

MASTERARBEIT

„MODEL-TRUST“ IN MBSE-TEAMS

Analyse von Vertrauensfaktoren in modellbasierten Engineering-Prozessen

ausgeführt am



Postgradualer Masterlehrgang
Systems Engineering Leadership

Von: Raoul Pilcicki

Personenkennzeichen: 1730008008

Bremen, am 05. Juni 2019



.....
Unterschrift

EHRENWÖRTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benützt und die benutzten Quellen wörtlich zitiert sowie inhaltlich entnommene Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'P. Qui', is positioned above a dotted line.

.....
Unterschrift

KURZFASSUNG

Dynamik und Wettbewerb verlangen nach mehr Lösungen in kürzerer Zeit, was zu einer steigenden Anzahl an Produktvarianten und Modellen führt. Die disziplin- und lebensphasenübergreifende Zusammenarbeit nimmt dabei zu, Aufwände für Kommunikation und Abstimmung steigen. Modelle sollen helfen, Effizienz und Qualität dieser Entwicklungsprozesse zu fördern und den Bedarf an physischen Prototypen zu senken. Fehlt Akteuren das Vertrauen in Modelle, kann dies zu hohen Mehrkosten und redundanten Arbeitsaufwänden führen.

Der Fokus dieser Arbeit lag auf der Frage, welche Faktoren das Modell-Vertrauen von Akteuren in MBSE-Kontexten beeinflussen. Das Zusammenspiel von modellbasierter Kollaboration, der Akzeptanz neuer Technologien und Arbeitsweisen sowie Vertrauensdynamiken in Teams wurden betrachtet. Auf Basis einer Literaturrecherche, semistrukturierten Experteninterviews und einer Auswertung mittels offener und axialer Kodierung wurde eine konzeptionelle Wirkungslogik entwickelt, dargestellt und beschrieben.

Drei Faktoren für Modell-Vertrauen wurden identifiziert und beschrieben (1. Stillung des Informationsbedarfs durch das Modell, 2. Klarheit über Tragweite und Verwendung des Modells, 3. Genauigkeit der Modellierung). Vier Wirkungskreisläufe wurden identifiziert, welche für die Bildung von Modell-Vertrauen bedeutsam sind (1. Entstehen einer MBSE-Initiative, 2. Interne Vernetzung von Akteuren, 3. Akzeptanz von MBSE-Praktiken und –Werkzeugen, 4. Institutionalisierung bzw. Standardisierung von MBSE-Praktiken innerhalb einer Organisation).

ABSTRACT

Dynamics and competition demand more solutions in less time, resulting in an increasing number of product variants and models. Interdisciplinary cooperation increases, leading to higher expenses for communication and coordination. Models should help promote the efficiency and quality of these development processes and reduce the need for physical prototypes. If actors lack the confidence in models, this does not happen, which can lead to high additional costs and redundant work.

The focus of this work was on the question, which factors influence the model-trust of actors in MBSE contexts. The interaction of model-based collaboration, the acceptance of new technologies and working methods as well as dynamics of trust in teams were considered. On the basis of a literature search, semi-structured interviews with experts and an evaluation by means of open and axial coding, a conceptual impact logic was developed, presented and described.

Three factors for model-trust have been identified and described (1. Satisfaction of information needs through the model, 2. Clarity regarding scope and use of the model, 3. Accuracy of the modeling). Four causal loops were identified that are important for building model confidence (1. emergence of an MBSE initiative, 2. internal networking of actors, 3. acceptance of MBSE practices and tools, 4. institutionalization or standardization of MBSE Practices within an organization).

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	7
1.1	Ausgangssituation	7
1.2	Überblick relevanter Forschungsfelder und Studien	7
1.3	Forschungsfrage.....	9
1.4	Ziel der Arbeit	9
1.5	Vorgehensweise	10
2	THEORETISCHE GRUNDLAGEN	11
2.1	Suchraum und Schlüsselbegriffe	11
2.2	Begriff 1: Modellbasiertes Systems Engineering – Merkmale, Inhalte, Formate	12
2.3	Begriff 2: Vertrauen – Modelle, Perspektiven, Schwerpunkte	19
2.4	Begriff 3: Technologieakzeptanz – Dynamiken, Theorien, Modelle.....	23
3	AKTUELLER FORSCHUNGSSTAND ZU MODELL-VERTRAUEN	26
3.1	Vertrauen in digitale Informationen	26
3.2	Forschungsbedarf im Bereich Modell-Vertrauen	28
4	AUSWAHL UND BEGRÜNDUNG DER FORSCHUNGSMETHODEN ZUR ANALYSE	29
4.1	Auswahl der Expertengruppe (Forschung und Praxis)	29
4.2	Darstellung und Begründung des Fragebogens	30
4.3	Vorgehen bei der Durchführung der Experteninterviews	33
5	ERGEBNISSE DER ANALYSE UND INTERPRETATION	34
5.1	Einordnung und Diskussion der Ergebnisse	34
5.1.1	Akzeptanz von MBSE-Methoden und -Tools	35
5.1.2	Entstehen einer MBSE-Initiative	38
5.1.3	Modell-Vertrauen.....	43
5.2	Zusammenfassende Darstellung der Wirkungslogik.....	45
5.3	Implikationen und Empfehlungen	47
5.4	Methodenkritik	49

5.5	Forschungsbedarf.....	49
5.6	Kritische Würdigung	50
6	FAZIT	51
6.1	Zusammenfassung	51
6.2	Ausblick	51
	ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	53
	TABELLENVERZEICHNIS.....	55
	LITERATURVERZEICHNIS.....	56
	ANHANG: DOKUMENTATION DER INTERVIEWS.....	62

1 EINLEITUNG

1.1 Ausgangssituation

Dynamik und Wettbewerb verlangen nach mehr Lösungen in kürzerer Zeit, was zu einer steigenden Anzahl an Produktvarianten und Modellen führt. Zentral wird dabei die disziplin- und lebensphasenübergreifende „Orchestrierung von Akteuren“ in der Entwicklung komplexer Systeme (Gausemeier u. a., 2013). Je nach Tätigkeitsbereich in der Produktentwicklung nehmen die Aufwände für Kommunikation und Abstimmung dabei teils um mehr als das Doppelte zu (Eigner, Roubanov, und Zafirov, 2014).

Eine zentrale Rolle spielt dabei das Vertrauen von Akteuren in Modelle und Simulationsergebnisse. Im Falle mangelnden Vertrauens neigen Akteure schnell dazu, weiterhin physische Prototypen erstellten Modellen und Simulationen vorzuziehen (Gausemeier u.a., 2013), was zu hohen Mehrkosten und redundantem Arbeitsaufwand führen kann.

Unterschiedliche Problemverständnisse der Beteiligten beeinflussen, inwiefern relevante Informationen in Prozesse und Modelle finden (Nowell, 2008), und können damit zu diversen Kosten und Risiken für die Unternehmen führen. In interdisziplinären Teams können zwischen Beteiligten regelrecht „agnostische“ Spannungen hinsichtlich des methodischen Vorgehens und der Relevanz und Tragweite von Informationen entstehen (Brooks, 2011).

Je nachdem, wann welche Akteure auf welche Weise miteinander interagieren und das Modell interpretieren und nutzen, ergeben sich entsprechend unterschiedliche Nutzungsdynamiken. Modelle in MBSE-Prozessen durchlaufen so eine Art Lebenszyklus, in denen sie mehr oder weniger stark angewandt, gepflegt und referenziert werden (sog. Modell-Vertrauen bzw. „Model-Trust“).

Diese Arbeit versucht, die dahinterliegenden Faktoren praxisnah zu verstehen und theoretisch einzuordnen. Damit soll sie einen Beitrag leisten zur effektiven und nachhaltigen Einführung und Praxis modellbasierter Entwicklungsprozesse in Unternehmen.

1.2 Überblick relevanter Forschungsfelder und Studien

Zwei Themenfelder spielen für diese Arbeit eine besondere Rolle: die Akzeptanz neuer Technologien und Informationssysteme und die disziplinübergreifende Vertrauensforschung. Im Folgenden soll ein erster allgemeiner Überblick über diese Bereiche gegeben werden.

Die Akzeptanz neuer Technologien und Informationssysteme wird seit den 1990er-Jahren verhältnismäßig intensiv beforscht (vgl. Davis, 1989; Bhattacharjee und Sanford, 2006; Ajzen,

1991; Venkatesh et al., 2003, n.a.). Zentral ist in den vorhandenen Theorie die Frage, auf welcher Grundlage und auf welche Weise Nutzer ihre Intention zur Nutzung einer Technologie fassen.

Drei etablierte Betrachtungsebenen der Akzeptanz können hierbei in Hinblick auf unser Thema unterschieden werden: Fokussierung des Individuums im Umgang mit neuen Technologien, Fokussierung des sozialen Einflusses auf die Nutzung neuer Technologien und die Fokussierung des Zusammenspiels dieser beiden (s. Grafik).

Ebene der Akzeptanz	Konzept („Akzeptanz durch...“)
Individuell	Individuelle Wahrnehmung und Intention
Komplex	Zusammenspiel von individueller Wahrnehmung und externen Einflüssen
Sozial	Soziale Einflussnahme und Kommunikation unter Akteuren

Tabelle 1: Ebenen der Akzeptanz (eigene Darstellung)

Konzeptionell unterliegt die Akzeptanz neuer Technologien einer Vielzahl von Faktoren, welche studienübergreifend in sechs Komponenten unterschieden werden: Kontext und Rahmenbedingungen, Informationsgrundlage von Akteuren, Individuelle Erfahrungen von Akteuren, Bildung von Erwartungen, Meinungen und Haltungen, Verhalten von Akteuren. Wie sich später zeigen wird, lassen sich hier einige konzeptionelle Überschneiden zur gängigen Konzepten der Vertrauensforschung finden.

Komponenten: Lebenszyklus

Rahmenbedingungen, Ausgangslage
Wissensstand und Informationsgrundlage
Wahrnehmung und individuelle Erfahrungen
Erwartungs-, Meinungsbildung und Haltung
Entscheidungsfindung und Intention
Verhalten

Tabelle 2: Komponenten der Akzeptanz neuer Technologien als Lebenszyklus (eigene Darstellung)

Das Feld der Vertrauensforschung speist sich vorrangig aus den Sozial- und Wirtschaftswissenschaften sowie der Psychologie. Autoren machen sich seit einigen Jahren besonders stark für einen stärkeren methodischen Dialog dieser Wissenschaftsfelder (vgl. Möllering, 2006). Als zentrale Forschungsstränge unterscheiden Rousseau et. al (1998) fünf Schwerpunkte, die in unterschiedlicher Ausprägung zu finden sind: Komplexität von Vertrauensdynamiken (sog. „Multilevel-Trust“, z.B. Vertrauen in Medien), Vertrauen zwischen Disziplinen, Vertrauen als Ursache, Resultat und Moderator, Beeinflussung von Vertrauen im Organisationskontexten, sowie neu entstehende Strömungen von Vertrauen.

Etabliert ist die Idee, dass Vertrauen besonders in Kontexten und Situationen relevant ist, die mit einem Risiko und Abhängigkeit von anderen Akteuren verbunden sind (vgl. Rousseau, 1998).

Stränge der Vertrauensforschung

Untersuchter Vertrauensaspekt

Vertrauen auf mehreren Ebenen („Multilevel“)

Vertrauen zwischen Disziplinen

Vertrauen als Ursache, Resultat und Moderator

Einfluss von (Organisations-)Wandel auf Vertrauen

Neue, emergente Formen von Vertrauen

Tabelle 3: Stränge der Vertrauensforschung (nach Rousseau, Sitkin, Burt, Camerer, 1998)

Bisherige Studien zu Modell-Vertrauen beziehen sich tendenziell nicht auf Modelle im Kontext modellbasierter Entwicklung. Verbreiteter ist die Untersuchung von Modellen im Kontext der Policy-Forschung, bei dem es um die Nutzung komplexer Modelle (wie z.B. Klimamodelle) durch Akteure mit geringer fachlicher Tiefe im modellierten Thema (wie z.B. im Kontext politischer Diskurse). Ergebnisse hier legen nahe, dass sich Modellvertrauen aus einem komplexen Zusammenspiel von Faktoren wie Identität und Teilhabe, Effizienz in der Nutzung, Konsistenz von Informationen und organisationalen Rahmenbedingungen ergibt, wobei die Gewichtung dieser Faktoren sich je Autor unterscheidet (vgl. Kolkmann et al., 2006).

1.3 Forschungsfrage

Der Fokus dieser Arbeit liegt auf der Frage, welche Faktoren das Vertrauen von Akteuren in MBSE-Modelle beeinflussen (sog. *„Model-Trust“* bzw. „Modell-Vertrauen“).

Dabei werden folgende Teilaspekte untersucht:

- a) Welche Faktoren beeinflussen das Vertrauen zwischen beteiligten Akteursgruppen?**
- b) Welche Faktoren beeinflussen das Vertrauen in die resultierenden Modelle und Diagramme?**
- c) Welche Dynamiken können sich aufgrund von Modell-Vertrauen in der Praxis ergeben?**
- d) Welche Rolle spielt Modell-Vertrauen im Kontext der allgemeinen Akzeptanz von MBSE-Methoden und –Tools?**

1.4 Ziel der Arbeit

Mit der Einführung neuer Technologien und Arbeitsweisen sind Dynamiken auf organisationaler, und sozialer Ebene verbunden. Vor diesem Hintergrund soll diese Arbeit das Thema auf eine Weise beleuchten, die sowohl die Berücksichtigung technologischer wie auch sozialer Aspekte erlaubt.

Heutige technologische Möglichkeiten führen zu einer stärkeren Vernetzung von Themenfeldern und Akteursgruppen, was zu komplexeren Dynamiken und Effekten führen kann. Diese Arbeit leistet dadurch einen wissenschaftlichen Beitrag, dass sie die beiden bisher eher getrennt

betrachteten Bereiche der Akzeptanzforschung neuer Informationstechnologien und der Vertrauensforschung im Kontext moderner Organisationsformen gemeinsam betrachtet.

Auf Basis der theoretischen Analyse soll diese Arbeit einerseits theoretische Verknüpfungen darstellen und andererseits praktische Empfehlungen und Mechanismen mit Bezug zur Praxis ableiten. Hierbei soll das Zusammenspiel folgender Aspekte betrachtet werden:

- 1. Modellbasierte Kollaboration von Akteuren**
- 2. Akzeptanz neuer Technologien und Prozesse**
- 3. Vertrauensdynamiken in Teams.**

1.5 Vorgehensweise

Die Beantwortung der Forschungsfrage erfolgt in Phasen, welche sich an den Empfehlungen Doering und Bortz' für qualitative Forschung orientiert (vgl. Doering und Bortz, 2016).

Theorie: Durchführung einer Literaturrecherche in den Themenfeldern

In diesem Schritt werden bestehende Publikationen, Thesen und Modelle in iterativer Weise recherchiert.

Analyse und Klassifizierung der Ergebnisse der Literaturrecherche

In diesem Schritt werden die Ergebnisse der Literaturrecherche in Hinblick auf Relevanz und Beitrag zum Thema untersucht und klassifiziert.

Durchführung von Experteninterviews (Forschung und Praxis)

Mittels qualitativer Experteninterviews wird ein eigenständiger Fundus an Daten erhoben, welcher die Literaturrecherche ergänzt.

Auswertung der Ergebnisse der Experteninterviews

In diesem Schritt werden die Ergebnisse der Experteninterviews in Hinblick auf Relevanz und Beitrag zum Thema untersucht und klassifiziert.

Darstellung der Erkenntnisse zu Wechselwirkungen und Faktoren in Bezug auf die Forschungsfrage und Analyseergebnisse

Die Erkenntnisse der Analysephase werden beschrieben und dargestellt, um die themenübergreifenden, logischen Zusammenhänge nachvollziehbar zu machen.

Reflektion des Prozesses und Zusammenfassung

Der gesamte Prozess wird zusammenfassend reflektiert; ein Fazit in Hinblick auf Erkenntnisgewinn und Forschungsfrage sowie die Implikationen für weiterführende Forschung werden formuliert.

2 THEORETISCHE GRUNDLAGEN

2.1 Suchraum und Schlüsselbegriffe

Als Grundlage der Recherche diente eine entsprechende thematische Klassifikation ausgewählter, etablierter Modelle und Theorien, angelehnt am Vorgehensmodell zur qualitativen Inhaltsanalyse von Mayering (2015). Die initiale Quellenrecherche erfolgte in den thematisch verknüpften Themensträngen „Lernen und Wissen“, „Nutzerakzeptanz und Vertrauen (in Technologien)“, „Modellbasierte Entwicklung“, „Kollaboration und Führung“, „Organisationsrahmen“, welche die zentralen Aspekte der Forschungsarbeit widerspiegeln und kontinuierlich erweitert wurden. Zu jedem Thema wurde unter zwei Gesichtspunkten recherchiert: „Mensch, Soziales, Psychologie“ sowie „Technologie, Prozess, Struktur“.

Drei Schlüsselbegriffe wurden definiert, welche vertiefend untersucht und beschrieben wurden:

1. Modellbasierte Systems Engineering, 2. Vertrauensmodelle 3. Technologieakzeptanz.

Themenstrang	Fokus: Mensch, Soziales, Psychologie	Fokus: Technologie, Prozess, Struktur
Lernen und Wissen	<i>Lernende Organisation</i>	<i>Wissensmanagement</i>
	<i>Umgang mit Wandel</i>	<i>Ontologien</i>
	<i>Wahrnehmung und Entscheidungsfindung</i>	<i>Rahmen und Infrastruktur</i>
Nutzerakzeptanz und Vertrauen	<i>Vertrauen in Menschen</i>	<i>Model Usage Gap</i>
	<i>Akzeptanz neuer Technologien</i>	
	<i>Vertrauen in Modelle und digitale Informationen</i>	
Modellbasierte Entwicklung	<i>Model development</i>	<i>Model Risk Management</i>
	<i>Model Acceptance</i>	<i>Evidence-based policy</i>
	<i>Systems Thinking</i>	<i>Decision support systems</i>
	<i>Model Trust</i>	<i>Multiagent Systems</i>
		<i>Informationssysteme</i>
		<i>Modellbasierte Entscheidungsprozesse</i> <i>System Dynamics und Systems Thinking</i>
Kollaboration und Führung	<i>Netzwerke und Co-Authorship</i>	<i>Distributed Development / Engineering</i>
	<i>Crossfunktionale Teams und Team-Diversity</i>	<i>Value Co-Creation</i>
	<i>System Leadership</i>	<i>Inter-Organisationale Kollaboration</i>
	<i>Neurologie, Emotionale Intelligenz</i>	<i>Selbstorganisation, virtuelle und verteilte Teams</i>
	<i>Soziale Einflussnahme und Kommunikation</i>	
Organisationsrahmen	<i>Kollektive Intelligenz und Vernetzung</i>	<i>“Interconnectedness“ und Komplexität in Org.</i>
	<i>System Leadership</i>	<i>Policy-Analyse in Organisationen</i>
	<i>Kultur, Werte und Führung</i>	<i>Agilität</i>
	<i>Entscheidungsprozesse</i>	
	<i>Paradigmenwechsel in Organisationen</i>	

Tabelle 4: Initialer Suchraum

2.2 Begriff 1: Modellbasiertes Systems Engineering – Merkmale, Inhalte, Formate

Systems Engineering bezeichnet einen durchgängigen, interdisziplinären Ansatz zur Entwicklung multidisziplinärer, technischer Systeme. Aufgrund seiner Multidisziplinarität wird Systems Engineering mit Themenfeldern wie Elektrotechnik, technologischem Management, Informationstechnologien oder auch der allgemeinen Systemtheorie in Verbindung gebracht (Fraser und Gosavi, 2010).

Das International Council on Systems Engineering (INCOSE) definiert modellbasiertes Systems Engineering wie folgt:

"MBSE ist die formalisierte Anwendung von Modellierungstechniken zur Unterstützung von Aktivitäten rund um Systemanforderungen, -Design, -Analyse, -Verifikation und -Validation, vom konzeptuellen Design über Entwicklungs- hin zu späteren Lebenszyklus-Phasen."

Der Anteil durch Software und elektrisch oder gar cybertronisch gestützter Produkte in der Industrie nimmt seit Jahren kontinuierlich zu. Modellbasierte Ansätze sollen die dokumentenbasierte Produktentwicklung ablösen und Integration, Konsistenz und Nachvollziehbarkeit fördern. Modelle bilden dabei Systeme oder Prozesse zielgerichtet ab und ermöglichen so die spezifische Analyse und Betrachtung komplexer Gegenstände. Systemmodelle stellen entsprechend unterschiedliche Eigenschaften, Parameter, Strukturen und andere relevante Aspekte dar. Eigner, Roubanov, und Zafirov (2014) beschreiben in ihrer Definition modellbasierter Produktentwicklung die drastische Reduzierung von physischen Prototypen als eines von drei zentralen Zielen derselben:

„Modellbasierte Virtuelle Produktentwicklung (MVPE) ist die durchgehende, rechnerunterstützte, formale Modellbildung und Dokumentation entlang aller entwicklungsrelevanten Phasen des Produktlebenszyklus mit der Zielsetzung der Weitergabe des Modells in die nächste Entwicklungsphase sowie der Weiterverwendung dieser Modelle für Simulation, Validierung und Verifikation. Ziel ist die frühe Erarbeitung des Produkt- und Produktionswissens und damit das frühzeitige Optimieren von Produkteigenschaften im Sinne einer ganzheitlichen Optimierung des gesamten Produktlebenszyklus sowie die drastische Reduzierung von physischen Prototypen.“

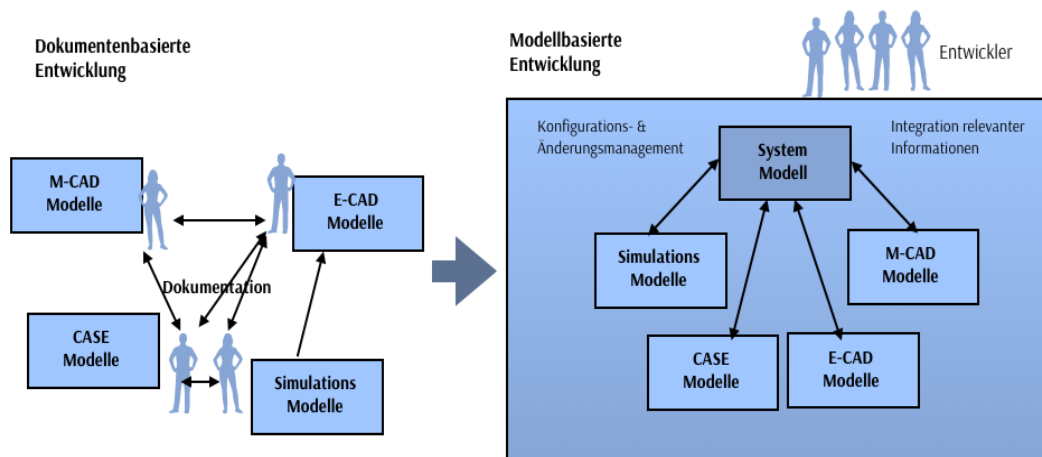


Abbildung 1: Gegenüberstellung Dokumenten- und Modellbasierter Entwicklung (vgl. Eigner et al., 2014)

In der Praxis finden sich diverse Simulationssysteme wie Matlab, computergestützte Ansätze wie Computer Aided Design (CAD), Computer Aided Styling (CAS), Computer Aided Manufacturing (CAM) oder die Nutzung digitaler Mockups (vgl. Eigner, Roubanov und Zafirov, 2014). Die SysML als Modellierungssprache baut mit ihrer Semantik und Syntax auf der UML (Unified Modeling Language) auf, und bietet eine Vielzahl an Diagrammen zur Systemmodellierung.

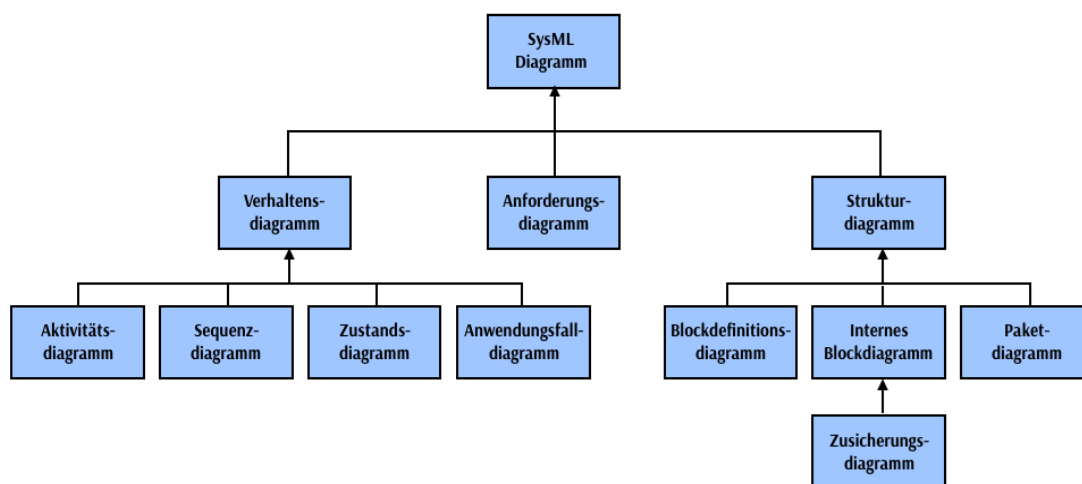


Abbildung 2: Diagrammklassen der Modellierungssprache SysML

Auf der Basis einer gemeinsamen Datenbank lassen sich in modellbasierten Entwicklungsumgebungen spezifische Systemansichten modellieren, pflegen und generieren. Damit vernetzte Akteure und Systeme zuverlässig und sicher „vertikal“ und „horizontal“ entwickeln können, sind jedoch nachvollziehbare Anforderungen und durchgängige Modelle nötig. In der Regel fehlt es hier bisher an lückenlosen Werkzeugketten und etablierten Standards in der Simulation und Werkzeugintegration, was häufig zu mangelndem Vertrauen in Simulationsergebnisse führt. Insbesondere KMUs setzen weiterhin stark auf reale Prototypen zur Verifikation und Validierung. Virtuelle Modelle werden zwar „als interessante Zwischeninformationsquelle genutzt, aber nicht als belastbare Analyse gewertet“ (vgl. Gausemeier et al., 2013).

Vorgehensmodelle

In der modellbasierten Entwicklung von Produkten gibt es diverse Vorgehensmodelle, die sich je nach Branche und Anwendungsfall unterscheiden können. Zentral sind in allen Modellen im Wesentlichen die Faktoren Anforderungen, Verifikation/Validierung von Eigenschaften und der Ansatz des Testens und Simulierens. Haberfellner (2012) beschreibt Systems Engineering einerseits als Prozess der systematischen Betrachtung und Gestaltung von Systemen, und andererseits ein Prozess der Problemlösung und Systemgestaltung an sich, für den eigene Techniken und Verfahren benötigt werden. Modelle lassen sich dabei an unterschiedlichen Stellen im Prozess anwenden; insbesondere in der Modellierung funktionaler und logischer Architekturen, sowie in der Systemsimulation und virtuellen Tests (vgl. Eigner, Roubanov und Zafirov, 2014).

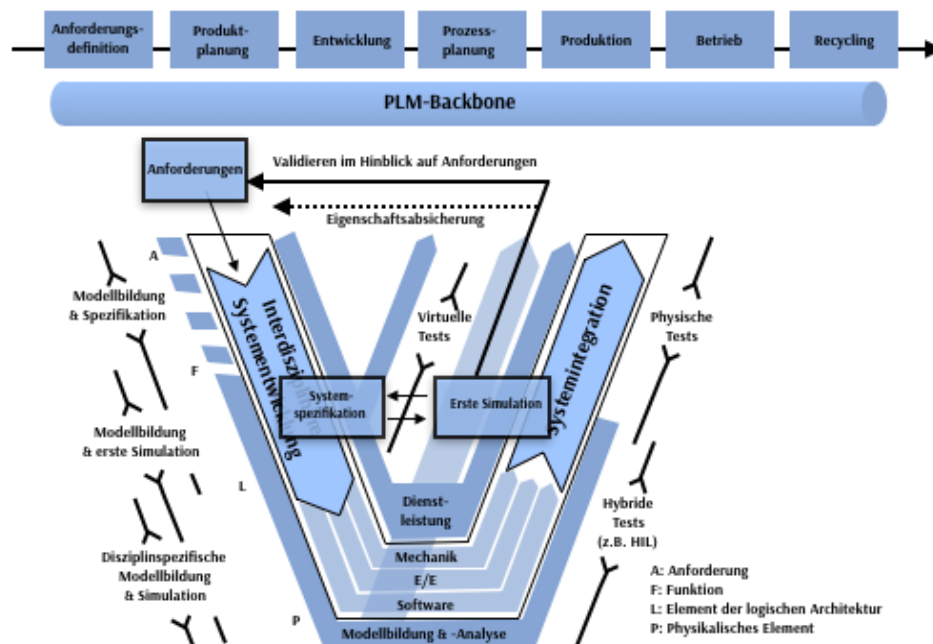


Abbildung 3: Systemspezifikation und Simulation im V-Modell (vgl. Eigner, Roubanov und Zafirov, 2014)

Ein Modell durchläuft dabei unterschiedliche Phasen, die sich im Wesentlichen in „Systementwicklung“ (Entwicklung des Systems mit all seinen Haupt- und Unterelementen) und „Systemintegration“ (Integration der jeweiligen Elemente in das Gesamtsystem) unterteilen lassen. Die Abbildungen 3 und 4 machen deutlich, wie entlang der Systementwicklung eine schrittweise, disziplinäre Zerlegung erfolgt, von der Modellierung von Systemen hin zur Modellierung von Funktionen hin zur Modellierung von Elementen, welche einer anschließenden Integration bedarf.

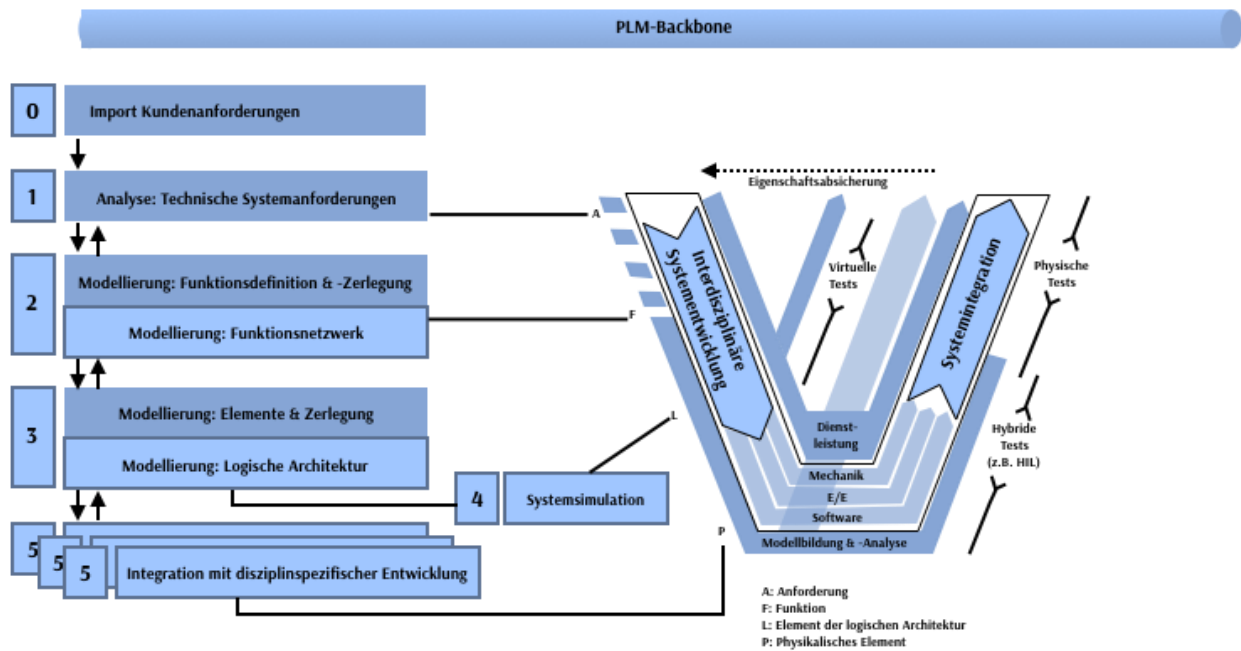


Abbildung 4: Phasen der Modellierung entlang des V-Modells (vgl. Eigner, Roubanov und Zafirov, 2014)

Das dargestellte „V-Modell“ stellt dabei keine zeitliche, sondern eine sachlogische Abfolge von logischen Beziehungen von Engineering-Artefakten dar. Es zeigt, wie interdisziplinäre Systementwicklung, Modellbildung und Systemintegration logisch ineinander greifen. Der Konkretisierungsgrad der Daten nimmt dabei entlang des Entwicklungs- und Integrationsprozesses kontinuierlich zu, während der Abstraktionsgrad abnimmt (vgl. Abb. 5). Anhand des V-Modells lässt sich erkennen, wie der direkte Einfluss eines Akteurs bzw. einer Disziplin auf Entwürfe und Modelle entlang des Entwicklungsphasen zu- und abnimmt. Je weniger Kontrolle Akteure haben, umso relevanter ist die Frage nach dem vorhandenen Vertrauen und den Bedingungen dahinter.

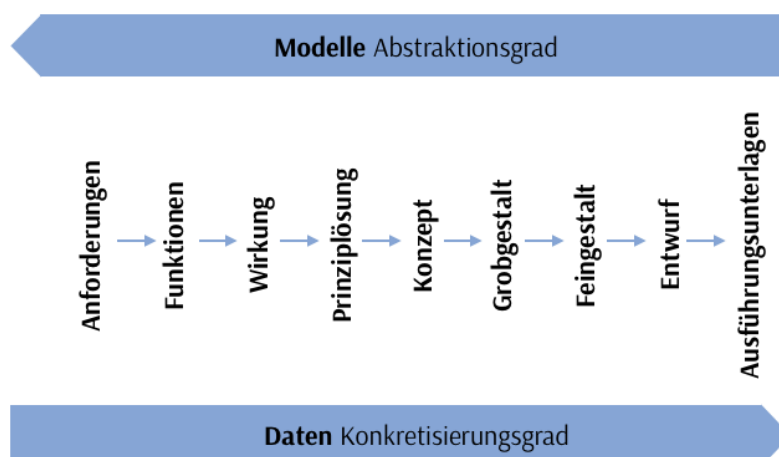


Abbildung 5: Abstraktion und Konkretisierung: Modelle und Daten (vgl. Eigner, Roubanov und Zafirov, 2014)

Es zeigt sich, dass Teams, in denen kollaboratives Systemdenken praktiziert wird, von einer Kultur der Offenheit geprägt sind, welche Identifikation, Kommunikation und Lösung ungeklärter Fragen fördern. Manche Teams beschreiben „familienartige Kulturen“, welche offene und ehrliche Kommunikation unterstützen. Standardisierung von Prozessen scheinen hier weniger wichtig zu sein als klare Kommunikation und transparente Prozesse und Vorgehensweisen, beispielsweise durch Diskussion oder Dokumentation (Lamb und Rhodes, 2009). Senge und Wheatley argumentieren, dass systemischer Wandel stets eine persönliche wie auch institutionelle Komponente hat. Die Organisation sei gewissermaßen der „Körper“, in dem das Neue kultiviert werde (2002). Eigner, Roubanov, und Zafirov (2014) regen an, Unternehmen als soziotechnische Systeme zu betrachten, in denen Mensch, Technik und Organisation einander gegenseitig auf unterschiedlichen Ebenen beeinflussen. Großer Fokus werde auf die Optimierung und Weiterentwicklung von Organisation und Technik gelegt, wobei personenfokussierte Themen wie interpersonale Beziehungen, Kommunikation oder Vertrauen häufig die geringste Aufmerksamkeit erhalten.

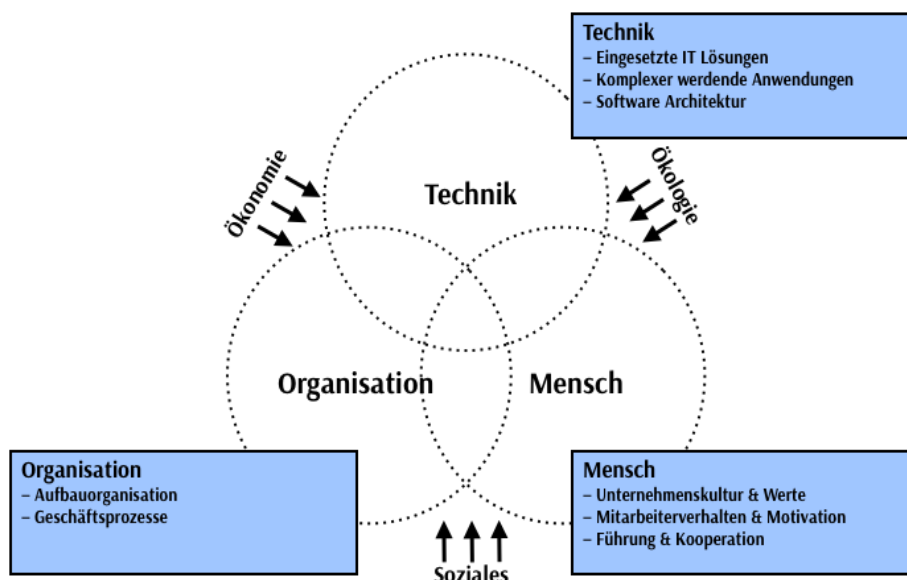


Abbildung 6: Mensch-Technik-Organisationsanalyse (MTO) (vgl. Eigner, Roubanov und Zafirov, 2014)

Definition zentraler Begriffe

Basierend auf der erfolgten Recherche wurden die Definitionen der relevanten Begriffe ausgewählt und zusammengestellt, welche thematisch die größte Relevanz und Aspekte aufweisen. Dazu gehören insbesondere die Begriffe „Modell“, „System“ und „Modellbasierte Systementwicklung“. Aufgrund der hohen Vielfalt von Begriffsvarianten wurden bewusst kontrastierende Definitionen und Nuancierungen in die Übersicht aufgenommen. Herausgestellt werden soll für die weitere Untersuchung insbesondere die Definition des Systemmodells im Kontext von MBSE, da es Bezug nimmt auf die unterschiedlichen Anwendungsbereiche und Bezüge des Modells, welche häufig mit Domänenübergängen, Abhängigkeiten und eventuellen Risiken unterschiedlicher Akteursgruppen verbunden sind. Abhängigkeiten von Anderen sowie

eventuell damit verbundene Risiken sind entscheidende Bedingungen, die Vertrauen als Strategie relevant machen (vgl. Möllering, 2006).

"Das Systemmodell ist eine explizite Annäherung an, Repräsentation oder Idealisierung von ausgewählten Aspekten der Anforderungen, der Struktur, des Verhaltens, der Parameter, des Kontexts, der Validierung und Verifikation oder anderer Charakteristiken, die mit einem oder mehreren Systemen assoziiert sein können."

Variable / Begriff	Definition	Quelle
Model-based Engineering (MBSE)	<i>"MBSE ist die formalisierte Anwendung von Modellierungstechniken zur Unterstützung von Aktivitäten rund um Systemanforderungen, -Design, -Analyse, -Verifikation und -Validation, vom konzeptuellen Design über Entwicklungs- hin zu späteren Lebenszyklus-Phasen."</i>	International Council on Systems Engineering (INCOSE) MBSE Wiki, 2011
System	<i>"Ein System besteht aus Elementen, die durch strukturelle, hierarchische und funktionale Beziehungen verbunden sind. Das zu entwickelnde System wird durch eine willkürlich gesetzte Grenze (Systemgrenze) festgelegt."</i>	vgl. Gausemeier u. a., 2013
Systems Engineering	<i>"Systems Engineering ist eine Disziplin, deren Aufgabe die Erstellung und Ausführung eines interdisziplinären Prozesses ist, der garantieren soll, dass Kunden- und Stakeholder-Anforderungen qualitativ hochwertig, zuverlässig, kostengünstig und in vorgegebener Zeit über den gesamten Produktlebenszyklus erfüllt werden können."</i>	vgl. Eigner, Roubanov, und Zafirov, 2014
Modell	<i>"Ein Modell beschreibt eine vereinfachte, auf ein bestimmtes Ziel ausgerichtete Darstellung der Merkmale eines Betrachtungsgegenstands. Die Modellbildung erleichtert bzw. ermöglicht die Analyse komplexer Betrachtungsgegenstände."</i>	vgl. Gausemeier u. a., 2013
Modell	<i>"Ein Modell ist ein Abbild bzw. ein Vorbild für ein System oder einen Prozess. Ein Modell kann ein begriffliches (z. B. mathematisches, informationstechnisches) oder ein physisches (z. B. maßstäblicher stofflicher Prototyp) Gebilde sein."</i>	vgl. Eigner, Roubanov, und Zafirov, 2014
Simulation	<i>"Simulation ist ein Verfahren zur Nachbildung eines Systems mit seinen dynamischen Prozessen in einem experimentierbaren Modell, um zu Erkenntnissen zu gelangen, die auf die Wirklichkeit übertragbar sind. Im weiteren Sinne wird unter Simulation das Vorbereiten, Durchführen und Auswerten gezielter Experimente mit einem Simulationsmodell verstanden."</i>	vgl. Gausemeier u. a., 2013

Systemmodell (MBSE-Kontext)	<i>"Das Systemmodell ist eine explizite Annäherung an, Repräsentation oder Idealisierung von ausgewählten Aspekten der Anforderungen, der Struktur, des Verhaltens, der Parameter, des Kontexts, der Validierung und Verifikation oder anderer Charakteristiken, die mit einem oder mehreren Systemen assoziiert sein können."</i>	vgl. Eigner, Roubanov, und Zafirov, 2014
Simulationsmodell	<i>"Ein Simulationsmodell ist ein Modell, das speziell zum Zweck der Simulation von Eigenschaften (Verhalten, Kennwerte) eines Systems unter Verwendung von mathematischen und physikalischen Zusammenhängen erstellt und ausgeführt wird."</i>	vgl. Eigner, Roubanov, und Zafirov, 2014
Modellierungssprache	<i>"Die Modellierungssprache ist ein künstliches Regelwerk, das aus einzelnen Elementen fest vorgeschriebener Bedeutung (Semantik) und Regeln zu ihrer Verknüpfung untereinander (Syntax) besteht. Modellierungssprachen werden zur Beschreibung von Modellen (definiert als Vor- oder Abbild eines Originals) mit dem Hauptzweck der eindeutigen Interpretierbarkeit des beschriebenen Inhalts eingesetzt."</i>	vgl. Gausemeier u. a., 2013

Tabelle 5: Definitionen von Begriffen im MBSE (eigene Übersicht auf Grundlage von Eigner et al., 2014, Gausemeier et al., 2013 und eigener Recherche)

Organisationen haben unterschiedliche Informationsbedarfe und damit verbundene Modellierungsziele und -Anforderungen. Die nachfolgende Tabelle gibt eine Übersicht über Anwendung von Modellierungen, die über modellbasiertes Systems-Engineering hinausgehen. Aspekte wie Vertrauen und Kollaboration auf Basis von Modellen sind in Politik, Forschung und Wirtschaft bereits seit längerem ein diskutiertes Thema, weshalb sie an dieser Stelle kurz angeführt werden sollen.

Ansatz	Konzept	Quelle
MBSE-Variationen (SysML)	<p><i>„Formalisierte Anwendung von Modellierungstechniken zur Unterstützung von Aktivitäten rund um Systemanforderungen, -Design, -Analyse, -Verifikation und -Validation, vom konzeptuellen Design über Entwicklungshin zu späteren Lebenszyklus-Phasen.“</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Unified Process (UP) • Harmony-Systems Engineering (Harmony-SE) • OOSEM • Agile Modellierungsansätze • Engineering Systems Matrix (ESM) 	International Council on Systems Engineering, 2011; Bartolomei, Hastings, de Neufville und Rhodes (2010)
DSGE-Modelle (Dynamic Stochastic Forecasting)	Standardansatz zur Modellierung makroökonomischer Systeme und entsprechender Dynamiken. Aufgrund ihrer hohen durchschaubaren Komplexität sind sie in ihrer Logik oft schwer nachvollziehbar, wodurch sie häufiger Kritik ausgesetzt sind.	Heinemann, Maik (2015)
Agentbased Modeling (ABM)	Vernetzung diverser Faktoren in der Entwicklung von Produkten, Organisationsstrukturen und Strategien. Ziel ist die Unterstützung von Entscheidungsprozessen, welche mit kurz- und langfristiger Effekten von Komplexität verbunden sind.	Wall (2016)

Tabelle 6: Modellbasierte Ansätze in der Übersicht (eigene Darstellung)

2.3 Begriff 2: Vertrauen – Modelle, Perspektiven, Schwerpunkte

Vertrauen als Forschungsthema genießt fachübergreifende Aufmerksamkeit. Es finden sich diverse Studien aus soziologischer, psychologischer sowie wirtschaftswissenschaftlicher Sicht, die für diese Arbeit nach ihren zugrundeliegenden Konzepten unterschieden und in Bezug zur Forschungsfrage interpretiert wurden.

Ansätze und Definitionen

Neben einer positiven Erwartungshaltung zu zukünftigen Interaktionen spielen Risiko und der Umgang mit Komplexität eine zentrale Rolle in den untersuchten Vertrauenskonzepten (vgl. Bruckner, 2016; Rousseau et al. 1998). Vertrauen ist nach gängigem Verständnis ein Prozess, welcher mit dem Zulassen von Verletzlichkeit und Risiken verbunden ist, auf Annahmen und Erwartungen gegenüber eines Anderen basiert und der Reduktion von Komplexität und Handlungsoptionen dient.

Vertrauensebene	Gemeinsamkeit
Risiko und Verletzlichkeit	Vertrauen basiert auf dem Eingehen des Risikos einer möglichen Enttäuschung, indem man sich dem Vertrauensnehmer ausliefert und seine eigene Verletzlichkeit erhöht.
Positive Erwartung	Vertrauen basiert auf einer positiven Zukunftserwartung des Vertrauensgebers, dass der Vertrauensnehmer die jeweilige Situation nicht zu seinen Gunsten ausnutzt.
Interaktion	Vertrauen basiert auf der Interaktion von mindestens zwei Akteuren (z.B. Personen, Organisationen) und der Reziprozität von Vertrauensbeziehungen.
Komplexitätsreduktion	Vertrauen reduziert Komplexität.

Tabelle 7: Gemeinsamkeiten von Vertrauensansätzen (Bruckner, 2016)

Definitionen von Vertrauen wurden recherchiert und gegeneinander verglichen. Für die weitere Arbeit besonders relevant sind die Definitionen von Rousseau und Luhmann, da hier die Abhängigkeit von anderen Akteuren und damit verbundene Risiken berücksichtigt werden, was für den Kontext von modellbasierter Kollaboration besonders relevant ist:

"Psychologischer Zustand mit der Intention, Verletzbarkeit zu akzeptieren, aufgrund von positiven Erwartungen gegenüber der Intention oder des Verhaltens eines Anderen." — Rousseau et. al (1998)

Bereitschaft, Risiko anzunehmen zur Reduktion von Komplexität. Basiert auf der Generalisierung von Erwartungen, dadurch stärkere Abhängigkeit von weniger Informationen — Luhmann (1979)

Definition	Quelle
"Psychologischer Zustand mit der Intention, Verletzbarkeit zu akzeptieren, aufgrund von positiven Erwartungen gegenüber der Intention oder des Verhaltens eines Anderen."	Rousseau et. al (1998)
Bereitschaft, Risiko anzunehmen zur Reduktion von Komplexität. Basiert auf der Generalisierung von Erwartungen, dadurch stärkere Abhängigkeit von weniger Informationen	Luhmann (1979)
"Zustand mit zuversichtlichen, positiven Erwartungen bezüglich der Motive Anderer einem selbst gegenüber, in Situationen mit Risikoanteil."	Boon und Holmes, 1991
"Zuversichtliche Erwartungen hinsichtlich des Verhaltens eines Anderen in einem Kontext des Risikos."	Lewicki, McAllister und Bies, 1998
"Bereitschaft einer Partei, durch das Verhalten einer anderen verletzbar zu sein, basierend auf der Erwartung, dass die andere Partei eine bestimmte Handlung ausführen wird, welche für die vertrauende Partei wichtig ist, ohne dass diese die andere Partei kontrollieren oder überwachen kann."	Mayer, Davis und Schoorman, 1995
"Vertrauen ist ein Set an Erwartungen, das von allen an Akteuren geteilt wird, die an einem Austausch beteiligt sind."	Zucker, 1986

Tabelle 8: Vertrauensdefinitionen (basierend auf Bruckner, 2016; eigene Ergänzungen und Darstellung)

Kontext und Relevanz

Vertrauen lässt sich als Phänomen auf unterschiedlichen Ebenen betrachten; von der zwischenmenschlichen Interaktion und Einschätzung der Vertrauenswürdigkeit einzelner Personen hin zu Vertrauen in Organisationen und Unternehmen, bis hin zum Vertrauen in Systeme oder Institutionen (vgl. Bruckner, 2016; Schultz, 2006). Eine Idee hierbei ist, dass diese Ebenen in wechselseitiger Abhängigkeit stehen und sich je nach Kontext unterschiedlich stark beeinflussen können. Vertrauen in bestimmte Akteure (z.B. Mitglieder des Unternehmensvorstands) wirkt sich demnach aus auf das Vertrauen in die Organisation, zu welcher diese gehören (z.B. Gesamtunternehmen), was wiederum beeinflussen kann, wie vertrauenswürdig größere Systemzusammenhänge wahrgenommen werden, in dem diese eingebunden sind (z.B. freie Marktwirtschaft).

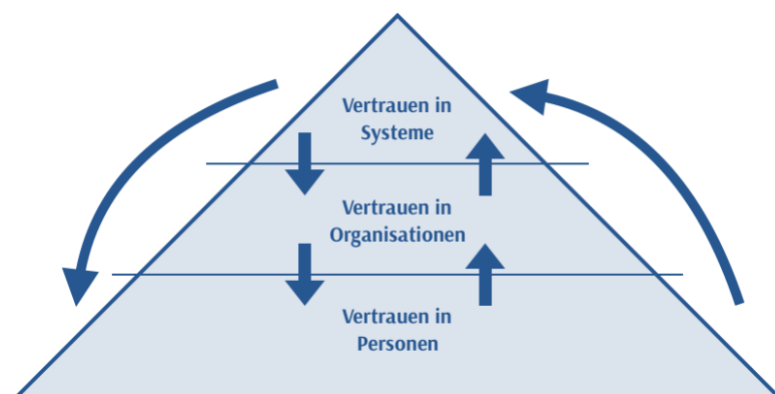


Abbildung 7: Ebenen des Vertrauens (nach Bruckner, 2016)

Besonders zu Beginn neuer Beziehungen wird Vertrauen als Prozess der Entscheidung beschrieben, in dem Faktoren der Vertrauenswürdigkeit, vorige Erfahrungen sowie situative Faktoren zusammenspielen. Interessant ist hier, dass die Entscheidung zu vertrauen nach außen zunächst nicht sichtbar ist, sondern sich erst im Verhalten äußert (vgl. Priem und Weibel, Möllering, 2006). Lyon et al. (2015) beschreiben Vertrauen entsprechend als Prozess wechselseitiger Interaktion, in dem Wahrnehmung des sichtbaren Verhaltens des Anderen, Einschätzung und Kooperation sich im Wechselspiel gewissermaßen „einschwingen“. Das Verhalten eines Akteurs aufgrund seines Vertrauens in einen anderen Akteur führt so zu einem vertieften Vertrauen des anderen Akteurs, und so weiter.

Vertieft sich eine Beziehung über Zeit, so „verschieben“ sich demnach die Quellen für das Vertrauen, vom tendenziellen Kalkulieren und Abwägen hin zu einem Vertrauen, das auf der erlebten Beziehung an sich und einer gemeinsamen Identität basiert (Rousseau, 1998; Bruckner, 2016). Es findet im Laufe der Zeit eine Verschiebung statt, von „kalkulierendem Vertrauen“ hin zu „relationalem Vertrauen“. Als dritte Ebene schlägt Rousseau das „institutionelle Vertrauen“ vor, welches zu allen Zeitpunkten aufgrund eingeführter Regeln und Strukturen wirksam ist.

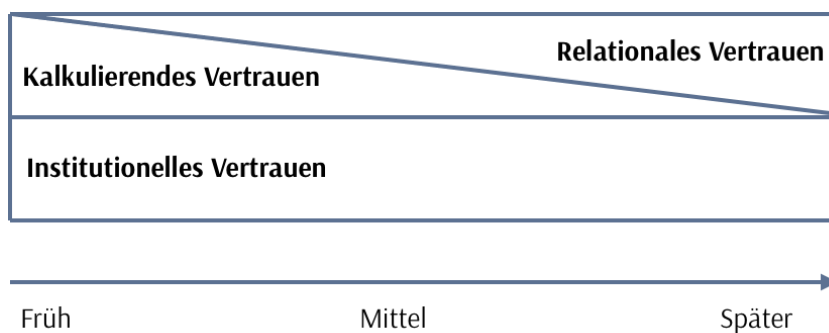


Abbildung 8: Stufenmodell zeitlicher Vertrauensentwicklung (nach Rousseau, 1998)

Möllering (2006) setzt der Idee von Vertrauen als rein rationaler Entscheidung (Williamson, 1993) entgegen, dass im Prozess der Vertrauensbildung eine Vielzahl anderer Faktoren wirken, und immer auch Restzweifel, -Ängste und -Risiken bestehen, welche letztlich in einem „Leap of Faith“ verdrängt werden müssen. Hier stellt sich die Frage, inwiefern die Rolle von Standards und Regeln in der tatsächlichen Minderung von Risiken besteht, und inwiefern sie vorrangig die Bereitschaft der Akteure fördert, sich auf Ungewissheit und Risiken einzulassen.



Abbildung 9: Leap of Faith (nach Möllering, 2006)

Hinsichtlich des Vertrauens zwischen Personen in Teams und Organisationen schlägt Martins (2002) ein Modell vor, welches fünf Dimensionen von Vertrauen auf individuell empfundener Ebene betrachtet: „Offenheit“, „Ehrlichkeit“, „Fairness“, „Absichten“, „individuelle Überzeugungen“. Diese werden einerseits beeinflusst durch vier Führungspraktiken („Teilen von Informationen“, „Unterstützung bei der Arbeit“, „Glaubwürdigkeit“, „Team Management“) sowie durch fünf Faktoren der Vertrauenswürdigkeit von Führungskräften („Einverständnis“, „Gewissenhaftigkeit“, „Einfallsreichtum“, „emotionale Stabilität“, „Extroversion“).

Diese und ergänzende Theorien wurden konzeptionell untersucht und beschrieben. In einem ersten Versuch wurden diese dann auf das Thema Modell-Vertrauen angewandt und konzeptionell interpretiert (s. Tabelle 9).

Quelle	Konzept	Fokus	Interpretation (Modell-Vertrauen)
Lee, Knox, Wormwood, Breazeal, und DeSteno (2013)	Verhalten	Rolle nichtverbaler, sozialer Signale, Gestik und Verhalten	Das Vertrauen eines Akteurs ist von dem Verhalten abhängig, das er bei anderen Akteuren im Umgang mit dem Modell wahrnimmt.
Rousseau et al. (1998)	Wechselseitiger Prozess	"Dyadische Beziehung": Vertrauen von A beeinflusst das Vertrauen von B; Kontext: Politik, Recht, Institution, Markt	Das Vertrauen in ein Modell "schwingt" sich durch wechselseitige Interaktion von Akteuren ein.
Martins (2002)	Entscheidungsprozess (Vertrauenswürdigkeit)	Vorhersagbarkeit durch Kriterien wie Befähigung, Güte und Integrität	Das Vertrauen in ein Modell hängt davon ab, ob ein Akteur seine Nutzung als hilfreich, fehlertolerant und konsistent einschätzt.
Williamson (1993)	Entscheidungsprozess (rational)	Rationale Entscheidung	Das Vertrauen in ein Modell bedarf der bewussten Entscheidung eines Akteurs.
Kramer (1996) Lyon (2005) Möllering (2004) Nootboom (2002)	Entscheidungsprozess (komplex)	Einfluss impliziter Routinen, Intuition, Gewohnheiten Emotionale und kognitive Einschränkungen	Das Vertrauen in ein Modell wird beeinflusst durch externe (Image, Kommunikation, Führungsverhalten u.a.) sowie individuelle Faktoren und Zustände (Emotion, Wissensstand, Kognitive Fähigkeit u.a.)
Granovetter (2006)	Beziehung (Sozial)	Kultur und regulatorischer Kontext; kleine, kontextspezifische Verhaltensweisen (verbal und non-verbal)	Das Vertrauen in ein Modell hängt davon ab, ob der soziale und kulturelle Kontext eines Akteurs das Modell als sinnvoll erachtet und nutzen.
Zaheer et. al. (1998, 2003, 2010) Nootboom (2002) Brownlie et al. (2005)	Beziehung (Interpersonal, -organisational, organisational, Gesellschaft, Netzwerke)	Anwendungsbereiche: Wirtschaftliche Performance, Allianzenbildung; Vertrauen zwischen Entitäten wie Organisationen	Das Vertrauen in ein Modell hängt davon ab, wie stark Akteure seine Performance und Beitrag zum Erreichen gemeinsamer Interessen (z.B. als Team, Organisation, Netzwerk u.a.) bewerten.

Lewicki et. al. (1998, 2006) Möllering (2006) McEvily (2003) Dirks et al. (2009)	Risiko und Mangel an Vertrauen	Co-Existenz von Vertrauen und Misstrauen; Vertrauensbildung als induktiver Prozess Risiko durch Vertrauen: "Over-Trust", Verletzungen, Erosion und Wiederherstellung von Vertrauen	Das Vertrauen eines Akteurs in ein Modell durchläuft Phasen, in denen es zu- oder abnimmt. Dies hängt u.a. davon ab, ob das Modell von anderen Akteuren auf konsistente, sichere, kollegiale Weise oder entsprechend der Erwartungen genutzt wird.
---	--------------------------------	--	--

Tabelle 9: Vertrauenskonzepte und Model-Trust (basierend auf Lyon, Möllering, und Saunders, 2015; eigene Ergänzungen und Darstellung)

2.4 Begriff 3: Technologieakzeptanz – Dynamiken, Theorien, Modelle

Mit der Einführung modellbasierter Praktiken in Unternehmen sind oft neue Technologien und Prozesse verbunden. Das Thema der Technologieakzeptanz ergänzt die beiden vorangegangenen Themenbereiche sowohl konzeptionell als auch in Hinblick auf betrachtete Faktoren, wie sich zeigen wird.

Das „Technology Acceptance Model“ (Davis, 1989) prägt bis heute die Modelle und Theorien zu dem Thema, insbesondere im Bereich Informationstechnologien und Mensch-Computer Interaktionen (Wu, Zhao, Zhu, Tan, und Zheng, 2011). Zentral ist die Idee, dass die Nutzung eines Systems sich aufgrund einer bewussten Absicht („Verhaltens-Intention“) ergibt. Diese wiederum ist abhängig davon, welche Haltung ein Nutzer aufgrund der empfundenen Bedienfreundlichkeit und des empfundenen Nutzens entwickelt.

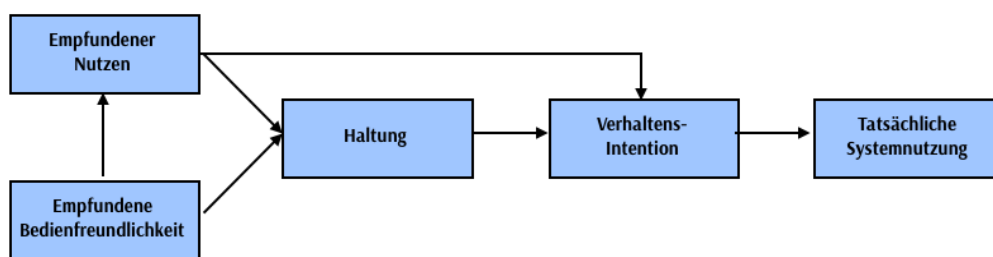


Abbildung 10: Technology Acceptance Model (Davis, 1989)

Davis' Modell wurde in den Folgejahren um Varianten von Aspekten wie Nutzbarkeit und Nützlichkeit, Unbehagen und Freude bei der Nutzung, Nutzungsabsicht, Empfundene Selbstwirksamkeit erweitert. Bei der Nutzung wurden in nachfolgenden, konzeptionellen Varianten unterschiedlich interpretiert und untersucht, was zu einer hohen Vielzahl an Varianten und Strängen innerhalb der Akzeptanzforschung führte (vgl. Thim, 2017).

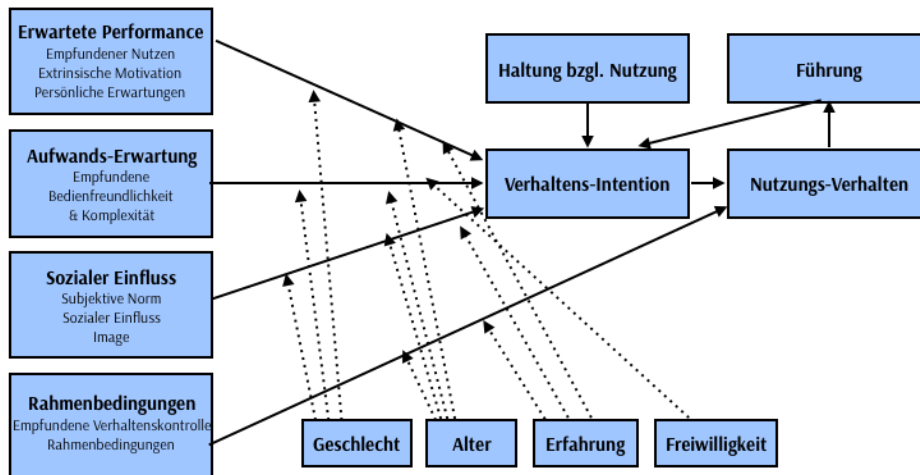


Abbildung 11: UTAUT-Model (Venkatesh, 2003)

Venkatesh (2003) baute auf Davis' Modell auf und kombinierte dieses mit externen Einflüssen und Rahmenbedingungen, sodass sowohl Faktoren wie erwarteter Nutzen und Aufwand betrachtet werden können, wie auch beispielsweise der Einfluss der Führung. Sein UTAUT-Modell (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology) versuchte eine konzeptionelle Bündelung und Vereinfachung. Spätere Ansätze wie das „Elaboration Likelihood-Modell“ von Bhattacherjee und Sanford (2006) versuchen, insbesondere Aspekte des sozialen Hintergrundes und Wissensstandes konzeptionell zu integrieren.

Übersicht von Autoren und Theorien

Quelle	Modell	Akzeptanzkonzept	Nutzung beeinflusst durch
Davis (1989)	Technology Acceptance Model (TAM)	Individuelle Intention und Wahrnehmung	<ul style="list-style-type: none"> Soziale Normen und Kontext nicht berücksichtigt Quellen und Faktoren der Nutzerwahrnehmung uneindeutig 1a. Individuelle Wahrnehmung 1b. Wahrgenommene Bedienfreundlichkeit 2. Wahrgenommener Nutzen 3. Haltung 4. Intention
Bhattacherjee und Sanford (2006)	Elaboration Likelihood Model (ELM)		<ul style="list-style-type: none"> Prozesse der Wahrnehmungsbildung Kontext und Einfluss auf individuelle Wahrnehmung und Nutzung 1. Individuell (Persönlichkeit, Emotion, Werte, Haltung und tiefere Überzeugungen, Erfahrungen, Wahrgenommene Risiken) 2. Sozial (Bildung, Alter, Geschlecht, Einkommen, Herkunft, Kultur) 3. Information (Wissensstand, Medien, Intervention)
Ajzen (1991)	Theory of Planned Behaviour (TPB)		<ul style="list-style-type: none"> 1. Überzeugungen, Bewertungen, Normen, Motivation 2. Haltung, Normen, Verhaltenskontrolle 3. Intention zum Verhalten 4. Verhalten (reguliert)

<p>Venkatash et al. (2003)</p>	<p>Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT)</p>	<p>Zusammenspiel individueller Wahrnehmung, Absicht und Externer Rahmenbedingungen und Einflüsse</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Performance Erwartung (Nutzen, Extrinsische Motivation, Persönliche Erwartungen) 2. Aufwand Erwartung (Bedienbarkeit, Komplexität) 3. Sozialer Einfluss (Normen, Einfluss, Image) 4. Möglichmacher (Verhaltenskontrolle, Bedingungen) <p>Moderierende Faktoren: Geschlecht, Alter, Erfahrung, Freiwilligkeit, Führung, Haltung</p>
<p>Rogers (1995, 1983)</p>	<p>Innovation Diffusion Theory (IDT)</p>	<p>Soziale Einflussnahme und Kommunikation</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Soziale Einflussnahme durch Kommunikation • Rolle von "Early Adopters" • Relativer Vorteil der Technologie • Adaption ist eine einmalige Entscheidung • Keine Betrachtung langfristiger Effekte • Rolle präferierter Medien- und Kommunikationskanäle (Massenmedien und zwischenmenschliche Kommunikation)

Tabelle 10: Akzeptanzkonzepte (eigene Darstellung)

3 AKTUELLER FORSCHUNGSSTAND ZU MODELL-VERTRAUEN

Ausgewählt und untersucht wurden Veröffentlichungen zum Themenfeld Vertrauen in digitale Informationen, Vertrauen in Modelle, Nutzung von Modellen. Diese wurden auf konzeptionelle Überschneidungen und Unterschiede mit den beschriebenen Theorien und Konzepten zu Vertrauen und Technologieakzeptanz (vgl. Tabelle 7, 9, 10) untersucht und klassifiziert.

3.1 Vertrauen in digitale Informationen

In einem eigenen Modell versuchten Kelton, Fleischmann und Wallace (2008), Vertrauenskonzepte allgemein auf digitale Informationen anzuwenden. Sie bieten so eine ergänzende Dimension zur thematischen Verknüpfung an. Interessant ist an ihrem Ansatz die Berücksichtigung einer Vielfalt organisationsinterner Aspekte wie Autorität, Arbeitskontrollen oder schriftlicher Dokumentationen.

Komponente	Vertrauen	Vertrauen in Informationen
Vorbedingungen	Ungewissheit	Mangel an Standards und Kontrolle
	Verletzbarkeit	Potentielle Gefahr durch Nutzung falscher Informationen
	Abhängigkeit	Entscheidungen, Wissen, Schriftliches
Entwicklungsprozess	Vorhersagbarkeit	Erfahrungen mit Quelle
	Attribution	Bestätigung mehrerer Quellen
	Bindung	Emotionale Evokation
	Reputation	Autorität, Zertifikation, Reviews, Referenzen
	Identifikation	Resonanz mit Stil, Argumentation, Zielen
Vertrauenswürdigkeit	Kompetenz	Detailtreue, Abdeckung, Glaubwürdigkeit
	Positive Intentionen	Objektivität
	Ethik	Validität
	Vorhersagbarkeit	Stabilität
Einflüsse	Neigung	Disposition von Informationen
	Kontext	Relevanz
	Soziales Vertrauen	Empfehlungen
Elemente	Vertrauen	Vertrauen, Verlässlichkeit, Validität

Tabelle 11: Framework für Vertrauen in digitale Informationen (nach Kelton, Fleischmann und Wallace, 2008)

Im Bereich der Policy-Analyse auf organisationaler und politischer Ebene sind Modelle zur Analyse und Entscheidungsfindung bereits länger etabliert als in Engineering-Kontexten (vgl. Tabelle 6). Entsprechend finden sich hier mehr Konzepte zu Modellakzeptanz und -Vertrauen. Als Erklärung könnte angebracht werden, dass beispielsweise im Bereich der Policy-Analyse die notwendige Diversität der beteiligten Akteure ausgeprägter ist und so Fachleute ohne jegliches

Vorwissen (Politik, Recht, Themenexperten etc.) in kurzen Lebenszyklen (wie Wahlperioden) zusammenarbeiten und dabei mitunter Entscheidungen von langfristigen Implikationen treffen müssen. Die Vermutung liegt nahe, dass ähnliche Umstände künftig auch in unternehmerischen Kontexten relevanter werden. Studien aus diesem Bereich fokussieren häufig Aspekte wie Bedienfreundlichkeit, Reputation, Transparenz und Interpretierbarkeit (vgl. Tabelle 12).

Aspekte wie soziale Reputation, Identität und der Organisationskontext, werden in den Theorien wiederholt betrachtet (vgl. Kolkman et al., 2016; van Delden et al, 2011; Cloutier, 2015). Gleiches gilt für technische Performance, Bedienbarkeit Interfaces und entsprechende Teilhabe an der Implementierung (vgl. Mcintosh et al., 2005; Goodwin et al., 2007; Vonk und Geertman, 2008). Aspekte auf Ebene des Individuums, wie die Befähigung oder individuelle Wahrnehmung und Interpretationen der Nutzer, sind mehrfach zu finden (vgl. Mcintosh et al. 2005; Van Delden et al., 2011; Camp, McGrath, und Nissenbaum, 2002). Modellbasierte Methoden und Arbeitsweisen sind durch einen hohen Grad an Technologie geprägt; insofern sind konzeptionelle Überschneidungen mit dem Feld der Technologieakzeptanz nicht verwunderlich, sondern bestätigen die Notwendigkeit einer vernetzenden Betrachtung.

Konzept	Faktoren	Quelle
<p>Model-Trust (Bereich: Policy-Analysen)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Sozial: Reputation, Advokaten • Identität: Teilhabe an Entwicklung • Nutzung: Effizienz, Steuerbarkeit • Modelleigenschaften; Qualität, Kompatibilität • Information: Transparenz, Konsistenz • Kontext: Organisation, Infrastruktur, Rahmen 	<p>Daniel Kolkman, Campo, Balke-Visser, und Gilbert, 2016</p>
<p>4 Phasen zur Modell-Akzeptanz: 1. Präsentation vor Nutzern 2. Befähigung von Nutzern 3. Erste Modell-Nutzung 4. Routinierte Modell-Nutzung</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Teilhabe am Entwicklungsprozess • Interpretierbarkeit • Technische Performance • Bedienbarkeit des Interface • Befähigung der Nutzer 	<p>Mcintosh et al. 2005</p>
<p>Added Value</p> <ul style="list-style-type: none"> • Relevante Inhalte • Interpretierbarkeit • Spezifische Outputs 	<p>Förderung von Model-Trust</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erwartungsmanagement durch Modell-Entwickler (Kommunikation von Potentialen und Grenzen) • "Champions" als Advokaten und Moderatoren für Modelladoption und -Nutzung • Umgang mit Unvorhersehbarkeiten (Modell) • Laufzeit des Modells • Verfügbarkeit von Daten <p>Blockierung von Model-Trust</p> <ul style="list-style-type: none"> • Intransparenz • Mangel an Flexibilität • Fokus auf technische Möglichkeiten 	<p>Van Delden et al., 2011</p>
<p>Kompatibilität mit Alltag</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Kompatibilität mit operativem Alltag • Routinen relevanter Wissensträger 	<p>Happe und Balmann, 2008</p>

Einfachheit und Nutzerfreundlichkeit	<ul style="list-style-type: none"> • Nutzerfreundlichkeit und Einfachheit • Interne Unterstützung der Implementierung • Vorhandene Erfahrung im Umgang • Nachweisbarkeit des "Added Value" • Bisherige Erfahrungen mit neuen Technologien 	Vonk und Geertman, 2008
Nutzerbedürfnisse	<ul style="list-style-type: none"> • Nutzerakzeptanz • Bedienfreundlichkeit • Methodenflexibilität • Kommerzielle Exploration • Unterstützung Entscheidungsprozessen • Unterstützung statistischer Analyse 	Goodwin et al., 2007
Herausforderungen für MBSE	<ul style="list-style-type: none"> • Kultureller Widerstand • Verfügbarkeit von Fähigkeiten • Wahrgenommener Nutzen • Management Support 	Robert Cloutier (2015)
Vertrauen in Computer	These: Menschen reagieren ähnlich auf Computer, wie sie auf das Verhalten anderer Menschen (wie Betrug, Fehlern u.a.) reagieren.	Camp, McGrath, und Nissenbaum (2002)

Tabelle 12: Theorien und Konzepte zu Modell-Vertrauen (Recherche von Kolkman et al., 2016; eigene Ergänzungen und Darstellung)

3.2 Forschungsbedarf im Bereich Modell-Vertrauen

Das Thema bewegt sich an der Schnittstelle zwischen technologischen, sozialen und psychologischen Fragestellungen. Der Bedarf nach ganzheitlicheren Betrachtungen spiegelt sich bereits in vorhandenen Modellen und Konzepten sowohl aus dem Bereich der Technologieakzeptanz, der Vertrauensforschung und bestehenden Untersuchungen von Vertrauen in digitale Informationen wieder. Hier Bedarf es weiterer konzeptioneller Vernetzung.

Es stellt sich die Frage, wie eine thematische Fokussierung aussehen kann, die es erlaubt, Vertrauen in MBSE-Modelle einerseits adäquat zu erforschen und dabei gleichzeitig alltagsnah und praktikabel zu bleiben. Eine spezifische Analyse und konzeptionelle Kategorisierung möglicher Faktoren kann hier einen entscheidenden Beitrag leisten.

Das Thema des Vertrauens in digitale Informationen knüpft am Vertrauen in Modelle an, unterliegt jedoch aufgrund nicht notwendigerweise den selben Faktoren; organisationale und soziale Aspekte sowie Themen wie individuelle Wissensstände, Routinen oder mentale Modelle der Beteiligten bedürfen einer Integration in bestehende Konzepte. m Sinne der Ganzheitlichkeit.

Besondere Aufmerksamkeit verdient das Feld der Policy-Analysen, da hier bereits seit längerem Rahmenbedingungen zu gelten scheinen, die zunehmend auch in unternehmerischen Kontexten Geltung gewinnen. Hierzu zählen Aspekte wie kurze Projektintervalle und die Beteiligung und Nutzung durch wichtige fachfremde Experten.

Die Evaluierung ergänzender Aspekte, Prozessphasen und potenziellen Hebeln für die Steuerung derartiger Implementierungsvorhaben können auf Managementebene wertvolle Beiträge leisten, benötigen jedoch neue Modelle und entsprechende Kontextualisierungen.

4 AUSWAHL UND BEGRÜNDUNG DER FORSCHUNGSMETHODEN ZUR ANALYSE

Die Untersuchung der sozialen, technologischen und strukturellen Einflüsse auf das Vertrauen in MBSE-Modelle führte zur Wahl eines Mixed Methods-Designs. Inhaltlich-konzeptionelle Recherche, Experteninterviews sowie praktische Beobachtungen griffen hierbei im Forschungsverlauf eng ineinander. Angelehnt an den Ansatz der „Grounded Theory“ (vgl. Strübing, 2009) wurden die Daten iterativ gesammelt und ausgewertet, um anschließend ein eigenes theoretisches Konzept zu formulieren.

Dafür wurden in der Auswertung mittels offener Kodierung Muster, Merkmale und Gemeinsamkeiten der Interviewdaten gesucht, um erste konzeptionelle Kategorien zu bilden. In einem zweiten Schritt wurden mittels axialer Kodierung kategorische Beziehungen herausgearbeitet, welche dann in einem dritten Schritt selektiv kodiert wurden. Dabei wurde versucht, Kernkategorien zu definieren, welche als Grundlage für die Schlussfolgerungen der Arbeit fungiert.

Die Transkription der Gespräche wurde methodisch in Anlehnung an Kuckartz' Transkriptionsregeln für die computergestützte Auswertung von Interviews durchgeführt (Kuckartz, 2016). Wörtliche Transkription bei leichter Glättung von Sprache und Interpunktion, Markierung längerer Pausen sowie die Transkription der Sprechbeiträge in Absätzen und eine entsprechende Anonymisierung wurden hierbei vorrangig beachtet. Ferner wurde gemäß der Empfehlungen Kuckartz' darauf verzichtet, weitere Lautäußerungen zu transkribieren.

4.1 Auswahl der Expertengruppe (Forschung und Praxis)

Wichtigstes Kriterium zur Auswahl der Interviewpartner war eine mehrjährige Erfahrung mit MBSE-Praktiken im Berufsalltag. Ferner wurde darauf geachtet, praktische, aber unterschiedliche Perspektiven auf das Thema zu erhalten. MBSE-Modelle werden häufig nicht von allen Beteiligten gemeinsam erstellt, wodurch für die Stichprobe auch Akteure relevant waren, die auch oder lediglich mit Modellen Dritter arbeiten. Um unterschiedliche Blickwinkel und Aspekte des Themas einfangen zu können, wurden sowohl Akteure aus Unternehmen als auch externe Berater und Trainer befragt.

Entsprechende Kontakte wurden entweder direkt oder durch Vermittlung Dritter hergestellt. Die Teilnehmer wurden hierauf persönlich kontaktiert, die Interviews entweder in persönlichen Treffen oder telefonisch durchgeführt. Die Gespräche wurden mittels eines Audioprogramms aufgezeichnet und anschließend transkribiert. Die Interviews orientierten sich an einem vorab entwickelten Interview-Leitfaden, von dem je nach Gesprächsverlauf leicht abgewichen wurde, um besondere Themengebiete zu vertiefen und weitere Informationen zu dokumentieren.

Person	A	B	C	D	E	F	G
Rolle	Engineer	Beratung	Beratung	Engineer	Beratung	Beratung	Beratung
Firmengröße	> 2000 MA	< 50	< 50	> 500 MA	< 50	< 50	< 50
Organisation nutzt MBSE aktiv	Ja (Test)	k.A.	k.A.	Ja (SE-Fokus)	k.A.	k.A.	Ja (Dokumente)
MBSE seit	5 Jahre	10 Jahre	17 Jahre	12 Jahre	11 Jahre	8 Jahre	3 Jahre
Modelliert selbst	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	k.A.	k.A.
Nutzt Modelle anderer	Ja	k.A.	Ja	Ja	Ja	Ja	k.A.

Tabelle 13: Überblick Stichprobe der Befragten Experten

4.2 Darstellung und Begründung des Fragebogens

Als Grundlage zur Betrachtung und Sortierung der Faktoren wurde eine Matrix in Anlehnung an die MTO-Analyse nach Ulich (2005) entwickelt (s. auch Eigner et al. 2014). Diese erlaubt die Betrachtung einer Vielzahl von Faktoren entlang der Dimensionen Mensch, Technik und Organisation. Die in der Literaturrecherche identifizierten Merkmale wurden entsprechend in der Matrix organisiert und dabei auf logische und konzeptionelle Dopplungen überprüft.

Mensch	Technik	Organisation
z.B. Personalstruktur, Qualifikation, Lernen, Hierarchieebene	z.B. eingesetzte Hard- und Software; digitale Kommunikation/Kommunikationsprozesse, digitale Kooperation/Kollaboration	z.B. Prozesse, Arbeitsorganisation, Kommunikation, Mitbestimmung, Formate
Identität und Teilhabe	Performance	Transparenz und Konsistenz
Abhängigkeit von Dritten	Bedienfreundlichkeit	Kultur
Persönlichkeitstypen	Alltagskompatibilität	Risiko
Unterstützung	Standards und Kontrolle	Hintergrund / Ziele
Persönliche Erlebnisse	Einführung	Rolle der Führung
Individueller Wissensstand		

Tabelle 14: Konstruktion des Interviewleitfadens als MTO-Matrix, auf Basis der Literaturrecherche

In einem abschließenden Schritt wurden diese Fragen aufgrund von Fragen der Relevanz und Redundanz reduziert und in Haupt- und Detailspekte organisiert. Tabelle 15 zeigt den Fragebogen, wie er für die Interviews verwendet wurde.

Hauptaspekte	Detailspekte
Organisation	
Hintergrund / Ziele	
Welche Ziele / Interessen sind mit MBSE verbunden? Was soll MBSE erleichtern (Komplexität reduzieren?)	Welche externe Rahmenbedingungen herrschen (Change, Markt, Produktentwicklung...?)
Interne Situation der Organisation, Rahmenbedingungen, Infrastruktur	Welche Rolle spielt kommerzielle Exploration?
Wer verspricht sich / erlebt den Nutzen von MBSE? (Team, Organisation, Netzwerk etc.)	Welche Rolle spielt die Unterstützung Entscheidungsprozessen?
	Welche Rolle spielt die Unterstützung statistischer Analyse?
	Welche Rolle spielt die Nachbildung dynamischer Prozesse?
Rolle der Führung	
Wie kommt/kam es zur Einführung? Welche Herausforderungen erleben Sie mit der Führung?	Welche Rolle spielen Stil, Argumentationsweisen, Ziele der Führung?
Welche Management Praktiken fördern das Vertrauen im Team? (Information Sharing, Unterstützung bei d. Arbeit, Glaubwürdigkeit, Team Management)	Welche Rolle spielen die "Big Five" (Vertrauen in Führung)? Offenheit, Ehrlichkeit, Fairness, Intentionen, Überzeugungen)
Kultur	
Welches Image hat MBSE (wie sinnvoll / unsinnig findet man das bei Ihnen? Woran festgemacht?)	Werden soziale Normen und Kontext bei der Einführung berücksichtigt?
Welche Normen/Kulturaspekte sollten bei der Einführung berücksichtigt werden?	
Welche Persönlichkeitstypen/Disziplinen tun sich leichter/schwerer mit MBSE?	
Einführung	
Welche bisherige Erfahrungen mit neuen Technologien wurden gemacht?	
	Welche Rolle spielt die Verfügbarkeit von Fähigkeiten?
Wie wichtig finden Sie Teilhabe an der Entwicklung?	Welche Rolle spielen vorhandene Erfahrung im Umgang mit Modellen?
Wie wichtig schätzen Sie Nachweisbarkeit des "Added Value" ein?	Welche Rolle spielen bisherige Erfahrungen mit neuen Technologien?
Inwiefern erleben Sie kulturellen Widerstand?	
Unterstützung	
Management Support	Wie schätzen Sie die Befähigung der Nutzer ein?
Autorität, Zertifikation, Reviews, Referenzen	Welche interne Unterstützung der Implementierung erhalten Sie?
	Welche Rolle spielen "Champions" als Advokaten und Moderatoren für Modelladoption und -Nutzung?
	Inwiefern besteht ein Erwartungsmanagement durch Modell-Entwickler (Kommunikation von Potentialen und Grenzen)?
	Welche Rolle spielt die Bestätigung mehrerer Quellen?
Mensch	
Erlebnisse	
Welche Fragen, Überwindungen, Zweifel, Sorgen waren für Sie mit der Einführung verbunden?	Welche Rolle spielt die Quelle der Initiative?
Inwiefern haben Sie Vertrauensverlust, Zu- / Abnahme von Vertrauen erlebt?	Welche Erfahrungen, Haltungen und Überzeugungen helfen, um sich einzulassen?
Interdependenz	
Wie wird die Abhängigkeit von Anderen empfunden (stärker, schwächer?)	

Welche Erwartungen gegenüber eines Anderen bestehen? (Verhalten / Fähigkeiten / Wissen / Kognitive Fähigkeit...)	Welche Rolle spielt Soziales (Bildung, Alter, Geschlecht, Einkommen, Herkunft, Kultur)?
Transparenz und Konsistenz	
Welche Rolle spielt die Disposition von Information: Transparenz, Konsistenz?	Wie wichtig ist Verfügbarkeit von Daten?
	Was sollte transparent sein? (Entscheidungen, Wissen, Schriftliches, ...)
	Welche Rolle spielen Flurfunk und inoffizielle Kanäle?
Wissensstand	
Welche Rolle spielt Konsistenz (Nutzung, Modell / Darstellung)?	Sind System, Verhalten, Anforderungen, Struktur, Kontext... vom Modellierer richtig verstanden?
Welche Rolle spielt der Wissensstand, Informationsgrundlage der Beteiligten?	... das Wissen um das abgebildete System?
	... und Detailtreue, Abdeckung, Glaubwürdigkeit?
	... Objektivität?
	... Validität der Informationen?
	... Relevanz der Informationen?
	... Empfehlungen durch Dritte?
Technologie	
Risiko	
Inwiefern nehmen Sie ein Implementierungs-Risiko wahr?	Inwiefern sehen Sie Gefahr durch Nutzung falscher Informationen?
	Was wird alles untereinander ausgetauscht? Wie?
Standards und Kontrolle	
Welche Rolle spielen Standards und (Prozess-)Kontrollen?	... Management, Kennzahlen, Kontrolle durch Peers / Vorgesetzte?
	... Umgang mit Fehlern / Risiko im Unternehmen?
	... Freiheit, Informationen zu akzeptieren oder abzulehnen?
Alltagskompatibilität	
Was beeinflusst die Kompatibilität mit Ihrem operativem Alltag?	... Methodenflexibilität?
	... Fokus auf technische Möglichkeiten?
	... Routinen relevanter Wissensträger?
	... Einfachheit statt Kompliziertheit?
Bedienfreundlichkeit	
Wie nehmen Sie die Bedienfreundlichkeit wahr?	... Individuelle Wahrnehmung?
Wie nehmen Sie den Nutzen wahr?	... Erleichtert Analyse?
	... Erkenntnisse sind übertragbar auf Wirklichkeit?
	... Empfundene Vorteile zu "alten Technologien"?
Performance	
Welche Rolle spielt die technische Performance?	... Interpretierbarkeit?
Welche Rolle spielen Modelleigenschaften wie Qualität, Kompatibilität, Flexibilität...?	... Bedienbarkeit des Interface?
	... Umgang mit Unvorhersehbarkeiten (Modell)?
	... Laufzeit des Modells?
	... Nutzung: Effizienz, Steuerbarkeit?

Tabelle 15: Der fertige Interviewleitfaden (organisiert nach MTO-Logik, Unterteilung in Haupt- und Detailfragen)

4.3 Vorgehen bei der Durchführung der Experteninterviews

Nach einer kurzen Einleitung in das Thema wurde ein semistrukturiertes Interview auf Basis des Interviewleitfadens geführt. Der Leitfaden wurde dabei zur Orientierung im Gespräch genutzt. Fragen zu den Aspekten des Leitfadens wurden stets offen gestellt, um eine Beeinflussung durch Suggestivfragen zu vermeiden und unverfälschte Antworten „in der Sprache der Befragten“ zu erhalten. Die Struktur des Leitfadens (Haupt- und Detailfragen) erlaubte einerseits einen klaren Fokus auf die Hauptdimensionen der Befragung bei gleichzeitiger Flexibilität im Gespräch, um auf unvorhersehbare Aspekte flexibel eingehen zu können. In Einzelfällen wurde darauf verzichtet, auf alle Hauptfragen einzugehen; stattdessen wurden Detailfragen von besonderem Interesse vertieft, um besondere Merkmale zu identifizieren oder Zusammenhänge und Rahmenbedingungen klarer einzuordnen. Zum Ende des Interviews wurden die Befragten angeregt, sich zu eventuellen Lücken im Gespräch und weiterführenden Gedanken zu äußern. Diese wurden ebenfalls dokumentiert.

5 ERGEBNISSE DER ANALYSE UND INTERPRETATION

Es konnten Aussagen gewonnen werden zum Entstehen von Modell-Vertrauen in Organisationen, zu dessen Einfluss auf MBSE-Implementierungsprozesse sowie zur Verortung derartiger Prozesse in Organisationskontexten. Auf dieser Grundlage wurden vier verknüpfte Wirkungskreisläufe identifiziert und beschrieben, welche für die Bildung von Modell-Vertrauen in MBSE-Kontexten bedeutsam sind:

1. Das **Entstehen einer MBSE-Initiative** innerhalb einer Organisation
2. Die **interne Vernetzung von Akteuren** innerhalb einer Organisation
3. Die **Akzeptanz von MBSE-Praktiken und –Werkzeugen** innerhalb einer Organisation
4. Die **Institutionalisierung bzw. Standardisierung von MBSE** innerhalb einer Organisation.

Auf Grundlage der Auswertung wurden drei konzeptionelle Aspekte formuliert, welche zur Untersuchung von Modell-Vertrauen im Kontext von MBSE vorgeschlagen werden:

1. **Stillung des Informationsbedarfs** durch das Modell
2. **Klarheit über Tragweite und Verwendung** des Modells
3. **Genauigkeit der Modellierung** des Modells.

Entsprechende Faktoren und Mechanismen wurden identifiziert, die diese drei Aspekte vermeintlich beeinflussen; diese wurden ebenfalls beschrieben und durch abschließende praktische Implikationen und Empfehlungen ergänzt.

Einfluss auf die Ergebnisse und Vorgehensweise hatte die hohe Anzahl und Vernetzung von Faktoren, welche sich durch die themenübergreifende Betrachtung ergibt.

5.1 Einordnung und Diskussion der Ergebnisse

Basierend auf den Interviewdaten wurden zunächst mittels offener Kodierung Muster, Merkmale und Gemeinsamkeiten in den Interviewdaten identifiziert. Diese wurden in einem nächsten Schritt konzeptionell kategorisiert.

Die Auswertung der Interviewdaten ergab, dass Modell-Vertrauen eng verknüpft ist mit der Akzeptanz von MBSE-Methoden und -Tools und dem Entstehen einer vernetzten MBSE-Initiative innerhalb der Organisation. Im Folgenden werden diese beiden Themen adressiert, um die anschließende Betrachtung von Modell-Vertrauen zu erleichtern.

5.1.1 Akzeptanz von MBSE-Methoden und -Tools

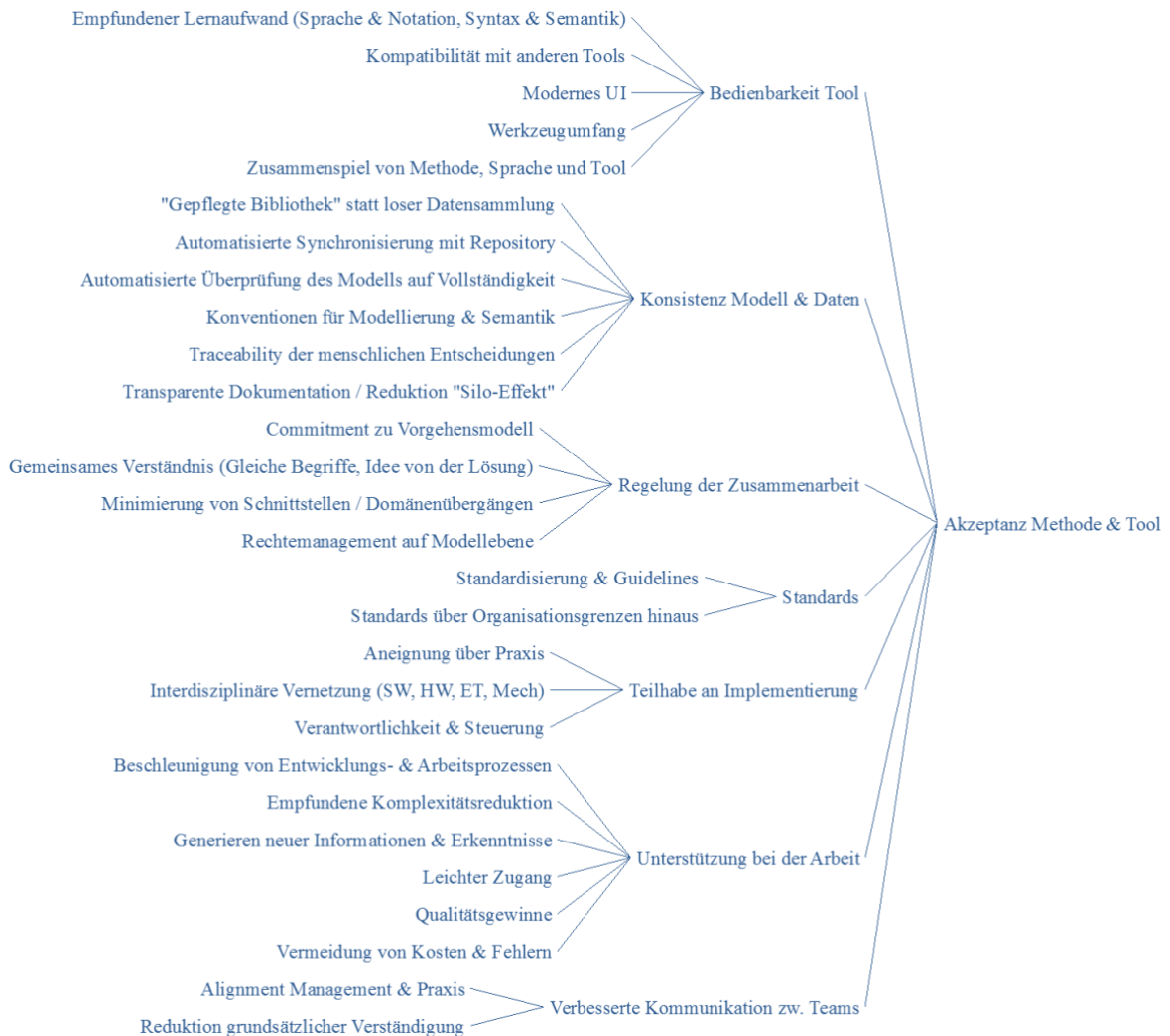


Abbildung 12: Akzeptanz von MBSE-Methoden und -Tools; Bildung konzeptioneller Kategorien auf Basis offener kodierter Muster, Merkmale und Gemeinsamkeiten der Interviewdaten (eigene Darstellung)

Die Auswertung (s. Abb. 11) ergab unter anderem, dass technische Aspekte (z.B. Kompatibilität mit anderen Werkzeugen), Teilhabe am Implementierungsprozess (z.B. Aneignung über Praxis) sowie die Entwicklung verlässlicher Standards Einfluss auf die Akzeptanz von MBSE haben. Dies zeigt, dass mit der Einführung von MBSE in Organisationen nicht bloß technologische Veränderungen verbunden sind, sondern eine umfassendere Adressierung von Organisationsdynamiken erforderlich ist, insbesondere auch in der Implementierungsphase.

MBSE als Strategie im Umgang mit komplexen Arbeitsanforderungen birgt in sich selbst eine gewisse „Grundkomplexität“, welche umfassende Anforderungen an Menschen, Organisationen und Systeme stellt. Akteure scheinen sich insbesondere im Bereich der Zusammenarbeit einen Nutzen von MBSE zu erwarten (vgl. „Verbesserte Kommunikation zwischen Teams“ und „Regelung der Zusammenarbeit“, insbesondere auch „Minimierung von Schnittstellen“).

Die Akzeptanz von MBSE-Methoden und -Tools scheint sich aus dem Zusammenspiel individueller Erfahrungen, kognitiver Prozesse sowie externer Rahmenbedingungen und sozialer Einflüsse ergeben (vgl. Venkatesh, 2003; *Bhattacharjee und Sanford, 2006*). Ein weiterer Faktor hierbei ist, wie hilfreich und aufwendig Akteure die Nutzung von MBSE-Methoden und -Werkzeuge einschätzen (vgl. Cloutier, 2015; Venkatesh, 2003; Davis, 1989).

„Das Ziel muss gesehen werden. Wissen, wo es hingeht. Dann kann ich auch holprige Tools ertragen.“

(Auszug Interview)

Aspekte wie „Bedienbarkeit“ (vgl. „Modernes UI“) oder „Unterstützung bei der Arbeit“ (vgl. Grafik) bestätigen die Erkenntnisse zur Akzeptanz neuer Technologien hinsichtlich des erwarteten Nutzens einer neuen Technologie (vgl. Venkatesh, 2003; Davis, 1989). Ferner spielt die Bedienbarkeit der Werkzeug-Interfaces eine wichtige Rolle, wie in Interviews mehrfach bestätigt wurde. Diese Erkenntnis deckt sich sowohl mit Studien im Bereich des Modell-Vertrauens und ist ebenfalls im Einklang der Frage nach Nutzungserlebnis und Bedienfreundlichkeit in der Technologieakzeptanz (vgl. Mcintosh et al. 2005; Davis, 1989).

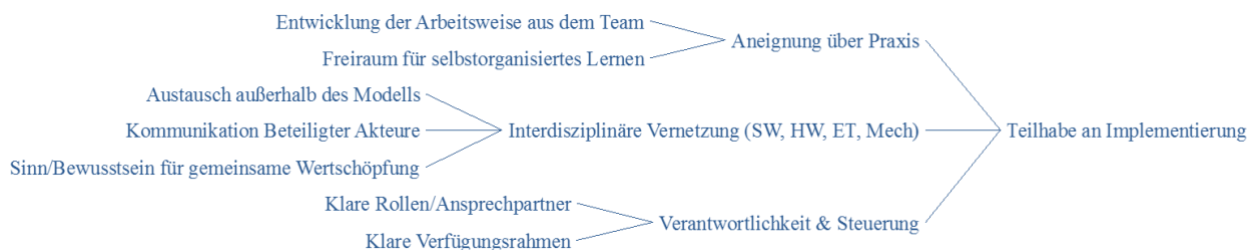


Abbildung 13: Akzeptanz von MBSE-Methoden und -Tools; „Teilhabe an Implementierung“ (Detailansicht von Abb. 11)

Die Auswertung der Interviews machte deutlich, dass MBSE ein geteiltes Bewusstsein für die gemeinsame Wertschöpfung erfordert. Fachübergreifende Vernetzung und Kommunikation von Akteuren inner- und außerhalb von Modellen werden hierfür als entscheidend empfunden. Damit dies in sicheren, verlässlichen Rahmen erfolgen kann, werden klare Verantwortlichkeiten und Steuerungsmechanismen gefordert. Dem Management kommt in diesem Zusammenhang besondere Bedeutung zu, wenn es um die Gestaltung von Freiräumen zur Entwicklung und Aneignung neuer Arbeitsweisen geht. Die Gestaltung derartiger Freiräume gestaltet sich in der Praxis nicht immer einfach, wie sich in den Interviews zeigte.

„Teams haben kein Vertrauen, wenn ihnen kein Freiraum zum Lernen gegeben wird, sondern das oben draufgesetzt wird. Es braucht Raum für Spielprojekte.“

(Auszug Interview)



Abbildung 14: Akzeptanz von MBSE-Methoden und -Tools; Detailansicht „Unterstützung bei der Arbeit“ (Detailansicht von Abb. 11)

Die Interviews zeigten, dass zeitnahe Erfolgserlebnisse durch die Nutzung von MBSE-Praktiken und -Tools sich sehr positiv auf deren Akzeptanz und längerfristige Anwendung auswirken. Je nach Perspektive können diese unterschiedliche Aspekte betreffen; mehrfach wurden Erfolge mit einem „Zugewinn an Qualität“ beschrieben, welche sich auf Themen wie Planungen, Informationsstände oder Arbeitsresultate bezog. Ein zweiter, wichtiger Bereich für relevante Erfolge liegt in der Vermeidung von Fehlern und Kosten. Dies war für die Befragten eng verbunden mit dem Generieren neuer Erkenntnisse und Informationen im Prozess.

„Ich musste meinen eigenen Nutzen erkennen – Modellierung alleine greift zu kurz. Wenn jemand kommt und sagt, Ihr müsst jetzt modellieren, das macht man so, das ist sehr problematisch.“
(Auszug Interview)

„Wenn die Information im Konflikt mit einem anderen Team steht, juble ich, denn dann kann MBSE seine Trumpfkarte spielen und zeigen: da ist ein Mismatch, einigt Euch. Das wird wohlwollend aufgenommen, denn Leute wissen, zu welchen Kosten das geführt hätte.“
(Auszug Interview)

Die entstandenen konzeptionellen Kategorien wurden in einer Tabelle zusammenfassend beschrieben und durch illustrative Auszüge aus den Interviews ergänzt (s. Tabelle 16).

Kategorie	Beschreibung	Illustrativer Auszug (Interviews)
Bedienbarkeit	Aufwände verbunden mit Aneignung, Benutzung und Integration im Kontext bestehender Systeme und Strukturen	<i>"Es ist ja schon eine Herausforderung, eine neue Sprache zu lernen, und noch dazu eine grafische Notation." "Ich finde alle Modellierungswerkzeuge nicht so optimal. Von der alltäglichen Bedienung her sind sie echt übel. (...) Man ist ziemlich konfrontiert mit Menüs und Untermenüs und Begrifflichkeiten, die einen erschlagen."</i>
Konsistenz von Modell und Daten	Bedingungen für Nachvollziehbarkeit und Verlässlichkeit sämtlicher	<i>"Wenn ich Ergebnisse im Systemmodell sehe von einem anderen, die ich nicht verstehe, entsteht eher Unbehagen."</i>

	relevanter Daten und Informationen	
Regelung der Zusammenarbeit	Förderung verbindlicher, effizienter Arbeitsweisen beteiligter Akteure	<p>"Im MBSE kommen Gültigkeitsbereiche zu kurz. Welche Fragen soll mir das Modell beantworten, was ist der Zweck? Wenn man das hat, wird das als störend empfunden, weil man eingeschränkt ist."</p> <p>"Stören würde, wenn Fehler nie behoben werden und sie (Akteure) nicht wüssten, an wen sie sich wenden müssen. Der Kommunikationsaspekt ist extrem wichtig."</p> <p>"Man sollte die Abhängigkeiten reduzieren, indem man Wissen streut und Knowledge Sharing betreibt. Das fördert dann auch das Vertrauen."</p>
Standards	Gestaltung und Anwendung umfassender MBSE-Standards	<p>"(Es braucht) Standards wie SysML/UML, aber auch Guidelines auf Unternehmensbasis. Extrem wichtig. Da Zusammenarbeit stark erleichtert wird, man muss sich nicht grundsätzlich wieder verständigen."</p> <p>"Eine Harmonisierung über Organisationsgrenzen hinweg ist einfach Gold wert. SysML ist in sich eine Art Standard, aber natürlich bleibt Interpretationsraum."</p>
Teilhabe an der Implementierung	Förderung interdisziplinärer Aneignungsprozesse	<p>"Habe die Erfahrung gemacht, dass Menschen etwas viel leichter annehmen, wenn sie es selbst mitgestaltet haben."</p> <p>"Micromanagement ist nicht hilfreich. Diejenigen, die MBSE praktizieren sollen, sollten auch den Lead bekommen, das nach ihren Wünschen und Vorstellungen, selbstorganisiert und interdisziplinär."</p>
Unterstützung bei der Arbeit	Kurz- bis mittelfristiges Erleben des Nutzen im individuellen Arbeitsalltag	<p>"Prozessteilnehmer, die erstmal eine negative Bilanz sehen, also viel Aufwand haben und wenig Nutzen spüren, wenn die sehen, dass der Nutzen für die Organisation da ist, dass man eine Bibliothek hat, die gepflegt ist und die man fragen kann. Man muss einen Mehrwert sehen. Was keiner mag, ist Datengräber pflegen."</p>
Verbesserte Kommunikation zwischen Teams	Förderung von gemeinsamem Verständnis und Ausrichtung	<p>"Wenn die Information im Konflikt mit einem anderen Team steht, juble ich, denn dann kann MBSE seine Trumpfkarte spielen und zeigen: da ist ein Mismatch, einigt Euch. Das wird wohlwollend aufgenommen, denn Leute wissen, zu welchen Kosten das geführt hätte."</p>

Tabelle 16: Akzeptanz von MBSE-Methoden und -Tools; Konzeptionelle Kategorien inkl. Beschreibungen und illustrativen Interviewauszügen (eigene Darstellung)

5.1.2 Entstehen einer MBSE-Initiative

Die Auswertung zeigte ferner, dass interne MBSE-Initiativen eine wichtige Rolle bei der organisationalen Veränderung spielen, die mit der Einführung von MBSE verbunden sein können. Damit beeinflussen sie längerfristig die relevanten Faktoren für die Entstehung von Modell-Vertrauen maßgeblich. Zwar finden sich Ähnlichkeiten zur Akzeptanz von MBSE-Methoden und -Tools (wie z.B. „Bereitschaft, MBSE anzuwenden“), allerdings werden im Rahmen der MBSE-Initiative eher kulturelle und soziale Dynamiken betrachtet, welche Aspekte wie gemeinsame Werte, Motivationen und Verhalten von Individuen und Interessensgruppen betreffen (vgl. „Interne Bereitschaft, MBSE anzuwenden“).

Es zeigte sich, dass eine MBSE-Initiative von einer Vielzahl an Faktoren beeinflusst wird, welche sowohl personelle, technologische als auch organisationale Ebenen im Wechselspiel berühren.

Der Einfluss gelebter Werte im Betrieb (z.B. „Offenheit für andere Denk- und Arbeitsweisen“) Im Einklang mit Venkatesh (2003) und Bhattacharjee und Sanford (2006) wird vor diesem Hintergrund insbesondere auch die Bedeutung sozialer Einflussnahme für die Einführung von neuer Arbeitsweisen und Werkzeugen deutlich (z.B. „Internes Marketing“).

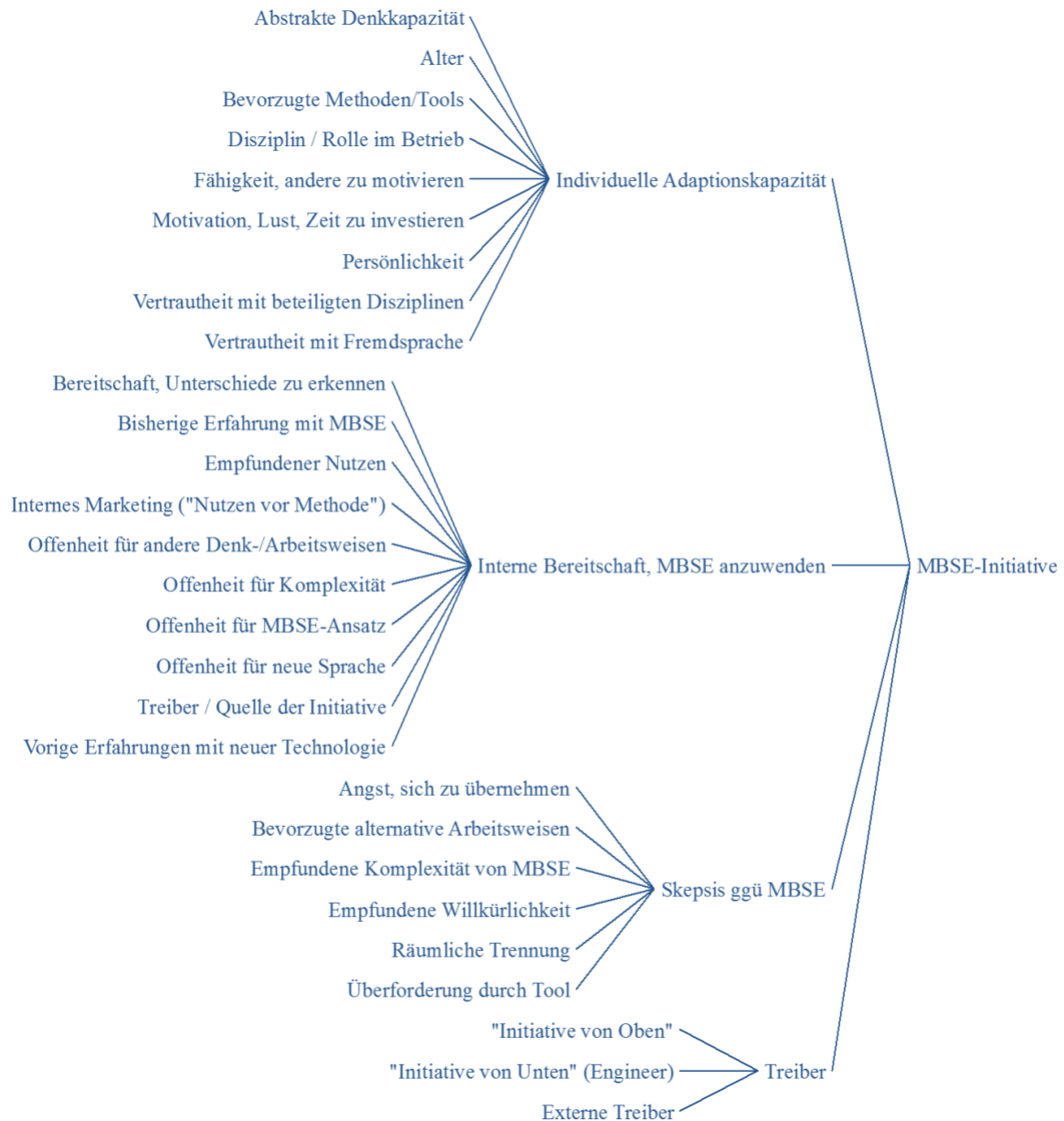


Abbildung 15: Entstehen einer MBSE-Initiative; Bildung konzeptioneller Kategorien auf Basis offen kodierter Muster, Merkmale und Gemeinsamkeiten der Interviewdaten (eigene Darstellung)

Eine effektive MBSE-Initiative ergibt sich demnach aus dem Zusammenspiel mehrerer personeller „Quellen“ (insbesondere „Initiative von Oben“ und „Initiative von Unten“). Auf die Details hinter diesen Mechanismen soll im weiteren genauer eingegangen werden. Hierfür soll kurz die Wirkungslogik innerhalb der jeweiligen Kategorie erörtert werden.

„Externe Treiber“

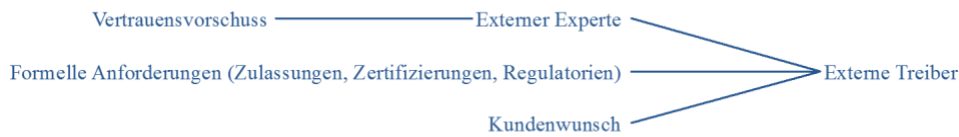


Abbildung 16: Entstehen einer MBSE-Initiative; „Externe Treiber“ (Detailansicht von Abb. 14)

Als externe Treiber wurden in dieser Arbeit primär die Akteursgruppen „Kunden“ und „Externe Experten“ betrachtet; der Vollständigkeit halber wurden hier jedoch auch formelle Anforderungen wie Zertifizierungen aufgeführt. Es wurde die Beschreibung über Akteursgruppen gewählt, um deutlich zu machen, dass in einer MBSE-Initiative im Grunde jedes Thema und Anliegen an einzelne oder mehrere Akteure gebunden ist, welches dieses inhaltlich und operativ antreiben. Externe Experten können wichtige Impulsgeber und Begleiter für das Entstehen von MBSE-Initiativen sein, aber auch von internen Akteuren kritisch wahrgenommen werden. Eine relevante Frage könnte hier sein, inwiefern externe Beratung aufgrund eigener Anliegen der Teilnehmenden oder aufgrund genereller Interessen der Unternehmensführung erfolgt.

„Es hilft, wenn jemand es (MBSE) von aussen heranträgt. Von innen treten Widerstände auf – der Prophet im eigenen Land. Die brauchen dann mal einen von aussen, der sagt, dass es geht.“

(Auszug Interview)

„Mein erster Kontakt (mit MBSE) war über eine Beratungsfirma bei uns. Da haben sich bei mir alle Nackenhaare gestäubt! (...)“

(Auszug Interview)

„Initiative von Unten“

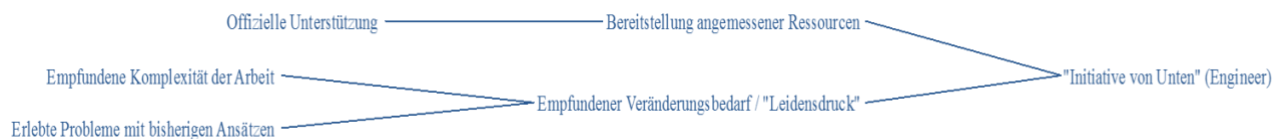


Abbildung 17: Entstehen einer MBSE-Initiative; „Initiative von Unten“ (Detailansicht von Abb. 14)

Eine Initiative „von Unten“ meint in der Regel eine Initiative durch entsprechende Ingenieure und beginnt in vielen Fällen mit entsprechendem Leidensdruck im operativen Arbeitsalltag („Empfundene Komplexität der Arbeit“, „Erlebte Probleme mit bisherigen Ansätzen“) oder der Überforderung durch neue Aufgabenbereiche wie der Leitung eines größeren Projektes.

Eine erfolgreiche Initiative „von Unten“ benötigt nachhaltige Unterstützung der Unternehmensführung „von Oben“ – mindestens auf Ebene von Ressourcen. Diese kann direkter oder indirekter Natur sein. Es wurden unterschiedliche Strategien beschrieben, wie Initiativen

„von Unten“ damit umgehen; von offiziell finanzierten Pilotprojekten bis hin zu „U-Booten“, welche im Wesentlichen ohne Wissen der Unternehmensführung auf lokaler Ebene betrieben werden.

*"Wir haben das MBSE sozusagen vor dem Management versteckt. Es interessiert sie einfach nicht. Wir zeigen Resultate und gute Übersichten, gute Langzeitplanungen aufgrund unserer Modelle, aber wir vermarkten das nicht als **MBSE**, sondern als **SE**."*
(Auszug Interview)

„Die Einführung von MBSE ist oft von unten getrieben; von Ingenieuren. Das Management bringen die nur soweit, die Gelder bereitzustellen. Umgekehrt gibt es auch den Fall, dass das Management von MBSE hört und das von oben reindrückt.“
(Auszug Interview)

„Initiative von Oben“

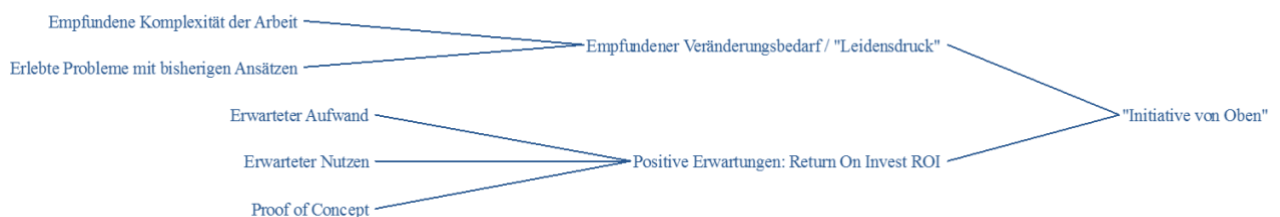


Abbildung 18: Entstehen einer MBSE-Initiative: „Initiative von Oben“ (Detailansicht von Abb. 14)

Eine Initiative „von Oben“ wird primär durch die Unternehmensführung angetrieben. Positive Erwartungen hinsichtlich eines „Return On Invest“ sind hier offenbar zentral: Abwägungen betreffen in der Regel wirtschaftliche Aufwände und Nutzen, welche nicht immer am praktischen (operativen) Bedarf abgeglichen werden. Dies führt im schlimmsten Falle zu Investitionen in falsche MBSE-Werkzeuge sowie zu ungenügenden Maßnahmen in der Organisations- und Personalentwicklung. Frustration auf operativer Ebene kann das Resultat sein (vgl. Cloutier, 2015).

„Aus Preisgründen wurden häufiger schlechte Tools gekauft. Die Toolfrage ist zu sehr im Mittelpunkt. Der (konkrete) Bedarf wird nachrangig behandelt und ist oft ungeklärt.“

„Bei Trainings wird seitens des Managements manchmal versucht, den finanziellen Aufwand gering zu halten; Menschen in Trainings sind nicht produktiv. Dann ist die Freistellung von Mitarbeitern nicht immer gegeben (...), teils müssen die dann wegen Telefonkonferenzen Schulungen verlassen.“
(Auszug Interview)

„Wir haben jetzt die offizielle Unterstützung für ein Projekt (...). Commitment durch das Management, Geld, Zeit — Jetzt laufen 3 Pilotprojekte.“

Eine nachhaltige MBSE-Initiative ergibt sich entsprechend aus einem intelligenten Zusammenwirken der Initiativen „von Oben“ und „von Unten“, in dem die jeweiligen Interessen und Informationen geschickt moderiert und kommuniziert werden (z.B. „Internes Marketing“ in Abb. 14). Martins' (2002) Empfehlungen für das Management von Vertrauen in Organisationen (2002) beinhalten potentielle Ansatzpunkte für die positive Beeinflussung interner MBSE-Initiativen durch die Unternehmensführung. Dazu gehören Praktiken wie das Teilen relevanter Informationen, die gezielte Unterstützung relevanter Akteure und ein Verhalten, das als glaubwürdig empfunden werden kann. Hinsichtlich der Investitionsentscheidungen seitens der Unternehmensführung (z.B. in MBSE-Werkzeuge) bedarf es möglicherweise besserer Darstellung der längerfristigen Zusammenhänge von technischen, personellen und organisationalen Faktoren. Dies kann externe ebenso betreffen wie interne Treiber.

Die entstandenen konzeptionellen Kategorien wurden in einer Tabelle zusammenfassend beschrieben und durch illustrative Auszüge aus den Interviews ergänzt (s. Tabelle 17).

Kategorie	Beschreibung	Illustrativer Auszug
Individuelle Adaptionkapazität	Persönlich-professionelle Voraussetzungen einzelner Akteure, sich MBSE adäquat anzueignen.	<p><i>"Menschen mit Software-Hintergrund tun sich tendenziell leichter als Mechanik oder Elektrotechnik. Diese sind weniger Fremdsprache gewöhnt."</i></p> <p><i>"Bei manchen ist das Silodenken bereits von den Hochschulen eingepägt, auch räumlich."</i></p> <p><i>"Ingenieure und Bundeswehr-Ehemalige haben eine sehr besondere Idee von Kommunikation und Führung, die nicht immer förderlich ist für diese Art der Zusammenarbeit."</i></p>
Interne Bereitschaft, MBSE anzuwenden	Zusammenspiel aus externen Faktoren, Haltung und individuellen Erfahrungen im Zusammenhang mit MBSE.	<p><i>"Es gibt auch Vorbehalte: Wir entwickeln schon seit 50 Jahren erfolgreich Systeme und Produkte, warum denn jetzt und das haben wir noch nie so gemacht, so diese Attitüde. Man muss schon viel die Vorteile hervorstellen."</i></p> <p><i>"Der klassische Elektrotechniker ist wohl eher ein Skeptiker. Die modellieren ja schon seit Jahrzehnten in ihrem Dialekt. Die sehen nicht so den Benefit. Scheinbar ist der Leidensdruck da nicht so groß, wo Platinen entwickelt werden."</i></p>
Skepsis ggü. MBSE	Erfahrungen, Erwartungen und Rahmenbedingungen, die zu einer negativen Einstellung gegenüber MBSE führen.	<p><i>"Warum ist das jetzt anders als das was wir vorher gemacht haben? Wir haben ja vorher schon abgestimmt und in Modelle gearbeitet! Die Bereitschaft fehlt, Unterschiede zu erkennen und umzusetzen."</i></p> <p><i>"Es ist oft unklar, wie die Rolle des Systems Engineers gelebt werden soll. Leute werden dann ausgebildet, aber das wird oft nicht geklärt (Hierarchieebene, Kompetenz und Verfügungsrahmen)."</i></p> <p><i>"Ältere Mitarbeiter haben Angst vor der Veränderung. Andere beissen sich in Details fest. Alternativen und Argumente scheitern hier oft. Andere: Sehen keine Vorteile, keinen Sinn."</i></p>
Treiber	Interne und externe Akteure, welche sich für die Nutzung von MBSE einsetzen.	<p><i>"Die Älteren (10+) merken mittlerweile auch, dass es mit den alten Methoden nicht mehr funktioniert."</i></p> <p><i>"Die Systems Engineers haben das initiiert. Den</i></p>

		<p><i>größten Nutzen haben die Architekten, wenn die Schnittstellen minimiert werden."</i></p> <p><i>"Der Prophet im eigenen Lande ist nichts wert. Die Außenperspektive wird eher angenommen; uns hört man häufiger zu als internen Treibern."</i></p> <p><i>"Manchmal hat man engagierte Evangelisten, Early Adopters, aber ohne Management Awareness geht es von unten nicht. Das Management muss ein ziemlich starkes Statement abgeben: wir wollen das jetzt als Zukunftstechnologie nutzen."</i></p>
--	--	--

Tabelle 17: Entstehen einer MBSE-Initiative; Konzeptionelle Kategorien inkl. Beschreibungen und illustrativen Interviewauszügen (eigene Darstellung)

5.1.3 Modell-Vertrauen

Wie sich zeigte, wird das Modell-Vertrauen von Akteuren maßgeblich davon beeinflusst, wie akzeptiert MBSE-Methoden und –Tools in der eigenen Organisation sind und inwiefern sich Beteiligte relevantes Wissen und Fähigkeiten im Rahmen einer MBSE-Initiative aneignen können.

Die Auswertung legt nahe, dass Modell-Vertrauen ein komplexer Entscheidungsprozess ist, welcher neben sozialen und technologischen Faktoren auch den persönlichen Gewohnheiten und emotionalen und kognitiven Kapazitäten des Vertrauenden unterliegt (vgl. Möllering, 2004; Nooteboom, 2002). Der Faktor „Stillung Informationsbedarf“ ergibt sich so beispielsweise aus dem Wechselspiel zwischen dem Informationsbedarf eines Nutzers und dessen Kompetenz im Umgang mit dem entsprechenden Modell. Höhere Vertrautheit mit Methode und Modellart führt demnach zu realistischeren Erwartungen und effektiverer Nutzung von Modellen.

Als bedeutender Faktor wurde die Genauigkeit der Modellierung identifiziert, welche sich aus „semantisch korrekter, angemessener und nachvollziehbarer Detailtiefe“ ergibt. Eine entsprechend klare, eindeutige Modellierung scheint motivierend auf Nutzer zu wirken („Freude beim Anschauen“). Insofern bestätigte sich die These, dass das Vertrauen eines Akteurs von dem Verhalten abhängig ist, welches er bei anderen Akteuren im Umgang mit dem Modell wahrnimmt (vgl. Tabelle 9; Lee, Knox, Wormwood, Breazeal, und DeSteno, 2013); ebenso, wie er die Benutzung eines Modells emotional erlebt (vgl. Venkatesh, 2003; Davis, 1998).

Der identifizierte Faktor „Klarheit über Tragweite/Verwendung des Modells“ betrifft die Anwendung des Modells im größeren Wertschöpfungskontext. Für Nutzer ist es wichtig zu wissen, wie ein Modell einerseits entstanden ist, und inwiefern sich eventuelle Änderungen und Modellierungsentscheidungen auswirken. Dies beeinflusst maßgeblich, ob Akteure die Aufwände für Nutzung und Pflege eines Modells als sinnvoll erachten und welche Informationen sie dem Modell hinzufügen. Das Vertrauen von Akteuren in MBSE-Modelle scheint von ähnlichen Faktoren bestimmt zu werden wie allgemeines Vertrauen in digitale Informationen. Kelton, Fleischmann, und Wallace (2008) beschreiben Aspekte wie inhaltliche Abdeckung, Glaubwürdigkeit, Mangel an Standards und Kontrollen von Informationen, welche stark den Anforderungen ähneln, die in den Interviews identifiziert wurden.

Teilhabe am Modellierungsprozess bestätigte sich als Faktor für Modell-Vertrauen, ähnlich der bisherigen Erkenntnisse im Bereich der Nutzung von Modellen im Bereich der Policy-Entwicklung. Gleiches betrifft Transparenz und Konsistenz relevanter Informationen (wie z.B. Entscheidungen und Änderungen im Modell), sowie die Effizienz der Nutzung (vgl. Daniel Kolkman, Campo, Balke-Visser, und Gilbert, 2016).

Modell-Vertrauen im Kontext von MBSE-Methoden lässt sich als Strategie zur Reduktion von Komplexität beschreiben. MBSE sucht gewissermaßen nach einer sinnvollen Balance zwischen notwendiger Vernetzung von Akteuren (was potentiell zu mehr Abhängigkeiten führt) bei gleichzeitiger Reduktion der Informationskanäle auf das notwendige Minimum. Normen und Standards spielen für das Modell-Vertrauen eine zentrale Rolle, da sie die Einhaltung der jeweiligen Erwartungen der Akteure außerhalb ihrer jeweiligen Einflussbereiche sicherstellen sollen (vgl. Zucker, 1986). Der Anteil unkontrollierbarer Aspekte des Modellierungsprozesses soll so im Idealfall gesenkt und nachvollziehbar reguliert werden.

Die Rolle positiver Erwartungen gegenüber eines Anderen ist ein gängiges Konzept (vgl. Tabelle 7). Im Falle komplexer, modellbasierter Prozesse kann die Anzahl der potentiell „relevanten Anderen“ zu hoch und die Interaktionen zu komplex sein, als dass ein Vertrauender alleine noch überblicken kann, inwiefern seine Erwartungen erfüllt oder enttäuscht wurden. Der normative Rahmen, innerhalb dessen MBSE angewandt wird, ist demnach ein entscheidender Faktor für das Entstehen von Modell-Vertrauen (vgl. Bhattacharjee und Sanford, 2006; Zaheer et. al. 1998, 2003, 2010).



Abbildung 19: Modell-Vertrauen; Bildung konzeptioneller Kategorien auf Basis offen kodierter Muster, Merkmale und Gemeinsamkeiten der Interviewdaten (eigene Darstellung)

Inwiefern Modell-Vertrauen ein wechselseitiger Prozess ist, bei dem sich das Vertrauen beteiligter Akteure wechselseitig in Abhängigkeit von deren Verhalten beeinflusst (vgl. Rousseau et al., 1998), konnte nicht direkt beantwortet werden, ebensowenig wie die Frage, ob sich Modell-Vertrauen zwischen Akteuren über Zeit "einschwingt". Dies scheint jedoch plausibel, insbesondere wenn Akteure erleben, dass ihre Änderungswünsche in Modelle einfließen. Gleiches gilt für die Frage, inwiefern sich Modell-Vertrauen nach einem Vertrauensbruch wie dem Ignorieren geltender Standards wiederherstellen lässt (vgl. Möllering, 2006). Zur Beantwortung dieser Frage wären weitere Untersuchungen über längere Zeiträume nötig.

5.2 Zusammenfassende Darstellung der Wirkungslogik

Basierend auf der Auswertung und Interpretation der Daten wurden mögliche Wechselwirkungen und Beziehungen zwischen den Kategorien konzeptionell untersucht und visuell dargestellt (vgl. Abb. 19). Dies führte zur Beschreibung von 4 Wirkungskreisen („Loops“), in denen die identifizierten Ursachen und Effekte von Modell-Vertrauen eingeordnet wurden (vgl. Abb. 20).

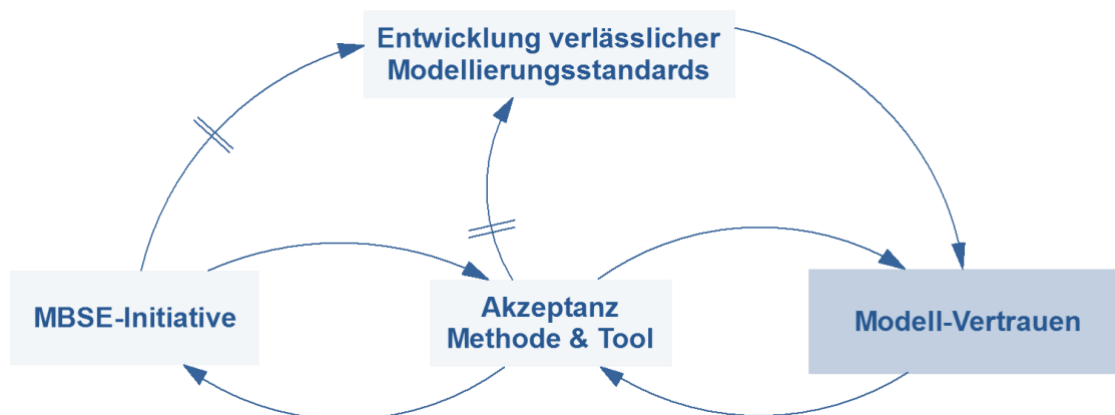


Abbildung 20: Modell-Vertrauen; Vereinfachte konzeptionelle Darstellung der Wirkungslogik (eigene Darstellung)

Modell-Vertrauen ist demnach davon abhängig, inwiefern es der Organisation gelingt, verlässliche Modellierungsstandards einzuführen und in der Praxis anzuwenden. Dies wird durch die allgemeine Akzeptanz der Methoden und Werkzeuge beeinflusst, welche im Rahmen einer MBSE-Initiative zu personellem Kompetenzerwerb führt. Die MBSE-Initiative fungiert als Ausgangspunkt und „Anker“ für diesen Prozess. Je nach Konstellation der Treiber („Intern-Extern“, „Oben-Unten“) fördert oder hemmt sie über Zeit die Entwicklung verlässlicher Modellierungsstandards insbesondere durch interne Kommunikation und Vernetzung relevanter Akteure (vgl. Abb. 20).

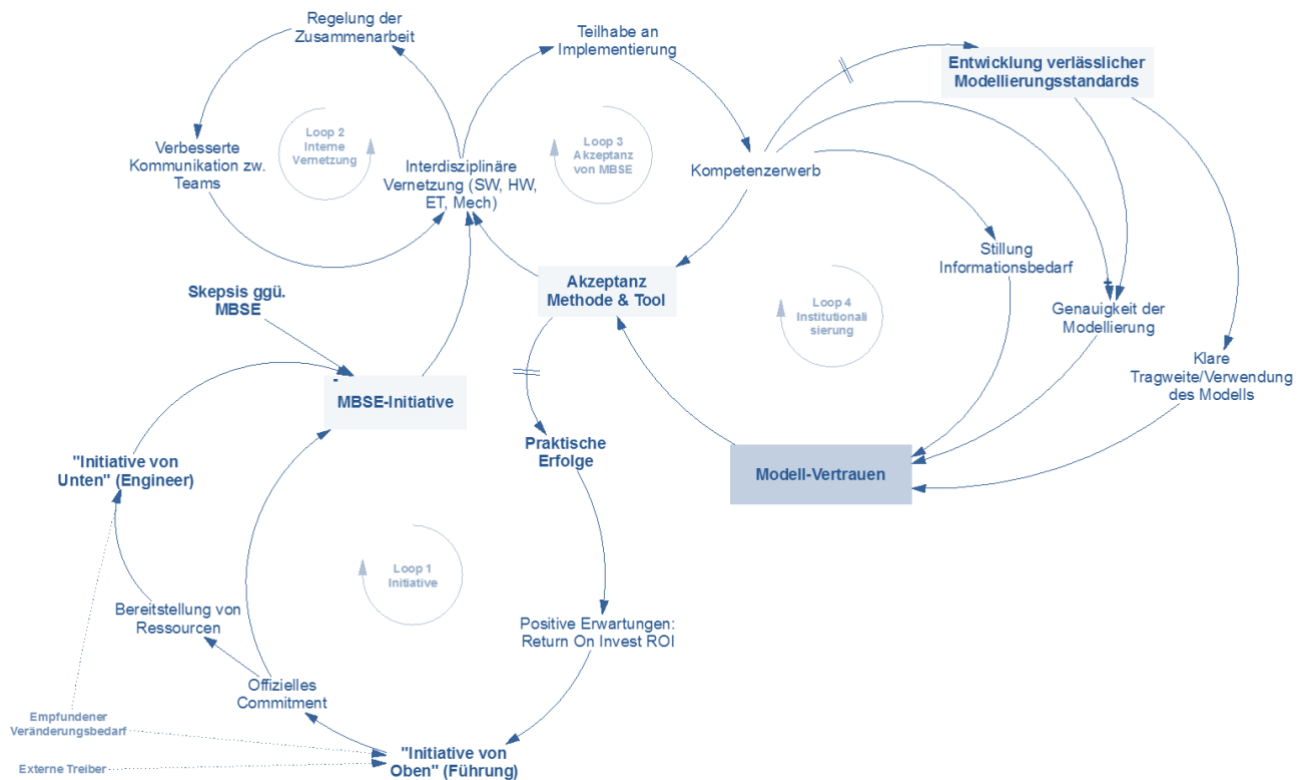


Abbildung 21: Modell-Vertrauen; konzeptionelle Darstellung der Wirkungslogik (eigene Darstellung)

Loop 1 — Entstehung einer MBSE-Initiative

Praktische Erfolge fördern positive Erwartungen seitens der Unternehmensführung. Offizielles Commitment der Unternehmensführung „von Oben“ führt besonders dann zur Bereitstellung angemessener Ressourcen und fördert damit entsprechende Engineering-Initiativen „von Unten“, wenn es entsprechendes Feedback aus der Praxis erhält.

Loop 2 — Interne Vernetzung relevanter Akteure

Interne Vernetzung relevanter Akteure ermöglicht eine nachhaltige Regelung der Zusammenarbeit und verbessert die Kommunikation zwischen den Teams. Sie ist unter anderem die Grundlage für die Entwicklung eines neuen, gemeinsamen Verständnisses von Wertschöpfung und Zusammenarbeit, und zählt damit stark auf den notwendigen kulturellen Wandel ein.

Loop 3 — Akzeptanz von MBSE-Methoden und -Werkzeugen

Teilhabe an der Implementierung führt zu Kompetenzerwerb und Akzeptanz von MBSE durch die Akteure. Dies erhöht die Aussicht auf Entwicklung gemeinsamer, hilfreicher und verlässlicher Modellierungsstandards und fördert so entscheidende Bedingungen für Modell-Vertrauen.

Loop 4 — Institutionalisierung (Entwicklung verlässlicher Modellierungsstandards)

Verlässliche Modellierungsstandards fördern die empfundene Genauigkeit der Modellierung, das Wissen um die Tragweite und Verwendung des Modells. Kompetenzerwerb fördert die Fähigkeit des Akteurs, seinen Informationsbedarf anhand des Modells zu stillen. Diese drei Aspekte wurden als zentrale Faktoren für die Entstehung von Modell-Vertrauen definiert.

5.3 Implikationen und Empfehlungen

Relevant sind die Erkenntnisse dieser Arbeit insbesondere für die beschriebenen internen Treiber von MBSE-Initiativen auf operativer Ebene und auf Führungsebene. Besonders betroffen von dem Thema Modell-Vertrauen sind auf kurz- bis mittelfristiger, operativer Ebene Teams und Fachkräfte, auf wirtschaftlicher Ebene die übergeordnete Unternehmensführung. Erhöhte Aufmerksamkeit benötigt das Thema interner, interdisziplinärer Vernetzung einerseits auf operativer Ebene, andererseits zwischen Unternehmensführung und operativen Teams. Die Bereitstellung angemessener Ressourcen und Arbeitsmittel ist ebenso wichtig wie praktische Teilhabe an der Implementierung. Deutlich wurde, dass so die Bedingungen für die notwendige Entwicklung praxisnaher, relevanter Modellierungsstandards geschaffen werden.

Basierend auf den drei identifizierten Faktoren für Modell-Vertrauen (Stillung Informationsbedarf, Klarheit über Tragweite/Verwendung, Genauigkeit der Modellierung) und den Auswertungen der Interviews wurden die identifizierten Mechanismen definiert und zugeordnet. Allgemeine Prinzipien wurden jeweils formuliert, welche grundsätzliche, praktische Orientierung geben sollen.

Aspekt	Mechanismus	Definition	Illustrativer Auszug	Prinzip
Stillung Informationsbedarf	Relevante Informationen	Nutzer können ihren Informationsbedarf anhand des Modells in kurzer Zeit stillen.	<i>"Wenn interne Stakeholder merken, dass das Modell ihnen nicht die Fragen beantwortet, die sie haben, dann denken sie, jetzt haben wir mit viel Aufwand MBSE eingeführt, aber wie mache ich denn jetzt eine Fehleranalyse?"</i>	Management von Erwartungen Vertrautheit mit Methode fördern
	Vertrautheit mit Methode und Modellart	Nutzer sind in der Lage, relevante Modelle und Diagramme zu verstehen und in ihrer Funktion einzuordnen.	<i>"Wenn man sich nicht mit SysML und dem Modell auskennt, sind viele überfordert. Use Cases, Use Case Aktivitäten etc. – da findet sich keiner zurecht. Vielleicht nach einem Jahr. Wenn ich das auf 'nem Flipchart aufzeichne, versteht's jeder!"</i>	Nutzung analoger Praktiken zur Aneignung
Klarheit über Tragweite / Verwendung	Entstehungsgeschichte	Relevante Entwicklungshintergründe des Modells sind Nutzern bekannt.	<i>"Es braucht Transparenz dahingehend, dass die Entstehungsgeschichte eines Modell allen bekannt ist, zb durch Workshopformate."</i>	Partizipation Gezielte Kommunikation
	Durchschlag von Änderungen	Nutzer haben ein klares Bild davon, inwiefern sich Änderungen im Modell in der Praxis auswirken.	<i>"Schlagen alle Änderungen wirklich auf alles durch; können wir das alles halten, was wir hier produzieren?"</i>	Management von Erwartungen
Genauigkeit der Modellierung	Klares Layout	Das Modell/Diagramm hat eine klare, verständliche Struktur.	<i>"Wenn Diagramm und Layout unstrukturiert wären, dann hätte ich kein Vertrauen."</i>	Förderung von Standards und Fähigkeiten im Bereich Modellierung

	Freude beim Anschauen	Der Umgang mit dem Modell fällt leicht; es ist spürbar, dass intensive Arbeit dahintersteckt.	<i>"Es ist extrem wichtig, dass es gut gepflegt ist und sogar gut aussieht. Es macht dann Spaß, anzuschauen und ich spüre, da hat jemand Mühe reingesteckt. Das motiviert."</i>	Förderung von Standards und Fähigkeiten im Bereich Modellierung Förderung der Motivation
	Semantische Korrektheit	Die gültige Semantik wird auf korrekte und konsistente Weise im Modell angewendet.	<i>"Wenn ich zu viele grundlegende SysML-Fehler sähe, hätte ich auch kein Vertrauen. Dann würde ich denken, derjenige der das erstellt hat, hat nur gemalt und wusste nicht was er tut."</i>	Vertrautheit mit Methode fördern
	Nachvollziehbarkeit	Die dargestellten Informationen und damit verbundenen Entscheidungen lassen sich klar zuordnen.	<i>"Was mir gut gefällt: Rationals, also die Entscheidungen und Überlegungen, die zu dem Design führen, den Entscheid dokumentieren. Die Traceability der menschlichen Entscheidungen."</i>	Dokumentation von Entscheidungen und -Wegen
	Angemessenheit der Detailtiefe	Das Modell hat einen angemessenen Detaillierungsgrad ohne unnötige Informationen.	<i>"Das Modell ist angemessen und nicht voller Details, aber mit hohem Informationsgehalt. Auf den Punkt gebracht. Das würde mein Vertrauen steigern."</i>	Förderung von Standards und Fähigkeiten im Bereich Modellierung
	Interpretationsraum	Das Modell nutzt die gültige Semantik auf eindeutige und konsistente Weise.	<i>"Wenn die Semantik definiert ist, dann ist allen klar, was ein Pfeil etc. bedeutet. Dann gibt es keinen Interpretationsspielraum."</i>	Förderung von Standards im Bereich Modellierung

Tabelle 18: Modell-Vertrauen; Mechanismen und praktische Implikationen (eigene Darstellung)

In einem folgenden Schritt wurden den definierten Prinzipien praktische Empfehlungen zugeordnet, welche auf Aussagen und Beispielen der interviewten Experten basieren. An einigen Stellen wurden diese durch eigene Interpretation und Erkenntnisse der Literaturrecherche ergänzt (vgl. Tabelle 19).

Prinzip	Praxisbeispiel / mögl. Maßnahme
Förderung der Motivation	<ul style="list-style-type: none"> • Entwicklung einer gemeinsamen Logik fachübergreifender Wertschöpfung • Coaching im PULL-Modus: Vertiefende Einführungen nur bei Interesse • Praxisprojekte mit niedrigschwelligem Scope wählen • Modernität des User Interfaces (Anforderung an Modellierungs-Tool)
Förderung gemeinsamer Modellierungsstandards	<ul style="list-style-type: none"> • Offizielles Commitment zu einem Vorgehensmodell (Führung) • Entwicklung firmenweiter Definitionen für Modellierung (z.B. Requirement-Arten und Vorgehensmodell) • Bereitstellung von Modellierungs-Guidelines auf Unternehmensbasis • Definition allg. Modellanforderungen (ähnlich einer "Definition of Done") • Zusammenspiel von Tool, Methode und Sprache (Anforderung Modellierungs-Tool)
Vertrautheit mit Methode fördern	<ul style="list-style-type: none"> • Partizipative Modellierung z.B. von Use Case-Diagrammen am Whiteboard • Zugang zu Wissensträgern und digitalen Informationen erleichtern • Gezielte Impulse von Externen Experten • Periodische Retrospektiven von Pilotprojekten mit MBSE als Unterthema • Thematische Impulse via Kurz-Workshops/-Schulungen (z.B. 2-Wochen-Takt)
Dokumentation von Entscheidungen und -Wegen	<ul style="list-style-type: none"> • Zugriff zum Modell für alle Beteiligten • Meetings, Unterlagen etc. offen gestalten, damit jeder im Projekt Zugriff hat. • Transparenz: Was tut man alles mit dem Modell? (Option bei Interesse anbieten) • Dokumentation von Entscheidungen und Überlegungen hinter Designs
Management von Erwartungen	<ul style="list-style-type: none"> • Definition der Rolle „Systems Engineer“ (Hierarchieebene, Verfügungsrahmen, etc.) • Internes Marketing (Darstellung der Vorteile und Nutzen von MBSE)

Partizipation	<ul style="list-style-type: none"> • Lead-Vergabe an selbstorganisierte, interdisziplinäre Teams • Projekt-Journals für Learnings; Vergemeinschaftung (z.B. via World Café-Format)
Gezielte Kommunikation	<ul style="list-style-type: none"> • Grundsatz: „Definition über Nutzen, nicht Methode“ • Kulturwandel offiziell ansprechen und diskutieren • Durchführung und Bereitstellung von Umfragen

Tabelle 19: Prinzipien und mögliche Maßnahmen (eigene Darstellung)

5.4 Methodenkritik

Die genutzten Methoden waren adäquat gewählt, um eine breite Annäherung an das Thema zu ermöglichen. Es ist gelungen, das Thema aus verschiedenen Blickwinkeln zu betrachten. Der Fragebogen erlaubte dabei eine flexible Steuerung der Gespräche bei hohem Informationsgehalt und inhaltlicher Tiefe. Die hohe Vielfalt an Perspektiven führte jedoch zu einem erhöhten Aufwand in der qualitativen Auswertung, was bei künftigen Erhebungen berücksichtigt werden sollte. Ein zweiter Interviewzyklus mit weiteren Experten wäre unter Umständen hilfreich gewesen, um offene und neu entstandene Fragen zu vertiefen (insbesondere auch auf Ebene der Unternehmensführung); dies war jedoch aufgrund des begrenzten Zeitrahmens und Personenpools Arbeit nicht möglich.

5.5 Forschungsbedarf

Weiterführend untersucht werden könnte, inwiefern eine stabile Institutionalisierung die über Zeit die Notwendigkeit einer MBSE-Initiative mindert, oder ob diese sich gegenseitig bedingen. Es stellt sich die Frage, inwiefern eine zeitliche Vertrauensentwicklung oder –Dynamik (vgl. Lewicki und Bunker, 2016) besteht, in dem sich Vertrauen von einem anfänglichen kalkulierenden Vertrauen hin zu einem Vertrauen auf Basis eigener Erfahrungen entwickelt, oder ob beispielsweise aufgrund des hohen technologischen Einflusses von Technologie auf MBSE-Prozesse ein gewisser „Grundbedarf an Institutionalisierung“ bestehen bleibt.

Zu prüfen wäre ebenfalls, inwiefern das Vertrauen entsprechend der Konkretisierung entlang der Entwicklungsphasen eines Modells zu- oder abnimmt (vgl. Abb. 5). Gleiches gilt für die Frage, inwiefern sich Modell-Vertrauen nach einem Vertrauensbruch wie dem Ignorieren geltender Standards wiederherstellen lässt (vgl. Möllering, 2006). Zur Beantwortung dieser Frage sind weitere Untersuchungen über längere Zeiträume nötig.

Künftige Projekte könnten von einer höheren Vielfalt an Unternehmensbeispielen sowie von einer Kombination aus qualitativer und quantitativ-statistischer Befragung in Unternehmen profitieren, um Effekte und Faktoren in größerer Skalierung zu überprüfen.

Hierfür bedarf es weiterführender Forschung hinsichtlich überschneidender Konzepte der Technologieakzeptanzforschung und der Vertrauensforschung, insbesondere auch hinsichtlich der Entwicklung eigener Konstrukte und Messitems zur quantitativen Untersuchung von Modellvertrauen. Hinsichtlich der Bildung von MBSE-Initiativen ließen sich weiterführend gängige

Theorien des Change-Managements untersuchen; ferner, wie sich individuelle und kollektive Initiativen zueinander verhalten.

5.6 Kritische Würdigung

Der entstandene Erklärungsansatz stellt eine breite konzeptionelle Annäherung an das Thema dar. Es ist gelungen, in den Interviews Themen und Muster zu identifizieren und konzeptionell darzustellen, die mit der gängigen Literatur der Technologieakzeptanz als auch der Vertrauensforschung starke Überschneidungen haben. Die Schlussfolgerungen der Wirkungslogik bedürfen jedoch weiterer rückführender Abgleiche mit Praxisbeispielen und weiterer Untersuchungen der spezifischen Wirkungsfaktoren. Vertieft zu untersuchen wäre dabei insbesondere die Institutionalisierung von MBSE in unterschiedlichen Organisationskontexten, da dieser Aspekt eine dominante Rolle in den Erkenntnissen dieser Arbeit spielt, jedoch prozessbedingt begrenzten Raum erhalten hat.

6 FAZIT

6.1 Zusammenfassung

Der Fokus dieser Arbeit lag auf der Frage, welche Faktoren das Vertrauen von Akteuren in MBSE-Modelle beeinflussen. Hierbei wurde das Zusammenspiel modellbasierter Kollaboration von Akteuren, der Akzeptanz neuer Technologien und Prozesse sowie Vertrauensdynamiken in Teams inhaltlich betrachtet.

Das methodische Vorgehen erfolgte angelehnt an den zirkulären Ansatz der „Grounded Theory“. Recherche gängiger Literatur griff dabei eng ineinander mit der Durchführung semistrukturierter Experteninterviews und der anschließenden Auswertung unter Bildung konzeptioneller Kategorien auf Basis offen kodierter Muster, Merkmale und Gemeinsamkeiten der Interviewdaten. Die Ergebnisse wurden in einer konzeptionellen Wirkungslogik dargestellt und beschrieben. Faktoren und Mechanismen wurden konzeptionell beschrieben und durch abschließende praktische Implikationen und Empfehlungen ergänzt.

Vier verknüpfte Wirkungskreisläufe wurden identifiziert und beschrieben, welche für die Bildung von Modell-Vertrauen in MBSE-Kontexten bedeutsam sind:

1. Das **Entstehen einer MBSE-Initiative** innerhalb einer Organisation
2. Die **interne Vernetzung von Akteuren** innerhalb einer Organisation
3. Die **Akzeptanz von MBSE-Praktiken und –Werkzeugen** innerhalb einer Organisation
4. Die **Institutionalisierung bzw. Standardisierung von MBSE** innerhalb einer Organisation.

Drei konzeptionelle Aspekte zur Untersuchung von Modell-Vertrauen wurden formuliert:

1. **Stillung des Informationsbedarfs** durch das Modell
2. **Klarheit über Tragweite und Verwendung** des Modells
3. **Genauigkeit der Modellierung** des Modells.

6.2 Ausblick

Organisationen werden nicht nur im Bereich der Systementwicklung künftig höhere Vernetzung von Akteuren, Disziplinen und auch Standorten erleben. Moderne Managementpraktiken versuchen zunehmend, Agilität durch kulturellen Wandel, höhere Grade an Selbstorganisation und crossdisziplinäre Zusammenarbeit zu fördern. Es ist denkbar, dass künftige MBSE-Initiativen

hiervon stärker betroffen sein werden. Die Anzahl an „Good Practice“-Beispielen dürfte in den kommenden Jahren zunehmen, was strategische Entscheidungen potentiell erleichtern könnte. Unklar bleibt, in welcher Weise dies die Entwicklung interner Regelungen und Standards beeinflussen wird.

Die Modellierungssprache SysML gilt zwar als Standard im MBSE, lässt jedoch gezwungenermaßen unterschiedliche Interpretationen und Modellierungsausdrücke zu, die nicht immer gut mit den gängigen Vorgehensweisen in Organisationen vereinbar sind und weitere Regeln erfordern. Es scheint erste Entwicklungen dahingehend zu geben, dass Softwareanbieter „Gesamtpakete“ aus Sprache, Vorgehensmodell und Software anbieten. Dies könnte zu einheitlicheren Modellen und reibungsloserer Zusammenarbeit führen; inwiefern dies mit Kompromissen hinsichtlich der Kompatibilität außerhalb der Organisation verbunden ist, bleibt abzuwarten.

Ebenfalls zu erwarten sind laut Interviewpartnern steigende Automatisierungsgrade seitens der Werkzeuge (z.B. hinsichtlich der Nutzung künstlicher Intelligenz zur Vermeidung von Modellierungsfehlern, automatisierten Ergänzung von Modellen oder der Synchronisierungen von Datenbanken etc.).

Mehrfache Aussagen zeigen, dass die Bedienbarkeit der User Interfaces gängiger Modellierungssoftware verbesserungswürdig ist. Hier dürften nach Einschätzung der Interviewpartner aufgrund des hohen Wettbewerbs jedoch erst mittel- bis langfristig Verbesserungen zu erwarten sein. Anbieter priorisieren derzeit Funktionsvielfalt und nehmen dabei veraltete Interfaces in Kauf.

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

- Abbildung 1: Gegenüberstellung Dokumenten- und Modellbasierter Entwicklung (vgl. Eigner, Roubanov und Zafirov, 2014)
- Abbildung 2: Diagrammklassen der Modellierungssprache SysML
- Abbildung 3: Systemspezifikation und Simulation im V-Modell (vgl. Eigner, Roubanov und Zafirov, 2014)
- Abbildung 4: Phasen der Modellierung entlang des V-Modells (vgl. Eigner, Roubanov und Zafirov, 2014)
- Abbildung 5: Abstraktion und Konkretisierung: Modelle und Daten (vgl. Eigner, Roubanov und Zafirov, 2014)
- Abbildung 6: Mensch-Technik-Organisationsanalyse (MTO) (vgl. Eigner, Roubanov und Zafirov, 2014)
- Abbildung 7: Ebenen des Vertrauens (nach Bruckner, 2016)
- Abbildung 8: Stufenmodell zeitlicher Vertrauensentwicklung (nach Rousseau, 1998)
- Abbildung 9: Leap of Faith (nach Möllering, 2006)
- Abbildung 10: Technology Acceptance Model (Davis, 1989)
- Abbildung 11: UTAUT-Model (Venkatesh, 2003)
- Abbildung 12: Akzeptanz von MBSE-Methoden und -Tools; Bildung konzeptioneller Kategorien auf Basis offen kodierter Muster, Merkmale und Gemeinsamkeiten der Interviewdaten (eigene Darstellung)
- Abbildung 13: Akzeptanz von MBSE-Methoden und -Tools; „Teilhabe an Implementierung“ (Detailansicht von Abb. 11)
- Abbildung 14: Akzeptanz von MBSE-Methoden und -Tools; Detailansicht „Unterstützung bei der Arbeit“ (Detailansicht von Abb. 11)
- Abbildung 15: Entstehen einer MBSE-Initiative; Bildung konzeptioneller Kategorien auf Basis offen kodierter Muster, Merkmale und Gemeinsamkeiten der Interviewdaten (eigene Darstellung)
- Abbildung 16: Entstehen einer MBSE-Initiative; „Externe Treiber“ (Detailansicht von Abb. 14)
- Abbildung 17: Entstehen einer MBSE-Initiative; „Initiative von Unten“ (Detailansicht von Abb. 14)
- Abbildung 18: Entstehen einer MBSE-Initiative; „Initiative von Oben“ (Detailansicht von Abb. 14)

-
- Abbildung 19: Modell-Vertrauen; Bildung konzeptioneller Kategorien auf Basis offenkodierter Muster, Merkmale und Gemeinsamkeiten der Interviewdaten (eigene Darstellung)
 - Abbildung 20: Modell-Vertrauen; Vereinfachte konzeptionelle Darstellung der Wirkungslogik (eigene Darstellung)
 - Abbildung 21: Modell-Vertrauen; konzeptionelle Darstellung der Wirkungslogik (eigene Darstellung)

TABELLENVERZEICHNIS

- Tabelle 1: Ebenen der Akzeptanz (eigene Darstellung)
- Tabelle 2: Komponenten der Akzeptanz neuer Technologien als Lebenszyklus (eigene Darstellung)
- Tabelle 3: Stränge der Vertrauensforschung (nach Rousseau, Sitkin, Burt, Camerer, 1998)
- Tabelle 4: Initialer Suchraum
- Tabelle 5: Definitionen von Begriffen im MBSE (eigene Übersicht auf Grundlage von Eigner et al., 2014, Gausemeier et al., 2013 und eigener Recherche)
- Tabelle 6: Modellbasierte Ansätze in der Übersicht (eigene Darstellung)
- Tabelle 7: Gemeinsamkeiten von Vertrauensansätzen (Bruckner, 2016)
- Tabelle 8: Vertrauensdefinitionen (basierend auf Bruckner, 2016; eigene Ergänzungen und Darstellung)
- Tabelle 9: Vertrauenskonzepte und Model-Trust (basierend auf Lyon, Möllering, und Saunders, 2015; eigene Ergänzungen und Darstellung)
- Tabelle 10: Akzeptanzkonzepte (eigene Darstellung)
- Tabelle 11: Framework für Vertrauen in digitale Informationen (nach Kelton, Fleischmann und Wallace, 2008)
- Tabelle 12: Theorien und Konzepte zu Modell-Vertrauen (Recherche von Kolkman et al., 2016; eigene Ergänzungen und Darstellung)
- Tabelle 13: Überblick Stichprobe der Befragten Experten
- Tabelle 14: Konstruktion des Interviewleitfadens als MTO-Matrix, auf Basis der Literaturrecherche
- Tabelle 15: Der fertige Interviewleitfaden (organisiert nach MTO-Logik, Unterteilung in Haupt- und Detailfragen)
- Tabelle 16: Akzeptanz von MBSE-Methoden und -Tools; Konzeptionelle Kategorien inkl. Beschreibungen und illustrativen Interviewauszügen (eigene Darstellung)
- Tabelle 17: Entstehen einer MBSE-Initiative; Konzeptionelle Kategorien inkl. Beschreibungen und illustrativen Interviewauszügen (eigene Darstellung)
- Tabelle 18: Modell-Vertrauen; Mechanismen und praktische Implikationen (eigene Darstellung)
- Tabelle 19: Prinzipien und mögliche Maßnahmen (eigene Darstellung)

LITERATURVERZEICHNIS

- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), 179–211. [https://doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90020-T](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T)
- Bartolomei, J. E., Hastings, D. E., de Neufville, R., & Rhodes, D. H. (2010). Engineering Systems Matrix: An organizing framework for modeling large-scale complex systems. *MIT Web Domain*. Abgerufen von <http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/70061>
- Bhattacharjee, A., & Sanford, C. (2006a). Influence Processes for Information Technology Acceptance: An Elaboration Likelihood Model. *MIS Quarterly*, 30(4), 805–825.
- Bhattacharjee, A., & Sanford, C. (2006b). Influence Processes for Information Technology Acceptance: An Elaboration Likelihood Model. *MIS Quarterly*, 30(4), 805–825.
- Bican, P. M., Guderian, C. C., & Ringbeck, A. (2017). Managing knowledge in open innovation processes: an intellectual property perspective. *Journal of Knowledge Management*, 21(6), 1384–1405. <https://doi.org/10.1108/JKM-11-2016-0509>
- Doering, N., & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (5. Aufl.). Abgerufen von <https://www.springer.com/de/book/9783642410888>
- Brooks, J. M., Carroll, J. S., & Beard, J. W. (2011). Dueling Stakeholders and Dual-Hatted Systems Engineers: Engineering Challenges, Capabilities, and Skills in Government Infrastructure Technology Projects. *SSRN*. Abgerufen von <http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/74647>
- Brownlie, J., & Howson, A. (2005). ‘Leaps of Faith’ and MMR: An Empirical Study of Trust. *Sociology*, 39(2), 221–239. <https://doi.org/10.1177/0038038505050536>
- Bruckner, B. K. (2016). Eine Einführung in die Vertrauens­theorie. In B. K. Bruckner, *Organisationales Vertrauen initiieren* (S. 5–26). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-13492-1_2
- Buche, M. W., Davis, L. R., & Vician, C. (2012). Does Technology Acceptance Affect E-learning in a Non-Technology-Intensive Course? *Journal of Information Systems Education*, 23(1), 41–50.
- Camp, L. J., McGrath, C., & Nissenbaum, H. (2002). Trust: A Collision of Paradigms. Abgerufen von <http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/1509>
- Daniel Kolkman, Campo, P., Balke-Visser, T., & Gilbert, N. (2016). How to build models for government: criteria driving model acceptance in policymaking. *Policy Sciences*, 49(4), 489–504. <https://doi.org/10.1007/s11077-016-9250-4>
- Davis, F. D. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319–340.

-
- Davis, F. D., Bagozzi, R. P., & Warshaw, P. R. (1989). User Acceptance of Computer Technology: A Comparison of Two Theoretical Models. *Management Science*, 35(8), 982–1003.
 - Davis, R., & Wong, D. (2007). Conceptualizing and Measuring the Optimal Experience of the eLearning Environment. *Decision Sciences Journal of Innovative Education*, 5(1), 97–126. <https://doi.org/10.1111/j.1540-4609.2007.00129.x>
 - Dirks, K. T. (1999). The Effects of Interpersonal Trust on Work Group Performance. *Journal of Applied Psychology*, 84(3), 445–455.
 - Dirks, K. T., & Ferrin, D. L. (1998). Reassessing The Role Of Interpersonal Trust In Organizational Settings. *Academy of Management Proceedings & Membership Directory*, D1–D7. <https://doi.org/10.5465/APBPP.1998.27872200>
 - Dirks, K. T., & Ferrin, D. L. (2001). The Role of Trust in Organizational Settings. *Organization Science*, 12(4), 450–467.
 - Downey, H. K., & Slocum, J. W. (1975). Uncertainty: Measures, Research, and Sources of Variation. *Academy of Management Journal*, 18(3), 562–578. <https://doi.org/10.2307/255685>
 - Dulipovici, A., & Vieru, D. (2015). Exploring collaboration technology use: how users' perceptions twist and amend reality. *Journal of Knowledge Management*, 19(4), 661–681. <https://doi.org/10.1108/JKM-11-2014-0468>
 - Eigner, M., Roubanov, D., & Zafirov, R. (Hrsg.). (2014). *Modellbasierte virtuelle Produktentwicklung*. Berlin: Springer Vieweg.
 - Fleischmann, B. I., Kristen Getchell, and Fritz. (o. J.). Humanizing Tech May Be the New Competitive Advantage. Abgerufen 16. August 2018, von <https://sloanreview.mit.edu/article/humanizing-tech-may-be-the-new-competitive-advantage/>
 - Fraser, J., & Gosavi, A. (2010). What Is Systems Engineering?, 10.
 - Gausemeier, Dumitrescu, Steffen, Czaja, Wiederkehr, & Tschirner. (2013). *Systems Engineering in der industriellen Praxis*. Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn, Lehrstuhl für Produktentstehung.
 - German, E. S. (2017). *An investigation of human-model interaction for model-centric decision-making* (Thesis). Massachusetts Institute of Technology. Abgerufen von <http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/111228>
 - Goodwin, P., Fildes, R., Lawrence, M., & Nikolopoulos, K. (2007). The process of using a forecasting support system. *International Journal of Forecasting*, 23(3), 391–404. <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2007.05.016>
 - Gorobets, A., & Nooteboom, B. (2006). Adaptive Build-up and Breakdown of Trust: An Agent Based Computational Approach. *Journal of Management & Governance*, 10(3), 277–306. <https://doi.org/10.1007/s10997-006-9001-6>

-
- Gould, E. C. N., Anthony J. DiBella and Janet M. (1995). Understanding Organizations as Learning Systems. Abgerufen 8. Februar 2018, von <https://sloanreview.mit.edu/article/understanding-organizations-as-learning-systems/>
 - Granovetter, M. (2005). The Impact of Social Structure on Economic Outcomes. *Journal of Economic Perspectives*, 19(1), 33–50.
 - Gupta, P. (2011). Leading Innovation Change - The Kotter Way. *International Journal of Innovation Science*, 3, 141–150. <https://doi.org/10.1260/1757-2223.3.3.141>
 - Haberfellner, R. (2012). *Systems Engineering: Grundlagen und Anwendung*. Orell Füssli.
 - Happe, K., & Balmann, A. (2008). DOING POLICY IN THE LAB! OPTIONS FOR THE FUTURE USE OF MODEL-BASED POLICY ANALYSIS FOR COMPLEX DECISION-MAKING.
 - Heinemann, M. (2015). *Dynamische Makroökonomik*. Gabler Verlag. Abgerufen von [//www.springer.com/de/book/9783662441558](http://www.springer.com/de/book/9783662441558)
 - INCOSE. (o. J.). SE Vision 2025. Abgerufen 12. Februar 2018, von <https://www.incose.org/AboutSE/sevision>
 - Kelton, K., Fleischmann, K. R., & Wallace, W. A. (2008). Trust in digital information. *Journal of the American Society for Information Science & Technology*, 59(3), 363–374.
 - Kim, P. H., Dirks, K. T., & Cooper, C. D. (2009). The Repair of Trust: A Dynamic Bilateral Perspective and Multilevel Conceptualization. *Academy of Management Review*, 34(3), 401–422. <https://doi.org/10.5465/AMR.2009.40631887>
 - Kuckartz, U. (2016). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. Beltz Verlagsgruppe.
 - Lamb, C. T., & Rhodes, D. H. (2009). Collaborative Systems Thinking: Uncovering the rules of team-level systems thinking. *IEEE*. Abgerufen von <http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/59527>
 - Lee, J. J., Knox, W. B., Wormwood, J. B., Breazeal, C., & DeSteno, D. (2013). Computationally modeling interpersonal trust. *Frontiers in Psychology*, 4. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00893>
 - Lyon, F., Möllering, G., & Saunders, M. N. K. (2015). *Handbook of Research Methods on Trust: Second Edition*. Edward Elgar Publishing.
 - Mangelsdorf, E. A., interviewed by Martha E. (2018). The Trouble With Homogeneous Teams. Abgerufen 8. Februar 2018, von <https://sloanreview.mit.edu/article/the-trouble-with-homogeneous-teams/>
 - Martins, N. (2002). A model for managing trust. *International Journal of Manpower*, 23(8), 754–769. <https://doi.org/10.1108/01437720210453984>
 - Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken - Philipp Mayring (2010)

-
- McEvily, B., Perrone, V., & Zaheer, A. (2003a). Introduction to the Special Issue on Trust in an Organizational Context. *Organization Science*, 14(1), 1–4.
 - McEvily, B., Perrone, V., & Zaheer, A. (2003b). Introduction to the Special Issue on Trust in an Organizational Context. *Organization Science*, 14(1), 1–4.
 - McEvily, B., Perrone, V., & Zaheer, A. (2003c). Trust as an Organizing Principle. *Organization Science*, 14(1), 91–103.
 - McIntosh, B. S., Jeffrey, P., Lemon, M., & Winder, N. (2005). On the Design of Computer-Based Models for Integrated Environmental Science. *Environmental Management*, 35(6), 741–752. <https://doi.org/10.1007/s00267-004-0172-0>
 - McIntosh, B. S., Seaton, R. A. F., & Jeffrey, P. (2007). Tools to think with? Towards understanding the use of computer-based support tools in policy relevant research. *Environmental Modelling & Software*, 22(5), 640–648. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2005.12.015>
 - McIntosh, Brian S., Alexandrov, G., Matthews, K., Mysiak, J., & van Ittersum, M. (2011). Preface: Thematic issue on the assessment and evaluation of environmental models and software. *Environmental Modelling & Software*, 26(3), 245–246. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2010.08.008>
 - Mei-Hsiang Wang, Chen-Fen Huang, & Tarng-Yao Yang. (2012). Acceptance of Knowledge Map Systems: An Empirical Examination of System Characteristics and Knowledge Map Systems Self-efficacy. *Asia Pacific Management Review*, 17(3), 263–280.
 - Möllering, G., Bachmann, R., & Soo Hee Lee. (2004). Understanding organizational trust -- foundations, constellations, and issues of operationalisation. *Journal of Managerial Psychology*, 19(6), 556–570. <https://doi.org/10.1108/02683940410551480>
 - Möllering, G., & Müller-Seitz, G. (2018). Direction, not destination: Institutional work practices in the face of field-level uncertainty. *European Management Journal*, 36(1), 28–37. <https://doi.org/10.1016/j.emj.2017.10.004>
 - Nikolova, N., Möllering, G., & Reihlen, M. (2015). Trusting as a ‘Leap of Faith’: Trust-building practices in client–consultant relationships. *Scandinavian Journal of Management*, 31(2), 232–245. <https://doi.org/10.1016/j.scaman.2014.09.007>
 - Nooteboom, B. (2002). *Trust: Forms, Foundations, Functions, Failures and Figures*. Edward Elgar.
 - Nooteboom, Bart. (2006). Trust: Reason, Routine, Reflexivity. *Organization Studies*, 27(12), 1907–1910. <https://doi.org/10.1177/0170840606074945>
 - Nowell, B. (2008). Problem Frames in Community Collaboratives: Exploring the Effect of Frame Alignment and Obliviousness. *Academy of Management Annual Meeting Proceedings*, 2008(1), 1–6. <https://doi.org/10.5465/AMBPP.2008.33660394>

-
- Pahl, H., & Sparsam, J. (2017). DSGE-Makroökonomik und die Krise : soziologische Inspektion einer modellgetriebenen Wissensformation. *Die Innenwelt der Ökonomie : Wissen, Macht und Performativität in der Wirtschaftswissenschaft*.
 - Pavlou, P. A., Huigang Liang, & Yajiong Xue. (2007). Understanding and Mitigating Uncertainty in Online Exchange Relationships: A Principal--Agent Perspective. *MIS Quarterly*, 31(1), 105–136.
 - Robert Cloutier. (2015). IncoSE MBSE Survey Initial Report 2015.
 - Rousseau, D. M., Sitkin, S. B., Burt, R. S., & Camerer, C. (1998). Not so Different After All: A Cross-Discipline View of Trust. *Academy of Management Review*, 23(3), 393–404. <https://doi.org/10.5465/AMR.1998.926617>
 - Serrat, O. (2017). Understanding Complexity. In *Knowledge Solutions* (S. 345–353). Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-0983-9_39
 - Six, F., Nooteboom, B., & Hoogendoorn, A. (2010). Actions that Build Interpersonal Trust: A Relational Signalling Perspective. *Review of Social Economy*, 68(3), 285–315. <https://doi.org/10.1080/00346760902756487>
 - Smith, M. (2007). Automated Validation of Trusted Digital Repository Assessment Criteria. Abgerufen von <http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/39091>
 - Strübing, J. (2009). *Grounded Theory: Zur sozialtheoretischen und epistemologischen Fundierung des Verfahrens der empirisch begründeten Theoriebildung*. Springer-Verlag.
 - Sultan, F., Urban, G., Shankar, V., & Bart, I. (2003). *Determinants and Role of Trust in E-Business: A Large Scale Empirical Study* (Working Paper). Abgerufen von <http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/1826>
 - Christof Thim. (2017). *Technologieakzeptanz in Organisationen*.
 - Tomasello, Vincenzo, Giacomo, Schweitzer, & Vaccario. (2017). Data-driven modeling of collaboration networks: A cross-domain analysis. Abgerufen 8. Februar 2018, von https://www.sg.ethz.ch/media/publication_files/Growth_of_collaboration_networks.pdf
 - Tyler, T. R., & Kramer, R. M. (1996). *Trust in Organizations : Frontiers of Theory and Research*. Thousand Oaks, Calif: SAGE Publications, Inc. Abgerufen von <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=nlebk&AN=474111&site=ehost-live>
 - Ulich, E. (2005). *Arbeitspsychologie*. vdf Hochschulverlag AG.
 - van Delden, H., Seppelt, R., White, R., & Jakeman, A. J. (2011). A methodology for the design and development of integrated models for policy support. *Environmental Modelling & Software*, 26(3), 266–279. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2010.03.021>
 - Venkatesh, Morris, Davis, & Davis. (2003). User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. *MIS Quarterly*, 27(3), 425. <https://doi.org/10.2307/30036540>

-
- Venkatesh, V., G Morris, M., B Davis, G., & Davis, F. (2003). User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. *MIS Quarterly*, 27, 425–478. <https://doi.org/10.2307/30036540>
 - Vonk, G., & Geertman, S. (2008). Improving the Adoption and Use of Planning Support Systems in Practice. *Applied Spatial Analysis and Policy*, 1(3), 153–173. <https://doi.org/10.1007/s12061-008-9011-7>
 - Vonk, G., Geertman, S., & Schot, P. (2007). A SWOT Analysis of Planning Support Systems. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 39(7), 1699–1714. <https://doi.org/10.1068/a38262>
 - Wall, F. (2016a). Agent-based modeling in managerial science: an illustrative survey and study. *Review of Managerial Science*, 10(1), 135–193. <https://doi.org/10.1007/s11846-014-0139-3>
 - Wall, F. (2016b). Agent-based modeling in managerial science: an illustrative survey and study. *Review of Managerial Science*, 10(1), 135–193. <https://doi.org/10.1007/s11846-014-0139-3>
 - Williamson, O. (1993). Calculativeness, Trust, and Economic Organization. *Journal of Law and Economics*, 36(1), 453–486.
 - Wu, K., Zhao, Y., Zhu, Q., Tan, X., & Zheng, H. (2011). A meta-analysis of the impact of trust on technology acceptance model: Investigation of moderating influence of subject and context type. *International Journal of Information Management*, 31(6), 572–581. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2011.03.004>
 - Yu, L. (2001). Marketers and Engineers: Why Can't We Just Get Along? Abgerufen 8. Februar 2018, von <https://sloanreview.mit.edu/article/organization-marketers-and-engineers-why-cant-we-just-get-along/>
 - Zaheer, A., Gözübüyük, R., & Milanov, H. (2010). It's the Connections: The Network Perspective in Interorganizational Research. *Academy of Management Perspectives*, 24(1), 62–77. <https://doi.org/10.5465/AMP.2010.50304417>
 - Zaheer, A., McEvily, B., & Perrone, V. (1998). Does Trust Matter? Exploring the Effects of Interorganizational and Interpersonal Trust on Performance. *Organization Science*, 9(2), 141–159.

ANHANG: DOKUMENTATION DER INTERVIEWS

<p>Welche Ziele / Interessen sind mit MBSE verbunden? Was soll MBSE erleichtern (Komplexität reduzieren?) (Externe Rahmenbedingungen?)</p>
<p>"Die Leute versprechen sich ein Kommunikationswerkzeug, um sicherzustellen, dass sie vom Selben sprechen. (Gleiche Begriffe, Idee von der Lösung)"</p> <p>"Beschleunigung der Prozesse Konsistente Vorgehensweise (durchgängig weiternutzen können)."</p> <p>"Engineers aus diversen Disziplinen (Software, Electronic, Mechanical) wollen die Komplexität besser überblicken. 'Wenn ich etwas ändere, weiß ich gar nicht, was sich da bewegt!'"</p> <p>"Leser der Modelle (Projektmanagement) wollen besseren Überblick zum Stand des Projektes."</p> <p>"Die Kommunikation zwischen den Teams fördern."</p> <p>"Wunsch nach zweifelsfreieren Ausdrücken von Analyse und Designergebnissen."</p> <p>"Fehler vermeiden und Kommunikation verbessern."</p>
<p>Wer verspricht sich / erlebt den Nutzen von MBSE? (Team, Organisation, Netzwerk..) (Unterstützung Entscheidungsprozessen?)</p>
<p>"Umgang mit Komplexität managen, Disziplinen näher zusammenbringen (SW, HW, ET, Mech). Gemeinsames Verständnis/Sprache entwickeln: als Single 'Source of Truth'. Also eine zentrale Ablage für den Systemüberblick, Ich weiß wo ich nachschauen muss. Es geht um Förderung der Kommunikation in dem Zusammenhang. SE als Kleber zwischen den Disziplinen."</p> <p>"Die Systems Engineers haben das initiiert. Den größten Nutzen haben die Architekten, wenn die Schnittstellen minimiert werden."</p> <p>"Über allem schwebt immer die Frage des Geldes. Unternehmen sind immer an einem Return on Invest interessiert. Fragen sind: Sind wir dadurch schneller? Haben wir mehr Qualität? Usw. Risiko minimieren, falsche Sachen zu minimieren." Als Argument dagegen: "Mehr Vertrauen in eine bessere Konsistenz als in eine lose Dokumentensammlung."</p> <p>"Häufig sind das technische Projektleiter, die Komplexität besser handhaben möchten. Oft auch von Softwareentwicklern getrieben, wollen besser verstehen, was die Hardware eigentlich tut." "Projektleiter, die Überblick sich wünschen."</p>
<p>Wie kommt/kam es zur Einführung? Welche Rolle spielt die Unternehmensführung? (Resonanz mit Stil, Argumentation, Zielen?)</p>
<p>"Eingeführt habe ich's, und zwar aus der Not heraus. Die Rolle Systemarchitekt gabs zum ersten Mal, für ein großes Projekt. Als ich mir das angeschaut habe, dachte ich: wie manage ich das? Die Disziplinen, Größe, Vernetzung, Komplexität... Dann SysML und Modellierung entdeckt, ohne dass ich es eingeführt habe." Begonnen, dann ins Porjekt reindiffundiert, gemerkt: entweder müssen wirs ausrollen oder stoppen. Entwicklungsmanagement hat erstmal eher gestoppt, dann auf Sparflamme betrieben, ein Kurs intern im Projekt. Mein AL Elektronik wollte kein Uboot Projekt. Team von 5 Leuten, die ein Proof of Concept machen sollten. Das war positiv, war aber auf die Entwicklungsabteilung beschränkt. Management gab dann ein Pilotprojekt frei. Komplexität rausnehmen und nach Benefits suchen. Erfahrung war positiv."</p> <p>"Seltener von der Führung angetrieben, sondern eher von Praktikern/Anwendern, damit es schneller geht. Manchmal muss MBSE eingeführt werden, weil der Kunde das haben wollte. 'Wir kaufen nur bei Euch, wenn Ihr dieses Vorgehen einhaltet'. (Funktioniert nicht so gut, wenn Akteure selbst nicht den Nutzen erkennen)."</p> <p>Herausforderungen: "Führung glaubt, es geht schnell ("1-2 Lizenzen und 2 Schulungen und schon geht's los") Wenn der Führung das bewusst ist: MA genügend Raum geben, MBSE zu lernen und gleichzeitig harte Deadlines einhalten. Eine Gratwanderung, die nicht vielen gelingt."</p> <p>"Unternehmensführung interessiert sich nicht dafür, wie wir SE betreiben, sondern für den Aufwand von R&D. Würde der Aufwand für SE zu hoch, würde sich die Führung im negativen Sinne dafür interessieren. Im positiven Sinne interessiert sie sich für die Qualität der Ergebnisse. Wie wir das erreichen, ist denen egal."</p> <p>"Ganz ganz ganz große Rolle. Manchmal hat man engagierte Evangelisten, Early Adopters, aber ohne Management Awareness geht es von unten nicht. Das Management muss ein ziemlich starkes Statement abgeben: wir wollen das jetzt als Zukunftstechnologie nutzen."</p> <p>"Das Thema wird häufig eher "von unten" entwickelt, Engineering Ebene, Analysten... Eher als U-Boot. Wenn es als strategisches Thema erkannt ist, werden Programme aufgesetzt."</p>
<p>Welche Management Praktiken fördern das Vertrauen im Team (Information Sharing, Unterstützung bei d. Arbeit, Kreditibilität, Team Management)?</p>
<p>"Wir machen ein Projekt, und nicht mehr 'Macht mal!' Commitment durch Management: Geld, Zeit, Fundiert anschauen, — Jetzt laufen 3 Pilotprojekte. Daraus informieren wir die Akteure in den Pilotprojekten, kurze Info-Veranstaltungen, kurzer Abriss. Geplant sind periodische Retrospektiven mit den Teams zum Pilot allgemein, mit MBSE als Teil, damit es nicht zu dominant wird. (Fokus auf Produktentwicklung)."</p> <p>"Wichtig: ob die Führung den Nutzen erkennt und klar kommuniziert. Hinderlich: Wenn die Führung weitergibt, dass es nur gemacht wird, weil der Kunde es halt will." "Hinderlich: Neue Rollen für MBSE werden nicht klar definiert, aber Akteure müssen viel mehr miteinander tun. Im schlimmsten Falle werden die Silos verstärkt, wenn der Ingenieur am Ende der Boss ist."</p>

"Kein Vertrauen: Dem Team keinen Freiraum geben, zu erlernen, sondern von oben drauf."

"Vertrauen: Raum für Spielprojekte geben."

"Die Einführung von MBSE ist oft von unten getrieben (Ingenieure). Management bringen die nur soweit, die Gelder bereitzustellen. Umgekehrt gibt es den Fall dass das Management von MBSE hört und das reindrückt."

"MBSE dogmatisch zu vorschreiben würde das Vertrauen stören. Eine Positive Haltung zu den Aufwänden für das Füttern des Modells würde einen positiven Einfluss haben. Der Aufwand stört erstmal. Aber wenn man ihn wohlwollend hinnimmt und an den Nutzen glaubt, kann das förderlich sein."

"Transparenz ist ein ganz wichtiger Begriff. Das Management soll sich hinstellen und sagen wir wollen MBSE, weil... damit es nachvollziehbar wird. Detailverliebtheit im Sinne von Micromanagement ist nicht hilfreich. Diejenigen, die MBSE praktizieren sollen, sollten auch den Lead bekommen, das nach ihren Wünschen und Vorstellungen, selbstorganisiert und interdisziplinär."

"Begleite Teams am Anfang, sehe nicht viel, wie es weitergeht."

Hilfreich ist sicherlich, dass das Management dahintersteht, Ressourcen bereitgestellt werden, gute Tools bereitgestellt werden. Aus Preisgründen wurden häufiger schlechte Tools gekauft.

Toolfrage zu sehr im Mittelpunkt. Bedarf wird nachrangig behandelt und ist oft ungeklar."

"Bei Trainings wird seitens des Management versucht, den finanziellen Aufwand gering zu halten; so wenig Geld wie möglich; "Menschen in Trainings sind nicht produktiv. Freistellung von MA's nicht immer gegeben; Teils müssen die Schulungen verlassen (Telkos)."

Welches Image hat MBSE

(wie sinnvoll / unsinnig findet man das bei Ihnen? Woran festgemacht?)

"Die Pilotprojekte wurden befragt. Zögern in den Teams gab es im Sinne von: 'Macht keine Wissenschaft draus, kein Overengineering über Dokumentationen.' Wenn das Modell nur noch dem Modell dient, sehe ich Akzeptanzprobleme."

"MBSE besitzt überhaupt kein Image, würde ich behaupten. SE besitzt ein gutes Image, weil wir gute Leistungen vorweisen können. "Wir haben das MBSE sozusagen vor dem Management versteckt. Es interessiert sie einfach nicht. Wir zeigen Resultate und gute Übersichten, gute Langzeitplanungen aufgrund unserer Modelle, aber wir vermarkten das nicht als MBSE, sondern als SE."

"Ich glaube, MBSE läuft Gefahr, als Kunst willens betrieben zu werden. Dem wirkt man entgegen, in dem man den Nutzen für die Firma von anfang an klar mache. Zeitersparnisse, etc. Dann wird einem die Firma einem schon vertrauen, dass man das hinkriegt."

"Wenn man einem höheren R&D Management beibringen will, was MBSE ist und wozu es gut ist, kann auch schief gehen, da es ziemlich komplex ist. (...) Kenne den Fall einer Person, die negative Erfahrungen mit dem Überzeugen des Management gemacht hat."

"Grundsatz: Über Nutzen definiere, nicht über Methoden."

"Durchaus schon Vorbehalte: Wir entwickeln schon seit 50 Jahren erfolgreich Systeme und Produkte, warum denn jetzt und das haben wir noch nie so gemacht, so diese Attitüde. Man muss schon viel die Vorteile hervorstellen."

"Schulungs Teilnehmer finden es tendenziell gut, und sind motiviert. Habe aber auch schon erlebt, dass TN in die Schulung kommen und kritisch sind. Jede Modellierungsschwierigkeit interpretieren sie als "alles Mist, funktioniert nie. Ist aber selten, kommt eher von unten."

Welche Normen/Kulturaspekte sollten bei der Einführung berücksichtigt werden?

"Viele Implikationen durch MBSE. Siloübergreifend arbeiten, mehr Austausch, nicht einfach definieren und über den Zaun schmeißen. Für Riesenkonzerne ist es ein krasser Paradigmenwechsel. Denen ist nicht immer klar, worauf die sich einlassen."

"MBSE funktioniert vor allem dann gut, wenn eine starke Kommunikation stattfindet. Das fördert MBSE; ohne Modellierung können sich die Akteure nicht austauschen. Das ist ein kultureller Wandel, dass sie miteinander reden."

"Aspekte von außerhalb, gegen die sich Akteure gar nicht wehren können. Regulatorische, Zertifikationen durch Behörden, die brauchen diese Dokumente, da muss Bestimmtes draufstehen. Z.B. Zulassungen von Medizinprodukten in den USA."

"Es braucht einen Sinn für das Ganze, dass nicht jede Abteilung für sich optimiert, sondern sichtbar wird, dass alle gemeinsam eine Leistung erbringen, die Wert schöpft."

"Man beabsichtigt, die Disziplinen auf einen Sprachraum zu bringen."

Disziplinen wie Mechanik und Software sprechen einfach andere Sprachen."

Welche Persönlichkeitstypen/Disziplinen tun sich leichter/schwerer mit MBSE?

"Ingenieure und Bundeswehr-Ehemalige haben eine sehr besondere Idee von Kommunikation und Führung, die nicht immer förderlich ist für diese Art der Zusammenarbeit."

"Was es nicht so sehr braucht: einzelne Experten mit extremkrassen spitzen Wissen, sondern tendenziell eher die Bereitschaft, gemeinsam Dinge zu erarbeiten. Nicht, ich will dass da mein Name steht und dass ich ruhmreich dastehe. Es geht ja ganz viel um Standards und neue Regeln (Dokumentieren, Abbilden von Sachverhalten), weniger hervortun und Elfenbeinartige Methodik: 'Ihr müsst einfach hier sicherstellen dass ein Modell erstellt wird'."

"Software tut sich leichter, vermutlich weil das abstrakte Denken bekannt ist. Widerstände haben sie eher beim Systemdenken, dass sie sagen, SysML ist das selbe wie UML."

"Was mich überrascht hatte war, dass die Mechanical Engineers sich damit schwer tun. Die haben ein eher schlechtes Abstraktionsvermögen. Ein Systemmodell ist ja viel abstrakter."

"Ältere Menschen tun sich schwer, sind vermutlich stärker im Gewohnten."

<i>"Die Fähigkeit, abstrakt zu denken, ist eher was, das man hat oder nicht. Ich treffe oft Leute, die stehen einfach auf dem Schlauch. Andere haben überhaupt keine Probleme."</i>
<i>"Sehr schwer: Softwaredisziplinen. Vermuteter Grund: MBSE ist so nah an modellbasierten Techniken im modellbasierter Softwareentwicklung zu sehen, dass der Unterschied nicht gesehen wird. Wenn Sie einen Block zeigen, glaubt ein Elektrotechniker, dass der Block das ist. Die Software denkt, das ist eine Datenentität, über die ich Daten speichern kann." "T-Shaped Personalities, Experten, die gerne über ihren Tellerrand hinausschauen."</i>
<i>"Aber auch von innen heraus gibt es Treiber, man merkt, dass Generationen anders ticken. Die Älteren (10+) merken mittlerweile auch, dass es mit den alten Methoden nicht mehr funktioniert."</i>
<i>"Menschen mit Software-Hintergrund tun sich tendenziell leichter als Mechanik oder Elektrotechnik Sind weniger Fremdsprache gewöhnt."</i>
Welche Bedeutung hat die Teilhabe an der Entwicklung? (Vorhandene Erfahrung im Umgang mit Modellen?)
<i>"Ohne die Beteiligung geht gar nicht. Wir machen 2 Wochen-Rhythmus: Schulung — Workshop (z.B. Use Case Expl. Kennenlernen, dann auf Produkt anwenden.)"</i>
<i>"Sehr wichtig. Habe die Erfahrung gemacht, dass Menschen etwas viel leichter annehmen, wenn sie es selbst mitgestaltet haben. Fremde Dinge anzunehmen ist schwerer als eigene. Je mehr ich mitgestalte, desto besser sind meine Bedürfnisse auch abgedeckt."</i>
<i>"Sehr wichtig für das Vertrauen in das Modell. "Vertraue keinem Modell, dass Du nicht selber gefälscht hast. Damit die Leute im Modell mehr sehen als irgendwas das irgendwer braucht. Dafür braucht es Teilhabe." Im Betrieb: "Wir verstecken die Komplexität, bis wir so viel Neugier geweckt haben, dass wir coachen können und die Komplexität kein Problem mehr ist."</i>
<i>"Sehr wichtig, Die Arbeitsweise sollte aus dem Team heraus entwickelt werden; Häufig wird aber auch gearbeitet mit "Prozess entwickeln und Überstülpen."</i>
Inwiefern erleben Sie kulturellen Widerstand?
<i>"Gegenwind: Warum ist das jetzt anders als das was wir vorher gemacht haben? Wir haben ja vorher schon abgestimmt und in Modelle gearbeitet! Bereitschaft fehlt, Unterschiede zu erkennen und umzusetzen." "Es ist oft unklar, wie die Rolle des Systems Engineers gelebt werden soll. Leute werden dann ausgebildet, aber das wird oft nicht geklärt (Hierarchieebene, Kompetenz und Verfügungsrahmen)." These: relativ früh Thesen/Antworten auf diese Fragen haben (Abteilungen, die das bereits leben)</i>
<i>"Ja, häufiger. Ältere MAs haben Angst vor der Veränderung. Andere: im Detail festbeissen (Tool, SysML) Alternativen und Argumente scheitern hier oft. Andere: Sehen keine Vorteile, keinen Sinn."</i>
<i>"Gehört, selbst erlebt noch nicht. Besonders, wenn Persönliches dranhängt."</i>
Welche Rolle spielt Management Support? (Befähigung der Nutzer)
<i>"Es hat Kosten: Personal, Software, Standorte. Das schlägt sich in Budgets nieder, die bewilligt werden müssen. Wir verstecken das MB, nicht das SE".</i>
Welche Rolle spielen Autorität, Zertifikate, Referenzen etc.? (Interne Unterstützung der Implementierung)
<i>"Habe schon gehört, sie machen etwas das ich sage, weil ich Teamleiter bin, nicht weil sie mich kompetent finden. Andere finden mich kompetent."Glaube: Trend zur Kompetenz</i>
<i>"Wird viel mit praktischer Erfahrung gleichgesetzt (habe das mit einem großen Kunden gemacht, habe das schonmal erlebt, das haben wir soundso gelöst...). Praxis-Know-How bietet einen Vertrauensvorschuss. Erklären können, warum MBSE sinnvoll ist; Bezug herstellen: Theorie und Praxis. Bsp: Experte mit Riesenprojekt, der zu viele Details berichten kann, die sich sonst keiner merken kann." "MBSE ist eine krasse Männerdomäne. Seniorität und Geschlecht; Frauen wird häufig vorgehalten, wir würden nicht verstehen, 'wie es an der Front ist'. Ich erzähle zunehmend in Seminaren, dass ich schon in Anlagen war und Kraftwerke von innen kenne."</i>
<i>"Hilft es ZEITNAH bei der eigenen Arbeit? Low Hanging Fruits." "Es hilft, wenn jemand es von aussen heranträgt. Von Innen treten Widerstände auf. Der Prophet im eigenen Land..." "Wir werden oft geholt, um einen Tag Workshop zu machen, aber wir brauchen mal einen von aussen, der sagt, dass es geht." "Nervige Mehrarbeit & Tools, die nicht funktionieren. Das Ziel muss gesehen werden. Wissen, wo es hingeht. Dann kann ich auch holprige Tools ertragen".</i>
<i>"Die Bereitschaft, sich einzulassen, ist glaube ich nicht davon beeinflusst, wie toll man sich als Systems Engineer ausgezeichnet hat. Die Leute lassen sich auf jemanden ein, der schon allgemeine Entwicklungsprojekte zum Erfolg geführt hat." "Das Kano-Modell im Requirements-Engineering kommt ursprünglich aus der Personalführung. Leute kündigen tolle Jobs, weil ein anderer Faktor fehlt. Was dazu führt, dass Leute Vertrauen, ist, wie sie die Person insgesamt erlebt haben."</i>
<i>"Reputation ist hilfreich, der Prophet im eigenen Lande ist nichts wert. Unsere Außenperspektive wird eher angenommen; uns hört man häufiger zu als internen Treibern."</i>
Welche Rolle spielt die Befähigung von Nutzern und "Champions" (Advokaten und Moderatoren für Modelladoption und -Nutzung?)

"Advokaten: Es gibt oft jemanden, der das Thema treibt und als Experte erkannt."

Welche Rolle spielt Erwartungsmanagement durch Modell-Entwickler (Kommunikation von Potentialen und Grenzen)?

"Ich stelle mir vor, dass Leute, die nicht am Modell arbeiten, durch Marketing mitgenommen werden können: Beschreibung der Vorteile und Nutzen."

"Stören würde, wenn Fehler nie behoben werden und sie nicht wüssten, an wen sie sich wenden müssen. Der Kommunikationsaspekt ist extrem wichtig."

Welche Fragen, Überwindungen, Zweifel, Sorgen sind mit der Einführung von MBSE verbunden...?

"Selbst habe ich schnell gemerkt: Habe keine Kompetenz, das Projekt auszurollen. Es wird groß, Sprache, IT, ... War ein Bremser, Angst, da übernehme ich mich."

"Leute: Angst vor der impliziten Rolle als Architekt. Kann ich mithalten? Jüngere adaptieren schneller und ich verliere was. Viele Veränderungen sind bei uns in Gang, Agilität, Selbstorganisation, Digitale Transformation, MBSE wird eher starrer als Agilität wahrgenommen. Sorge für Leute: Es wird komplexer, kann ich mitspielen?"

"Erstens: Welches Problem lösen wir damit gerade, und wieso ging das nicht mit dem alten Vorgehen?
Zweitens: Weil ich die Modellbedeutung im Detail kenne: Vertraue nicht, dass das Modell alles abdeckt. (Lasst uns lieber einen erklärenden Prosa-Text schreiben). So ein Text ist natürlich genauso anfreigbar und zweideutig. Bildet das das ab, was wir wirklich tun?"

"Unsicherheit: es ist so schwer greifbar, was es ist in Abgrenzung zu anderen Disziplinen. Was ist MBSE denn noch anderes, neues? Ich habe mein erstes Buch gelesen, alles verstanden und wusste am Ende trotzdem nicht, was es jetzt konkret ist. Was soll ein Systems Engineer vorzeigen, was er macht?"

"Einerseits braucht man es, andererseits ist unklar: wo hört denn die Modellierung auf? Das hat hier nichts zu suchen, das machen wir!"

"Wir bilden ja in MBSE meistens bekannte Dinge ab. Die existieren also schon in irgendeiner Form. Leute fragen sich: Warum muss ich diese Information nochmal reproduzieren in dieser umständlichen Form?"

"Meine persönliche Annäherung war über eine Beratungsfirma bei uns. Da haben sich alle Nackenhaare gestäubt. Ich musste meinen eigenen Nutzen erkennen – Modellierung alleine greift zu kurz. Wenn jemand kommt und sagt, Ihr müsst jetzt modellieren, das macht man so, das ist sehr problematisch."

"Abschreckend: In der SysML sind ja nur neun Diagrammarten. Aber es ist ja schon eine Herausforderung, eine neue Sprache zu lernen, und noch dazu eine grafische Notation. Das ist natürlich schon etwas, wo auch manchmal Überraschungen vorherrschen, dass Dinge vordefiniert sind, es gibt eine Syntax, Semantik, das überrascht Leute. Die Lernkurve ... Tools werden irgendwann unverzichtbar. Das ist nicht wenig komplex."

"Ich war begeistert: Kannte UML und freute mich dass gar nicht so viel anders ist. Das war für mich ein rundes Gebäude das mit vielem verbunden ist. Ich habe gemerkt, da hat sich einer richtig Gedanken gemacht."

"Es ist schwierig, das richtige Maß zu finden; was soll man wirklich damit machen? So einfach ist die Entscheidung nicht; wie weit soll ich das wirklich empfehlen? Heute habe ich ein gutes Gefühl dabei."

"Bauchgefühl: Ein vernünftiges Modell transportiert mehr und eindeutiger Informationen, Man hat einen festeren Bezugspunkt."

"Was würde einen Vertrauensverlust bzw. Zu- / Abnahme von Vertrauen beeinflussen? Welche Erfahrungen helfen, um sich auf MBSE einzulassen?"

"Unser vorbeugender Versuch: Jeder hat Zugriff zum Modell. Alle Meetings, Unterlagen etc. werden über die IT offen gestaltet, damit jeder im Projekt Zugriff hat. Pro Pilotprojekt gibt's ein Journal, wo Learnings dokumentiert werden. Dann zusammen World Cafés und Umfragen..."

"Würden wir das nicht mehr machen in der Zukunft würden sich Leute vergessen fühlen. Ich glaube, es ist weniger das Technische als das Individuum wahrnehmen, Transparenz schaffen."

"Wir machen das ganz anders als andere Produzenten, wo würde ich denn das im Modell finden? Wenn das nicht gleich auffindbar ist. Meine eigenen Spezifika und Wichtiges sind nicht sofort erkennbar / abgebildet. Keine Aktualität von Modellen, schlagen alle Änderungen wirklich auf alles durch; können wir das alles halten, was wir hier produzieren?"

"Die Challenge ist: Es soll einfach handhabbar sein, leicht zu verstehen — gleichzeitig muss alles in echt spezifisch abgebildet sein und — wartbar sein."

"In der Zusammenarbeit: Einer ändert was im Modell. Es ist unklar, wie man Änderungen realisiert, Prozess führt zu Informationsverlust, einer überschreibt den anderen (superhäufig). Rechtemanagement auf Modellebene (wer darf was sehen, eintragen etc.) ist schlecht abbildbar. Domänenfragen: wer darf jetzt in der Domäne eines anderen ändern? Wenn Du es schon mit hierarchischen Silos nicht hinkriegst, merkst Du es auf Modellebene auch."

"Unstrukturiert (Diagramm und Layout), Repository ist unstrukturiert, dann hätte ich kein Vertrauen.

Wenn ich zuviele grundlegende SysML-Fehler, hätte ich auch kein Vertrauen.

Dann würde ich denken, derjenige der das ersetzt hat, hat nur gemalt und wusste nicht was er tut.

Wie ein Text voller Rechtschreibfehler. Oder das Modell ist voller (unnötiger) Details."

Vertrauen steigern: "Das Modell ist angemessen und nicht voller Details, aber mit hohem Informationsgehalt. Auf den Punkt gebracht."

"Abnahme: Wenn MBSE den Entwicklungs- & Arbeitsprozess ausbremst. Zunahme: Wenn MBSE den Entwicklungsprozess beschleunigt oder Informationen zutage fördert, die sonst nicht deutlich gewesen wären, z.B. wenn man sauber versucht, zu modellieren, wie zwei Geräte miteinander kommunizieren. Bevor Entwickler Programmieren kann festgestellt werden, dass noch etwas fehlt. Da juble ich, denn da sehen alle den Nutzen."

"Ein Modell ist ja nur so gut, wie das Wissen, da reingebracht wird. Wenn interne Stakeholder merken, dass das Modell ihnen nicht die Fragen beantwortet, die sie haben, dann denken sie, jetzt haben wir mit viel Aufwand MBSE eingeführt, aber wie mache ich denn jetzt eine Fehleranalyse?"

"Hemmschwelle ist bei einigen größer, Aussagen wie: 'Mein Visio-Diagramm ist mir doch lieber, da habe ich alle Aspekte auf einem Blick' – Ja, aber es hat keine zweifelsfreie Semantik – Für mich funktioniert das Konzept doch gut."

Wie wird die Abhängigkeit von Anderen durch MBSE empfunden (stärker, schwächer?)

"Wenn der Architekt Sachen ins Modell reinbringt, die bindend sind aber nicht mit dem Team abgesprochen sind, sehe ich das mehr als kritisch."

"Statusmarkierungen 'New & Approved', das geht nicht überall. Muss gemeinsam erarbeitet werden, muss verteilt, reviewed, akzeptiert werden."

"Wird als extreme Last wahrgenommen. Nur meine Domäne ist ok, aber bei Übergängen und Schnittstellen kann ich das nicht alleine lösen. Ist aber eigentlich der Riesenvorteil von MBSE: denn es wird sichtbar, wo im Detail Klärungsbedarf besteht."

"Durch MBSE wird die Abhängigkeit von anderen sehr viel stärker. Wenn ich kein MBSE mache, habe ich sie nicht, aber dann scheitere ich auch eher an meinen Problemen. Ich bin dadurch mehr in Kontakt mit anderen und deren Ergebnissen."

"Leute empfinden es eher als Problem, sich auf andere Disziplinen einzulassen. Wenn ich Ergebnisse im Systemmodell sehe von einem anderen, die ich nicht verstehe, entsteht eher Unbehagen."

"Akteure müssen enger zusammen arbeiten und nicht nur im Modell zusammenkommen. Austausch muss auch in der Realität passieren. Die meisten sind auch einem guten Weg dabei. Bei manchen ist das Silodenken bereits von den Hochschulen eingeprägt, auch räumlich."

"Wenn ich nicht weiß, was zum Modell geführt hat, ist schon was schiefgelaufen."

Ich bin großer Fan von ISO 2010... Bestimmte Stakeholder müssen beteiligt sein, für die ich Sichten generieren kann, wo sie sehen, was sie sehen wollen/brauchen. Das Team muss das zusammen gestalten. Wenn es das zusammengetan hat, ist im Modell genau die Information drin, an die das Team glaubt. Wenn die Information im Konflikt mit einem anderen Team steht, juble ich, denn dann kann MBSE seine Trumpfkarte spielen und zeigen: da ist ein Mismatch, einigt Euch. Das wird wohlwollend aufgenommen, denn Leute wissen, zu welchen Kosten das geführt hätte."

"Abhängigkeit ist nicht immer notwendig. Ein Modell wird oft von wenigen gepflegt, und die haben ein gewisses Herrschaftswissen. Das ist ein riesenproblem, wenn so jemand das Unternehmen verlässt. Man sollte die Abhängigkeiten reduzieren, indem man Wissen streut und "Knowledge Sharing" betreibt. Das fördert dann auch das Vertrauen. Man hat mehr das Gefühl, wir haben das gemeinsam erschaffen, anders als wenn einer im Elfenbeinturm sitzt und die anderen sind nur Konsumenten."

"Wir setzen das ja ein in einem Systemumfeld, daher bin ich ohnehin von anderen abhängig. MBSE hilft mir, zu verstehen, warum die sich so entscheiden. Es wird ein Gesamtverständnis vom System erzeugt, ich bekomme genauere Erwartungen und Definitionen."

"Gerade in der Software ist Modellierung nicht so hip."

Die Notwendigkeit ist in der Systementwicklung so groß, dass alle Disziplinen zusammengebracht werden müssen. Alle leiden unter Informationsverlust und sind offen und vertrauensvoller in neue Technologie."

"Der klassische Elektrotechniker ist wohl eher ein Skeptiker. Die modellieren ja schon seit Jahrzehnten in ihrem Dialekt. Die sehen nicht so den Benefit. Scheinbar ist der Leidensdruck da nicht so groß, wo Platinen entwickelt werden. Ich würde es nicht Mangel an Vertrauen nennen, eher warum soll ich diese Sprachbarriere nehmen, ich hab ja Modelle."

Welche Rolle spielt die Disposition von Information: Transparenz, Konsistenz, Verfügbarkeit von Daten?

"Transparenz: Was tut man alles mit dem Modell? (grob) > Damit Lieferanten von Informationen wissen, in welche Vorgänge sie einfließen. Außerdem muss es möglich sein, sich eigenständig viel Übersicht zu verschaffen. Ich darf nicht das Gefühl haben, ich werde abgespeist und kann mir keinen Überblick über das große Ganze machen. Man darf es aber nicht aufdrängen, da viele das gar nicht sehen wollen."

"Transparenz dahingehend: Entstehungsgeschichte eines Modells ist allen bekannt, zB durch Workshopformate. Am Ende sieht man nicht, wie es entstanden ist, aber alle waren beteiligt. Im Systems Engineering braucht es vieles mehr als Modellierung, das darf man nicht vergessen."

Alle Modelle sind ja falsch, weil sie starke Verkürzungen der Realität sind. Die Frage ist einfach, welchen Nutzen man daraus zieht. Darüber muss man sich einfach im Klaren sein. Ein Modell ist per Definition unvollständig."

"Extrem wichtig, wenn ich das Gefühl bekomme, das stimmt doch sowieso nicht, was da alles drin steht, dann habe ich auch keine Lust, da mehr Zeit reinzustecken. Es ist extrem wichtig, dass es gut gepflegt ist und sogar gut aussieht. Es macht dann Spaß, anzuschauen und ich spüre, da hat jemand Mühe reingesteckt. Das motiviert."

"Sehr große Rolle. Alle, die einen Single Point of Truth anstreben, ist sehr viel Bereitschaft vorhanden. Ich habe es kaum erlebt, dass Vorbehalte da sind, wenn die Entscheidung getroffen ist."

Inwiefern werden Implementierungs-Risiken wahrgenommen?

(Potentielle Gefahr durch Nutzung falscher Informationen)

"Höre häufig: Wir machen hier Over-Engineering, viel zu viel, gar nicht nötig. Ist tatsächlich eine Gefahr, dass man zu sehr ins Detail geht. Auch eine Geschichte ist: Wir investieren viel in Tool XY, können wir das später auch weiter mit anderen Tools verbinden? Und natürlich will ich auch, dass sich die Mechaniker damit auseinandersetzen. Das muss man ernst nehmen. Man muss denen demonstrieren, dass die Informationen, die sie brauchen, dort zu finden sind."

<p>Welche Erwartungen sind mit MBSE gegenüber Anderen verbunden? (Verhalten / Fähigkeiten / Wissen / Kognitive Fähigkeit...)</p> <p>"Gemeinsam müsste man klare Verantwortungen für einzelne Module zuweisen. Klare Regeln: Modell Updates und Bearbeitungen schaffen." "Wenn jeder ändern kann, wird's schwierig."</p>
<p>Welche Rolle spielen Standards und Kontrollmechanismen? (Management, Kennzahlen, Kontrolle durch Peers / Vorgesetzte...?)</p> <p>"Ich finde die Sprache SysML als Standard extrem wichtig. Wenn die Semantik definiert ist, dann ist allen klar, was ein Pfeil etc. bedeutet. Dann gibt es keinen Interpretationsspielraum. Ein normiertes Diagramm ist einfach viel klarer." "Ich würde zb bei der Toolauswahl darauf achten, dass die Sprache korrekt interpretiert/angewandt wird." "Firmenweite Definitionen für die Modellierung haben, die im Betrieb klar definiert sind, z.B. Produktrequirement und technisches Requirement. Wir haben einen Entwicklungsprozess mit Deliverables und Meilensteinen, das wollen wir noch genauer spezifizieren." "Standards wie SysML/UML, aber auch Guidelines auf Unternehmensbasis sind extrem wichtig, da Zusammenarbeit stark erleichtert wird, man muss sich nicht grundsätzlich wieder verständigen." "Wie wir arbeiten, kontrolliert sich das Team selbst. Standards wären Vorgaben, wie modelliert wird. Die SysML schränkt eher ein, weil man irgendwas besonderes modellieren will. Die SysML gibt keine Semantik vor; das ist zu wenig und zu offen. Da brauche ich für mich Konventionen – was setze ich ein, wofür und wie? Im MBSE kommen Gültigkeitsbereiche zu kurz (Welche Fragen soll mir das Modell beantworten, was ist der Zweck?). Wenn man das hat, wird das als störend empfunden, weil man eingeschränkt ist. Helfen tun Erklärungen und der Blick aufs Große Ganze, das ins Wanken gerät, wenn jeder reinsteckt, wozu er Lust hat." "Eine Harmonisierung über Organisationsgrenzen hinweg ist einfach Gold wert. SysML ist in sich eine Art Standard, aber natürlich bleibt Interpretationsraum." "Habe erlebt, dass Tools, die den Standard nicht erfüllen dazu führen dass Leute Modelle erstellen, die nicht korrekt sind. Das führt zu viel Zusatzaufwand. Die Leute haben dann gesagt, wir kaufen das Tool und legen mal los. Das ist häufig dann nicht korrekt und in vielen Fällen ist das Ergebnis nicht das, was ausgedrückt werden sollte. Dann gibt's lange Gesichter. In der Regel wird das zur Kenntnis genommen und korrigiert. Sich nicht entmutigen lassen."</p>
<p>Welche Rolle spielt die Kompatibilität mit dem Alltag und methodische Flexibilität?</p> <p>"Denken auf abstrakter Ebene ist man nicht gewohnt bei uns. Wenige können horizontal denken. Im SE sind wir auf hoher Abstraktionsebene, der Architekt muss die Beteiligten gut mitnehmen, dass sie "aus den Tiefen der Technik auftauchen und sich horizontal bewegen." Weg vom Tool und bei den Leuten sein. Nicht das Gefühl haben, man kann am Tool was besprechen. Das gehört ans Flipboard. Use Case Diagramm am Whiteboard, nicht im Tool!" Jeder muss Zugang haben, und der muss so einfach wie möglich sein. Browserbasiert, sehr sehr einfach."</p>
<p>Welche Rolle spielt die Bedienfreundlichkeit?</p> <p>"Schlicht und ergreifend: zu kompliziert. Wenn man sich nicht mit SysML und dem Modell auskennt, sind viele überfordert. Use Cases, Use Case Aktivitäten etc. – da findet sich keiner zurecht. Vielleicht nach einem Jahr. Wenn ich das auf nem Flipchart aufzeichne, versteht's jeder." Leider noch ein sehr trauriges Kapitel. Ich finde alle Modellierungswerkzeuge nicht so optimal. Von der alltäglichen Bedienung her sind sie ehct übel. Megakomplex, wenig intuitiv, von Ingenieuren für Ingenieure gemacht. Man ist ziemlich konfrontiert mit Menüs und Untermenüs und Begrifflichkeiten, die einen erschlagen. Man müsste einen einfacheren Zugang finden für Akteure, die nicht SysML-Koryphäen sind. OpenMbee ist ja ein Versuch, Leuten einen leichteren Zugang zu ermöglichen. Solche Dinge sollten mehr getan werden. Hersteller sind gerade vorsichtig, da der Standard SysML2 kommt. Es werden immer mehr neue Funktionalitäten hinzugefügt und wenig dafür getan, dass das Bestehende optimiert. "Das allerwichtigste ist: Reinarbeiten ins Modell, Wissen einfließen lassen, dass das auf irgendeine Weise zurückgezahlt wird, das ist ein ganz wichtiger Aspekt. Und Prozessteilnehmer, die erstmal eine negative Bilanz sehen, also viel Aufwand haben und wenig Nutzen spüren, wenn die sehen, dass der Nutzen für die Organsation da ist, dass man eine Bibliothek hat, die gepflegt ist und die man fragen kann. Man muss einen Mehrwert sehen. Was keiner mag, ist Datengräber pflegen."</p>
<p>Welche Rolle spielt die Technische Performance?</p> <p>"Das perfekte Tool gibt es nicht. Über weitverbreitete Tools wird häufig geschimpft, z.B. Excel & Word. Die MBSE-Tools von heute kommen aus den 80er/90ern und haben keine moderne UI. SysML-Tools verfolgen ein Paradigma; bilden nur die Sprache SysML ab. Was der Anwender verfolgt, ist ja eine Methode. Z.B. Systemkontext-Diagramm ist total gängig, kennt aber die SysML und die TTools auch nicht. Ich bin am Übersetzen und werde bei meiner Arbeit nicht unterstützt. Dadurch wird ein einfacher Sachverhalt unnötig kompliziert." "Das ist ein Dilemma, vor dem die Hersteller stehen. Entweder sie lassen sich auf Methoden ein oder nicht" "Es kommen neue Tools (Capella/Arcadia), eigene Methode, Sprache und Tool zusammen. Viele waren sehr begeistert davon." "Zwei Dinge, die beide nicht Stand der Technik sind. Was heutzutage an Modellierungstools und -Sprachen verfügbar ist, ist eigentlich grausam. In die Welt des MBSE einzutauchen ist schon komisch, und wenn dann die Werkzeuge daherkommen, als wäre jeder der Chefarchitekt, dann funktioniert das nicht. Wir lösen das so, indem wir die Leute mit ihren Sichten beliefern, damit sie gar nicht ins Tool müssen. Wir zeigen die Tools und machen</p>

Demos, aber ins Tools kommt nur wer selbst will. Die dürfen auch auf Diagramme ihre Änderungswünsche einzeichnen und wir speisen dass dann ins Modell ein."

Was würden Sie noch gerne herausstellen oder an Gedanken anmerken?

"Was mir gut gefällt: Rationals, also die Entscheidungen & Überlegungen, die zu dem Design führen, den Entscheid dokumentieren. Traceability der menschlichen Entscheidungen."

"Das Modell ist zu technisch. Das ist von Software-Leuten gemacht worden. Das ist nicht gut lesbar, kryptische Dinge. Das erhöht das Vertrauen nicht."

"Die Tools sind gut für Entwickler. Aber Mechaniker haben damit Probleme. Die sind 3D-Modelle am Schirm gewohnt."

"Meine Erwartungen bestätigen sich nicht: Ich fand es immer faszinierend, wenn man etwas modelliert und nachvollziehbar erklärt, dann hätte ich erwartet, dass Leute sagen: Super! Das passiert aber selten – durch die fremde Notation fällt Akteuren das Commitment schwer und wird nur durch die Notation behindert."

"Herausstellen möchte ich die Korrektheit der Modelle."

"Tools können auch automatisiert überprüfen bzgl. der Sprache und Richtlinien."

"Wenn ich an Programmierer denke, finden die einen Code ganz gut, aber vertrauen erst, wenn der Compiler durchläuft."

"Bei Modellen schaue ich auf den Source-Code. Das müsste vielleicht auch bei MBSE gehen..."

"Viele Leute fragen sich: wann bin ich denn fertig? Es bräuchte vielleicht eine Art 'Definition of Done' die automatisiert läuft."

"Herauszustellen ist der Aspekt des Teilhabens der Benutzer und Teams."

"Es ist ja kein Hexenwerk: Ich könnte das ja nachgucken, das ist ja keine Geheimsprache. Aber trotzdem gibt es immer Berührungsängste."

"Modellierungstätigkeit wird eher als Last empfunden: Wer soll jetzt diese Bilder malen?"

"Viele fragen: Wie vollständig muss ein Modell denn sein? Leute fühlen sich dann unwohl, obwohl ein Modell unvollständig ist. Zum Beispiel könnte man ein Plugin entwickeln, das automatisiert Diagramme mit dem Repository synchronisiert und Diagramme ergänzt."

"Das ist wie in der Software früher: man hat den Compilern nicht vertraut und den Assembler-Code noch geprüft."