haberfellner 2012) • (Schlüter und Sochacki 2012) • (Schlüter und Sochacki 2012)
Erweitertes Service Blueprint	<ul style="list-style-type: none"> • Erweitertes Service Blueprint 	<ul style="list-style-type: none"> • (Schlüter 2013)
Kundenkontaktpunkte	<ul style="list-style-type: none"> • Erweitertes Service Blueprint 	<ul style="list-style-type: none"> • (Schlüter 2013)
Leistungsclustermerkmale	<ul style="list-style-type: none"> • Erweitertes Service Blueprint 	<ul style="list-style-type: none"> • (Schlüter 2013)
Leistungscluster	<ul style="list-style-type: none"> • DeCoDe • e-DeCoDe 	<ul style="list-style-type: none"> • (Sitte und Winzer 2011) • (Nicklas 2016)
Datenbankaufbau	<ul style="list-style-type: none"> • DeCoDe • e-DeCoDe 	<ul style="list-style-type: none"> • (Sitte und Winzer 2011) • (Nicklas 2016)
Befragung	<ul style="list-style-type: none"> • Cards & Lights 	<ul style="list-style-type: none"> • (Schlüter 2013)
Datenauswertung	<ul style="list-style-type: none"> • Interpolation • DeCoDe • e-DeCoDe 	<ul style="list-style-type: none"> • (Bollhöfer und Mehrmann 2004) • (Sitte und Winzer 2011) • (Nicklas 2016)

Entsprechend der einzelnen Schritte der Vorgehensweise zu KuWiss-Netz wird die Anwendung der Methode im Rahmen des GSE-Analysemoduls in den kommenden Unterkapiteln dargelegt, um abschließend die Durchführung kritisch zu reflektieren und zu evaluieren.

6.5.1 Schritt 1: Orientierende Analyse



Die orientierende Analyse wurde mit den Ansprechpartnern der Kölner Verkehrsbetriebe (KVB) sowie des Nahverkehrs Rheinland (NVR) durchgeführt. Sie diente der Bestimmung der UNW-Partner, der zu berücksichtigenden Kundengruppen, der Aufnahme der Prozesse sowie der Erfassung der Netzwerktypologie (Schlüter 2013).

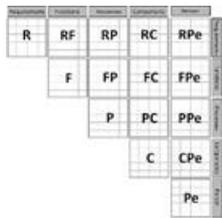
Im Rahmen der Analyse ergab sich, dass es sich beim ÖPNV-Unternehmensnetzwerk um ein heterarchisches Unternehmensnetzwerk mit Netzwerkmanagement handelt (Schlüter 2013).

Die Befugnisse des Netzwerkmanagers sind allerdings beschränkt. Im Tätigkeitsbereich „Kundenzufriedenheit“, worunter auch das Sicherheitsempfinden eines verlässlichen ÖPNV-Systems angesiedelt ist, sind die einzelnen Netzwerkpartner selbst verantwortlich. Daraus resultierte, dass ein Abgleich von Daten zum Sicherheitsempfinden oder eine koordinierte Erhebung dessen weder entlang der horizontalen noch entlang der vertikalen Wertschöpfungskette stattfindet. Sowohl die eingeschränkten Befugnisse innerhalb des Netzwerks als auch die Konkurrenzsituation der einzelnen Partner am Markt führen zu einer nur bedingt transparenten Kommunikations- und Prozessstruktur des Netzwerks. Eine Bereitschaft zur Zusammenarbeit bei der Erfassung des Sicherheitsempfindens ist nicht gegeben. Dies spiegelt sich unter anderem darin wider, dass die Kundenkontaktpunkte zur Befragung der Fahrgäste zwar für die Erhebung des eigenen Leistungsniveaus genutzt werden, aber nicht für die Erhebung der Leistungen anderer Partner. Dementsprechend erfolgt keine netzwerkumfassende, koordinierte Messung des Sicherheitsempfindens oder gar einer umfassenderen Verlässlichkeit (Schlüter 2013).

Dies bedeutet, dass die partnerbezogenen Prozesse und Leistungen des Netzwerks bei einzelnen Unternehmensnetzwerkpartnern dokumentiert, aber nicht dem Gesamtnetzwerk zur Verfügung gestellt werden. Die Erfassung partnerübergreifende Leistungen findet nicht statt (Schlüter 2013).

Auf Basis der Erkenntnisse der orientierenden Analyse ist für das weitere Vorgehen die Nutzung des KuWiss-Netz Leistungsclusters C (weiterführende Information siehe KuWiss-Netz Handlungsleitfaden in Schlüter 2013) und die damit verbundene, getrennte Prozesserhebung sowie Geheimhaltungsregelung heranzuziehen. Dies impliziert auch die Nutzung des erweiterten Service Blueprintings, um die Prozesse mit Auswirkung auf das Sicherheitsempfindens je Netzwerkpartner erfassen zu können (Schlüter 2013).

Bezüglich der zu betrachtenden Kundengruppen für die Analyse des Sicherheitsempfindens wurde die Festlegung getroffen, weibliche und männliche Fahrgäste zu unterscheiden. Des Weiteren wurde in jeder Kundengruppe die Untergruppe Fußballfan fokussiert, um nachvollziehen zu können, ob das Sicherheitsempfinden von weiblichen und männlichen Fußballfans, die den ÖPNV nutzen, sich von der größeren, unspezifischeren Kundengruppe unterscheidet (Schlüter 2013).



Die Erkenntnisse der Orientierende Analyse wurden zudem in e-DeCoDe abgebildet, wobei zunächst die Netzwerkebene mit den einzelnen Partnern und die zwischen ihnen vorhandenen Kommunikationswege bezüglich Kundenzufriedenheitsmessungen abgebildet wurden, wie Abbildung 44 zeigt (Schlüter 2013).

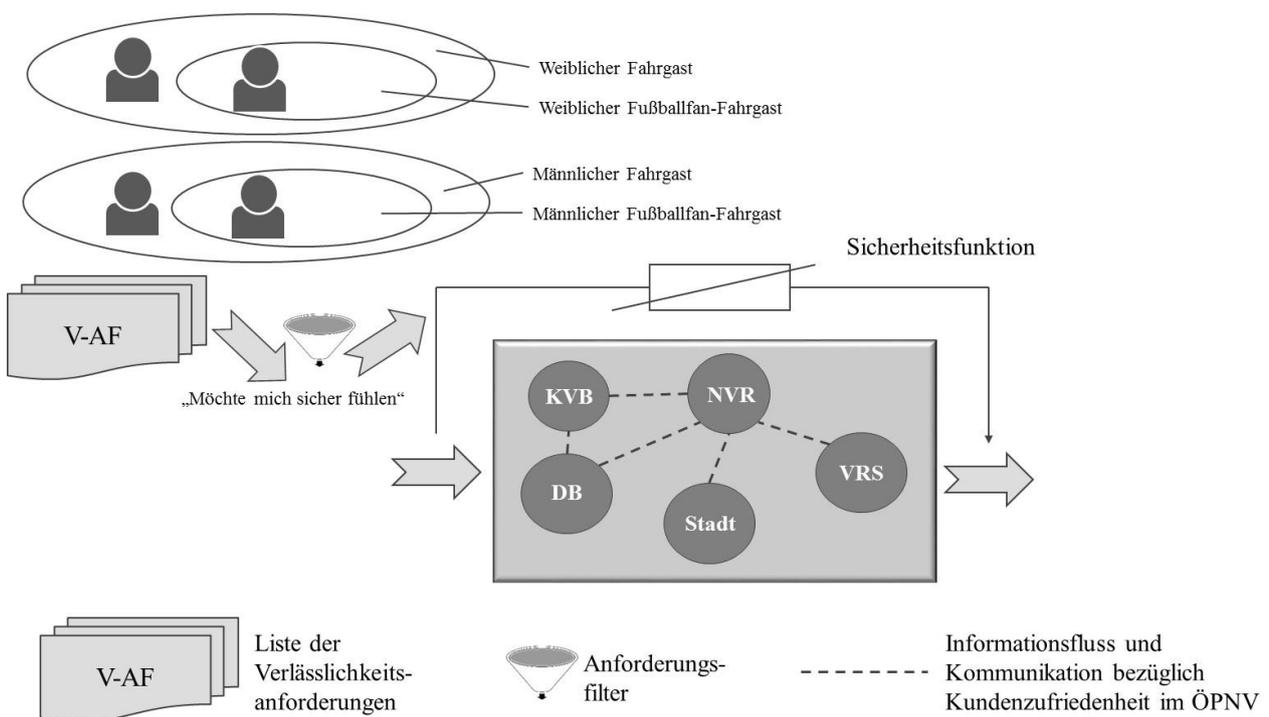
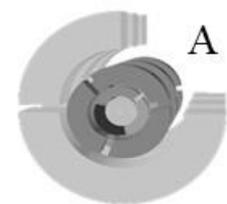


Abbildung 44: Abbildung des UNW mit Kundengruppen und Informationsfluss bzgl. Kundenzufriedenheit als Ergebnis der orientierenden Analyse gemäß KuWiss-Netz

6.5.2 Schritt 2: Erweitertes Service-Blueprinting



Auf Basis der erfassten Partnerstrukturen werden in der zweiten Systemebene zunächst die Prozesse der Fahrgäste für das Szenario „Benutzung der U-Bahn und Ausstieg am Kölner Hauptbahnhof“ bei der KVB erhoben. Weitere Szenarien, bzw. Use-Cases zur Analyse der Verlässlichkeit können selbstverständlich ergänzt werden (Schlüter 2013).

Für die Erstellung des erweiterten Service-Blueprints sind zunächst die Kundenprozesse sowie die Unternehmensprozesse seitens des Netzwerkpartners KVB erfasst worden. Anschließend sind die Prozesse der anderen Unternehmensnetzwerkpartner, die in diesem Szenario relevant sind, ergänzt

worden, so dass ein umfassendes Abbild sowohl der Kunden- als auch der Netzwerkprozesse entstand (Schlüter 2013).

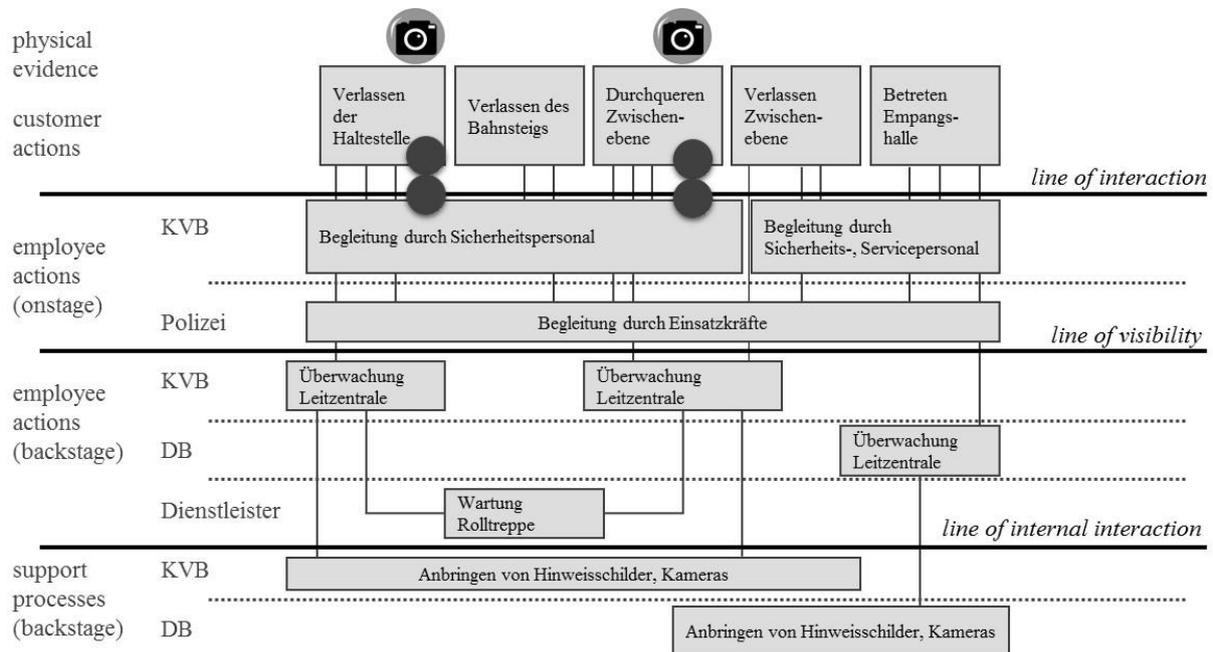


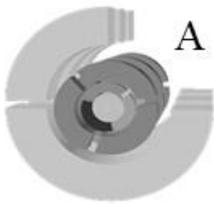
Abbildung 45: Ausschnitt Service Blueprinting „Benutzung der U-Bahn und Ausstieg am Kölner Hauptbahnhof“ in Anlehnung an (Schlüter 2013)

Hierbei stellte sich heraus, dass nicht nur die Prozesse der anderen Unternehmensnetzwerkpartner, sondern auch Prozesse von Externen relevant sind. In diesem Fall sind es die Polizei und die Rettungskräfte, die nach dem Ende des Bundesligafußballspiels des 1. FC Köln zwischenzeitlich sowohl am U-Bahnsteig des Kölner Hauptbahnhofs als auch an der Zwischeneben anwesend sind. Dementsprechend wurde die Systemdefinition um die entsprechenden Externen, die ebenfalls Einfluss auf die Verlässlichkeit des ÖPNV-Systems haben, erweitert und die Erkenntnisse wurden im e-DeCoDe basierten UNW-Modell aktualisiert (Schlüter 2013).

Bei der Erhebung des zusätzlichen Szenarios „Nutzung des ÖPNV zur Anreise zu den „Kölner Lichtern“ (Freiluft-Großveranstaltung am Rhein)“ wurden die Prozesse der Busunternehmen hinzugefügt, damit ein vollständiges Leistungscluster mit den entsprechenden Verantwortlichkeiten erstellt werden konnte, was erneut zu einer Aktualisierung des Systemmodells führte (Schlüter 2013).

Durch die Nutzung des erweiterten Service Blueprintings sind somit alle relevanten Prozesse bezüglich des Verlässlichkeitsaspekts „Sicherheitsempfinden des Fahrgastes“ sowie deren Verantwortliche erfasst worden. Die Erkenntnisse wurden umfassend im UNW-Systemmodell abgebildet und für die nächsten Schritte der KuWiss-Netz Methodik bereitgestellt (Schlüter 2013).

6.5.3 Schritt 3: Kundenkontaktpunkte und Leistungsmerkmale



Im nächsten Schritt sind die erhobenen Kundenprozesse auf Kundenkontaktpunkte mit den Prozessen des UNW hin zu untersuchen. Da die KVB sich bereit erklärte, Befragungen in ihrem Verantwortungsbereich durchzuführen, wurden Kundenkontaktpunkte unter anderem in der Bahn, am Kundeninformationsschalter und am Bahnsteig identifiziert. Da im Verlauf des Projektes VerSiert⁶ beschlossen worden war, dass das Sicherheitsempfinden in Bezug auf die Personendichte erhoben werden sollte, ist die Wahl des zu nutzenden Kundenkontaktpunkte für die Befragung nach dem Sicherheitsempfinden durch den Standort der Kamertechnik eingegrenzt, welche die Anzahl der Personen vor Ort erfasst. Diese war in der Zwischenebene der U-Bahn-Haltestelle Kölner Hauptbahnhof und am Treppenaufgang vom Bahnsteig zur Zwischenebene installiert. Als zu nutzender Kundenkontaktpunkt ist schließlich der „Bahnsteig“ ausgewählt worden, denn hierdurch lassen sich die Befragungsergebnisse zum Sicherheitsempfinden mit dem zu dem Zeitpunkt vorherrschenden Personenaufkommen koppeln (Schlüter 2013).

Ebenso durch das Projekt vorgegeben waren die Leistungsmerkmale, die mit der Kundenbefragung zu messen sind. Das Sicherheitsempfinden sollte bezüglich der vorherrschenden Personendichte erhoben werden, die im Rahmen einer Fahrgastbefragung während des Projekts als eine der bedeutendsten Einflussfaktoren auf das Sicherheitsempfindens bestimmt wurde. Hierzu wurden für die Befragung zwei Fragen an den Kunden gestellt (Schlüter 2013):

- Fühlen Sie sich bei der derzeit herrschenden Personendichte wohl?
- Fühlen Sie sich bei der derzeit herrschenden Personendichte sicher?

Durch die Verwendung zweier unterschiedlicher Adjektive ist es möglich, eine unterschiedliche Ausprägung des Sicherheitsempfindens zu erheben. Weitere Einflussfaktoren auf das Sicherheitsempfinden wurden im Rahmen des Projekts aufgrund der begrenzten finanziellen, technischen und personellen Ressourcen nicht berücksichtigt, sind aber durch das strukturierte und systematische Vorgehen jederzeit ergänzbar (Schlüter 2013).

⁶ Nähere Informationen zum Projekt unter www.versiert.info

6.5.4 Schritt 4: Leistungskuster



R	RF	RP	RC	RPe
	F	FP	FC	FPe
		P	PC	PPe
			C	CPe
				Pe

Der nächste Schritt gemäß KuWiss-Netz ist nun das Erstellen des Leistungskusters gemäß Typ C⁷, das die Prozesse, Kundenkontaktpunkte, Leistungen, Merkmale und Verantwortlichkeiten miteinander verknüpft, um somit die anschließende Auswertung der Befragungsdaten zu ermöglichen. Dabei wurden

die Daten für das Leistungskuster im e-DeCoDe-Systemmodell des UNW abgebildet, um eine einheitliche und standardisierte Informationsbasis zu haben, die auch für die nächsten Schritte von KuWiss-Netz als Datenbasis genutzt werden konnte. Hierzu waren die bereits vorhandenen Daten bezüglich der Prozesse und Verantwortlichkeiten um die Leistungsmerkmale zu ergänzen und entsprechend zu verknüpfen (Schlüter 2013).

So sind die für das Leistungskuster C relevanten Information (Prozesse, Kundenkontaktpunkte, Leistungen, Merkmale und Verantwortlichkeiten) wie in Abbildung 46 dargestellt, im e-DeCoDe Systemmodell des UNW verfügbar.

⁷ Leistungskustervariante, die speziell für jeden UNW-Partner bereitgestellt wird, um u. a. Geheimhaltungsvereinbarungen nicht zu verletzen (Schlüter 2013).

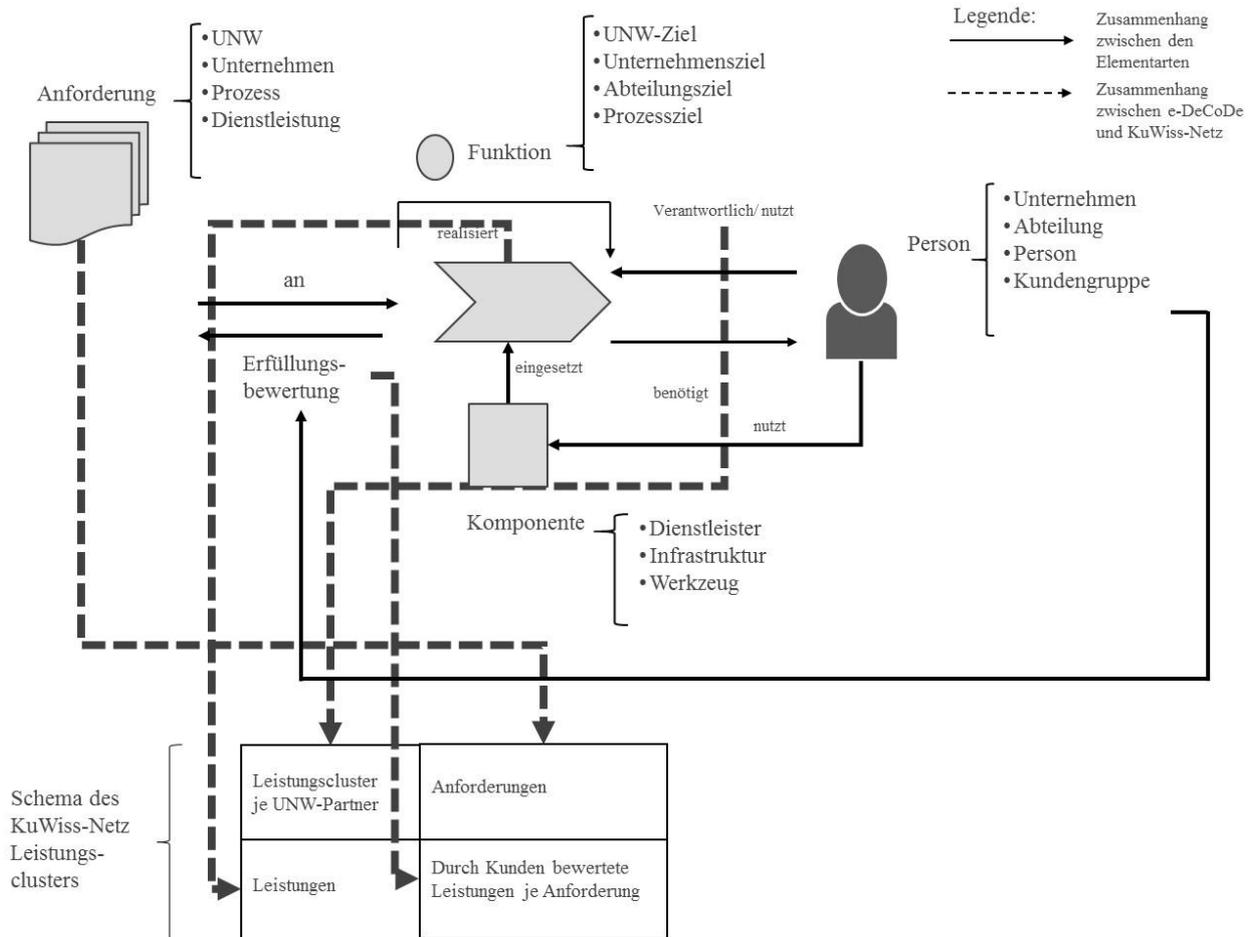


Abbildung 46: e-DeCoDe Input für das KuWiss-Netz Leistungscluster

Bei der Erstellung des Leistungsclusters der KuWiss-Netz Methodik wurden zunächst die Leistungen der KVB und – der Vollständigkeit halber – die Leistungen der anderen Unternehmensnetzwerkpartner, die für die zu berücksichtigenden Szenarien relevant sind, aus dem e-DeCoDe Modell entnommen und im Leistungscluster hinterlegt. Anschließend erfolgte die Auflistung der Merkmale und Indikatoren der Leistungen. In diesem Fall wurde das Sicherheitsempfinden detailliert abgebildet, das durch verschiedenste Umstände beeinflusst wird. Diese Umstände wurden im Rahmen von Kundeninterviews und Fragebogenaktionen erfasst und auf ihre Relevanz hin untersucht. Anschließend wurden die relevanten Indikatoren im Leistungscluster erfasst und auch im e-DeCoDe Modell ergänzt. Durch die daraus entstehende Matrix, die der e-DeCoDe Matrix „Anforderung-Person“ entspricht, konnten nun die einzelnen Leistungen in der Prozess-Matrix mit den Indikatoren verknüpft werden. An jedem dieser Verknüpfungspunkte konnten nun Fragen zum Erfüllungsgrad der Leistung bezüglich der Verlässlichkeit (in diesem Fall das Empfinden von Sicherheit beim Fahrgast) hinterlegt werden. Zudem wurden die Verknüpfungen mit potentiell zur Befragung geeigneten Kundenkontaktpunkten, den Kundengruppen, den Zeitpunkten der Befragung und der Verantwortlichkeit durch die Unternehmensnetzwerkpartner gekoppelt, die in e-DeCoDe mittels Attribuierung der Relationen hinterlegt waren (Schlüter 2013).

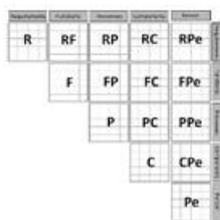
Attribute	Inhalt
ProzessID	34
UNWP	KVP
Ort	Köln Hbf
Zeit	15:30
Datum	16.04.2010
Event	BL-Spiel
Kundengruppe	Fan
Merkmal	Personendichte
Indikator	Sicherheitsgefühl

Abbildung 47: Beispielhafter Ausschnitt des implementierten Leistungsclusters in Anlehnung an (Schlüter 2013)

Die Notwendigkeit von separat für jeden Partner erstellten Leistungsclustern ohne Zugriff auf Leistungscluster anderer Partner ergab sich dabei aus den Rahmenbedingungen des UNW. Diese Rahmenbedingungen, die hauptsächlich dem Faktor Vertrauen zuzuschreiben sind, flossen als Erkenntnisse in die Herleitung von Leistungscluster-Vorlagen für KuWiss-Netz ein (siehe Abbildung 48). So ist für diesen Fall die Nutzung des Leistungsclusters C vorgesehen, der eine getrennte Erstellung und Nutzung von Leistungsclustern je Partner vorsieht (Schlüter 2013).

Da das Leistungscluster an sich bereits umfangreiche Dimensionen beinhaltet, ohne dass Befragungsdaten oder gar entsprechende Auswertungsmöglichkeiten durch die Hinterlegung von mathematischen Funktionen zur multi-kriteriellen Analyse weiter berücksichtigt werden, wurde zudem ein Softwaretool entwickelt, welches die Auswertung von Befragungsdaten ermöglicht. Dieses Tool wird im folgenden Schritt vorgestellt (Schlüter 2013).

6.5.5 Schritt 5: Datenbank



Das Softwaretool stellt die Nutzeroberfläche einer Datenbank dar, welche KuWiss-Netz-Leistungscluster mit den entsprechend benötigten Funktionen zum Anlegen von Clustern, Verknüpfungen von Verantwortlichkeiten, Kundenkontaktpunkten

und Kundengruppen abbildet (siehe Abbildung 48) (Schlüter 2013).

METADATEN ZUORDNUNG

Metadaten 1:	Versiert	ja
Metadaten 2:	Messbeginn	17:33
Metadaten 3:	Anzahl Fahrgäste	48
Metadaten 4:	Anzahl verteilte Karten	7
Metadaten 5:	Anzahl Rückläufer	3
Metadaten 6:	Fan-Bahn	nein
Metadaten 7:	Bahn-Nummer	U5
Metadaten 8:	Defekte Messung	nein
Metadaten 8:		
Metadaten 9:		
Metadaten 10:		

Abbildung 48: Screenshot der Software Cards & Lights – clWeb v1.0 in Anlehnung an (Schlüter 2013)

Das Softwaretool kann Metadaten zu den einzelnen Zweigen der Baumstrukturen (je ein Baum für Unternehmensnetzwerkpartner, Kundengruppen, Prozesse, Kundenkontaktpunkte, Verantwortung, etc.) zuweisen und diese mit Attributen belegen. Im Rahmen der Auswertung stehen die Attribute dann zur Verfügung. Zur besseren Übersicht wurden die Metadaten, die einen Überblick über die diversen Baumstrukturen bzw. Dimensionen des Leistungscluster geben, ebenfalls in einer Baumstruktur organisiert (Schlüter 2013).

Die Baumstruktur entspricht dabei der Hierarchie einer e-DeCoDe Matrix, so dass die Software die nötigen Daten aus e-DeCoDe nutzen kann. Zudem können die Ergebnisse der Befragungsauswertung später wieder in e-DeCoDe zurückgeführt werden (Schlüter 2013).

6.5.6 Schritt 6: Befragung



Ziel der Befragung war die Erhebung der subjektiv empfundenen Sicherheit des Fahrgastes, die eine Facette der Verlässlichkeit darstellt. Dabei kann das Vorgehen prinzipiell auch für andere subjektive Empfindungen genutzt werden, die anschließend den in der Situation gemessenen Leistungsmerkmalen der Verlässlichkeit gegenübergestellt werden.

Die Befragungen zur Erhebung des Sicherheitsempfindens der Fahrgäste wurden am Kundenkontaktpunkt U-Bahnsteig Kölner Hbf mit der Poll Cards-Befragungstechnik durchgeführt, um den Anforderungen der Befragung (hohe Anzahl an Personen innerhalb von Sekunden befragen, ohne diese von der Weiterreise abzuhalten) zu entsprechen. Durch die in KuWiss-Netz hinterlegte Toolbox mit unterschiedlichsten, fachspezifischen Befragungsmethoden setzt KuWiss-Netz dabei bereits die vom GSE geforderte zielgerichtete Methodenauswahl je konkreter Problemstellung innerhalb des Zielbildungsmoduls um (Schlüter 2013).

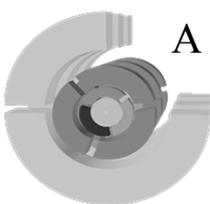
Insgesamt wurden sechs Befragungen durchgeführt: zweimal während der „Kölner Lichter“, dreimal während der Abreise nach einem Bundesligaspiel des 1. FC Köln und einmal während der Hauptanreisezeit zum Weihnachtsmarkt (Schlüter 2013).



Abbildung 49: Poll Cards am Kölner Hauptbahnhof (Schlüter 2013)

Hierbei wurde den U-Bahn-Fahrgästen (Besucher der Kölner Lichter, Fußballfans, Weihnachtsmarktbesucher) nach Verlassen der U-Bahn Befragungskarten mit der Aufschrift „Fühlen Sie sich bei der aktuell vorherrschenden Personendichte sicher?“ bzw. „...wohl?“ ausgehändigt, die vom Fahrgast in der Zwischenebene in eine Urne mit den Farben rot (=Nein), gelb (=Enthaltung) und grün (=Ja) eingeworfen wurden. Durch Leerung der Urnen in festgelegten Zeitintervallen, die auf den Fahrplan der U-Bahnen abgestimmt waren, konnten die Befragungsergebnisse den einzelnen U-Bahnlinien und Kundengruppen (bspw. Fußballfan, wenn es sich um eine direkt vom Stadion kommende Einsatzbahn handelte) sowie den Kameramessdaten zur vorherrschenden Personendichte zugeordnet werden. Alle Messdaten wurden im Software-Tool für KuWiss-Netz hinterlegt, um im nächsten Schritt die Auswertung zu ermöglichen (Schlüter 2013).

6.5.7 Schritt 7: Datenauswertung



Messwert	Context	Personen	Umgebung	Perfekt
R	RF	RP	RC	RPe
	F	FP	FC	FPe
		P	PC	PPe
			C	CPe
				Pe

Die Auswertung der Messdaten erfolgt je Messtag und je Kundengruppencluster mittels der im Software-Tool hinterlegten multi-kriteriellen Auswertung. Insgesamt wurden Erkenntnisse bezüglich des unterschiedlichen Sicherheitsempfindens in Ab-

hängigkeit von der vorherrschenden Personendichte für Fußballfans, Fahrgäste auf der Anreise zu der Veranstaltung „Kölner Lichter“, und Fahrgäste auf dem Rückweg vom Weihnachtsmarkt erfasst (Schlüter 2013). Ein Beispiel für die Auswertung zeigt Abbildung 50.

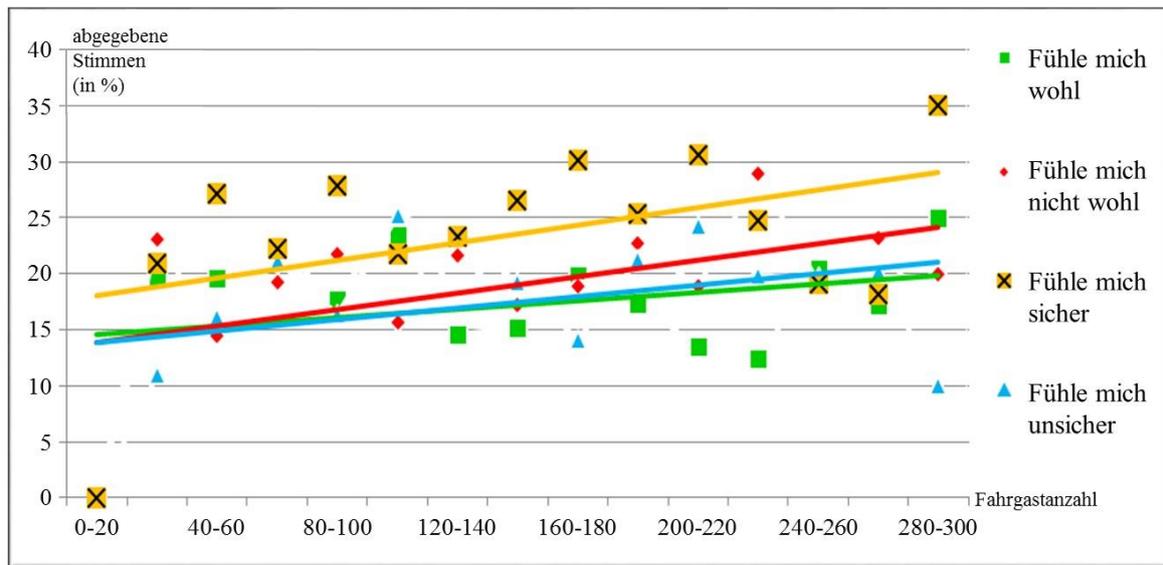


Abbildung 50: Sicherheitsempfinden von Fahrgästen am Kölner Hbf (23.05.2009, N=4397, n=169) in Anlehnung an (Schlüter 2013)

Die Ergebnisse wurden vom KuWiss-Netz Softwaretool in e-DeCoDe übertragen und dem für den genutzten Kundenkontaktpunkt verantwortlichen Partner, der KVB, präsentiert. Anschließend ist das e-DeCoDe Modell aktualisiert worden, so dass es für zukünftige Projektstätigkeiten auf dem aktuellsten Stand ist (Schlüter 2013).

6.5.8 Zwischenfazit zu Szenario E:

Auch wenn die Verknüpfung der Leistungscluster der einzelnen Unternehmensnetzwerkpartner in der KuWiss-Netz Software aus Zeitgründen nicht mehr erfolgte, wurde mit Hilfe der systematischen Vorgehensweise des DyNamic-Ansatzes zur Messung des Sicherheitsempfindens dennoch erreicht, dass netzwerkpartnerübergreifende Kundenforderungen und Leistungen der Verlässlichkeit den betreffenden Verantwortlichen und Kundenkontaktpunkten zugeordnet werden konnten. In Zukunft ist somit eine detaillierte Analyse der Zusammenhänge von Ursache (Leistungserbringung) und Wirkung (Sicherheitsempfinden/Kundenzufriedenheit) bezüglich der Verlässlichkeit von UNW möglich (Schlüter 2013).

Dabei können Kundenanforderungen aller Art, aus dem Themenbereich Sicherheit, dem umfassenderen Bereich der Verlässlichkeit oder noch darüber hinaus, bezüglich ihres Erfüllungsgrads beim Kunden überprüft werden. Dies ist durch die systematische Vorgehensweise vom Abstrakten zum Detail über die Prozessebenen des zu betrachtenden sozio-technischen Systems möglich.

Durch die kontinuierliche Hinterlegung neu gewonnener Erkenntnisse aus der KuWiss-Netz Vorgehensweise im e-DeCoDe Modell werden alle Informationen für das Projektteam bereitgestellt. Für

die Nutzung der gewonnenen Befragungsdaten ist allerdings die Nutzung von Software mit entsprechend implementierten Nutzungsrechten empfehlenswert, um die Geheimhaltungsbedingungen eines solchen Projekts zu ermöglichen. Dies bedeutet, dass e-DeCoDe mit dem Gesamtabbild des Netzwerks nur für das Projektteam genutzt wird, während begrenzte Sichten auf das System für die jeweiligen UNW-Partner mittels des Software-Tools bereitgestellt werden, die aus dem e-DeCoDe Modell gespeist werden.

7 Konsequenzen aus der Entwicklung und Erprobung des DyNamic-Ansatzes für die verlässliche Gestaltung von Unternehmensnetzwerke und ihren PSS

Durch die Entwicklung und Erprobung des DyNamic-Ansatzes zur Gestaltung verlässlicher UNW und deren Produkt-Service-Systemen auf Basis von GSE und den standardisierten DeCoDe und e-DeCoDe Modellen sind folgende Ergebnisse erzielt worden:

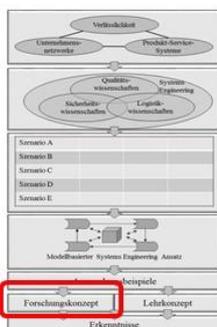
- Szenario A: Wie ein verlässliches (sozio-)technisches System zu gestalten ist, und welche Merkmale dieses aufweisen muss, ergibt sich aus den Verlässlichkeitsanforderungen, die alle relevanten Stakeholder an das zu betrachtende System stellen. Ergo müssen alle Verlässlichkeitsanforderungen an ein (sozio-)technisches System erhoben werden, um ein solches gestalten zu können. Wie dies trotz der Komplexität von UNW und PSS möglich ist, wird in Kapitel 6.1 dargelegt. Durch Nutzung des GSE in Kombination mit den standardisierten DeCoDe und e-DeCoDe Modellen können Verlässlichkeitsanforderungen an UNW und PSS systematisch und zielgerichtet erfasst und bewertet sowie in einer einheitlichen Sprache für interdisziplinäre Teams modelliert werden.
- Szenario B: Um die erhobenen Verlässlichkeitsanforderungen im UNW und bei den PSS umsetzen zu können, müssen diese den für die jeweiligen Anforderungen verantwortlichen Personen zugeordnet werden. Dies bedeutet, dass die Verlässlichkeitsanforderungen an das System mit den relevanten Systemelementen des UNW und der PSS zu verknüpfen bzw. zu modellieren sind. Dies ist mittels des GSE-Ansatzes und unter Nutzung von DeCoDe und e-DeCoDe für UNW und ihre PSS möglich, wie Kapitel 6.2 aufzeigt. Auf Grundlage dieser Erkenntnisse wird es somit möglich, eine systematische Zielsetzung und Problemlösung in den nachfolgenden Schritten durchzuführen.
- Szenario C: Durch die Nutzung des GSE-Ansatzes sowie der DeCoDe und e-DeCoDe Modelle ist es möglich, Verlässlichkeitsanforderungen entlang des gesamten Lebenszyklus eines Produktes im UNW zielgerichtet zu realisieren. Hierzu werden die aus den Anforderungen hergeleiteten Ziele und Problemstellungen an die Verantwortlichen im UNW weitergeleitet und anschließend mit dem GSE-Vorgehenskonzept gelöst (siehe Kapitel 6.3). Dabei bieten DeCoDe und e-DeCode die Möglichkeit, die im Vorgehen durch spezifische Methoden gewonnenen Erkenntnisse zu hinterlegen und somit eine aktuelle und einheitliche Informationsbasis für die Mitarbeiter zu schaffen.
- Szenario D: Um Großprojekte verlässlich durchführen zu können und verlässliche Ergebnisse zu erzielen, sind in einem sozio-technischem System auch die entsprechend benötigten Ver-

lässlichkeitskompetenzen zielgerichtet zu entwickeln (siehe Kapitel 6.4). Das GSE in Verbindung mit dem e-DeCoDe Modell ermöglicht diesbezüglich eine systematische Übersetzung der Verlässlichkeitsanforderungen in entsprechende Soll-Kompetenzen und unterstützt das Projektmanagement bei der kontinuierlichen Messung von Ist-Kompetenzen, dem Abgleich mit den definierten Soll-Kompetenzen und der Weiterentwicklung von Verlässlichkeitskompetenzen im sozio-technischen System.

- Szenario E: Anforderungen der Verlässlichkeit können auf ihren Erfüllungsgrad hin über die Prozessorientierung des GSE-Ansatzes sowohl bei sozio-technischen als auch technischen Systemen gemessen werden (siehe Kapitel 6.5). Durch den modularen Aufbau des GSE mit der Möglichkeit, je Problemstellung die optimale Methode zur Lösung auszuwählen, ist die Erfassung des Erfüllungsgrads zielgerichtet möglich. Durch die Nutzung der standardisierten Modelle DeCoDe und e-DeCoDe werden die Erfüllungsgrade der Verlässlichkeitsanforderungen mit den entsprechenden Elementen des Systems / der Systeme verknüpft und dokumentiert. Dies ermöglicht über den Verlauf der Zeit zudem eine Trend-Analyse der Erfüllungsgrade. Zudem ist ein direkter Vergleich von subjektiv empfundenem Erfüllungsgrad des Nutzers mit der real in der Situation erbrachten, objektiv gemessenen Leistung des Systems möglich.

Diese Erkenntnisse sind in ein entsprechendes Forschungs- sowie Aus- und Weiterbildungskonzept zu überführen. Dementsprechend werden im Folgenden zunächst die Konsequenzen betrachtet, die sich aus den Ergebnissen dieser Arbeit ergeben, um darauf aufbauend eine Forschungsstrategie als auch ein Ausbildungs-/ Weiterbildungskonzept zu erstellen.

7.1 Konsequenzen für die Entwicklung eines GSE-Ansatzes zur Gestaltung verlässlicher Unternehmensnetzwerke und ihrer PSS



Durch die Erprobung des neuen DyNamic-Ansatzes zur verlässlichen Gestaltung von UNW und ihren Produkt-Service-Systemen konnte prinzipiell nachgewiesen werden, dass sowohl das PSS als auch die Aufbau- und Ablauforganisation des UNW forderungsgerecht bezüglich der Verlässlichkeit zu gestalten sind. Dabei konnte das Vorgehen mittels des modellbasierten GSE systematisiert und die Handhabung der Komplexität solcher sozio-technischen und technischen Systeme handhabbar bzw. transparent gemacht werden. Die erarbeiteten Vorgehens-

weisen haben sich im Wesentlichen bereits nach der ersten Erprobung bewährt. Dennoch gibt es als Erkenntnis eine Vielzahl von Aspekten, die es in Zukunft weiter zu diskutieren und zu untersuchen gibt.

Diese wesentlichen Erkenntnisse sind:

1. Für die verlässliche Gestaltung von sozio-technischen Systemen ist ein Vorgehen erforderlich, das zunächst die Stakeholder des Systems und deren Anforderungen erfasst und analysiert, bevor diese zielgerichtet umgesetzt werden.
2. Um die Komplexität von sozio-technischen Systemen handhaben zu können und im Projektteam eine einheitliche Sprache zu finden, ist der Einsatz von modellbasierten SE-Ansätzen unumgänglich, wobei nur der GSE-Ansatz eine kontinuierliche Interaktion zwischen Vorgehen und Denkmodell ermöglicht.
3. Um ein UNW und seine PSS verlässlich zu gestalten, ist nicht nur die Umsetzung der Verlässlichkeitsanforderungen mittels entsprechend auszuwählender Methoden aus diversen Fachdisziplinen nötig, sondern auch sowohl die kontinuierliche Überprüfung der Anforderungserfüllung als auch die Erhebung neuer Anforderungen. Grund hierfür sind die dynamischen Eigenschaften von Anforderungen: So ändert sich die Bedeutung einer Anforderung für den Stakeholder über die Zeit, ggf. entfallen welche Anforderungen, und es kommen neue hinzu.
4. Das Themenfeld der Verlässlichkeit setzt sich aus einer Vielzahl an Wissenschaftsdisziplinen zusammen, die bislang nicht umfassend synergetisch miteinander verbunden sind. So existiert mit den hier vorgelegten wissenschaftlichen Erkenntnissen zwar ein Ansatz, der vier Fachdisziplinen miteinander verknüpft, aber es sind noch weitere (Informatik, Sozialwissenschaften, Rechtswissenschaften, etc.) in den DyNamic-Ansatz zu integrieren.

Um den neuen DyNamic-Ansatz zur verlässlichen Gestaltung von PSS-Unternehmensnetzwerken zu einem umfassenden, fachdisziplinübergreifenden, modellbasierten GSE-Ansatz weiterzuentwickeln, der neben den hier fokussierten Bereichen – Qualitätswissenschaft, Sicherheitswissenschaft, Logistik und Systems Engineering – alle weiteren, für die Verlässlichkeit relevanten Wissenschaftsdisziplinen integriert, sind folgende Schwerpunktaufgaben in weiteren Forschungstätigkeiten zu fokussieren:

1. Erhebung des gesamten Themenfelds der Verlässlichkeit und aller relevanten Wissenschaftsdisziplinen:
 - Identifizierung relevanter Wissenschaftsdisziplinen iterativ, mit der
 - wissenschaftsdisziplinübergreifenden Definition des Begriffs Verlässlichkeit, sowie
 - Schaffung einer einheitlichen Terminologie im Themenfeld Verlässlichkeit und
 - Erhebung aller relevanter Stakeholder bezüglich des Themenfelds Verlässlichkeit.

2. Integration fachspezifischer (Methoden-)Modelle in ein GSE-kompatibles Denkmodell:
 - Identifizierung weiterer fachspezifischer (Methoden-)Modelle,
 - Analyse der Modelle bezüglich der Integrationsmöglichkeit in GSE-kompatible Denkmodelle, sowie
 - ggf. Weiter- bzw. Neuentwicklung eines GSE-kompatiblen Denkmodells, falls DeCoDe und e-DeCoDe nicht geeignet sind.
3. Integration fachspezifischer Vorgehensweisen und Methoden in das GSE-Vorgehenskonzept:
 - Identifizierung weiterer fachspezifischer Vorgehensweisen und Methoden,
 - Integration dieser Vorgehensweisen und Methoden in das Vorgehenskonzept des GSE, sowie
 - ggf. Definition und Implementierung von Schnittstellen zwischen den fachspezifischen Vorgehensweisen und Methoden mit dem GSE-Denkmodell, wenn diese in den Methoden noch nicht vorhanden sind.
4. Bewertung der Verlässlichkeit von sozio-technischen Systemen und technischen Systemen:
 - Schaffung einer fachdisziplinübergreifenden Metrik zur Bewertung der Verlässlichkeit auf Basis der festgelegten Definition und Terminologie sowie
 - Rückführung der Erkenntnisse in die Vorgehensweisen, Methoden und Modelle der Fachdisziplinen.
5. Hilfsmittel zur Umsetzung:
 - Analyse von IT-Systemen zur Handhabung von komplexen Systemen bezüglich der Nutzungsmöglichkeit für den neuen DyNamic-Ansatz,
 - Untersuchung von IT-Systemen und deren Schnittstellen in den Bereichen Anforderungsmanagement, Enterprise-Resource-Planning (ERP), Projektmanagement und Wissensmanagement bezüglich Integration in das GSE-Konzept.

Der neue DyNamic-Ansatz zur verlässlichen Gestaltung von PSS-Unternehmensnetzwerken wurde bisher in der Produkt-Service-System-Branche erprobt. Durch die Mehrfacherprobung, besonders in UNW, sollen entsprechende Hilfsmittel für Ingenieure und Manager dieses Bereichs entwickelt werden. Die branchenübergreifende Anwendung ist noch zu testen.

Die Erprobung verdeutlicht anschaulich, dass eine systematische und fachdisziplinübergreifende Vorgehensweise bei der Gestaltung komplexer Systeme (seien es nun Organisationen oder Produkte) unumgänglich ist.

Gleiches gilt für den Einsatz von IT-Systemen: Zwar waren einige Teilschritte in den oben dargelegten Szenarien rechnergestützt, doch eine durchgängige, IT-gestützte Modellierung und Methodendurchführung konnte nicht realisiert werden. Dies liegt vor allem daran, dass für die fachspezifischen Methoden in der Regel Softwareprogramme eingesetzt werden, die als Insellösungen anzusehen sind und keine Schnittstellen zu anderen Programmen aufweisen. Durch die Verwendung von DeCoDe bzw. e-DeCoDe ist zumindest ein Informationspool gegeben, in dem alle aktuellen Daten und Erkenntnisse hinterlegt werden, die dann für die nachfolgenden Methoden und ihre Softwareprogramme genutzt werden können. Es wird jedoch mehrjähriger Forschungsarbeit bedürfen, um zu überprüfen, ob DeCoDe und e-DeCoDe als Informationspool für alle im Rahmen der Verlässlichkeit relevanten Methoden und Modelle geeignet ist. Zudem werden DeCoDe und e-DeCoDe derzeit mit Softwareprogrammen wie Loomeo® oder Excel abgebildet, deren Berechnungsmöglichkeiten von bspw. Zuverlässigkeitsaspekten nicht durchführen können. Eine Verknüpfung der einzelnen fachspezifischen Software-Programme oder deren Integration in ein umfassendes e-DeCoDe basiertes System sollte ebenfalls Forschungsgegenstand sein.

Der systemtheoretische Denkansatz von GSE als dynamisches und offenes Mehrebenenmodell hat sich in den dargelegten Anwendungsbeispielen bewährt. Dies ist nicht nur eine neue Erkenntnis, sondern ist eine wesentliche Voraussetzung, um den erforderlichen Problemlösungsprozess für die Verlässlichkeit von UNW und ihren PSS so effizient wie möglich durchzuführen.

Dennoch wurde in den Anwendungsszenarien nur ein Teil des gesamten Lebenszyklus von Produkten, Dienstleistungen und PSS betrachtet. Im Rahmen der Weiterentwicklung des GSE-Ansatzes für die verlässliche Gestaltung von UNW und PSS muss der DyNamic-Ansatz für alle Phasen des Lebenszyklus gelten und praktikabel sein. Während (Winzer 2013) dies für technische Produkte bereits nachweisen konnte, sind hier für PSS und Dienstleistungen nur die Produktentwicklung und die Nutzung betrachtet worden. In weiteren Forschungsarbeiten gilt es, die übrigen Phasen zu prüfen.

7.2 Ableitung von Forschungsschwerpunkten

Nachfolgend sollen die zu lösenden Forschungsfragen systematisiert und in einem Forschungskonzept zusammengefasst werden. Ausgehend von der zeitlich notwendigen Aufeinanderfolge von großen Forschungskomplexen werden im Anschluss daran kleinere Forschungsaufgaben skizziert, die im Rahmen von Bachelor- und Masterthesen gegebenenfalls lösbar wären.

7.2.1 Charakteristik von Forschungskomplexen

Der hier vorliegende DyNamic-Ansatz ermöglicht es erstmals, verlässliche Systeme in interdisziplinären Teams auf Grund eines fachdisziplinübergreifenden Vorgehens unter Nutzung spezifischer Erkenntnisse der Qualitätswissenschaft, der Sicherheitswissenschaft, der Logistik und des Systems Engineering zu gestalten. Allerdings fehlt in dem hier skizzierten Ansatz für die verlässliche Gestaltung von PSS-Unternehmensnetzwerken eine umfassend, **alle** relevanten Fachdisziplinen übergreifende Betrachtung der Verlässlichkeitsaspekte. Diese sind unter Berücksichtigung der Methoden, Modelle und Erkenntnisse aller relevanten Fachdisziplinen in die Gestaltung der Prozesse von sowohl PSS als auch UNW zu integrieren. Wie das im Detail geschehen kann und welche Methoden und Verfahren welcher Fachdisziplinen je Teilschritt am besten dazu geeignet sind, muss im Detail untersucht werden.

Ein erstes Vorgehen hierzu ist im Rahmen der Antragstellung des Schwerpunktprogramms „Theorie der Verlässlichkeit von sozio-technischen Systemen“ angedacht worden (Schlüter und Winzer 2015).

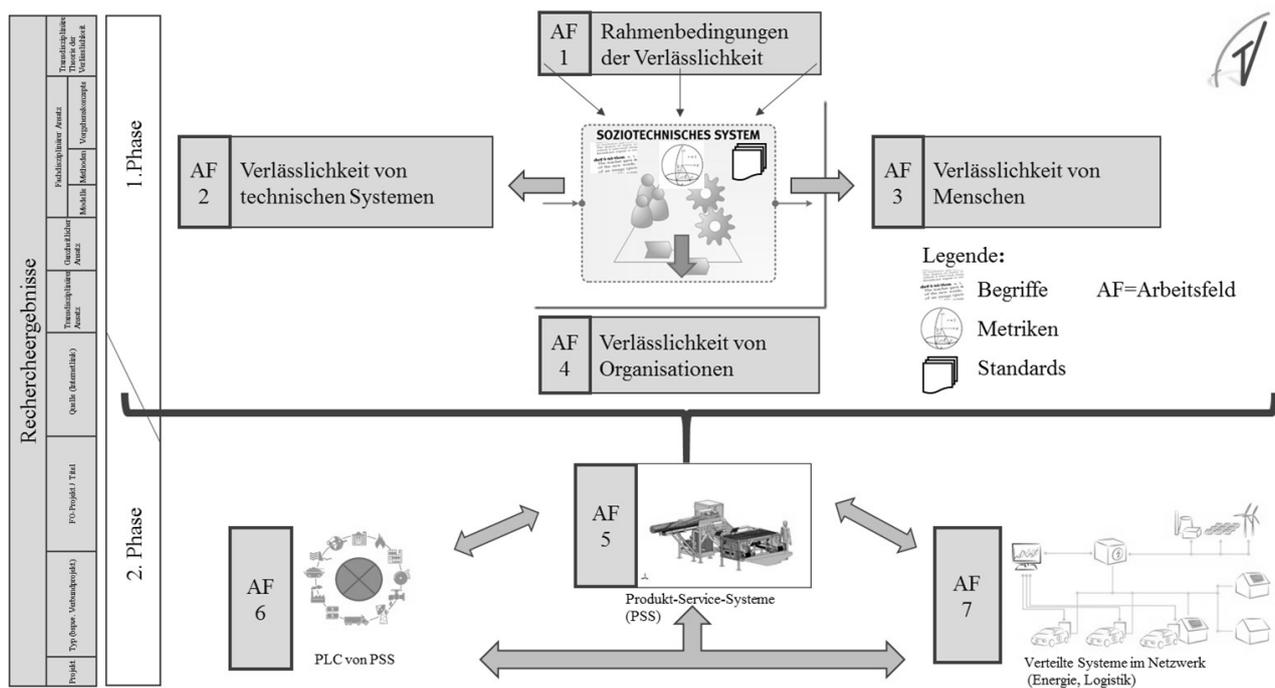


Abbildung 51: Arbeitsfelder für die Entwicklung einer Theorie der Verlässlichkeit für sozio-technische Systeme (Bertsche et al. 2016, S. 15)

So sind auf Basis der Erkenntnisse aus verschiedenen Forschungsinitiativen des BMBF, der EU und der DFG zunächst die Arbeitsfelder (siehe hierzu Abbildung 51 und Schlüter und Winzer 2016, S. 211–212) und die entsprechenden Forschungsfragen iterativ zu untersuchen:

7.2.2 Arbeitsfeld 1: Rahmenbedingungen der Verlässlichkeit:

- Welche Kriterien der Gewährleistung und Optimierung von Verlässlichkeit sind zielführend, zulässig und vertretbar – z.B. wirtschaftliche Faktoren wie der „mittlere Nutzen“ für alle Konstituenten oder der „maximale Minimalnutzen“, soziale Kriterien oder organisationale Kriterien? Wie sind die Kriterien in Beziehung zueinander zu setzen und zu gewichten ((Bertsche et al. 2009); (Beyerer J. und Geisler 2015))?
- Wie entsteht ein gemeinsames Verständnis, eine Situation Awareness für die beteiligten Menschen, ggf. intelligente technische Teilsysteme und das soziotechnische System als Ganzes ((Schleipen et al. 2011a); (Schleipen et al. 2011b); (Kuwertz und Beyerer 2013))?
- Wie muss das Zusammenspiel von Konstituenten und Rahmenbedingungen aussehen, damit bezogen auf Verlässlichkeit das Ganze mehr ist als die Summe seiner Einzelteile und ein synergetischer Verlässlichkeitsmehrwert entsteht ((Schleipen et al. 2011a); (Schleipen et al. 2011b); (Kuwertz und Beyerer 2013))?
- Wie gestaltet sich Verlässlichkeit eines STS im Falle unbekannter Ereignisse, Sachverhalte und veränderter Rahmenbedingungen?

7.2.3 Arbeitsfeld 2: Verlässlichkeit von technischen Systemen

- Wie können die Bestimmungsstücke und -größen für eine formale Beschreibung der technischen Systeme im STS eruiert und geschätzt werden ((Fischer und Beyerer 2013), (Fischer und Beyerer), (Belkin et al. 2012), (Schleipen et al. 2009))?
- Wie wird sichergestellt, dass Rückkopplungsschleifen (wie bspw. „Beobachten → Erkennen → Bewerten → Entscheiden → Handeln → Beobachten → ...“) effektiv zur Gewährleistung von Verlässlichkeit beitragen und vorab festgelegte dynamische Mindesteigenschaften aufweisen ((Tsvetovat und Kouznetsov 2013), (Müller 2009))?

7.2.4 Arbeitsfeld 3: Verlässlichkeit von Menschen

- Wie kann die Verlässlichkeit des Menschen im Arbeitsprozess ganzheitlich modelliert und methodisch gefördert werden?
- Was heißt „verlässliches Handeln“ in sich stark verändernden STS?
- Wie bewältigen Menschen in STS produktiv unbekannte Ereignisse, Sachverhalte und veränderte Rahmenbedingungen?
- Wie sind individuelle Handlungsweisen beschaffen, die Risiken verstärken oder abschwächen?
- Wie ist die Verantwortlichkeit von Operateur und Computersteuerung zu regeln?

- Wie können Fehlurteile und Heurismen von Individuen in komplexen Entscheidungssituationen frühzeitig erkannt und überwunden werden?
- Welche Art von Kommunikation und Interaktion erfordert Verlässlichkeit?
- Wie wirken sich kommunikative Praktiken auf die Verlässlichkeit aus?

7.2.5 Arbeitsfeld 4: Verlässlichkeit von Organisationen

- Welche organisatorischen Merkmale und Funktionsprinzipien existieren bei einem STS?
- Wie wirken sich welche individuellen Handlungsweisen auf das Risiko bei STS aus?
- Wie kann aus der Verlässlichkeit der Konstituenten die Verlässlichkeit des Gesamtsystems (technisch) konstruiert bzw. (sozial) hergestellt werden?
- Wie können aus der Verlässlichkeit des Gesamtsystems die dafür notwendigen und hinreichenden Eigenschaften der Konstituenten und ihrer Organisation abgeleitet werden (Ropohl 2012)?

Die Erkenntnisse der einzelnen Arbeitsfelder sind anschließend zu synthetisieren. Gleichzeitig ist arbeitsfeldübergreifend das Konzept für einen Ansatz zur Gestaltung verlässlicher sozio-technischer Systeme transdisziplinär zu entwickeln, welches in der zweiten Phase zu evaluieren und zu optimieren ist. Hierzu wird das Beispiel von Unternehmen der PSS-Branche fokussiert, bei denen einerseits das Produkt-Service-System des Unternehmens an sich, das PSS entlang seines gesamten Lebenszyklus und die Rahmenbedingungen, die sich auf die Funktionalität des Unternehmens auswirken und hinsichtlich der Verlässlichkeit zu betrachten sind (Schlüter und Winzer 2015), fokussiert, da es ein umfassendes Mikrosystem für das Themenfeld der Verlässlichkeit ist. Dabei ist zu beachten, dass durch die Dynamik von Systemen oder aber auch eine nicht vollständige Anforderungserhebung (so ist die Erhebung latenter Anforderungen immer noch ein ungelöstes Forschungsproblem) immer wieder Verlässlichkeitsprobleme auftreten, die nicht als Verlässlichkeitsfehler definiert werden können, da die Anforderungen zu dem Zeitpunkt nicht existent waren. Diese Art der Verlässlichkeitsprobleme wurde in dieser Arbeit nicht betrachtet, muss aber Gegenstand weiterführender Forschungsarbeiten sein.

7.2.6 Übersicht für zukünftige Forschungsthemen

Neben diesen großen Forschungskomplexen sind eine Reihe von Detailfragen weiterführend zu untersuchen. Die nachfolgende Auflistung entspricht keiner Rang- oder Reihenfolge und hat keinen chronologischen Charakter. Die folgenden Themen können unabhängig bzw. parallel zu den oben genannten großen Forschungskomplexen erarbeitet werden:

- Auswahl und vergleichende Betrachtung von Methoden und Verfahren zur Abbildung von Arbeits- und UNW-Strukturen sowie ihrer Modellierung bezüglich der Eignung für GSE.
- Analyse der Modellstruktur von IT-Systemen zum Management von UNW und Bewertung bezüglich der Nutzungsmöglichkeiten im Rahmen von GSE.
- Kopplung von Projektmanagement-IT-Systemen mit Kompetenzentwicklungstools.
- Möglichkeiten der Analyse komplexer Prozesse für die Erhebung und Bewertung von Informationsflüssen bei intransparenten UNW.
- Möglichkeiten der Integration von BWL-Methoden und -Modellen in den GSE-Ansatz zwecks kostenanalytischer Betrachtung von Verlässlichkeitsaspekten.
- Einbindung von Social Media in die Kundenzufriedenheitsmessung für die Erfassung des subjektiven Erfüllungsgrads von Verlässlichkeitsanforderungen.
- Analyse und Integration von Safety- und Security-fokussierten, soziowissenschaftlichen Methoden in das GSE.
- Informationsflussanalysen für UNW.

Sowohl die Forschungskomplexe (siehe Kapitel 7.2) als auch die Forschungsteilthemen (siehe oben) tragen wesentlich dazu bei, den systematischen DyNamic-Ansatz zur verlässlichen Gestaltung von UNW und PSS zielgerichtet zu entwickeln.

Der DyNamic-Ansatz ist kontinuierlich in unterschiedlichen Branchen für alle Lebenszyklusphasen von Produkten, Dienstleistungen und PSS zu erproben und im Ergebnis der Erprobung iterativ zu präzisieren. Darauf aufbauend können fundierte Aussagen getroffen werden, inwieweit der GSE-Ansatz branchenübergreifend für sozio-technische Systeme geeignet ist.

Weiterführend kann untersucht werden, inwieweit der methodische DyNamic-Ansatz durch ein dezentral organisiertes, aber zentral strukturiertes IT-System gestützt werden kann. Dies ist in Hinblick auf die digitale Revolution (oder auch Industrie 4.0) unumgänglich.

In diesem Zusammenhang ist auch zu untersuchen, inwieweit bestehende Insellösungen wie CAD, CAM, CAP, CAQ, ERP,... durch den zu entwickelnden systemtheoretischen Ansatz zu einer anforderungsgerechten Gestaltung von sozio-technischen Systemen verknüpft werden können. Dabei sind die dezentralen Lösungen beizubehalten und weiter auszubauen. Das hat den Vorteil, dass der Nutzer ein vertrautes Hilfsmittel im Wesentlichen behält.

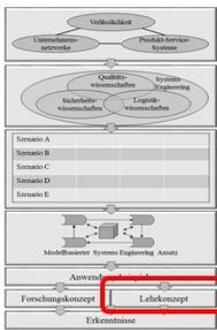
Die oben skizzierten Forschungsschwerpunkte umfassen einen längeren Zeitraum, in dem mit Hilfe von Forschungsprojekten, Dissertationen einzelne Themenfelder zu lösen sind. Bachelor- und Masterthesen sollten dazu genutzt werden, einzelne fachdisziplinspezifische Methoden und Modelle in das GSE zu integrieren. Dies setzt voraus, dass die Erprobung der ausgewählten Methoden und Modelle unter gleichen Bedingungen geschieht. Daher ist die Erprobung je Methode und Modell genau zu beschreiben hinsichtlich des betrachteten Systems, des Szenarios, des methodischen Vorgehens, der Vor- und Nachteile sowie der Praktikabilität. Bezüglich der Praktikabilität sind dabei Fragen hinsichtlich der Handhabbarkeit, Aussagegenauigkeit, Auswertbarkeit, etc. zu stellen und zu klären.

Nur auf Basis dieser zielorientierten Vorgehensweise ist es möglich, einen Ansatz zur verlässlichen Gestaltung von sozio-technischen Systemen zu entwickeln, der eine fachdisziplinübergreifende Modellierung ermöglicht. Die Modellierung (bzw. das Denkmodell) sollte branchenübergreifend einsetzbar sein, dabei aber auch branchenspezifische Modifikationen bei Bedarf gestatten. Gleichzeitig muss die Modellierung sowohl mittels einfacher, manueller Methoden als auch mit IT-Systemen zur Erfassung komplexer Informationen möglich sein.

Alle skizzierten Forschungsfelder sind dabei nicht aus einer fachspezifischen Sicht, sondern einer übergreifenden Sicht zu lösen. Sie bedürfen einer multidisziplinären Zusammenarbeit von Forschungsteams.

Aus diesem Zusammenhang geht auch hervor, dass zur Entwicklung, Nutzung und Umsetzung der verlässlichen Gestaltung von UNW und PSS unbedingt entsprechend qualifiziertes Personal erforderlich ist. Wie dieses Personal im Rahmen der universitären Ausbildung zu schulen ist und welche Konsequenzen dies für die Gestaltung der universitären Aus- und Weiterbildung hat, soll im nachfolgenden Kapitel untersucht werden. Schließlich hat die Entwicklung eines neuen Ansatzes keinen Sinn, wenn dieser nicht von entsprechend geschultem Fachpersonal realisiert werden kann.

7.3 Konsequenzen für die universitäre Aus- und Weiterbildung



Der GSE-Ansatz als auch der DyNamic-Ansatz für die verlässliche Gestaltung sozio-technischer Systeme erfordert eine multidisziplinäre, generalistische Herangehensweise. Das setzt bei den Anwendern fachdisziplinübergreifende Kenntnisse voraus. Im Wesentlichen gibt es dazu zwei Lösungsmöglichkeiten:

- die Bildung eines interdisziplinären Teams und
- die multidisziplinäre Vermittlung fachübergreifender Kenntnisse.

Die Bildung von interdisziplinären Teams setzt folgende Kompetenzen voraus:

- Teamfähigkeit,
- Befähigung zum analytischen, strukturierten Handhabung komplexer Sachverhalte,
- Verständnis der Fachsprachen der anderen Teammitglieder und
- Vorhandensein von Grundkenntnissen in fachübergreifenden Gebieten.

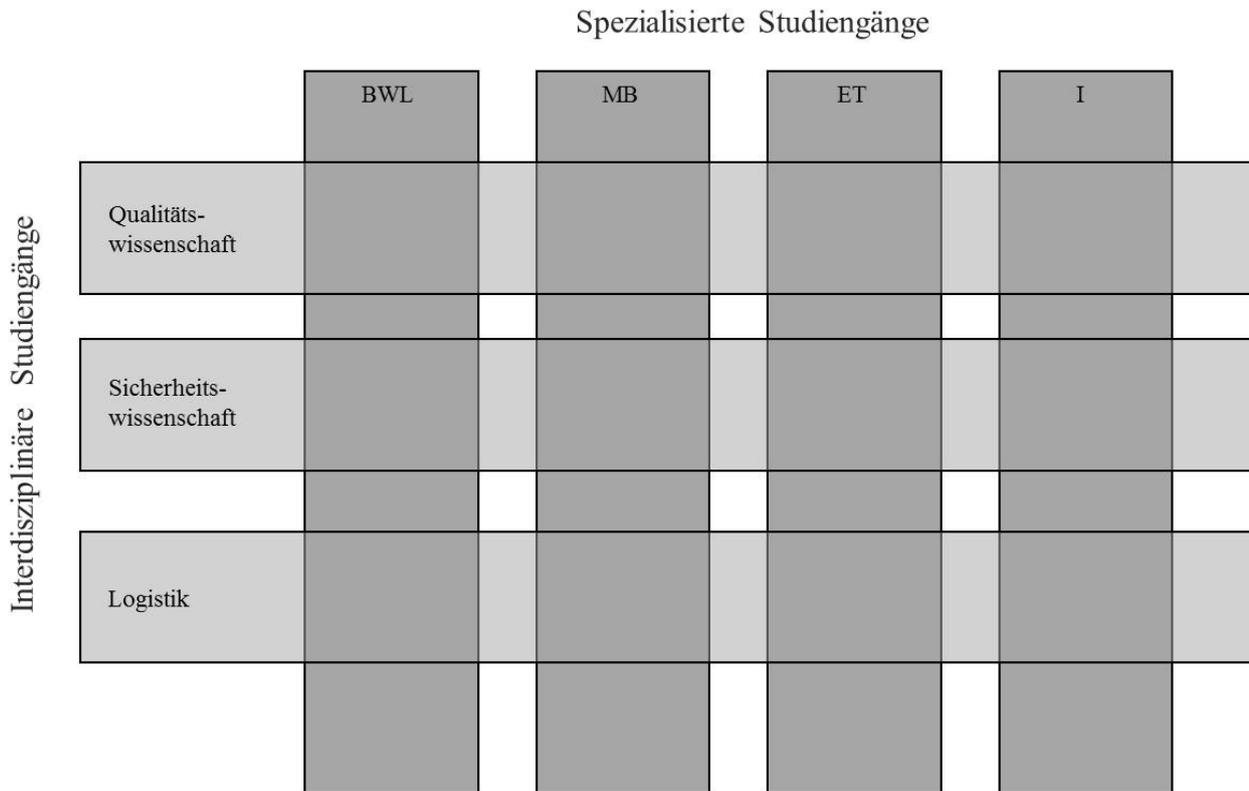
Im Gegensatz hierzu stehen die Absolventen von Hochschulen, denen in Studien folgende Eigenschaften attestiert wurden:

- fachblind,
- praxisfern sowie
- geringe soziale Kompetenzen (bzgl. Führungsverhalten, Konfliktbewältigung, Präsentationstechniken und Rhetorik) (VDE Ausschuss "Beruf, Gesellschaft und Technik" 2005).

Eine multidisziplinäre Vermittlung fachübergreifender Kenntnisse hingegen stellt an die Universitäten und deren Ausbildungsprogramme die Herausforderung, komplexe didaktische Probleme zu lösen, die nur auf Basis einer eigenen Systemtheorie der Technik bzw. der gesamten Ingenieurwissenschaften entwickelt werden können, wie es Ropohl (Ropohl 2009) bereits nachgewiesen hat. So sind technisches Können, funktionales und struktureles Regelwissen, technologisches Gesetzeswissen und öko-sozio-technologisches Systemwissen in der Ausbildung zu vermitteln (Ropohl 2009).

Die deutschen Hochschulen reagierten auf diesen Umstand, indem sie im Laufe der letzten 20 Jahre verstärkt interdisziplinäre Studiengänge einrichteten, um neben Experten mit spezialisiertem Fachwissen auch Generalisten mit interdisziplinären Kenntnissen hervor zu bringen (VDI 2002).

Werden die in dieser Arbeit betrachteten Wissenschaftsdisziplinen in Zusammenhang mit diesem Bestreben gebracht, so ergibt sich für die klassischen, fokussierten Fachdisziplinen wie der BWL, dem Maschinenbau, der Elektrotechnik oder der Informatik folgender Zusammenhang (siehe Abbildung 52).



Legende:
 BWL = Betriebswirtschaftslehre; MB = Maschinenbau; ET = Elektrotechnik; I = Informatik

Abbildung 52: Zusammenhang zwischen spezialisierten und interdisziplinären Studiengängen

So greifen bei interdisziplinären Studiengängen die Curriculae auf Veranstaltungen und Lehrinhalte der spezialisierten Studiengänge bezüglich der von ihnen fokussierten Themenstellung zu und erweitern die Ausbildung der Studierenden um Aspekte der sozialen Kompetenzen und der interdisziplinären Problemlösung.

Somit steht dem Arbeitsmarkt mittlerweile multidisziplinär ausgebildetes, teamfähiges und praxisnahes Fachpersonal zur Verfügung, welches auf Grund seiner Fach- und Sozialkompetenz in der Lage ist, den systematischen Ansatz des GSE anzuwenden. Doch die Kenntnisse der Systemtheorie und des GSE sowie die Aspekte des Themas Verlässlichkeit fehlen bislang. Da gemäß Ropohl die Quantität, Qualität und Geschwindigkeit der Produktinnovationen eines Landes von der Qualifikation der Bürger abhängt (Ropohl 2012), ist somit die Weiterentwicklung der Ausbildung gemäß der gestiegenen oder neuen Ansprüchen der Gesellschaft an die Sachsysteme (in diesem Fall Produkte, Dienstleistungen und PSS) unumgänglich.

Dementsprechend sind mit der Gewinnung neuer Forschungserkenntnisse, wie es das GSE für die Gestaltung von verlässlichen UNW und PSS darstellt, parallel dazu Veränderungen in den Curriculae der universitären Studiengänge oder aber der Aufbau eines weiteren interdisziplinären Master-Studiengangs zu realisieren. Nur durch eine wechselseitige und kontinuierliche Beeinflussung von Forschung und Lehre ist eine anforderungs- bzw. bedarfsgerechte Ausbildung von Hochschulabsolventen für den Arbeitsmarkt der nächsten Jahrzehnte möglich.

7.3.1 Stand der universitären Ausbildung und Anforderungen an die Weiterentwicklung

Im Folgenden wird der Stand der universitären Ausbildung für die vier in dieser Arbeit betrachteten Wissenschaftsdisziplinen betrachtet.

Universitäre qualitätswissenschaftliche Ausbildung

Der Master Qualitätsingenieurwesen (MScQ) der Bergischen Universität Wuppertal ist bislang der einzige Studiengang seiner Art an deutschen Universitäten. Der Studiengang legt zum einen Wert auf die Vermittlung von Wissen bezüglich der relevanten Normen, Methoden und Techniken des Qualitätsingenieurwesens. Zum anderen werden sowohl Grundlagen aus den klassischen Wissenschaftsdisziplinen vermittelt und interdisziplinäre Fähigkeiten sowohl durch entsprechend gestaltete Vorlesungs- und Übungsformate (bspw. Erstellung von Belegarbeiten in Teams, Präsentation von Ergebnissen in Vorlesungen, Moderation von Gruppen bei Übungseinheiten, etc.) als auch durch interdisziplinär ausgelegte Module wie „Verlässlichkeit über den Produktlebenszyklus gestalten“, die das systematische Problemlösen fokussieren, vermittelt (Bergische Universität Wuppertal 2015).

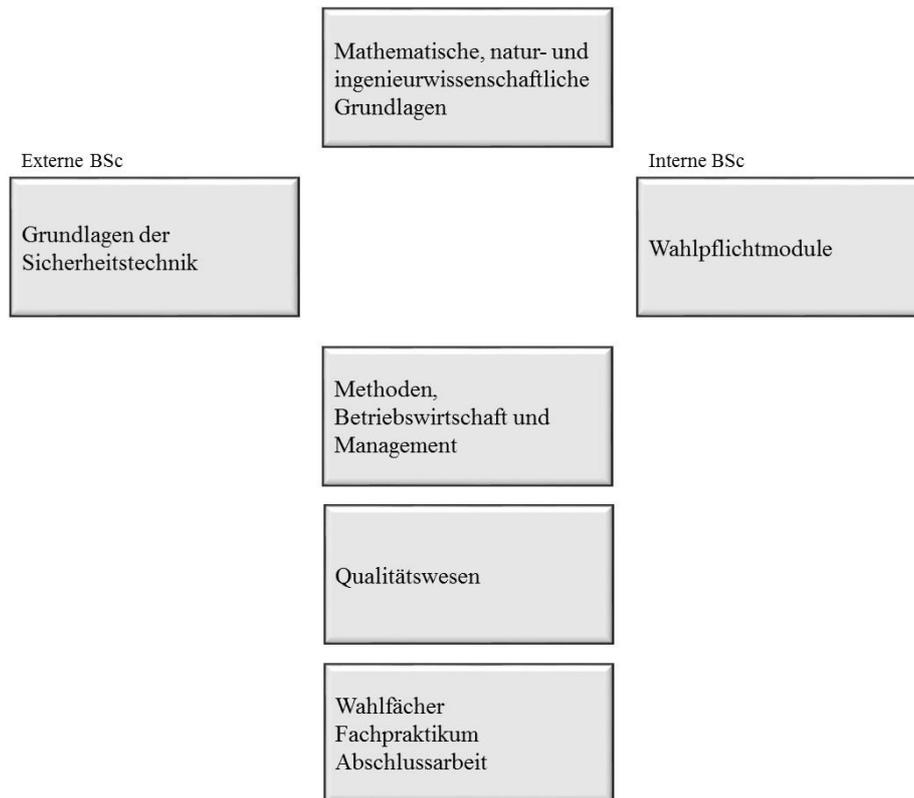


Abbildung 53: Curriculum des MSc Qualitätsingenieurwesen der Bergischen Universität Wuppertal in Anlehnung an (Bergische Universität Wuppertal 2014a)

Der Studiengang greift dabei auch auf Lehrmodule der mathematischen, Natur- und Ingenieurwissenschaften sowie der Sicherheitstechnik zu (siehe Abbildung 53) (Bergische Universität Wuppertal 2014a).

Die Qualitätswissenschaften unterliegen jedoch, wie alle anderen Wissenschaften auch, einer Dynamik hinsichtlich neuer Technologien und Erkenntnisse. Dementsprechend ist auch der MScQ an die neuen Bedürfnisse der Industrie und Wirtschaft anzupassen.

So weist der Fachkreis „Qualitätsberufe“ der Deutschen Gesellschaft für Qualität e.V. (DGQ) darauf hin, dass das bisherige Bild der Qualitätsberufe dringend differenziert werden muss. So sind die Forderungen an die Kompetenzen in Qualitätsberufen mittlerweile so vielfältig, dass eine einzelne Rolle diese nicht alle erfüllen kann. Dementsprechend wurde von der Arbeitsgruppe, die sich aus Praktikern, Geschäftsführern und Wissenschaftlern zusammensetzt, ein Rollenbündelmodell erarbeitet, das aufzeigt, welche unterschiedlichen Rollen und Funktionen es im Bereich Qualität gibt (Sommerhoff et al. 2016).

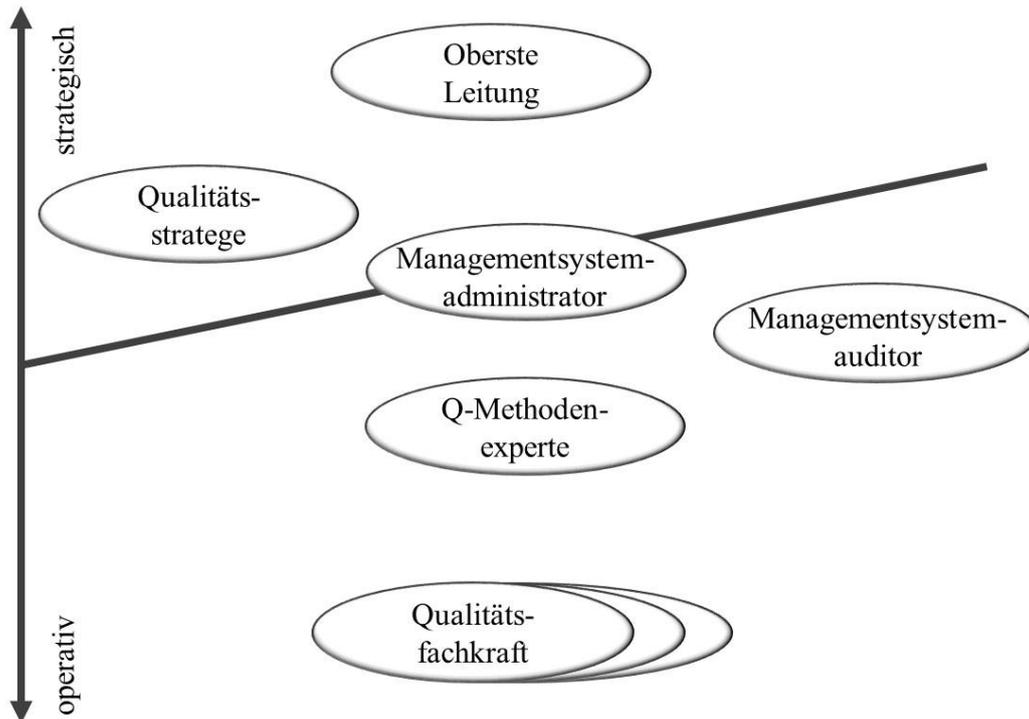


Abbildung 54: Das DGQ Rollenbündelmodell in Anlehnung an (Sommerhoff et al. 2016, S. 79)

Um die verschiedenen Tätigkeitsschwerpunkte von Qualitäts-Personal zu charakterisieren, erwiesen sich vor allem die Unterscheidungen in „strategisch versus operativ“ und „Qualitätssicherung versus Qualitätsmanagement“ als hilfreich. So wurden insgesamt sechs verschiedene Rollen identifiziert, deren Zusammenhang in Abbildung 54 dargestellt ist (Sommerhoff et al. 2016).

Unter *Oberste Leitung* ist je nach Rechtsform die Geschäftsführung oder der Vorstand eines Unternehmens zu verstehen, sowie deren durch die Revision 2015 der ISO 9001 erheblich angereicherte Rolle und Verantwortung für Qualität, Qualitätsmanagement und Qualitätsmanagementsystem.

Der *Qualitätsstrategie* hat stark gestaltende Aufgaben. Er legt Grundsätze des Handels fest oder berät die Leitung des Unternehmens diesbezüglich. Er arbeitet organisations-gestalterisch bis hin zu organisations-entwickelnd. Es handelt sich somit um eine Führungsrolle, die im hohen Maße beratend ist (Sommerhoff et al. 2016).

Der *Managementsystemadministrator* ist ein Administrator der Verantwortlichkeiten und Dokumentationen. Der Begriff soll die Verwandtschaft mit dem IT-Systemadministrator nahelegen, der die Systemarchitektur plant und ausgestaltet und darin selbst weitreichende Rechte hat und anderen ihre Rechte zuweist. Tätigkeiten umfassen das Themenfeld Managementsystem. Die Rolle hat eine strategische Komponente, wie z. B. das Managementsystemdesign im Auftrag und häufig als Berater der dafür verantwortlichen Leitung, und eine operative Komponente, wie z. B. die Dokumentenlenkung,

womit die Rolle auf der Grenze zwischen strategisch und operativ als Bindeglied angesiedelt ist (Sommerhoff et al. 2016).

Der *Managementsystemauditor* hat die Rolle eines Prüfers oder Gutachters mit einer gewissen hoheitlichen Anmutung und bedarf einer Sonderstellung im Unternehmen zwecks Neutralität und Unkorrumpierbarkeit. In Reinform ist der Managementsystemauditor nicht gestalterisch tätig, sondern arbeitet regelorientiert und akribisch. Die Rolle ist – je nach konkreter Ausgestaltung, Zielrichtung und Methodik – vergleichsweise am schwersten kompatibel zu anderen Rollen (Sommerhoff et al. 2016).

Q-Methodenexperten sind ebenfalls interne Berater. Sie arbeiten nicht auf Führungskräftelevel, wie die Qualitätstrategien, sondern auf Prozesseigner- und Prozessmitarbeiterlevel. Sie wenden als Dienstleister die qualitätswissenschaftlichen Methoden selbst an, moderieren den Methodeneinsatz in Teams oder sind Multiplikator für Methodenwissen im Unternehmen. Sie sind gute Methodiker und Problemlöser (Sommerhoff et al. 2016).

Die Rolle der *Q-Fachkraft* ist sehr operativ mit klarem, eng definiertem Aufgabenfokus. Es gibt daher verschiedene Varianten von Rollen, die sich thematisch unterscheiden (bspw. Lieferantenbetreuung, Kundenbetreuung, Prozesscontrolling, ...). Q-Fachkräfte sind produkt- und prozessnah im Einsatz (Sommerhoff et al. 2016).

Da nicht jede der hier dargelegten Rollen in der Praxis miteinander vereinbart ist, ist von der DGQ das Rollenbündelmodell erarbeitet worden, das aufweist, welche Rollen auf Grund ähnlicher Sozialkompetenzen und Fachkenntnisse sowie der Stellung in der Unternehmenshierarchie in einer Person zusammengefasst werden können. Dies ist vor allem bei kleinen Unternehmen von Bedeutung (Sommerhoff et al. 2016).

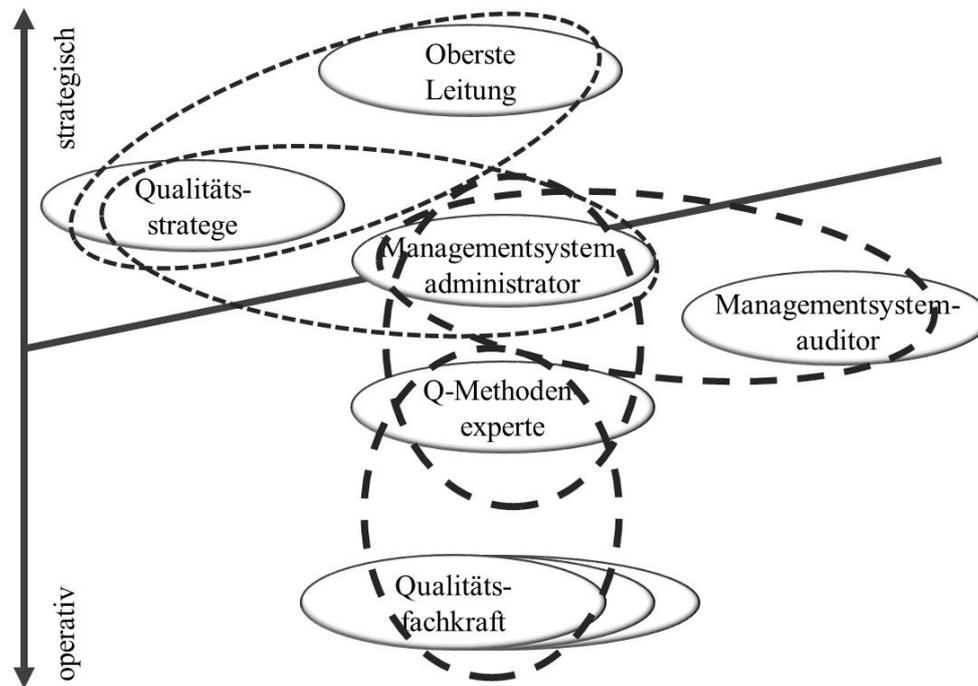


Abbildung 55: Bündelungen kompatibler Rollen im DGQ Rollenbündelmodell (Sommerhoff et al. 2016, S. 82)

Wie Abbildung 55 aufzeigt, ist bspw. der Managementsystemauditor lediglich mit der Rolle des Managementsystemadministrators vereinbar. Ähnlich ist es beim Qualitätsstrategen oder dem Q-Methodenexperten (Sommerhoff et al. 2016).

Werden diese Erkenntnisse nun auf die universitäre Ausbildung übertragen, so zeigt sich, dass es im operativen Bereich Bedarf an spezifischen Fachkenntnissen gibt, der Bedarf an interdisziplinärer und generalistischer Ausbildung jedoch stark ansteigt, je strategischer die Rolle ausgerichtet ist. Dies muss sich also auch in den entsprechenden Studiengängen widerspiegeln, indem die Studierenden sich im Rahmen des Qualitätsingenieurwesens mit ihren Wahlfächern entweder auf eine bestimmte Thematik fokussieren oder aber durch die Wahl von generalistisch ausgelegten Modulen zur systematischen Problemlösung und Systemgestaltung befähigt werden.

Für den hier dargelegten Bildungskomplex bedeutet dies, dass das Thema „Verlässlichkeit von sozio-technischen und technischen Systemen“ mit seinen generischen Ansätzen im Rahmen eines Moduls zur systematischen Problemlösung und Systemgestaltung zu vermitteln ist.

Universitäre sicherheitswissenschaftliche Ausbildung

Der Master Sicherheitstechnik (MScS) der Bergischen Universität Wuppertal ist einer von 19 im Ingenieurbereich angesiedelten Masterstudiengängen in Deutschland in der Fachrichtung Sicherheitstechnik (Gerhold et al. 2016).

Der Studiengang umfasst zum einen die Vermittlung von Wissen bezüglich der relevanten Normen, Methoden und Techniken aus den Bereichen Arbeitssicherheit, Umweltsicherheit, Brand- und Bevölkerungsschutz (siehe

Abbildung 56). Zum anderen werden Grundlagen aus den klassischen Wissenschaftsdisziplinen vermittelt sowie interdisziplinäre Fähigkeiten durch selbständiges Arbeiten in Teams im Rahmen von Kleinprojekten.

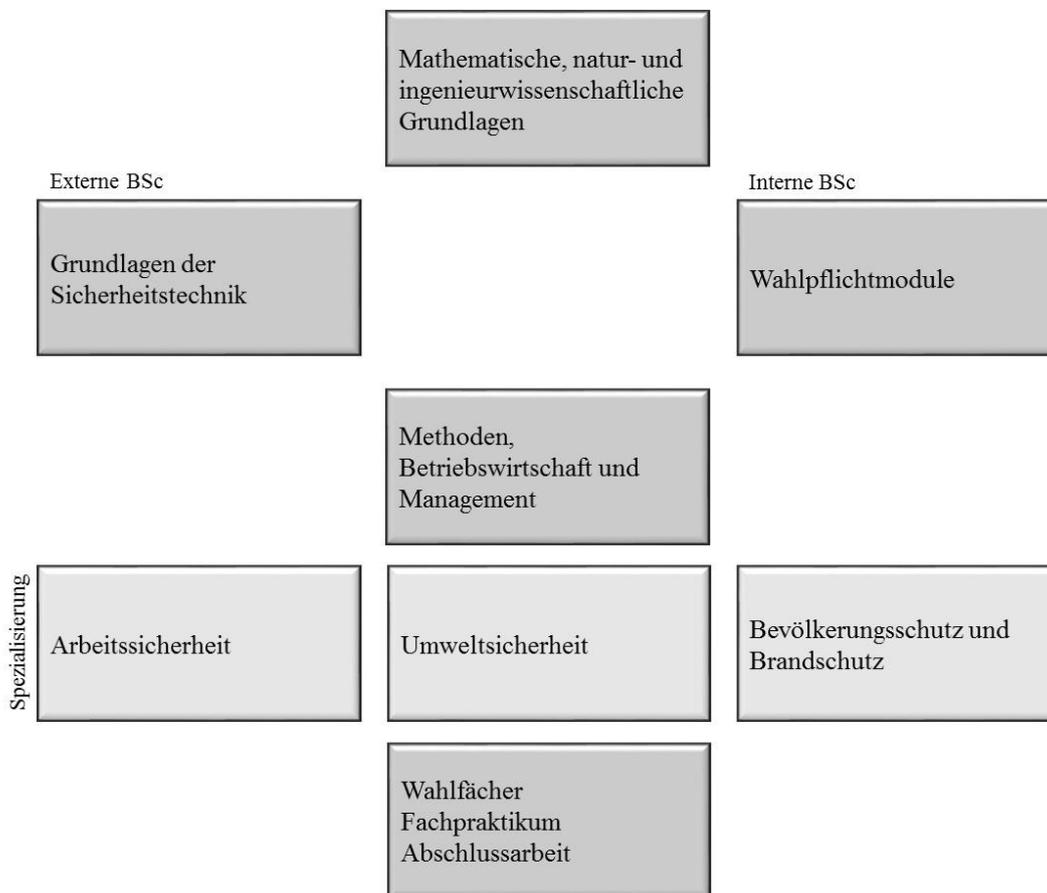


Abbildung 56: Curriculum des MSc Sicherheitstechnik der Bergischen Universität Wuppertal in Anlehnung an (Bergische Universität Wuppertal 2014b)

Weitere sicherheitstechnische Master-Studiengänge im Bereich Ingenieurwesen sind laut einer im Jahr 2013 durchgeführten Studie des Forschungsforums öffentliche Sicherheit (Gerhold et al. 2016):

- Management Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit, Dresden International University
- Integrated Safety and Security Management, Hochschule Bremerhaven,

- Umwelt-, Hygiene- und Sicherheitsingenieurwesen, Technische Hochschule Mittelhessen,
- Sicherheit und Gefahrenabwehr, Otto-von Guericke-Universität Magdeburg,
- Sicherheit und Gefahrenabwehr, Hochschule Magdeburg, Stendal,
- Applied IT Security, International School of IT Security AG, Ruhr-Universität Bochum,
- IT-Sicherheit / Informationstechnik, Ruhr-Universität Bochum,
- IT-Sicherheit / Netze und Systeme, Ruhr-Universität Bochum,
- Internet-Sicherheit, Westfälische Hochschule Gelsenkirchen,
- IT-Audit und Assurance, Europäische Fachhochschule Brühl,
- IT-Sicherheit, Technische Universität Darmstadt,
- Security and Privacy, Universität des Saarlandes, Saarbrücken,
- Baulicher Brandschutz und Sicherheitstechnik, Technische Universität Kaiserslautern,
- Sicherheitstechnik, Fachhochschule Kaiserslautern,
- Vorbeugender Brandschutz, Fachhochschule Kaiserslautern,
- Air Quality Control, Solid Waste and Waste Water Process Engineering, Universität Stuttgart,
- Digitale Forensik, Hochschule Albstadt-Sigmaringen, Balingen und
- Natural Hazards and Risks in Structural Engineering, Bauhaus-Universität Weimar.

Neben den rein im Ingenieursbereich angesiedelten Studiengängen gibt es zudem zwölf interdisziplinäre Studiengänge (Gerhold et al. 2016):

- Hydro Science and Engineering, Technische Universität Dresden,
- Urbane Versorgungsinfrastrukturen, Technische Universität Berlin,
- Security Management, Fachhochschule Brandenburg,
- Peace and Security Studies, Universität Hamburg,
- Betriebssicherheitsmanagement, Technische Fachhochschule Georg Agricola zu Bochum,
- Rettungsingenieurwesen, Fachhochschule Köln,
- Nuclear Safety Engineering, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen,

- Katastrophenvorsorge und Katastrophenmanagement, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn,
- Epidemiologie, Johannes-Gutenberg-Universität Mainz,
- Security and Safety Engineering, Hochschule Furtwangen,
- International Occupational Safety and Health, Ludwig-Maximilian-Universität München und
- Global Change Ecology, Universität Bayreuth.

Wie die Namen der Studiengänge bereits aufzeigen, sind die Masterstudiengänge im Bereich Sicherheitstechnik mit unterschiedlichen Schwerpunkten ausgelegt, was dazu führt, dass selbst innerhalb der sicherheitstechnischen Ausbildung ein generalistischer Ansatz nötig ist, um die einzelnen Themenfelder miteinander verbinden zu können. Dementsprechend ist auch hier die Einbindung des in dieser Arbeit vorgestellten Ansatzes für die Verlässlichkeit auf Basis von systemtheoretischen Vorgehensweisen empfehlenswert.

Universitäre logistische Ausbildung

Ein Masterstudiengang im Themenfeld Logistik wird in Deutschland an insgesamt 54 verschiedenen Standorten angeboten (Gate4Logistics). Exemplarisch wird hier der Masterstudiengang der TU Dortmund als Grundlage der Inhaltsanalyse herangezogen (siehe Anhang A).

Das Ziel des Masterstudiums Logistik an der TU Dortmund ist, logistisches Vorwissen zu vertiefen sowie das Fach- und Methodenwissen zu erweitern, um die Absolventinnen und Absolventen vor allem für Forschung, Beratung und Managementfunktionen rund um den Themenbereich Logistik zu qualifizieren (Technische Universität Dortmund 2013).

1. Semester	Wahlkatalog WISO	Wahlkatalog Logistik	Wahlkatalog Logistik	Wahlkatalog Logistik	Spezialwissen Logistik	Spezialwissen Logistik	Logistisches Planspiel
2. Semester	Wahlkatalog WISO	Wahlkatalog Logistik	Wahlkatalog Logistik	Wahlkatalog Logistik	Spezialwissen Logistik	Projektarbeit	
3. Semester	Masterarbeit						

Abbildung 57: Studienverlaufplan des Master Logistik an der TU Dortmund (Technische Universität Dortmund 2013)

Gemäß des Studienverlaufplans (siehe Abbildung 57) können die Studierenden Fächer aus den Bereichen Wirtschaftswissenschaften und Logistik auswählen und dementsprechend ihre Kenntnisse spezifizieren. Einen Überblick über die Fächer ist in Anhang B verfügbar.

Die zunehmend branchenübergreifende und strategische Bedeutung der Logistik in Unternehmen führt zu einer steigenden Anzahl an Logistik-Positionen in den mittleren und oberen Hierarchieebenen (Baumgarten und Thoms 2002). Für die immer komplexer werdenden funktions- und bereichsübergreifenden Prozesse werden hoch qualifizierte Mitarbeiter mit umfassender Ausbildung benötigt. Die verschiedenen Leitungsebenen und Managementpositionen weisen aber unterschiedliche Bezugspunkte auf. In Konsequenz ergeben sich dafür differenzierte fachliche und methodische Anforderungen, wie Tabelle 16 aufzeigt (Hildebrand und Roth 2008).

Tabelle 16: Überblick über Bezugspunkte und deren Anforderungen im Logistik-Managementbereich in Anlehnung an (Hildebrand und Roth 2008)

Hierarchieebene	Bezugspunkte	Anforderungen
Operative Leitung	<ul style="list-style-type: none"> • Gesamtprozess im jeweiligen Bereich, • Schnittstelle zu vor- und nachgelagerten Bereichen 	<ul style="list-style-type: none"> • Umsetzen von direkten Optimierungspotenzialen bei der Durchführung einzelner Aktivitäten, • Führungskompetenzen, • Zusammenhänge und Wechselwirkungen erkennen
Mittleres Management	<ul style="list-style-type: none"> • Gesamter Logistikprozess in Unternehmen sowie • angrenzende Bereiche im Netz von Kunden und Zulieferern 	<ul style="list-style-type: none"> • Schnittstellenmanagement, • umfassendes Verständnis logistischer Prozesse und Netze, • Fähigkeit zum Aufbau und Betreiben neuer logistischer Systeme und Netze
Höheres Management	<ul style="list-style-type: none"> • Gesamte Supply Chain des Unternehmens und ggf. angrenzender Unternehmen 	<ul style="list-style-type: none"> • Ganzheitliches und integratives Denkvermögen, • diagnostisches und strukturiertes Denken, • konzeptionelle Fähigkeiten, • generalistische Fähigkeiten

Während das operative Management einzelne Unternehmensbereiche und die Schnittstellen zum jeweiligen vor- und nachgelagerten Bereich fokussiert, werden im mittleren und höheren Management die Prozesse des gesamten Unternehmens bis hin zur gesamten Supply Chains des Unternehmens betrachtet. Die Komplexität nimmt somit stetig zu, was verstärkt Fähigkeiten beim strukturierten, systematischen Denken fordert (Baumgarten und Hildebrand 2008).

Aufgrund des hohen Bedarfs an Logistikern in der Industrie, der von den Hochschulen bislang noch nicht erfüllt werden kann, sind auch Betriebswirte, Physiker und Mathematiker in Logistikpositionen zu finden, die sich das notwendige Wissen aneignen. Durch die Erhöhung der Ausbildungskapazitäten an den Universitäten wird diesem derzeit entgegengewirkt. Von Baumgarten und Hildebrand

(Baumgarten und Hildebrand 2008) wird allerdings festgestellt, dass Kreativität, Innovationsfähigkeit, Beurteilungsvermögen und systematische Problemlösung noch viel stärker in der Ausbildung vermittelt werden müssen.

So ziehen Baumgarten und Hildebrand (Baumgarten und Hildebrand 2008) das Fazit, dass das logistische Lehrangebot bisher stets mit der Entwicklung und dem Bedeutungszuwachs der Logistik Schritt gehalten hat. Es ist davon auszugehen, dass eine Deckung der Nachfrage nach akademisch ausgebildeten Logistikern zeitnah erreicht wird. Doch ist in Zukunft neben der breiten Ausbildung des akademischen Logistknachwuchses, die neben den Kerngebieten der Logistik auch wirtschaftswissenschaftliche, informationstechnische und technologische Inhalte umfasst, zudem sicherzustellen, dass durch entsprechende Lehrkonzepte auch disziplinübergreifenden Herausforderungen in der Logistik gehandhabt werden können.

Universitäre Ausbildung im Bereich Systems Engineering

Ein universitärer Masterstudiengang im Themenfeld Systems Engineering existiert an insgesamt elf deutschen Universitäten (Master-and-More 2016), wobei die Studiengänge unterschiedliche Schwerpunkte (Elektrotechnik, Anlagenbau, Maschinenbau, Informatik, Medizintechnik) aufweisen (siehe auch Tabelle 17).

Tabelle 17: Übersicht der Masterstudiengänge Systems Engineering an deutschen Universitäten (Master-and-More 2016)

Studiengang	Universität
Systems Engineering	Universität der Bundeswehr München
Mikrosystemtechnik	Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Internationales Projektmanagement im Großanlagenbau	Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg
Intelligente eingebettete Mikrosysteme	Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Systems Engineering	Universität Bremen
Medical Systems Engineering	Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
Autonome Systeme	TU Darmstadt
Informations-Systemtechnik	TU Braunschweig
Information and Communication Systems	TU Hamburg-Harburg
Distributed Systems Engineering	TU Dresden
IT-Systems Engineering	Universität Potsdam

Im weiteren Verlauf wird der Master „Systems Engineering“ der Universität Bremen fokussiert, da dieser als einziger nicht bereits in der Namensgebung des Masterstudiengangs eine Eingrenzung auf einen konkreten Anwendungsgegenstand oder eine Wissenschaftsdisziplin vornimmt.

Der Master „Systems Engineering“ richtet sich an Fachleute, die sowohl Expertenwissen in einem Fach als übergreifende Kompetenzen in anderen Disziplinen der Ingenieurwissenschaften vorweisen können. Er ist interdisziplinär angelegt durch die Berücksichtigung von drei Grunddisziplinen (Elektrotechnik/Informationstechnik; Informatik; Produktionstechnik/Maschinenbau und Verfahrenstechnik). Es werden fächerübergreifende Arbeitsweisen vermittelt und technische Systeme ganzheitlich betrachtet. Darüber hinaus erlangen die Studierenden Spezialkenntnisse in einem oder mehreren Bereichen (Universität Bremen 2014).

Der Studiengang setzt sich aus den folgenden Wahlpflichtmodulen zusammen (Universität Bremen 2014):

- Informatik (6 CP),
- Elektrotechnik (8 CP),
- Produktionstechnik (6 CP),
- Projekt Systemtechnik (18 CP),
- Spezialisierungen (16 CP),
- Systems Engineering (6 CP) und

- Masterarbeit inkl Kolloquium (30 CP).

Des Weiteren sind Spezialisierungsrichtungen aus folgendem Angebot zu wählen (Universität Bremen 2014):

- Automatisierungstechnik und Robotik,
- Mechatronik,
- Systemsoftware/Eingebettete Systeme,
- Produktionstechnik und
- Raumfahrtssystemtechnik.

Die Studierenden werden sowohl in fachspezifischen Methoden, Modellen und Erkenntnissen der Elektrotechnik, der Informatik und des Maschinenbaus unterrichtet, als auch in der Systemtheorie und der Lösung komplexer Problemstellungen in interdisziplinären Teams. Allerdings wird kein generischer SE-Ansatz vermittelt, sondern die verschiedenen, in den einzelnen Wissenschaftsdisziplinen genutzten SE-Ansätze (Universität Bremen 2015). Der Master-Studiengang ist hierbei auf eine Dauer von drei Semestern Regelstudienzeit ausgelegt (Universität Bremen 2014). Die Frage, die sich somit stellt, ist, ob die Vermittlung eines generalistischen SE-Ansatzes zur Gestaltung von verlässlichen (sozio-) technischen Systemen sich derart in die bereits bestehenden fachspezifischen Studiengänge der Universitäten integrieren lässt, so dass neben den Absolventen des Masters Systems Engineering auch andere Fachexperten die Potentiale eines solchen Ansatzes, wie die vorliegende Arbeit für UNW und ihre PSS aufzeigt, nutzen können.

Zwischenfazit

Werden die oben vorgestellten, universitären Ausbildungskonzepte aus den Bereichen Qualitätswissenschaft, Sicherheitswissenschaft und Logistik hinsichtlich generalistischer, problemlösungsorientierter Inhalte untersucht, so zeigt sich, dass diese Inhalte in den Studiengängen noch nicht ausreichend vermittelt werden, obwohl der Bedarf hierzu gegeben ist. Die universitäre Ausbildung im Bereich Systems Engineering vermittelt zwar systemtheoretische Ansätze, die die Lösung komplexer Problemstellungen vermitteln, doch werden hier je nach Fakultät SE-Ansätze bevorzugt, deren Methoden und Modelle auf die Wissenschaftsdisziplin der jeweiligen Fakultät zugeschnitten sind. Eine umfassende SE-Ausbildung, die fachdisziplinübergreifende Kenntnisse wie den DyNamic-Ansatz vermittelt, bedarf in der Regel drei Semester Studienzeit. Dementsprechend wird im Folgenden ein Lösungsansatz präsentiert, wie die universitäre Ausbildung diesbezüglich modifiziert werden kann.

7.3.2 Lösungsansätze für die Modifizierung der universitären Ausbildung

Die Analyse der Studiengänge in den Bereichen Qualitätswissenschaft, Sicherheitswissenschaft und Logistik sowie der Bedarfe aus der Industrie in diesen Bereichen ergab, dass eine Anpassung der

Ausbildung zu erfolgen hat, um den Herausforderungen von komplexen Problemstellungen in den Unternehmen und Unternehmensnetzwerken begegnen zu können. Das Fachpersonal muss im Umgang mit multidisziplinären Analyse- und Gestaltungsverfahren befähigt werden, was wiederum fachdisziplinübergreifendes Wissen und Denken voraussetzt.

Ein Ansatz könnte sein, den erarbeiteten, systemtheoretischen Ansatz zur verlässlichen Gestaltung von UNW und ihren PSS schrittweise und modular in die Ausbildungskonzepte der betroffenen Studiengänge zu integrieren. Hierdurch wird das Fachpersonal befähigt, komplexe Zusammenhänge zu erkennen und zielgerichtet zu gestalten.

Im Detail bedeutet dies, dass folgende Bildungsziele für die Modifizierung der universitären Ausbildung existieren:

- Befähigung zur Entwicklung von analytischen und konzeptionellen Denkansätzen,
- Befähigungen zum Erkennen von komplexen Zusammenhängen und zu deren zielgerichteter Beeinflussung einschließlich der Ableitung entsprechender Strategien und Maßnahmen,
- Festigung von Fähigkeiten und Fertigkeiten im Umgang mit komplexen multidisziplinären Analyse- und Gestaltungsverfahren bzw. Methoden sowie
- Entwicklung, Ausprägung und Festigung einer hohen Fach- und Sozialkompetenz, Teamfähigkeit und Kreativität.

Da komplexe Problemstellungen umfassend betrachtet werden müssen, kann die Analyse- und Gestaltungsphase nur im Team realisiert werden. Dafür sind entsprechend auch Lehrformen zu planen, wie:

- Vorlesungen,
- umfangreiche Seminare bzw. Projekte,
- Übungen,
- Kolloquien und
- Belege.

Während Seminare und Übungen analytische und gestalterische Fähigkeiten und Fertigkeiten ausprägen, dienen die Kolloquien und Belege, die in Teamarbeit zu absolvieren sein sollten, zur Entwicklung und Festigung strategischer Denk- und Verhaltensweisen sowie der Teamfähigkeit. Ihr zeitlicher Umfang muss im Vergleich zur Vorlesung, die Grundwissen vermittelt, viel höher sein.

Die Forderung nach Multi- bzw. Interdisziplinarität sollte zudem dadurch realisiert werden, dass mindestens ein Kolloquium in Verbindung mit einem Beleg studiengangübergreifend mit anderen Studiengängen der Fakultät, ggf. aber auch fakultätsübergreifend erfolgt. Ziel muss es hierbei sein, eine komplexe Aufgabenstellung, die Wissen aus verschiedenen, spezialisierten Studiengängen erfordert, gemeinsam in einem interdisziplinären Team zu lösen, um das Verständnis für den Bedarf an einer einheitlichen Sprache, dem systemtheoretischen Denken sowie der Teamfähigkeit zu verstärken und entsprechende Fertigkeiten zu fördern.

Wird dieser Vorschlag auf die bereits existierenden Fächerstrukturen von Universitäten angewendet, so ergibt sich folgende Möglichkeit (siehe Abbildung 58).

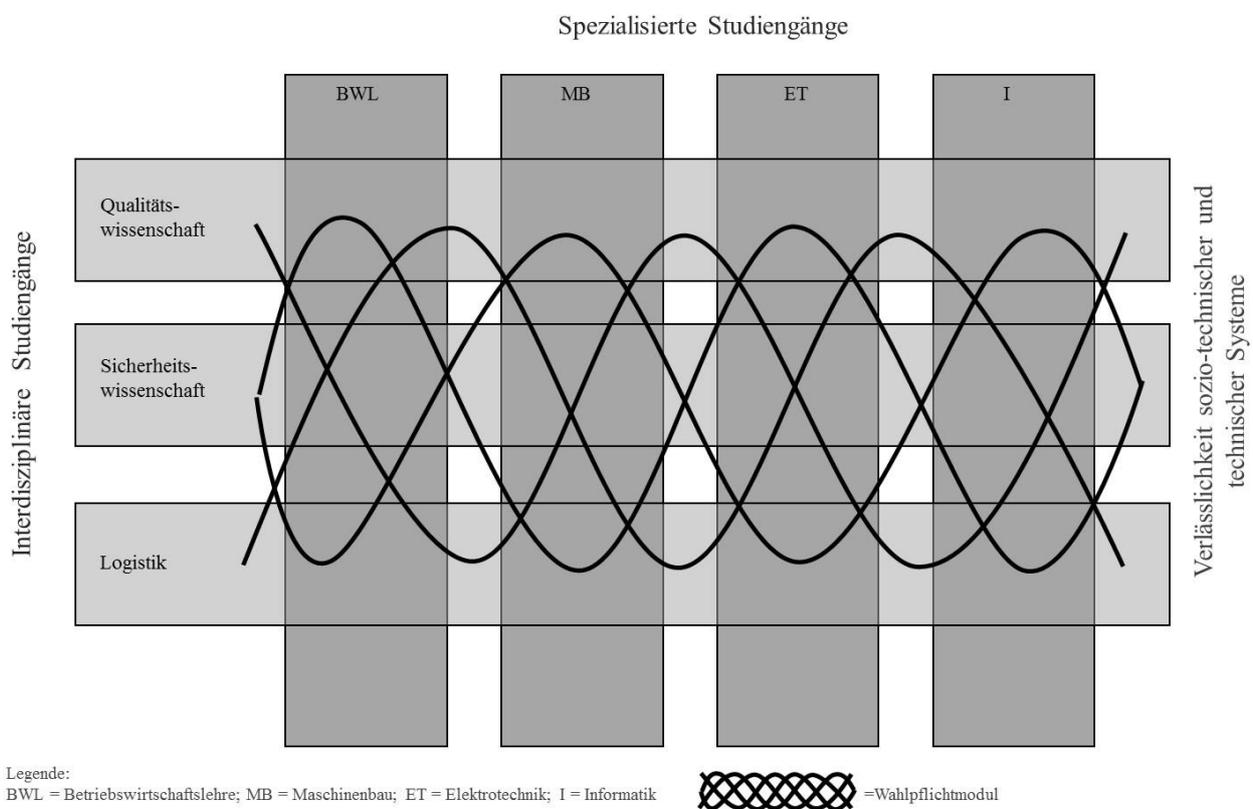


Abbildung 58: Synergetische Vermittlung systemtheoretischer Kenntnisse in interdisziplinären Studiengängen

Bereits heute profitieren interdisziplinär angelegte Studiengänge wie Qualitätswissenschaft, Sicherheitswissenschaft und Logistik davon, dass sie Fächer aus spezialisierten Studiengängen, wie Betriebswirtschaftslehre, Maschinenbau, Elektrotechnik und Informatik, in den Studienverlaufsplan integrieren. Dennoch werden die einzelnen interdisziplinären Studiengänge getrennt voneinander betrachtet und es finden keine weiteren Verknüpfungen statt. Hinsichtlich des Bedarfs an systemtheoretischen Kenntnissen zur komplexen Problemlösung eröffnet sich jedoch die Möglichkeit, diese sowohl für die interdisziplinären als auch die fachspezifischen Studiengänge fakultätsweit oder, falls strukturell gegeben, fakultätsübergreifend in einem entsprechenden Modul anzubieten. Hierdurch

profitieren zum einen die Universitäten, indem sie eine engere Zusammenarbeit der einzelnen Fakultäten und Lehrstühle fördern und somit Synergien schaffen, zum anderen aber auch die Studierenden, da sie die Möglichkeit erhalten, bereits im Studium die Zusammenarbeit mit ihrem Fach fremden Personen zu üben.

7.4 Implementierung der gewonnenen Erkenntnisse in die Lehr- und Forschungskonzeption für das Fachgebiet „Produktsicherheit und Qualitätswesen“ der Bergischen Universität Wuppertal

Das Fachgebiet „Produktsicherheit und Qualitätswesen“ (ProQ) der Bergischen Universität Wuppertal ist in der Fakultät für Maschinenbau und Sicherheitstechnik als interdisziplinäre Schnittstelle zwischen den beiden Fachdisziplinen angesiedelt. Die prozessorientierte Analyse von Systemen und deren anforderungsgerechte Gestaltung über den gesamten Lebenszyklus ist Hauptgegenstand der universitären Ausbildung des Fachgebiets. Hierzu werden diverse Fächer im Rahmen sowohl des Bachelorstudiengangs Sicherheitstechnik als auch des Masterstudiengangs Qualitätsingenieurwesens angeboten (siehe Abbildung 59):

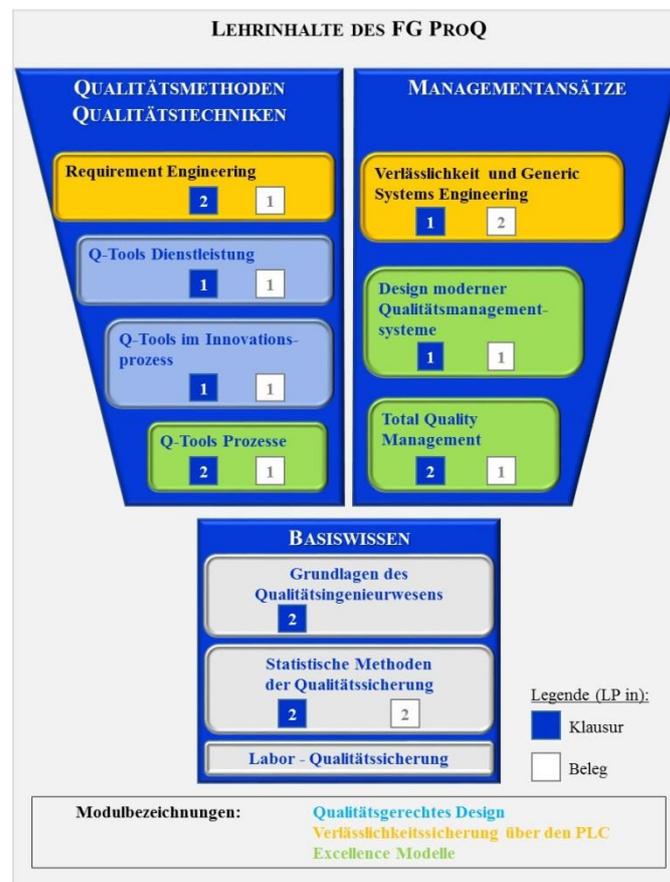


Abbildung 59: Lehrinhalte des Fachgebiets Produktsicherheit und Qualitätswesen (Fachgebiet Produktsicherheit und Qualitätswesen, Bergische Universität Wuppertal 2014)

Im Modul „Verlässlichkeitssicherung über den Product Life Cycle“ werden im Rahmen der Fächer „Verlässlichkeit und Generic Systems Engineering“, „Requirements Engineering“ und „Produkt- und Prozesssicherheit“ bereits systemtheoretische Aspekte in der Ausbildung von Qualitätsingenieuren vermittelt. Allerdings beschränken sich diese bislang auf rein technische Systeme. Darüber hinaus werden die Inhalte der Vorlesung zwar in teambasierten Belegarbeiten vertieft, aber eine Interaktion mit Studierenden anderer Fachdisziplinen findet nicht statt (Fachgebiet Produktsicherheit und Qualitätswesen, Bergische Universität Wuppertal 2014).

Die Betrachtung sozio-technischer Systeme findet im Rahmen des Moduls „Excellence Modelle“ mit den Fächern „Design moderner Qualitätsmanagementsysteme“, „Q-Tools Prozesse“ und „Total Quality Management“ statt. Auch hier fehlt die interdisziplinäre Zusammenarbeit. Zudem ist die generische Sichtweite zu erweitern, indem nicht nur die forderungsgerechte Gestaltung von Organisationen nach Qualitäts-, Arbeits- und Umweltaspekten zu betrachten ist, sondern auch von allen Themengebieten der Verlässlichkeit.

Um die fehlende Fertigkeitenvermittlung im Bereich der generalistischen, systemtheoretischen Denkweise zu vermitteln, ist es denkbar, im Rahmen eines Wahlmoduls eine solche Ausbildung zu ermöglichen. Bislang sind als Wahlmodule Inhalte aus den Themenbereichen Elektrotechnik, Bauingenieurwesen, Maschinenbau und Sicherheitstechnik möglich, die zu einer Spezialisierung der Studierenden führen.

Um eine generalistische Ausbildung als Schwerpunkt zu fördern, ist hier das Angebot eines fakultätsübergreifenden Wahlpflichtmoduls „Verlässliche Gestaltung sozio-technischer Systeme“ denkbar, das für Masterstudierende der Fächer Elektrotechnik, Bauingenieurwesen, Maschinenbau, Sicherheitstechnik und Qualitätsingenieurwesen ausgelegt wird.

Das Wahlpflichtmodul, das insgesamt sechs Leistungspunkte umfasst, kann wie folgt skizziert (siehe Tabelle 18) aufgebaut sein:

Tabelle 18: Wahlpflichtmodul „Verlässliche Gestaltung sozio-technischer Systeme“

Wahlmodul	Verlässliche Gestaltung sozio-technischer Systeme		
	Lehrveranstaltung	Form	Prüfungsart
Sozio-technische Systemanalyse und Gestaltung	Vorlesung & Übung	Klausur	2
Optimierung eines Produkt-Service-Systems für die dezentrale Energieversorgung	Projekt	Beleg	4

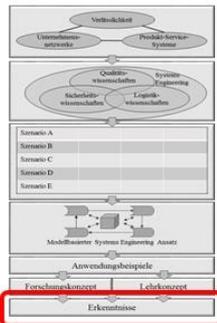
Hierbei sind die Vorlesung und Übung des Fachs „Sozio-technische Systemanalyse und Gestaltung“ innerhalb eines Semesters durchzuführen. Es werden den Studierenden die Kenntnisse für die Systemtheorie, die Analyse und Gestaltung sozio-technischer Systeme, sowie entsprechend geeignete Vorgehensweisen und Methoden vermittelt, die zudem in der Übung exemplarisch vertieft werden. Im darauffolgenden Semester wird ein Projekt mit Studierenden aus unterschiedlichen Studiengängen durchgeführt, dessen Ziel es ist, ein Produkt-Service-System entsprechend vorgegebener Verlässlichkeitsanforderungen zu optimieren. Es ist dabei darauf zu achten, dass die Projektgruppen vom Dozenten so zusammengesetzt werden, dass unterschiedliche Fachrichtungen in den Teams vertreten sind. Die Ergebnisse der Projektteams werden im Rahmen einer Belegarbeit dokumentiert.

Da die Teams für die Durchführung des Projekts Kenntnisse im Bereich Projektmanagement benötigen, ist die Veranstaltung im hinteren Bereich des Studienverlaufsplans einzusortieren. Der Betrachtungsgegenstand des Projekts sollte ein Produkt-Service-System sein, das Problemstellungen aus den involvierten Fachdisziplinen bietet. Dies impliziert auch, dass für die jeweiligen Detailprobleme ggf. benötigte Softwareprogramme, welche an den einzelnen Fachgebieten verfügbar sind, für die Studierenden von der Fakultät koordiniert bereitzustellen sind.

8 Fazit

Im Folgenden werden zunächst die Erkenntnisse der Arbeit zusammengefasst, bevor ein Ausblick auf zukünftige Forschungsthemen gegeben wird.

8.1 Zusammenfassung



Ausgehend von den heutigen Problemen beim Umgang mit komplexen (sozio-) technischen Systemen, die eine Zusammenarbeit diverser Fachdisziplinen erfordern, ist in Kapitel 2 zunächst der Begriff der Verlässlichkeit definiert worden: Verlässlichkeit ist demnach als Themengebiet zu verstehen, das sich mit Aspekten der Sicherheit im Sinne von Safety und Security, der Qualität, der Instandhaltbarkeit und der Zuverlässigkeit von Systemen entlang des gesamten Lebenszyklus

befasst.

Um die Verlässlichkeit von komplexen Systemen, wie bspw. einer Fertigungsanlage oder einem Flughafenterminal, zu erreichen, ist nicht nur das Produkt, die Dienstleistung oder das Produkt-Service-System zu betrachten, sondern auch das System der Wertschöpfung. Im hier vorliegenden Fall wurden Unternehmensnetzwerke fokussiert, da in der heutigen Zeit die für komplexe Systeme nötigen Kompetenzen, das Wissen und die Ressourcen in der Regel nicht mehr in einem einzelnen Unternehmen verfügbar sind, sondern Netzwerke gebildet werden, die sich bezüglich des Marktportfolios ergänzen.

Auf Basis der definierten Begriffe der Verlässlichkeit und der Unternehmensnetzwerke wurde im weiteren Verlauf der Arbeit ein systemorientierter Ansatz gewählt, um die Verlässlichkeit sowohl von Produkten (in der hier vorliegenden Arbeit wurden Produkt-Service-Systeme als Beispiel fokussiert) als auch der UNW, die diese wertschöpfen, zu gestalten, wie Abbildung 60 skizziert.

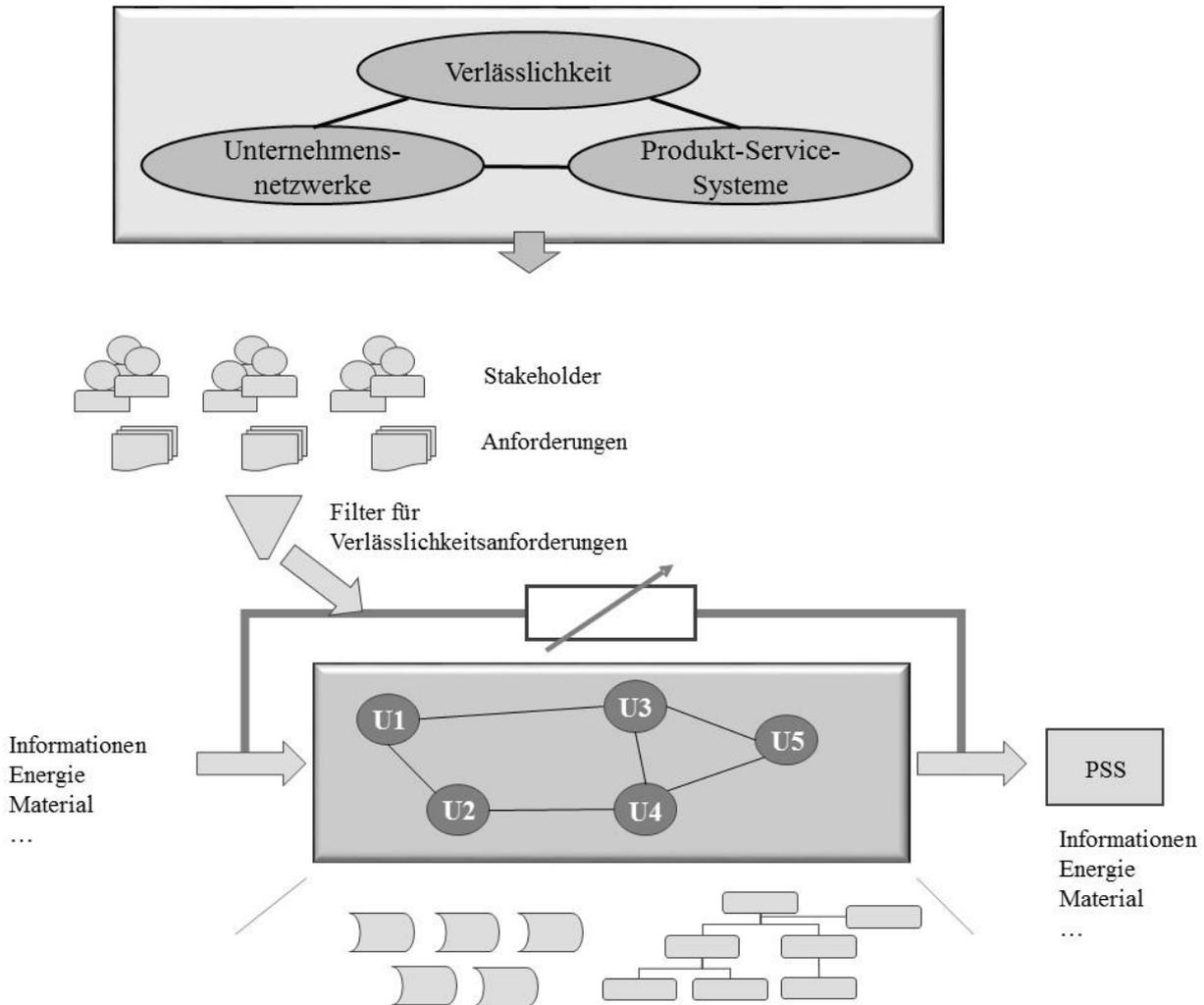


Abbildung 60: Ansatz zur Gestaltung verlässlicher UNW und ihrer Produkt-Service-Systeme

Ausgehend von den Stakeholdern des zu betrachtenden Systems werden hierbei deren Anforderungen an das System erhoben. Anschließend werden die Anforderungen der Verlässlichkeit herausgefiltert, um die Komplexität zu reduzieren und sich auf die Verlässlichkeit zu fokussieren. Die Verknüpfung der Anforderungen mit den entsprechenden Elementen des Systems erfolgt vom Blackbox-Ansatz ausgehend Top-Down über die Prozesse des Systems. Weitere Elemente des Systems, wie bspw. Funktionen, Komponenten, Personen, können über die Prozesse ergänzt und auch untereinander in Verbindung gesetzt werden. Die Relationen der Elemente können dabei auch attribuiert werden. So können beispielsweise Informations-, Energie- oder Materialflüsse abgebildet werden.

Die Abbildung des Systems ist dabei unumgänglich, um die Komplexität des Systems handhabbar zu machen. Um eine Zusammenarbeit der verschiedenen Fachdisziplinen zu ermöglichen, die bei der Betrachtung der Verlässlichkeit von Systemen benötigt werden, ist dabei ein Modell zu nutzen, das eine einheitliche Sprache für verschiedene Fachdisziplinen ermöglicht und gemäß der Systemtheorie eine möglichst geringe Anzahl standardisierter Sichten (Elementarten) nutzt.

Werden diese Anforderungen den Erkenntnissen der Literaturrecherche im Bereich modellbasierter Systems Engineering-Ansätze und ihrer Modelle gegenübergestellt, so ist das Fazit, dass das Generic Systems Engineering (GSE) nach (Winzer 2013) den geforderten Ansprüchen für technische Systeme erfüllt. Zudem kann das GSE auch für sozio-technische Systeme genutzt werden, wenn das im GSE verwendete DeCoDe-Modell um die Personensicht erweitert wird, wie sowohl (Nicklas 2016) als auch die im Rahmen dieser Arbeit dargelegten Anwendungsbeispiele nachweisen.

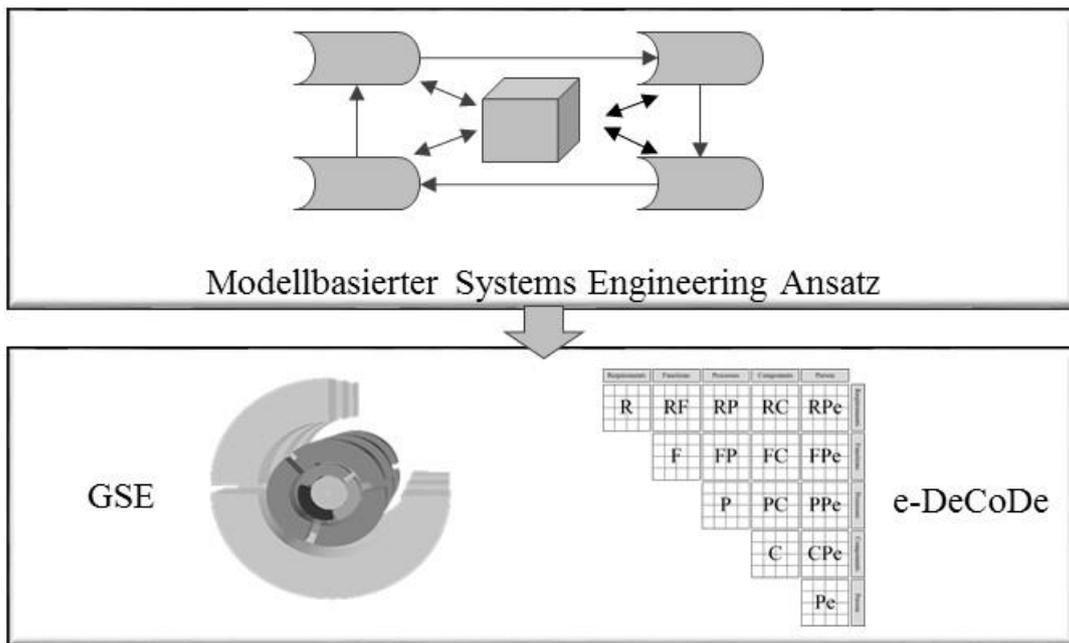


Abbildung 61: GSE und e-DeCoDe als modellbasierter SE-Ansatz für die verlässliche Gestaltung von UNW

Neben der Wahl eines geeigneten modellbasierten Ansatzes, der kontinuierlich das Denkmodell im Rahmen des Vorgehenskonzeptes aktualisiert, ist aber auch zu prüfen, ob die Methoden und Modelle der für die Verlässlichkeit relevanten Fachdisziplinen (in diesem Fall wurden die Sicherheitswissenschaft, die Qualitätswissenschaft und die Logistik fokussiert, siehe auch Kapitel 3) im Rahmen des GSE nutzbar sind.

Hierzu wurden im Rahmen der Anwendungsbeispiele (siehe Kapitel 6) insgesamt 25 Methoden und ggf. dazugehörige methodenspezifische Modelle (insgesamt 12 verschiedene Modellierungsarten) im Rahmen der verlässlichen Gestaltung von UNW und ihren PSS mittels GSE angewendet.

Als Beispiel für die Anwendung wurden dabei folgende Szenarien betrachtet:

- Szenario A: Verlässlichkeitsanforderungen für UNW (siehe Kapitel 6.1)
- Szenario B: Modellierung von Verlässlichkeit in UNW (siehe Kapitel 6.2)
- Szenario C: Verlässliche Produktentwicklung in UNW (siehe Kapitel 6.3)
- Szenario D: Verlässliche Großprojekte in UNW (siehe Kapitel 6.4)
- Szenario E: Verlässlichkeit von UNW bei Stakeholdern prüfen (siehe Kapitel 6.5)

Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse aus den Beispielen konnten zudem weiterführende Forschungsfelder und Forschungstätigkeiten identifiziert werden, um das Themenfeld Verlässlichkeit in der Forschung weiter voranzutreiben (siehe Kapitel 7). Hierbei ist eine strategische Forschungsausrichtung mit konkreten Arbeitsfeldern für die nächsten Jahre skizziert worden, um die Weichen für eine fachdisziplinübergreifenden Theorie für die Verlässlichkeit von sozio-technischen Systemen zu stellen.

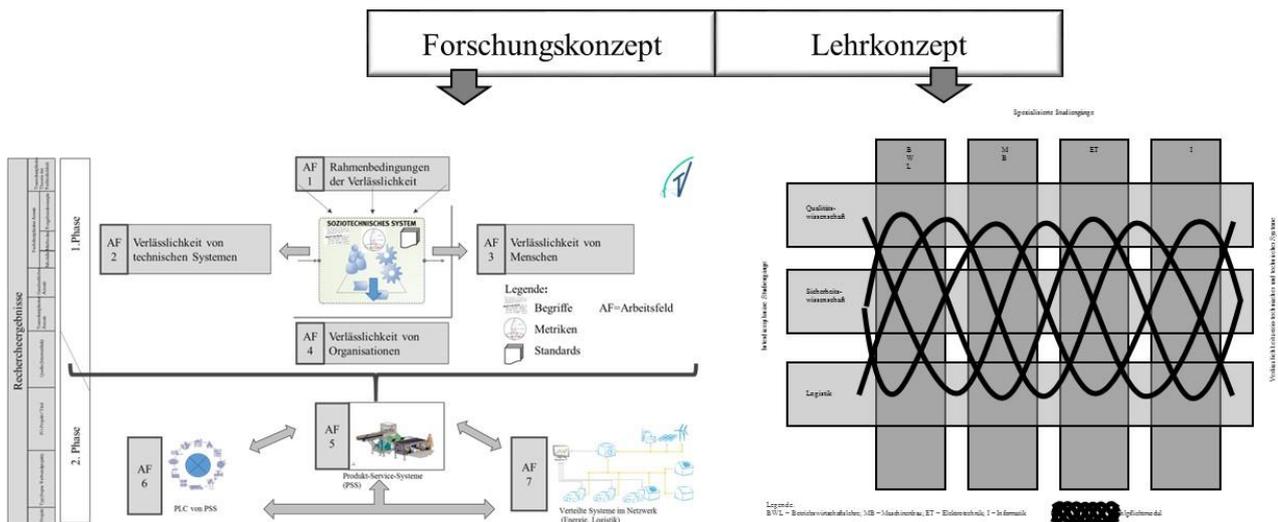


Abbildung 62: Hergeleitete Forschungs- und Lehrkonzepte

Parallel zu den skizzierten Forschungstätigkeiten (siehe Abbildung 62) ist zudem die Ausbildung von Fachpersonal zu betrachten, das in Zukunft in die verlässliche Gestaltung von komplexen sozio-technischen Systemen involviert ist. Mit dem Fokus auf die Studiengänge der Qualitätswissenschaft, der Sicherheitswissenschaft und der Logistik wurde ein Konzept erarbeitet, das die Studiengänge dieser Fachdisziplinen miteinander verbindet und die systemtheoretische Denkweise und Interdisziplinarität weiter ausbaut.

8.2 Ausblick

Die hier vorliegenden, neuen Erkenntnisse sind bezüglich des Themenfeldes Verlässlichkeit als ein erster Schritt anzusehen, der sicherlich im Detail noch weitere Forschungsfragen beinhaltet. Um eine Theorie der Verlässlichkeit zu schaffen, wie es in Kapitel 7.2 zur zukünftigen Forschungsstrategie angesprochen worden ist, sind ebenso weitere Forschungstätigkeiten durchzuführen. Zudem sind diese Erkenntnisse auch in die Lehre der Universität zu übernehmen und in entsprechende Lehrkonzepte einzubinden. Dementsprechend wird im Folgenden ein Ausblick bezüglich des hier vorliegenden DyNamic-Ansatzes, der Forschung und der Lehre gegeben.

8.2.1 Weiterentwicklung des DyNamic-Ansatzes

Der DyNamic-Ansatz beinhaltet derzeit Methoden der Qualitäts- und Sicherheitswissenschaft sowie der Logistik. Wie bereits in Kapitel 3 dargelegt, sind jedoch noch weitere Fachdisziplinen in diesem Ansatz zu berücksichtigen. Dementsprechend sind in weiteren Forschungstätigkeiten die Methoden anderer Fachdisziplinen auf Integrierbarkeit in den DyNamic-Ansatz zu prüfen. Hierbei liegt das Augenmerk vor allem auf der Kompatibilität der neu hinzuzufügenden Methoden mit dem vom GSE geforderten, einheitlichen Modell. Hierzu ist beim DyNamic-Ansatz das DeCoDe-Modell für technische Systeme und das e-DeCoDe-Modell für soziotechnische Systeme vorgesehen. Es gilt zu prüfen, ob auch andere Methoden, die in den Methodenbaukasten des DyNamic-Ansatzes integriert werden sollen, diese Modelvarianten nutzen können, oder ob weitere, neue Anforderungen identifiziert werden, die eine Weiterentwicklung oder gar Verwerfung und Neugestaltung der Modelle im DyNamic-Ansatz erfordern.

Während für die Modellierung mittels e-DeCoDe/DeCoDe bislang Software wie Loomeo® oder Excel genutzt wurden, wurden für die einzelnen Methoden oft spezifische Softwarelösungen genutzt, deren Ergebnisse wieder in das Modell zu überführen waren. Dabei sind die Schnittstellenprobleme zwischen der für das Modell genutzten Software und der Methodensoftware nicht unerheblich, was Zeit und somit Kosten anbelangt. Im Bereich des Product Lifecycle Management (PLM) existieren und entstehen diesbezüglich diverse neue Software-Architekturen als auch alternative Lösungen für das Produktinformationsmanagement, die ebenfalls zu neuen Anforderungen an die Modellierung führen könnten (Abramovici 2007), (Rivest et al. 2012).

Bezüglich der Engineering-Methoden sowie der damit einhergehenden Modelle insgesamt sind im Rahmen der acatech-Studie „Engineering im Umfeld von Industrie 4.0 – Einschätzungen und Handlungsbedarf“ Forderungen bezgl.

- Interdisziplinarität,
- generischer Prozessmodelle,

- Echtzeit-Entscheidungsunterstützung sowie
- Agilität aufgeführt (Abramovici und Otthein 2016).

Inwiefern der DyNamic-Ansatz diese Anforderungen mit entsprechenden IT-Werkzeuge realisieren kann oder an seine Grenzen stößt, ist zu untersuchen, wobei diese Anforderungen bereits aufgrund ihres Potentials auch Bestandteil zukünftiger Forschungsthemen sind, die im Folgenden thematisiert werden.

8.2.2 Forschungsbedarf

Die durch die Digitalisierung entstehenden neuen Anforderungen an das Engineering von Systemen (Infrastrukturen, (smarte) Produkte oder Services, (smarte) PSS) umfassen neben den bereits oben erwähnten Anforderungen bezüglich Interdisziplinarität, generischer Prozessmodelle, Echtzeit-Entscheidungsunterstützung und Agilität weitere, folgende Aspekte:

- Hierarchisierung und Vernetzung der Teilsysteme,
- Konfigurierbarkeit,
- Flexibilität,
- Anwendung intuitiver Visualisierungstechniken,
- Einfachheit,
- Autonomie sowie
- Andere (Abramovici und Otthein 2016, S. 25).

All diese Forderungen, die auch von internationaler Literatur gelistet werden (siehe Persson und Stirna 2015, Klewes 2016, Maedche 2016), sind bezüglich des Entwurfs einer Theorie der Verlässlichkeit, wie sie in Kapitel 7.2 skizziert wurde, mit zu berücksichtigen. Doch bevor überhaupt die Umsetzungsmöglichkeiten dieser Anforderungen erörtert werden kann, ist zunächst fachdisziplinübergreifend zu definieren, was Verlässlichkeit ist. Denn nur, wenn alle Fachdisziplinen ein gemeinsames Verständnis von dem Begriff haben, können interdisziplinäre Arbeiten in diesem Themenfeld erfolgreich umgesetzt werden. Dies schließt auch die Schaffung einer Begriffswelt im Themenfeld Verlässlichkeit mit ein, die neben der Verlässlichkeit weitere, für sie relevante Begriffe wie bspw. „Sicherheit“ oder „Risiko“ definiert. Dass dies ein schwieriges und aufwändiges Vorhaben ist, zeigen die Erkenntnisse aus dem Forschungsprojekt iglos, dessen Ziel es unter anderem war, die Begrifflichkeiten im Themenfeld Sicherheit in den unterschiedlichen Normen zu erheben und zu vergleichen. So wurden für den Begriff „Sicherheit“ (engl. „safety“) über 2453 Nennungen in Normen identifiziert, beim Begriff Risiko (engl. „risk“) waren es 496, bei denen es zum Teil starke Abweichungen oder gar Widersprüche gibt (Schnieder 2013).

Für die Schaffung einer Begriffswelt zur Theorie der Verlässlichkeit sind somit die Begriffswelten der unterschiedlichen Fachdisziplinen als auch die unterschiedlichen Definitionen in Normen und Richtlinien zu einem für alle akzeptablen und anwendbaren Begriffsglossar zu akkumulieren.

In einem nächsten Schritt können für die definierten Begriffe Klassifizierungen bis hin zu Metriken erarbeitet werden, die dann eine Bemessung der Verlässlichkeit ermöglichen und eine konkrete Grundlage für die Anwendung von Methoden und Modellen im Rahmen des Verlässlichkeits-Engineerings für eine fachdisziplinübergreifende, verlässliche Gestaltung von Systemen schaffen.

Allerdings erfordert die Realisierung der fachdisziplinübergreifenden, verlässlichen Gestaltung von Systemen neben der Schaffung einer entsprechenden Theorie auch eine Weiterentwicklung der Ausbildung von Fachpersonal. Diese wird im folgenden Abschnitt thematisiert.

8.2.3 Weiterentwicklung der Lehre

Die Weiterentwicklung der Lehre bezüglich des hier dargelegten DyNamic-Ansatzes wurde bereits in Kapitel 7.3 dargelegt. Doch dies ist lediglich ein mittelfristiges Konzept, das weiterer Entwicklung bedarf, wenn die in Kapitel 7.2 und Kapitel 8.2.2 dargelegten Aspekte des Forschungsbedarfs berücksichtigt werden.

Ein eigenes Masterprogramm zum Themenfeld Generic Systems Engineering erscheint mit Blick auf die Bergische Universität Wuppertal und der dortigen Ausbildung von Masterstudenten an der Fakultät für Maschinenbau und Sicherheitstechnik ratsam, um die Ausbildung an die Herausforderungen der heutigen und zukünftigen Aufgaben von Ingenieuren weiter anzupassen. Dieser Trend lässt sich auch International verzeichnen (Systems Engineering Research Center, INCOSE 2016), (Fannuy et al. 2017).

Dieser Master, in dem Studierende mit Bachelorabschluss aus den Bereichen Logistik, Sicherheitstechnik, Maschinenbau und Elektrotechnik zulässig wären, bietet die Möglichkeit, Studierende im allgemeinen, systematischen Problemlösen auszubilden und dazu eine Spezialisierung aus den entsprechenden Masterprogrammen der Fachdisziplinen hinzuzufügen. Durch die Vernetzung der Fakultäten untereinander über die Vertiefungen wird zudem das Synergiepotential der Universitätslehre genutzt. Des Weiteren können die neuen Erkenntnisse aus den Forschungsaktivitäten der Bergischen Universität Wuppertal im Bereich Industrie 4.0, Sicherheit, etc. direkt in den neuen Master einfließen.

Zudem kann durch die Kopplung der Lehrinhalte mit entsprechend am Markt von Personalzertifizierungsstellen angebotenen Zusatzqualifikationen wie bspw. dem Scrum-Master bezüglich agilem Projektmanagement (Kriegisch 2016) ein Mehrwert für die Studierenden geschaffen werden, der die

Chancen eines erfolgreichen Einstiegs in die Arbeitswelt weiter erhöht. Hierzu sind allerdings zunächst die Märkte zu analysieren und entsprechende Kooperationsvereinbarungen mit den jeweiligen Zertifizieren zu schließen.

9 Literaturverzeichnis

Abramovici, M. (2007): Future Trends in Product Lifecycle Management (PLM). In: F.-L. Krause und Frank-Lothar Krause (Hg.): The Future of Product Development // The future of product development. Proceedings of the 17th CIRP Design Conference; with 22 tables. Berlin: Springer, S. 665–674.

Abramovici, M.; Otthein, H. (2016): Engineering im Umfeld von Industrie 4.0. Einschätzungen und Handlungsbedarf. München: Herbert Utz Verlag (acatech Studie).

Austrian Society for Systems Engineering and Automation (2005): ELIMA Report - Environmental life cycle information management and Acquisition for Consumer products. In: ELIMA 2005 – Environmental Life Cycle Information Management and Acquisition for Consumer products. Online verfügbar unter <http://www.4980.timewarp.at/sat/English/projects/elima.html>, zuletzt geprüft am 30.08.2016.

Bacher, Johann (2008): Clusteranalyse. Anwendungsorientierte Einführung. 3., Aufl. München: Oldenbourg, R.

Baines; T. S.; H Lightfoot, H.; Steve, E.; Neely, A.; Greenough, R. et al. (2007): State-of-the-art in product service-systems. In: IMechE (Hg.): Journal of Engineering Manufacture, Bd. 221. IMechE (221), S. 1–10. Online verfügbar unter <http://pib.sagepub.com/content/221/10/1543.full.pdf+html>.

Barthelmes, Hans (2013): Handbuch Industrial Engineering. Vom Markt zum Produkt. München: Hanser. Online verfügbar unter <http://www.worldcat.org/oclc/856030773>.

Baumgarten, Helmut (Hg.) (2008): Exzellenz in der Logistik. Innovationen, Strategien, Umsetzungen. 1. Aufl. Berlin: Springer.

Baumgarten, Helmut; Hildebrand (2008): Studium Logistik. 1. Aufl. Berlin. Online verfügbar unter http://www.bvl.de/misc/filePush.php?id=11304&name=Studium_Logistik_webversion.pdf, zuletzt geprüft am 15.09.2016.

Baumgarten, Helmut; Thoms, Jack (2002): Trends und Strategien in der Logistik. Supply chains im Wandel; [Ergebnisse 2002. [Berlin]: [Verbum].

Beckmann, Suzanne C.; Langer, Roy (Hg.) (2009): Netnographie. Wiesbaden: Gabler.

Belkin, A.; Kuwertz, A.; Fischer, Y.; Beyerer, J. (2012): World modeling for autonomous systems. In: C. Kalloniatis (Hg.): Innovative Information Systems Modelling Techniques. InTech. Rijeka.

Bergische Universität Wuppertal (2014a): Curriculum des MSc Qualität Ingenieurwesen. Wuppertal. Online verfügbar unter http://www.site.uni-wuppertal.de/fileadmin/sicherheitstechnik/Studiengaenge/4_0_-_CURRICULUM_MScQ_-_Stand_WS1415.pdf, zuletzt geprüft am 19.08.2016.

Bergische Universität Wuppertal (2014b): Curriculum des MSc Sicherheitstechnik. Hg. v. Bergische Universität Wuppertal. Online verfügbar unter http://www.site.uni-wuppertal.de/fileadmin/sicherheitstechnik/Studiengaenge/8_0_-_CURRICULUM_MScS_-_Stand_WS1415.pdf, zuletzt geprüft am 15.09.2016.

Bergische Universität Wuppertal (Hg.) (2015): Modulhandbuch für den Master-Studiengang "Qualitätsingenieurwesen". Wuppertal. Online verfügbar unter http://www.site.uni-wuppertal.de/fileadmin/sicherheitstechnik/Studiengaenge/7_MScQ_E.pdf, zuletzt geprüft am 20.08.2016.

Bernecker, Michael (2013): Marketing. Grundlagen - Strategien - Instrumente. 2. [überarb.] Aufl. Köln: Johanna-Verl.

Bertsche, B.; Beyerer, J.; Jakobs, E.; Renn, O.; Winzer, P. (2016): Transdisziplinäre Theorie der Verlässlichkeit (tTV) für soziotechnische Systeme (STS). Unter Mitarbeit von N. Schlüter. Hg. v. P. Winzer. Fachgebiet Produktsicherheit und Qualitätswesen, Bergische Universität Wuppertal.

Bertsche, B.; Göhner, P.; Jensen, U.; Schinköthe, W.; Wunderlich, H.-J. (2009): Zuverlässigkeit mechatronischer Systeme: Grundlagen und Bewertung in frühen Entwicklungsphasen. Berlin: Springer.

Bertsche, B.; Stohrer, M. (2016): Zuverlässigkeit und Sicherheit. In: Udo Lindemann (Hg.): Handbuch Produktentwicklung: Hanser, S. 185–213.

Beyerer J.; Geisler, J. (2015): A Quantitative Risk Model for a Uniform Description of Safety and Security. In: J. Beyerer, A. Meissner und J. Geisler (Hg.): Proceedings of the Security Research Conference: 10th Future Security. 10th Future Security. Berlin, 15th-17th September 2015, S. 317–324.

Birolini, Alessandro (1988): Qualität und Zuverlässigkeit technischer Systeme. Theorie, Praxis, Management. 2., überarb. u. erw. Aufl. Berlin [u.a.]: Springer.

Bittner, Kurt; Spence, Ian (2003): Use case modeling. Boston, MA: Addison Wesley.

Böhm, R.; Fuchs, E. (Hg.) (2002): System-Entwicklung in der Wirtschaftsinformatik: Systems Engineering. 5. Aufl. Zürich: vdf Hochschulverlag.

Bollhöfer, Matthias; Mehrmann, Volker (2004): Numerische Mathematik. Eine projektorientierte Einführung für Ingenieure, Mathematiker und Naturwissenschaftler. 1. Aufl. Wiesbaden: Vieweg.

Brandstotter, M.; Haberl, M.; Knoth, R.; Kopacek, B.; Kopacek, P. (2003): IT on demand - towards an environmental conscious service system for Vienna (AT). In: IEEE (Hg.): Third International Symposium on Third International Symposium on Environmentally conscious design and inverse manufacturing. EcoDesign'03, S. 799–802.

Broy, M.; Geisberger, E.; Kazmeier, J.; Rudorfer, A.; Beetz, K. (2007): Ein Requirements-Engineering Referenzmodell. In: Informatik Spektrum 30, 2007 (3), S. 127–142.

Bundesvereinigung Logistik e.V. (2016): Definition Logistik. Hg. v. Bundesvereinigung Logistik e.V. Online verfügbar unter <http://www.bvl.de/wissen/logistik-definitionen>, zuletzt geprüft am 09.05.2016.

Centre for Sustainable Design (Hg.) (2002): Sustainable Service-Systems (3S). Transition towards sustainability. Sixth.

Dagli, C. H.; Kilicay-Ergin (2009): System of Systems Architecting. In: M. Jamshidi (Hg.): Systems of Systems Engineering. Innovation for the 21th Century. NJ, Hoboken: John Wiley & Sons.

Dahmann, J. (2015): The State of Systems of Systems Engineering Knowledge Sources. In: IEEE (Hg.): 10th International Conference on System of Systems Engineering. San Antonio TX.

DeLaurentis, D. A. (2005): Understanding Transportation as a System-of-Systems Design Problem. In: AIAA (Hg.): 43rd AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit. AIAA 2005-123. Reno, Nevada, 10-13 Januar.

Department of Defense (DoD) (2010): Defense Acquisition Guidebook (DAG).

Detecon Consulting (2016): Digitalisierung und Internet of Things - Anforderungen an agile Organisationen. Studie. Unter Mitarbeit von bitkom.

DiMario, M. J.; Boardmann, J. T.; Sauser, B. J. (2010): System of Systems Collaborative Formation. In: IEEE Systems Journal 3, 2010 (3).

DIN EN 50126:2000, 03-2000: Bahnanwendungen - Spezifikation und Nachweis der Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit, Sicherheit (RAMS).

DIN EN 61508-1, 02.2011: Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme.

DIN EN 61508-1:2011-02, 02.2011: Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme - Teil 1: Allgemeine Anforderungen.

DIN EN ISO 9001:2015-11, 11.2015: Qualitätsmanagementsysteme - Anforderungen.

DIN EN ISO 9000, November 2015: Qualitätsmanagementsysteme - Grundlagen und Begriffe.

Drews, Günter; Hillebrand, Norbert (2010): Lexikon der Projektmanagement-Methoden. [die besten Methoden für jede Situation : Werkzeugkasten für effizientes Projektmanagement]. 2. Aufl. Freiburg, München [u.a.]: Haufe (Haufe-Praxisratgeber).

Ebert, C. (2014): Systematisches Requirements Engineering und Management. Anforderungen ermitteln, spezifizieren, analysieren und verwalten. 5. überarbeitete. Heidelberg: dpunkt.

Ehrlenspiel, K. (2003): Integrierte Produktentwicklung: Denkabläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit. München: Hanser.

Fachgebiet Produktsicherheit und Qualitätswesen, Bergische Universität Wuppertal (2014): Lehrinhalte des FG ProQ. Hg. v. Bergische Universität Wuppertal. Online verfügbar unter <http://www.fgproq.uni-wuppertal.de/lehre/lehrangebot.html>, zuletzt geprüft am 15.09.2016.

Fanmuy, Gauthier; Goubault, Eric; Krob, Daniel; Stephan, François (Hg.) (2017): Complex Systems Design & Management: Proceedings of the Seventh International Conference on Complex Systems Design & Management, CSD&M Paris 2016: Springer.

Fischer, Y.; Beyerer, J. (2013): Modeling of Expert Knowledge for Maritime Situation Assessment. In: International Journal on Advances in Systems and Measurement 2013, S. 245–259.

Fischer, Y.; Beyerer, J. (2013): Ontologies for Probabilistic Situation Assessment in the Maritime Domain. In: IEEE (Hg.): Proceedings of the IEEE Conference on Cognitive Methods in Situation Awareness and Decision Support. San Diego, S. 105–108.

Formann, A. K. (2010): Encyclopedia of statistical sciences. 2nd ed. [Hoboken, N.J.]: Wiley.

Franke, H. (2002): Variantenmanagement in der Einzel- und Kleinserienfertigung. München: Hanser.

Gate4Logistics (Hg.) (2016): Logistik-Master-Studiengänge. Online verfügbar unter <http://www.gate4logistics.de/index.php?id=63&letter=>, zuletzt geprüft am 15.09.2016.

Gausemeier, J.; Rammig, F.; Schäfer, W.; Trächtler, A. (2010): Entwurf mechatronischer Systeme. Paderborn: Heinz-Nixdorf-Institut.

Gegusch, R.; Seliger, G. (2012): Wissensgenerierung in hybriden Leistungsbündeln. In: Horst Meier (Hg.): Integrierte Industrielle Sach- und Dienstleistungen. Vermarktung, Entwicklung und Erbringung hybrider Leistungsbündel. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, S. 191–216.

Gerhold, L.; Schiller, J.; Steiger, S. (2016): Sicherheit studieren. Studienangebote in Deutschland. Hg. v. Forschungsforum Öffentliche Sicherheit. Berlin. Online verfügbar unter http://www.sicherheit-forschung.de/publikationen/schriftenreihe_neu/sr_v_v/sr_15.pdf, zuletzt geprüft am 20.08.2016.

Gesellschaft für Qualitätswissenschaft (2016): Die GQW. Hg. v. Gesellschaft für Qualitätswissenschaft e.V. Online verfügbar unter <http://www.tu-cottbus.de/gqw/ueber-uns.shtml>, zuletzt geprüft am 09.05.2016.

Goedkoop, M. et al. (1999): Product Service-Systems, ecological and economic basics. Report for Dutch Ministries of Environment (VROM) and Economic Affairs (EZ). Hg. v. Dutch Ministries of Environment (VROM) and Economic Affairs (EZ).

Gorod, A.; Gove, R.; Sauser, B.; Boradman, J. (2007): System of Systems Management: A Network Management Approach. In: IEEE (Hg.): System of Systems Engineering (SoSE). San Antonio, USA, 16-18 April, S. 1–5.

Haberfellner, Reinhard (2012): Systems Engineering. Grundlagen und Anwendung. 12., völlig neu bearb. und erweiterte Aufl. Zürich: Orell Füssli.

Häuslein, A. (2004): Systemanalyse: Grundlagen, Techniken, Notierungen. Berlin: VDE.

Helbing, Dirk (2015): Thinking ahead - essays on big data, digital revolution, and participatory market society: Springer.

Herrmann, Christoph (2010): Ganzheitliches Life Cycle Management. Nachhaltigkeit und Lebenszyklusorientierung in Unternehmen. Berlin, Heidelberg: Springer.

Hettinger, Theodor; Müller, Bernd H.; Häcker, H. (1988): Arbeitswissenschaftliche Beiträge zur interdisziplinären Feld- und Laborforschung. Bericht über das Kolloquium aus Anlass des 65. Geburtstages und Emeritierung von Theodor Hettinger am 27.3.1987 in Wuppertal. Köln: O. Schmidt (Dokumentation Arbeitswissenschaft, Bd. 19).

Hildebrand; Roth (2008): Führungskräfte für die Logistik – Akademische Ausbildung in Deutschland. In: Helmut Baumgarten (Hg.): Exzellenz in der Logistik. Innovationen, Strategien, Umsetzungen. 1. Aufl. Berlin: Springer, S. 69–79.

Hood, C.; Wiedemann, S.; Fichtinger, S.; Pautz, U. (2008): Requirements Management - The Interface between Requirements Development and all other Systems Engineering Processes. Berlin, Heidelberg: Springer.

Huber, Miriam (2014): Ansatz zur Nutzung vernetzter virtueller Produktmodelle für die kundenintegrierte Produktentwicklung. Bochum: Institut: Product and Service Engineering, Ruhr-Univ. (Schriftenreihe / Institut: Product and Service Engineering, 14,3).

Huberty, M. (2015): Awaiting the Second Big Data Revolution: From Digital Noise to Value Creation. In: *Journal of Industry* Volume 15, Issue 1, S. 35–47.

Hull, E.; Jackson, K.; Dick, J. (2005): Requirements Engineering. Berlin, Heidelberg: Springer.

Iller, C. (2005): Altern gestalten – berufliche Entwicklungsprozesse und Weiterbildung im Lebenslauf. Hg. v. C. Iller. Online verfügbar unter http://www.die-bonn.de/esprid/dokumente/doc-2005/iller05_12.pdf.

ISO/IEC 27000:2009, 01.05.2009: Information technology -- Security techniques -- Information security management systems -- Overview and vocabulary.

Jamshidi, M. (Hg.) (2009): Systems of Systems Engineering. Innovation for the 21th Century. NJ, Hoboken: John Wiley & Sons.

Jiao, J.; Chen, C.-H. (2006): Customer Requirements Management in Product Development. In: *Sage Journal on Concurrent Engineering* (14), S. 173–185.

Jing, Z.; Ming-Yang, W.; Wie, L.; Yan, H.; Li-Qun, Y.; Ze-Min, L.; Qin-Zhang, Y. (2013): A Novel Approach of SoS Modeling and Comprehensive Evaluation based-on Ontology. In: IEEE (Hg.): Proceedings of the 8th International Conference on System of Systems Engineering (SoSE). Maui, Hawaii, USA, 2-6 Juni.

Kahl, A. (2010): Sicherheitstechnik- eine akademische Disziplin. Wuppertaler Sicherheitstag. Abteilung Sicherheitstechnik, Bergische Universität Wuppertal. Wuppertal, 29.10.2010.

Kamiske, Gerd F. (2009): Handbuch QM-Methoden. Die richtige Methode auswählen und erfolgreich umsetzen. München: Hanser, Carl.

Klewes, Joachim (Hg.) (2016): Management for Professionals. Out-thinking Organizational Communications : The Impact of Digital Transformation. Cham, SWITZERLAND: Springer International Publishing.

Kowalski, S.; Franken, S. (2006): Nutzung des Potenzials junger Akademiker mit Migrationshintergrund für die Bundesrepublik Deutschland. Hg. v. FH Köln. Online verfügbar unter http://www.migration-boell.de/downloads/integration/WirtschaftlicheIntegration_Studie_FH_Koeln.pdf.

Kraftfahrzeugbundesamt (22.02.2016): Pressemitteilung Nr. 12/2016 - Mehr Produktsicherheitsuntersuchungen für Sicherheit auf den Straßen - Zahl der Rückrufe 2015 insgesamt gestiegen. Online verfügbar unter http://www.kba.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2016/Allgemein/pm12_16_rueckrufe_bis2015.html, zuletzt geprüft am 30.08.2016.

Kriegisch, A. (2016): Scrum-Master.de - Agiles Projektmanagement. Hg. v. A. Kriegisch. Online verfügbar unter <http://scrum-master.de/>, zuletzt geprüft am 01.12.2016.

Kruse, Rudolf (2011): Computational Intelligence. Eine methodische Einführung in Künstliche Neuronale Netze, Evolutionäre Algorithmen, Fuzzy-Systeme und Bayes-Netze; 43 Tab. 1. Aufl. Wiesbaden: Vieweg + Teubner.

Kuwertz, A.; Beyerer, J. (2013): Quantitative Measures for Adaptive Object-Oriented World Modeling. In: FernUniversität in Hagen (Hg.): Proceedings of 4th Workshop on Dynamics of Knowledge and Belief. 36th German Conference on Artificial Intelligence. Hagen, S. 89–104.

Lewis, G. A.; Morris, E.; Place, P.; Simanta, S.; Smith, D. B. (2009): Requirements Engineering for Systems of Systems. In: IEEE (Hg.): IEEE SysCon 2009. 3rd Annual IEEE International Systems Conference.

Lex, A.; Sitte, J.; Winzer, P. (2004): Generic Management Design. A method for collecting knowledge systematically during the developing process. In: Proceedings of the 8th International Symposium on Measurement and Quality Control in Production. 8th International Symposium on Measurement and Quality Control in Production. Erlangen.

Lindemann, Udo (2005): Methodische Entwicklung technischer Produkte: Methoden flexibel und situationsgerecht anwenden. Berlin: Springer.

Lindemann, Udo (Hg.) (2016): Handbuch Produktentwicklung: Hanser.

Lindemann, Udo; Maurer, Maik S.; Braun, T. (2009): Structural complexity management: an approach for the field of product design. Berlin: Springer.

Loucopoulos, P. (2005): Requirements Engineering. In: J. Clarkson und C. Eckert (Hg.): Design Process Improvement - A review of current practice. London: Springer.

Maedche, A. (2016): Interview with Michael Nilles on "What Makes Leaders Successful in the Age of the Digital Transformation?". In: *Business & Information Systems Engineering* Volume 58, Issue 4, S. 287–289.

Maier, M. W. (1998): Architecting Principles for Systems-of-Systems. In: *Systems Engineering* 1, 1998 (4), S. 267–284.

Maier, M. W. (2005): Research Challenges for Systems-of-Systems. In: IEEE (Hg.): Systems, Man and Cybernetics, Bd. 4. SMC, S. 3149–3154.

Mamrot, M.; Schlüter, N.; Winzer, P. (2014): Generic Systems Engineering (GSE) in der praktischen Anwendung. In: P. Winzer und Petra Winzer (Hg.): Berichte zum Generic Management // Trends zur Handhabung von Komplexität im Qualitätsingenieurwesen. Trends zur Handhabung von Komplexität im Qualitätsingenieurwesen, 2/2014. 1. Aufl. Herzogenrath: Shaker (2014,2), S. 1–18.

Manzini, E.; Vezolli, C. (2003): A strategic design approach to develop sustainable product service systems: examples taken from the ‘environmentally friendly innovation’ Italian prize. In: Journal Cleaner Production 2003, 2003 (11), S. 851–857.

Martin, Gottfried (1969): Immanuel Kant;. Ontologie und Wissenschaftstheorie. 4., durchgesehene und um einen dritten Teil verm. Aufl. Berlin: De Gruyter.

Masing, Walter; Pfeifer, Tilo; Schmitt, Robert (Hg.) (2014): Masing Handbuch Qualitätsmanagement. 6., überarb. Aufl. München: Hanser.

Master-and-More (2016): Masterstudiengang Systems Engineering. Online verfügbar unter <http://www.master-and-more.de/merkliste/>, zuletzt geprüft am 15.09.2016.

Meier, Horst (Hg.) (2012): Integrierte Industrielle Sach- und Dienstleistungen. Vermarktung, Entwicklung und Erbringung hybrider Leistungsbündel. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Mont, O. (2002): Clarifying the concept of product servicesystems. In: Journal of Cleander Production, 10 (3), 2002, S. 237–245.

Morabito, Vincenzo (2014): Trends and challenges in digital business innovation, Springer, Berlin.

Müller, K. (2009): The New Science of Cybernetics: The Evolution of Living Research Designs. Wien: Echoraum (1).

Müller, Ragnar; Plieninger, Jürgen; Rapp, Christian (2013): Recherche 2.0. Finden und Weiterverarbeiten in Studium und Beruf. Wiesbaden: Imprint: Springer VS.

Nicklas, Jan-Peter Georg (2016): Ansatz für ein modellbasiertes Anforderungsmanagement für Unternehmensnetzwerke. 1. Auflage (Berichte zum Generic-Management, 2016/2).

Nicklas, Jan-Peter Georg; Schlüter, Nadine; Winzer, Petra (2016): aim4it. Bericht zum Forschungsprojekt aim4it für das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur.

Nicklas, Jan-Peter Georg; Schnieder, Lars; Schlüter, Nadine; Winzer, Petra (2015): Entwicklung einer anforderungsgerechten Mobilitätsassistenz für in ihrer Mobilität eingeschränkte Reisende. In: Stefan Bracke, Michel Mamrot und Petra Winzer (Hg.): Qualitätsmethoden im Diskurs zwischen Wissenschaft und Praxis. Bericht zur GQW-Jahrestagung 2015 in Wuppertal. Aachen: Shaker (Berichte zum Qualitätsmanagement, 17), S. 229–242.

Nicklas, Jan-Peter Georg; Winzer, P. (2014): Approach for Using Requirements Engineering in Collaborative Networks. In: J. Dahlgaard und Sumi Pak (Hg.): Entering the Experience Economy from product quality to experience product quality. 17th QMOD.

Pahl, G.; Beitz, W.; Feldhusen, J.; Grote, K. (2005): Pahl/Beitz Konstruktionslehre: Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung Methoden und Anwendung. 6. Aufl. Berlin: Springer.

Partsch, H. A. (2010): Requirements-Engineering systematisch. 2. Aufl. Berlin: Springer.

Parviainen, P.; Tihinen, M.; Lormanx, M.; van Solingen, R. (2005): Requirements Engineering: Dealing with complexity of sociotechnical systems development. In: J. L. Mate und A. Silva (Hg.): Requirements Engineering for Sociotechnical Systems. London: Idea Group Inc.

Persson, A.; Stirna, J. (Hg.) (2015): Advanced Information Systems Engineering Workshops. Caise 2015 International Workshops: Springer-Verlag New York Inc (215).

Ponn, J.; Lindemann, U. (2011): Konzeptentwicklung und Gestaltung technischer Produkte. Systematisch von Anforderungen zu Konzepten und Gestaltungslösungen. 2. Aufl. Heidelberg: Springer.

Rieg, Frank; Alber-Laukant, Bettina; Hackenschmidt, Reinhard (2014): Finite element analysis for engineers. Basics and practical applications with Z88Aurora. München: Hanser.

Rill, Georg; Schaeffer, Thomas (2014): Grundlagen und Methodik der Mehrkörpersimulation. Vertieft in Matlab-Beispielen, Übungen und Anwendungen. 2., überarb. und erw. Aufl. Wiesbaden: Springer Vieweg.

Ritsch, Karl (2005): Wissensorientierte Gestaltung von Wertschöpfungsnetzwerken. Aachen: Shaker (Grazer Schriftenreihe Knowledge-Management, Bd. 3).

Ritz, Frank (2015): Betriebliches Sicherheitsmanagement. Aufbau und Entwicklung widerstandsfähiger Arbeitssysteme. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.

Rivest, L.; Bouras, A.; Louhichi, B. (Hg.) (2012): Product lifecycle management. Towards knowledge rich enterprises. [Place of publication not identified]: Springer.

Roberts, Laura (Hg.) (2014): Gabler Wirtschaftslexikon. 18., aktual. und erw. Aufl. Wiesbaden: Gabler. Online verfügbar unter 35/Archiv/326722/logistik-sachgebietstext-v1.html, zuletzt geprüft am 09.05.2016.

Ropohl, Günter (2009): Allgemeine Technologie. Eine Systemtheorie der Technik. 3., überarb. Aufl. Karlsruhe: Univ.-Verl. Karlsruhe.

Ropohl, G. (2012): Allgemeine Systemtheorie - Einführung in transdisziplinäres Denken. Berlin: Edition Sigma.

Rouse, William B.; Sage, Andrew P. (Hg.) (2009): Handbook of systems engineering and management. 2nd ed. Hoboken, N.J: John Wiley & Sons (Wiley series in systems engineering and management).

Saaty, T. L. (2013): Theory and Applications of the Analytical Network Process: RWS Publications.

Schallmo, Daniel R. A; Brecht, Leo (2014): Prozessinnovation erfolgreich anwenden. Grundlagen und methodisches Vorgehen: Ein Management- und Lehrbuch mit Aufgaben und Fragen. Berlin: Gabler.

Schleipen, M.; Münnemann, A.; Sauer, O. (2011a): Interoperabilität von Manufacturing Execution Systems (MES) - Durchgängige Kommunikation in unterschiedlichen Dimensionen der Informationstechnik in produzierenden Unternehmen. In: Automatisierungstechnik 59, 2011 (7), S. 413–424.

Schleipen, M.; Okon, M.; Baumann, M.; Neukäufer, M.; Fedrowitz, C.; Feike, M. et al. (2009): Design and engineering processes in highly adaptive plants with ambient intelligence techniques. In: 42nd CIRP Conference on Manufacturing Systems. Grenoble.

Schleipen, M.; Schick, K.; Hövelmeyer, T.; Okon, M.; Wie, J. (2011b): Leitfaden „Interoperable semantische Datenfusion zur automatisierten Bereitstellung von sichtenbasierten Prozessführungsbildern“ (IDA). Karlsruhe: Fraunhofer Verlag.

Schlüter, N.; Sochacki, S. (2012): Qualitative Netzwerkanalyse hinsichtlich der Anwendbarkeit von KuWiss-Netz. In: Petra Winzer (Hg.): Generic Systems Engineering als Basis für die Weiterentwicklung des WGMK-Modells. Aachen: Shaker (2012,2), S. 79–108.

Schlüter, N.; Winzer, P. (2015): Systems Engineering für die Entwicklung der Theorie zu Verlässlichkeit von Systemen. In: S.-O. Schulze (Hg.): Tag des Systems Engineering, Ulm, 11.-13. November 2015, S. 409–418.

Schlüter, N.; Winzer, P. (2016): Qualitätswissenschaften als Bestandteil der geforderten Verlässlichkeitsforschung zu soziotechnischen Systemen. In: Robert Refflinghaus, Christian Kern und San Klute-Wenig (Hg.): Qualitätsmanagement 4.0 -- Status Quo! Quo vadis?: Bericht zur GQW-Jahrestagung 2016 in Kassel, S. 207–226.

Schlüter, Nadine (2013): Entwicklung einer Vorgehensweise zur Implementierung einer forderungsgerechten Kundenzufriedenheitsmessung in Unternehmensnetzwerken. KuWiss-Netz: Entwicklung einer Vorgehensweise zur Implementierung einer forderungsgerechten Kundenzufriedenheitsmessung in Unternehmensnetzwerken. Aachen: Shaker (Berichte zum Generic-Management, 2013,1).

Schlüter, Nadine; Schlüter, Nicole (2015): New Concept for Project Management based Competencies Development in the Field of Industrial Product Service Systems (IPSS). In: J. Dahlgaard und Sumi Pak (Hg.): Proceedings of the QMOD Conference 2015. QMOD Conference. Seoul, South Korea.

Schmidt, Heinrich (1991): Philosophisches Wörterbuch. 22. Aufl. Stuttgart: Kroner.

Schnieder, E. (2013): Ähnlichkeiten und Unterschiede zwischen Sicherheit und Zuverlässigkeit soziotechnischer Systeme. In: TTZ (Hg.): Fachtagung Technische Zuverlässigkeit. 26. Fachtagung Technische Zuverlässigkeit. Leonberg.

Schulz, Marlen (Hg.) (2012): Fokusgruppen in der empirischen Sozialwissenschaft. Von der Konzeption bis zur Auswertung. Wiesbaden: Springer VS.

Schulze, S.-O. (2016): System Engineering. In: Udo Lindemann (Hg.): Handbuch Produktentwicklung: Hanser, S. 151–184.

Simon, H.; von der Gathen, A. (2002): Das grosse Handbuch der Strategieinstrumente. Werkzeuge für eine erfolgreiche Unternehmensführung. Frankfurt/Main: Campus.

Sitte, J., Winzer, P.: Demand Compliant Design. In: IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part A: Systems and Humans, Volume 41, No. 3 (2011).

Sitte, J., Winzer, P. (2011): Systemmodellierung im Fokus von Generic Systems Engineering. In: Gesellschaft für Systems Engineering e.V. (Hg.): Tag des Systems Engineering.

Sommerhoff, B.; Fiegler, M.; Schlüter, N.; Fachkreis Q-Berufe (2016): Entwicklung des DGQ Rollenbündelmodells der Q-Berufe. In: Petra Winzer (Hg.): Herausforderungen der Digitalisierung. 1. Auflage (Berichte zum Generic-Management, 2016,1), S. 67–85.

Stern (19.10.2006): Es passt nicht. Airbus - Die Geschichte eines deutsch-französischen Missverständnisses. Oder: Wie ein paar zu kurze Kabel einen ganzen Konzern in Schieflage bringen können. Online verfügbar unter <http://www.stern.de/wirtschaft/news/airbus-es-passt-nicht-3325122.html>, zuletzt geprüft am 30.08.2016.

Stevens, R.; Brook, P.; Jackson, K.; Arnold, S. (1998): Systems Engineering. Coping with Complexity. Hempstead: Prentice Hall.

Süddeutsche Zeitung (04.03.2016): Panne im Atomkraftwerk Fessenheim war gravierender als gedacht. Online verfügbar unter <http://www.sueddeutsche.de/wissen/frankreich-panne-im-akw-fessenheim-war-gravierender-als-gedacht-1.2890408>, zuletzt geprüft am 30.08.2016.

Systems Engineering Research Center, INCOSE (2016): Systems Engineering and Industrial Engineering Academic Programms. Hg. v. Systems Engineering Research Center, INCOSE. Online verfügbar unter <http://www.incose.org/docs/default-source/aboutse/se-academic-program-directory0231BA07E0A3.pdf?sfvrsn=18>.

Technische Universität Dortmund (2013): Logistik, Master of Science (M. Sc.). Hg. v. Technische Universität Dortmund. Online verfügbar unter http://www.tu-dortmund.de/uni/studierende/studienangebot/kurzinfos/1fach/ing_wiss/fk07_log_ma/index.html#Studienverlauf, zuletzt geprüft am 15.09.2016.

Thoma, K. (2014): Resilien-Tech. "Resilience-by-Design": Strategie für die technologischen Zukunftsthemen. München: Utz (acatech POSITION).

Tsvetovat, M.; Kouznetsov, A. (2013): Modeling Complexity. Sebastopol: O'Reilly.

Universität Bremen (2014): Systems Engineering. Hg. v. Universität Bremen. Online verfügbar unter http://www.fb4.uni-bremen.de/studium_ma_se_home.html, zuletzt geprüft am 15.09.2016.

Universität Bremen (2015): Modulhandbuch Master Systems Engineering. Hg. v. Universität Bremen. Online verfügbar unter http://www.fb4.uni-bremen.de/pdf/Systems%20Engineering/Modulhandbuch%20Pflicht_Wahlpflichtkataloge_Master_ab%20April%2015_Stand%2014.04.15.pdf, zuletzt geprüft am 15.09.2016.

VDE Ausschuss "Beruf, Gesellschaft und Technik" (2005): Ingenieurkompetenzen von Berufseinsteigern. Hg. v. VDE. Online verfügbar unter https://www.vde.com/de/Karriere/Ingenieurausbildung/Documents/Ingenieurkompetenzen_Endfassung_Web_neu.pdf, zuletzt geprüft am 30.09.2016.

VDI (2002): Ingenieure und Ingenieurinnen in Deutschland – Situation und Perspektiven. Düsseldorf: VDI Verlag.

Verband Deutscher Automobilbauer (2012): Qualitätsmanagement in der Automobilindustrie. Sicherung der Qualität in der Prozesslandschaft. 2. Aufl.: VDA.

Verein Deutscher Ingenieure (26.01.2016): 2013 bis heute: Pannen auf der Raumstation ISS. Nerventests für Astronauten. Online verfügbar unter <http://www.ingenieur.de/Branchen/Luft-Raumfahrt/2013-heute-Pannen-Raumstation-ISS>, zuletzt geprüft am 30.08.2016.

Wank, Antje (2005): Entwicklung eines Instrumentensets zur Steuerung der Kompetenzentwicklung in Unternehmen und Unternehmensnetzwerken aus der Sicht wissensbasierter Wertschöpfungsketten. Aachen: Shaker (Berichte zum Generic-Management, Bd. 2005,2).

Weilkiens, T. (2007): Systems engineering with SysML; Modeling, analysis, design. Amsterdam: OMG Press/Elsevier.

Weiss, S. I. (2013): Product and Systems Development. A Value Approach. NJ, Hoboken: John Wiley & Sons.

Winzer, Petra (2013): Generic Systems Engineering. Ein methodischer Ansatz zur Komplexitätsbewältigung. Berlin: Springer Vieweg (SpringerLink : Bücher).

Winzer, Petra; Schnieder, Eckehard; Bach, Friedrich-Wilhelm (Hg.) (2010): Sicherheitsforschung - Chancen und Perspektiven. Berlin: Springer-Verlag (Acatech Diskutiert).

Winzer et al. (2016): Leitfaden zur Nutzung virtueller Realität in der Produktentwicklung. Anwender-Leitfaden und CD-ROM. 1. Auflage. Frankfurt am Main: FQS, Forschungsgemeinschaft Qualität e.V (FQS-DGQ-Band, 83,07).

Wong, M. (2004): Implementation of innovative product service-systems in the consumer goods industry. PhD Thesis. Cambridge University, Cambridge.

Xiao, Tianyuan; Zhang, Lin; Fei, Minrui (Hg.) (2012): AsiaSim 2012 - Part III. Asia Simulation Conference 2012, Shanghai, China, October 27-30, 2012. Proceedings, Part III. New York: Springer (325).

Zeit online (07.08.2015): "Der Termin 2017 ist gestorben". Flughafen Berlin Brandenburg. Online verfügbar unter <http://www.zeit.de/wirtschaft/2015-08/flughafen-berlin-brandenburg-ber-imtech-insolvenz-eroeffnungstermin>, zuletzt geprüft am 30.08.2016.

Zeithaml, Valarie A.; Bitner, Mary Jo; Gremler, Dwayne D. (2009): Services marketing. Integrating customer focus across the firm. 5th ed. Boston: McGraw-Hill Irwin.

Zimmermann, Jürgen; Rieck, Julia; Stark, Christoph (Hg.) (2010): Projektplanung. Modelle, Methoden, Management. 2., überarb. und erw. Aufl. Berlin: Springer.

10 Anhang

10.1 Anhang A: Masterstudiengänge im Bereich Logistik an deutschen Hochschulen

Tabelle 19: Übersicht über Masterstudiengänge im Bereich Logistik in Deutschland (Gate4Logistics)

Nr.	Studienort	Studiengang	Abschluss	Link
1	Aachen RWTH in Koop. mit der HdT- University	Logistik	Master of Sci- ence	www.hdt-university.de
2	Berlin TH	Logistikmanagement	Master	www.tu-berlin.de
3	Berlin TU	Schiffs- und Meerestechnik	Master	www.tu-berlin.de
4	Berlin TU	Verkehrswesen, Planung und Betrieb	Master	www.tu-berlin.de
5	Braunschweig TU	Mobilität und Verkehr	Master	www.tu-braunschweig.de
6	Braunschweig TU	Wirtschaftsingenieurwesen	Master of Science	www.tu-braunschweig.de
7	Braunschweig TU	Wirtschaftsinformatik	Master of Science	www.tu-braunschweig.de
8	Bremen Jacobs University	International Logistics Man- agement and Engineering	Master of Science	http://www.jacobs-university.de/ilme
9	Bremen U	Stadt- und Regionalentwick- lung	Master	www.uni-bremen.de
10	Bremerhaven H	Logistics Engineering and Management	Master	www.hs-bremerhaven.de
11	Cottbus TU	Betriebswirtschaftslehre	Master	www.tu-cottbus.de
12	Darmstadt TU	Traffic and Transport	Master	www.tu-darmstadt.de
13	Dortmund FH	European Master in Project Management	Master	www.fh-dortmund.de
14	Dortmund TU	Logistik	Master of Science	www.uni-dortmund.de
15	Dresden IU	MBA Logistik	Master of Business Administration	www.di-uni.de
16	Dresden TU	Bahnsystemingenieurwesen	Master	www.tu-dresden.de
17	Dresden TU	Verkehrswirtschaft	Master	www.tu-dresden.de
18	Duisburg/Essen U	Public Transport Manage- ment	Master of Science	www.uni-due.de
19	Duisburg/Essen U	Logistikmanagement	Master	www.uni-due.de
20	Duisburg/Essen U	Technische Logistik	Master	www.uni-due.de
21	Essen, Haus der Technik e.V.	Logistik	Master	www.hdt-essen.de
22	Frankfurt am Main FH	Produktion und Automobil- technik	Master	www.fh-frankfurt.de
23	Frankfurt ISM FH	International Transport & Logistics	Master of Science	www.ism.de

Nr.	Studienort	Studiengang	Abschluss	Link
24	Gelsenkirchen FH	Verkehrslogistik	Master of Science	www.fh-gelsenkirchen.de
25	Gießen Friedberg FH	Logistik (Fern)	Master of Science	www.fh-giessen.de
26	Hamburg KLU U	Global Logistics	Master of Science	www.the-klu.org
27	Hamburg-Harburg TU	Logistik, Infrastruktur und Mobilität	Master	www.tu-harburg.de
28	Hamburg-Harburg TU	Internationales Wirtschaftsingenieurwesen	Master	www.tu-harburg.de
29	Hamburg-Harburg TU	Logistics Management	Master	www.tu-harburg.de
30	Hamburg-Harburg TU	Logistik, Infrastruktur und Mobilität	Master	www.tu-harburg.de
31	Hamm SRH Hochschule für Logistik und Wirtschaft	Master of Logistics Management	Master	www.fh-hamm.srh.de
32	Hamm SRH Hochschule für Logistik und Wirtschaft	Supply Chain Management	Master of Science	www.fh-hamm.srh.de
33	Hannover U	Produktion und Logistik	Master	www.uni-hannover.de
34	Heilbronn H	Business Administration in Transport and Logistics	Master	www.hs-heilbronn.de
35	Hof H	Logistik	Master	www.fh-hof.de
36	Kempten H	Logistik	Master of Arts	www.hochschule-kempten.de
37	Kempten H	International Logistics Management	Master of Business Administration	www.hochschule-kempten.de
38	Koblenz FH	MBA-Fernstudium	Master	www.fh-koblenz.de
39	Koblenz WHU	Master of Science	Master	www.whu.edu
40	Kufstein-Tirol FH	Verkehrs- & Produktionslogistik VZ	Master	www.fh-kufstein.at
41	Ludwigshafen FH	Logistik	Master	www.fh-ludwigshafen.de
42	Mittweida H	Industrial Management	Master	www.hs-mittweida.de
43	München H	Betriebswirtschaft	Master	www.fh-muenchen.de
44	München TU	Transportation Systems	Master	www.tumuenchen.de
45	München TU	Master of Business Administration	Master	www.tumuenchen.de
46	München TU	Produktion und Logistik	Master	www.tumuenchen.de
47	Münster FH	Logistik	Master	www.fh-muenster.de
48	Münster FH	Technische Betriebswirtschaft	Master	www.fh-muenster.de
49	Niederrhein H	Business Management	Master	www.hs-niederrhein.de

Nr.	Studienort	Studiengang	Abschluss	Link
50	Niederrhein H	Wirtschaftsingenieurwesen Produktion und Logistik	Master	www.hs-niederrhein.de
51	Nürnberg H	Einkauf und Logistik/ Supply Chain Mgmt.	Master	www.ohm-hochschule.de
52	Osnabrück FH	International Supply Chain Management	Master	www.fh-osnabrueck.de
53	Osnabrück FH	MBA	Master	www.fh-osnabrueck.de
54	Ostwestfalen-Lippe H	Betriebswirtschaft	Master	www.hs-owl.de

10.2 Anhang B: Module und Fächer des Masterstudiengangs Logistik

Tabelle 20: Übersicht über die Module und Fächer des Masterstudiengangs Logistik an der TU Dortmund in Anlehnung an (Technische Universität Dortmund 2013)

Module	Fächer
Wirtschafts- und Sozialwissenschaften	<ul style="list-style-type: none"> • Finance • Internationale Rechnungslegung und Wirtschaftsprüfung • Unternehmensbesteuerung • Unternehmensrechnung und Controlling • Versicherungs- und Risikomanagement • Wirtschaftsprivatrecht
Kommissionier- und Sortiersysteme	<ul style="list-style-type: none"> • Kommissioniersysteme • Sortiersysteme
Materialflussrechnung + Materialflusssimulation	<ul style="list-style-type: none"> • Materialflussrechnung • Materialflusssimulation
Distributionslogistik	<ul style="list-style-type: none"> • Distributionslogistik • Methoden der Optimierung des Güterverkehrs
Verkehrswesen	<ul style="list-style-type: none"> • Planung und Optimierung verkehrslogistischer Knoten • Logistik- und Verkehrsmanagement
Fabrikplanung	<ul style="list-style-type: none"> • Fabrikplanung • Fallstudie Fabrikplanung
Supply Chain Engineering	<ul style="list-style-type: none"> • Unternehmenslogistik und Supply Chain Management • Supply Chain Simulation
Instandhaltungsmanagement	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen des Instandhaltungsmanagements • Angewandtes Instandhaltungsmanagement
Arbeitssystemgestaltung	<ul style="list-style-type: none"> • Arbeitssystemgestaltung I • Arbeitssystemgestaltung II

Module	Fächer
Industrielles Projektmanagement	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen des industriellen Projektmanagements • Business Engineering logistischer Systeme
Unternehmensentwicklung	<ul style="list-style-type: none"> • Logistische Unternehmensentwicklung I • Logistische Unternehmensentwicklung II
Informationsaustausch produzierender Unternehmen	<ul style="list-style-type: none"> • Informationsaustausch im Wertschöpfungsnetz • Planung, Steuerung und Überwachung von Produktionsprozessen
IT-Gestaltung in der Produktion und Logistik	<ul style="list-style-type: none"> • Entwurf von informationstechnischen Systemen • Einführung von Informationssystemen
IT-Technologien für Maschinenbau und Logistik	<ul style="list-style-type: none"> • Informationstechnologien und ihre Anwendung • Fallstudie Informationssystem
Wahlpflichtelemente	<p>Materialflussrechnung/Materialflusssimulation/ Schienenfahrzeugtechnik/Fahrzeugtechnik im Straßenverkehr/ Betriebssysteme, Rechnernetze und verteilte Systeme (BSRvS), Praktische Informatik II für Wirtschaftsmathematiker, Naturwissenschaftler und Ingenieure/Ergonomie 1/Ergonomie 2/ Arbeits- und Produktionssysteme III/ Betriebssysteme, Rechnernetze und verteilte Systeme (BSRvS) II, Industrielle Montage I / II, Gefahrgüterlogistik, Automatisierungs- und Robotertechnik III + IV / Handelslogistik</p>
Praxismodul	<ul style="list-style-type: none"> • Logistisches Planspiel • Fachwissenschaftliche Projektarbeit
Masterarbeit	<ul style="list-style-type: none"> • Masterarbeit mit mündlicher Präsentation