

Ein generischer Ansatz zur Messung der Benutzerfreundlichkeit von Modellierungssprachen

Christian Schalles¹, Michael Rebstock² und John Creagh³

Abstract: Eine Ermittlung der Benutzerfreundlichkeit im Sinne der Usability von Modellierungssprachen war bisher nicht Zielsetzung empirischer Evaluationsstudien. In den meisten Usabilitystudien wurden und werden Applikationen, Webseiten und technische Produkte evaluiert. Ziel dieses Beitrags ist die Schaffung eines Rahmenkonzeptes zur Bewertung der Usability von Modellierungssprachen. Es ist als Beitrag zu verstehen, der die komplexen Zusammenhänge einer Usabilitystudie für Modellierungssprachen erarbeitet und eine Grundlage für daran anknüpfende empirische Untersuchungen schafft.

1 Einleitung

Die moderne Informationsgesellschaft ist ohne komplexe Anwendungssysteme nicht zu denken. Zur Unterstützung einer effizienten Entwicklung und Pflege sowie zum Management komplexer Systeme bieten die Methoden des Software Engineering eine geeignete Grundlage [SDJ07]. Eines der Grundkonzepte des Software Engineering stellt die Modellierung von Anwendungssystemen dar. Modelle können auf allen Gebieten und in allen Methoden des Software Engineering aufgefunden werden [Lu03]. Um eine vollständige und korrekte Interpretation eines Modells gewährleisten zu können ist es wichtig, dass das Modell das enthaltene Wissen strukturiert und geordnet darstellt. Eine korrekte Modellinterpretation kann nur sichergestellt werden, wenn potentielle Benutzer das Modell verstehen. Hierfür sollten Sie die Modellierungssprache, mit der das Modell erstellt wurde, beherrschen [MeSt08]. Aber auch das Modellieren an sich, also die Modellentwicklung, wird von der zu Grunde liegenden Modellierungssprache beeinflusst. Die Softwaremodellierung sieht eine Vielzahl an Methoden und Sprachen für das Erstellen von Modellen vor [Ga07].

Die Entscheidung für oder gegen den Einsatz einer bestimmten Modellierungssprache wird von einer Vielzahl von Kriterien, wie z.B. technologische, funktionale, ökonomische und usability-induzierte beeinflusst [MaEr05]. Vor allem usability-induzierte Kriterien rücken hier in den Vordergrund, da die Benutzerakzeptanz stark mit der Usability korreliert [Sc04]. Avison und Fitzgerald (1995) analysieren zwei Motive für die Bewertung von Modellierungssprachen: 1) der akademische-forschungsrelevante Ansatz unterstützt das Verständnis sowie darauf aufbauend die Weiterentwicklung von Modellierungssprachen; 2) der unternehmens-managementbezogene Ansatz umschreibt

¹ Department of Computing, Cork Institute of Technology, Cork, Ireland, christian.schalles@mycit.ie

² Faculty of Economics and Business Administration, Hochschule Darmstadt University of Applied Sciences, Haardtring 100, 64295 Darmstadt, michael.rebstock@h-da.de

³ Department of Computing, Cork Institute of Technology, Cork, Ireland, john.creagh@cit.ie

die Unterstützung bei der Auswahl geeigneter Modellierungssprachen für einzelne Organisationsbereiche sowie für das gesamte Unternehmen [AvFi95].

In diesem Beitrag setzen wir uns die Entwicklung eines Rahmenkonzeptes als Grundlage für eine darauf aufbauende Untersuchung der Benutzerfreundlichkeit von grafischen Modellierungssprachen als Schwerpunkt. Hierzu werden wir in Kapitel 2 eine für Modellierungssprachen allgemeingültige Definition des Begriffs „Usability“ methodisch herausarbeiten. Anschließend werden die verschiedenen Attribute der Benutzerfreundlichkeit extrahiert und an Modellierungssprachen angepasst. Des Weiteren werden Methoden, die eine Messung der verschiedenen Attribute unterstützen aufgezeigt. Im letzten Schritt werden die Ergebnisse zu einem Rahmenkonzept zusammengesetzt.

2 Benutzerfreundlichkeit und ihre heterogenen Definitionen

Die Benutzerfreundlichkeit oder Usability wird weder von Forschungsgruppen noch von Standardisierungsorganisationen wie beispielsweise der International Organization for Standardization (ISO) einheitlich definiert [Ni06]. Die hieraus resultierende Vielfalt an Usabilitydefinitionen und Messmodellen erschwert das Erstellen einer einheitlichen Usabilitydefinition für Modellierungssprachen. Eine Usabilitystudie, die nicht auf einer Standarddefinition basiert, würde nach Coursaris und Kim (2006) wenig Sinn ergeben [CoKi06]. Dies veranlasst uns verschiedene Standarddefinitionen zu analysieren und identische bzw. ähnliche Kriterien zu extrahieren und zu einer an Modellierungssprachen adaptierten einheitlichen Definition zusammenzusetzen.

Die ISO versteht in dem Standard ISO 9241-110 Usability als Leistung einer Software. Diese userbezogene Leistung bezieht sich auf Verständlichkeit, Erlernbarkeit und Nutzerzufriedenheit [ISO06]. Des weiteren existiert ein weiterer Standard ISO 9241-11, welcher den Nutzer und seine spezifische Zufriedenheit sowie die Möglichkeit effizient und effektiv mit dem zu evaluierenden Produkt zu arbeiten zentriert [ISO98]. Das Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) definiert einen Standard, worin Usability mit den Attributen Erlernbarkeit und Verständlichkeit umschrieben wird. Hiernach ist es ein wichtiges Kriterium für Usability, wie einfach eine Anwendung oder vergleichbare Artefakte erlernt und verstanden werden können [IEEE90]. Dumas and Redish (1999) beschreiben Usability anhand der Möglichkeit eines Benutzers eine vorgegebene Aufgabe schnell und einfach zu erfüllen.

Diese Definition basiert auf vier Annahmen [DuRe99]: 1. Usability zentriert den Benutzer, 2. Usability äußert sich in einer produktiven Aufgabenerfüllung, 3. Usability stützt sich auf eine einfache Nutzungsmöglichkeit, 4. Usability wird durch die Möglichkeit, effizient zu arbeiten, erzeugt. Shackel (1991) verbindet fünf Attribute einer benutzerfreundlichen Anwendung: Geschwindigkeit, Erlernbarkeit, Fehlertoleranz, Aufgabenerfüllungsgrad und die benutzerspezifische Einstellung zu einer Anwendung [Sh91]. Preece et al. (1994) fassen Effektivität und Effizienz unter Produktivität zusammen [Pr94]. Constantine und Lockwood (1999) und Nielsen (2006) erstellen eine

Sammlung an Usabilityattributen und entwickeln auf dieser Grundlage fünf domänenübergreifende Usabilityattribute: Erlernbarkeit, Einprägsamkeit, Effektivität, Effizienz und Benutzerzufriedenheit [CoLo99], [Ni06]. Die gezeigte Vielfalt an Usabilitydefinitionen und daraus resultierenden Usabilityattributen führt zu dem Gebrauch verschiedenster Ausdrücke für identische Usabilitycharakteristiken. Tabelle 1 gibt einen kurzen Überblick über die in der Literatur am meisten auftauchenden Usabilityattribute:

	[IEEE90]	[Sh91]	[Pr94]	[ISO98]	[CoLo99]	[DuRe99]	[ISO06]	[Ni06]
Effizienz		x		x	x	x		x
Erlernbarkeit	x	x	x	x	x		x	x
Einprägsamkeit		x			x			x
Effektivität		x		x	x	x		x
Benutzerzufriedenheit				x	x			x

Tab. 1: Usabilityattribute verschiedener Definitionen

3 Ein Rahmenkonzept zur Messung der Benutzerfreundlichkeit von Modellierungssprachen

3.1 Usabilityattribute für Modellierungssprachen

In diesem Kapitel wird ein Rahmenkonzept erstellt, das als Grundlage einer künftigen Evaluation der Usability von Modellierungssprachen dient.

Im Bereich des Software Engineering kommen verstärkt Diagramme der Unified Modeling Language (UML) zum Einsatz. Zur Modellierung von Geschäftsprozessen im Sinne der Prozessmodellierung wird vor allem auf EPK und BPMN Diagramme zurückgegriffen [KST07]. Die genannten Modellierungssprachen sind grafische Sprachen, die insbesondere eine benutzerfreundliche grafikgestützte Anwendungs- und Geschäftsprozessmodellierung ermöglichen sollen [SuMe09]. Diese Tatsache unterstützt unser Vorhaben und rückt den Benutzer grafischer Modellierungssprachen in den Vordergrund [Ni06], [KST07]. Eine auf unserem Rahmenkonzept aufbauende Usabilitystudie ermöglicht eine künftige benutzernahe Entwicklung und Ausgestaltung grafischer Modellierungssprachen.

Unter Berücksichtigung der in Kapitel 2 analysierten Usabilitydefinitionen wird im Anschluss eine Extraktion von Attributen durchgeführt. Aufbauend wird eine einheitliche generische Usabilitydefinition für grafische Modellierungssprachen entwickelt. Das zu entwickelnde Rahmenkonzept sieht die Anwendung von fünf in den analysierten Quellen genannten Usabilityattributen vor: Erlernbarkeit, Einprägsamkeit, Effektivität, Effizienz und Benutzerzufriedenheit [CoLo99], [Ni06]. Nach Sibert und Jacob (2000) gibt die visuelle Wahrnehmung zusätzliche Informationen über die

Usability einer Anwendung [SiJa00]. Im Umfeld des Usability-Engineering wird die Usability von Bildschirmlayouts mit der Methodik des Eye-Tracking gemessen. Die bereits genannten Usabilityattribute liefern keinen Aufschluss über die visuelle Wahrnehmung seitens der Benutzer [PCV05]. Die Erweiterung um ein weiteres Usabilityattribut kann interessante Informationen über die visuelle Wahrnehmung von Modellierungssprachen und damit generierten Diagrammen hervorbringen [KEC99]. Um dies zu gewährleisten wird das sechste Usabilityattribut, die Wahrnehmbarkeit von Modelldiagrammen, in das Rahmenkonzept integriert. Im weiteren Verlauf dieses Kapitels wird jedes Attribut und seine Stellung in unserem Rahmenkonzept definiert:

Die **Erlernbarkeit** einer Modellierungssprache ist ein wichtiges Attribut für die Usabilityevaluation von Modellierungssprachen. Das Erlernen der praktischen Anwendung ist die erste Erfahrung mit der ein Benutzer einer neuen unbekanntem Modellierungssprache konfrontiert wird [SiRo08], [Ma89]. Das Attribut **Einprägsamkeit** beschreibt die Möglichkeit, dass ein Benutzer, der bereits eine Modellierungssprache gelernt hat auch nach längerer Abstinenz diese wieder erfolgreich anwenden kann. Generell sollte es einem Benutzer ermöglicht sein, sich an die verschiedenen Elemente und die Syntax der Sprache einfach erinnern zu können [Ma89], [ReDr07]. Des Weiteren sollte einem Nutzer eine erfolgreiche zielorientierte Erfüllung bestimmter Modellierungsaufgaben durch die Modellierungssprache selbst ermöglicht werden. Dies bezüglich sollte ein Nutzer im Sinne der Effektivität Modelle mit möglichst wenigen syntaktische Fehlern erstellen bzw. interpretieren [Bo05a], [WaWe93]. **Effizienz** bezieht sich auf Benutzer, die über eine mittelmäßige bis hohe Modellierungserfahrung verfügen. Wenn ein Nutzer bereits eine Modellierungssprache erlernt hat, sollte eine effiziente Anwendung ermöglicht werden können. Eine Modellierungssprache ist effizient in ihrer Anwendung, wenn Nutzer Modelle schnell und mit möglichst wenigen syntaktischen Fehlern erstellen können [Bo05b], [WaWe93]. Das Attribut **Benutzerzufriedenheit** zielt auf den Nutzer und seine individuelle Zufriedenheit während des Modellierens bzw. Interpretierens von Modellen ab [SiWa07]. Die **visuelle Wahrnehmbarkeit** ist ein sehr wichtiges Attribut bei der Usabilityevaluation von Anwendungen und in unserem Zusammenhang Modellierungssprachen [Go04], [DMD08], [EhWi07], [Pr05]. In den meisten Fällen ist dieses Attribut weitestgehend bei der Interpretation von Modellen relevant. Die visuelle Wahrnehmbarkeit kann durch den Einsatz der Eye-Tracking-Methode gemessen werden. Bei dieser Technik werden zum einen Augenbewegungen und zum anderen einzelne Fixationspunkte registriert [Na01]. Bezüglich unseres Rahmenkonzeptes kann der Einbezug der Eye-Tracking-Methode zusätzlichen Aufschluss über nutzerbezogene kognitive Prozesse wie die Suche nach Information in einem Modell, die Aufnahme der gefundenen Information sowie die Verarbeitung der aufgenommenen Information geben [FSM50], [JaKa03].

Im Folgenden wird eine allgemeingültige Definition von Usability erstellt und auf Modellierungssprachen adaptiert:

Die Usability von Modellierungssprachen wird durch die Attribute Erlernbarkeit, Einprägsamkeit, Effektivität, Effizienz, Benutzerzufriedenheit sowie visuelle

Wahrnehmbarkeit definiert. Die Erlernbarkeit von Modellierungssprachen beschreibt die Tauglichkeit einer Sprache einfach und schnell erlernt werden zu können. Es sollte für einen Nutzer einfach sein, sich an die Sprache und ihre im Metamodell definierten verschiedenen Elemente und syntaktischen Regelungen auch nach längerer Abstinenz zu erinnern. Eine effektive, d.h. fehlerfreie Aufgabenerfüllung sollte durch die Modellierungssprache unterstützt werden. Weiterhin sollte ein hohes Maß an Produktivität zur Unterstützung einer effizienten Ausführung von Modellierungsaufgaben ermöglicht werden. Die Benutzung der Modellierungssprache sollte angenehm ausfallen. Nutzer sollten mit der Anwendung der Sprache zufrieden sein. Letztendlich sollte die Modellierungssprache eine einfache, geordnete und dadurch bequeme visuelle Wahrnehmbarkeit hinsichtlich Struktur, Gesamteindruck, Elemente, Shapes und Farben besitzen.

3.2 Zu berücksichtigende Variablen

Für die Entwicklung eines Rahmenkonzeptes müssen die für die Usabilityevaluation von Modellierungssprachen in Frage kommenden Variablen definiert und strukturiert werden. Generell können drei Variablentypen spezifiziert werden: abhängige, unabhängige und zu kontrollierende Variablen [BaLi02]. Die relevanten Variablen und ihre Relationen sind in Abbildung 1 dargestellt. Die jeweiligen Definitionen sowie die Zuordnung zu den jeweiligen Variablentypen werden im Anschluss durchgeführt.

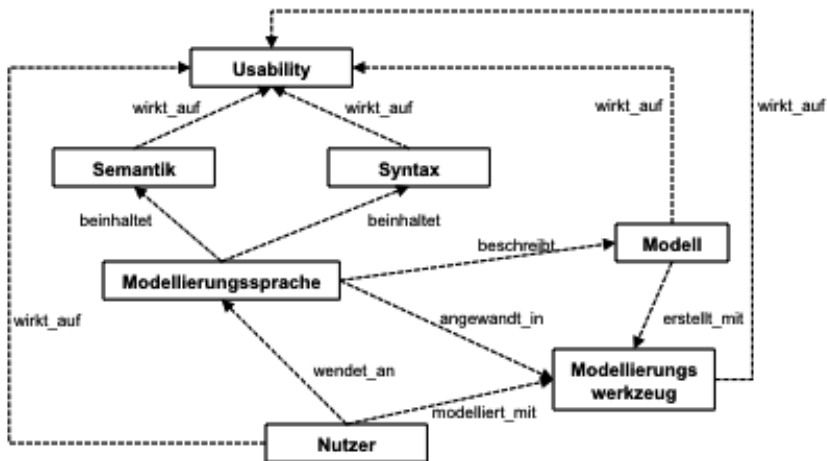


Abb. 1: Relevante Variablen im Kontext

Modelle sind abstrakte und immaterielle Bilder, die reale Domänen repräsentieren. In Modellen wird die reale Welt auf relevante Teilabschnitte reduziert [St73]. Ein sehr wichtiges Ziel der Modellierung ist das Erreichen einer Komplexitätsreduzierung durch Abstrahierung der Realität [BWW03]. So ist beispielsweise das Ziel von

Businessmodellen komplexe Szenarien vereinfacht darzustellen [BrZa09]. Der Schwierigkeits- und Komplexitätsgrad eines spezifischen Modells wirkt sich auf die Verständlichkeit und folglich auf die Usability der angewandten Modellierungssprache aus [MMR09]. Bei der Ermittlung der Usability von Modellierungssprachen muss die Komplexität des einzelnen zu erstellenden oder zu interpretierenden Modells separat erfasst und kontrolliert werden. Somit werden mögliche verfälschende Effekte auf das Gesamtergebnis vermieden.

Die Entwicklung eines Modells wird mit einer bestimmten Modellierungssprache durchgeführt. Es gibt grafische und textbasierte Modellierungssprachen. Das Rahmenkonzept, das in diesem Beitrag vorgestellt wird stützt sich auf grafische Modellierungssprachen wie EPK's, UML-Sprachen oder BPMN. Eine Modellierungssprache legt fest, wie und nach welchen Konventionen etwas logisch in einem Modell ausgedrückt werden kann [Kr07].

Der Benutzer modelliert mit einer bestimmten Modellierungssprache unter Anwendung eines Modellierungswerkzeugs. Das Modellierungswerkzeug wirkt zusätzlich auf die zu untersuchende Usability und muss daher als Kontrollvariable behandelt werden [Ni06]. Aus diesem Grund muss zwischen Spracheinflüssen und Werkzeugeinflüssen auf die Usability unterschieden werden [BaLi02].

Modellierungssprachen basieren auf Metamodellen, welche die Semantik und die Syntax der Sprache festlegen [KaKü02]. Unter Syntax subsumieren sich alle Regeln zum formalen Aufbau einer Sprache inklusive der syntaktischen Notation. Die hierin enthaltenen verschiedenen Elemente unterscheiden sich je nach Modellierungssprache in Farben und Shapes [Ha05]. Die Semantik stellt die inhaltliche Bedeutung von Sätzen und Wörtern der Sprache dar [Da03].

Die Benutzer von Modellierungssprachen unterscheiden sich hinsichtlich ihrer individuellen Modellierungserfahrung. Diese Tatsache beeinflusst usabilitybezogene Messungen [Ni06]. Folglich muss der Nutzer und seine individuelle Erfahrung im Umgang mit Modellierungssprachen als Kontrollvariable behandelt werden.

Der Benutzer kann generell zwei unterschiedlichen Situationen ausgesetzt sein: Softwarearchitekten und Prozessmodellierer werden vorzugsweise mit der Modellerstellung, also der Modellierung an sich konfrontiert werden. Andere Nutzergruppen wie z.B. Programmierer werden hauptsächlich bereits bestehende Modelle interpretieren d.h. die Modelle als Informationsquellen nutzen [SiWa07]. Somit können, je nachdem in welcher Situation sich der jeweilige Benutzer befindet, unterschiedliche Anforderungen definiert werden. Ein Modellierer stellt im Sinne der Usability folgende Anforderungen an eine Modellierungssprache:

- Schnelle und einfache Erlernbarkeit
- Einfaches Erinnern an die verschiedenen Elemente und Syntax der Sprache
- Ermöglichen einer effizienten Erfüllung bestimmter Aufgaben
- Zufriedenheit mit der jeweiligen Modellierungssprache

Betrachter von Modellen müssen den Prozessfluss und die Modellstruktur erkennen. Aus diesem Grund werden von einem Betrachter von Modellen folgende Anforderungen an

Modellierungssprachen gestellt: Intuitives und eindeutiges Modell hinsichtlich der Modellstruktur, Shapes und der Syntax.

Um eine Usabilitybewertung von Modellierungssprachen durchzuführen ist es wichtig, zwischen diesen beiden Situationen zu unterscheiden [SiWa07].

Zusammenfassend ist zu sagen, dass die Syntax, die Semantik, das Modell, das Modellierungswerkzeug und der Benutzer Variablen sind, die für eine Usabilitybewertung von Modellierungssprachen herangezogen werden sollten [Bo05a], [KHS05].

3.3 Die Entwicklung von Usabilitymetriken

Um eine Usabilitystudie durchzuführen ist es notwendig Metriken zu definieren [Se06]. In unserem Fall müssen Metriken für die verschiedenen in Kapitel 3.1 extrahierten Attribute entwickelt werden. Einige Metriken sind komplexer und werden in mathematischen Termen ausgedrückt während andere Metriken einfache quantifizierte Daten darstellen. Im Folgenden werden Usabilitymetriken für Modellierungssprachen auf Basis der in Kapitel 3.1. definierten Attribute generiert. Für die Bewertung der Usability von Modellierungssprachen wird zusätzlich die Eye-Tracking-Methode herangezogen. Dieses weitere Attribut erscheint bezüglich der Betrachtung und Interpretation von Modellen als sehr wichtig [Go04], [DMD08], [EhWi07], [Pr05].

Zur Operationalisierung von Effektivität muss der Output durch eine Messung von Quantität und Qualität der Zielerreichung einer Aufgabe festgehalten werden [Re93]. In der Literatur wird Quantität als das Verhältnis zwischen dem erreichten Output einer Aufgabe und den eigentlichen Aufgabenzielen messbar gemacht. Die Qualität beschreibt in diesem Zusammenhang die eigentliche Zielerreichung [BeMa94]. Bevan (1995) definierte Effektivität als das Produkt aus Qualität und Quantität [Be95]. Überträgt man diesen Sachverhalt auf unser Rahmenkonzept lässt sich Effektivität anhand folgender Formel ausdrücken, wobei die Anzahl an Knoten und Kanten als Maßzahlen für den Fertigstellungsgrad sowie die jeweiligen Aufgabenziele herangezogen werden [Ka02]:

$$Effektivität (F) = \frac{\sum_{i=1}^n (N_{Aufgabe_i} + E_{Aufgabe_i})}{\sum_{i=1}^n (N_{Ziele_i} + E_{Ziele_i})} * \frac{\sum_{i=1}^n (N_{Ziele_i} + E_{Ziele_i} - R_i)}{\sum_{i=1}^n (N_{Ziele_i} + E_{Ziele_i})} \quad (1)$$

N =Knoten, E =Kanten, R =Fehler

Die Effizienz wird von menschlichen, ökonomischen und chronologischen Ressourcen beeinflusst. Effizienzmetriken berechnen sich aus der Effektivität unter Berücksichtigung des Ressourcenverbrauchs [BeMa94]. Hieraus resultierende Metriken beinhalten zu einem Großteil die Ressource Zeit bzw. die zur Aufgabenerfüllung benötigte Zeit [Vu08].

Somit kann dieser Bezug durch das Beziehen der Effektivität auf die benötigte Zeit zur

Aufgabenerfüllung ausgedrückt werden:

$$\text{Effizienz } (G) = \frac{F}{T} \quad (2)$$

F=Effektivität, T=benötigte Zeit zur Erledigung einer Aufgabe

Die Erlernbarkeit umschreibt den Lernaufwand der für das Erlernen der Syntax einer Modellierungssprache benötigt wird. Sowohl das Zeitverhalten (benötigte Zeit für die Aufgabenerfüllung) als auch die Fehlerfreiheit sind relevante Messelemente zur Bestimmung der Erlernbarkeit einer Modellierungssprache [Se06]. Innerhalb einer Untersuchung ist die Erlernbarkeit ein Prozess, der am besten durch Lernkurven beschrieben werden kann [TKM08]. Aus diesem Sachverhalt heraus kann die Erlernbarkeit durch mindestens zwei zeitlich versetzte Datenerhebungen und die hieraus zu berechnende Differenz bestimmt werden [Be95]. Nielsen (2006) behauptet, dass Anwendungen, die als gut erlernend eingestuft werden dem Nutzer kurze Erlernzeiten ermöglichen sollten [Ni06]. Des weiteren schlägt Nielsen (2006) Metriken wie beispielsweise die Quantität, Qualität oder das Zeitverhalten zur Messung der Erlernbarkeit vor [Ni06]. Die im vorigen Absatz eingeführte Effizienzmetrik beinhaltet alle von Nielsen genannten Teilmetriken und kann daraus als ein Indikator für die Erlernbarkeit einer Modellierungssprache betrachtet werden. Die Differenz dieser zeitlich verteilten Effizienzmesswerte gibt Aufschluss über die Erlernbarkeit einer Modellierungssprache. So kann bei zwei zeitlich versetzten Messpunkten mp und $mp+1$ die relative Abweichung Δ festgestellt werden [NeNa02], [GFA09]:

$$\Delta \text{Erlernbarkeit} = \frac{G_{mp+1} - G_{mp}}{G_{mp}} \quad (3)$$

G=Effizienz, mp=Messpunkt

Die Einprägsamkeit einer Modellierungssprache kann am besten als Output nach einer angemessenen Abstinenzphase gemessen werden. Der Benutzer sollte in diesem Fall die Sprache bereits erlernt haben [Ni06]. Die Abstinenzphase sollte etwa Minuten für einfache Elemente, Stunden für einfache syntaktische Regelungen und Wochen für eine vollständige Modellierungssprache umfassen [Se06]. Folglich setzen sich die Messwerte für die Einprägsamkeit aus Vergessenskurven, die aus zeitversetzten Wissensabfragen ermittelt werden können zusammen [NeUz00]. Die Einprägsamkeit von Modellierungssprachen stützt sich auf die verschiedenen Elemente sowie die Syntax. Eine gute Methode für die Messung der Einprägsamkeit von Modellierungssprachen stellen Wissenstests mit Fragen über die verschiedenen Elemente, Syntax und deren Anwendung innerhalb einer Modellierungssprache dar.

Eine Möglichkeit zur Messung der visuellen Wahrnehmbarkeit von Modellierungssprachen stellt die Eye-Tracking-Methode dar [Go04]. Eye-Tracking wurde von Fitts et al. (1950) zum ersten Mal wissenschaftlich untersucht und angewandt [FJM50]. Es gibt bezüglich des Eye-Trackings eine Vielzahl an Messwerten.

Nach methodischer Analyse dieser Messwerte haben wir uns innerhalb unseres Rahmenkonzepts für folgende Metriken entschieden: Fitts et al. (1950) schlagen als Messwert für die Schwierigkeit der Informationsgewinnung bzw. Interpretation eines Betrachtungsgegenstandes die zeitliche Länge der gemessenen Fixation vor. Während einer Fixation ist das Auge auf einen Bereich fixiert und somit eine Informationsaufnahme möglich. Die Dauer der Fixation hängt davon ab, wie schwierig oder einfach die Verarbeitung des Betrachteten abläuft. Wenn die Information schwieriger zu verarbeiten ist wird die Fixation länger andauern beziehungsweise werden in diesem Bereich gehäuft Fixationen auftreten [Du07]. Die Bewegungen zwischen den Fixationen werden Sakkaden genannt und können als schnelle Blicksprünge von einer Fixation zur nächsten bezeichnet werden. Innerhalb dieses Blicksprungs werden keine visuellen Informationen zum Gehirn gesendet. Eine Informationsaufnahme ist hier nicht möglich [JaKa03]. Somit beschreiben Fixationen den kognitiven Prozess der Informationsextraktion und -verarbeitung während Sakkaden den Prozess der Informationssuche indizieren [PoBa05]. In unserem Rahmenkonzept deutet eine hohe aggregierte Sakkadenlänge auf eine intensive Suche hin [GoKo99]. Dies erschwert die Interpretation eines Modells. Je höher das Verhältnis aus Sakkadenlänge in Sekunden und Fixationslänge in Sekunden desto schlechter ist die visuelle Wahrnehmbarkeit einer Modellierungssprache. Hieraus folgt folgende Metrik:

$$\text{Wahrnehmbarkeit} = \frac{T_{Sak}}{T_{Fix}} \quad (4)$$

T_{Sak} =Sakkadenlänge, T_{Fix} =Fixationslänge

Der entscheidende Nutzen der Eye-Trackingmethode innerhalb dieser Untersuchung stützt sich auf die Analyse kognitiver Prozesse während der Modellinterpretation. Es können somit Rückschlüsse gezogen werden, in welchen Phasen der Interpretation (Informationssuche, -aufnahme, -verarbeitung) welche Art von sprachenspezifischen Barrieren auftreten, die eine Modellinterpretation erschweren. Weiterhin können heterogene Modelle bezüglich ihrer visuellen Wahrnehmbarkeit in Beziehung gesetzt werden.

Im Vergleich zu den anderen in diesem Beitrag vorgestellten Attributen ist die Benutzerzufriedenheit ein nutzerbezogenes individuelles Kriterium. Die Zufriedenheit eines Nutzers mit einer Modellierungssprache kann durch Interviews, Fragebögen oder durch Verhaltensbeobachtungen während der Modellierung bzw. Modellbetrachtung analysiert werden [Vu08]. Van Schaik und Ling (2007) schlagen die Anwendung der so genannten Visual Analogue Scale (VAS) vor. Die VAS ist eine graduierte Skala, auf der (beispielsweise) die individuelle Zufriedenheit mit einer Modellierungssprache seitens eines Nutzers evaluiert werden kann [VaLi07].

Zur Bestimmung der Usability von Modellierungssprachen ist es weiterhin notwendig die Variablen aus Kapitel 3.2. zu operationalisieren und damit messbar zu machen. Die Komplexität einer Modellierungssprache, d.h. insbesondere die Komplexität des Metamodells einer Modellierungssprache wirkt auf die verschiedenen Usabilityattribute.

Zur Analyse der Sprachkomplexität entwickelten Welke (1992) und darauf aufbauend Rossi und Brinkkemper (1996) Metriken, die auf dem OPRR Datenmodell basieren [We92], [RoBr96]. Danach kann eine Modellierungssprache als ein Sechstupel $M=\{O,P,R,X,r,p\}$ basierend auf dem OPRR (Object, Property, Relationship, Role) – Modell definiert werden.

Unter Berücksichtigung der Arbeiten von Rossi und Brinkkemper (1996) und Recker et al. (2009) haben wir folgende drei Metriken für unser Rahmenkonzept extrahiert [Re09], [RoBr96]:

- Anzahl der verschiedenen Elemente (E)
- Anzahl der Properties (P)
- Anzahl möglicher Beziehungstypen (R)

Die folgende Kennzahl wurde in Anlehnung an Rossi and Brinkkemper 1996 erstellt und definiert einen Komplexitätsvektor innerhalb eines 3-dimensionalen Koordinatensystems:

$$\text{Sprachenkomplexität} = \sqrt{E^2 + R^2 + P^2} \quad (5)$$

Unter besonderer Berücksichtigung visueller Faktoren, welche die Usability von Modellierungssprachen beeinflussen sind metamodellbasierende Metriken wie beispielsweise die Anzahl unterschiedlicher Elementgeometrien (Shapes) sowie die Anzahl unterschiedlicher Farben zu nennen [ElSc01].

4 Verwandte Arbeiten

In den vergangenen Jahren evaluierte eine Vielzahl an Forschungsgruppen Modellierungssprachen unter verschiedensten Gesichtspunkten. Die Ergebnisse stellen sehr oft Verbesserungsvorschläge für verschiedene Sprachen dar. Einerseits stützen sich diese Evaluationen auf empirische Datenaufnahmen und andererseits auf theoretische Bewertungen. Die verschiedenen Studien lassen sich drei Hauptkategorien zuordnen: 1) Vergleichsstudien, 2) Theoretisch-konzeptionelle Evaluationsstudien, 3) Empirische Evaluationsstudien.

1) Vergleichsstudien integrieren zu einem Großteil verschiedene Modellierungssprachen, die alle für die Modellierung einer einheitlichen Domäne angewendet werden. Hierbei wird analysiert, wie unterschiedliche Modellierungssprachen ein Modellierungsproblem bewältigen [OSV86], [BaHe00], [Lo90], [St86].

2) Theoretisch-konzeptionelle Evaluationsstudien formalisieren den Evaluationsprozess durch die Anwendung von Rahmenkonzepten (Frameworks) und anderen Referenzdisziplinen wie beispielsweise die kognitive Psychologie sowie die Philosophie [Bu86]. Arnesen and Krogstie (2005) bewerten Modellierungssprachen auf der Basis

eines adaptierten Qualitätsframeworks. Dieses Framework legt der auf mehreren Ebenen gemessenen semiotischen Modellqualität einen mengentheoretischen Ansatz zu Grunde. Die anknüpfende Evaluation basiert auf praktischen Erfahrungen und theoretischen Bewertungen von Modellierungssprachen [ArKr05]. Aufbauend auf dieser Studie wenden Wahl und Sindre (2005) das entwickelte Framework an und transferieren es auf eine Evaluation der BPMN. Hierbei fokussieren sie semantische, syntaktische und pragmatische Aspekte der verschiedenen Elemente der BPMN [WaSi05]. Siau und Wang (2007) bewerten Modellierungssprachen wie beispielsweise das Use-Case-Diagramm oder das Rich-Picture-Diagramm. Sie greifen hierbei auf eine Liste mit kritischen Fragen zur Wissensrepräsentation zurück. Auch diese Studie basiert auf praktischen Erfahrungen und theoretischen Evaluationen. Sie schlussfolgern, dass empirische Studien ein weiterführendes Vorgehen zur Vervollständigung ihrer Arbeit sein würden. [SiWa07]. Bobkowska (2005) entwickelt ein methodologisches Rahmenkonzept zur Evaluation graphischer Modellierungssprachen [Bo05a]. Dumas et al. (2005) entwerfen ein pattern-basiertes Framework zur Bewertung des Kontrollflusses, sowie der Daten- und Ressourcenperspektive der BPMN [DHR05]. Eloranta et al. (2006) untersuchen die BPMN und UML. Diese Evaluation basiert auf verschiedenen Konzepten wie dem Workflow-Patterns-Framework und dem Bunge-Weber-Wand Modell [EKT06].

3) Empirische Evaluationsstudien fokussieren Beobachtungen, Befragungen und Experimente unter Verwendung logischer und statistischer Methoden [CoSc05]. Recker and Dreiling (2007) führen eine empirische Studie zur Ermittlung des Verständnisses von EPK und BPMN durch. Das Ergebnis dieser Studie ist, dass Prozessmodellierer mit einer hohen Kenntnis einer Modellierungssprache sehr einfach andere neue Modellierungssprachen erlernen können [ReDr07]. Mendling und Strembeck (2008) analysieren anhand eines Fragebogens Faktoren, die das Verständnis von Prozessmodellen beeinflussen. Das Ergebnis dieser Arbeit unterstützt die Hypothese, dass individuelle, modellbezogene und inhaltliche Kriterien das Verständnis von Prozessmodellen beeinflussen [MeSt08].

Die analysierten verwandten Arbeiten weisen auf, dass in diesen hauptsächlich Teilaspekte der Usability von Modellierungssprachen bewertet werden. Siau und Rossi (2007) kommen zu dem Ergebnis, dass aktuell eine Mangel an umfassenden empirischen Evaluationstudien mit nutzerbezogenen Szenarien herrscht. Sie schlagen in hohem Maße künftige empirische Studien zur Ermittlung der Usability von Modellierungssprachen vor [SiRo08]. Mendling und Strembeck (2008) empfehlen künftige Studien zur Untersuchung der Verständlichkeit von Prozessmodellen [MeSt08]. Diese Ergebnisse zeigen einen hohen aktuellen Forschungsbedarf einer Studie über die Usability von Modellierungssprachen.

5 Diskussion und Ausblick

Die Ideen dieses Beitrags bilden eine Grundlage für künftige empirische Untersuchungen zur Benutzerfreundlichkeit von Modellierungssprachen. Nach dem Erstellen einer allgemeingültigen Usabilitydefinition für Modellierungssprachen wurden die relevanten Usabilityattribute extrahiert, definiert und an Modellierungssprachen angepasst. Darauf aufbauend wurden Metriken für jedes Usabilityattribut unter Berücksichtigung der verschiedenen Nutzersituationen (Modellentwicklung, Modellbetrachtung) methodisch entwickelt. Es wurde gezeigt, dass aktuelle und frühere Evaluationsstudien größtenteils nur einige Teilbereiche der Usabilityattribute von Modellierungssprachen bewerten. Diese Studien beschränken sich auf einige wenige Modellierungssprachen und Usabilityattribute. Das in diesem Beitrag entwickelte Rahmenkonzept stellt eine generische Basis für künftige empirische Studien zur Analyse der Benutzerfreundlichkeit von grafischen Modellierungssprachen dar.

Der nächste Forschungsschritt umfasst die Durchführung einer Datenaufnahme zur empirisch gestützten Untersuchung der Benutzerfreundlichkeit von Modellierungssprachen. Basierend auf den Ergebnissen dieses Beitrags wird ein Hypothesenmodell entwickelt und mit empirischen Daten überprüft. Ein erster Pretest im Sommer 2009 bestätigte das methodisch erarbeitete Design der Datenaufnahme und ist Grundlage für eine anknüpfende Datenaufnahme im Winter 2009/Frühling 2010. Teile dieser Untersuchung werden Interviews, Fragebögen, Experimente und die Eye-Tracking Methode darstellen. Wir planen mit unserer Forschungsarbeit neue Erkenntnisse im Bereich der Usabilityevaluation von Modellierungssprachen gewinnen zu können und darauf aufbauend benutzernahe Empfehlungen für die weitere Entwicklung von Modellierungssprachen aussprechen zu können.

Literaturverzeichnis

- [ArKr05] Arnesen, S.; Krogstie, J.: Assessing Enterprise Modeling Languages using a Generic Quality Framework. In: Krogstie John, H.T.A., Siau Keng (ed.): Information Modeling Methods and Methodologies. Hershey PA: Idea Group, 2005; 63-79.
- [AvFi95] Avison, D.E.; Fitzgerald, G.: Information Systems Development: Methodologies, Techniques and Tools. McGraw-Hill Book Company, New York, 1995.
- [BaHe00] Barbier, F.; Henderson-Sellers, B.: Object modelling languages: An evaluation and some key expectations for the future. *Ann. Softw. Eng.* 10, 2000; 67-101.
- [BaLi02] Bausell, R.B.; Li, Y.-F.: Power analysis for experimental research: A practical guide for the biological, medical, and social sciences. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 2002.
- [Be95] Bevan, N.: Measuring usability as quality of use. *Software Quality Journal* 4, 1995; 115-150.
- [BeMa94] Bevan, N.; Macleod, M.: Usability Measurement in Context. *Behaviour and Information Technology* 13, 1994; 132-145.

- [Bo05a] Bobkowska, A.: A framework for methodologies of visual modeling language evaluation. ACM International Conference Proceeding Series 214, 2005.
- [Bo05b] Bobkowska, A.: Modeling Pragmatics for Visual Modeling Language Evaluation. Proceedings of the 4th international workshop on Task models and diagrams, Gdansk, Journal 127, 2005.
- [BrZa09] Bridgeland, D.M.; Zahavi, R.: Business Modeling: A Practical Guide to Realizing Business Value. Elsevier, Burlington, 2009.
- [Bu86] Bubenko, J.A.: Information system methodologies; a research view. Conference on Information systems design methodologies: improving the practice, Noordwijkerhout, Netherlands, 1986; 289-318.
- [BWW03] Bullinger, H.J.; Warnecke, H.J.; Westkämpfer, E.: Neue Organisationsformen in Unternehmen - ein Handbuch für das moderne Management. Springer, Berlin, 2003.
- [CoLo99] Constantine, L.L.; Lockwood, L.A.: Software for Use: A practical Guide to the Models and Methods of Usage-Centered Design Addison-Wesley, New York, 1999.
- [CoSc05] Cooper, D.R.; Schindler, P.S.: Business Research Methods. McGraw-Hill, New York, 2005.
- [CoKi06] Coursaris, C.; Kim, D.: A Qualitative Review of Empirical Mobile Usability Studies. Proceedings of the Twelfth Americas Conference on Information Systems, 2006.
- [Da03] Dangelmaier, W.: Produktion und Information. Springer, Wiesbaden, 2003.
- [DMD08] Das, S.; McEwan, T.; Douglas, D.: Using eye-tracking to evaluate label alignment in online forms. Proceedings of the 5th Nordic conference on Human-computer interaction: building bridges Lund, Sweden, 2008; 451-454.
- [Du07] Duchowski, A.T.: Eye Tracking Methodology - Theory and Practice. Springer, New York, 2007.
- [DuRe99] Dumas, J.; Redish, J.: A practical guide to usability testing. Greenwood Publishing Group, Westport 1999.
- [DHR05] Dumas, M.; Hofstede, A.; Russel, N.: Pattern-based Analysis of BPMN - an extensive evaluation of the Control-flow, the Data and the Resource Perspectives. http://is.tm.tue.nl/staff/wvdaalst/BPM_center/reports/2005/BPM-05-26.pdf, 2005.
- [EhWi07] Ehmke, E.; Wilson, S.: Identifying web usability problems from eye-tracking data. Proceedings of the 21st British CHI Group Annual Conference on HCI 2007: People and Computers British Computer Society, University of Lancaster, United Kingdom, 2007; 119-128.
- [EKT06] Eloranta, L.; Kallio, E.; Thero, I.: A Notation Evaluation of BPMN and UML AD. http://www.soberit.hut.fi/T-86/T-86.5161/2006/BPMN_vs_UML_final.pdf, 2006.
- [EISc01] Elsuwe, H.; Schmedding, D.: Metriken für UML-Modelle. Informatik Forschung und Entwicklung 18, 2001; 22-31.
- [IEEE90] Institute of Electrical and Electronics Engineers: Standard Glossary of Software Engineering Terminology. <http://www.idi.ntnu.no/grupper/su/publ/ese/ieee-se-glossary-610.12-1990.pdf>, 1990.

- [FJM50] Fitts, P.M.; Jones, R.E.; Milton, J.L.: Eye movements of aircraft pilots during instrument-landing approaches. *Aeronautical Engineering Review* 9, 1950; 24-29.
- [Ga07] Gartner Research: Magic Quadrant for Business Process Analysis Tools. 2007.
- [Go04] Gordon, I.E.: Theories of visual perception. Psychology Press, Hove, 2004.
- [GoKo99] Goldberg, J.; Kotval, X.: Computer interface evaluation using eye movements: methods and constructs *International Journal of Industrial Ergonomics*, 24(6), 1999; 631-645.
- [GFA09] Grossman, T.; Fitzmaurice, G.; Attar, R.: A survey of software learnability: metrics, methodologies and guidelines. *Proceedings of the 27th international conference on Human factors in computing systems Boston, MA, USA, 2009*; 649-658.
- [Ha05] Havey, M.: *Essential business process modeling*. O'Reilly, Beijing, 2005.
- [ISO98] International Organization for Standardization (ISO): *Ergonomic Requirements for Office Work with visual Display Terminals (VDTs); Part 11: Guidance on Usability*. ISO 9421-11, 1998.
- [ISO06] International Organization for Standardization (ISO): *Ergonomics of Human-System-Interaction; Part 110: Dialogue Principles*. ISO 9241-110, 2006.
- [JaKa03] Jacob, R.K.; Karn, K.S.: *Eye Tracking in Human-Computer Interaction and Usability Research: Ready to Deliver the Promises*. *The Mind's Eye* 2003; 573-605.
- [Ka02] Kan, S.H.: *Metrics and Models in Software Quality Engineering*. Addison-Wesley, Boston, 2002.
- [KaKü] Karagiannis, D.; Kühn, H.: *Metamodeling Platforms*. Invited Paper University of Vienna, 2002.
- [KEC99] Karn, K., S.; Ellis, S.; Cornell, J.: The hunt for usability: tracking eye movements. *CHI '99 extended abstracts on Human factors in computing systems Pittsburgh, Pennsylvania, 1999*; 173-173.
- [KST07] Krallmann, H.; Schönherr, M.; Trier, M.: *Systemanalyse in Unternehmen*. Oldenbourg, München, 2007.
- [KHS05] Krogstie, J.; Halpin, T.A.; Siau, K.: *Information modeling methods and methodologies*. Idea Group Publ, Hershey PA, 2005.
- [Lo90] Loy, P.: A comparison of object-oriented and structured development methods. *SIGSOFT Softw. Eng. Notes* 15, 1990; 44-48.
- [Lu03] Ludewig, J.: Models in software engineering - an introduction. *Software and Systems Modeling* 2, 2003; 5-14.
- [MaEr05] Matthes, F.; Ernst, A.M.: *Enterprise Architecture Management Tool Survey 2005*. University Munich, 2005.
- [Ma89] Mayer, R.E.: Models for Understanding. *Review of Educational Research* 59, 1989; 43-64.
- [MMR09] Melcher, J.; Mendling, J.; Reijers, H.A.; Seese, D.: On Measuring the Understandability of Process Models. <http://digbib.ubka.uni-karlsruhe.de/volltexte/1000011993>, 2009.
- [MeSt08] Mendling, J.; Strembeck, M.: *Influence Factors of Understanding Business Process*

Models. Proceedings of the 11th International Conference on Business Information Systems 7, 2008; 142-153.

- [Na01] Nahman: Using Eye-Tracking for Usability testing. <http://www.namahn.com/resources/documents/note-eyetracking.pdf>, 2001.
- [NeNa02] Nembhard, D.; Napassavong, O.: Task complexity effects on between-individual learning/forgetting variability. *International Journal of Industrial Ergonomics* 29, 2002; 297-306.
- [NeUz00] Nembhard, D.; Uzumeri, M.: Experimental learning and forgetting for manual and cognitive tasks. *International Journal of Industrial Ergonomics* 25, 2000; 315-326.
- [Ni06] Nielsen, J.: Usability engineering. Kaufmann, Amsterdam, 2006.
- [OSV86] Olle, T.W.; Sol, H.G., Verijin-Stuart, A.A.: A comparative evaluation of system development methods. Proceedings of the IFIP WG 8.1 working conference on Information systems design methodologies: improving the practice, Noordwijkerhout, Netherlands, 1986; 19-54.
- [PoBa05] Poole, A.; Ball, L. J: Eye Tracking in Human-Computer Interaction and Usability Research: Current Status and Future Prospects. In C. Chaoui (Ed.), *Encyclopedia of HCI*. Idea Group, Pennsylvania, 2005.
- [Pr94] Preece, J.; Rogers, Y.; Sharp, H.; Benyon, D.; Holland, S.; Carey, T.: *Human Computer Interaction*. Addison-Wesley, Wokingham, 1994.
- [PCV05] Pretorius, M.C.; Calitz, A.P.; van Greunen, D.: The added value of eye tracking in the usability evaluation of a network management tool. Proceedings of the 2005 annual research conference of the South African institute of computer scientists and information technologists on IT research in developing countries White River, South Africa, 2005; 1-10.
- [ReDr07] Recker, J.C.; Dreiling, A.: Does it matter which process modelling language we teach or use? An experimental study on understanding process modelling languages without formal education Australasian Conference on Information Systems, Toowoomba, 2007.
- [Re09] Recker, J.C.; Zur Muehlen, M.; Keng, S., Erickson, J., Indulska, M.: Measuring Method Complexity: UML versus BPMN. Proceedings of the Fifteenth Americas Conference on Information Systems, San Francisco, California 2009.
- [Re93] Rengger, R.; Macleod, M.; Bowden, R.; Blaney, M.; Bevan, N.: *MUSiC Performance Measurement Handbook*. National Physical Laboratory, Teddington, UK, 1993.
- [RoBr96] Rossi, M.; Brinkkemper, S.: Complexity Metrics for Systems Development Methods and Techniques. *Information Systems* 21, 1996; 209-227.
- [Sc04] Scholtz, J., Usability Evaluation. http://www.itl.nist.gov/iad/IADpapers/2004/Usability%20Evaluation_rev1.pdf, 2004.
- [Se06] Seffah, A.; Donyaee, M.; Kline, R.; Padda, H.: Usability measurement and metrics: A consolidated model. *Software Quality Control* 14, 2006; 159-178.
- [Sh91] Shackel, B.: Usability - Context, framework, definition, design and evaluation. In: Shackel, B.; Richardson, S. (eds.): *Human Factors for Informatics Usability*. University Press, Cambridge, 1991; 21-38.

- [SiRo08] Siau, K.; Rossi, M.: Evaluation techniques for systems analysis and design modelling methods ; a review and comparative analysis. *Information Systems Journal* 2008;
- [SiWa07] Siau, K.; Wang, Y.: Cognitive evaluation of information modeling methods. *Information and Software Technology* 49, 2007; 455-474.
- [SiJa00] Sibert, L., E.; Jacob, R.: Evaluation of eye gaze interaction. *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, The Hague, The Netherlands, 2000*; 281-288.
- [SDJ07] Sjoberg, D.; Dyba, T.; Jorgensen, M.: The Future of Empirical Methods in Software Engineering Research. *Future of Software Engineering 2007*; 358-378.
- [St73] Stachowiak, H.: *Allgemeine Modelltheorie*. Springer, Wien, 1973.
- [St86] Strom, R.: A comparison of the object-oriented and process paradigms. *Proceedings of the 1986 SIGPLAN workshop on Object-oriented programming, Yorktown Heights, New York, United States, 1986*; 88-97.
- [SuMe09] Suul, L.; Mellouli, T.: *Optimierungssysteme - Modelle, Verfahren, Software, Anwendungen*. Springer, Berlin, 2009.
- [TKM08] Tamir, D., Komogortsev, O.V., Mueller, C.J.: An effort and time based measure of usability. *Proceedings of the 6th international workshop on Software quality, Leipzig, Germany, 2008*.
- [VaLi07] Van Schaik, P.; Ling, J.: Design parameters of rating scales for web sites. *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.* 14, 2007; 1-35.
- [Vu08] Vuolle, M.; Aula, A.; Kulju, M.; Vainio, T.: Identifying Usability and Productivity Dimensions for Measuring the Success of Mobile Business Services. *Advances in Human-Computer Interaction, 2008*.
- [WaSi05] Wahl, T.; Sindre, G.: An analytical evaluation of BPMN using a semiotic quality framework. *International Workshop on Exploring Modeling Methods in Systems Analysis and Design, Porto, 2005*.
- [WaWe93] Wand, Y.; Weber, R.: On the ontological expressiveness of information systems analysis and design grammars. *Information Systems Journal* 3, 1993; 217-237.
- [We92] Welke, R.: The case repository: more than another database application. In: Cottermann, W., Senn, J. (Hrsg.): *Challenges and strategies for research in systems development* Wiley Inc., 1992; 181-218.