

Gebrauchstauglichkeit semiformaler Modellierungssprachen für das Anforderungsmanagement

Untersuchungsrahmen, Anwendungsfall und experimentelle Evaluation mittels Blickbewegungsregistrierung

Frank Hogrebe¹, Nick Gehrke² und Markus Nüttgens³

Abstract: Semiformale Modellierungssprachen zur Beschreibung technischer, organisatorischer oder betriebswirtschaftlicher Zusammenhänge haben eine zentrale Bedeutung für das Anforderungsmanagement (Requirements Engineering). Die Modifikation bestehender und die Entwicklung neuer semiformaler Modellierungssprachen nehmen trotz der vorhandenen Vielfalt weiter zu. Der Schwerpunkt von Forschungsarbeiten zur Gebrauchstauglichkeit (Usability) semiformaler Modellierungssprachen liegt traditionell im Bereich der softwaretechnischen und weniger der benutzerbezogenen Anforderungen. Der vorliegende Beitrag wertet 13 Arbeiten zur Gebrauchstauglichkeit bei der Erstellung und Nutzung von Informationsmodellen aus und entwickelt auf dieser Basis einen interdisziplinären Untersuchungsrahmen, der Konzepte der (Wirtschafts-)Informatik und der Kommunikationsforschung kombiniert und in einem Forschungsansatz operationalisiert. Dabei wird sowohl die Europäischen Usability-Norm EN ISO 9241, als auch die Methode der Blickbewegungsregistrierung (EyeTracking) einbezogen. Die experimentelle Evaluation des Untersuchungsrahmens erfolgt anhand eines pilotierten Anwendungsfalls zu Varianten der Ereignisgesteuerten Prozesskette (EPK).

1 Ausgangslage und Motivation

Eine zentrale Aufgabe der Wirtschaftsinformatik besteht in der Analyse und Gestaltung von Informationssystemen in Wirtschaft und Verwaltung. Aus dieser Aufgabenstellung leitet sich die Zielsetzung der Wirtschaftsinformatik ab, Konzepte, Methoden und Werkzeuge zu entwickeln, welche die Gestaltung von Informationssystemen in Wirtschaft und Verwaltung unterstützen [WK94, S.80f.]. Nach einer Marktstudie stiegen die Umsätze im Bereich des Marktes der Modellierungswerkzeuge zur Geschäftsprozessmodellierung in den Jahren 2004 – 2007 um durchschnittlich 15% [Ga07, S. 2]. Je nach Modellierungsadressat sind unterschiedliche Anforderungen zu stellen, die durch Modellierungswerkzeuge technisch realisiert werden. Die vorliegende Untersuchung legt den Fokus auf benutzerbezogene Anforderungen beim Einsatz semiformaler Modellierungssprachen und der Nutzung der resultierenden Modelle. Aus wissenschaftlicher Sicht stellen sich grundsätzliche Fragen hinsichtlich Gemeinsamkeiten und Unterschiede von Arbei-

¹ Universität Hamburg, Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, Von-Melle-Park 5, D-20146 Hamburg, frank.hogrebe@wiso.uni-hamburg.de

² Universität Hamburg, Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, Von-Melle-Park 5, D-20146 Hamburg, nick.gehrke@wiso.uni-hamburg.de

³ Universität Hamburg, Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, Von-Melle-Park 5, D-20146 Hamburg, markus.nuettgens@wiso.uni-hamburg.de

ten, die sich mit benutzerbezogenen Anforderungen an semiformale Modellierungssprachen befassen. Abbildung 1 gibt einen Überblick über den Untersuchungsang, der von drei Forschungsfragen (F) geleitet wird:

- F1: Welche Anforderungen werden allgemein an semiformale Modellierungssprachen gestellt und werden Anforderungen in einschlägigen Arbeiten auch gleich benannt und definiert bzw. entsprechen sie sich in ihrer Semantik?
- F2: Haben sich bestimmte benutzerbezogene Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit semiformaler Modellierungssprachen herausgebildet?
- F3: Ist Blickbewegungsregistrierung eine geeignete Methode zur Messung und Bewertung von Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit semiformaler Modellierungssprachen?

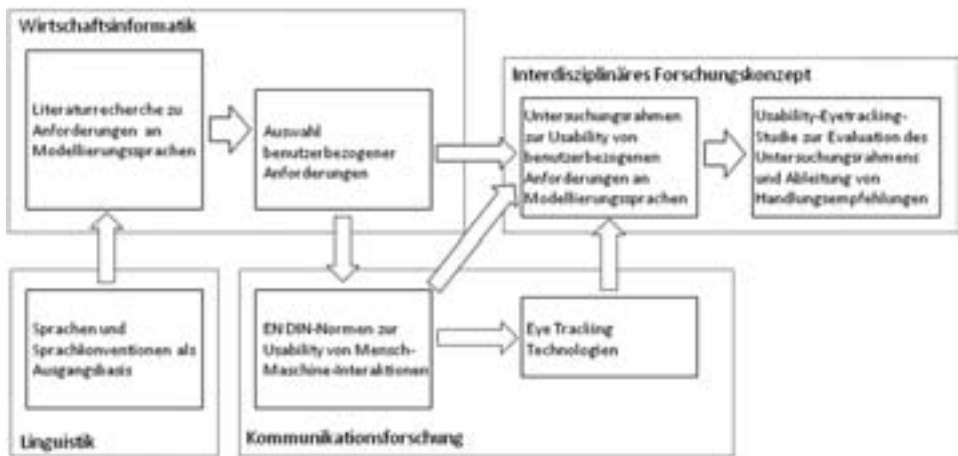


Abb. 1: Untersuchungsang zur Forschungsarbeit

Systematische wissenschaftliche Untersuchungen von Sprachen gehören traditionell in den Forschungsbereich der Linguistik, die sich mit natürlichen Sprachen befasst [Pa06, S. 1]. Die vorliegende Arbeit legt das linguistische Sprachverständnis zu Grunde und dehnt es auf künstliche Sprachen der Informatik aus. Ausgangspunkt für die Untersuchung bildet eine Literaturrecherche zu den Anforderungen bei der Erstellung und Nutzung von Informationsmodellen. Ziel der Erhebung ist es, Hinweise darauf zu erhalten, welche Eigenschaften eine Modellierungssprache besitzen soll (Anforderungen) [Pa06, S. 57]. In wie weit eine Modellierungssprache und ihre Modelle den Anforderungen ihrer Benutzer entspricht, hängt von ihrer Gebrauchstauglichkeit (Usability) aus Sicht der jeweiligen Benutzer ab. Systematische Untersuchungen zur Gebrauchstauglichkeit sind insbesondere ein Untersuchungsfeld der Kommunikationsforschung. Arbeiten hierzu finden sich zur Web-Usability ([RP07], [Yo03]), Usability mobiler Systeme [KS04] und TV-Usability ([Ob07], [PG03]); einschlägige Normen zur Gebrauchstauglichkeit finden sich in den Teilen 11, 12 und 110 der Europäischen Usability-Norm EN ISO 9241 [IS99], [IS00], [IS08]. Aus den gewonnenen Erkenntnissen wird ein Untersuchungsrahmen zur Durchführung von Usability EyeTracking Studien zur Evaluation von benutzerbezogenen Anforderungen an semiformale Modellierungssprachen und ihrer Modelle

entwickelt. Dieser bezieht sowohl Erkenntnisse der (Wirtschafts-) Informatik als auch der Kommunikationsforschung ein. Als Instrumentarium für die Anwendung des Untersuchungsrahmens wird, neben Befragungstechniken, auch die Blickbewegungsregistrierung (EyeTracking) einbezogen, um neben qualitativen Indikatoren (wie subjektive Wahrnehmungen) auch quantitative Indikatoren (wie objektive Messungen zum Einfluss von Blickbewegungen auf die Zeitdauer der Modellierung von Modellen oder Fixationsanzahl und -dauer bei der Modellnutzung) gleichermaßen auswerten zu können. Der Untersuchungsangriff fokussiert auf problem- und domänenunabhängige allgemeine benutzerbezogene Anforderungen, so dass sich die nachfolgenden Ausführungen ausschließlich auf semiformale Modellierungssprachen als invarianter Kern von Modellierungsmethoden konzentrieren.

Der Beitrag ist wie folgt aufgebaut: Im zweiten Abschnitt werden Arbeiten zu Anforderungen an die Erstellung und Nutzung von Informationsmodellen ausgewertet. Auf dieser Basis werden benutzerbezogene Anforderungen kriterienbasiert herausgearbeitet. Der dritte Abschnitt befasst sich mit den in der Kommunikationsforschung angewandten Teilen der Usability-Norm EN ISO 9241. In diesem Kontext wird auch die in der Kommunikationsforschung eingesetzte Methode der Blickbewegungsregistrierung einbezogen. Aus den gewonnenen Erkenntnissen wird im Abschnitt 4 ein Untersuchungsrahmen zur Messung und Bewertung der Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit semiformaler Modellierungssprachen entwickelt und zur vergleichenden Bewertung zweier Varianten der Ereignisgesteuerten Prozesskette (EPK) exemplarisch angewandt. Die Arbeit schließt mit einer Zusammenfassung, Hinweise zur Limitation der Ergebnisse und einem Ausblick auf den weiteren Forschungsbedarf.

2 Anforderungen an semiformale Modellierungssprachen

2.1 Verwandte Arbeiten und Untersuchungseinheiten

Der vorliegende Abschnitt grenzt den Untersuchungsgegenstand zu verwandten Arbeiten ab, die sich auch mit Anforderungen an semiformale Modellierungssprachen und ihren Informationsmodellen befassen. Für die Untersuchung werden einschlägige Arbeiten nach folgenden Kriterien ausgewählt:

- Kriterium 1 (qualitativ): Die Arbeiten müssen explizit Anforderungen an die Modellierung und Nutzung von Informationsmodellen zum Gegenstand haben.
- Kriterium 2 (quantitativ): Es müssen mindestens fünf verschiedene Anforderungen in den Arbeiten als Unterscheidungskriterien vorgeschlagen werden, um eine ausreichende Differenzierung zu ermöglichen.
- Kriterium 3 (quantitativ): Unter den fünf verschiedenen Anforderungen muss mindestens eine benutzerbezogene Anforderung Gegenstand der Arbeit sein, da diese im Fokus der angestrebten Untersuchung stehen.

Auf Grundlage dieser Kriterien werden die nachfolgenden Arbeiten als Untersuchungseinheiten für die Forschungsarbeit ausgewählt:

Einbezogene Arbeiten	Jahr	Titel	Anforderungen
1. Bailey / Pearson [BP83]	1983	Development of a Tool for Measuring and Analysing Computer User Satisfaction	39
2. Baroudi / Orlikowski [BO88]	1988	A Short-Form Measure of User Information Satisfaction: A Psychometric Evaluation and Notes on Use	13
3. Batini et al. [BCN92]	1992	Conceptual Database Design: An Entity-Relationship Approach	8
4. Becker et al. [BSG99]	1999	Grundsätze ordnungsgemäßer Modellierung (GoM)	6
5. Bertram [Be92]	1992	Aspekte der Qualitätssicherung von Unternehmensdatenmodellen	12
6. Daneva et al. [DHS96]	1996	Benchmarking Business Process Models	7
7. Doll / Torkzadeh [DT88]	1988	The Measurement of End-User Computing Satisfaction	12
8. EN ISO 9241-12 [IS00]	2000	Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten; Teil 12: Informationsdarstellung	7
9. Frank / van Laak [FL03]	2003	Anforderungen an Sprachen zur Modellierung von Geschäftsprozessen	12
10. Ives et al. [IOB83]	1983	The Measurement of User Information Satisfaction	39
11. Moody [Mo98]	1998	Metrics for Evaluating the Quality of Entity Relationship Models	8
12. Patig [Pa06]	2006	Die Evolution von Modellierungssprachen	10
13. Wixom / Todd [WT05]	2005	A Theoretical Integration of User Satisfaction and Technology Acceptance	9

Tab. 1: Untersuchungseinheiten der Forschungsarbeit

Die Arbeiten zeigen hinsichtlich der Anzahl der Anforderungen größere Unterschiede (von 6 bis 39 Unterscheidungskriterien). Eine Untersuchung auf der Aggregationsebene der Arten von Anforderungen an semiformale Modellierungssprachen (als übergeordnete Ebene) lässt dem gegenüber keine wissenschaftlich sinnvoll verwertbaren Erkenntnisse erwarten. Zu unterschiedlich sind die in den Arbeiten gewählten Aggregationsbündelungen. So bündeln Wixom und Todd [WT05, S. 90] in zwei Anforderungsarten, Frank und van Laak [FL03, S. 25-33] in drei und Doll und Torkzadeh [DT88, S. 268] in fünf; Bailey und Pearson [BP83], Becker et al. [Be99], Ives et al. [IOB83], [IS00] sowie Baroudi und Orlikowski [BO88] bilden keine Aggregationsbündel.

2.2 Benutzerbezogene Anforderungen

Welche Anforderungen wesentlich für die Benutzer sind (benutzerbezogene Anforderungen), hat sich unter Bezugnahme auf Tabelle 2, die alle Anforderungen der 13 Untersuchungseinheiten aufführt, nicht eindeutig herausgebildet. Der Tabelle liegt folgender Aufbau zugrunde:

- Die in den 13 Arbeiten (Untersuchungseinheiten) insgesamt herangezogenen 86 Anforderungen werden zunächst alphabetisch aufsteigend sortiert.
- Kriterien, die in 3 (und mehr) der Arbeiten als Anforderungen an die Modellierung und Nutzung von Modellen herangezogen werden, wurden im Weiteren an den Anfang gestellt (Kriterien 1 - 24).
- Innerhalb dieser 24 (häufigsten) Kriterien wird schließlich zwischen benutzerbezogenen (1 - 10) und systembezogenen Kriterien (11 - 24) differenziert.

Die Zuordnung von Anforderungen zu den 10 benutzerbezogenen Kriterien gründet sich dabei auf eine detaillierte Auswertung der den jeweiligen Anforderungen zugrunde liegenden Definitionen und semantischen Beschreibungen in den 13 Arbeiten.

Kriterium	Bailey / Pearson [BP83]	Baroudi / Orlikowski [BO88]	Batini et al. [BCN92]	Becker et al. [BSG99]	Betram [Be92]	Daneva et al. [DHS96]	Doll / Torkzadeh [DT88]	Frank / van Laak [FL03]	ISO 9241-12 [IS00]	Ives et al. [IOB83]	Moody [Mo98]	Patig [Pa06]	Wixom / Todd [WT05]	mindestens 3 Nennungen	davon benutzerbezogen
1 Einfachheit								x			x	x		x	x
2 Flexibilität	x				x					x			x	x	x
3 Genauigkeit	x	x					x			x			x	x	x
4 Klarheit				x			x		x					x	x
5 Präzision	x	x					x			x				x	x
6 Relevanz	x	x		x			x			x				x	x
7 Verständlichkeit	x	x			x	x			x	x	x	x		x	x
8 Vollständigkeit	x	x	x		x		x	x		x	x		x	x	x
9 Zeiterfordernis	x	x								x				x	x
10 Zweckmäßigkeit	x						x			x				x	x
11 Ablaufsteuerung	x	x								x				x	
12 Beziehung zum EDP Personal	x	x								x				x	
13 Dokumentation	x					x				x				x	
14 Eingebundenheit	x	x								x				x	
15 Einstellung des EDP Personals	x	x												x	
16 Format des Outputs	x						x			x			x	x	
17 Gültigkeit	x						x			x			x	x	
18 Integration	x									x	x		x	x	
19 Kommunikation mit dem EDP Personal	x	x								x				x	
20 Korrektheit			x					x			x			x	
21 Rechtzeitigkeit	x						x			x			x	x	
22 Trainingsgrad	x	x								x				x	
23 Zugänglichkeit	x									x				x	
24 Zuverlässigkeit	x	x					x			x			x	x	
25 Abstraktionsniveau					x										
26 Angemessenheit								x							
27 Anschaulichkeit								x							
28 Antwortzeit	x									x					
29 Arbeitsplatzauswirkungen	x									x					
30 Ausdruckskraft			x												
31 Ausdrucksstärke												x			
32 Ausführbarkeit												x			
33 Automationsunterstützung	x									x					
34 Benutzerfreundlichkeit							x								
35 Bestimmtheit der Prioritäten	x									x					
36 Beteiligung der Leitungsspitze	x									x					
37 Darstellung					x										
38 Datensicherheit	x									x					
39 Einheitlichkeit								x							
40 Erkennbarkeit									x						
41 Erwartungskonformität	x									x					
42 Erweiterbarkeit			x												
43 Fehlerbehebung	x									x					
44 Formale Kriterien					x										
45 Formalität												x			

Legende: EDP = Elektronische Datenverarbeitung (electronic data processing)

Tab. 2: Empirische Auswertung zu Anforderungen an Informationsmodellen (Ausschnitt)

Für eine empirische Anwendung ist es wesentlich, dass die hergeleiteten benutzerbezogenen Anforderungen in ausreichendem Maße überschneidungsfrei und damit abgrenzbar definiert sind. Wäre dies nicht der Fall, könnten Untersuchungen sowohl hinsichtlich ihrer Durchführung als auch ihrer Aus- und Bewertung erschwert werden. Die 10 benutzerbezogenen Anforderungen wurden daher auf Basis ihrer Definitionen und semantischen Beschreibungen weiter untersucht. Tabelle 3 listet sieben benutzerbezogenen Anforderungen auf, die im Ergebnis der Abgrenzungsprüfung als überschneidungsfrei klassifiziert werden. Dabei werden die übrigen drei nicht abgrenzbaren Anforderungen jeweils der Anforderung zugeordnet, von der sie nicht abgrenzbar waren.

Benutzerbezogene Anforderungen an semiformale Modellierungssprachen und Informationsmodelle	Nicht abgrenzbare benutzerbezogene Anforderungen
Einfachheit	
Flexibilität	
Genauigkeit	Präzision
Verständlichkeit	Klarheit
Vollständigkeit	Relevanz
Zeiterfordernis	
Zweckmäßigkeit	

Tab. 3: Benutzerbezogene Anforderungen an Semiformaler Modellierungssprachen und Informationsmodelle

Bei den Anforderungen „Einfachheit“, „Flexibilität“, „Zeiterfordernis“ und „Zweckmäßigkeit“ ergeben sich keine Schwierigkeiten bei der Frage der Abgrenzung und Überschneidungsfreiheit. Abgrenzungsschwierigkeiten treten hingegen bei den Anforderungen „Genauigkeit und Präzision“, „Verständlichkeit und Klarheit“ sowie „Vollständigkeit und Relevanz“ auf. Nachfolgend soll die Abgrenzungsprüfung, aufgrund der nicht a priori erkennbaren semantischen Übereinstimmung der Begriffe, exemplarisch an den Anforderungen „Vollständigkeit und Relevanz“ dargestellt werden. Die vollständige Analyse findet sich bei [HN09]:

Vollständigkeit wird in 9 der 13 Untersuchungseinheiten verwandt. Nach Bailey und Pearson [BP83, S. 541] bezeichnet Vollständigkeit den „auf den Inhalt bezogene Umfang der Ausgabeinformationen“. Ähnlich auch Wixom und Todd [WT05, S. 91], wonach Vollständigkeit „den Grad bezeichnet, in dem ein System alle notwendigen Informationen bereit stellt“. Damit legen beide einen systembezogenen Fokus. Nach Becker et al. [Be99, S. 140] wird ein Modell als vollständig bezeichnet, wenn es „alle relevanten Eigenschaften der Problemdomäne enthält“ und Bertram [Be92, S. 59] bezeichnet „ein Modell als vollständig, wenn alle Anforderungen im Unternehmen nach Daten sowie nach Herleitbarkeit von Verdichtungen abgedeckt werden“. Beide beschreiben Vollständigkeit folglich modellbezogen. Sprachenbezogen definieren Frank und van Laak [FL03, S. 26] Vollständigkeit unter Verwendung von Eindeutigkeit, indem „Vollständigkeit meint, dass alle in der Modellierungssprache verwendeten Konzepte sowie die Bedingungen ihrer Verwendung eindeutig definiert sein sollten“ Brodie [Br84, S.41] und McGee [Mc76, S. 379] teilen diese Ausfassung nicht, danach soll Eindeutigkeit alternative Äußerungen mit derselben deskriptiven Bedeutung in semiformalen Modellierungssprachen vermeiden. Eine explizit auf den Nutzer bezogene Definition wählt Moody [Mo98,

S. 214], der ein Modell dann als vollständig bezeichnet, wenn es „alle relevanten Eigenschaften enthält, die der Modellnutzer fordert“. In den Arbeiten von Baroudi und Orlikowski [BO88, S. 49], Doll und Torkzadeh [DT88, S. 268] und Ives et al. [IOB83, S. 792] wird die Anforderung Vollständigkeit als Differenzierungskriterium zwar verwandt, jedoch nicht definiert.

Die Anforderung Relevanz wird in fünf der Untersuchungseinheiten verwandt. Bailey und Pearson [BP83, S. 542] bezieht Relevanz auf „den Grad der Übereinstimmung zwischen dem, was ein Benutzer möchte oder benötigt und dem, was durch die Informationsprodukte und -services bereitgestellt wird“. Dieser Definitionsansatz findet sich auch bei der Anforderung „Vollständigkeit“, vgl. Becker et al. [Be99, S. 140], Bertram [Be92, S. 59], Moody [Mo98, S. 214], Wixom und Todd [WT05, S. 91]. Nach Becker et al. [Be99, S. 14] sind „die in einem Modell enthaltenen Elemente und Beziehungen genau dann relevant, wenn der Nutzeffekt der Modellverwendung sinken würde, falls das Modell weniger Informationen enthalten würde“. Auch hier ist der klare Bezug zur Vollständigkeit erkennbar. Keine Definitionen zu Relevanz finden sich hingegen bei Baroudi und Orlikowski [BO88, S. 49], Doll und Torkzadeh [DT88, S. 268] und Ives et al. [IOB83, S. 792], die gleichwohl „Relevanz“ als Differenzierungskriterium einsetzen.

Mit Blick auf die Ausführungen können die Anforderungen „Vollständigkeit“ und „Relevanz“ nicht ausreichend voneinander abgegrenzt werden. Vielmehr tendieren die Definitionen der „Relevanz“ inhaltlich zur Anforderung „Vollständigkeit“. In den Untersuchungsrahmen wird daher auf die Anforderung „Relevanz“ zugunsten der „Vollständigkeit“ verzichtet. Zur Abgrenzungsprüfung der übrigen Anforderungen erfolgte analog, vgl. [HN09].

3 Gebrauchstauglichkeit und Blickbewegungsregistrierung in der Kommunikationsforschung

3.1 DIN EN ISO 9241

Gebrauchstauglichkeit wird definiert, als das „Ausmaß, in dem ein Produkt durch bestimmte Benutzer in einem bestimmten Nutzenkontext genutzt werden kann, um bestimmte Ziele effektiv, effizient und zufriedenstellend zu erreichen“ [IS99, S. 4]. Dieser Definitionsansatz wird auch hier zugrunde gelegt. Weitere Definitionen zur Usability finden sich bei Sarodnick und Brau [SB06, S. 17] und Nielsen [Ni03, S. 3]. Einschlägige Normen zur Usability finden sich in den Teilen 11, 12 und 110 der Europäischen Usability-Norm DIN EN ISO 9241 [IS99], [IS00], [IS08]. Die Teile 12 und 110 unterstützen dabei das Konzept der Gebrauchstauglichkeit, das Inhalt von Teil 11 der DIN EN 9241 ist. ISO 9241-12 definiert charakteristische Eigenschaften dargestellter Information und gibt Empfehlungen zur Darstellung von Information als Teil des Dialoges (Informationsdesign). Die Eigenschaften des Teiles 12 sind in der empirischen Auswertung der berücksichtigt (Tabelle 2). Dargestellte Informationen sind aus einer technikbezogenen Betrachtung zwangsläufig in Dialogen enthalten, die auf den Grundsätzen vom Teil 110

von ISO 9241 basieren. Diese unterstützen wiederum vorrangig die Gestaltung des dynamischen Verhaltens eines interaktiven Systems (Interaktionsdesign), das nicht Gegenstand dieser Untersuchung ist.

3.2 Blickbewegungsregistrierung (EyeTracking)

Als EyeTracking oder Blickbewegungsregistrierung bezeichnet man eine Methode, mit der der Blickverlauf einer Person beim Betrachten eines Gegenstandes oder einer Anwendung gemessen werden kann [RDD08], [Du03]. In der Taxonomie der Usability-Methoden wird EyeTracking den benutzerorientierten Methoden zugeordnet [Yo03, S. 125]. Bei der Kombination von EyeTracking- und Usability Tests werden Befragungsergebnisse durch quantitative EyeTracking Daten ergänzt. Dabei kommentiert der Proband während der Untersuchung seine Aktionen, Gefühle und Gedanken bei der Benutzung des Untersuchungsgegenstandes (qualitativer Aspekt). Dies kann parallel zur Untersuchung erfolgen oder in einer späteren strukturierten Befragung (vgl. Untersuchungsrahmen). Der Blickverlauf des Probanden wird bei der EyeTracking Methode aufgezeichnet und gemessen (quantitativer Aspekt). Dieser methodische Ansatz soll in dieser Untersuchung auf die Messung und Bewertung der Usability von semiformalen Modellierungssprachen und deren Modelle übertragen werden.

4 Anwendungsfall zur Gebrauchstauglichkeit semiformaler Modellierungssprachen

4.1 Untersuchungsrahmen und Hypothesen

Der Untersuchungsrahmen hat einerseits das Ziel, die aus der Literaturanalyse erarbeiteten benutzerbezogenen Anforderungen empirisch zu überprüfen. Andererseits soll ein Rahmen geschaffen werden, der eine Messung und Bewertung der Gebrauchstauglichkeit semiformaler Modellierungssprachen durch eine Kombination von Usability-Testelementen (Befragungstechniken) und der EyeTracking Methode ermöglicht. Der Untersuchungsrahmen versteht sich in diesem Sinne als Rahmenkonzept zur Planung und Durchführung zweck- und adressatenspezifischer Usability EyeTracking Studien. Anhand einer experimentellen Überprüfung soll nachfolgend evaluiert werden, wie auf Basis benutzerbezogener Anforderungen semiformale Modellierungssprachen bezüglich ihrer Gebrauchstauglichkeit verglichen werden können. Zur Überprüfung dieser Zielsetzungen werden folgende Hypothesen (H1 - H3) zugrunde gelegt:

H1: Die aus der Literaturanalyse erarbeiteten 7 Anforderungen werden durch die Probanden (Ersteller/Nutzer) als wesentliche benutzerbezogene Anforderungen bestätigt.

H2: Die 7 Anforderungen sind geeignete Kriterien, um subjektive Wahrnehmungen der Probanden durch objektive Experimente zu überprüfen.

H3: EyeTracking ist eine geeignete Methode zur Messung und Bewertung von Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit semiformaler Modellierungssprachen und Informationsmodelle.

Eine empirische Verbundstudie für die grafische Darstellung von unternehmensbezogenen Verwaltungsprozessen bildet den Anwendungsfall für die Untersuchung. Hierzu werden zwei Varianten der EPK (erweiterte EPK (eEPK) und objektorientierte EPK (oEPK)) bezogen auf die sieben Anforderungen verglichen; grundlegende Arbeiten zu diesen Modellierungsnotationen finden sich bei Keller et al. [KNS92] und Scheer et al. [SNZ97]. Die Untersuchung basiert auf 24 Probanden (12 Ersteller und 12 Nutzer), die sich je zur Hälfte auf Verwaltungsmitarbeiter und Studenten aufteilen, so dass sich eine 6/6/6/6-Aufteilung ergibt. Die Probanden werden einerseits bezüglich der Erfüllung der Anforderungen befragt (subjektive Wahrnehmung). Andererseits werden Experimente mit den Probanden durchgeführt, wie z.B. die Messung der Zeit für das Modellieren eines vorgegebenen Prozesses (Ersteller), das Zählen der Anzahl entdeckter Fehler bei der Betrachtung eines existierenden Prozesses (Nutzer) oder die Anzahl der Augenfixationen beim Lösen einer bestimmten Aufgabe (Ersteller und Nutzer). Den Anforderungen werden jeweils Experimente zugeordnet, um die Erfüllung der Anforderung durch messbares Verhalten der Probanden zu objektivieren. Anschließend erfolgt ein Vergleich der Meinung (Befragung) bezüglich der Anforderung und der Messung der Anforderung (Experiment) für jede Modellierungssprache.

Für die Befragung lagen den Probanden bezüglich der Anforderungen sog. semantischen Charakteristika vor, die aus den Definitionen und semantischen Beschreibungen in den 13 Arbeiten (vgl. Kap. 2.2) generiert wurden. Die Befragung selbst fand nach Durchführung der Experimente statt, die für die Top 5 der Anforderungen durchgeführt wurden. Die größte Bedeutung aus Sicht der Probanden haben die Anforderungen „Verständlichkeit“ (Ersteller: 8; Nutzer: 11 Nennungen), „Vollständigkeit“ (Ersteller: 7; Nutzer: 6) und „Einfachheit“ (Ersteller: 5; Nutzer: 7). Die Frage, ob nach einer für Sie wichtigen Anforderung nicht gefragt wurde, beantwortet keiner der 24 Probanden mit „ja“ (11 Ersteller und 10 Nutzer antworteten mit „Nein“; der Rest machte „keine Angaben“), so dass die sieben aus der Literaturanalyse entwickelten benutzerbezogenen Anforderungen als wesentlich angesehen werden. Die Hypothese 1 wird damit bestätigt. Die Probanden konnten bei der Befragung bezüglich der Anforderung an die semiformale Modellierungssprachen jeweils antworten: trifft zu, trifft teilweise zu, trifft eher nicht zu, trifft nicht zu. Tabelle 4 stellt den Untersuchungsrahmen zur empirischen Erhebung zu den benutzerbezogenen Anforderungen dar. Die Spalte „Messung“ beschreibt das Experiment für die entsprechende Anforderung.

<i>Anforderung</i>	<i>Semantische Charakteristika</i>	<i>Wahrnehmung (Befragung von Ersteller und Nutzer)</i>	<i>Messung (Experiment mit Ersteller oder Nutzer)</i>
Einfachheit	<ul style="list-style-type: none"> • geringe Anzahl von Begriffen und Symbolen • einfache Regeln zur Anwendung 	Probanden wurden befragt: Die Modellierungssprache X ist einfach?	Die Probanden modellieren einen textlich beschriebenen Prozess. Es wird die Anzahl der Modellierungsfehler erhoben (Ersteller).

Genauigkeit	<ul style="list-style-type: none"> • Korrektheit der Informationen 	Probanden wurden befragt: Die Modellierungssprache X ist genau?	Keine Messung, da die Bedeutung der Anforderung für die Benutzer als gering angesehen wurde (Platz 7 von 7).
Verständlichkeit	<ul style="list-style-type: none"> • bekanntes Vokabular • leicht zu verstehen • Bedeutung leicht interpretierbar 	Probanden wurden befragt: Die Modellierungssprache X ist verständlich?	Es werden ein modellierter Prozess präsentiert und Verständnisfragen dazu gestellt. Es wird erhoben, wie viele Fehler ein Proband bei der Beantwortung macht (Nutzer).
Vollständigkeit	<ul style="list-style-type: none"> • alle relevanten Eigenschaften sind vorhanden • liefert alle erforderlichen Informationen 	Probanden wurden befragt: Die Modellierungssprache X ist vollständig?	Es wird ein Prozess textlich vorgegeben, der von den Probanden modelliert wird. Es wird erhoben, ob ein Proband mit der Modellierungssprache den Prozess vollständig modellieren kann (Ersteller).
Zeiterfordernis	<ul style="list-style-type: none"> • Zeitaufwand zur Erstellung eines Modells 	Probanden wurden befragt: Die Modellierungssprache X ist zeitsparend?	Die Probanden modellieren einen textlich beschriebenen Prozess. Es wird die dafür benötigte Zeit erhoben (Ersteller).
Zweckmäßigkeit	<ul style="list-style-type: none"> • leichte Anwendbarkeit / Nutzbarkeit zur Aufgabenerfüllung • Aufwand und Nutzen stehen in einem angemessenen Verhältnis 	Probanden wurden befragt: Die Modellierungssprache X ist zweckmäßig?	In einem gegebenen modellierten Prozess müssen die Probanden ein vorgegebenes Objekt finden. Es werden die Anzahl und die Länge der Fixationen durch EyeTracking gemessen. Je mehr und je längere Fixationen, desto größer wird der Aufwand und desto schlechter das Aufwand-Nutzen-Verhältnis.

Tab. 4: Untersuchungsrahmen zur Erhebung benutzerbezogener Anforderungen

4.2 Statistische Auswertung der Befragung

Im Folgenden werden die durch Befragung erhobenen Einschätzungen bezüglich der Anforderungen statistisch ausgewertet. Für alle Anforderungen waren die Antworten trifft zu (=4), trifft teilweise zu (=3), trifft eher nicht zu (=2), trifft nicht zu (=1) jeweils für die Sprache eEPK und oEPK möglich. Durch fehlende Angaben (keine Antwort) kann die Stichprobengröße pro Anforderung auch geringer als 12 sein. Tabelle 5 zeigt grundlegende statistische Kennzahlen zur Einschätzung der Anforderungen durch die Probanden bezüglich der beiden Modellierungssprachen. Es wird deutlich, dass alle Anforderungen bis auf die Anforderung „Genauigkeit“ bei der Modellierungssprache oEPK von den Probanden im Mittel besser bewertet wurden als bei der eEPK. Die Anforderung „Genauigkeit“ wird im Mittel gleich eingeschätzt. Die Korrelationen oEPK-eEPK der gegebenen Antworten (rechte Tabelle) zeigen nur bei der Anforderung „Zeiterfordernis“ einen signifikanten (negativen) Zusammenhang [$> (-) 0,5$]. Offenbar empfinden Probanden, die eine Modellierungssprache als zeitsparend erachten, die jeweils andere als weniger zeitsparend. Im Folgenden wird geprüft, ob die Unterschiede in den Meinungen für jede Anforderung signifikant voneinander abweichen oder nicht. Hierfür wurde ein t-Test auf unterschiedliche Mittelwerte bei abhängigen Stichproben durchgeführt. Tabelle 6 zeigt die Ergebnisse der Signifikanztests.

	Mean	N	Std. Dev.	Std. Error Mean
Par 1 EPK_Einfachheit	3,00	12	,900	,260
eEPK_Einfachheit	3,33	12	,778	,225
Par 2 EPK_Flexibilität	2,73	11	,789	,237
eEPK_Flexibilität	3,36	11	,674	,203
Par 3 EPK_Genauigkeit	3,27	11	,789	,237
eEPK_Genauigkeit	3,27	11	,647	,199
Par 4 EPK_Verständlichkeit	3,42	12	,515	,149
eEPK_Verständlichkeit	3,67	12	,492	,142
Par 5 EPK_Vollständigkeit	3,17	12	,859	,241
eEPK_Vollständigkeit	3,33	12	,779	,225
Par 6 EPK_Zeiterfordernis	2,73	11	1,009	,304
eEPK_Zeiterfordernis	3,18	11	,751	,226
Par 7 EPK_Zweckmäßigkeit	2,80	11	,982	,298
eEPK_Zweckmäßigkeit	3,36	11	,674	,203

	N	Corr.	Sig.
Par 1 EPK_Einfachheit & eEPK_Einfachheit	12		
Par 2 EPK_Flexibilität & eEPK_Flexibilität	11	,394	,230
Par 3 EPK_Genauigkeit & eEPK_Genauigkeit	11	,036	,917
Par 4 EPK_Verständlichkeit & eEPK_Verständlichkeit	12	-,520	,711
Par 5 EPK_Vollständigkeit & eEPK_Vollständigkeit	12	,406	,127
Par 6 EPK_Zeiterfordernis & eEPK_Zeiterfordernis	11	-,588	,097
Par 7 EPK_Zweckmäßigkeit & eEPK_Zweckmäßigkeit	11	,281	,438

Tab. 5: Statistische Kennzahlen der Meinungen zu den Anforderungen

	Paired Differences									
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	Confidence Interval		t	df	Sig. (2-tailed)	Sig. (1-tailed)	Winner
Par 1 EPK_Einfachheit - eEPK_Einfachheit	-,333	,778	,225	-,737	,070	-1,482	11	,166	,083	eEPK
Par 2 EPK_Flexibilität - eEPK_Flexibilität	-,636	,809	,244	-1,378	-,094	-2,608	10	,026	,013	eEPK
Par 3 EPK_Genauigkeit - eEPK_Genauigkeit	,000	1,000	,302	-,540	,540	,000	10	1,000	,500	N/A
Par 4 EPK_Verständlichkeit - eEPK_Verständlichkeit	-,250	,754	,218	-,681	,181	-1,149	11	,273	,137	eEPK
Par 5 EPK_Vollständigkeit - eEPK_Vollständigkeit	-,167	,835	,241	-,599	,266	-,692	11	,504	,252	eEPK
Par 6 EPK_Zeiterfordernis - eEPK_Zeiterfordernis	-,433	1,572	,404	-1,314	,448	-,956	10	,360	,180	eEPK
Par 7 EPK_Zweckmäßigkeit - eEPK_Zweckmäßigkeit	-,560	1,026	,312	-1,111	,021	-1,781	10	,111	,056	eEPK

Tab. 6: t-Tests der Meinungen zu den Anforderungen (90% Konfidenz)

Die Spalte „Sig. (2-tailed)“ zeigt das Signifikanzniveau zu dem die Meinungen für eEPK und oEPK voneinander abweichen (2-seitige ungerichtete statistische Hypothese H_0 : eEPK=oEPK; H_1 : oEPK≠eEPK). Interessant ist dazu die gerichtete Annahme, dass die oEPK signifikant besser bewertet wird, als die eEPK (1-seitige gerichtete statistische Hypothese H_0 : EPK=oEPK; H_1 : oEPK>EPK). Aufgrund der Gerichtetheit der statistischen Hypothese zeigt die Spalte „Sig. (1-tailed)“ das entsprechende Signifikanzniveau, welches stets die Hälfte der ungerichteten Signifikanz ist. Im Ergebnis zeigt sich, dass auf einem 90%-Konfidenzniveau die oEPK bei den Anforderungen „Einfachheit“, „Flexibilität“ und „Zweckmäßigkeit“ als signifikant besser empfunden wird. Auch bei den übrigen Anforderungen geht in keinem Fall die eEPK als „Winner“ hervor.

4.3 Statistische Auswertung der Experimente

Analog zu den Meinungen werden nachfolgend die Ergebnisse der Experimente - wie Sie in Tabelle 4 beschrieben wurden - dargestellt. Dabei ist zu beachten, dass sich Pair 4 und 5 beide auf die Eigenschaften „Zweckmäßigkeit“ beziehen, da hier die Werte einmal für die Anzahl und einmal für die Länge der Fixationen im Rahmen des EyeTrackings erhoben wurden.

Paired Samples Correlations				
		N	Corr.	Sig.
Pair 1	EPK_Verstaendlichkeit_Fehler & oEPK_Verstaendlichkeit_Fehler	12	-.106	.742
Pair 2	EPK_Einfachheit_Fehler & oEPK_Einfachheit_Fehler	12	.217	.498
Pair 3	EPK_Zeiterfordernis_Zeit & oEPK_Zeiterfordernis_Zeit	12	.263	.373
Pair 4	EPK_Zweckm_AnzahlFix & oEPK_Zweckm_AnzahlFix	12	-.053	.870
Pair 5	EPK_Zweckm_LaengeFix & oEPK_Zweckm_LaengeFix	12	.208	.517

Paired Samples Statistics					
		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	EPK_Verstaendlichkeit_Fehler	2,5000	12	1,16775	,33710
	oEPK_Verstaendlichkeit_Fehler	2,9167	12	1,83198	,52984
Pair 2	EPK_Einfachheit_Fehler	10,0833	12	12,65959	3,65451
	oEPK_Einfachheit_Fehler	2,5833	12	3,08835	,89153
Pair 3	EPK_Zeiterfordernis_Zeit	9,4500	12	3,03060	,87486
	oEPK_Zeiterfordernis_Zeit	6,4083	12	2,19481	,63359
Pair 4	EPK_Zweckm_AnzahlFix	297,1667	12	63,35016	18,28762
	oEPK_Zweckm_AnzahlFix	253,2500	12	62,83185	18,13799
Pair 5	EPK_Zweckm_LaengeFix	169,3408	12	37,21454	10,74291
	oEPK_Zweckm_LaengeFix	142,4863	12	50,92841	14,70177

Tab. 7: Statistische Kennzahlen der Experimente zu den Anforderungen

Bei der Betrachtung der Tabelle 7 ist zu beachten, dass hier ein kleiner Wert jeweils besser ist als ein großer (weniger Fehler sind besser, weniger Zeitverbrauch ist besser, weniger und kürzere Fixationen sind besser etc.). Man sieht, dass auch bei den EyeTracking Experimenten die oEPK besser abschneidet als die eEPK. Lediglich bei der Anforderung „Verständlichkeit“ wurden bei der eEPK weniger falsche Antworten gegeben als bei der oEPK. Bei den Korrelationen oEPK-eEPK kann jeweils keine Signifikanz festgestellt werden. Die kürzeren Fixationen bei der oEPK zeigen sich auch im visuellen Vergleich der sog. EyeTracking Heatmaps [HPN09]. Abb. 2 zeigt qualitativ jeweils dazu die ersten und letzten 30 Sekunden einer 5-minütigen Betrachtungsphase für eEPK und oEPK bezogen auf die Aufmerksamkeitschwerpunkte. Nutzer hatten hier die Aufgabe, das blau markierte Ziel zu finden. Am Ende der Betrachtungsphase ist nur bei der eEPK-Darstellung eine rote Färbung zu erkennen, die eine lange Fixationsdauer dokumentiert (rotes Oval). Aus der Untersuchung kann geschlussfolgert werden, dass EyeTracking eine geeignete Methode zur Messung und Bewertung von Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit semiformaler Modellierungssprachen ist. Hypothese 3 wird damit bestätigt.

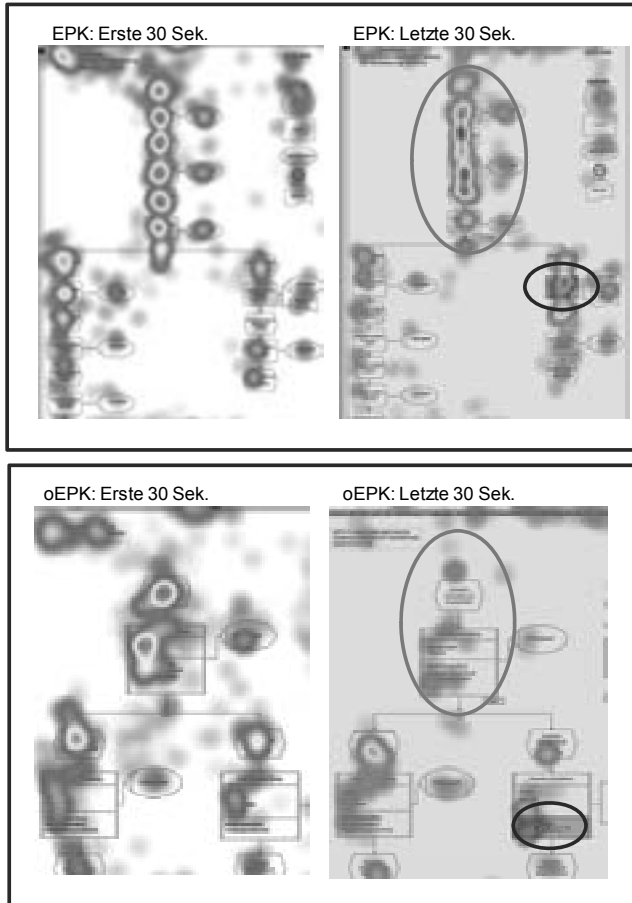


Abb. 2: eEPK- und oEPK-Fixationsvergleich

		Paired Samples Test									
		Paired Differences									
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	Interval of the		t	df	Sig. (2-tailed)	Sig. (1-tailed)	"Winner"
				Lower	Upper						
Pair 1	EPK_Verstaendlichkeit_Fehler - oEPK_Verstaendlichkeit_Fehler	-.41667	2,27470	,65665	-1,59593	,76260	-.635	11	,539	,269	EPK
Pair 2	EPK_Einfachheit_Fehler - oEPK_Einfachheit_Fehler	7,50000	12,36197	3,56859	1,09122	13,90878	2,102	11	,059	,030	oEPK
Pair 3	EPK_Zeiterfordernis_Zeit - oEPK_Zeiterfordernis_Zeit	3,04167	3,19985	,92372	1,38278	4,70055	3,293	11	,007	,004	oEPK
Pair 4	EPK_Zweckm_AnzahlFix - oEPK_Zweckm_AnzahlFix	43,91667	91,55173	26,42871	-3,54625	91,37958	1,662	11	,125	,062	oEPK
Pair 5	EPK_Zweckm_LaengeFix - oEPK_Zweckm_LaengeFix	26,87433	56,48764	16,30658	-2,41040	56,15907	1,648	11	,128	,064	oEPK

Tab. 8: t-Tests der Messungen zu den Anforderungen (90% Konfidenz)

Der t-Test auf bessere (=kleinere) Mittelwerte zeigt, dass alle Ergebnisse bis auf die Anforderung „Verständlichkeit“ bei der oEPK mindestens auf einem 90% Niveau signifikant sind. Die mittlere Überlegenheit der eEPK bei „Verständlichkeit“ kann nicht als signifikant gedeutet werden. In der Tabelle 8 ist die Anforderung „Vollständigkeit“ nicht enthalten, da alle Probanden in der Lage waren, den vorgegebenen Prozess als eEPK und oEPK zu modellieren. Hier kann es insofern nur ein „Unentschieden“ geben.

4.4 Vergleich der Ergebnisse aus Befragung und Experiment

Nachdem die Ergebnisse der Meinungen und Messungen jeweils isoliert analysiert wurden, soll hier eine Gegenüberstellung als Gesamtergebnis dargestellt werden. Tabelle 9 zeigt die Ergebnisse der jeweiligen Analysen und stellt diese gegenüber. Klar erkennbar ist das signifikante Ergebnis pro oEPK für die Anforderungen „Einfachheit“ und „Zweckmäßigkeit“. Lediglich für eine Analyseseite signifikant, aber dennoch bei beiden im Mittel besser ist die oEPK bei der Anforderung „Zeiterfordernis“. Bei „Flexibilität“ wird die oEPK als besser empfunden, dies kann aber mangels Messung nicht experimentell bestätigt werden. Für die Anforderung „Genauigkeit“ kann keine Entscheidung für eine Modellierungssprache abgeleitet werden; dies ebenso aufgrund Insignifikanzen für die Anforderungen „Verständlichkeit“ und „Vollständigkeit“.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die oEPK im Experiment besser abschneidet (zum Teil signifikant). Die eEPK ist entweder unterlegen oder gleich auf (vgl. Tabelle 9). Die literaturbasierten allgemeinen benutzerbezogenen Anforderungen sind insgesamt geeignet subjektive Wahrnehmungen der Probanden durch objektive Experimente zu überprüfen. Die Hypothese 2 wird damit bestätigt.

Anforderung	"Winner"	"Winner"	Ergebnis eindeutig
Einfachheit	oEPK	oEPK	Ja, signifikant pro oEPK
Flexibilität	oEPK	keine Messung	Bei Meinung oEPK, keine Messung
Genauigkeit	N/A	keine Messung	Nein, bei Meinung unentschieden, keine Messung
Verständlichkeit	oEPK	eEPK	Nein, doppelt insignifikant, gegensätzlich
Vollständigkeit	oEPK	N/A	Meinung Nein (insignifikant), Messung unentschieden
Zeiterfordernis	oEPK	oEPK	Ja, aber eine Seite (Meinung) insignifikant pro oEPK
Zweckmäßigkeit	oEPK	oEPK	Ja, signifikant pro oEPK

Tab. 9: Gegenüberstellung Meinung und Messung (90% Konfidenz)

5 Zusammenfassung und weiterer Forschungsbedarf

5.1 Zusammenfassung

Die Forschungsarbeit wertet 13 Untersuchungen zur Gebrauchstauglichkeit semiformaler Modellierungssprachen aus. Aus 86 Anforderungen in den Arbeiten werden sieben allgemeine benutzerbezogene Anforderungen extrahiert. Bezogen auf die benutzerbezogenen Anforderungen wird der Definitionsansatz der Usability-Norm EN ISO 9241 als

Grundlage zur Evaluation der Gebrauchstauglichkeit semiformaler Modellierungssprachen zugrunde gelegt und die in der Kommunikationsforschung eingesetzte EyeTracking Methode bei der Entwicklung eines Untersuchungsrahmen für die Durchführung von Usability EyeTracking Studien einbezogen. Der Beitrag beschreibt einen prototypischen Anwendungsfall für den Untersuchungsrahmen. Untersuchungseinheiten bilden die eEPK und oEPK. Die Ergebnisse zu den Forschungsfragen können wie folgt zusammengefasst werden:

- Ad. F1: Die Zahl der Anforderungen an die Modellierung und Nutzung von Informationsmodellen ist enorm. Allein 86 begrifflich unterschiedliche Anforderungen werden in den 13 Untersuchungseinheiten herangezogen. Dass begrifflich gleiche Anforderungen auch gleich definiert werden bzw. sich in ihrer Semantik entsprechen, konnte nur selten festgestellt werden.
- Ad. F2: Auf Grundlage von drei Auswahlkriterien konnten 10 benutzerbezogene Anforderungen an die Modellierung und Nutzung von Informationsmodellen festgestellt werden, wovon sieben klar voneinander abgegrenzt werden konnten.
- Ad. F3: EyeTracking erweist sich im Anwendungsfall als eine geeignete Methode zur Messung und Bewertung von benutzerbezogenen Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit semiformaler Modellierungssprachen und Informationsmodellen.

Die aufgestellten Hypothesen (H1 bis H3) können bestätigt und aus der Untersuchung folgende Handlungsempfehlungen abgeleitet werden:

- (1) Der Untersuchungsrahmen bietet sowohl eine Grundlage für den Vergleich semiformaler Modellierungssprachen als auch von Informationsmodellen. Dies sollte in Folgeuntersuchungen weiter validiert werden.
- (2) Die EyeTracking Methode hatte zuvor noch keine Anwendung in Untersuchungen zur Modellierung und Nutzung von Informationsmodellen. Die Erstergebnisse dieser Untersuchung sind vielversprechend. Hier sollten jedoch zunächst weitere Untersuchungen folgen, um besonders auch bezogen auf die visuellen EyeTracking Ergebnisse (Heatmaps oder Gazeplots, [HPN09]) die Relevanz der EyeTracking Methode für Untersuchungen im Forschungsbereich der Wirtschaftsinformatik weiter validieren zu können.

5.2 Limitationen und weiterer Forschungsbedarf

In der wissenschaftlichen Literatur haben sich unterschiedliche Ansätze zur Gebrauchstauglichkeit semiformaler Modellierungssprachen herausgebildet (vgl. Kap. 2.1). Der dargestellte Untersuchungsrahmen wird auf Basis erweiterter und objektorientierter Ereignisgesteuerter Prozessketten (eEPK und oEPK) prototypisch angewandt. In wieweit andere semiformale Modellierungssprachen für die Zielsetzungen geeignet sind, bleibt weiteren Untersuchungen vorbehalten. Die derzeitigen Ergebnisse der Forschungsarbeit zu Anforderungen an die Modellierung und Nutzung von Informationsmodellen zeigen

zudem eine große Vielfalt der Definitionsansätze (vgl. Kap. 2.2). Die Bildung semantischer Charakteristika bildet dabei einen ersten Schritt zur Analyse der Anforderungsdefinitionen; Gemeinsamkeiten und Unterschiede sind hier weiter zu untersuchen.

Die wissenschaftlichen Fragestellungen sind im Rahmen zukünftiger Arbeiten weiter auszuarbeiten. Hier sind eine Vielzahl von Forschungsansätzen und Anwendungsfälle für Usability-EyeTracking Untersuchungen vorstellbar, die in Form von disziplinübergreifenden Kooperationsprojekten zwischen Vertretern der (Wirtschafts-) Informatik und der Kommunikationsforschung entwickelt werden können.

Literaturverzeichnis

- [BCN92] Batini, C.; Ceri, S.; Navathe, S. B.: *Conceptual Database Design: An Entity-Relationship Approach*. Benjamin-Cummings, Redwood City et al., 1992.
- [Be92] Bertram, M.: Aspekte der Qualitätssicherung von Unternehmensdatenmodellen. In: *Mitteilungen der GI-Fachgruppe Entwicklungsmethoden für Informationssysteme und deren Anwendungen*, Nr. 2, 1992, S. 56 - 60.
- [Be99] Becker, J.; Schütte, R.; Geib, T.; Ibershoff, H.: *Grundsätze ordnungsgemäßer Modellierung (GoM)*. Abschlussbericht, 1999. Online verfügbar unter: <http://uni-hannover.de/edoks/e001/303489413.pdf> (zuletzt besucht 26.01.2010).
- [BO88] Baroudi, J.J.; Orlikowski, W. J.: A Short-Form Measure of User Information Satisfaction: A Psychometric Evaluation and Notes on Use. In: *Journal of Management Information Systems*, Vol. 4, No. 4, 1988, S. 44 - 59.
- [BP83] Bailey, J. E.; Pearson, S. W.: Development of a Tool for Measuring and Analysing Computer User Satisfaction. In: *Management Science*, Vol. 29, No. 5, 1983, S. 530-545.
- [Br84] Brodie, M. L.: On the Development of Data Models, in: Brodie, M. L.; Mylopoulos, J.; Schmidt, J. W. (Eds.): *On Conceptual Modelling: Perspectives from Artificial Intelligence, Databases, and Programming Languages*, Springer, Berlin et al, 1984, S. 19 - 47.
- [DHS96] Daneva, M.; Heib, R.; Scheer, A.-W.: Benchmarking Business Process Models. In: *Arbeitsbericht 136 des Instituts für Wirtschaftsinformatik, Universität des Saarlandes*, 1996, S. 1-29.
- [DT88] Doll, W. J. / Torkzadeh, G.: The Measurement of End-User Computing Satisfaction. In: *MIS Quarterly*, Vol. 12, No. 2, 1988, S. 259 - 274.
- [Du03] Duchowski, A. T.: *Eye Tracking Methodology: Theory and Practice*. Springer, London, 2003.
- [FL03] Frank, U.; van Laak, B. L.: Anforderungen an Sprachen zur Modellierung von Geschäftsprozessen, *Arbeitsberichte des Instituts für Wirtschaftsinformatik*, Nr. 34, Universität Koblenz/Landau, 2003.
- [Ga07] Gartner Research Group (Hrsg.): *Magic Quadrant for Business Process Analysis Tools: 2H07-1H08*. RAS Core Research Note G00148777, R 2337 06192008, 2007.
- [HN09] Hogrebe, F.; Nüttgens, M.: Rahmenkonzept zur Messung und Bewertung der Gebrauchstauglichkeit von Modellierungssprachen: Literaturobwertung und Untersuchungsrahmen für Usability-Eyetracking-Studien. In Nüttgens, M. (Hrsg.): *Arbeitsbe-*

- richte zur Wirtschaftsinformatik der Universität Hamburg, Nr. 7 / April 2009, Hamburg 2009.
- [HPN09] Hogrebe, F.; Pagel, S.; Nüttgens, M.: Einsatz von Eyetracking zur Messung und Bewertung der Usability von Modellierungssprachen für das Prozessmanagement. Ergebnisse eines Experimentes zum praktischen Nutzen von Heatmaps und Gazeplots. In: ERP Management 5 (2009) 4, Schwerpunktheft Usability, S. 23-26, GITO-Verlag, Berlin.
- [IS99] Europäische Norm EN ISO 9241-11: Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten; Teil 11: Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit - Leitsätze. DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag, Berlin, 1999.
- [IS00] Europäische Norm EN ISO 9241-12: Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten; Teil 12: Informationsdarstellung. DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag, Berlin, 2000.
- [IS08] Europäische Norm EN ISO 9241-110: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion, Teil 110: Grundsätze der Dialoggestaltung, DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag, Berlin, 2008.
- [IOB83] Ives, B.; Olson, M. H.; Baroudi, J. J.: The Measurement of User Information Satisfaction, in: Communications of the ACM, Vol. 26, No. 10, 1983, S. 785 - 793.
- [KNS92] Keller, G.; Nüttgens, M.; Scheer, A. W.: "Semantische Prozeßmodellierung auf der Grundlage Ereignisgesteuerter Prozeßketten (EPK)". Veröffentlichungen des Instituts für Wirtschaftsinformatik, Universität des Saarlandes, Heft 89, 1992.
- [KS04] Kjeldskov, J., Stage, J.: New Techniques for Usability Evaluation of mobile systems. International Journal on Human-Computer Studies 60(5), 2004, 599 - 620.
- [Mc76] McGee, W. C.: On User Criteria for Data Model Evaluation. In: ACM Transactions on Database Systems, Vol. 1, No. 4, 1976, S. 370 - 387.
- [Mo98] Moody, D. L.: Metrics for Evaluating the Quality of Entity Relationship Models, in: Ling, T. W.; Ram, S.; Lee, M.-L. (Hrsg.): Conceptual modeling: proceedings / ER '98, 17th International Conference on Conceptual Modeling, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 1507, Springer, Singapore, 1998, S. 211 - 225.
- [Ni03] Nielsen, J.: Usability engineering. Kaufmann, Amsterdam et al., 2003.
- [Ob07] Obrist, M.; Bernhaupt, R.; Beck, E.; Tscheligi, M.: Focusing on Elderly: An iTV Usability Evaluation Study with Eye-Tracking. In: Cesar, P. et al. (Hrsg.): EuroITV 2007, Springer, Berlin, Heidelberg, 2007, S. 66 - 75.
- [Pa06] Patig, S.: Die Evolution von Modellierungssprachen. Frank & Timme Verlag, Berlin, 2006.
- [PG03] Pemberton, L., Griffiths, R.: Usability Evaluation Techniques for Interactive Television. In: Stephanidis, C. (Hrsg.). Proceedings of HCI International 2003 (4), 2003, S. 882-886.
- [RDD08] Ramanauskas, N.; Daunys, G.; Dervinis, D.: Investigation of Calibration Techniques in Video Based Eye Tracking System, in: Miesenberger, K. et al. (Hrsg.): ICCHP 2008, Springer, Berlin, Heidelberg, 2008, S. 1208 - 1215.
- [RP07] Rosen, D. E.; Purinton, E.: Website Design: Viewing the Web as a Cognitive Landscape, Journal of Business Research, 57 (7), 2007, 787 - 794.
- [SB06] Sarodnick, F.; Brau, H.: Methoden der Usability Evaluation. Wissenschaftliche Grundlagen, praktische Anwendung. Huber, Bern, 2006.
- [SNZ97] Scheer, A.W.; Nüttgens, M.; Zimmermann, V.: Objektorientierte Ereignisgesteuerte Prozeßketten (oEPK) – Methode und Anwendung. Institut für Wirtschaftsinformatik,

Heft 141, Universität des Saarlandes. Saarbrücken, 1997.

- [WK94] Wissenschaftliche Kommission Wirtschaftsinformatik (WKWI): Profil der Wirtschaftsinformatik, in *Wirtschaftsinformatik*, 36. Jahrgang, Heft 1, 1994, S. 80 - 81.
- [WT05] Wixom, B. H.; Todd, P. A.: A Theoretical Integration of User Satisfaction and Technology Acceptance. In: *Information System Research*, Vol. 16, No. 1, 2005, S. 85 - 102.
- [Yo03] Yom, M.: *Web usability von Online-Shops*. Better-Solutions-Verlag Gierspeck, Göttingen, 2003.