



*Erstellung und Evaluation eines Fragebogens zur
Erfassung von komplexen Interaktionssituationen in
Software-Entwicklungsprojekten*

Masterarbeit
im Studiengang Computational Science

Disputation am: 09.01.2024
Institut für Informatik und Computational Science
der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Universität Potsdam

Zur Erlangung des akademischen Grades Master of Science

Vorgelegt von

Herrn B. Sc. Alexander Schröter

1. Gutachter: Dr. rer. nat. Tobias Moebert (Universität Potsdam)
2. Gutachter: Prof. Dr.-Ing. habil. Ulrike Lucke (Universität Potsdam)

Soweit nicht anders gekennzeichnet, ist dieses Werk unter einem Creative-Commons-Lizenzvertrag Namensnennung – Nicht-kommerziell – Keine Bearbeitung 4.0 lizenziert. Dies gilt nicht für Zitate und Werke, die aufgrund einer anderen Erlaubnis genutzt werden. Um die Bedingungen der Lizenz einzusehen, folgen Sie bitte dem Hyperlink:
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode.de>

Online veröffentlicht auf dem
Publikationsserver der Universität Potsdam:
<https://doi.org/10.25932/publishup-63187>
<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:kobv:517-opus4-631873>

Eigenständigkeitserklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Die Stellen der Arbeit, die dem Wortlaut oder dem Sinn nach anderen Werken (dazu zählen auch Internetquellen) entnommen sind, wurden unter Angabe der Quelle kenntlich gemacht.

Potsdam, den 29.11.2023

Alexander Schröter

Zusammenfassung

Die fortschreitende Digitalisierung durchzieht immer mehr Lebensbereiche und führt zu immer komplexeren sozio-technischen Systemen. Obwohl diese Systeme zur Lebenserleichterung entwickelt werden, können auch unerwünschte Nebeneffekte entstehen. Ein solcher Nebeneffekt könnte z.B. die Datennutzung aus Fitness-Apps für nachteilige Versicherungsentscheidungen sein. Diese Nebeneffekte manifestieren sich auf allen Ebenen zwischen Individuum und Gesellschaft. Systeme mit zuvor unerwarteten Nebeneffekten können zu sinkender Akzeptanz oder einem Verlust von Vertrauen führen. Da solche Nebeneffekte oft erst im Gebrauch in Erscheinung treten, bedarf es einer besonderen Betrachtung bereits im Konstruktionsprozess. Mit dieser Arbeit soll ein Beitrag geleistet werden, um den Konstruktionsprozess um ein geeignetes Hilfsmittel zur systematischen Reflexion zu ergänzen.

In vorliegender Arbeit wurde ein Analysetool zur Identifikation und Analyse komplexer Interaktionssituationen in Software-Entwicklungsprojekten entwickelt. Komplexe Interaktionssituationen sind von hoher Dynamik geprägt, aus der eine Unvorhersehbarkeit der Ursache-Wirkungs-Beziehungen folgt. Hierdurch können die Akteur*innen die Auswirkungen der eigenen Handlungen nicht mehr überblicken, sondern lediglich im Nachhinein rekonstruieren. Hieraus können sich fehlerhafte Interaktionsverläufe auf vielfältigen Ebenen ergeben und oben genannte Nebeneffekte entstehen. Das Analysetool unterstützt die Konstrukteur*innen in jeder Phase der Entwicklung durch eine angeleitete Reflexion, um potenziell komplexe Interaktionssituationen zu antizipieren und ihnen durch Analyse der möglichen Ursachen der Komplexitätswahrnehmung zu begegnen.

Ausgehend von der Definition für Interaktionskomplexität wurden Item-Indikatoren zur Erfassung komplexer Interaktionssituationen entwickelt, die dann anhand von geeigneten Kriterien für Komplexität analysiert werden. Das Analysetool ist als „Do-It-Yourself“ Fragebogen mit eigenständiger Auswertung aufgebaut. Die Genese des Fragebogens und die Ergebnisse der durchgeführten Evaluation an fünf Softwareentwickler*innen werden dargestellt. Es konnte festgestellt werden, dass das Analysetool bei den Befragten als anwendbar, effektiv und hilfreich wahrgenommen wurde und damit eine hohe Akzeptanz bei der Zielgruppe genießt. Dieser Befund unterstützt die gute Einbindung des Analysetools in den Software-Entwicklungsprozess.

Abstract

Advancing digitalization is permeating more and more areas of life and leading to increasingly complex socio-technical systems. Although these systems are being developed to make life easier, undesirable side effects can also arise. One such side effect could be, for example, the use of data from fitness apps for adverse insurance decisions. These side effects manifest themselves at all levels between the individual and society. Systems with previously unexpected side effects can lead to a decline in acceptance or a loss of trust. Since such side effects often only become apparent during use, special consideration is required during the design process. This work is intended to make a contribution to supplementing the design process with a suitable tool for systematic reflection.

In this thesis, an analysis tool was developed to identify and analyze complex interaction situations in software development projects. Complex interaction situations are characterized by high dynamics, resulting in unpredictability of cause-effect relationships. As a result, the actors are no longer able to oversee the effects of their own actions, but can only reconstruct them in retrospect. This can result in incorrect interaction processes on many levels and the side effects mentioned above. The analysis tool supports the designers in each phase of development through guided reflection in order to anticipate potentially complex interaction situations and to counter them by analyzing the possible causes of the perception of complexity.

Based on the definition of interaction complexity, item indicators were developed to capture complex interaction situations, which are then analyzed using suitable criteria for complexity. The analysis tool is structured as a "do-it-yourself" questionnaire with independent evaluation. The genesis of the questionnaire and the results of the evaluation carried out on five software developers are presented. It was found that the analysis tool was perceived by the respondents as applicable, effective and helpful and thus enjoys a high level of acceptance among the target group. This finding supports the good integration of the analysis tool into the software development process.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	i
Abstract.....	ii
1. Einleitung und Motivation.....	1
2. Theoretischer Hintergrund zur Komplexität von Interaktionssituationen.....	3
2.1. Annäherung und wissenschaftliche Herleitung des Begriffs Komplexität.....	3
2.2. Abgrenzungen zwischen Komplexität und Kompliziertheit.....	5
2.3. Besonderer Aspekt der Dynamik und Kriterien für dynamische Komplexität.....	8
2.4. Menschlicher Umgang mit komplexen Interaktions- und Problemsituationen.....	11
2.5. Wahrnehmung und Klassifikation von komplexen Interaktionssituationen.....	15
2.6. Zusammenfassung.....	17
3. Theoretischer Hintergrund zur Fragebogengenerstellung.....	18
3.1. Verfahren bei der Fragebogenkonstruktion.....	18
3.2. Besonderheiten bei der Konstruktion von Ratingskalen.....	20
3.3. Richtlinien zur Item-Formulierung.....	24
3.4. Antwortverzerrungen (Bias) im Fragebogenentwurf.....	24
3.5. Theorie der Item-Beantwortung.....	25
3.6. Störeinflüsse in Erhebungssituationen.....	25
3.7. Zusammenfassung.....	26
4. Entwicklung des Fragebogens zur Erfassung von komplexen Interaktionssituationen....	26
4.1. Vorbemerkungen und allgemeiner Aufbau.....	27
4.2. Genese des Teil 1: Identifikation von komplexen Interaktionssituationen.....	28
4.3. Genese des Teil 2: Analyse von komplexen Interaktionssituationen.....	35
4.4. Verfeinerungsprozesse durch Forschungskolloquium und Vortest.....	41
4.5. Fallbeispiel.....	43
4.6. Zusammenfassung.....	46
5. Erprobung und Evaluierung durch Entwickler*innen in Softwareprojekten.....	46
6. Limitationen und Ausblicke.....	51
7. Fazit.....	56
Literaturverzeichnis.....	58
Abbildungsverzeichnis.....	60
Tabellenverzeichnis.....	61
Anhang.....	62
A.1 Richtlinien zur Item-Formulierung.....	62
A.2 Evaluationsergebnisse aus der offenen Fragestellung.....	65
A.3 Finaler Fragebogen und Analysetool.....	66

1. Einleitung und Motivation

Mit der zunehmenden Digitalisierung ziehen Softwareanwendungen immer stärker in den Alltag der Menschen ein. Sichtbar wird dies u. a. an der Zunahme von smarterer Haustechnik (z.B. Geräte für das intelligente Energiemanagement) und smarten Haushaltsgeräten (z.B. Staubsauger-Roboter) oder der omnipräsenten Verwendung von Smartphones (vgl. Statista o.J.; Brandt, 2021). Damit verbunden ist eine stetige Zunahme der Nähe zwischen Anwender*innen und technischem Gerät sowie dem Einflussbereich sog. smarterer Technologien. Beispielsweise nimmt der Einflussbereich zu, wenn mittels einer Sprachsteuerung Bestellungen ausgelöst und sofort online bezahlt werden können oder wenn mittels Finger-Scan Fahrzeuge geöffnet werden. Somit gewinnen Fragestellungen eines geeigneten Interaktionsdesigns zwischen Anwender*innen und Anwendung, das dem Nutzungsverhalten gerecht wird, stark an Bedeutung.

Dabei ist es erforderlich, die Perspektive des klassischen Usability-Designs (Gebrauchstauglichkeit) zu erweitern und auf die Neuartigkeit vernetzter, adaptiver Anwendungen einzugehen. Solche Anwendungen, zusammen mit ihren technischen Artefakten, sind einerseits von einer Unsichtbarkeit und andererseits von einer hohen Datenintegration geprägt. Die Unsichtbarkeit ist das Ergebnis sich etablierender, neuer Interaktionsparadigmen, wie bspw. der des Ubiquitous Computing, bei dem eine Verschmelzung zwischen Technologie, Anwender*innen und der Umwelt erzielt werden soll, damit ein Nutzungserleben ohne Nachdenken erreicht wird (vgl. Weiser, 1991). Die hohe Datenintegration folgt aus der Vernetzung mit multiplen Datenquellen, wie dem Internet und einer umfassenden Sensorik, die die Analyse von Umweltbedingungen der Nutzung ermöglicht.

Zur Illustration eines vernetzten und größtenteils unsichtbaren Systems soll das Beispiel des im Dezember 2022 in München eröffneten autonomen REWE-Supermarkts („REWE Pick&Go“) dienen. Der Einkauf in einem solchen Markt kann für den Kunden ohne physischen Kassenvorgang stattfinden. Hierzu werden eine Fülle an Daten erhoben und aggregiert (vgl. Wegner/ REWE, 2022). Mittels eines 3-D-Modells des Supermarkts, den Skelettmerkmalen der Kund*innen und Gewichtssensoren an den Regalen kann erfasst werden, wenn von Kund*innen ein bestimmtes Produkt entnommen oder zurückgelegt wird. Weiterhin werden bei Eintritt in den Markt alle nötigen Identitäts- und Zahlungsdaten der Kund*innen über eine App erfasst und beim Verlassen zugeordnet. Das Beispiel zeigt den Gewinn an Komfort durch einen hohen Grad an Automation, Vernetzung und Adaptivität.

Allerdings erzeugt diese starke Vernetzung und Adaptivität für eine zusätzliche Dynamik in der Technologieanwendung. Diese Dynamik ist Treiber für fehlende Vorhersehbarkeit der Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge und der Folgen eigenen Handelns auf Seite der Anwender*innen. Fehlende Vorhersehbarkeit ist wiederum eine wesentliche Voraussetzung für das Erleben von Komplexität (vgl. Moebert, 2021). Komplexe Interaktionssituationen bedeuten für die

Nutzer*innen von Technologie eine potenzielle Überforderung, da in solchen Situationen kein richtiges Handeln überblickt werden kann, sondern neue Handlungsweisen ausprobiert werden müssen. Somit können solche Situationen zu unerwünschten Nebeneffekten führen (vgl. Grösser, 2017). Ein solcher Nebeneffekt könnte z.B. die Datennutzung aus Fitness-Apps für eine nachteilige Versicherungsentscheidung sein. Diese Nebeneffekte entstehen allerdings oft erst im Gebrauch, also oft erst während der Nutzung eines marktreifen Produkts. Es ist daher schwierig, diese Effekte bereits im Systementwurf zu antizipieren.

Die vorliegende Arbeit möchte dieses Problem aufgreifen und auf Basis der Vorarbeiten von Moebert (2021) einen in den Designprozess gut integrierbaren Fragebogen zur Erfassung von komplexen Interaktionssituationen in Software-Entwicklungsprojekten erstellen. Dieses Hilfsmittel soll systematisch und theoriegeleitet einen Reflexionsprozess bei allen am Designprozess beteiligten Systementwickler*innen anstoßen, der über das übliche Maß an Voraussicht beim Systementwurf hinausgeht. Das als Fragebogen gestaltete Analysetool soll einerseits potenziell komplexe Interaktionssituationen identifizieren und, andererseits, die als komplex klassifizierten Situationen weitergehend analysieren. Ziel dieser Analyse ist es, Bereiche aufzudecken, in denen sich die Komplexität manifestiert, um Anhaltspunkte zur Veränderung von herausfordernden Interaktionssituationen aufzuzeigen.

Um dieser Fragestellung nachzugehen, ist es notwendig den Betrachtungsbereich von Mensch-Maschine-Systemen festzulegen. In Interaktionssituationen, d. h. in Situationen der wechselseitigen Beeinflussung durch Formen der Kommunikation (vgl. Abels, 2020), bilden Mensch und technisches System eine Einheit, die als sozio-technisches System betrachtet wird. Ein solches System besteht aus technischem und sozialem Subsystem sowie ihren Beziehungen zueinander (vgl. Karafyllis, 2019). Unter einem sozio-technischem System wird die funktionsförderliche Einheit zwischen Mensch und Technologie zu einem Gesamtsystem verstanden, in dem eine Arbeitsaufgabe bewältigt wird (vgl. ebd.). So kann bspw. die Einheit Mensch und Fahrrad während des Radfahrens als sozio-technisches System betrachtet werden. Durch die Beziehungen zwischen den Teilsystemen entsteht ein sogenanntes emergentes Verhalten des Gesamtsystems, welches umfangreicher ist als es die Summe der Einzelsysteme vollbringen könnten. Daher ermöglicht die Betrachtungsweise des sozio-technischen Systems die Beziehungen und Wechselwirkungen zwischen sozialen und technischen Teilsystemen erst zu erkennen sowie zu untersuchen (vgl. ebd.). Diese ganzheitliche Betrachtungsweise ist notwendig, um im Rahmen der Mensch-Computer-Interaktion sowie der Human-Factors-Forschung (Ergonomie-Forschung) das Verhalten und die Bedürfnisse des Menschen, dem späteren Nutzer von Technologie, von Beginn an angemessen in Softwareprojekten einzubeziehen. Dies meint neben den Anforderungen der Gebrauchstauglichkeit, die sich aus der ISO-Norm 9241-11 ergeben, zusätzlich die Berücksichtigung des Interaktionsgeschehens sowie den Nutzungskontext (vgl. Minge & Thüring 2011; Heinecke 2012, S. 26 ff.).

Diese Arbeit wird nachfolgend die Theorie der Komplexität, auf der das Analysetool inhaltlich aufbaut, vorstellen und anschließend die Theorie der Fragebogenkonstruktion erläutern. Auf diese Grundlagen bezugnehmend, wird das Konzept des entwickelten Fragebogens bzw. Analysetools und dessen Genese sowie Verfeinerungsprozesse vorgestellt. Im Anschluss wird die Anwendung des Analysetools bei aktuellen Softwareprojekten aus der Forschung und den Ergebnissen dargestellt. Aus dieser Auswertung heraus werden Limitationen und Ausblicke für die weitere Arbeit aufgezeigt sowie abschließend ein Fazit gezogen.

2. Theoretischer Hintergrund zur Komplexität von Interaktionssituationen

In diesem Kapitel wird der Komplexitätsbegriff umfassend erörtert. Hierfür werden hinführend Alltagsverständnisse von Komplexität vorgestellt und anschließend durch eine wissenschaftliche Herleitung ergänzt. Hieraus werden dann die verwandten Begriffe Komplexität und Kompliziertheit abgegrenzt sowie der besondere Aspekt der Dynamik betrachtet, der anschließend zur Definition von *Interaktionskomplexität* führt. Mit diesem Begriffsverständnis wird der menschliche Umgang mit komplexen Interaktions- und Problemsituationen geschildert und ein erstes Instrument zur Erhebung von komplexen Interaktionssituationen vorgestellt, auf dem die vorliegende Arbeit aufbaut und dieses erweitert.

2.1. Annäherung und wissenschaftliche Herleitung des Begriffs Komplexität

Um sich dem Komplexitätsbegriff zu nähern, werden zunächst Alltagsverständnisse von Komplexität, die im Rahmen der Evaluierung des hier gegenständlichen Analysetools erhoben wurden, vorgestellt. Die Befragten sind Softwareentwickler*innen. Im Anschluss erfolgt eine wissenschaftliche Herleitung des Begriffs.

Befragter 1: „Komplexität wird beschrieben durch ein System von (teil-) **abhängigen** Teilsystemen, die untereinander **kein perfektes Wissen** über die anderen Systeme/ Akteure haben.“ (Hervorhebungen durch den Verfasser dieser Arbeit)

Befragter 2: [Unter Komplexität verstehe ich persönlich:] „Ereignisse oder Berechnung, welche zu Ergebnissen führen, welche **Nutzende nicht nachvollziehen** können.“ (Hervorhebungen durch den Verfasser dieser Arbeit)

Befragter 3: [Unter Komplexität verstehe ich persönlich:] „**Etwas das so viele Teile und Interaktionen hat**, dass **nicht im Vorfeld alles geplant** werden kann. Eine Problemlösung ist dann nur noch mit **probieren** zu erreichen.“ (Hervorhebungen durch den Verfasser dieser Arbeit)

Befragter 4: [Unter Komplexität verstehe ich persönlich:] „**Vielfalt an** Interaktionsmöglichkeiten/-situationen zwischen Nutzer-System, zwischen verschiedenen Komponenten in und außerhalb des Systems.“ (Hervorhebungen durch den Verfasser dieser Arbeit)

Befragter 5: [Unter Komplexität verstehe ich persönlich:] „**schwer zu durchdringende/ durchschaubare Prozesse**, welche meist multikausal/ multifaktoriell sind → schwer zu vermitteln.“ (Hervorhebungen durch den Verfasser dieser Arbeit)

Es zeigt sich anhand dieser Alltagsverständnisse, dass sich der Begriff nicht klar fassen lässt, jedoch Gemeinsamkeiten in den Merkmalen **Nachvollziehbarkeit/Durchschaubarkeit/Wissen** und **Vielzahl sowie Vielfalt von/an Etwas** und deren **Abhängigkeiten** liegen, die, wie sich im Folgenden zeigt, zwei wesentliche Dimensionen des Konzepts *Komplexität* darstellen.

Wissenschaftliche Herleitung des Begriffs Komplexität

Die Komplexitätsforschung einerseits, als auch der gesellschaftliche Kontext andererseits haben kein einheitliches Begriffsverständnis von Komplexität herausbilden können. Eine Definition kann nicht zuletzt aufgrund der Mehrdimensionalität des Begriffs nur in Bezug auf ein konkretes Forschungsziel bzw. deren konkretem Erkenntnisinteresse her erfolgen (vgl. Schoeneberg 2014, Luhmann 2019). Luhmann (2019) führt dazu aus: „Der Begriff Komplexität bezeichnet ein Aggregat, das aus mehreren Dimensionen und mehreren Ebenen besteht. Über den Tatbestand der Mehrdimensionalität besteht in der Literatur Einigkeit, wenngleich die Annahmen über einzubeziehende Dimensionen und die Operationalisierungsvorschläge differieren und zum Teil die Aggregation zu einem Gesamtbegriff unterbleibt.“ (S. 166). Mainzer (2008) beschreibt bspw. verschiedene Grade der Berechenbarkeit als Komplexität in der Informatik. Dabei sind Klassen zu unterscheiden, „[...] mit denen die Rechenzeit von Algorithmen in Abhängigkeit der Länge ihrer Inputs bestimmt wird“ (S. 19).

Schoeneberg (2014) nähert sich dem Begriff zunächst etymologisch. Abgeleitet aus dem lateinischen *complexus* würde dies zu den Begrifflichkeiten *umfassend*, *umschlungen*, *verflochten* im Sinne von *ineinandergreifen* hinführen. Ebenso Gloy (2014): Der Begriff bedeute das *Zusammengeflochtene*, *Verbundene*, *Ineinandergreifende* und stamme aus dem lat. *complexitas*. Vorgenannte Autorin erweitert die Bedeutung durch einen ontologischen (Frage nach dem Wesenskern) und einen epistemologischen (erkenntnistheoretischen) Aspekt. Der ontologische Aspekt weise im **quantitativen** Sinne auf die Menge an Daten, Beziehungen und im **qualitativen** Sinn auf die Vielgestaltigkeit und Heterogenität der Beziehungen hin. Der epistemologische Aspekt umfasse, dass „[...] diese Vielzahl und Vielfalt in Ihrer Dichte und Interdependenz intransparent, unfassbar und unverständlich bleibt.“ (ebd., S. 18). Gloy sieht im letzteren Aspekt den geeigneteren Begriff Kompliziertheit, der mit Komplexität verwandt sei. Letztlich sind „Undurchdringlichkeit und Undurchschaubarkeit sowie das Unvermögen jeder kognitiven und praktischen Verarbeitung [...] Anzeichen von Komplexität.“ (ebd., S.18).

Nach Klabunde (2003) gibt es drei zentralen Merkmale von Komplexität: Varietät, Konnektivität und Dynamik. Die Varietät umfasst „[...] die Anzahl und Art der Elemente in einem System“, die Konnektivität „[...] die Anzahl und die Art der Relationen zwischen den einzelnen

Systemelementen [...]“ und die Dynamik „[...] die Unbestimmbarkeit und Unvorhersehbarkeit komplexer Systeme.“ (nach Schoeneberg 2014, S. 14; Klabunde 2003, S. 6).

2.2. Abgrenzungen zwischen Komplexität und Kompliziertheit

Weiterhin ist, wie oben schon aufgezeigt, eine Abgrenzung zu dem angelehnten Begriff Kompliziertheit vorzunehmen. Der Unterschied liegt nach Schoeneberg (2014) und Grösser (2017) in dem Maß der vorherrschenden Unsicherheit, welche in komplexen Systemen höher ist. Ebenso sei durch die Linearität in (nur) komplizierten Systemen deren Ergebnisse vorhersagbar, jedoch nicht bei komplexen (vgl. Schoeneberg, 2014). Diese Abgrenzung ergänzt Grösser (2017) um den Punkt, dass komplizierte Systeme keine dynamischen und emergenten Muster zeigen können und sieht das Charakteristikum von „Nichtreduzierbarkeit“ als herausragende Eigenschaft von Komplexität an (vgl. Grösser, 2017, S. 73).

Von Foerster (1993, Sammelband herausgegeben von J. Schmidt) unterscheidet Kompliziertheit und Komplexität indem er die Eigenschaften von sog. trivialen und nicht-trivialen Maschinen beschreibt. Triviale Maschinen (TM) wandeln einen Input (x) durch eine festgelegte Funktion (f) in einen Output (y) um. Dieses Prinzip wird in Abbildung 1 veranschaulicht.

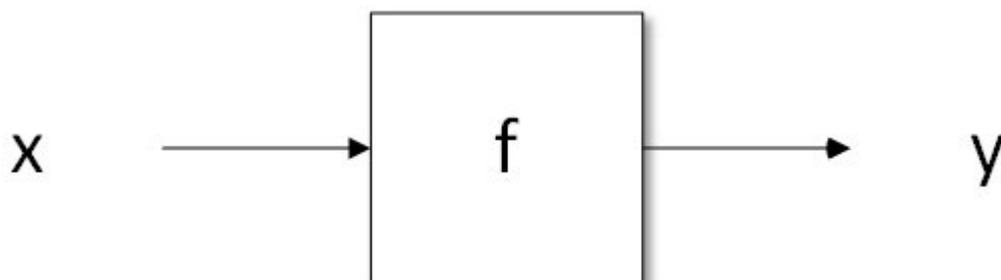


Abbildung 1: Prinzip einer trivialen Maschine. Die Maschine erhält einen Input x und generiert über eine Funktion f einen Output y . Abbildung aus Moebert (2021, S. 15) und dort nach von Foerster (1994, S. 245).

Dabei ist der Funktionsbegriff weitreichend und kann sowohl eine mathematische Funktion, als auch bspw. ein Naturgesetz meinen. Demnach kann auch eine „Gravitations-TM“ existieren, die als Input das Hochwerfen eines Balles (x) erhält und als Output das gesetzmäßige Herunterfallen (y) ausgibt (vgl. ebd. S. 245). Solche TM's besitzen folgende Eigenschaften (vgl. ebd., S. 246 f.):

- *vorhersagbar*
- *geschichtsunabhängig*
- *synthetisch deterministisch*
- *analytisch determinierbar*

Zusammengefasst bedeuten diese Eigenschaften, dass die innere Logik bzw. der funktionale Zusammenhang aller TM's (mit unterschiedlich hohem Aufwand) durch Beobachtung des

Verhaltens erschlossen werden kann. Somit sind TM's stets vorhersagbar und daher qualitativ nur als *kompliziert* anzusehen.

Anders hingegen liegt der Fall bei nicht-trivialen Maschinen (NTM's). Eine solche Maschine besteht im einfachsten Fall aus einer Verschachtlung von zwei TM's, wobei der Output der einen TM einen zusätzlichen Input der anderen TM bereitstellt. Im Inneren dieser einfachen NTM arbeiten eine Antriebs- und eine Zustandsfunktion, die jeweils eine TM darstellen (vgl. Abb. 2).

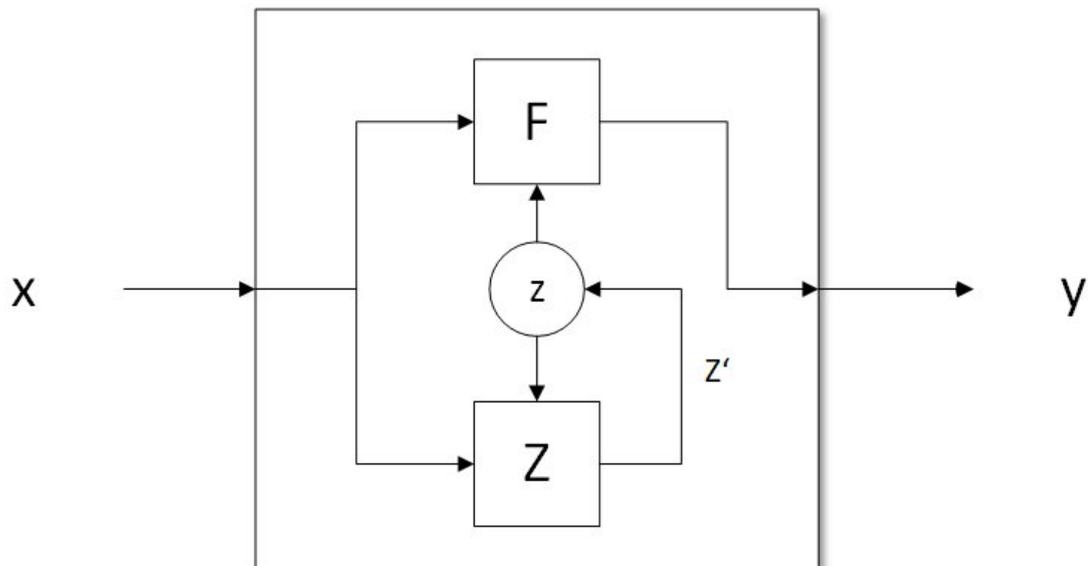


Abbildung 2: Prinzip einer nicht-trivialen Maschine. Der Output y wird über die Antriebsfunktion F und die Zustandsfunktion Z aus dem Input x generiert. Beide Funktionen sind durch einen internen Zustand z und seinen Folgezustand z' miteinander verbunden. Abbildung aus Moebert (2021, S. 16) und dort nach von Foerster (1994, S. 248).

Durch diese augenscheinlich geringfügige Erweiterung entsteht jedoch ein völlig neuer Typus an Verhaltensmöglichkeiten und Eigenschaften. Zum einen erhöhen sich die möglichen Zustände so immens, dass diese Maschine zwar weiterhin wie eine TM synthetisch deterministisch, jedoch aus praktischen Gründen stets analytisch **indeterminierbar** ist. Zum anderen tritt Geschichts**ab**hängigkeit ein, in deren Folge der Output von vorangegangenen Zuständen abhängt (Zustände z und z'). D.h. die NTM kann ohne Kenntnis der Antriebs- und Zustandsfunktion von außen zwar prinzipiell aber nicht in angemessener Zeit oder mit zur Verfügung stehenden Ressourcen durch Beobachtung erschlossen werden. Damit ist diese Art der Maschine **unvorhersagbar** und in Ihrem Verhalten als *komplex* anzusehen. Zusammengefasst sind demnach alle NTM's (vgl. ebd., S. 250 f.):

- **unvorhersagbar**
- **geschichtsabhängig**
- **synthetisch deterministisch**
- **analytisch indeterminierbar**

Ulrich und Probst (1991) grenzen Komplexität von Kompliziertheit innerhalb der Dimension *Veränderlichkeit im Zeitablauf/ Dynamik* ab. Eine hohe Dynamik kennzeichnet das komplexe System, während diese bei komplizierten Systemen deutlich geringer ist. Die zweite Dimension *Vielzahl/Vielfalt an Elementen* ist nur ein Faktor für Kompliziertheit und grenzt ein *einfaches* von einem *komplizierten System* ab (vgl. Abb. 3).

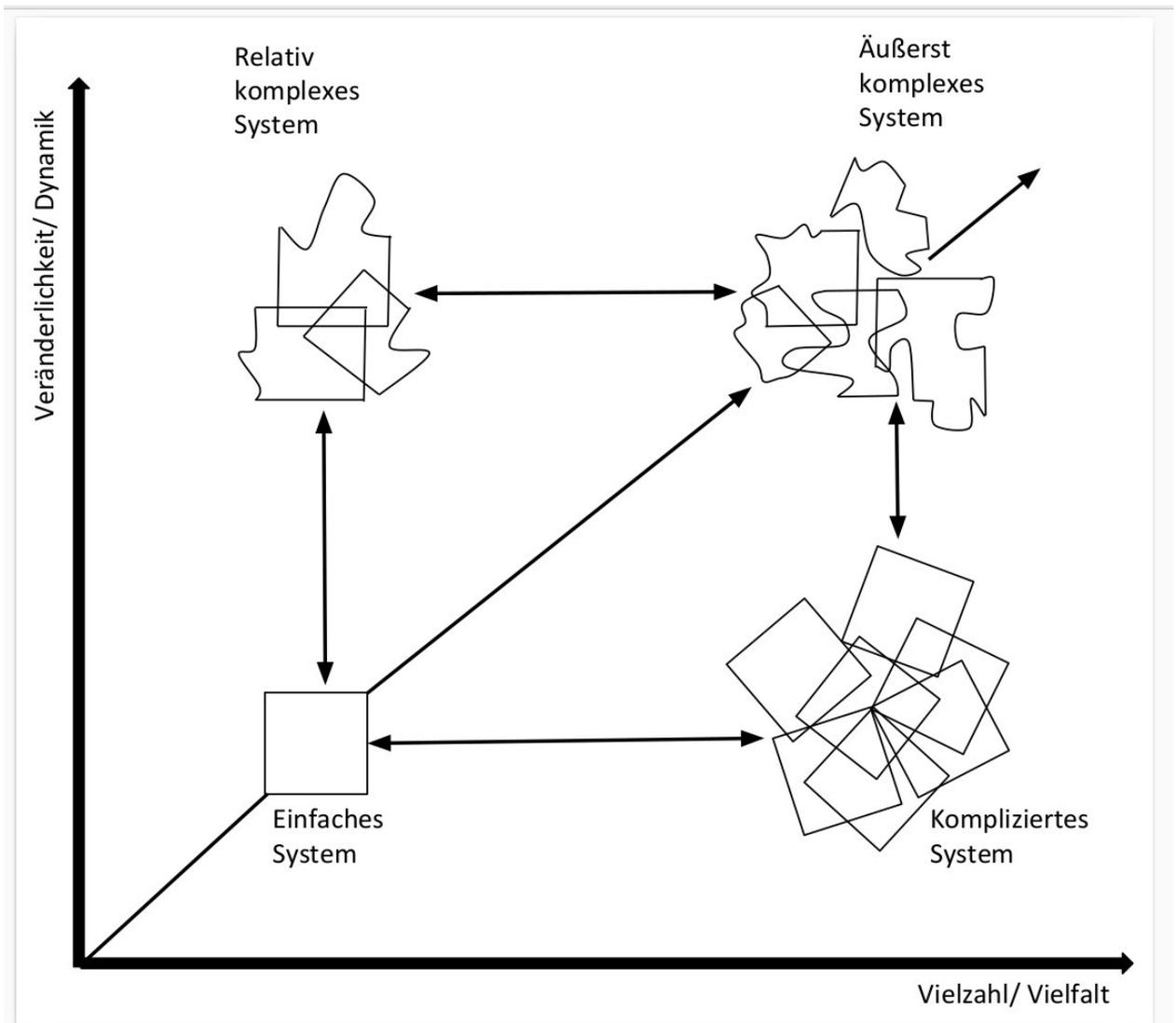


Abbildung 3: Darstellung der Zusammenhänge zwischen Komplexität und Kompliziertheit. Anhand der Dimensionen *Veränderlichkeit/ Dynamik* und *Vielzahl/ Vielfalt* können insgesamt vier Grundtypen von Systemen abgegrenzt werden. Ein komplexes System unterscheidet sich gegenüber einem komplizierten System durch eine deutlich höhere Dynamik im Systemverhalten. Abbildung aus Moebert (2021, S. 19) und dort nach Ulrich und Probst (1991, S.61).

Das Charakteristikum von *Kompliziertheit* sehen Ulrich und Probst (1991) in der Art der Zusammensetzung der Systemelemente. Damit ist sowohl die Anzahl und Verschiedenheit der Elemente als auch der Beziehungen zwischen diesen gemeint. Das Charakteristikum für Komplexität besteht in der Veränderlichkeit im Zeitablauf bzw. der Dynamik. Dies meint sowohl die Vielfalt der Verhaltensmöglichkeiten der Elemente, als auch die Veränderlichkeit der

Wirkungsverläufe zwischen diesen. Ulrich und Probst (1991, S. 18) fassen die Begrifflichkeiten wie folgt zusammen:

„Kompliziertheit ist abhängig von der Anzahl und Verschiedenheit der Elemente sowie der Anzahl und Verschiedenheit der Beziehungen zwischen diesen Elementen.“ und

„Komplexität ist abhängig von der Vielfalt der Verhaltensmöglichkeiten der Elemente sowie der Veränderlichkeit der Wirkungsverläufe zwischen den Elementen.“

Moebert (2021) bringt die Unterscheidung prägnant so zum Ausdruck: „Demnach entsteht Komplexität immer erst dann, wenn Kompliziertheit auf Dynamik trifft.“ (S. 17). Durch die Dynamik entsteht Unvorhersehbarkeit, wie bereits oben von Klafunde (2006) beschrieben wurde.

Grünig (2021, S. 11 f.) beschreibt den *Komplexitätsbegriff* ähnlich zu Ulrich und Probst (1991), aber detaillierter und betrachtet zunächst ein vier-dimensionales Gebilde, aus folgenden Dimensionen:

- *Erste Dimension: Zahl und Vielfalt der Elemente*
- *Zweite Dimension Zahl und Vielfalt der Beziehungen*
- *Dritte Dimension: hohe Anzahl an Entwicklungsmöglichkeiten*
- *Vierte Dimension: Veränderungsrate*

Die vier Dimensionen werden anschließend aufgrund positiver Korrelationen zwischen der ersten und zweiten Dimension sowie zwischen der dritten und vierten Dimension zu den zwei Dimensionen *Kompliziertheit* und *Dynamik* zusammengefasst. Damit ist die Begriffsfassung für *Komplexität* klarer hergeleitet.

Ulrich und Probst (1991) schlagen letztlich folgende Definition für Komplexität vor: „Komplexität wird definiert als die Fähigkeit eines Systems, in einer gegebenen Zeitspanne eine grosse Zahl von verschiedenen Zuständen annehmen zu können.“ (S. 18).

2.3. Besonderer Aspekt der Dynamik und Kriterien für dynamische Komplexität

Liening (2023, S. 208 f.) hebt neben den vielfältigen Verknüpfungen besonders die Vielfalt von Entwicklungsmöglichkeiten im Sinne von Dynamik hervor. Vorgenannter Autor umschreibt Komplexität anhand folgender Kriterien vorläufig:

- *Die Zahl der Elemente eines Systems*
- *Die Zahl der Verknüpfungen dieser Elemente untereinander*
- *Die Vielfalt und Vielschichtigkeit ineinander verwickelter Verknüpfungen*
- *Die nicht-lineare Dynamik eines Systems*

Die Vorläufigkeit dieser Kriterien begründet Liening (2023) damit, dass für die Komplexitätsdefinition nur die Art und Weise der Verknüpfungen der Elemente eines Systems verantwortlich sind und daher eine reduktive Zerlegung des Systems nicht weiterhelfe. Schließlich schlägt er folgende Definition von Komplexität vor: „Die Komplexität eines Systems wird durch die rekursive Art der Verknüpfungen und die nicht-lineare Dynamik des Systems bestimmt [...]“ (Liening 2023, S. 212). Es wird zusätzlich angemerkt, dass Komplexität sowohl erzeugt, als auch verloren gehen kann (ebd.). Das ist ein Punkt den Ulrich und Probst (1991) ebenso aufgreifen, jedoch in dem Sinne, dass Komplexität eine notwendige Eigenschaft bestimmter Systeme ist, um mit der Umwelt zu interagieren. Sie fassen diesen Umstand in folgendem Merksatz zusammen: „Lebensfähigkeit eines Systems in einer dynamischen Umwelt setzt Komplexität voraus.“ (Ulrich & Probst, 1991, S. 65).

Grösser (2017, S. 74) stellt ebenso die Dynamik als herausragendes Merkmal von Komplexität heraus. Daher prägte er den Begriff der *dynamischen Komplexität* und macht deutlich, dass ein solches System keinem linearen Ursache-Wirkungsverlauf folgt. Daher ist ein solches System **nur im Nachhinein verstehbar**. Zusätzlich sind für Entscheidungsträger*innen innerhalb eines solchen Systems Überraschungen, Seiteneffekte und nicht beabsichtigte Folgen einer Entscheidung zu erwarten (ebd., S. 75). Für Grösser (2017, S. 74) ist dynamische Komplexität die Fähigkeit eines Systems, unterschiedliche Zustände über die Zeit anzunehmen. Damit ist die Definition analog zu Ulrich und Probst (1991) gefasst. Grösser (2017) und Grösser (2018) geben zusätzlich zehn Kriterien für dynamische Komplexität an, die allerdings nicht alle zutreffen müssen, damit Komplexität vorliegt. Diese sind folgend - mit Erläuterung nach Grösser (2018) - aufgeführt:

- **Dynamik:** *Das System entwickelt oder verändert sich über die Zeit. Was unveränderlich zu sein scheint, variiert über einen längeren Zeithorizont.*
- **Enge Verbundenheit der Systemelemente:** *Die Systemelemente oder Agenten im System interagieren stark miteinander.*
- **Rückkopplung:** *Systeme sind durch Rückkopplungen geregelt. Durch diese Kopplung zwischen Systemelementen können Handlungen und Ereignisse auf sich selbst zurückwirken.*
- **Nichtlinearität:** *Nichtlinearität ist vorhanden, wenn zumindest ein Element in dem System in einer nichtlinearen Art und Weise mit einem anderen interagiert; graphisch drückt sich Nichtlinearität durch eine gekrümmte, anstelle einer geraden Linie aus. Insbesondere bedeutet „nichtlinear“, dass ein Effekt selten proportional zu seiner Ursache ist.*
- **Vergangenheitsabhängig:** *Vergangenheitsabhängig bedeutet, dass die Entscheidungen, welche ein Agent treffen muss, von den bereits in der Vergangenheit getroffenen Entscheidungen abhängen. Struktur in jedem System ist das Produkt der vergangenen*

Aktionen (Wechselwirkungen) mit einem kausalen Potenzial in Bezug auf die Möglichkeit einer zukünftigen Aktion. Der Begriff der Pfadabhängigkeit drückt diesen Gedanken auf eine einfache Art und Weise aus.

- **Selbstorganisierend:** *Die Dynamik des Systems entsteht selbstorganisierend und spontan aus seiner inneren Struktur.*
- **Adaptiv:** *Adaptiv bedeutet, dass ein System sich selbst als Ergebnis der Erfahrung verändert. Somit ändern sich die Fähigkeiten und Entscheidungsregeln der Agenten in einem komplexen System im Zeitverlauf.*
- **Kontraintuitiv:** *Ursachen und deren Auswirkungen können von den Entscheidungspersonen nicht durch Intuition erfasst werden. Die Wirkungszusammenhänge werden oft nicht gut verstanden, u.a. weil oft vernachlässigt wird, dass Ursachen unterschiedliche Auswirkungen haben können.*
- **Interventionsresistent:** *Die Komplexität des Systems, in das ein Agent eingebettet ist, überwindet seine Fähigkeit, es zu verstehen. Folglich scheitern die implementierten Problemlösungen in einem komplexen System oft oder verschlimmern sogar noch die Situation, d.h. wenn Interventionen nicht offensichtliche oder auch unbeabsichtigte Folgen produzieren.*
- **Zeitliche Abwägungsentscheidungen (Trade-offs):** *Zeitverzögerungen haben zur Folge, dass in einem System die langfristigen Auswirkungen auf eine Intervention oft anders sind als die kurzfristigen Auswirkungen.*

Die genannten Kriterien bezeichnet Moebert (2021, S. 26) als Quellen für dynamische Komplexität. Sie können daher auch als Indikatoren für Komplexität genutzt werden. Später entwickelt Moebert (2022) aus den o.g. Aspekten von Komplexität eine Definition für Interaktionskomplexität (in Moebert, 2021 als sozio-technische Komplexität beschrieben), um Interaktionssituationen bei der Nutzung von Bildungstechnologien zu untersuchen:

Von Interaktionskomplexität kann immer dann gesprochen werden, wenn aufgrund von Dynamik und der aus dieser resultierenden Unvorhersehbarkeit, den vielfältigen Verhaltensmöglichkeiten und den dynamischen Wirkungsverläufen das Verhalten des genutzten Systems, der Interaktionssituation sowie die Auswirkungen der einzelnen Handlungen nicht vorhergesagt, sondern lediglich im Nachhinein rekonstruiert werden können. (Moebert, 2022, S. 3)

Für die vorliegende Problemstellung ist diese Definition zentral, da komplexe Interaktionssituationen identifiziert, klassifiziert und analysiert werden sollen und an die Vorarbeiten von Moebert (2021 & 2022) angeschlossen werden soll.

2.4. Menschlicher Umgang mit komplexen Interaktions- und Problemsituationen

Nachdem nun die Charakteristika von Komplexität beschrieben wurden, stellt sich für die Mensch-Maschine-Interaktion in vorliegender Problemstellung die Frage, wie Menschen auf komplexe Situationen reagieren und diese bewältigen?

Nach Ulrich und Probst (1991, S. 107 f.) handeln Menschen in komplexen Situationen und den sich daraus ergebenden Problemen nach dem Prinzip der gedanklichen Modellbildung. Dabei werden mögliche Handlungsalternativen und deren Auswirkungen simuliert. Es wird dann diejenige Alternative gewählt, welche am zweckmäßigsten für die Problemlösung erscheint. Allerdings ist es zentral, **Wissen über die Situation** und deren zukünftige Zustände zu erlangen. Entscheidend ist dabei nicht nur ob dieses Wissen verfügbar ist, sondern auch wie niederschwellig dieses erlangt werden kann. Ulrich und Probst (1991) unterscheiden komplizierte von komplexen Problemsituationen an der Möglichkeit das Informationsproblem zu lösen. In *komplexen Problemsituationen* ist es nicht möglich, alle notwendigen Informationen in der Zeit des Entscheidens für eine richtige Lösung zu erhalten, während dies in einer *komplizierten* Situation prinzipiell möglich ist, wenn auch unter Zuhilfenahme von bspw. Experten oder der Aneignung von Zusatzwissen.

Da sich diese Frage häufig auch im Führungs- und Managementhandeln stellt, finden sich weitere wissenschaftliche Betrachtungen besonders in diesen Bereichen. Diese Feststellung verwundert nicht, da sich in sozialen Interaktionsräumen schnell Komplexität manifestiert. Snowden und Boone (2007) haben für verschiedene Problemsituationen eine Handlungsmatrix entwickelt - das sog. Cynefin-Framework. Diese Matrix unterscheidet verschiedene Problemsituationen in den Domänen *einfach*, *kompliziert*, *komplex*, *chaotisch* und *ungeordnet* (vgl. Abb. 4).

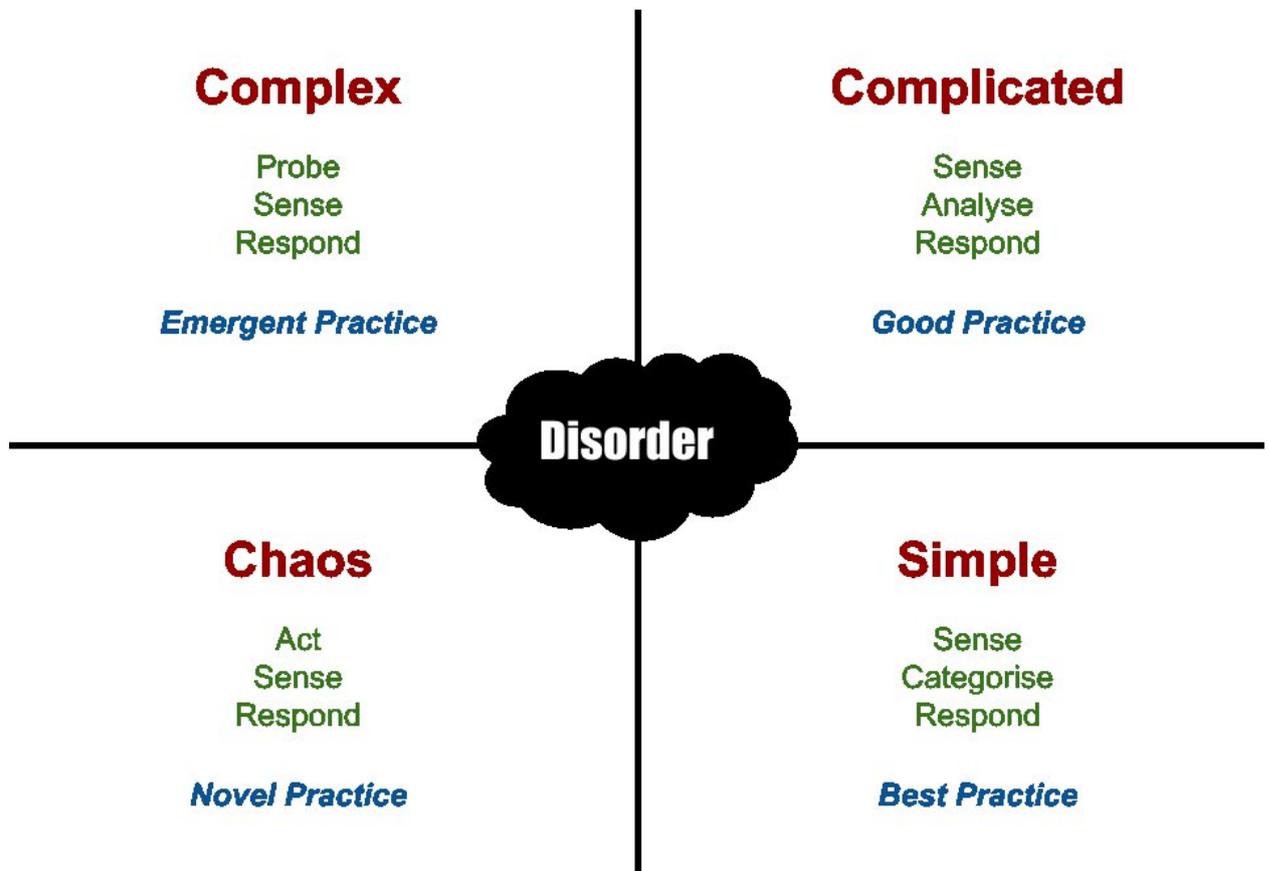


Abbildung 4: Darstellung des sogenannten „Cynefin-Frameworks“. Es ordnet Problemsituationen in die fünf Domänen komplex, kompliziert, chaotisch, einfach und ungeordnet. Die Lösungsstrategien (grün) und Handlungsweisen (blau) unterscheiden sich nach dem jeweiligen Ursache-Wirkungs-Geflecht. Abbildung aus Moebert (2021, S. 24) und dort nach Snowden und Boone (2007).

Die Lösungsstrategien unterscheiden sich in jeder Domäne in Abhängigkeit ihrer Ursache-Wirkungs-Beziehung, wobei die Domäne *ungeordnet* („disorder“) nur eine Art Auffangkategorie darstellt, die Unklarheit über die vorherrschende Problemsituation bedeutet und eine weitergehende Problemanalyse erfordert. Für den Umgang mit einer ungeordneten Problemsituation empfehlen Snowden und Boone (2007) das Herauslösen einzelner Aspekte der Situation und deren Einordnen in eine der vorgenannten vier Domänen, die folgend näher beschrieben werden.

Offensichtliche (einfache) Problemsituationen („simple“) sind von Stabilität und klaren Ursache-Wirkungs-Beziehungen geprägt, welche für jeden leicht erkennbar sind. Entscheidungsträger*innen sollten in solchen Problemsituationen einen Dreischritt aus **Erkennen**, **Kategorisieren** und **Reagieren** anwenden. Handlungen zur Problemlösung folgen einer Best-Practice-Gewohnheit. Allerdings birgt das routinierte Handeln die Gefahr, dass eine neue, angemessenere Problemlösung nicht gesucht wird, wenn sich die Umstände ändern. Ohne Anpassung der Problemlösung, wird ein Abgleiten in eine chaotische Situation riskiert (vgl. Snowden & Boone, 2007).

Komplizierte Problemsituationen („complicated“) sind zwar ebenso von klaren Ursache-Wirkungs-Beziehungen geprägt, können jedoch nicht von allen wahrgenommen werden. Die Wahrnehmung der kausalen Zusammenhänge erfordert eine gewisse Expertise. Bspw. erfordert die Reparatur eines tropfenden Wasserhahns i.d.R. einen ausgebildeten Handwerker. Weiterhin gibt es nicht die eine bewährte Lösung, sondern mehrere Vorgehensweisen, um diese zu finden. Entscheidungsträger*innen sollten in diesen Situationen den Dreischritt aus **Erkennen**, **Analysieren** und **Reagieren** anwenden. Die Lösung einer komplizierten Problemsituation erfordert oft ein Abwägen zwischen einer richtigen und einer schnellen Entscheidung, da die Entscheidungsfindung zeitaufwändig sein kann. Zusätzlich kann eine unvollständige Informationslage eine komplizierte Problemsituation zu einer komplexen werden lassen (vgl. Snowden & Boone, 2007).

Komplexe Problemsituationen („complex“) sind nicht statisch und die Gesamtsituation umfasst mehr als die Summe ihrer Teile (emergentes Verhalten), wodurch das Vorhersehen einer richtigen Handlungsstrategie nicht möglich ist. In solchen Situationen ist es erst im Nachhinein möglich zu verstehen, wie die Dinge miteinander zusammenhängen. Am Beispiel eines Ökosystems lässt sich verdeutlichen, dass dieses gegenüber einem Auto ein komplexes und emergentes Verhalten zeigt. Das lebendige Ökosystem befindet sich u.a. in einer steten Dynamik von Auf- und Abbauprozessen, die auf eine Vielzahl und Vielfalt von Organismen zutrifft. Anders hingegen ist es beim Auto, welches im Großen und Ganzen (Veränderung durch Verschleiß ausgelassen) statisch ist, auch wenn es aus einer großen Vielzahl und Vielfalt an Einzelteilen zusammengesetzt ist. Ein Auto kann sich nur kompliziert verhalten und dieses Verhalten ist nicht mehr als die Summe seiner Teile. Entscheidungsträger*innen sollten in solchen Situationen den Dreischritt **Testen**, **Feststellen** und **Reagieren** anwenden. In solchen Situationen ist es unproduktiv, den komplexen Problemen eine Ordnung aufzuzwingen, anstatt für diese eine experimentelle Lösung zu finden, wobei stets Fehlschläge in Kauf genommen werden müssen. Dieses Vorgehen ermöglicht jedoch neuartige und kreative Lösungen (vgl. Snowden & Boone, 2007).

Chaotische Problemsituationen („chaos“) zeichnen sich dadurch aus, dass eine richtige Lösungsstrategie weder im Vorhinein, noch im Nachhinein erkannt werden kann. Die Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge, so diese existieren, können nicht erkannt werden, da diese Situationen zu turbulent sind. Nach Snowden und Boone (2007) ist es in solchen Situationen zweckmäßig, stabile Elemente der Situationen zu erkennen, um Ordnung in das Chaos zu bringen. Als Beispiel wird die Situation des 11. September 2001 angeführt. Entscheidungsträger*innen sollten den Dreischritt aus **Handeln**, **Erkennen** und **Reagieren** anwenden. Handeln hat in solchen Situationen oberste Priorität, da für Rückfragen keine Zeit ist. Gleichzeitig sollte diese Vorgehensweise nicht länger als erforderlich aufrecht erhalten werden,

um dann wieder zu Strategien der anderen Domänen überzugehen (vgl. Snowden & Boone, 2007).

Das Schema des Cynefin-Frameworks hat Moebert (2021) auf Interaktionssituationen angewandt und eine adaptierte Matrix entwickelt. Diese Matrix ist gleichfalls nach der Erkennbarkeit der Ursache-Wirkungs-Beziehungen und der Vorhersagbarkeit der Auswirkungen eigenen Handelns geordnet, hat jedoch ungeordnete Problemsituationen nicht übernommen (vgl. Abb. 5).

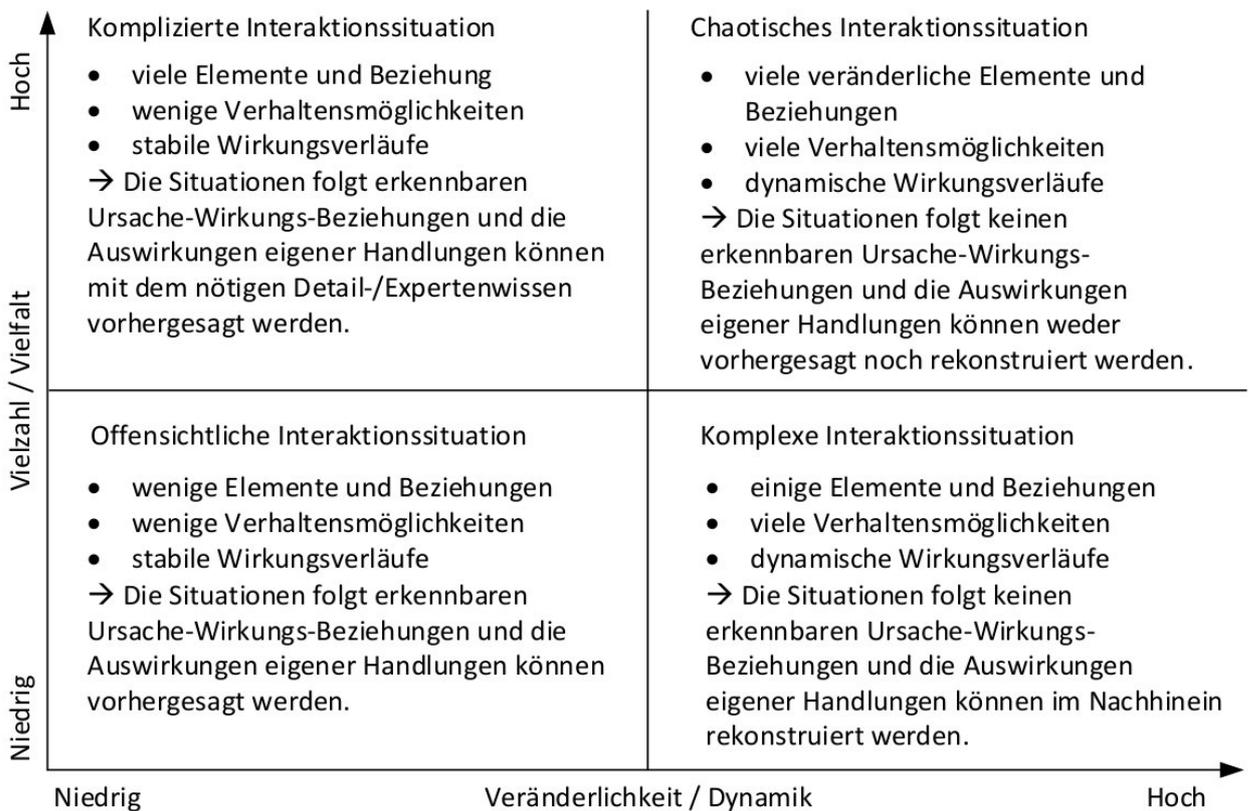


Abbildung 5: Matrix zur Klassifikation von Interaktionssituationen von Moebert (2021). Abbildung aus (Moebert, 2021, S. 74).

Zusätzlich wurde in dieser Matrix das Ordnungsschema von Ulrich und Probst (1991) und Erkenntnisse von Grösser et al. (2017) und weiteren übertragen (vgl. Abschnitt 2.3, Abb. 3). Aus dem vorgeschlagenem Ordnungsschema ergeben sich vier Klassen möglicher Interaktionssituationen, die nachfolgend beschrieben werden (vgl. Moebert, 2021; Moebert, 2022, S. 4 f.).

Offensichtliche Interaktionssituation: Diese Situationen ermöglichen es, aufgrund ihrer klaren Kausalzusammenhänge und Vorhersagbarkeit zukünftiger Entwicklungen Routinen zu entwickeln (vgl. Moebert, 2022). Beispiel: Betätigen eines Lichtschalters.

Komplizierte Interaktionssituation: Diese Situationen werden als schwierig erlebt, da die vorhandenen Kausalzusammenhänge schwieriger zu erkennen sind und die Vorhersage der Auswirkungen eigener Handlungen nur mit dem nötigen Detail- oder Expertenwissen gelingt. Ist ausreichendes Wissen vorhanden, können neue Routinen aufgebaut werden. Damit ist es in solchen Situationen entscheidend, ob das Bewältigungswissen, bspw. in Form eines Handbuchs, zur Verfügung steht. Ist dieses Wissen nicht verfügbar, kann eine solche Situation schnell zu einer komplexen werden (vgl. Moebert, 2022). Beispiel: Inbetriebnahme und Installation eines Druckers.

Komplexe Interaktionssituationen: Diese Situationen können zwar Kausalzusammenhänge besitzen, jedoch sind diese nicht erkennbar, da nicht genug Detailwissen erworben werden kann. Die Dynamik der Situation verhindert dies. Durch diesen steten Wandel ist es auch nicht möglich, die Auswirkungen des eigenen Handelns im Vorhinein vorauszusehen. Akteure in diesen Situationen müssen Lösungswege ausprobieren und deren Ergebnis bewerten. Für solche Situationen ist es kennzeichnend, dass Gründe des Ablaufs erst im Nachhinein vollständig verstanden werden. Beispiel: „Sich adaptiv verändernde Startseite eines Social Media Accounts.“ (Moebert, 2022, S. 5).

Chaotische Interaktionssituationen: Diese Situationen erlauben keine bewussten Entscheidungen, da keine Muster erkannt werden können. Solche Situationen entstehen durch spontan auftretende „Krisen“ oder „Katastrophen“. Beispiel: „Blue screen of death“ (vgl. Moebert, 2022, S. 5).

Die Klassifikation von Interaktionssituationen ist von besonderer Bedeutung, da Interaktionskomplexität nicht gemessen, jedoch auf diesem Wege trotzdem beschrieben und analysiert werden kann (vgl. Moebert, 2021, S. 66; Moebert, 2022, S. 3).

2.5. Wahrnehmung und Klassifikation von komplexen Interaktionssituationen

Auf Grundlage des zuvor beschriebenen Komplexitätsverständnis und dem menschlichen Umgang mit komplexen Problemsituationen hat Moebert (2021) ein erstes Erhebungsinstrument entwickelt, um die Komplexität in sozio-technischen Systemen wahrnehmbar und beschreibbar zu machen. Das Erhebungsinstrument erarbeitet dieses Ziel in drei Schritten:

1. *Erhebung der Interaktionssituation*
2. *Einordnung dieser hinsichtlich ihrer Komplexität*
3. *Zuordnung von Kriterien für Interaktionskomplexität*

Der Erhebungsprozess kann entweder im Rahmen der Konstruktion des sozio-technischen Systems, also antizipierend, oder nach Vorliegen zumindest einer prototypischen Version eines

solchen Systems (retrospektiv) erfolgen. Methodisch können in beiden Ausgangslagen Befragungen zur Anwendung kommen.

Die Einordnung hinsichtlich der Komplexität der Interaktionssituationen erfolgt durch zwei binär ausgeprägte Fragestellungen, die sich konzeptuell aus dem oben erläuterten Komplexitätsverständnis ergeben (vgl. auch Moebert, 2021, S. 69 ff.).

- *Frage 1: „Konnten / Könnten in der betrachteten Interaktionssituation die Nutzenden, ohne spezielles Vorwissen zu besitzen, vorhersehen, wie sich das sozio-technische System auf sowohl technischer als auch sozialer Ebene verhalten wird?“ (ebd., S. 76).*
- *Frage 2: „Kann diese Unvorhersehbarkeit der Ergebnisse der Interaktion auf fehlendes, aber verfügbares, Detail- oder Expertenwissen zurückgeführt werden? Könnten Nutzende diese Unvorhersehbarkeit auflösen, wenn sie über mehr Informationen über die Situationen verfügen würden? Wären diese Informationen für die Nutzenden verfügbar?“ (ebd., S.77).*

Die Auswertung der Fragen erfolgt nach dem Ja-Nein-Prinzip: Wird Frage 1 mit „Ja“ beantwortet, so handelt es sich um eine *offensichtliche Interaktionssituation*. Wenn jedoch diese Frage verneint wird, so muss zur Einordnung zusätzlich die Frage 2 beantwortet werden. Wird diese Frage 2 mit „Ja“ beantwortet, so handelt es sich um eine *komplizierte Interaktionssituation*, wenn diese jedoch verneint wird, dann ist die Interaktionssituation *komplex* und grundsätzlich für die Nutzenden intransparent.

Nach der Einordnung der Interaktionssituation erfolgt die Zuordnung der Kriterien für Komplexität. Dieser dritte Schritt verfolgt das Ziel, die Bereiche, in denen sich Komplexität manifestiert, sichtbar zu machen. Der gesamte Erhebungsprozess wird in der Abbildung 6 aus Moebert (2022b) nochmals verdeutlicht.¹

¹ Wie die Zuordnung der Komplexitätskriterien methodisch erfolgt, führt Moebert (2021) an betreffender Stelle nicht aus (vgl. S. 77 f.). Es ist ein weiteres Ziel der vorliegenden Arbeit diese Unklarheit zu verringern.

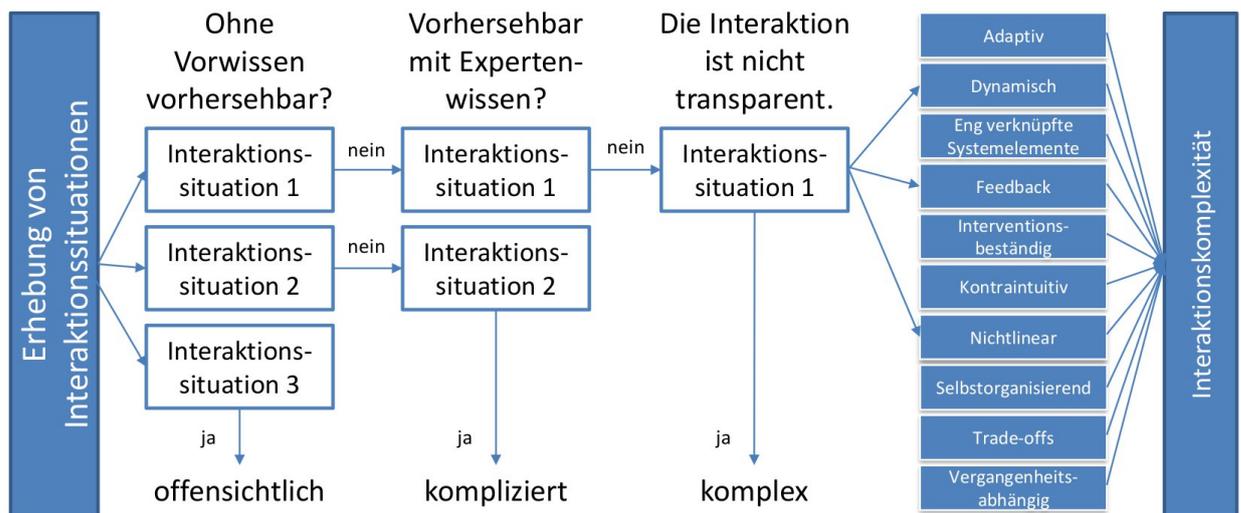


Abbildung 6: Darstellung des Erhebungsinstruments von Moebert (2021). Abbildung aus Moebert (2022b).

Auf das vorgenannte Erhebungsinstrument soll in dieser Arbeit aufgebaut und dieses adaptiert sowie erweitert werden. Ziel ist ein deutlich operationalisierteres Erhebungsinstrument zu entwickeln, um es in dem Software-Entwicklungsprozess besser einbinden zu können. Moebert (2021) hat diese Fortentwicklung bereits vorausgesehen und die Einbindung einer systematischen Reflexion in allen Phasen des Entwicklungsprozesses angeregt. Adressiert wird dieses Ziel durch die Entwicklung eines „Do-It-Yourself“-Fragebogens, der potenziell komplexe Interaktionssituationen in Softwareentwicklungsprojekten identifiziert und diese dann nach den Bereichen, in denen sich die Komplexität manifestiert, analysiert. Anschließend soll den Anwender*innen dieses Fragebogens eine angemessene, grafische Rückmeldung an die Hand gegeben werden.

2.6. Zusammenfassung

Im vorausgehendem Abschnitt wurde das Konzept von Komplexität sowie deren menschlicher Wahrnehmung in Problemsituationen erläutert und ein erstes Erhebungsinstrument für komplexe Interaktionssituationen vorgestellt.

Komplexität baut auf Kompliziertheit auf, die durch eine hohe Vielzahl und Verschiedenheit an Elementen sowie den Beziehungen zwischen ihnen gekennzeichnet ist. Somit können sich komplizierte Interaktionssituationen schnell zu komplexen Situationen entwickeln, sobald eine zusätzliche Veränderlichkeit in den Wirkungsverläufen sowie der Vielfalt in den Verhaltensmöglichkeiten hinzutritt. Komplexe Situationen sind gekennzeichnet von einer Unvorhersehbarkeit zukünftiger Entwicklungen, die durch eine hohe Dynamik bzw. Veränderlichkeit verursacht wird. In komplexen Problemsituationen ist daher kein richtiges Handeln im Vorhinein, sondern immer erst im Nachhinein einsichtig, auch weil die Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge nicht transparent sind. Um komplexe Interaktionssituationen zu

analysieren, können Befragungen durchgeführt werden, die die beschriebenen Charakteristika von Interaktionssituationen erfassen.

3. Theoretischer Hintergrund zur Fragebogenerstellung

Für die Erstellung eines Fragebogens ist ein besonderes Vorgehen zu beachten. Im Überblick besteht die Test- und Fragebogenkonstruktion aus folgenden fünf Schritten, die anschließend erläutert werden (vgl. Bühner, 2021):

1. Erstellen der Konstruktdefinition
2. Festlegung der Art der Indikatoren
3. Festlegung des Testziels
4. Festlegung der Konstruktionsstrategie
5. Festlegung des Item- und Antworttyps

Darüber hinaus sind noch mögliche Störeinflüsse und Antwortverzerrungen bei der späteren Anwendung konstruktiv zu berücksichtigen. Es werden ergänzend Richtlinien zur Item-Formulierung vorgestellt.

3.1. Verfahren bei der Fragebogenkonstruktion

Erstellen einer Konstruktdefinition

Zur Erstellung eines Fragebogens wird zunächst eine Konstruktdefinition benötigt. Ein Konstrukt ist bspw. die Intelligenz in einem Intelligenztest. Mit einem Konstrukt ist also der mit dem Fragebogen zu erfassende „Gegenstand“ gemeint. Die Konstruktdefinition kann entweder im Bottom-Up oder Top-Down Vorgehen erarbeitet werden. Beim Bottom-Up Verfahren werden die empirisch zu erfassende Merkmale, sogenannte Indikatoren, des Gegenstandes identifiziert. Bei der Intelligenz wäre ein solcher Indikator bspw. die Wiedergabeleistung des Arbeitsgedächtnisses. Aus den Indikatoren werden dann die Items bzw. Fragen des Fragebogens abgeleitet. Methodisch kann dabei zwischen einem analytisch-empirischen oder personenbezogen-empirischen Ansatz gewählt werden (vgl. Bühner, 2021).

Eine alternative Verfahrensweise ist das Top-Down-Vorgehen. Diese Variante bietet sich an, wenn Merkmale schwierig empirisch zu erfassen sind. Bei diesem Vorgehen werden die Definitionsmerkmale für ein Konstrukt aus Expertenwissen oder aus einer Literatursammlung abgeleitet. Die Merkmale bilden dann wieder die Items des Fragebogens. Methodisch kann zwischen einem erfahrungsgelenkt-intuitiven Ansatz oder der Sammlung und Analyse von Definitionen bzw. einer Literaturrecherche gewählt werden. Für die vorliegende Arbeit wurde der Definitionen- bzw. Literaturansatz gewählt und nun näher beschrieben.

Bei der Methode der Literaturrecherche wird nach wiederkehrenden Elementen einer Konstruktdefinition gesucht, die dann als invariante Merkmale des Konstrukts aufgefasst werden und den Kern der Definition bilden. Im Gegensatz hierzu wird beim erfahrungsgelenkt-intuitiven Ansatz das Expertenwissen genutzt, um daraus die Definitionsbestandteile des Konstrukts abzuleiten. Es ist auch möglich, die Bottom-Up und Top-Down Vorgehensweise zusammen anzuwenden. Dies generiert ein möglichst vollständiges Bild über das Konstrukt (vgl. Bühner, 2021).

Festlegung der Art der Indikatoren

Im zweiten Schritt der Fragebogenerstellung steht die Festlegung der Art der Indikatoren. Indikatoren können objektiver oder subjektiver Art sein. „Ein Indikator für ein Konstrukt ist ein Item, das beispielsweise Aufgaben, Verhalten, Einstellungen oder Eigenschaften messen kann.“ (Bühner, 2021, S. 37). Objektive Indikatoren werden durch Leistungs- oder Persönlichkeitstests gewonnen, während subjektive Indikatoren aus Verhaltensbeobachtungen geschlossen werden. Für den vorliegenden Fragebogen wurden objektive Indikatoren herangezogen.

Festlegung eines Testziels

Die Festlegung des Testziels ist der dritte Schritt auf dem Weg zum Fragebogen. Hierbei wird zwischen den Zielen der Quantifizierung, Klassifizierung und der Kombination aus Quantifizierung und Klassifizierung unterschieden. Quantifizierung meint, dass der Test bzw. Fragebogen einen Merkmalswert für das Konstrukt ausgibt, also bspw. den Intelligenzquotienten für das Konstrukt Intelligenz. Ein Klassifizierungstest gibt inhaltsbedeutende und unterscheidbare Gruppenzugehörigkeiten zurück. Beispielsweise kann ein Intelligenztest die Gruppen der unter- und überdurchschnittlich Intelligenten unterscheiden (vgl. Bühner, 2021).

Festlegung einer Konstruktionsstrategie

Bei der Festlegung der Konstruktionsstrategie wird zwischen den Methoden der rationalen, externen, induktiven Testkonstruktion sowie dem Prototypenansatz unterschieden. Die rationale Testkonstruktion, auch als deduktive Methode bezeichnet, ist besonders bei Vorliegen einer gut ausgearbeiteten Theorie oder Definition für das Konstrukt geeignet (vgl. Bühner, 2021, S. 41). Die Items werden direkt aus der Konstruktdefinition abgeleitet, was bei einer möglichst rationalen Definition am einfachsten gelingt. Rational ist die Definition dann, wenn sie möglichst spezifisch ist, bspw. konkrete Zahlenwerte angibt. Diese Methode wurde für den in dieser Arbeit zu erstellenden Fragebogen angewandt und später näher erläutert. Die externe Testkonstruktion, auch als kriteriumsorientierte Testkonstruktion bezeichnet, hat das Ziel verschiedene Gruppen voneinander zu trennen. Aus diesem Grund werden aus der möglichen Item-Vielzahl die Trennschärfsten auf Grundlage empirischer Tests für die finale Testversion ausgewählt. Bei der

induktiven Methode der Fragebogenkonstruktion wird die gesammelte Item-Menge an einer Stichprobe getestet und anhand exploratorischer Faktorenanalyse ausgewertet. Hierbei werden Dimensionen gesucht, die den Item-Antworten innewohnt. Im Ergebnis kann mithilfe der gefundenen Dimensionen ein theoretisches Modell entwickelt werden. Schließlich nutzt der Prototypenansatz die Idee, dass Menschen von möglichen Konstrukten eine ähnliche Vorstellung haben. Demzufolge werden die prototypischen Vorstellungen zu einem Konstrukt von verschiedenen Personen gesammelt und aus ihnen Items formuliert. Dieser Ansatz eignet sich verstärkt für Persönlichkeitsfragebögen sowie für Leistungstests. Als Personen kommen auch Experten in Frage, was als Vorgehen besonders bei wenig Vorwissen über das Konstrukt geeignet ist (vgl. Bühner, 2021).

Festlegung eines Item- und Antworttyps

Schließlich muss im finalen Schritt der Fragebogenkonstruktion noch der Item- und Antworttyp festgelegt werden. Als Item-Formate kommen die Formen *gebunden*, *frei* und *atypisch* in Frage. Beim gebundenen Antworttyp werden konkrete Antwortmöglichkeiten vorgegeben, während ein freies Format nur wenige Vorgaben und damit auch Einschränkungen macht. Alle anderen Formate fallen in die Restkategorie atypisch. Die gebundenen Antwortformate können weiter in die Arten Ratingskala, Richtig-Falsch-Aufgabe, Einfach- und Mehrfachwahlaufgabe, Zuordnungsaufgabe und Umordnungsaufgabe unterteilt werden (vgl. Bühner, 2021). Für die vorliegende Arbeit werden nur Ratingskalen als geeignetes Format angesehen, da ein Beurteilungsmaß erhoben wird. Daher wird an dieser Stelle aus ökonomischen Gründen und zur Förderung der Lesbarkeit anschließend nur dieses Antwortformat näher erläutert.

3.2. Besonderheiten bei der Konstruktion von Ratingskalen

Ratingskalen geben Antwortkategorien bzw. Abstufungen wie „trifft zu“ bis „trifft nicht zu“ vor. Dieses Format ermöglicht die quantitative Beurteilung der Eigenschaftsausprägung. Zu beachten sind hierbei (vgl. Bühner, 2021):

- Differenzierungsgrad des Items (Anzahl der Antwortkategorien),
- Messgenauigkeit und Vorhersagegenauigkeit des Items
- Antwortverzerrungen bzw. Antwortstile
- Polarität des Items
- Benennung der Antwortalternativen
- Adjustierung der Item-Schwierigkeit
- Vor und Nachteile der Ratingskalen

Nach Krosnick und Presser (2010) sind vier Punkte von besonderer Bedeutung, damit Ratingskalen funktionieren:

- Die Antwortkategorien, die vorgegeben werden, sollten den ganzen kontinuierlichen Messbereich eines Konstrukts abdecken
- Die Bedeutung der angrenzenden Antwortkategorien sollte nicht überlappen
- Jede Person sollte eine präzise und stabile Vorstellung davon haben, was jede Antwortkategorie einer Skala bedeutet
- Alle Personen müssen darin übereinstimmen, wie die einzelnen Antwortkategorien zu interpretieren sind

Differenzierungsgrad des Items

Zu beachten ist ferner der Differenzierungsgrad der Antwortkategorien (vgl. Bühner, 2021). Dies meint vereinfacht die Anzahl der Antwortkategorien. Dabei ist die geeignete Anzahl an Antwortkategorien davon abhängig, wie gut Personen der Zielgruppe die Antwortkategorien nutzen. Ungenutzte Kategorien tragen keinen Informationsgehalt über die Ausprägung des Konstrukts und können somit entfallen. Um dies jedoch beurteilen zu können, ist zunächst eine Vorabwahl notwendig, die dann mittels Vorstudien evaluiert und ggf. angepasst wird. Bei der Vorabwahl wird zwischen der Komplexität der Frage und einer möglichst guten Differenzierung zwischen Personen abgewogen. Die spätere Vorstudie kann mithilfe der Think-Aloud-Technik durchgeführt werden. Bei der Think-Aloud-Technik werden die Testpersonen gebeten, ihre Gedanken während der Bearbeitung laut zu äußern. Sinnvoll kann auch eine Weiß-nicht-Kategorie sein, um eine Antwortverzerrung im mittleren Kategorienbereich zu verhindern. Es kann nämlich die Nutzung der mittleren Kategorie sowohl auf eine mittlere Ausprägung, als auch auf ein unpassendes Item aus Sicht der Antwortenden hindeuten. Zusätzlich verhindert diese Zusatzkategorie eine Frustration oder Überforderung der Antwortenden.

Mess- und Vorhersagegenauigkeit

Bezüglich der Mess- und Vorhersagegenauigkeit fasst Bühner (2021) die Literaturübersicht so zusammen, dass „die Messgenauigkeit der Tests bei Verwendung von bis zu sieben Antwortkategorien an[steigt] und [...] sich dann nur noch wenig [ändert]“ (Bühner, 2021, S. 49). Auch Krosnick und Presser (2010) empfehlen einen siebenstufiges Antwortformat mit Mittelkategorie. Bühner (2021) empfiehlt, „die Anzahl der Antwortkategorien nicht aufgrund zu erwartender psychometrischer Vorteile“ zu entscheiden (S. 49). Es sollte eine Abwägung zwischen Differenzierungsgrad und Verständlichkeit vorgenommen werden. So seien bspw. die Skalenanker *gelegentlich* und *manchmal* nicht gut für die Anwender*innen zu unterscheiden.

Polarität von Ratingskalen

Zu beachten ist ferner die Polarität bei Ratingskalen. Zu unterscheiden sind unipolare von bipolaren Skalen. Bipolare Skalen weisen einen neutralen Nullpunkt in der Mitte auf und entwickeln die Antwortalternativen davon ausgehend in eine negative und positive Richtung (vgl.

Abb. 7). Demgegenüber beginnen unipolare Skalen bei einem Nullpunkt am äußeren Skalenrand und steigern sich nur in eine Richtung (vgl. Abb. 8). Die unipolare Skala eignet sich besonders für Dimensionen, die einen natürlichen Nullpunkt aufweisen und beurteilt werden sollen.

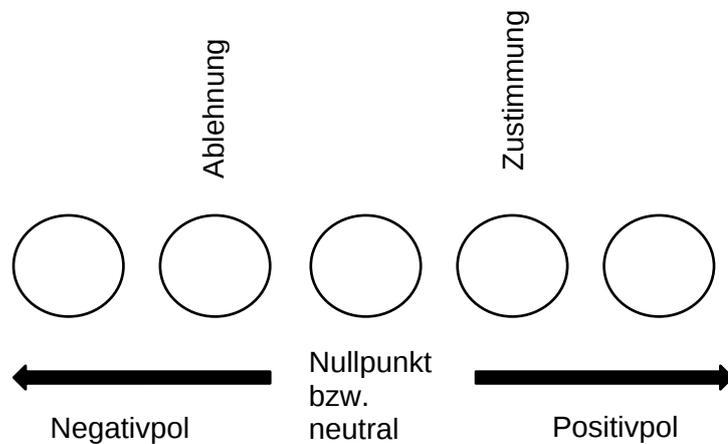


Abbildung 7: Darstellung einer bipolaren Ratingskala. Von einem neutralen Nullpunkt ausgehend werden die Antwortalternativen in negativer und positiver Ausrichtung formuliert. Eigene Darstellung nach Bühner (2021, S. 55).

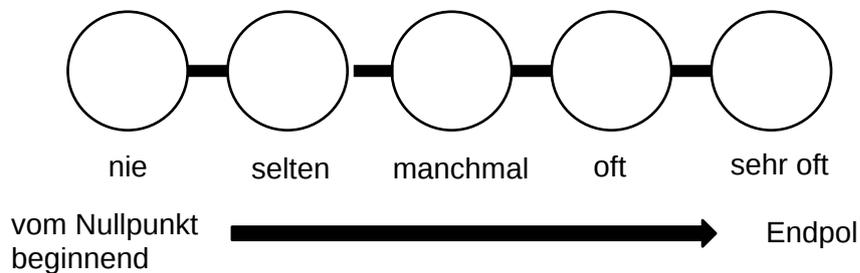


Abbildung 8: Darstellung einer unipolaren Ratingskala. Von einem Ende der Skala ausgehend, werden die Antwortalternativen nur in eine, hier in positiver, Richtung formuliert. Eigene Darstellung nach Bühner (2021, S. 55).

Auswahl des Skalenniveaus

Ergänzend ist bei Ratingskalen das Skalenniveau zu wählen. Ausgewählt werden kann zwischen einer Intervallskalierung oder Ordinalskalierung. Die Intervallskalierung verwendet den gleichen Abstand zwischen den Kategorien, die Ordinalskalierung nicht. Die Abbildung 9 verdeutlicht diesen Unterschied.

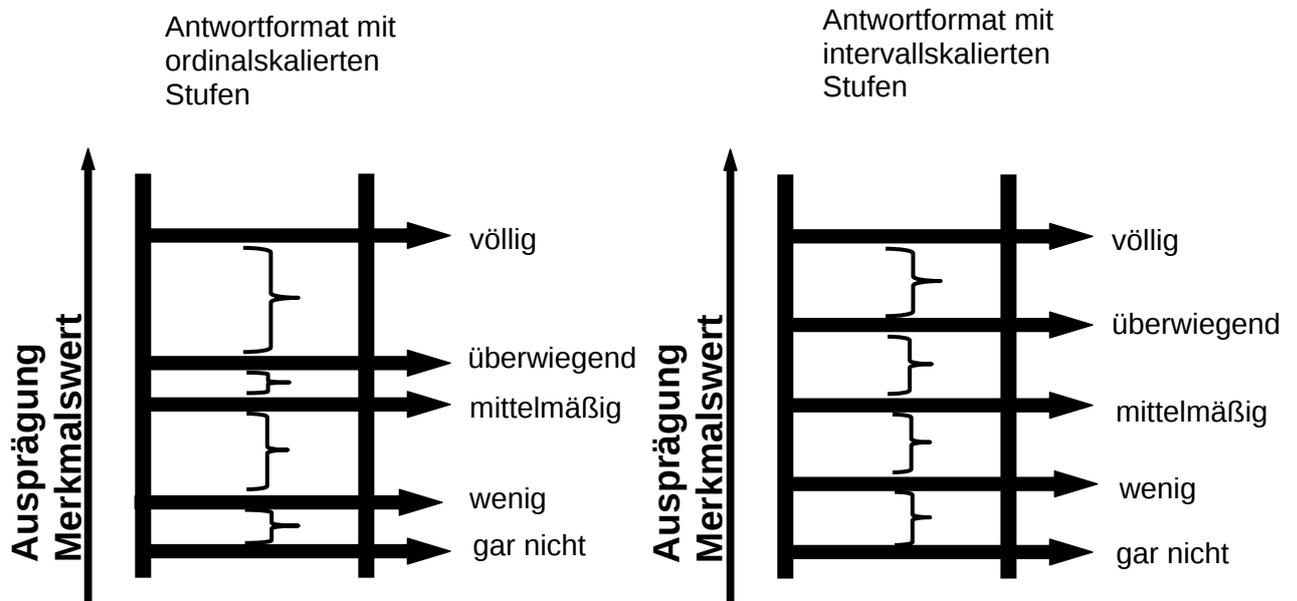


Abbildung 9: Darstellung des Unterschieds zwischen einer Ordinal- und Intervallskalierung. Eigene Darstellung nach Bühner (2021, S. 59).

Benennung der Antwortalternativen und Einstellung der Item-Schwierigkeit

Auch die Benennung der Antwortalternativen erfordert eine auf das Testziel abgestimmte Entscheidung. Grundlegend ist zwischen der Verwendung von Symbolen (z.B. Emoticons) und werthaltigen Zahlen (z.B. Schulnoten) zu unterscheiden. Nach Bühner (2021) erforschte Rohrmann (1978) den Zusammenhang zwischen dem Bedeutungsgehalt der sprachlichen Skalenbeschriftung und verwendeten Zahlencodierungen in Ratingskalen. Aus dieser Forschung sind Vorschläge zur verbalen Benennung von Antwortalternativen in Ratingskalen entstanden. Die Vorschläge beziehen sich auf die Bereiche *Häufigkeit*, *Intensität*, *Wahrscheinlichkeit* und *Bewertung*. Beispielhaft wird das Antwortformat für den Bereich *Bewertung* vorgestellt, welches für vorliegende Arbeit von Bedeutung ist, da Antworten ausschließlich aus diesem Bereich erfragt werden.

Empfehlung der Benennung der Antwortalternativen für den Bereich *Bewertung* (Rohrmann, 1978 nach Bühner, 2021):

Trifft gar nicht zu - trifft wenig zu - trifft teils-teils zu - trifft ziemlich zu - trifft völlig zu

An diesem Benennungsvorschlag hat sich der Verfasser orientiert und das Ergebnis wird im Kapitel 4 (*Fragebogengenerstellung*) dargestellt.

Auch die Schwierigkeit des Items muss an die Anwender*innen angepasst (adjustiert) werden. Vereinfacht ist damit gemeint, dass alle potenziellen Anwender*innen zur Item-Aussage ihren

individuellen Zustimmungswert wiederfinden müssen. Die Anpassung und Überprüfung der vorgegebenen Zustimmungswerte erfolgt durch Vortests (vgl. Dörig & Bortz, 2016, S. 270).

Vor- und Nachteile von Ratingskalen

Die Vorteile von Ratingskalen sind das differenzierte Erfassen von Merkmalsausprägungen sowie die ökonomische Auswertung. Demgegenüber stehen die Nachteile, dass die Abstufungen der Antwortvorgaben subjektiv unterschiedlich aufgefasst werden könnten, sowie oben beschriebene Antwortverzerrungen das Ergebnis verfälschen können. Jedoch sind für die Nachteile Gegenmaßnahmen möglich und insbesondere durch Vortests und verbale Skalenanker gut in den Griff zu bekommen (vgl. Bühner, 2021). Daher ist dieses Format für die gegenständliche Aufgabenstellung mit genannten Überlegungen geeignet.

3.3. Richtlinien zur Item-Formulierung

Bühner (2021) formuliert als Hilfestellung zur Item-Formulierung Empfehlungen, nach denen sich gerichtet werden soll, um zuverlässige Erhebungsergebnisse zu erzielen. Diese werden nachfolgend verkürzt wiedergegeben und in der Problemstellung dieser Arbeit berücksichtigt. Eine vollständige Wiedergabe der Richtlinien kann dem Anhang dieser Arbeit entnommen werden. Dort werden weitere erläuternde Beispiele beschrieben.

Richtlinien zur Item-Formulierung (verkürzt nach Bühner, 2021, S. 79 - 82)

- *Begriffe mit mehreren Bedeutungen sollten vermieden werden.*
- *Begriffe und Formulierungen vermeiden, die nur einem Teil der in Aussicht genommenen Zielgruppe geläufig sind.*
- *Jedem Item nur einen sachlichen Inhalt/Gedanken zugrunde legen.*
- *Keine doppelten Verneinungen verwenden, da diese die Verständlichkeit verringern und zu einer längeren Aufgabenbearbeitung führen können.*
- *Verallgemeinerungen vermeiden.*
- *Umständliche Längen und telegrafische Kürzen vermeiden. Bsp: U. U. ist es m. E. legitim, gegen Friedensbewegungsbefürworter mit Polizeigewalt vorzugehen.*
- *Wichtiges durch Fettdruck, Unterstreichen oder Ähnliches hervorheben.*
- *Eine Negativpolung durch Verneinung sollte vermieden werden, wenn dadurch eine valide Antwort auf das Item gefährdet ist.*
- *Der Zeitpunkt bzw. die Zeitspanne, auf die Bezug genommen wird, sollte eindeutig definiert sein.*

3.4. Antwortverzerrungen (Bias) im Fragebogenentwurf

Zusätzlich sind beim Fragebogenentwurf mögliche Antwortverzerrungen (Bias) und Antwortstile zu beachten. Bühner (2021) beschreibt als Beispiele den extremen Antwortstil und die

Akquieszenz. Beim extremen Antwortstil neigen die Probanden bei mehr als zwei Ausprägungen nur in den äußeren Rändern zu antworten und nicht die volle Antwortbreite auszuschöpfen. Umgangen werden kann dieses Problem durch die Verwendung dichotomer Items (Items ohne Schnittmenge) oder einer statistischen Korrektur. Dichotome Items verhindern das Problem in ihrer Ursache, während die statistische Korrektur eine nachgelagerte, mathematische Anpassung darstellt. Bei der Akquieszenz neigen die Probanden einer vorgegeben Aussage eher zuzustimmen als abzulehnen. Adressiert wird dieses Problem durch die Nutzung auch negativ gepolter Items. Bspw. kann die Aussage „ich bin **unglücklich**“ statt der Aussage „ich bin glücklich“ verwendet werden. Allerdings birgt dieses Vorgehen das Risiko einer ungültigen Antwort, da die Umpolung schnell überlesen werden kann (vgl. Bühner, 2021). Verfälschungen sind besonders für Leistungstests relevant und daher für die Problemstellung dieser Arbeit nicht von gehobener Bedeutung.

3.5. Theorie der Item-Beantwortung

Ergänzend soll noch ein Einblick in die sonst so trivial erscheinende Item-Beantwortung vorgenommen werden. Das Modell für den Beantwortungsprozess beschreibt Bühner (2021) nach Krosnick (1999). Demnach besteht der Beantwortungsprozess aus den vier Stufen *Verstehen*, *Retrieval*, *Urteilen* und *Antwort wählen*.

In der Stufe *Verstehen* geht es darum, dass Item visuell zu erfassen, den Inhalt zu verstehen und eine mentale Repräsentation aufzubauen. In der sich anschließenden Stufe *Retrieval* (dt. Abruf) werden Gedächtnisinformationen passend zu der aufgebauten Repräsentation bzw. dem Item-Inhalt abgerufen. Nachfolgend wird in der Stufe *Urteilen* ein Abgleich zwischen Item-Inhalt und abgerufenen Informationen vorgenommen. Dieser Vergleich führt dann in Stufe *Antwort wählen* zur Auswahl der am besten passenden Antwortkategorie aus Sicht der antwortenden Person. Die gewählte Antwort ist eine optimale Abwägungsentscheidung. Bühner (2021) weist darauf hin, dass dieser Prozess nicht immer so ablaufen muss und von weiteren Faktoren beeinflusst sein kann. Solche Faktoren sind u. a. die kognitive Beanspruchung, der Wunsch sich auszudrücken, interpersonale Reaktionen, die intellektuelle Herausforderung, das Self-Understanding, die Bereitschaft zu altruistischem Verhalten (Hilfsbereitschaft) und emotionaler Katharsis (vgl. Bühner 2021, S. 45 f.).

3.6. Störeinflüsse in Erhebungssituationen

Neben der Item-Generierung sind auch Störeinflüsse durch die Erhebungssituation zu berücksichtigen. Störvariablen bzw. konfundierende Variablen können entweder personen- oder umweltbedingt sein. Personenbezogenen Störfaktoren wird durch Zufallsverteilung bzw. Randomisierung begegnet. Diese Methode hat das Ziel, mögliche sozio-demografische Unterschiede (z.B. Einkommen) auf die Untersuchungsbedingungen gleich zu verteilen und somit

deren möglichen Einfluss zu nivellieren. Umweltbedingte Störfaktoren werden so gut es geht ausgeschaltet, indem bspw. die Untersuchung in einer kontrollierten Laborumgebung stattfindet oder die Störvariable, soweit bekannt, einfach miterhoben wird (vgl. Dörig & Bortz, 2016, S. 196). Bspw. könnte die Uhrzeit bei der Testbearbeitung eines Konzentrationstests ein konfundierender Faktor sein. Entweder würde durch Festlegung einer Durchführungszeit für alle Teilnehmer*innen dieser Störeinfluss ausgeschaltet oder als weiterer Faktor im Untersuchungsdesign miterhoben werden, um seinen möglichen Effekt zu berücksichtigen. In vorliegender Arbeit gestaltet sich die Berücksichtigung möglicher Störvariablen durch den prototypischen Charakter der Aufgabe schwierig. Es wird daher mit dem Bewusstsein vorgenannter Effekte der Fragebogen entwickelt und evaluiert. Letztlich können durch die prototypische Entwicklung nur Vermutungen über Störfaktoren angestellt werden, größtenteils sogar erst im Nachhinein.

3.7. Zusammenfassung

Im vorausgehenden Kapitel wurde die Theorie zur Fragebogenkonstruktion beschrieben. Zentral ist hierbei die Entwicklung einer Konstruktdefinition aus der dann die Test-Items mit unterschiedlichen Methoden abgeleitet werden. Neben Festlegungen des Testziels (Unterscheidung zwischen Quantifizierung und Klassifizierung) und der Konstruktionsstrategie (Unterscheidung zwischen rationaler, externer, induktiver und prototypischer Verfahrensweise) ist besonders der Antworttyp relevant. Es wurde vertiefend auf den gebundenen Antworttyp sog. Ratingskalen eingegangen, da er für die Problemstellung bzw. deren Lösung in dieser Arbeit von besonderer Bedeutung ist. Bei Ratingskalen sind der Differenzierungsgrad der Antwortalternativen, die Vorhersagegenauigkeit, mögliche Antwortverzerrungen, die Polarität der Items sowie die Item-Schwierigkeit zu berücksichtigen. Anpassungen erfolgen über Vortests bspw. mit der Think-Aloud-Technik. Ergänzend wurden Richtlinien zur Item-Formulierung vorgestellt, Vor- und Nachteile von Ratingskalen abgewogen sowie auf Störeinflüssen bei der Erhebungssituation eingegangen, die jedoch bei Entwicklung von Prototypen nur antizipierend berücksichtigt werden können.

4. Entwicklung des Fragebogens zur Erfassung von komplexen Interaktionssituationen

In diesem Kapitel werden der Aufbau, die entwickelten Testitems, angewandte Verfeinerungsprozesse und ein Fallbeispiel des entwickelten Fragebogens bzw. Analysetools erläutert. Folgende Besonderheit ist bei diesem Vorgehen zu beachten: Zunächst wird das finale Produkt des Fragebogens beschrieben und erst im Nachgang die Verfeinerungsprozesse (Vortest und Kolloquium) dargestellt. Nachfolgende Beschreibung beinhaltet also bereits das Ergebnis vorgenannter Prozesse.

4.1. Vorbemerkungen und allgemeiner Aufbau

Aufgabe dieser Arbeit war es, einen Fragebogen bzw. ein Analysetool für als komplex wahrgenommene Interaktionssituationen in Software-Entwicklungsprojekten zu erstellen. Dieser Fragebogen bzw. dieses Analysetool sollte als „Do-it-Yourself“-Hilfsmittel aufgebaut sein und damit den ausgearbeiteten Vorschlag von Moebert 2021 & 2022 deutlich operationalisieren, inhaltlich weiterentwickeln und eine angemessene Rückmeldung an die Nutzenden ermöglichen. Ziel war es, ein Instrument zu entwickeln mit dem Softwareentwickler*innen selbstständig ihr entwickeltes System reflektieren können. Die Gruppe der Softwareentwickler*innen ist dabei weit gefasst und meint alle am Entwicklungsprozess beteiligten Stakeholder. Aus diesem Umstand ergibt sich die Notwendigkeit einer breiten Anwenderfreundlichkeit sowie einer sprachlichen Niedrigschwelligkeit, der durch zusätzliche Hinweistexte Rechnung getragen wurde.

Begonnen wurde mit der Idee auf Basis der genannten Vorarbeiten einen Fragebogen zu erarbeiten, der dann mit zunehmender Ausarbeitung in seiner methodischen Form nicht mehr klar als solcher zu fassen war und daher fortan als Analysetool erarbeitet und bezeichnet wurde. Eine weitere sprachliche Erläuterung ergibt sich aus der Perspektive der Nutzenden dieses Werkzeugs: Um Bahnungseffekte (sog. *Priming*) möglichst zu reduzieren und da unter dem Begriff Komplexität im Alltagsgebrauch viele unterschiedliche Verständnisse existieren, wird in der Ansprache der Fragebogennutzer*innen (nachfolgend Anwender*innen genannt) von *herausfordernden* an Stelle von *komplexen* Interaktionssituationen gesprochen und ist folgend synonym zu verstehen.

Allgemeiner Aufbau des Analysetools

Das Analysetool besteht aus zwei Teilen. Teil 1 identifiziert und klassifiziert eine vom Anwender antizipierte Interaktionssituation, während in Teil 2 nur die als *komplex* klassifizierten Interaktionssituationen nach Kriterien von Grösser et al. (2017) analysiert werden (vgl. Abschnitt 2.4). Ziel dieser Analyse ist das Sichtbarmachen der Bereiche, in denen sich Komplexität manifestiert und zwar bezogen auf die jeweilige Interaktionssituation. Damit sollen den Anwender*innen Ansatzpunkte geliefert werden, um anspruchsvolle Interaktionssituationen anzupassen. Bei der Antizipation von herausfordernden Interaktionssituationen werden die Anwender*innen durch folgende, vorausgehende Arbeitsanweisung unterstützt:

In einem ersten Schritt vergegenwärtigen Sie sich bitte die aus Ihrer Sicht bedeutendsten/ anspruchsvollsten/ populärsten/ kritischsten/ unklarsten/ ... Interaktionssituationen Ihres Systems mit dem bzw. den Anwendenden Ihrer Zielgruppen (Personas).

Vergeben Sie für jede der antizipierten Situationen einen prägnanten Namen und notieren ihn. Die Namensgebung erleichtert Ihnen das weitere Vorgehen in Teil 2, in welchem dann die Analyse ausgewählter Situationen einzeln und sukzessive durchgeführt wird.

Wichtige Hinweise: Es kann genauso sinnvoll sein, hier anders vorzugehen und bspw. die jeweils unbedeutendsten/ anspruchslosesten/ langweiligsten, ... Situationen zuerst in den Blick zu nehmen. Damit soll Ihnen verdeutlicht werden, dass, unabhängig von Ihrer ersten Einschätzung, jede Interaktionssituation den Wert hat, analysiert zu werden und aufschlussreiche Ergebnisse liefern kann. Auch die hier vorgeschlagenen Adjektive sind nur Vorschläge und als Hilfestellung zu verstehen. Es sollte keine Interaktionssituation von Beginn an ausgeschlossen werden! Ebenso ist das hier dargestellte Vorgehen mit den auf den ersten Blick bedeutendsten Situationen zu beginnen und dann spiralförmig weniger bedeutende Situationen zu analysieren nur ein Vorschlag, aber eventuell hilfreich um „den Faden aufzunehmen“.

Dieser lange Einführungsteil bedarf der Erläuterung: Die scheinbare Beliebigkeit in der Anwendung ist das Resultat der Überlegung, dass die „relevanten“ Interaktionssituationen (relevant sind alle Situationen, welche ein Reflexionsergebnis liefern) immer einem menschlichen Filterprozess ausgesetzt sind. Mit dieser Arbeitsanweisung soll dieser Filter so grobmaschig wie möglich ausgelegt werden und dennoch keine „Überflutung“ an Interaktionssituationen zulassen. Anders ausgedrückt, soll durch die Anweisung so wenig Fremdaktivierung wie möglich, bei gleichzeitig so viel Lenkung wie nötig geschehen, um die Anwender*innen „auf den Weg zu bringen“. Im Ergebnis bedeutet die Anweisung, dass die Anwender*innen sich eine „irgendwie besonders“ geartete Interaktionssituation vorausdenken und dann die weiteren Schritte hierauf anwenden und dieser Prozess iterativ bis zu einem selbstbestimmten Ende fortsetzt. Die Grundüberlegung, so wenig fremden Einfluss wie möglich durch Fragen, Hinweise und Anweisungen zu nehmen, zieht sich auch bei der weiteren Fragebogenkonstruktion fort. Diese wird nachfolgend beschrieben.

4.2. Genese des Teil 1: Identifikation von komplexen Interaktionssituationen

Entwicklung und Erläuterung der Testitems

Für den erstellten Fragebogen bzw. das Analysetool wurde entsprechend dem Ablauf der Fragebogenkonstruktion (vgl. Kapitel 3.1) zunächst die Konstruktdefinition der Interaktionskomplexität erstellt. Hierfür wurde ein Top-Down Vorgehen gewählt und anhand vorhandener Literatur folgende Definition festgelegt und aus dieser drei messbare Indikatoren abgeleitet (vgl. Kapitel 2; Moebert 2021 & 2022).

Von Interaktionskomplexität kann immer dann gesprochen werden, wenn aufgrund von Dynamik und der aus dieser resultierenden Unvorhersehbarkeit, den vielfältigen Verhaltensmöglichkeiten und den dynamischen Wirkungsverläufen das Verhalten des genutzten Systems, der Interaktionssituation sowie die Auswirkungen der einzelnen Handlungen nicht vorhergesagt, sondern lediglich im Nachhinein rekonstruiert werden können. (Moebert 2022, S. 3)

Die drei Indikatoren für Interaktionskomplexität sind demnach:

1. Vorhersehbarkeit der Auswirkungen eigenen Handelns,
2. Benötigtes Experten- und Detailwissen,
3. Ausmaß an möglicher Rekonstruierbarkeit.

Der Indikator Dynamik hat sich als nicht solide herausgestellt, da eine hohe Dynamik eine geringe Vorhersehbarkeit zur Folge hat und somit bereits in diesem Indikator enthalten ist. Jedoch findet sich Dynamik als Analysemerkmal im Teil 2 des Fragebogens wieder (Erklärung weiter unten). Der Indikator Experten- und Detailwissen soll Kompliziertheit ausschließen und damit *indirekt* Interaktionskomplexität erfassen. Dies ist darin begründet, dass Unvorhersehbarkeit auf fehlendes Detail- und Expertenwissen zurückzuführen sein kann und es sich dann nur um eine komplizierte Interaktionssituation handeln würde (vgl. Kapitel 2; Moebert 2022, S. 4)

Anhand dieser Indikatoren wird im ersten Teil des Fragebogens die von den Anwender*innen antizipierte Interaktionssituation in den Kategorien *offensichtlich*, *kompliziert*, *komplex* oder *chaotisch* klassifiziert. Das konkrete Vorgehen wird später erläutert. Für die oben genannten drei Indikatoren wurden folgende Testitems bzw. Testfragen entwickelt.

Indikator Vorhersehbarkeit (Frage 1):

In welchem Ausmaß können Ihre Zielgruppen in der Interaktionssituation vorhersehen, wie sich das System verhalten wird und damit die Konsequenzen des eigenen Handelns vorhersehen?

Zu jeder Frage wurde zusätzlich ein erklärender Hinweistext entwickelt, um das Verständnis des Items für eine breite Anwendergruppe gemäß den eingangs genannten Anforderungen zu erfüllen. Die Hinweise dienen auch der Harmonisierung bzw. Schärfung der inhaltlichen Interpretation der Fragestellung, die besonders bei heterogenen Anwendergruppen wichtig ist. Damit dienen die Erläuterungen auch als Skalenverankerung (vgl. Abschnitt 3.2). Der Hinweis für o.g Frage lautet:

[Mit Vorhersehbarkeit] ist gemeint, wie wahrscheinlich es für die jeweilige Nutzergruppe ist, dass im Laufe der Interaktionssituation Ursache-Folge-Beziehungen erkannt bzw. erlernt und angewendet werden können?

Für das Antwortformat wurde eine Ratingskala mit vier Ausprägungen gewählt. Aus den Vortests und Fachgesprächen (vgl. nachfolgende Ausführungen) wurde von der Literaturempfehlung einer 7-stufigen Skala abgewichen, da diese zu feingranular war. Zusätzlich hat sich in diesem Zusammenhang die Idee von variablen Nutzergruppen entwickelt und durchgesetzt. Der Ausgangspunkt für dieses Ergebnis war, dass es keine homogene Nutzergruppe von Softwareanwendungen gibt und jede dieser Gruppen sich stark in der Komplexitätswahrnehmung unterscheidet. Weiterhin werden Nutzergruppen bzw. Personas in Softwareprojekten definiert und können direkt hierfür genutzt werden. Eine Persona ist eine prototypische Beschreibung einer Nutzergruppe durch Verhalten, Erscheinungsbild, Werten und Einstellungen. In folgender Tabelle ist das Antwortformat als Ratingskala für den soeben beschriebenen Indikator Vorhersehbarkeit dargestellt.

Zielgruppe/ Persona	uneingeschränkt vorhersehbar (1)	überwiegend vorhersehbar (2)	mit deutlichen Ein- schränkungen vorhersehbar (3)	überwiegend nicht vorhersehbar (4)
A				
[...]				
E				

Tabelle 1: Darstellung des Antwortformats für den Indikator *Vorhersehbarkeit* (Frage 1 - Teil 1). Die Anwender*innen kreuzen für ihre jeweilige Zielgruppe ihre Einschätzung bezüglich Frage 1 an.

Analog ist das Vorgehen und die Hintergrundüberlegungen für die weiteren zwei Indikatoren. Deshalb werden die entwickelten Testitems mit dem jeweiligen Antwortformat hier nur nachfolgend, ohne zusätzliche Erläuterung, wiedergegeben. Anschließend folgt die Beschreibung der Selbstausswertung des Teil 1.

Indikator *Detail und Expertenwissen* (Frage 2):

In welchem Ausmaß benötigen Ihre Zielgruppen Detail- bzw. Expertenwissen über das System, um die Interaktionssituation erfolgreich (vorhersagbar) zu bewältigen?

Hinweis: Damit ist gemeint, wie wahrscheinlich benötigtes Detail- bzw. Expertenwissen für die Bewältigung der betrachteten Interaktionssituation tatsächlich zur Verfügung steht. Unter Detailwissen wird ein Wissensbestand verstanden, der prinzipiell vorhanden ist, jedoch nur mit zusätzlichem Aufwand erworben wird, z. B. Lesen einer Bedienungsanleitung. Unter Expertenwissen wird ein Wissensbestand verstanden, der hauptsächlich durch intensive Erfahrung mit dem Problemgegenstand erworben wird, z.B. Häufige Anwendung von spezialisierten Excelfunktionen.

Zielgruppe/ Persona	Benötigen eine große Menge an Detail- bzw. Expertenwissen (1)	Benötigen moderates Detail- bzw. Expertenwissen (2)	Benötigen wenig Detail- bzw. Expertenwissen (3)	Benötigen kein Detail- bzw. Expertenwissen (4)
A				
[...]				
E				

Tabelle 2: Darstellung des Antwortformats für den Indikator *Detail und Expertenwissen* (Frage 2 - Teil 1). Die Anwender*innen kreuzen für ihre jeweilige Zielgruppe ihre Einschätzung bezüglich Frage 2 an.

Indikator *Rekonstruierbarkeit* (Frage 3):

In welchem Ausmaß könnten Ihre Zielgruppen in der Interaktionssituation ein unerwartetes Systemverhalten erst im Nachhinein rekonstruieren?

Hinweis: *Damit ist gemeint, mit welcher Wahrscheinlichkeit in der Interaktionssituation vorhersagbare Entscheidungen für die Nutzergruppe erschwert werden, sodass diese nur im Nachhinein klar sind.*

Zielgruppe/ Persona	uneingeschränkt rekonstruierbar (1)	überwiegend rekonstruierbar (2)	mit deutlichen Ein- schränkungen rekonstruierbar (3)	überwiegend nicht rekonstruierbar (4)
A				
[...]				
E				

Tabelle 3: Darstellung des Antwortformats für den Indikator *Rekonstruierbarkeit* (Frage 3 - Teil 1). Die Anwender*innen kreuzen für ihre jeweilige Zielgruppe ihre Einschätzung bezüglich Frage 3 an.

Entwicklung und Erläuterung der Selbstausswertung des Teil 1

Die vorgenannten drei Testitems dienen der Klassifizierung der Interaktionssituation und sollen anschließend von den Anwender*innen selbstständig ausgewertet werden. Hierfür wurde folgendes Vorgehen entwickelt:

Um die Klassifikation vorzunehmen müssen die Anwender*innen die Punktwerte ihrer Antworten nach vorgegebenen und nachfolgendem Schema auswerten. Dieses Schema wurde aus dem in Kapitel 2 dargestellten Komplexitätsverständnis und den dort dargestellten Vorarbeiten von

Moebert (2021 & 2022) sowie der Konstruktdefinition mit seinen Indikatoren heraus abgeleitet und adaptiert. Die Hintergrundüberlegungen werden weiter unten erläutert. Zuvor wird die Anweisung für die Anwender*innen dargestellt.

Die Arbeitsanweisung in dem Analysetool lautet für die Anwender*innen wie folgt:

Nun tragen Sie bitte Ihre Antworten als Zahlenwerte (Werte 1 bis 4) der Fragen 1 bis 3 in die untenstehende Tabelle ein. Sie können so die betrachtete Interaktionssituation für jede Zielgruppe nach folgendem Schema selbst klassifizieren.

Hinweis: Im Teil Zwei dieses Analysetools werden dann nur noch die komplexen Interaktionssituationen betrachtet.

Auswertung Ihrer Interaktionssituation

Zielgruppe/ Persona	Frage 1	Frage 2	Frage 3	Klassifikation
A				
[...]				
E				

Tabelle 4: Darstellung der Auswertungstabelle in Teil 1. Die Anwender*innen tragen ihre Antwortwerte (Zahlenwerte 1 - 4) für jede Frage und Zielgruppe ein. Im zweiten Schritt wird daraus die Klassifikation der Interaktionssituation vorgenommen.

Auswertungsschema:

Klasse der Interaktionssituation	Frage 1 (Vorhersehbarkeit)	Frage 2 (Detail- und Expertenwissen)	Frage 3 (Rekonstruierbarkeit)
Offensichtlich	1 oder 2	3 oder 4	Nicht zutreffend
Kompliziert	1 oder 2	1 oder 2	Nicht zutreffend
Komplex	3 oder 4	Nicht zutreffend	1 oder 2
Chaotisch	3 oder 4	Nicht zutreffend	3 oder 4

Tabelle 5: Darstellung des Auswertungsschemas in Teil 1. Die Anwender*innen erhalten mit dieser Tabelle die Vorgehensweise, um ihre Interaktionssituation zu klassifizieren. Ist das Ergebnismuster bspw. 3 (Frage 1), 4 (Frage 2), 1 (Frage 3) handelt es sich um eine komplexe Interaktionssituation. Zu beachten ist, dass teilweise nicht alle Fragen für die Klassifikation relevant sind („Nicht zutreffend“) und dann jeder beliebige Antwortwert eingesetzt werden kann.

Auswertungsbeispiel:

<i>Zielgruppe/ Persona</i>	<i>Frage 1</i>	<i>Frage 2</i>	<i>Frage 3</i>	<i>Ergebnis/ Klassifikation</i>
A	2	1	2	Kompliziert
B	2	3	2	Offensichtlich
C	4	3	4	chaotisch
D	3	2	2	komplex

Tabelle 6: Darstellung von beispielhaften Auswertungen in Teil 1. Die Anwender*innen erhalten mit dieser Tabelle eine Hilfestellung, um ihre Interaktionssituation zu klassifizieren. Wurde bspw. für die Zielgruppe B das Ergebnismuster 2-3-2 erzeugt, so handelt es sich um eine offensichtliche Interaktionssituation.

Der Hintergrund vorgenannter Klassifikationsanleitung soll nun erläutert werden. Moebert (2021) hat auf Basis von zwei (diagnostischen) Fragen die Klassifikation in die Kategorien *offensichtliche*, *komplizierte* und *komplexe Interaktionssituation* vorgenommen (vgl. Abschnitt 2.5). In vorliegender Arbeit wurde jedoch ein methodisch anderes Verfahren angewandt, das sich aus der Fragebogenkonstruktion ergab. Ausgehend von dem Komplexitätsverständnis und der daraus abgeleiteten Konstruktdefinition wurden drei Indikatoren bzw. drei Items entwickelt. Die entwickelten Fragen unterscheiden sich daher zu denen von Moebert (2021). Aus Sicht des Verfassers sind diese nun, neben der ergänzten theoretischen Fundierung, eindeutiger und stringenter gefasst. Zusätzlich wurden die Antworten nicht nur binär im Ja-Nein-Format sondern als 4-stufige Ratingskala bzw. Likert-Skala erfasst. Mit der differenzierteren Erfassung wurde das Ziel verfolgt, eine angemessenere Abbildung der Wirklichkeit zu realisieren. Eine klare Trennung in vorhanden („Ja“) oder nicht vorhanden („Nein“) entspricht nicht der Lebenswirklichkeit. Besser repräsentieren Schwellwerte diese Wirklichkeit. Leider hat sich im Rahmen der Erarbeitung auch gezeigt, dass die Umsetzung einer Annäherung an diese „schwellwertige Realität“ nur schrittweise erfolgen kann. Eine konsequente Umsetzung beinhaltet die Gefahr, sich in zu hoher Kompliziertheit zu verlieren (siehe hierzu auch das Kapitel 6). Daher wurde die umgesetzte Vierwertigkeit zunächst auf eine Zwei-Wertigkeit reduziert. D.h. die Antwortwerte 1 und 2 wurden als „Ja“ interpretiert und die Antwortwerte 3 und 4 als „Nein“ verstanden. Aus diesen Rahmenbedingungen wurde das in Abbildung 10 dargestellte Klassifikationsschema entwickelt, welches nachfolgend verbal beschrieben wird.

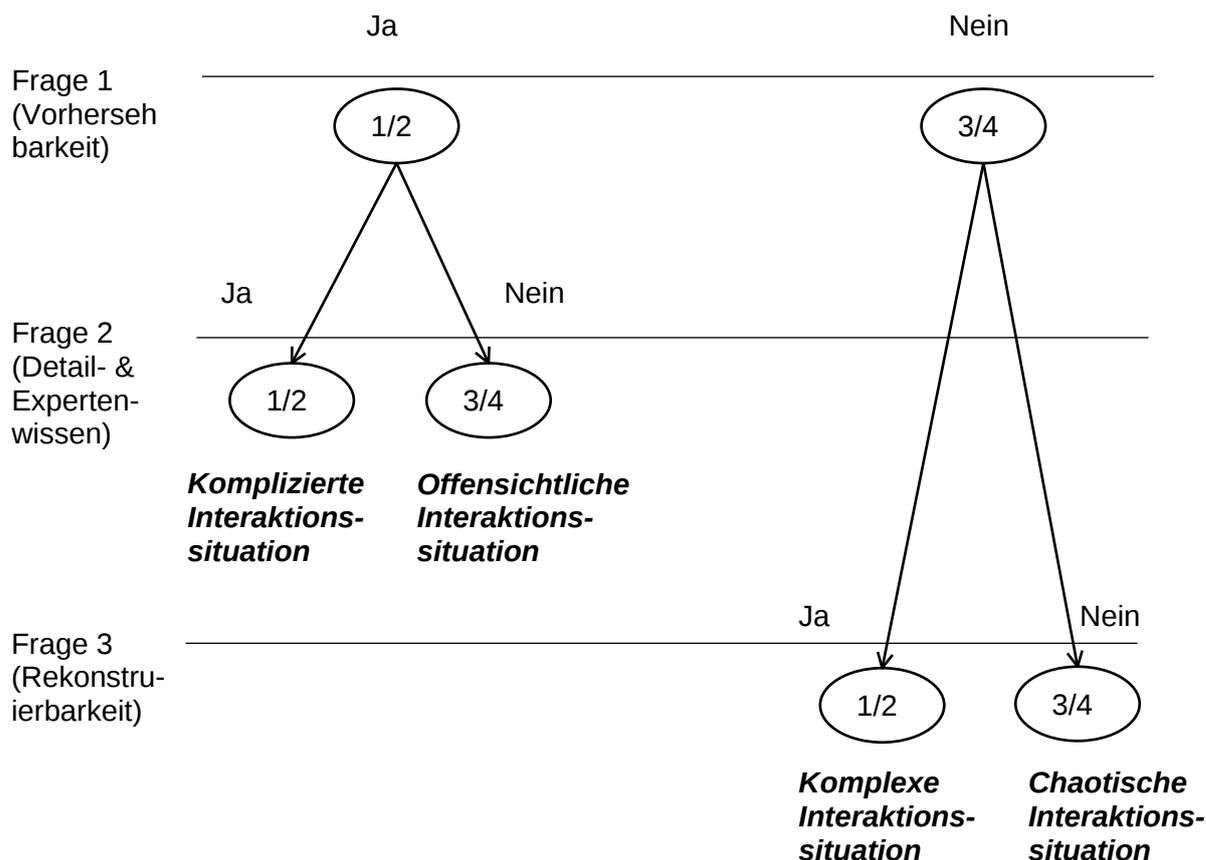


Abbildung 10: Klassifikationsschema zur Identifikation von komplexen Interaktionssituationen. Das Klassifikationsschema differenziert anhand von drei Fragestellungen zwischen offensichtlichen, komplizierten, komplexen und chaotischen Interaktionssituationen. Eine chaotische Interaktionssituation müsste in Frage 1 die Antwortwerte 3 oder 4 und in Frage 3 die Werte 3 oder 4 erzeugen, um als solche klassifiziert zu werden. Frage 2 ist in diesem Fall nicht von Bedeutung, da die Interaktionssituation auch mit Zusatzwissen (Frage 2) nicht vorhersehbar wird. Weitere Erläuterung im Text. Eigene Darstellung.

Wird Frage 1 (allgemeine Vorhersehbarkeit) mit „Ja“ (gleichbedeutend mit den Antwortwerten 1 oder 2) beantwortet, so handelt es sich potenziell um eine *komplizierte* **oder** *offensichtliche Interaktionssituation*. Um dies zu unterscheiden, wird Frage 2 benötigt. Wird Frage 2 (Vorhersehbarkeit mit Experten- und Detailwissen) mit „Nein“ (gleichbedeutend mit den Antwortwerten 3 oder 4) beantwortet, handelt es sich klar um eine *offensichtliche Interaktionssituation*, da die Vorhersehbarkeit kein besonderes Vorwissen benötigt. Im Fall der Beantwortung der Frage 2 mit „Ja“, handelt es sich klar um eine *komplizierte Interaktionssituation*, da diese nur mithilfe von Detail- oder Expertenwissen vorhersehbar ist bzw. wird.

Wird Frage 1 hingegen zu Beginn mit „Nein“ beantwortet (Vorhersehbarkeit nicht möglich), so kann es sich potenziell nur noch um eine *komplexe* **oder** *chaotische Interaktionssituation* handeln (es entfällt Frage 2). (Frage 2 entfällt, weil die Interaktionssituation sowohl mit als auch ohne Zusatzwissen nicht vorhersehbar ist). Um weiter zu unterscheiden, wird Frage 3 benötigt. Wird Frage 3 mit „Ja“ beantwortet, handelt es sich klar um eine *komplexe Interaktionssituation*, da die Interaktionssituation im Vorhinein zwar intransparent ist, sich aber (immerhin) im Nachhinein sinnvoll rekonstruieren lässt (richtiges Handeln ist im Nachhinein einsichtig). Im Fall der

Beantwortung der Frage 3 mit „Nein“ ist die Interaktionssituation *chaotisch*, d.h sowohl im Vor- als auch im Nachhinein intransparent. Dieses Schema wird in Abbildung 10 dargestellt.

4.3. Genese des Teil 2: Analyse von komplexen Interaktionssituationen

Entwicklung und Erläuterung der Testitems

Im zweiten Teil des Fragebogens sollen nun die als komplex klassifizierten Interaktionssituationen weiter betrachtet und analysiert werden.

Die Analyse erfolgt auf Grundlage der zehn Komplexitätskriterien für dynamische Komplexität nach Grösser et al. (2017) bzw. Grösser (2018). Auch die ergänzenden Hinweise haben ihren konzeptuellen Ursprung aus vorgenannten Publikationen (siehe Abschnitt 2.4). Die Hinweise wurden jedoch angepasst bzw. verändert, da diese teilweise in ihrer ursprünglichen Form nicht verständlich formuliert sind. Ergänzendes Motiv war es, die Hinweise für eine breite Anwendergruppe verständlich zu gestalten. Aus den theoretischen Überlegungen eines sozio-technischen Systems (vgl. Karafyllis, 2019; Kapitel 1) entstammt der zusätzliche Hinweis, dass stets auch das Umfeld der Interaktionssituation zu beachten ist, da dieses Bestandteil des Gesamtsystems ist.

Für die Komplexitätskriterien wurden nachfolgende Testitems bzw. Fragen entwickelt. Das Antwortschema ist in einer 5-stufigen Ratingskala von „*trifft immer zu*“ bis „*trifft praktisch nie zu*“ ausgeführt. Die Benennung der Antwortalternativen wurde nach den Empfehlungen aus Abschnitt 3.6.5 erstellt und nach den Ergebnissen aus Vortest und Kolloquium (Beschreibung später) angepasst. Leitender Gedanke war, dass Anwender*innen dazu neigen keine ausschließenden Extremwerte anzukreuzen. Daher wurde insbesondere der untere Skalenrand mit „*trifft praktisch nie zu*“ etwas „aufgeweicht“. Die Zwischenwerte wurden entsprechend angepasst, jedoch das Grundkonzept der genannten Empfehlung beibehalten. Die Richtung der Polarität wurde an die Antwortvarianten des Teil 1 orientiert und vom positiven zum negativen formuliert.

Im hier beschriebenen Teil 2 sind die Nutzergruppen aus Teil 1 nicht mehr von Bedeutung, da die Interaktionssituation für mindestens eine Nutzergruppe als komplex klassifiziert wurde. Weiterhin dient dieser zweite Analyseteil der Entdeckung von Komplexitätsbereichen, die sich unabhängig einer Nutzergruppe manifestieren.

Nachfolgend werden die entwickelten Testitems bzw. Testfragen inklusive der entwickelten Hinweise und einmal dem gleichbleibenden Antwortformat für die zehn Komplexitätskriterien aufgeführt. Eine Erläuterung ausgewählter Items erfolgt im Anschluss.

Item für das Komplexitätskriterium *Dynamik*

Bitte geben Sie an: In welchem Ausmaß ist die Interaktionssituation von Dynamik geprägt?

Hinweis: Damit ist gemeint, in welchem Ausmaß sich die Interaktionssituation über die Zeit verändert. Eine dynamische Interaktionssituation generiert bei gleichen Voraussetzungen unterschiedliche Konsequenzen. Was zunächst stabil wirkte, variiert über eine Zeitspanne. Berücksichtigen Sie bitte dabei auch das Umfeld der Interaktionssituation!

Trifft immer zu (1)	Trifft überwiegend zu (2)	Trifft teilweise zu (3)	Trifft überwiegend nicht zu (4)	Trifft praktisch nie zu (5)

Tabelle 7: Antwortformat für die Items der Komplexitätskriterien. Alle zehn Items der Komplexitätskriterien werden in diesem Antwortformat beantwortet.

Item für das Komplexitätskriterium *Verknüpfung der Systemelemente*

Bitte geben Sie an: In welchem Ausmaß interagieren in der betrachteten Interaktionssituation eng verknüpfte Systemelemente miteinander?

Hinweis: Eine enge Verknüpfung der Systemelemente meint, dass Elemente oder Akteure oft bzw. viel miteinander interagieren. Berücksichtigen Sie bitte dabei auch das Umfeld der Interaktionssituation!

Item für das Komplexitätskriterium *Feedback bzw. Rückkopplung*

Bitte geben Sie an: In welchem Ausmaß das System durch Feedback bzw. Rückkopplung gesteuert wird?

Hinweis: Dies meint, dass das System und deren Konsequenzen durch das Feedback bzw. Die Rückkopplung verknüpft sind. Durch diese Kopplung zwischen Systemelementen können Handlungen und Ereignisse auf sich selbst zurückwirken. Berücksichtigen Sie bitte dabei auch das Umfeld der Interaktionssituation!

Item für das Komplexitätskriterium *Nichtlinearität im Systemverhalten*

Bitte geben Sie an: In welchem Ausmaß ist das Systemverhalten in der betrachteten Interaktionssituation nichtlinear?

Hinweis: Nichtlinearität meint, dass der Effekt zu seiner Ursache nicht proportional ist, also auch kleine Handlungen große Effekte haben können. Nichtlinearität kann bildhaft als Kurve veranschaulicht werden. Berücksichtigen Sie bitte dabei auch das Umfeld der Interaktionssituation.

Item für das Komplexitätskriterium *Vergangenheitsabhängigkeit*

Bitte geben Sie an: In welchem Ausmaß ist das Systemverhalten in der betrachteten Interaktionssituation vergangenheitsabhängig?

Hinweis: *Vergangenheitsabhängigkeit meint, dass die von den Nutzer:innen zu treffenden Entscheidungen von vorausgegangenen Entscheidungen abhängig sind. Die Struktur des Systems ist das Produkt der vergangenen Aktionen (Wechselwirkungen). Berücksichtigen Sie bitte dabei auch das Umfeld der Interaktionssituation!*

Item für das Komplexitätskriterium *Selbstorganisation*

Bitte geben Sie an: In welchem Ausmaß ist das Systemverhalten in der betrachteten Interaktionssituation selbstorganisierend?

Hinweis: *Selbstorganisierend meint, dass die Dynamik des Systems, mit dem die Interaktion stattfindet, maßgeblich auf spontanen Ergebnissen der internen Systemstruktur zurückzuführen ist. Berücksichtigen Sie bitte dabei auch das Umfeld der Interaktionssituation!*

Item für das Komplexitätskriterium *Adaptivität*

Bitte geben Sie an: In welchem Ausmaß ist das Systemverhalten in der betrachteten Interaktionssituation adaptiv?

Hinweis: *Adaptivität meint, dass das System mit dem die Interaktion stattfindet aus sich selbst heraus Anpassungen vornimmt. Zu beachten ist, dass die Entscheidungsregeln für diese Anpassung zusätzlich variieren können. Berücksichtigen Sie bitte dabei auch das Umfeld der Interaktionssituation!*

Item für das Komplexitätskriterium *Konstraintuitivität*

Bitte geben Sie an: In welchem Ausmaß ist das Systemverhalten in der betrachteten Interaktionssituation konstraintuitiv?

Hinweis: *Konstraintuitivität meint, dass Entscheidungspersonen die Ursachen und deren Auswirkungen auf die Situation nicht mithilfe ihrer Intuition erfassen können. Berücksichtigen Sie bitte dabei auch das Umfeld der Interaktionssituation!*

Item für das Komplexitätskriterium *Interventionsbeständigkeit*

Bitte geben Sie an: In welchem Ausmaß ist das Systemverhalten in der betrachteten Interaktionssituation interventionsbeständig?

Hinweis: Interventionsbeständigkeit meint, dass ergriffene Maßnahmen zur Änderung der Situation nicht den gewünschten Effekt haben oder die Situation sogar verschlimmern können. Berücksichtigen Sie bitte dabei auch das Umfeld der Interaktionssituation!

Item für das Komplexitätskriterium Abwägungsentscheidungen

Bitte geben Sie an: In welchem Ausmaß ist das Systemverhalten in der betrachteten Interaktionssituation von Abwägungsentscheidungen (trade-offs) geprägt?

Hinweis: Abwägungsentscheidungen zeichnen sich dadurch aus, dass eine solche Entscheidung sowohl kurz- als auch langfristige Folgen hat. Dabei sind die langfristigen Folgen i. d. R. kaum überschaubar. Beispielsweise sind die langfristigen Folgen einer Zustimmung zur Datenverarbeitung unüberschaubar, weil unklar sein kann wie sich die Zustimmung langfristig auswirkt. Berücksichtigen Sie bitte dabei auch das Umfeld der Interaktionssituation!

Aus Sicht des Verfassers sind folgende, ausgewählte Testitems in ihrer Entwicklung und Abwandlung zu erläutern: *Dynamik, Nichtlinearität, Adaptivität und Abwägungsentscheidungen*. Zu diesem Zweck werden die Hinweise aus Grösser (2018) und die daraus abgewandelten Formulierungen für vorgenannte Test-Items tabellarisch gegenübergestellt (vgl. Tab. 8).

Komplexitätskriterium bzw. Testitem	Formulierung nach Grösser (2018)	Abgewandelte Formulierung im entwickelten Analysetool
Dynamik	Dynamik: Das System entwickelt oder verändert sich über die Zeit. Was unveränderlich zu sein scheint, variiert über einen längeren Zeithorizont.	Hinweis: Damit ist gemeint, in welchem Ausmaß sich die Interaktionssituation über die Zeit verändert. Eine dynamische Interaktionssituation generiert bei gleichen Voraussetzungen unterschiedliche Konsequenzen. Was zunächst stabil wirkte, variiert über eine Zeitspanne. Berücksichtigen Sie bitte dabei auch das Umfeld der Interaktionssituation!

Nichtlinearität	Nichtlinearität: Nichtlinearität ist vorhanden, wenn zumindest ein Element in dem System in einer nichtlinearen Art und Weise mit einem anderen interagiert; graphisch drückt sich Nichtlinearität durch eine gekrümmte, anstelle einer geraden Linie aus. Insbesondere bedeutet „nichtlinear“, dass ein Effekt selten proportional zu seiner Ursache ist.	Hinweis: Nichtlinearität meint, dass der Effekt zu seiner Ursache nicht proportional ist, also auch kleine Handlungen große Effekte haben können. Nichtlinearität kann bildhaft als Kurve veranschaulicht werden. Berücksichtigen Sie bitte dabei auch das Umfeld der Interaktionssituation.
Adaptivität	Adaptiv: Adaptiv bedeutet, dass ein System sich selbst als Ergebnis der Erfahrung verändert. Somit ändern sich die Fähigkeiten und Entscheidungsregeln der Agenten in einem komplexen System im Zeitverlauf.	Hinweis: Adaptivität meint, dass das System mit dem die Interaktion stattfindet aus sich selbst heraus Anpassungen vornimmt. Zu beachten ist, dass die Entscheidungsregeln für diese Anpassung zusätzlich variieren können. Berücksichtigen Sie bitte dabei auch das Umfeld der Interaktionssituation!
Abwägungs- entscheidungen	Zeitliche Abwägungs- entscheidungen (Trade-offs): Zeitverzögerungen haben zur Folge, dass in einem System die langfristigen Auswirkungen auf eine Intervention oft anders sind als die kurzfristigen Auswirkungen.	Hinweis: Abwägungsentscheidungen zeichnen sich dadurch aus, dass eine solche Entscheidung sowohl kurz- als auch langfristige Folgen hat. Dabei sind die langfristigen Folgen i. d. R. kaum überschaubar. Beispielsweise sind die langfristigen Folgen einer Zustimmung zur Datenverarbeitung unüberschaubar, weil unklar sein kann wie sich die Zustimmung langfristig auswirkt. Berücksichtigen Sie bitte dabei auch das Umfeld der Interaktionssituation!

Tabelle 8: Gegenüberstellung der überarbeiteten Erläuterungen nach Grösser (2018) für ausgewählte Test-Items des Teil 2. Die Tabelle zeigt, inwiefern die Hinweise überarbeitet wurden, um die Verständlichkeit für die Anwender*innen zu erhöhen.

Entwicklung und Erläuterung der Selbstausswertung des Teil 2 und des Glossars

Wie schon in Teil 1, ist auch in Teil 2 eine Selbstausswertung durch die Anwender*innen entwickelt worden. Ziel war es, den Anwender*innen eine geeignete, grafische Rückmeldung der Komplexitätsbereiche anzubieten. Entwickelt wurde ein Netzdiagramm, in dem die Bereiche, in

denen sich die Komplexität in der jeweils analysierten Interaktionssituation manifestiert, abgebildet werden. Die Anwender*innen werden hierfür durch folgende Aufforderung angeleitet und gebeten ihre Ergebnisse in die unten angegebene Grafik einzutragen:

Nun tragen Sie bitte Ihre Antworten in das untenstehende Diagramm ein und erhalten somit eine grafische Übersicht, wo sich möglicherweise die Komplexität Ihrer Interaktionssituation manifestiert.

Das in der Anweisung angesprochene Diagramm entspricht folgender Darstellung (Abb. 11):

Interaktionssituation: _____

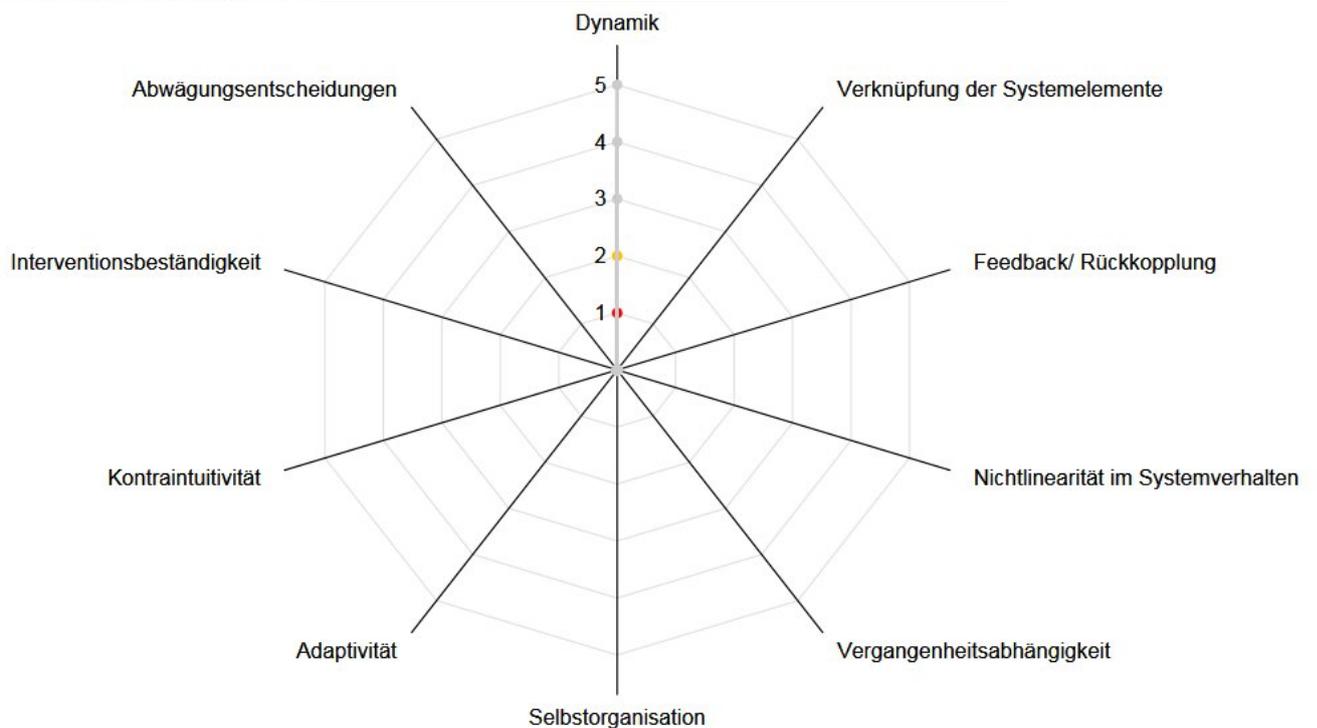


Abbildung 11: Auswertegrafik im Teil 2 des entwickelten Analysewerkzeugs. Die Anwender*innen des Analysewerkzeuges tragen den Namen der betrachteten Interaktionssituation und ihre Beurteilungen (als Zahlenwerte) zu den Komplexitätskriterien ein. Anschließend verbinden sie die entstandenen Punkte als Linie. Eigene Darstellung.

Ein Beispiel einer Auswertegrafik für eine konkrete Interaktionssituation wird im folgenden Abschnitt beschrieben. Abschließend soll noch auf das Glossar am Ende des Teil 2 hingewiesen werden. Das Glossar dient dazu, zentrale aber nicht allgemein geläufige Begriffe bzw. Konzepte den Anwender*innen zu erläutern, damit ein möglichst einheitliches Begriffsverständnis hergestellt wird. Es folgt die Darstellung des entwickelten Glossars.

System:

*Unter einem **System** wird etwas Zusammengesetztes verstanden, dessen Einzelteile oder Komponenten in einer geordneten Beziehung zueinander stehen und daraus etwas Ganzes entstehen lassen. Beispielsweise besteht die Schaltung eines Fahrrades aus mehreren Komponenten, die miteinander geordnet wechselwirken und als Ganzes die Funktion der Kraftübersetzung realisiert.*

Als System wird in diesem Analysetool jene Einheit bzw. jenes Ganzes verstanden, die die Interaktionssituation herstellt bzw. realisiert. Dabei wird typischerweise von einem soziotechnischen System ausgegangen.

*Unter einem **soziotechnischen System** versteht man vereinfacht die Verbindung von Mensch und Technik bzw. Technologie zu einem Gesamtsystem, welches bestimmte Funktionen oder Aufgaben erfüllt. Beispielsweise ist schon die radfahrende Verbindung von Fahrrad und Mensch ein soziotechnisches System. Eine mögliche **Interaktionssituation** dieses soziotechnischen Systems ist z. B. eine Kurvenfahrt, bei der noch weitere Umweltelemente bzw. Komponenten wie bspw. die Fahrbahnbeschaffenheit die konkrete Interaktionssituation bestimmen.*

Das Glossar ist neben eigenen Überlegungen auch das Ergebnis der Verfeinerungsprozesse aus Vortest und Kolloquium, die nachfolgend beschrieben werden.

4.4. Verfeinerungsprozesse durch Forschungskolloquium und Vortest

Vorausgehend der Hinweis, dass die Ergebnissen der nachfolgend beschriebenen Prozesse in dem oben dargestellten Analysetool bereits enthalten sind. Es soll jedoch nicht vernachlässigt werden, dass diese Entwicklungsschritte stattgefunden haben und Konsequenzen für das entwickelte Analysetool hatten.

Eine Vorversion des Fragebogens wurde innerhalb eines *Institutskolloquiums* vorgestellt, an dem potenzielle Anwender*innen, also Softwareentwickler*innen, teilnahmen.

Die wichtigsten Ergebnisse dieser Fachdiskussion waren:

- Leichtere Sprache verwenden
- Antwortalternativen der Ratingskalen zu fein
- Blickrichtung Designer-Nutzer durch direkte Nutzersicht ersetzen bzw. durch Einführung von Personas anpassen

- Zusammenfassung von Nutzergruppen vornehmen
- Textliche Überladung durch Anlegen/ Erweiterung eines Glossars reduzieren
- Anregung zu alternativer Frageweise:
 - o Was müsste passieren, dass die Situation als komplex wahrgenommen wird?
 - o Könnte ein anderer Nutzer die Situation bewältigen?

Das Kolloquium hat viele wichtige Einsichten hervorgebracht, die Einfluss auf das Analysetool genommen haben. Besonders die Einführung von Personas, die typischerweise in Software-Entwicklungsprojekten bereits vorliegen, war ein sehr ergiebiger Hinweis. Andere Vorschläge hatten entweder wegen des zu hohen Aufwands keinen oder nur reduzierten Eingang gefunden, wie bspw. die Anwendung einer alternativen Frageweise.

Es wurde weiterhin ein *Vortest* mit einem Softwareentwickler durchgeführt. Der Softwareentwickler war besonders für den Vortest geeignet, da er für die Haupterhebung absehbar nicht zur Verfügung stand. Ziel war es, das Design und die Nutzbarkeit des entwickelten Analysetools zu überprüfen (vgl. Kap. 4). Mit der Nutzbarkeit ist die Überprüfung hinsichtlich

- der Verständlichkeit der Fragen,
- der Hinweise und Anweisungen,
- deren Reihenfolge,
- mögliche Kontexteffekte,
- das Zustandekommen von Antworten,
- deren Häufigkeitsverteilungen,
- mögliche Probleme der Befragten mit einer Aufgabe,
- das Ausmaß des Wohlbefindens der Befragten,
- das Ausmaß der selbstständigen Anwendbarkeit des Tests und
- der Zeitdauer der Befragung

gemeint.

Der Vortest wurde mit der Think-Aloud-Technik durchgeführt. Bei dieser Methode werden die Testpersonen gebeten, ihre Gedanken während der Bearbeitung laut zu äußern. Der Vortest hat ergeben, dass das Analysetool gut nutzbar ist. Die Dauer der Befragung des Analysetools hat für drei Interaktionssituationen ca. 60 Minuten beansprucht, was als verhältnismäßig angesehen wird. Dennoch hat der Vortest auch Verbesserungspotenzial offenbart. Die wichtigsten Ergebnisse des Vortests waren:

- Fragebogen ist grundsätzlich nutzbar
- Einführungstext wirkt beliebig und sollte knapper sein, Empfehlung Handbuch mit Lang- und Kurzvariante im Einführungstext
- Onlinedokument wünschenswert
- Vorschlag für ein Vorgehen, das sich an Nutzergruppen orientiert

- Spalte E fehlt
- Ablauf ab zweiter Interaktionssituation deutlich flüssiger
- Suche nach Interaktionssituation kann erschöpfend sein
- Selbstausswertung Teil 1 nicht selbsterklärend
- Fragen 9 & 10 sind schwer verständlich
- Item „Nichtlinearität“ schwer verständlich, ebenso Hinweistext dazu
- Begriff „System“ schwierig auf Interaktionssituation zu beziehen

Ebenso wie die Ergebnisse aus dem Kolloquium sind einige Verbesserungen umgesetzt worden und in oben dargestelltem Analysetool bereits enthalten. Bspw. wurde die Orientierung an Nutzergruppen durch Verwendung von Personas umgesetzt und natürlich Fehler, wie eine fehlende Spalte, behoben. Auch die Fragen 9 und 10 wurden überarbeitet. Andere Vorschläge wie bspw. die Änderung des Einführungstextes wurden bewusst nicht geändert, da sich dahinter ein überlegtes Vorgehen verbirgt (vgl. Abschnitt 4.1).

4.5. Fallbeispiel

Um gleichzeitig die Anwendung des entwickelten Analysetools zu demonstrieren, wird der durchgeführte Vortest zusätzlich als Fallbeispiel dargestellt.

Folgender Anwendungskontext lag der Nutzung zu Grunde. Der befragte Softwareentwickler arbeitet in einem Projekt zur Entwicklung einer auf künstliche Intelligenz (KI) gestützten Computer-Assistenz, die zur Validierung und Akkreditierung von Studienordnungen sowie zur Verbesserung der Studierbarkeit führen soll (Projekt CAVAS+). „Das Projekt CAVAS+ zielt auf die Nutzung von KI für die Verbesserung von Prozessen rund um die Beschreibung, Validierung und Interpretation von Studienordnungen [ab].“ (Lucke, 2023).

Es wurden folgende Interaktionssituationen betrachtet:

- Erstellung von Studienordnungen
- Erhebung von Studiensituation
- Kurs-Modul-Kreuztabelle

Nachfolgend wird der Ablauf des Vortests exemplarisch für die Interaktionssituation *Erhebung von Studiensituation* dargestellt. Hintergrund für diese Situation ist, dass das System Kenntnis über die individuelle Studiensituation erhalten muss. Fragestellungen sind, ob bspw. ein Studium mit Elternschaft oder eine chronische Erkrankung vorliegt. An diese individuelle Studiensituation knüpfen sich dann geeignete Vorschläge zum Studienablauf an. Diese Interaktionssituation konnte der Entwickler mithilfe des oben beschriebenen Einführungstextes antizipieren. Es wurde im Vorfeld bereits ein „komplexeres“ Verhalten dieser Interaktionssituation vermutet.

Im Zusammenhang der Frage 1 (Vorhersehbarkeit eigenen Handelns) wurden die Zielgruppen *Studierende* und *Berater* identifiziert. Diese Zielgruppen stammen aus dem Anwendungszweck des Projekts. Studierende und Studienberater sind Anwendergruppen des erstellten Systems.

Nachfolgend ist folgendes Ergebnismuster im Teil 1 entstanden (Tab. 9):

Fragestellung/ Personengruppe	Frage 1 (Vorhersehbarkeit)	Frage 2 (Experten- und Detailwissen)	Frage 3 (Rekonstruierbarkeit)
Studierende	überwiegend nicht vorhersehbar (Zahlenwert 3)	wenig Detail- und Expertenwissen benötigt (Zahlenwert 3)	überwiegend nicht rekonstruierbar (Zahlenwert 4)
Studienberater	mit deutlichen Einschränkungen vorhersehbar (Zahlenwert 4)	wenig Detail- und Expertenwissen benötigt (Zahlenwert 3)	überwiegend nicht rekonstruierbar (Zahlenwert 4)

Tabelle 9: Darstellung der Ergebnisse der Vortest-Anwendung für Teil 1. Die Ergebnisse entstanden bei Anwendung des entwickelten Analysetools im Rahmen eines Vortests und innerhalb dessen für Teil 1, um die Interaktionssituation *Erhebung von Studiensituation* zu klassifizieren.

Sowohl für die Gruppen Studierende als auch Studienberater ist die Interaktionssituation *chaotisch*. Das Ergebnis dieser Klassifikation beruht maßgeblich darauf, dass die Interaktionssituation für beide Nutzergruppen überwiegend nicht rekonstruierbar ist. Für den befragten Softwareentwickler war dies eine bedeutende Einsicht, da das System bislang keine Ansatzpunkte für das interne Verhalten an den Anwender zurückmeldet und daher keine Rekonstruktion ermöglicht wird. Mit dieser Einsicht plant der Softwareentwickler die Interaktionssituation zu überarbeiten und das gesamte System zukünftig in den Blick zu nehmen. Eine weitere Erkenntnis war, dass die Fragen schwierig zu beantworten sind, solange der „Usecase“ und die Funktionalität noch nicht fest definiert wurden. Daraus leiten sich Hinweise für den Einsatz des Analysetools ab. Für eine frühe Verwendung des Tools sollte es möglicherweise eine angepasste Version geben, die stärker auf die prospektive Gestaltung guter Interaktionssituationen setzt.

Obwohl die Interaktionssituation nicht als komplex klassifiziert wurde, folgt nun dennoch der Teil 2 des Analysetools. Dies wäre eigentlich bei offensichtlichen, komplizierten und chaotischen Interaktionssituationen nicht der Fall und die Betrachtung würde mit dem Ergebnis aus Teil 1 enden. Dieses abweichende Vorgehen begründet sich mit dem Testcharakter, um auch den Teil 2 einer Vorprüfung zu unterziehen.

Im Teil 2 geht es um die nähere Betrachtung der komplexen (in diesem speziellen Fall chaotischen) Interaktionssituation. Ziel ist es, die Quellen der Komplexität (hier im übertragenden Sinne des Chaos) aufzudecken und den Anwender*innen des Analysetools die Möglichkeit der konstruktiven Begegnung zu ermöglichen. Dabei muss es nicht zwangsläufig die Reduzierung von Komplexität sein, da diese in vielen Fällen notwendig ist (vgl. Abschnitt 2.4), sondern kann

auch das Begleiten der Softwarenutzer*innen in dieser herausfordernden Situation durch geeignete Maßnahmen sein (bspw. Rückmeldung des Systemzustands). In unserem Fallbeispiel ist durch den Test-Anwender folgendes Ergebnismuster entstanden (vgl. Abb. 12). Die Struktur der Darstellung entspricht der Abbildung 11 in Abschnitt 4.3.

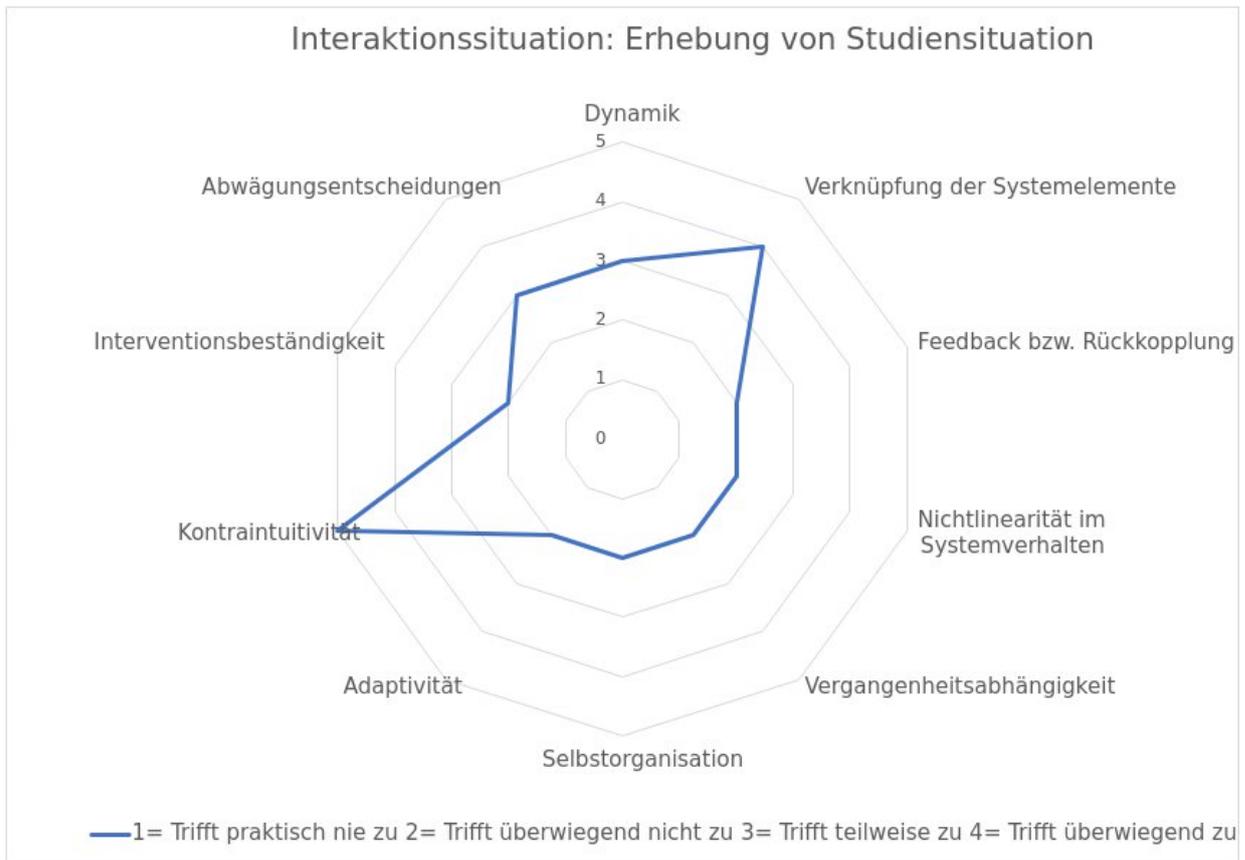


Abbildung 12: Darstellung der Vortest-Ergebnisse für den Teil 2 des Analysetools. Die Ergebnisse entstanden bei Anwendung des entwickelten Analysetools im Rahmen eines Vortests und innerhalb dessen für Teil 2, um die Interaktionssituation *Erhebung von Studiensituation* zu analysieren. Eigene Darstellung.

Die Auswertung würde für den Fall einer komplexen Interaktionssituation offenlegen, dass sich das komplexe Verhalten in den Bereichen *Feedback*, *Nichtlinearität*, *Vergangenheitsabhängigkeit*, *Selbstorganisation*, *Adaptivität* und *Interventionsbeständigkeit* manifestiert. Der Anwender des Analysetools könnte nun seine Interaktionssituation erneut reflektieren und in diesen Bereichen Anpassungen auf Seite des Interaktionsdesigns oder auf Seite des Nutzererlebens vornehmen. Allerdings handelt es sich in diesem konkreten Fall um eine chaotische Interaktionssituation, die für die Nutzer*innen grundsätzlich intransparent ist. Der Vortest-Anwender hat jedoch erkannt, dass die Interaktionssituation *Erhebung von Studiensituation* für die Nutzenden deshalb intransparent ist, weil keine Rekonstruierbarkeit wegen fehlender Rückmeldung des Systemverhaltens möglich ist und möchte hieran Anpassungen vornehmen.

4.6. Zusammenfassung

Rückblickend wurde in dem vorausgehenden Kapitel das entwickelte Analysetool in seiner Entstehung vorgestellt. Es wurde dargelegt, dass das Instrument zur Identifikation und Analyse von komplexen Interaktionssituationen theoriegeleitet entwickelt wurde. Durch Vortest und Kolloquium wurden Verfeinerungsprozesse durchgeführt, deren Ergebnisse in die Vorversion des Analysetools eingeflossen sind. Im Ergebnis konnte ein gut nutzbares Hilfsmittel entwickelt werden, welches sich anschließend noch in der Praxis bewähren muss. Im folgenden Kapitel wird die durchgeführte Praxiserprobung und Evaluierung dargestellt.

5. Erprobung und Evaluierung durch Entwickler*innen in Softwareprojekten

Das Analysetool wurde durch eine an die Praxiserprobung angeschlossene Befragung evaluiert. Die Befragung wurde durch alle teilnehmenden Entwickler*innen (n = 5) ausgefüllt. Der Evaluationsteil bestand aus vier gebundenen Fragen und zwei Fragen im ungebundenen Antwortformat. Folgende Ergebnisse lieferte die Befragung.

Frage nach der Effektivität des Analysetools

Die *erste Frage* bezog sich auf die Effektivität des Analysetools. Der genaue Wortlaut der Frage und die Antworten sind der Abbildung 13 zu entnehmen.

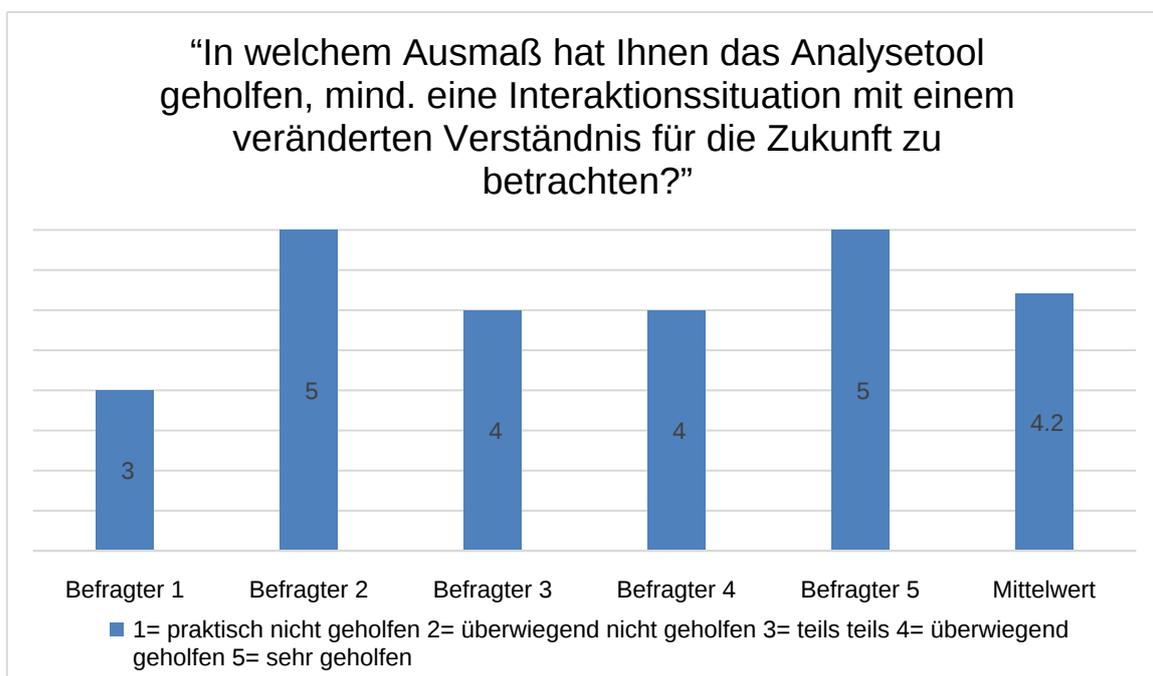


Abbildung 13: Darstellung des Evaluationsergebnisses für Frage 1. Eigene Darstellung.

Es zeigt sich, dass das Analysetool sehr positive Effekte auf die Arbeit der Entwickler*innen hatte. Im Mittel hat das Tool mit einem Dezimalwert von 4,2 (max. 5) sehr geholfen mindestens eine Interaktionssituation mit einem veränderten Verständnis wahrzunehmen. Zur Erinnerung: Ziel des Analysetools war es, einen Reflexionsprozess bei den Anwender*innen zu initiieren. Die Ergebnisse bestätigen deutlich, dass ein solcher Prozess bei allen Befragten stattgefunden hat.

Frage nach der Eignung des Analysetools

In der zweiten Frage wurde die Eignung bzw. Gebrauchstauglichkeit des Analysetools bewertet. Der genaue Wortlaut der Frage und die Antworten sind der Abbildung 14 zu entnehmen.

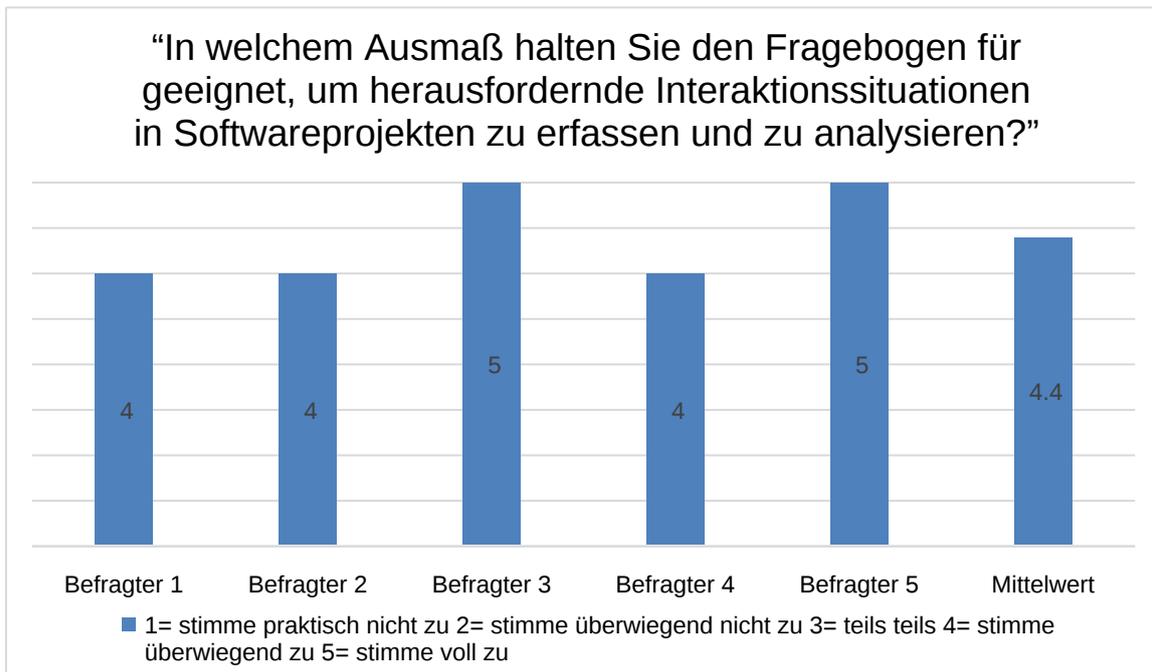


Abbildung 14: Darstellung des Evaluationsergebnisses für Frage 2. Eigene Darstellung.

Es zeigt sich auch hier, dass das Analysetool in seiner Eignung bzw. Gebrauchstauglichkeit mit einem Mittelwert von 4,4 (max. 5) als sehr geeignet eingeschätzt wird, um herausfordernde Interaktionssituationen in Softwareprojekten zu erfassen und zu analysieren. Damit ist gleichzeitig mit einer hohen Akzeptanz bei der Zielgruppe der Entwickler*innen zu rechnen, um das Analysetool in der Softwareentwicklung einzubinden. In Verbindung mit den Ergebnissen aus Frage 1 ist anzunehmen, dass der Einsatz im Entwicklungsprozess wahrscheinlich auch sehr erfolgreich sein wird.

Frage nach der Augenscheinvalidität

In der *dritten Frage* sollte die augenscheinliche Konstruktvalidität evaluiert werden. Der genaue Wortlaut der Frage und die Antworten sind der Abbildung 15 zu entnehmen.

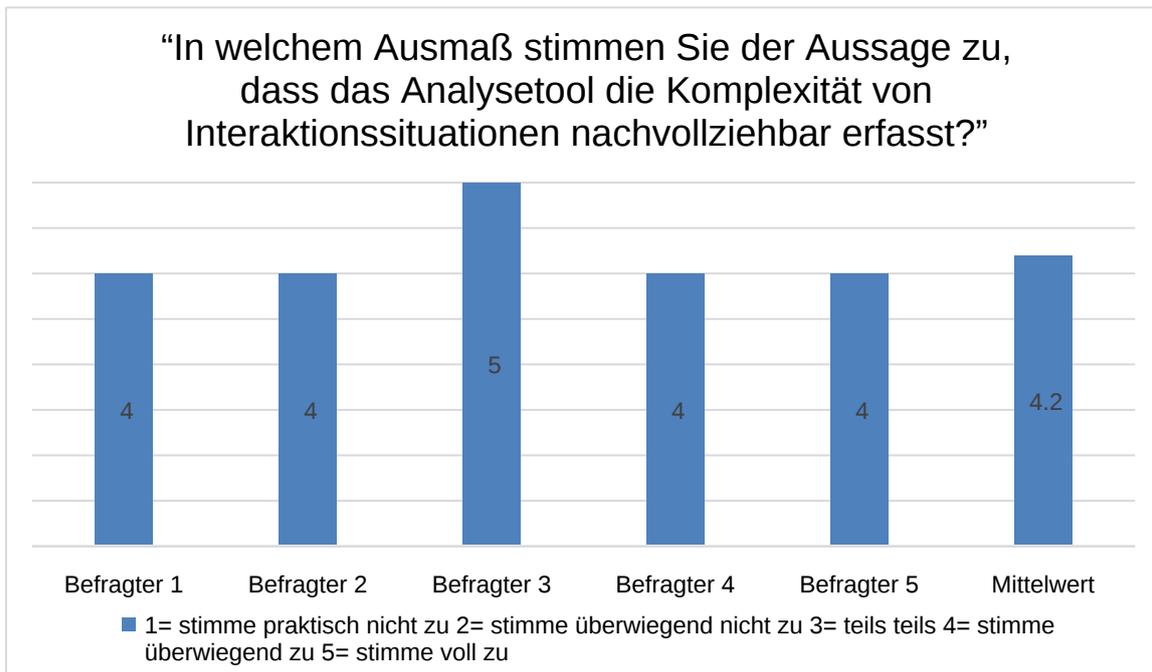


Abbildung 15: Darstellung des Evaluationsergebnisses für Frage 3. Eigene Darstellung.

Es zeigt sich, dass die Inhalte des Analysetools als valide eingeschätzt werden, um die Komplexität von Interaktionssituationen nachvollziehbar zu erfassen. Die ausgeprägte Augenscheinvalidität ist mit der Akzeptanz stark korreliert, was sich auch in dem sehr positiven Ergebnis der zweiten Frage zeigt.

Frage nach der Unterstützungsfähigkeit im Designentwurf

Die *vierte Frage* sollte evaluieren, ob das Analysetool hilft, Ursachen für die Komplexität betrachteter Interaktionssituationen zu finden. Der genaue Wortlaut der Frage und die Antworten sind der Abbildung 16 zu entnehmen.

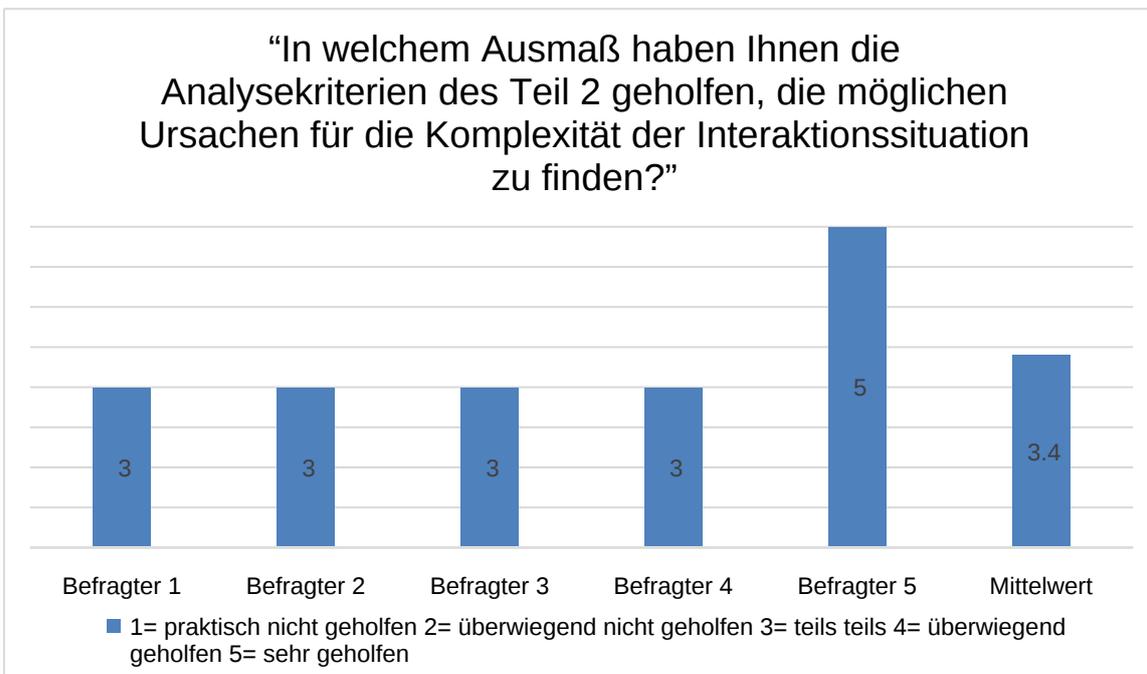


Abbildung 16: Darstellung des Evaluationsergebnisses für Frage 4. Eigene Darstellung.

Es zeigt sich hier kein eindeutiges Ergebnis. Die Befragten geben mehrheitlich an, nur teilweise bei der Suche nach Ursachen durch das Analysetool unterstützt worden zu sein (Mittelwert 3,4). Dies könnte einerseits an dem noch nicht optimalen grafischen Auswertung liegen, die in ihrer Interpretation noch zu aufwendig ist (siehe offenes Feedback), als auch an dem Umstand, dass komplexe Interaktionssituationen oft unvermeidbar sind, da auf eine komplexe Umwelt komplex reagiert werden muss (vgl. Kap. 2).

Frage nach dem Alltagsverständnis von Komplexität

Die *fünfte Frage* hatte das Alltagsverständnis von Komplexität der Befragten zum Gegenstand. Es wurde eine offene Frage gestellt („Was verstehen Sie persönlich unter Komplexität?“), deren Ergebnisse bereits in Abschnitt 2.1 dargestellt wurden. Dies war eine experimentelle Frage. Ziel war es herauszufinden, ob das Alltagsverständnis von den befragten Softwareentwicklern abweicht oder eine angemessene Schnittmenge hat. In den obigen Ausführungen (vgl. Abschnitt 2.1) zeigt sich, dass die Schnittmenge ausgeprägt vorhanden ist.

Individuelles Feedback

Die *sechste Frage* gab den Befragten die Möglichkeit, im Freitextformat ein individuelles Feedback abzugeben. Diese Gelegenheit wurde erfreulicherweise gern genutzt. Die Rückmeldungen werden an dieser Stelle paraphrasiert wiedergegeben, um die Lesbarkeit der Arbeit beizubehalten. Die Originalstatements können dem Anhang entnommen werden.

Häufig wurde der Wunsch geäußert, dass das vorliegende Analysetool statt im „Paper-Pencil“-Format in einem Online-Format anwenden zu können. Hierdurch würde sich der

Bearbeitungsaufwand reduzieren und die Visualisierungen zur Auswertung könnten sich verbessern. Der Verfasser dieser Arbeit stimmt dieser Einschätzung zu und sieht diese Weiterentwicklung als sehr nutzbringend an, wie bereits geschildert. Ebenso würde sich hiermit der Wunsch vereinbaren lassen, ein Glossar mit wichtigen Begriffserklärungen sowie Übernahme der Hinweistexte darin einzubauen. Somit würde der Fragebogen verschlankt und besonders beim wiederholten Anwenden eleganter bearbeiten lassen. Eine fast schon redaktionelle, aber notwendige Anpassung könnte in diesem Zuge erfolgen: Die Zahlenwerte für die Zustimmungswerte sollten mit größerer Zustimmung auch ansteigen. Dies wurde in der jetzigen Version anders gehandhabt und leider übersehen. Angemessen und häufig angemerkt wurde der Wunsch nach einem stärker intuitiven Auswertungsschema des Teil 1. Hier schlagen die Befragten ein Baumdiagramm vor. Ein Vorschlag für ein angepasstes Design wird in Abbildung 17 dargestellt.

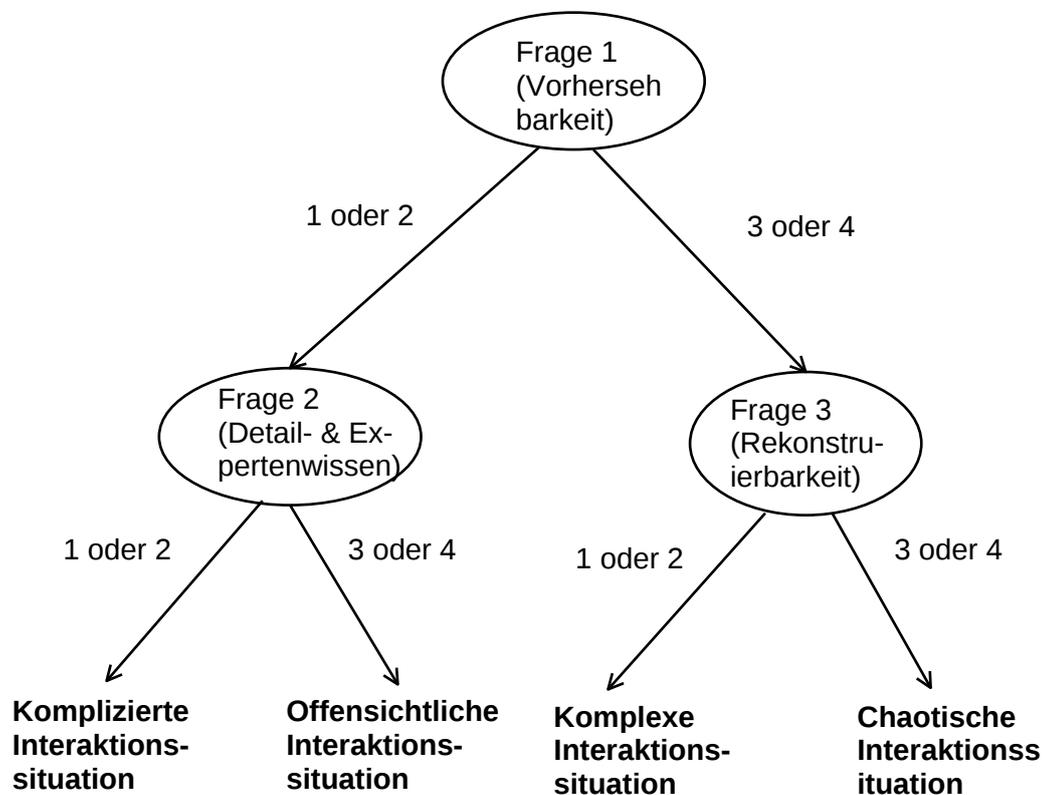


Abbildung 17: Darstellung eines Baumdiagramms für Anwender*innen des Analysetools. Die Anwender*innen können entlang der Werte ihrer Antworten in Teil 1 (Werte 1 bis 4) selbstständig die Klassifizierung ihrer Interaktionssituation vornehmen. Eine komplizierte Interaktionssituation könnte bspw. das Ergebnismuster 1 (Frage 1) und 2 (Frage 2) aufweisen. Eigene Darstellung.

Ein weiterer hilfreicher Hinweis ist der nach Ankerwerten für die individuelle Einschätzung von gefragten Sachverhalten. Es ist bereits im Theorieteil (Kap. 4) betrachtet worden, dass Bewertungseinschätzungen individuell sehr unterschiedlich sein können und Ankerwerte zur Harmonisierung beitragen können. Dieser Umstand konnte leider nicht im Vorfeld berücksichtigt werden, da noch keine Daten vorlagen und es sich um eine erste Anwendung im Feld handelt. Diese Anwendung brachte zutage, dass Ankerwerte bei einer Weiterentwicklung des Tools erprobt werden sollten.

Zusammenfassung

Um das entwickelte Analysetool in der Praxis zu erproben, wurde es fünf Softwareentwicklern zur Anwendung in ihren jeweiligen Projekten vorgelegt. Anschließend fand eine Befragung mit dem Ziel der Evaluierung statt. Es konnte gezeigt werden, dass das Analysetool sehr gut von den Anwendern angenommen wurde und als sehr hilfreich angesehen wird, um in einen strukturierten Reflexionsprozess über die gestalteten Interaktionssituationen einzusteigen. Dieser Reflexionsprozess brachte häufig ein verändertes Verständnis über die jeweilige Interaktionssituation hervor, was sehr positiv gesehen wird. Durch das offene Feedback wurde weiteres Verbesserungspotenzial für das Tool offengelegt und sollte bei zukünftigen Entwicklungen berücksichtigt werden. Für die Weiterentwicklung sind auch die bekannten Limitationen zu berücksichtigen, die im folgenden Kapitel diskutiert werden.

6. Limitationen und Ausblicke

Ergänzend zu den zuvor beschriebenen Leistungen des entwickelten Analysetools werden in diesem Kapitel inhaltliche und methodische Grenzen diskutiert und mögliche Abhilfen bzw. Anpassungen vorgeschlagen.

Fehlende Klassifikation von ungeordneten Interaktionssituationen

Eine große Einschränkung betrifft die Klassifikation von nur eindeutigen Interaktionssituationen (dies sind die offensichtlichen, komplizierten, komplexen und chaotischen), obwohl die Literatur (vgl. Snowden & Boone, 2007; Abschnitt 2.4) auch auf *ungeordnete* Situationen verweist, die dann behelfsweise in bekannte und unbekannte Aspekte aufgeteilt werden. Solche ungeordneten Situationen sind in der Realität zu erwarten und zu begegnen. Die Möglichkeit, dass Interaktionssituationen auftreten, die von den Anwender*innen nicht eingeordnet werden können, wird in dem ausgearbeiteten Analysetool bislang nicht berücksichtigt. Allerdings sind die Voraussetzungen einer Berücksichtigung bereits durch die beschriebene „Schwellwertlogik“ in Form einer 4-stufigen Ratingskala angelegt. Hierdurch wird es den Anwender*innen, nach einer Anpassung des Tools (siehe folgende Ausführungen), möglich sein jedes Item zur Klassifizierung mit einem „sowohl als auch“ zu beantworten. Hinter diesem „sowohl als auch“ verbergen sich die

Antwortwerte 2 & 3 in Abgrenzung zu „Ja“ (Wert 1) und „Nein“ (Wert 4). Hieraus ergibt sich ein verändertes Klassifikationsschema, welches in folgender Grafik (Abb. 18) dargestellt wird.

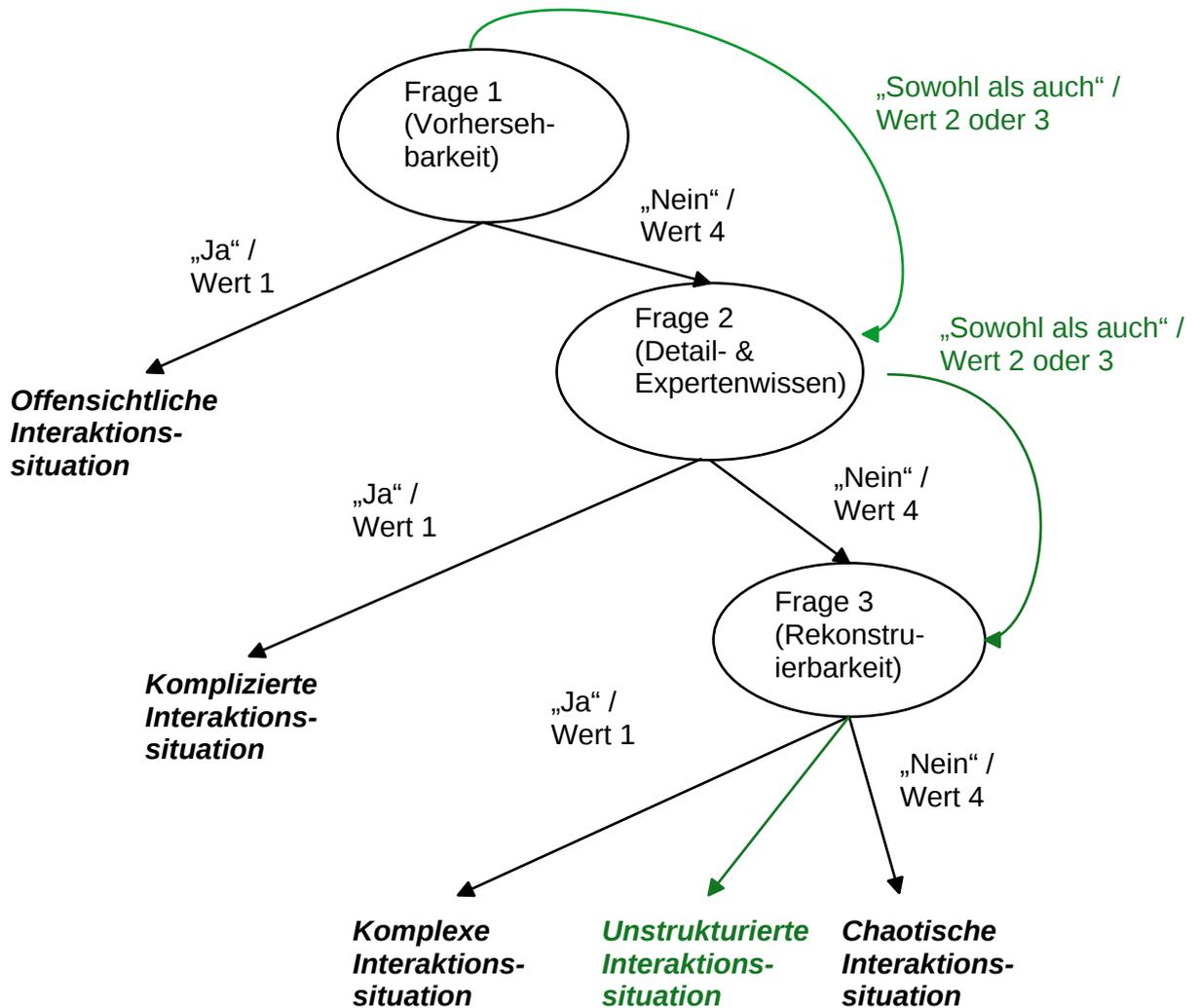


Abbildung 18: Darstellung des alternativen Klassifikationsschemas in einer „Schwellwertlogik“. Durch das Hinzufügen des dritten Werts „Sowohl als auch“, ist es möglich mehr Unsicherheit zu berücksichtigen und auch ungeordnete Interaktionssituation zu erfassen. Eigene Darstellung.

Letztlich muss bei einer im Ergebnis ungeordneten Interaktionssituation diese grundsätzlich überdacht werden. Snowden und Boone (2007) schlagen bei einer ungeordneten Problemsituation vor, dass in dieser stabile Inhalte identifiziert werden, die sich in die vier bekannten Domänen (offensichtlich, kompliziert, komplex, chaotisch) einordnen lassen (vgl. Abschnitt 2.4). Genauso könnte hier vorgegangen werden, dass die Anwender*innen aufgefordert werden, in diesem Rahmen die betreffende Interaktionssituation zu reflektieren und nochmals die Fragen des Analysetools zu beantworten. Kommt stabil ein Ergebnis „ungeordnet“ heraus, so könnte auch für die Nutzer*innen der Softwareanwendung die Interaktionssituation mit viel Unsicherheit behaftet sein und es empfiehlt sich diese grundlegend zu überdenken.

Die Abbildung 18 beinhaltet auch inhaltliche Schärfungen gegenüber dem Klassifikationsschema aus Abschnitt 4.2 (Abb. 10). Nun sind alle Fragen für die Klassifikation von Bedeutung. Die Formulierung eines „Sowohl als auch“ bzw. „Weder noch“ im Stil des bisherigen Klassifikationsschemas kann der Abbildung 19 entnommen werden. Es handelt sich um einen frühen Entwurf, der sich nicht durchgesetzt hat (Begründung siehe Abschnitt 4.2, S. 37), aber der Vollständigkeit halber hier genannt wird. Im Vergleich der beiden Grafiken werden die genannten Anpassungen deutlich.

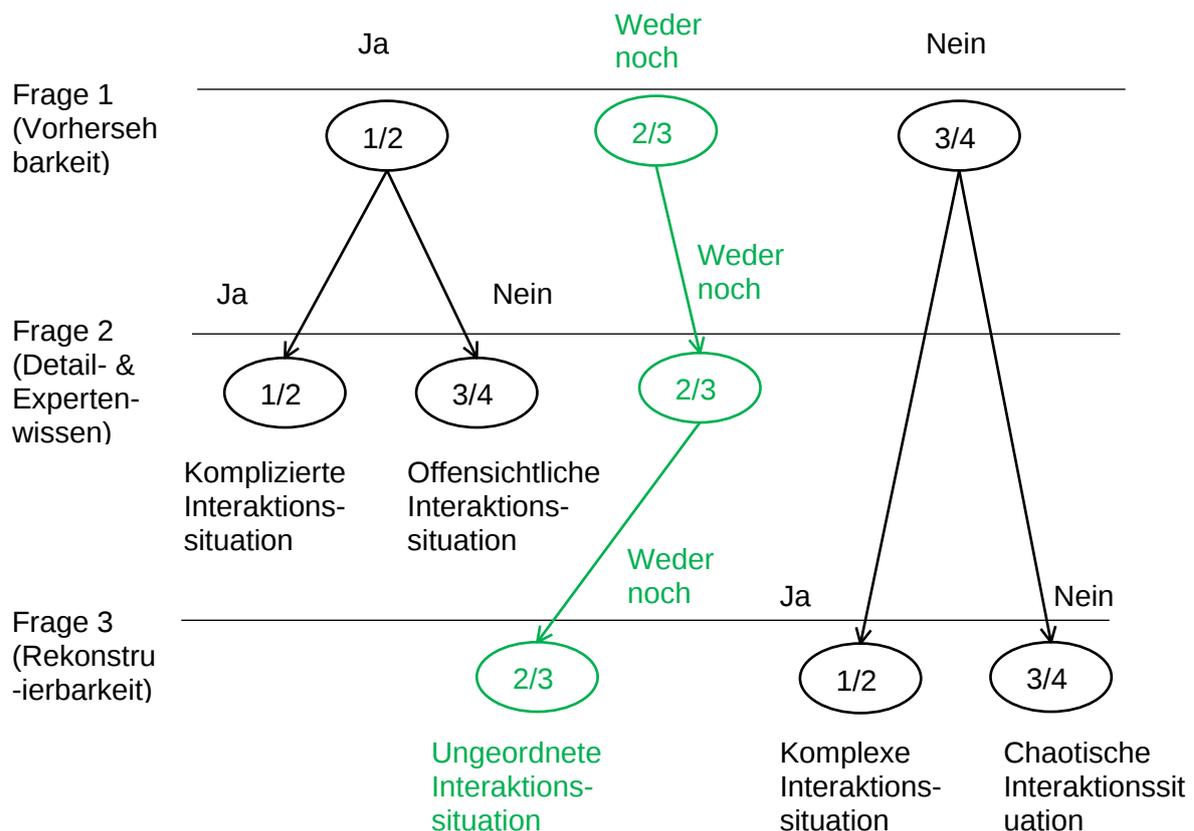


Abbildung 19: Darstellung eines Klassifikationsschemas mit einer "Weder noch"-Ausprägung zur Erfassung von ungeordneten Interaktionssituationen. Erster Entwurf. Eigenen Darstellung.

Anpassung des Items für den Indikator *Detail und Expertenwissen*

Im Rahmen der Überarbeitung des Klassifikationsschemas ist aufgefallen, dass Frage 2 im Teil 1 des entwickelten Analysetools genauer gefasst sein könnte. Der Verfasser dieser Arbeit schlägt als verbesserte Variante der Frage 2 folgende Neuformulierung vor: *In welchem Ausmaß könnten Ihre Zielgruppen Detail bzw. Expertenwissen über das System erwerben, um die Interaktionssituation erfolgreich zu bewältigen?* Das Antwortformat müsste auch entsprechend angepasst werden (vgl. Tab. 10):

Zielgruppe/ Persona	Könnten eine große Menge an Detail- bzw. Expertenwissen erwerben (1)	Könnten moderates Detail- bzw. Expertenwissen erwerben (2)	Könnten wenig Detail- bzw. Expertenwissen erwerben (3)	Könnten kein Detail- bzw. Expertenwissen erwerben (4)
A				
[...]				
E				

Tabelle 10: Antwortformat für den neu formulierten Indikator *Detail- und Expertenwissen* (Frage 2 – Teil 1). Die Anwender*innen kreuzen für ihre jeweilige Zielgruppe ihre Einschätzung bezüglich Frage 2 an.

Geringe Stichprobengröße für die Evaluationsstudie

Weitere Einschränkungen sind in der Durchführung der Evaluationsstudie zu berücksichtigen. Diese wurde an fünf Softwareentwicklern durchgeführt. Eine solche Stichprobengröße ist recht klein, um stabile Ergebnisse im Sinne eines hinreichenden Vertrauensintervalls zu erzeugen. Allerdings war im Rahmen dieser Arbeit keine größere Stichprobe umsetzbar, da die Gruppe der Softwareentwickler*innen schwer erreichbar ist und zeitliche sowie finanzielle Ressourcen nicht in größerem Umfang zur Verfügung standen. Dennoch ist das Evaluationsergebnis interpretierbar, es sollten jedoch weitere Erprobungen durchgeführt werden.

Vortest-Ausweitung auf chaotische Interaktionssituationen im Teil 2

Auch die im Rahmen des Vortests gewonnen Erkenntnisse beruhen auf einer konzeptuellen Ausweitung des Analysetools, die bislang so (noch) nicht angelegt ist. Es wurden, um Anwendungsergebnisse besonders auch für den Teil 2 zu erzeugen, auch chaotische Interaktionssituationen analysiert. Da es in diesem konkreten Vortest keine komplexe Interaktionssituation gab, sind die Rückmeldungen zum Teil 2 eventuell unzureichend gewesen. Dies könnte auch ein Grund sein, weshalb besonders der zweite Teil des Analysetools in der Evaluation ambivalent bewertet wurde. Zu überlegen ist auch, ob die Ausweitung der Analyse im Teil 2 grundsätzlich auf weitere Klassen von Interaktionssituationen erfolgen sollte (also z.B. auch chaotische Situationen). Es gibt durch den Vortest auch Anhaltspunkte, dass eine solche Ausweitung nutzbringend für die Anwender*innen sein könnte. Auch hier sollten weitere Erprobungen Aufschluss geben können.

Einbindung in den Software-Entwicklungsprozess

Der beschriebene Vortest hat gezeigt, dass die Anwendung des Analysetools während der Konzeptionsphase eines Systems schwierig sein kann, da noch zu wenige Informationen über die konkrete Ausgestaltung der System-Funktionalität vorhanden sind (vgl. S. 47).

Möglicherweise ist dieser Befund nur zufällig in der Vortest-Anwendung aufgetreten und erschwert sonst nicht die Anwendung des Tools. Dieser Sachverhalt und eine mögliche Anpassung des Analysetools für noch nicht fest definierte System-Funktionen sollte in der weiteren Entwicklung näher untersucht werden. Ein möglicher Ansatzpunkt ist aus Sicht des Verfassers die Aufnahme von beispielhaften Interaktionssituationen für jede Phase der Systementwicklung. So könnte es für Anwender*innen in der Konzeptionsphase schon genügen, die Perspektive der späteren Nutzer*innen des Systems „probeweise“ einzunehmen. In aktueller Version erfragt das Tool jedoch ein konkretes Nutzererleben, welches durch Verwendung einer Möglichkeitsform mehr „Denkraum“ ermöglichen könnte.

Grundlegendes Ziel ist die Anwendung des Hilfsmittels in jeder Phase der System-Entwicklung. Dies bedeutet, dass eine stetige Reflexion im Entwicklungsprozess des Systems stattfindet. Hierbei soll das entwickelte Analysetool gleichermaßen Unterstützung bieten. Die gewünschte Einbindung in den System-Entwicklungszyklus hat Moebert (2021) wie folgt skizziert (vgl. Abb. 20).



Abbildung 20: Integration des Analysetools in den System-Entwicklungsverlauf. Eine stetige Reflexion in jeder Phase der Systementwicklung und -anpassung kann das Auftreten von kritischen Interaktionsverläufen zwischen Anwender*innen und System verhindern. Eigene Darstellung nach Moebert (2021).

Ausarbeitung als „Paper-Pencil“-Prototyp

Ein weiterer Aspekt der Begrenzung betrifft die Anwendungsfreundlichkeit. Die Anwendung des Prototypen erfolgte als „Paper-Pencil“-Variante, die im Rahmen dieser Arbeit angemessen war, jedoch das Nutzungserlebnis und die Anwenderfreundlichkeit verringert. Richtigerweise gab es

viele Rückmeldungen, diese Anwendung in ein Online-Tool umzusetzen, was aus Sicht des Verfassers ein großer Zugewinn wäre. Es ergeben sich Erleichterungen in der Online-Anwendung durch

- Automatisierte Ausfüllhinweise
- Wegfall von Dopplungen (Erklärungstexte)
- Automatisierte Übertragung von Benennungen (bspw. Personas, Benennungen der Interaktionssituation)
- Automatische Klassifikation der Interaktionssituation in Teil 1
- Automatisch erzeugte Auswertegrafik in Teil 2
- Einbindung eines Glossars für schwierige Begrifflichkeiten
- Einbindung eines Handbuchs um beispielhafte Interaktionssituationen darzustellen

Zusammenfassung

Der Verfasser ist in diesem Kapitel auf die konzeptuell-methodischen und praktischen Beschränkungen des entwickelten Analysetools eingegangen. Stärkste Limitation ist die zuvor unberücksichtigte Klassifikation von ungeordneten Interaktionssituationen. Es wurde hierfür ein Anpassungsvorschlag gemacht. Weiterhin ist die geringe Fallzahl für die Evaluation des Tools kritisch betrachtet und erklärt worden. Auch die Auswertung einer chaotischen Interaktionssituation im Vortest wurde erläutert und darin ein Potenzial für die Weiterentwicklung aufgezeigt. Abschließend wurde die Anwendung eines „Paper-Pencil“-Prototypen reflektiert und die Weiterentwicklung zu einem Online-Tool empfohlen.

7. Fazit

Ziel dieser Arbeit war die Überarbeitung bzw. Weiterentwicklung des Analysewerkzeugs von Moebert (2021). Dieses Werkzeug hatte nur einen leichten Grad an Operationalisierung und wurde mithilfe qualitativer Interviews umgesetzt. Grundidee für die Weiterentwicklung war es, einen „Do-It-Yourself“-Fragebogen zu entwickeln, mit dem die Konstrukteur*innen von komplexen sozio-technischen Systemen an jeder Stelle des Konstruktionsprozesses ihr System und die dahinter liegenden Interaktionssituationen reflektieren können. Mit dieser Reflexion soll die Einsicht in möglicherweise als komplex wahrgenommene Interaktionssituationen gewonnen sowie die möglichen Gründe für eine solche, sich nachteilig auswirkende, Wahrnehmung offengelegt werden. Die Nachteile einer als komplex wahrgenommenen Interaktionssituation ist die daraus entstehende Unvorhersehbarkeit bezüglich der Ursache-Wirkungs-Beziehungen, woraus wiederum die Intransparenz der Auswirkungen eigenen Handelns folgt. In solchen Situationen haben Akteur*innen nur die Möglichkeit ein angemessenes Handeln auszuprobieren, was jedoch zu Irritationen, falschem Handeln sowie zu unerwünschten Nebeneffekten – kurz- wie auch langfristig – führen kann. Um solche nachteiligen Interaktionsverläufe nicht erst im

Gebrauch von marktreifen Produkten festzustellen, ist es notwendig schon im Konstruktionsprozess ein gut operationalisiertes Hilfsmittel zur Hand zu haben, um diesen Effekten frühzeitig im Entwicklungsprozess zu begegnen.

In vorliegender Arbeit wurde daher ein Fragebogen bzw. auf dieser Grundlage ein Analysetool zur Identifikation und Analyse komplexer Interaktionssituationen theoriegeleitet entwickelt. Ausgangspunkt war die Konstruktdefinition für eine komplexe Interaktionssituation, aus der dann drei Indikatoren abgeleitet wurden. Die Indikatoren beziehen sich auf die *Vorhersehbarkeit*, das benötigte *Detail- und Expertenwissen* sowie die *Rekonstruierbarkeit* der jeweiligen Interaktionssituation. Durch die Ausarbeitung von Item-Fragen für diese Indikatoren kann eine Klassifikation in die vier Domänen *offensichtlich*, *kompliziert*, *komplex* und *chaotisch* vorgenommen werden. Eine als komplex klassifizierte Interaktionssituation kann anschließend hinsichtlich der Bereiche, in denen sich die Komplexität manifestiert, weitergehend analysiert werden. Hierzu wird den Anwender*innen des Analysetools eine grafische Rückmeldung in Form eines Netzdiagramms zur Verfügung gestellt.

Das in dieser Arbeit vorgestellte Ergebnis wurde in mehreren kritischen Reflexionen überarbeitet und mehreren Tests unterzogen. Der Vortest brachte eine grundlegende Nutzbarkeit mit später eingearbeiteten Verbesserungspotenzialen zu Tage. Anschließend wurde das entwickelte Analysetool von fünf Softwareentwickler*innen in unterschiedlichen Stadien des Software-Entwicklungsprozesses am Lehrstuhl für komplexe multimediale Anwendungsstrukturen der Universität Potsdam angewandt und anschließend evaluiert. Es konnte gezeigt werden, dass das vorliegende Analysetool mit einem durchschnittlichen Ratingwert von 4,2 von 5 sehr bis überwiegend geholfen hat, die antizipierten Interaktionssituationen mit einem geänderten Verständnis zu betrachten, was das Hauptziel war. Ebenso wurde das Analysetool als überwiegend geeignet eingeschätzt, um herausfordernde Interaktionssituationen in Softwareprojekten zu erfassen und zu analysieren (Ratingwert 4,4 von 5) und deren Komplexität zu erfassen (Ratingwert 4,2 von 5).

Verbesserungspotenzial gibt es in der Anwendung im zweiten Teil des Hilfsmittels, welcher die als komplex klassifizierte Interaktionssituationen hinsichtlich von zehn Komplexitätskriterien analysiert und Ansatzpunkte für Bereiche rückmelden soll. Dieser Analyseteil wurde nur teilweise als hilfreich (Ratingwert 3,4 von 5) eingeschätzt. Eine mögliche Erklärung ist die nicht barrierefreie Interpretierbarkeit der bislang nur analog vorliegenden grafischen Auswertung (für weitergehende Betrachtungen siehe Kap. 5).

Dennoch konnte in dieser Arbeit ein in dieser Ausprägung neuartiges, gut anwendbares und geeignetes Analysetool zur Erfassung und Analyse von komplexen Interaktionssituationen entwickelt und erprobt werden. Mögliche Weiterentwicklungen wurden in Kapitel 6 und 5 aufgezeigt.

Literaturverzeichnis

- Abels, H. (2020). Interaktionssysteme, Kommunikation, wechselseitige Wahrnehmung (Niklas Luhmann). In H. Abels, *Soziale Interaktion* (S. 303-326). Springer VS.
- Bühner, M. (2021). *Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion* (4. Auflage). Pearson.
- Brandt, M. (2021, 06. Juli). *So smart sind Deutschlands Haushalte*. <https://de.statista.com/infografik/3105/anzahl-der-smart-home-haushalte-in-deutschland/> [Zugriff 22.11.2023].
- Döring, N., & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (5. Auflage). Springer.
- von Foerster, H. (1993). *Wissen und Gewissen: Versuch einer Brücke* (J. Schmidt, Hrsg.). Suhrkamp.
- von Foerster, H. (1994). *Wissen und Gewissen: Versuch einer Brücke* (J. Schmidt, Hrsg., 2. Auflage). Suhrkamp.
- Heinecke, A. M. (2012). *Grundlagen Mensch-Computer-Interaktion. Basiswissen für Entwickler und Gestalter* (2. Auflage). Springer.
- Gloy, K. (2014). *Komplexität. Ein Schlüsselbegriff der Moderne*. Wilhelm Fink.
- Grünig, R. (2021). *Komplexe Unternehmen erfolgreich führen: Herausforderungen für Supervisory und Managing Board*. Springer Gabler.
- Grösser, S. (2017). Complexity Management and Systems Dynamics Thinking. In S. Grösser, A. Reyes-Lecuona & G. Granholm (Hrsg.), *Dynamics of Long-Life Assets: From Technology. Adaptation to Upgrading the Business Model* (S. 69 - 92). Springer Open.
- Grösser, S. (2018). Dynamische Komplexität. In Springer Gabler Verlag (Hrsg.), *Gabler Wirtschaftslexikon - Online*. Revision von Dynamische Komplexität vom 14.02.2018 - 17:29. <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/dynamische-komplexitaet-54122/version-277176> [Zugriff 22.11.2023].
- Karafyllis, N. C. (2019). Soziotechnisches System. Geschichte und Systematik des Begriffs. In K. Liggieri & O. Müller (Hrsg.), *Mensch-Maschine-Interaktion. Handbuch zu Geschichte - Kultur - Ethik*. J.B. Metzler.
- Klabunde, S. (2003). *Wissensmanagement in der integrierten Produkt- und Prozessgestaltung. Best-Practice-Modelle zum Management von Meta-Wissen*. Deutscher Universitäts-Verlag.
- Krosnick, J. A., & Presser, S. (2010). Question and questionnaire design. In J. D. Wright & P. V. Marsden (Hrsg.), *Handbook of survey research* (2. Auflage, S. 263-313). Emerald Group Publishing Limited.
- Liening, A. (2023). *Komplexität und Entrepreneurship. Komplexitätsforschung sowie Implikationen auf Entrepreneurship-Prozesse* (2. Auflage). Springer Gabler.
- Lucke, U. (2023, 26. Oktober): *Projekt CAVAS+. Computer-Assistenz zur Validierung und Akkreditierung von Studienordnungen zur Verbesserung der Studierbarkeit*. <https://www.uni-potsdam.de/de/cavas-plus/index> [Zugriff 22.12.2023].
- Luhmann, N. (2019). Zur Komplexität von Entscheidungssituationen. In E. Lukas & V. Tacke (Hrsg.), *Schriften zur Organisation 2. Theorie organisierter Sozialsysteme*. (S. 161-197). Springer VS.
- Mainzer, K. (2008). *Komplexität*. Fink.
- Minge, M., & Thüring, M. (2011). Der Einfluss von Gebrauchstauglichkeit und Gestaltung auf Kognition und Emotion in der Mensch-Technik-Interaktion. In C. Lutsch & F. Adler (Hrsg.), *Forum für Entwerfen - Der kurze Weg zum Glück*. (S. 109-119). Forum für Entwerfen e. V..
- Moebert, T. (2022): Zum Einfluss von Adaptivität auf die Interaktion mit Bildungstechnologien. In P. Henning, M. Striwe & M. Wölfel, *DELFI 2022. Lecture Notes Informatics (LNI)*. Gesellschaft für Informatik.
- Moebert, T. (2022b): Zum Einfluss von Adaptivität auf die Interaktion mit Bildungstechnologien [Konferenzbeitrag]. *DELFI 2022. Lecture Notes Informatics (LNI)*.
- Moebert, T. (2021). *Zum Einfluss von Adaptivität auf die Wahrnehmung von Komplexität in der Mensch-Technik-Interaktion* [Dissertation, Universität Potsdam]. <https://doi.org/10.25932/publishup-49992>.

- Schoeneberg K.-P. (2014). Komplexität - Einführung in die Komplexitätsforschung und Herausforderungen für die Praxis. In K.-P. Schoeneberg (Hrsg.), *Komplexitätsmanagement in Unternehmen* (S. 13-27). Springer Gabler.
- Snowden, D. J., & Boone, M. E. (2007). A leader's framework for decision making. *Harvard business review* (11)85, S. 68–76, 149.
- Statista (o.J.). *Smart Home - Deutschland*. <https://de.statista.com/outlook/dmo/smart-home/deutschland> [Zugriff: 22.11.2023]
- Weiser, M. (1991). The computer for the 21st Century. *Scientific American* (3)265, S. 94-104.
- Wegner, A./ REWE-E-Commerce (2022, 14. Dezember). „Hin und Weg“ in München. - Erster autonomer REWE Pick&Go Markt eröffnet. Schnelles Einkaufen und kassenloses Bezahlen jetzt auch in Bayerns Landeshauptstadt München möglich. Pressemitteilung vom 14.12.2022. <https://mediacenter.rewe.de/pressemitteilungen/rewe-pick-and-go-muenchen> [Zugriff: 22.11.2023]

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Prinzip einer trivialen Maschine.....	5
Abbildung 2: Prinzip einer nicht-trivialen Maschine.....	6
Abbildung 3: Darstellung der Zusammenhänge zwischen Komplexität und Kompliziertheit.....	7
Abbildung 4: Darstellung des sogenannten „Cynefin-Frameworks“.....	12
Abbildung 5: Matrix zur Klassifikation von Interaktionssituationen von Moebert (2021).....	14
Abbildung 6: Darstellung des Erhebungsinstruments von Moebert (2021).....	17
Abbildung 7: Darstellung einer bipolaren Ratingskala.....	22
Abbildung 8: Darstellung einer unipolaren Ratingskala.....	22
Abbildung 9: Darstellung des Unterschieds zwischen einer Ordinal- und Intervallskalierung.....	23
Abbildung 10: Klassifikationsschema zur Identifikation von komplexen Interaktionssituationen.....	34
Abbildung 11: Auswertegrafik im Teil 2 des entwickelten Analysewerkzeugs.....	40
Abbildung 12: Darstellung der Vortest-Ergebnisse für den Teil 2 des Analysetools.....	45
Abbildung 13: Darstellung des Evaluationsergebnisses für Frage 1.....	46
Abbildung 14: Darstellung des Evaluationsergebnisses für Frage 2.....	47
Abbildung 15: Darstellung des Evaluationsergebnisses für Frage 3.....	48
Abbildung 16: Darstellung des Evaluationsergebnisses für Frage 4.....	49
Abbildung 17: Darstellung eines Baumdiagramms für Anwender*innen des Analysetools.....	50
Abbildung 18: Darstellung des alternativen Klassifikationsschemas in einer „Schwellwertlogik“.....	52
Abbildung 19: Darstellung eines Klassifikationsschemas mit einer "Weder noch"-Ausprägung.....	53
Abbildung 20: Integration des Analysetools in den System-Entwicklungsverlauf.....	55

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Darstellung des Antwortformats für den Indikator <i>Vorhersehbarkeit</i>	30
Tabelle 2: Darstellung des Antwortformats für den Indikator <i>Detail und Expertenwissen</i>	31
Tabelle 3: Darstellung des Antwortformats für den Indikator <i>Rekonstruierbarkeit</i>	31
Tabelle 4: Darstellung der Auswertungstabelle in Teil 1 des Analysetools.....	32
Tabelle 5: Darstellung des Auswertungsschemas in Teil 1 des Analysetools.....	32
Tabelle 6: Darstellung von beispielhaften Auswertungen in Teil 1 des Analysetools.....	33
Tabelle 7: Antwortformat für die Items der Komplexitätskriterien.....	36
Tabelle 8: Gegenüberstellung der überarbeiteten Erläuterungen nach Grösser (2018).....	39
Tabelle 9: Darstellung der Ergebnisse der Vortest-Anwendung für Teil 1.....	44
Tabelle 10: Antwortformat für den neu formulierten Indikator <i>Detail- und Expertenwissen</i>	54

Anhang

A.1 Richtlinien zur Item-Formulierung

nach Bühner (2021, S. 79 - 82)

(1) Begriffe mit mehreren Bedeutungen sollten vermieden werden.

Ich bin in Gesprächen angriffslustig. Trifft nicht zu ①-②-③-④-⑤ Trifft zu

In diesem Beispiel ist unklar, ob „angriffslustig“ positiv im Sinne von „Ich vertrete meine Meinung offensiv“ oder negativ in Form von „Ich mache andere nieder“ gemeint ist.

(2) Begriffe und Formulierungen vermeiden, die nur einem Teil der in Aussicht genommenen Zielgruppe (im Beispiel: Fragebogen für Kinder) geläufig sind.

Ich fühle mich depressiv. Trifft nicht zu ①-②-③-④-⑤ Trifft zu

(3) Jedem Item nur einen sachlichen Inhalt/Gedanken zugrunde legen.

Ich fahre sehr gerne und sehr schnell Auto. Trifft nicht zu ①-②-③-④-⑤ Trifft zu

In diesem Item sind zwei Aussagen vermischt, die voneinander unabhängig sein können. Man kann gerne Auto fahren, aber nicht unbedingt „schnell“ fahren. Besser ist es, eine solche Frage in zwei Teilfragen zu zerlegen:

Ich fahre sehr gerne Auto. Trifft nicht zu ①-②-③-④-⑤ Trifft zu

Ich fahre sehr schnell Auto. Trifft nicht zu ①-②-③-④-⑤ Trifft zu

Allerdings gilt diese Regel vor allem dann, wenn die Inhalte stark unterschiedlich sind. Sind die Inhalte ähnlich, kann dies nützlich sein. Betrachten wir beispielsweise das Item „Ich bin niedergeschlagen und müde“. Dieses Item könnte den Aspekt des Antriebmangels bzw. einer erhöhten Ermüdbarkeit besser ausdrücken als ein Adjektiv alleine.

(4) Keine doppelten Verneinungen verwenden, da diese die Verständlichkeit verringern und zu einer längeren Aufgabenbearbeitung führen können.

Ich bin nicht oft unglücklich. Trifft nicht zu ①-②-③-④-⑤ Trifft zu

In Übersetzungen von englischsprachigen Fragebogen werden häufig doppelte Verneinungen verwendet, z. B. „Ain't no mountain high enough“ (kein Berg ist hoch genug). Diese können wörtlich übersetzt schwer zu verstehen sein und dann zu einer nicht gewollten falschen Antwort von Personen führen. Von wesentlicher Bedeutung im Zusammenhang mit doppelten Verneinungen ist die verwendete Stichprobe. Während beispielsweise für Studenten z. B. komplexere Fragen oder doppelte Verneinungen ein

weniger großes Problem darstellen, kann die Beantwortung für bestimmte Personengruppen, z. B. Patienten mit niedrigem Bildungsgrad, problematisch werden. Solche Verständnisschwierigkeiten und infolgedessen eine geringere Motivation, den Fragebogen auszufüllen, können ein zusätzlicher unerwünschter Effekt doppelter Verneinungen sein.

(5) Verallgemeinerungen vermeiden.

Alle Kinder machen Lärm. Trifft nicht zu **1-2-3-4-5** Trifft zu

Formulierungen wie „immer“, „alle“, „keiner“, „niemals“ sollten vermieden werden. Es kann sein, dass Befragte solche pauschalen Aussagen ablehnen. In spezifischen Kontexten, z. B. zur Erfassung irrationaler Einstellungen, können sie jedoch sinnvoll sein.

(6) Umständliche Längen und telegrafische Kürzen vermeiden.

U. U. ist es m. E. legitim, gegen Friedensbewegungsbefürworter mit Polizeigewalt vorzugehen. Trifft nicht zu **1-2-3-4-5** Trifft zu

(7) Wichtiges durch Fettdruck, Unterstreichen oder Ähnliches hervorheben.

Allerdings sollte mit Hervorhebungen sparsam umgegangen werden, da sie sonst unübersichtlich sind und verwirren: Für mich ist es wichtig, die Kontrolle zu behalten. Trifft nicht zu **1-2-3-4-5** Trifft zu

(8) Eine Negativpolung durch Verneinung sollte vermieden werden, wenn dadurch eine valide Antwort auf das Item gefährdet ist.

Items werden in Schlüsselrichtung des zu erfassenden Konstrukts formuliert und als positiv gepolte Items bezeichnet. Ein positiv gepoltes und in Schlüsselrichtung des Konstrukts Extraversion formuliertes Item ist beispielsweise „Ich gehe gerne aus“. Hier sollte eine hohe Zustimmung auf die Frage einer hohen Ausprägung auf dem Konstrukt Extraversion entsprechen. Items, die Extraversion messen, können jedoch auch entgegengesetzt der Schlüsselrichtung formuliert sein, z. B. „Ich bleibe gerne zu Hause“. Hier spricht eine hohe Zustimmung auf die Frage einer geringen Ausprägung an Extraversion. Man grenzt hiervon Items ab, die negativ gepolt und verneint sind, z. B. „Ich gehe nicht gerne aus“. Die Verneinung kann dabei unterschiedlich erzielt werden, beispielsweise durch das Einfügen des Wortes „nicht“ oder „kein“ oder durch Präfixe oder Suffixe, wie beispielsweise glücklich und unglücklich oder taktvoll oder taktlos. Es folgen drei Beispiele von Items, die etwas Ähnliches wie Extraversion erfassen könnten.

Item 1 (positiv gepolt, positiv formuliert, in Schlüsselrichtung von Extraversion formuliert):
Ich gehe gerne aus. Trifft nicht zu **1-2-3-4-5** Trifft zu

Item 2 (negativ gepolt, positiv formuliert, nicht in Schlüsselrichtung von Extraversion formuliert): Ich bleibe gerne zu Hause. Trifft nicht zu **1-2-3-4-5** Trifft zu

Item 3 (negativ gepolt, negativ formuliert durch Verneinung, nicht in Schlüsselrichtung von Extraversion formuliert): Item 2: Ich gehe nicht gerne aus. Trifft nicht zu **1-2-3-4-5** Trifft zu

(9) Der Zeitpunkt bzw. die Zeitspanne, auf die Bezug genommen wird, sollte eindeutig definiert sein.

In den letzten Wochen war ich häufig niedergeschlagen. Trifft nicht zu **1-2-3-4-5** Trifft zu

In diesem Beispiel ist der Zeitrahmen nicht klar. Ein Proband könnte als „letzte Wochen“ die letzten zwei Wochen als Basis nehmen, ein anderer drei oder vier Wochen. Dementsprechend ändern sich auch die Häufigkeitsangaben. Gleiches gilt natürlich für den Begriff „häufig“; wann etwas „häufig“ auftritt, kann von Probanden subjektiv unterschiedlich interpretiert werden. Ein weiteres Problem ist die Verwendung von Häufigkeitsangaben im Antwortstamm. Bortz und Döring (2002, S. 256) geben ein schönes Beispiel für die Unsinnigkeit von quantifizierenden Beschreibungen wie „fast“, „kaum“ oder „selten“: „Ich gehe selten ins Kino.“ Der Antwortmodus ist dabei „nie– selten – gelegentlich – oft – immer“. Besser ist, in einer solchen Frage den Zeitrahmen und die Häufigkeitsangaben genauer zu spezifizieren: In den letzten zwei Wochen hatte ich jeden Tag mindestens einmal das Gefühl, niedergeschlagen zu sein. Trifft nicht zu **1-2-3-4-5** Trifft zu

A.2 Evaluationsergebnisse aus der offenen Fragestellung

Wortlaut Befragter 1:

- *Das erneute Eintragen der Personen ist ermüdend*
- *Hinweise in das Glossar aufnehmen, um Papier zu sparen und weniger zu lesen.*
- *Die Zahlen für trifft zu verbinde ich mit größer => stärkere Ausprägung. Das würde auch das Spinnennetz am Ende intuitiver machen.*
- *Name der Interaktion auf allen Zetteln.*
- *Konsistentes Hervorheben von Begriffen (z.B. Dynamik)*
- *Die Antwortmöglichkeiten „trifft immer zu“ kann nicht auf eine Frage passen. Dafür muss es eine Aussage geben.*
- *Das Auswertungsschema von Teil 1 war für mich nicht intuitiv. Vielleicht ist eine Darstellung als Baum eingängiger.*
- *Verwunderung, dass im Zweiten Teil „perfektes Wissen“ zum System nötig ist. Vorher wurde Wahrnehmung von Personas antizipiert.*

Wortlaut Befragter 2:

- *Skala pro Frage sollte mit mehr Beispielen versehen werden, um sich einordnen zu können*
- *Beispiel Adaptivität, was heißt (5) oder (4). Im UEQ+ sind einzelne Bereiche nochmal unterteilt mit Items, welche detailliertere Auskünfte geben.*
- *Martin: Ohne Hilfestellung wäre ich nicht drauf gekommen in der Interaktion den Fehlerfall explizit anzunehmen.*

Wortlaut Befragter 3:

- *Es ist mir oft schwer gefallen verschiedene Aspekte der Interaktionssituation so zu vergleichen/ in Einklang zu bringen, dass daraus eine der Eigenschaften abzuleiten (z.B. Nichtlinearität). Deswegen würde ich denken, dass diese Einschätzungen zwar nicht ganz akkurat sind, das bloße Nachdenken darüber aber trotzdem hilft die Komplexität zu verstehen und Probleme zu finden.*

Wortlaut Befragter 4:

- *wording der Items teilweise ungünstig*
- *Auswertungsraster bei I unverständlich*
- *Onlinetool + automatische „Generierung“ der Grafik*

Wortlaut Befragter 5:

- *Keine Angaben getätigt*

A.3 Finaler Fragebogen und Analysetool

Fragebogen und Analysetool zur angeleiteten Reflexion von herausfordernden Interaktionssituationen in Softwareprojekten

Liebe/r Softwareentwickler:in,

vorliegendes Analysetool soll Ihnen in Form eines Fragebogens helfen, das von Ihnen konstruierte Softwaresystem, besonders die entstehenden Interaktionssituationen zwischen Nutzern und System, systematisch zu reflektieren und möglicherweise kritische Interaktionssituationen zu identifizieren sowie anschließend zu analysieren. Wenn nötig und sinnvoll, können an diesen Interaktionssituationen Anpassungen vorgenommen werden, wofür das Analysetool zusätzliche Ansatzpunkte liefert.

Das Analysetool ist zweiteilig aufgebaut. Im **ersten Teil** werden die von Ihnen als bedeutsam eingeschätzten Interaktionssituationen identifiziert und nach ihrer Relevanz kriteriengeleitet klassifiziert.

Im **zweiten Teil** werden die relevanten Interaktionssituationen mithilfe eines Fragebogens systematisch analysiert.

Das Analysetool kann beliebig oft wiederholt werden. Somit ist es möglich, die Analysetiefe und damit auch den -umfang selbst zu bestimmen. Sie als Anwender entscheiden, wann für Sie eine hinreichende Analysetiefe erreicht ist und können zu einem späteren Zeitpunkt von diesem Ergebnis den Reflexionsprozess auch erneut beginnen bzw. fortsetzen. Über mehrere Analysezyklen kann dadurch eine sehr feinkörnige Analyse des Softwaresystems vorgenommen werden.

Ziel des Analysetools ist das Aufdecken von problematischen Interaktionssituationen, die Sie bislang nicht als solche antizipiert haben, jedoch in der Praxis auftreten werden und zu Problemen führen könnten.

Teil 1: Identifizieren und Klassifizieren von Interaktionssituationen

In einem ersten Schritt vergegenwärtigen Sie sich bitte die aus Ihrer Sicht bedeutendsten/anspruchsvollsten/ populärsten/ kritischsten/ unklarsten/ ... Interaktionssituationen Ihres Systems mit dem bzw. den Anwendenden Ihrer Zielgruppen (Personas).

Vergeben Sie für jede der antizipierten Situationen einen prägnanten Namen und notieren ihn. Die Namensgebung erleichtert Ihnen das weitere Vorgehen in Teil 2, in welchem dann die Analyse ausgewählter Situationen einzeln und sukzessive durchgeführt wird.

Wichtige Hinweise: Es kann genauso sinnvoll sein, hier anders vorzugehen und bspw. die jeweils unbedeutendsten/ anspruchslosesten/ langweiligsten, ... Situationen zuerst in den Blick zu nehmen. Damit soll Ihnen verdeutlicht werden, dass, unabhängig von Ihrer ersten Einschätzung, jede Interaktionssituation den Wert hat, analysiert zu werden und aufschlussreiche Ergebnisse liefern kann. Auch die hier vorgeschlagenen Adjektive sind nur Vorschläge und als Hilfestellung zu verstehen. Es sollte keine Interaktionssituation von Beginn an ausgeschlossen werden! Ebenso ist das hier dargestellte Vorgehen mit den auf den ersten Blick bedeutendsten Situationen zu beginnen und dann spiralförmig weniger bedeutende Situationen zu analysieren nur ein Vorschlag, aber eventuell hilfreich um „den Faden aufzunehmen“.

Wenden Sie nun die folgenden Fragen auf Ihre (erste) Interaktionssituation an! Beantworten Sie die Fragen für jede Ihrer Zielgruppen (Personas), indem Sie sich in diese hineinversetzen bzw. „eindenken“ oder „einfühlen“. Als Hilfestellung dienen die Zielgruppenbeschreibungen Ihres Projekts und das Personenbild.

Name der Interaktionssituation: _____

Frage 1 - Vorhersehbarkeit

In welchem Ausmaß können Ihre Zielgruppen in der Interaktionssituation vorhersehen, wie sich das System verhalten wird und damit die Konsequenzen des eigenen Handelns vorhersehen?

Hinweis: Damit ist gemeint, wie wahrscheinlich es für die jeweilige Nutzergruppe ist, dass im Laufe der Interaktionssituation Ursache-Folge-Beziehungen erkannt bzw. erlernt und diese angewendet werden können.

Zielgruppe/ Persona	uneingeschränkt vorhersehbar (1)	überwiegend vorhersehbar (2)	mit deutlichen Einschränkungen vorhersehbar (3)	überwiegend nicht vorhersehbar (4)
A				
B				
C				
D				
E				

Frage 2 - Detail- und Expertenwissen

In welchem Ausmaß benötigen Ihre Zielgruppen Detail- bzw. Expertenwissen über das System, um die Interaktionssituation erfolgreich (vorhersagbar) zu bewältigen?

Hinweis: Damit ist gemeint, wie wahrscheinlich benötigtes Detail- bzw. Expertenwissen für die Bewältigung der betrachteten Interaktionssituation tatsächlich zur Verfügung steht. Unter Detailwissen wird ein Wissensbestand verstanden, der prinzipiell vorhanden ist, jedoch nur mit zusätzlichem Aufwand erworben wird, z. B. durch Lesen einer Bedienungsanleitung. Unter Expertenwissen wird ein Wissensbestand verstanden, der hauptsächlich durch intensive Erfahrung mit dem Problemgegenstand erworben wird, z.B. Häufige Anwendung von spezialisierten Excelfunktionen.

Zielgruppe/ Persona	Benötigen eine große Menge an Detail- bzw. Expertenwissen (1)	Benötigen moderates Detail- bzw. Expertenwissen (2)	Benötigen wenig Detail- bzw. Expertenwissen (3)	Benötigen kein Detail- bzw. Expertenwissen (4)
A				
B				
C				
D				
E				

Frage 3 - Rekonstruierbarkeit

In welchem Ausmaß könnten Ihre Zielgruppen in der Interaktionssituation ein unerwartetes Systemverhalten erst im Nachhinein rekonstruieren?

Hinweis: Damit ist gemeint, mit welcher Wahrscheinlichkeit in der Interaktionssituation vorhersagbare Entscheidungen für die Nutzergruppe erschwert werden, sodass diese nur im Nachhinein klar sind.

Zielgruppe/ Persona	uneingeschränkt rekonstruierbar (1)	überwiegend rekonstruierbar (2)	mit deutlichen Einschränkungen rekonstruierbar (3)	überwiegend nicht rekonstruierbar (4)
A				
B				
C				
D				
E				

Zusammenfassung (Selbstausswertung) des Teil 1

Nun tragen Sie bitte Ihre Antworten als Zahlenwerte (Werte 1 bis 4) der Fragen 1 bis 3 in die unten stehende Tabelle ein. Sie können so die betrachtete Interaktionssituation für jede Zielgruppe nach folgendem Schema selbst klassifizieren.

Hinweis: Im Teil 2 dieses Analysetools werden dann nur noch die komplexen Interaktionssituationen betrachtet.

Auswertung Ihrer Interaktionssituation

Zielgruppe/ Persona	Frage 1	Frage 2	Frage 3	Klassifikation
A				
B				
C				
D				
E				

Auswertungsschema:

Klasse der Interaktionssituation	Frage 1 (vorhersagbarkeit)	Frage 2 (Detail- und Expertenwissen)	Frage 3 (Rekonstruierbarkeit)
Offensichtlich	1 oder 2	3 oder 4	Nicht zutreffend
Kompliziert	1 oder 2	1 oder 2	Nicht zutreffend
Komplex	3 oder 4	Nicht zutreffend	1 oder 2
Chaotisch	3 oder 4	Nicht zutreffend	3 oder 4

Auswertungsbeispiel:

Zielgruppe/ Persona	Frage 1	Frage 2	Frage 3	Ergebnis/ Klassifikation
A	2	1	2	Kompliziert
B	2	3	2	Offensichtlich
C	4	3	4	chaotisch
D	3	2	2	komplex

Ende Teil 1

Teil 2: Analyse anspruchsvoller Interaktionssituationen

In diesem Teil werden die relevanten Interaktionssituationen mithilfe eines Fragebogens systematisch analysiert.

Bitte geben Sie für jede der betrachteten Interaktionssituation und für jede der folgenden Systemeigenschaften ihre Zustimmung an. Berücksichtigen Sie dabei bitte auch das Umfeld, in der die Interaktionssituation stattfindet. Umfeld meint die Frage, ob vielleicht andere Geräte, andere Personen, andere Orte oder - allgemein - andere situationsprägende Bedingungen, beteiligt sind.

Hinweis: An dieser Stelle sind nicht mehr ihre Zielgruppen/ Personas relevant, da es sich hier um die Analyse der jeweils konkreten Interaktionssituation handelt, also nicht mehr die Nutzersicht eingenommen, sondern eine Bewertung der Interaktionssituation vorgenommen wird.

Name der Interaktionssituation: _____

Frage 1 - Dynamik

Bitte geben Sie an: In welchem Ausmaß ist die Interaktionssituation von Dynamik geprägt?

Hinweis: Damit ist gemeint, in welchem Ausmaß sich die Interaktionssituation über die Zeit verändert. Berücksichtigen Sie bitte dabei auch das Umfeld der Interaktionssituation. Eine dynamische Interaktionssituation generiert bei gleichen Voraussetzungen unterschiedliche Konsequenzen. Was zunächst stabil wirkte, variiert über eine Zeitspanne. Berücksichtigen Sie bitte dabei auch das Umfeld der Interaktionssituation!

Trifft immer zu (1)	Trifft überwiegend zu (2)	Trifft teilweise zu (3)	Trifft überwiegend nicht zu (4)	Trifft praktisch nie zu (5)

Frage 2 - Verknüpfung der Systemelemente

Bitte geben Sie an: In welchem Ausmaß interagieren in der betrachteten Interaktionssituation eng verknüpfte Systemelemente miteinander?

Hinweis: Eine enge Verknüpfung der Systemelemente meint, dass Elemente oder Akteure oft bzw. viel miteinander interagieren. Berücksichtigen Sie bitte dabei auch das Umfeld der Interaktionssituation!

Trifft immer zu (1)	Trifft überwiegend zu (2)	Trifft teilweise zu (3)	Trifft überwiegend nicht zu (4)	Trifft praktisch nie zu (5)

Frage 3 - Feedback bzw. Rückkopplung

Bitte geben Sie an: In welchem Ausmaß wird das System durch Feedback bzw. Rückkopplung gesteuert?

Hinweis: Dies meint, dass das System und deren Konsequenzen durch das Feedback bzw. die Rückkopplung verknüpft ist. Durch diese Kopplung zwischen Systemelementen können Handlungen und Ereignisse auf sich selbst zurückwirken. Berücksichtigen Sie bitte dabei auch das Umfeld der Interaktionssituation!

Trifft immer zu (1)	Trifft überwiegend zu (2)	Trifft teilweise zu (3)	Trifft überwiegend nicht zu (4)	Trifft praktisch nie zu (5)

Frage 4 - Nichtlinearität im Systemverhalten

Bitte geben Sie an: In welchem Ausmaß ist das Systemverhalten in der betrachteten Interaktionssituation nichtlinear?

Hinweis: Nichtlinearität meint, dass der Effekt zu seiner Ursache nicht proportional ist, also auch kleine Handlungen große Effekte haben können. Nichtlinearität kann bildhaft als Kurve veranschaulicht werden. Berücksichtigen Sie bitte dabei auch das Umfeld der Interaktionssituation.

Trifft immer zu (1)	Trifft überwiegend zu (2)	Trifft teilweise zu (3)	Trifft überwiegend nicht zu (4)	Trifft praktisch nie zu (5)

Frage 5 - Vergangenheitsabhängigkeit

Bitte geben Sie an: In welchem Ausmaß ist das Systemverhalten in der betrachteten Interaktionssituation vergangenheitsabhängig?

Hinweis: Vergangenheitsabhängigkeit meint, dass die von den Nutzer:innen zu treffenden Entscheidungen von vorausgegangenen Entscheidungen abhängig sind. Die Struktur des Systems ist das Produkt der vergangenen Aktionen (Wechselwirkungen). Berücksichtigen Sie bitte dabei auch das Umfeld der Interaktionssituation!

Trifft immer zu (1)	Trifft überwiegend zu (2)	Trifft teilweise zu (3)	Trifft überwiegend nicht zu (4)	Trifft praktisch nie zu (5)

Frage 6 - Selbstorganisation

Bitte geben Sie an: In welchem Ausmaß ist das Systemverhalten in der betrachteten Interaktionssituation selbstorganisierend?

Hinweis: Selbstorganisierend meint, dass die Dynamik des Systems, mit dem die Interaktion stattfindet, maßgeblich auf spontanen Ergebnissen der internen Systemstruktur zurückzuführen ist. Berücksichtigen Sie bitte dabei auch das Umfeld der Interaktionssituation!

Trifft immer zu (1)	Trifft überwiegend zu (2)	Trifft teilweise zu (3)	Trifft überwiegend nicht zu (4)	Trifft praktisch nie zu (5)

Frage 7 - Adaptivität

Bitte geben Sie an: In welchem Ausmaß ist das Systemverhalten in der betrachteten Interaktionssituation adaptiv?

Hinweis: Adaptivität meint, dass das System mit dem die Interaktion stattfindet aus sich selbst heraus Anpassungen vornimmt. Zu beachten ist, dass die Entscheidungsregeln für diese Anpassung zusätzlich variieren können. Berücksichtigen Sie bitte dabei auch das Umfeld der Interaktionssituation!

Trifft immer zu (1)	Trifft überwiegend zu (2)	Trifft teilweise zu (3)	Trifft überwiegend nicht zu (4)	Trifft praktisch nie zu (5)

Frage 8 - Kontraintuitivität

Bitte geben Sie an: In welchem Ausmaß ist das Systemverhalten in der betrachteten Interaktionssituation kontraintuitiv?

Hinweis: Kontraintuitivität meint, dass Entscheidungspersonen die Ursachen und deren Auswirkungen auf die Situation nicht mithilfe ihrer Intuition erfassen können. Berücksichtigen Sie bitte dabei auch das Umfeld der Interaktionssituation!

Trifft immer zu (1)	Trifft überwiegend zu (2)	Trifft teilweise zu (3)	Trifft überwiegend nicht zu (4)	Trifft praktisch nie zu (5)

Frage 9 - Interventionsbeständigkeit

Bitte geben Sie an: In welchem Ausmaß ist das Systemverhalten in der betrachteten Interaktionssituation interventionsbeständig?

Hinweis: Interventionsbeständigkeit meint, dass ergriffene Maßnahmen zur Änderung der Situation nicht den gewünschten Effekt haben oder die Situation sogar verschlimmern können. Berücksichtigen Sie bitte dabei auch das Umfeld der Interaktionssituation!

Trifft immer zu (1)	Trifft überwiegend zu (2)	Trifft teilweise zu (3)	Trifft überwiegend nicht zu (4)	Trifft praktisch nie zu (5)

Frage 10 - Abwägungsentscheidungen

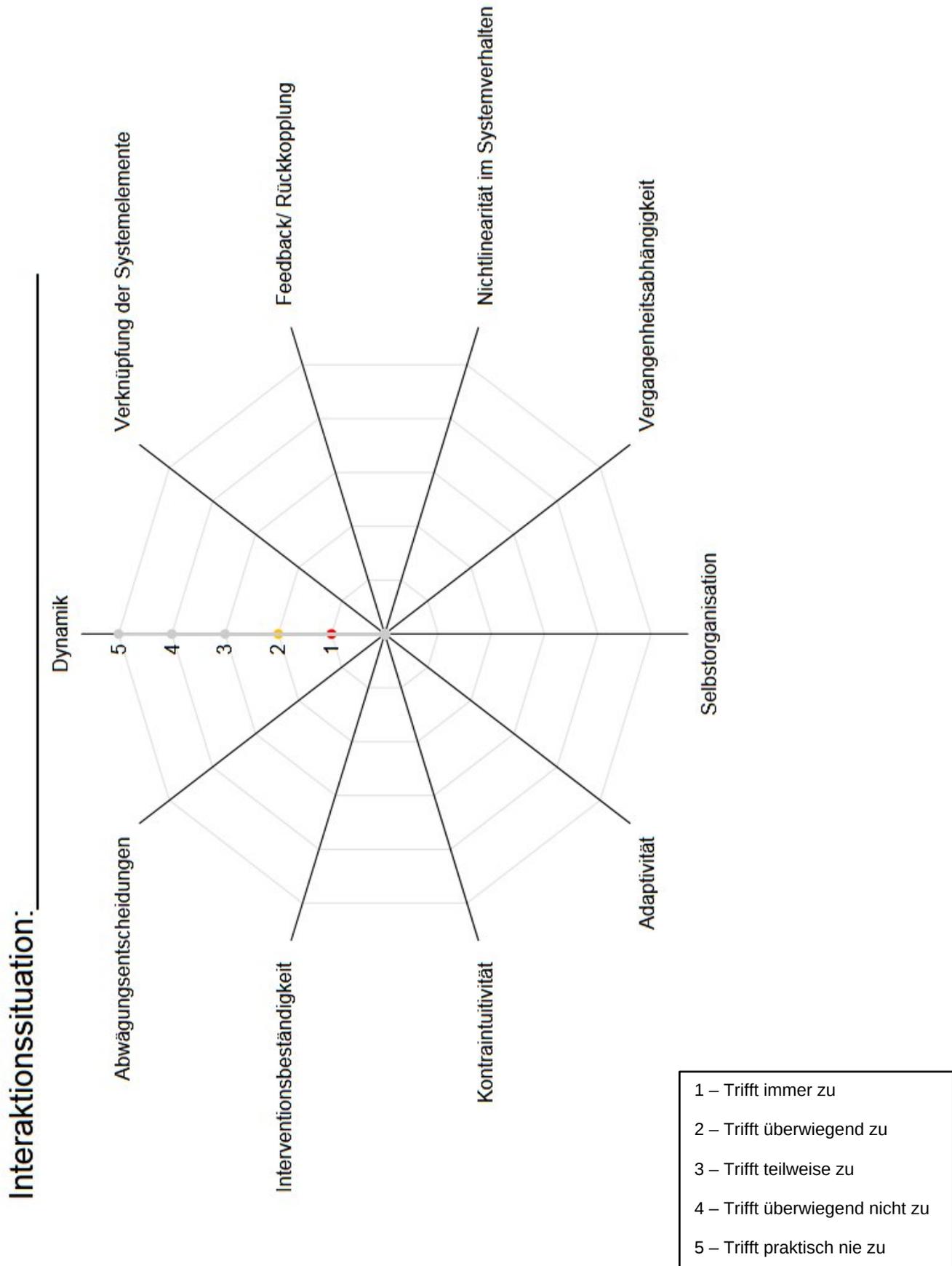
Bitte geben Sie an: In welchem Ausmaß ist das Systemverhalten in der betrachteten Interaktionssituation von Abwägungsentscheidungen (trade-offs) geprägt?

Hinweis: Abwägungsentscheidungen zeichnen sich dadurch aus, dass eine solche Entscheidung sowohl kurz- als auch langfristige Folgen hat. Dabei sind die langfristigen Folgen i. d. R. kaum überschaubar. Beispielsweise sind die langfristigen Folgen einer Zustimmung zur Datenverarbeitung unüberschaubar, weil unklar sein kann wie sich die Zustimmung langfristig auswirkt. Berücksichtigen Sie bitte dabei auch das Umfeld der Interaktionssituation!

Trifft immer zu (1)	Trifft überwiegend zu (2)	Trifft teilweise zu (3)	Trifft überwiegend nicht zu (4)	Trifft praktisch nie zu (5)

Zusammenfassung (Selbstausswertung) des Teil 2

Nun tragen Sie bitte Ihre Antworten in das unten stehende Diagramm ein und erhalten somit eine grafische Übersicht, wo sich möglicherweise die Komplexität Ihrer Interaktionssituation manifestiert.



Glossar:

System:

Unter einem **System** wird etwas Zusammengesetztes verstanden, dessen Einzelteile oder Komponenten in einer geordneten Beziehung zueinander stehen und daraus etwas Ganzes entstehen lassen. Beispielsweise besteht die Schaltung eines Fahrrades aus mehreren Komponenten, die miteinander geordnet wechselwirken und als Ganzes die Funktion der Kraftübersetzung realisiert.

Als System wird in diesem Analysetool jene Einheit bzw. jenes Ganzes verstanden, die die Interaktionssituation herstellt bzw. realisiert. Dabei wird typischerweise von einem soziotechnischen System ausgegangen.

Unter einem **soziotechnischen System** versteht man vereinfacht die Verbindung von Mensch und Technik bzw. Technologie zu einem Gesamtsystem, welches bestimmte Funktionen oder Aufgaben erfüllt. Beispielsweise ist schon die radfahrende Verbindung von Fahrrad und Mensch ein soziotechnisches System. Eine mögliche **Interaktionssituation** dieses soziotechnischen Systems ist z. B. eine Kurvenfahrt, bei der noch weitere Umweltelemente bzw. Komponenten wie bspw. die Fahrbahnbeschaffenheit die konkrete Interaktionssituation bestimmen.