
KONTEXTUALISIERTE VISUALISIERUNG AM WISSENSINTENSIVEN ARBEITSPLATZ

Vom Fachbereich Informatik der
Technische Universität Darmstadt
genemigte

DISSERTATIONSSCHRIFT

zur Erlangung des Grades
Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.)

Dipl.-Inform. Eicke Godehardt
geboren in Wernigerode

Tag der Einreichung: 28.10.2009

Tag der Disputation: 09.12.2009

Referenten
Prof. Dr. techn. Dieter W. Fellner
Prof. Dr. Stefan Jähnichen



Zusammenfassung

Wissensarbeiter sind heutzutage hohen Anforderungen ausgesetzt. Sie müssen ständig neue Arbeitsfelder erschließen und sich schnell auf neue Gegebenheiten einstellen. Die vorliegende Dissertationsschrift stellt einen neuen Ansatz vor, Arbeitende an wissensintensiven Arbeitsplätzen mit kontextualisierten Visualisierungen zu unterstützen. Diese visuelle Unterstützung richtet sich dabei an der aktuellen Arbeitssituation (dem Kontext) des Wissensarbeiters aus. Dadurch wird es möglich, den spezifischen Problemen und Herausforderungen direkt am Arbeitsplatz zu begegnen und automatisierte Hilfestellung während der Arbeit anzubieten. Geeignete angepasste Visualisierungen können die Daten am wissensintensiven Arbeitsplatz intuitiv darstellen. Dies gestattet zum Beispiel die einfache Identifikation von wichtigen Informationen, Dokumenten und Personen. Kontextinformationen stellen dabei eine sehr gut geeignete Quelle für die Anpassung der Visualisierungen an die aktuelle Arbeitssituation (Kontextualisierung) dar.

Um diesen Möglichkeiten zu begegnen wurde ein Rahmenwerk zur kontextualisierten Visualisierung entwickelt. Dieses Rahmenwerk wurde im Zuge der vorliegenden Arbeit in mehreren Szenarios eingesetzt, instantiiert und sowohl quantitativ als auch qualitativ evaluiert. Dabei zeigte die Evaluation mit realistischen Daten und repräsentativen Versuchspersonen eine signifikante Steigerung der Produktivität. Dies wird vor allem in der gemessenen Zeit und Arbeitsqualität reflektiert. Zudem erfolgte in der Evaluation eine positive Rückmeldung zur individuellen Wahrnehmung des Rahmenwerks.

Als wissenschaftliches und technisches Ergebnis dieser Arbeit liegt das Rahmenwerk mit allen Schnittstellen, Definitionen und Instantiierungen vor. Dabei ermöglicht das Rahmenwerk insbesondere ein einfaches Einbringen verschiedener Visualisierungsformen, Daten- und Kontextquellen.

Abstract

The challenge of the information society in general and of knowledge workers specifically is to enter new work fields and to prepare for new circumstances and environments. This thesis presents a new approach to support people at knowledge intensive workplaces by means of contextualized visualizations. This visual support is oriented along the current situation—the context—of the knowledge worker. This allows tackling the specific problems and challenges directly at the desk and to offer automated assistance for the job at hand.

Matching visualizations can display data at knowledge-intensive workplaces in an intuitive way. This permits an easy identification of important information, documents and persons. The thesis shows, that context information presents a very good source for this adaptation of the visualizations corresponding to the current situation of the knowledge worker.

To face these opportunities, a new framework for contextualized visualization was developed. In the course of the present work, this framework was used, instantiated and quantitatively as well as qualitatively evaluated in multiple scenarios. Thereby the evaluation with realistic data and representative probands showed a significant improvement of the productivity and efficiency. This is mainly reflected by the measured time to fulfill the tasks and quality of the results. In addition the test persons give very positive feedback regarding the individual perception of the system.

The scientific and technical result of this thesis is a framework, together with all its interfaces, definitions and example instantiations. Thereby the framework enables the adding of different forms of visualizations, data and context sources in an easy way.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Nutzerszenarios	2
1.2	Wichtigste Ergebnisse	4
1.3	Aufbau der Arbeit	5
2	Verwandte Arbeiten	7
2.1	Einordnung in das Forschungsgebiet	7
2.2	Computer-gestütztes Lernen	8
2.2.1	Information	8
2.2.2	Wissen	9
2.2.3	Wissensarbeiter	11
2.2.4	Daten am wissensintensiven Arbeitsplatz	12
2.2.5	Informelles Lernen	14
2.3	Informationsvisualisierung	18
2.3.1	Ziele der Informationsvisualisierung	21
2.3.2	Beispiele für Informationsvisualisierung	22
2.3.3	Referenzmodell für Informationsvisualisierung	26
2.4	Kontextbewusste Systeme	27
2.4.1	Relationskontext	29
2.4.2	Zustandskontext	30
2.4.3	Kontextualisierte Visualisierungen am Arbeitsplatz	33
2.5	Identifikation der Lücken in den verwandten Arbeiten	35
2.6	Zusammenfassung	35

3	Konzeption	37
3.1	Anforderungen	37
3.1.1	Anforderungen aus Nutzerbefragungen	38
3.1.2	Anforderungen aus dem Arbeitsfeld	40
3.1.3	Anforderungen aus verwandten Arbeiten	40
3.1.4	Technische Anforderungen	41
3.1.5	Randbedingungen an die Visualisierungen	41
3.1.6	Übersicht über die Anforderungen	43
3.2	Lösungsansatz	44
3.3	Systementwurf	47
3.3.1	Externe Basiselemente	48
3.3.2	Kontextsensoren und deren Verwendung	49
3.3.3	Datenquellen und die Anpassung der Daten	51
3.3.4	Visualisierungen und deren Auswahl	53
3.3.5	Kontextualisierte Visualisierung	54
3.4	Zusammenfassung	56
4	Prototypische Umsetzung	57
4.1	Feinkonzept der Architektur	57
4.1.1	Design	59
4.1.2	Konfiguration des Rahmenwerks	61
4.1.3	Kommunikation und Kontextmodell	62
4.2	Einsatzszenarios	65
4.2.1	Einsatzszenario EUDISMES	66
4.2.2	Einsatzszenario APOSDLE	70
4.2.3	Verwendete Kontextsensoren	74
4.2.4	Kontextmaße	78
4.2.5	Vergleich der Einsatzszenarios	85
4.3	Skalierbarkeit der Visualisierungen	85
4.3.1	Laden nach Bedarf	86
4.3.2	Vorsorgliches Nachladen	87
4.3.3	Bereinigen der Daten	89
4.4	Adressierung der technischen Anforderungen	90
4.5	Zusammenfassung	91

5	Evaluation	93
5.1	Evaluationsmethode	93
5.1.1	Was soll evaluiert werden?	93
5.1.2	Wie soll evaluiert werden?	94
5.2	Vorstudie	96
5.2.1	Experiment	96
5.2.2	Ergebnisse der Vorstudie	100
5.2.3	Zusammenfassung Vorstudie	102
5.3	Erweiterte Evaluation	102
5.3.1	Experiment	102
5.3.2	Technischer Aufbau und Ablauf	103
5.3.3	Ergebnisse	106
5.3.4	Diskussion	114
5.3.5	Evaluation mit realistischen Dateisystemstrukturen	117
5.3.6	Zusammenfassung erweiterte Evaluation	120
5.4	Evaluation der verwendeten Visualisierungen	120
5.4.1	Skalierbarkeit des TopicMap Viewers	120
5.4.2	Prozessartige Datenstrukturen in der Netzansicht	121
5.4.3	Prozessansicht	122
5.4.4	Zusammenfassung Evaluation der Visualisierungen	123
5.5	Adressierung nicht-technischer Anforderungen	123
5.6	Zusammenfassung	124
6	Zusammenfassung	125
6.1	Der wissenschaftliche Beitrag	126
6.2	Der Nutzen für die Anwendung	127
6.3	Ausblick – Interessante ungelöste Probleme	128
A	Anhang Implementierungsdetails	131
B	Anhang Evaluation	135
	Literaturverzeichnis	151
	Index	165

Abbildungsverzeichnis

2.1	Generelle Einordnung in den wissenschaftlichen Kontext . . .	7
2.2	Wissenspyramide nach Probst	8
2.3	Einfluss von Visualisierungen auf Entscheidungen (original) .	19
2.4	Einfluss der Visualisierung auf Entscheidungen (Tuft)	20
2.5	Beispiele: Hyperbolische Visualisierung und Treemaps	23
2.6	Beispiele: ThemeRiver und Scatterplot	24
2.7	Beispiele: Protégé-Plugin OntoViz und KartOO	25
2.8	Beispiele: K-Infinity und TopicMap Viewer	25
2.9	Referenzmodell nach [CMS99]	27
2.10	Nachrichtenversand durch das Betriebssystem [LGF ⁺ 07] . . .	32
2.11	Angelernte Kontextvorhersage [LFBG07]	32
3.1	Ansatz für ein System für kontextualisierte Visualisierung . .	46
3.2	Systementwurf für kontextualisierte Visualisierung	47
3.3	Entwurfsmuster „Fassade“	49
3.4	<i>Push/Pull</i> -Konzept	50
4.1	UML Klassendiagramm des Systems	58
4.2	<i>Push</i> -Verfahren als Sequenzdiagramm	64
4.3	<i>Pull</i> -Verfahren als Sequenzdiagramm	65
4.4	Aufgabenübersicht des Collaborative Task Managers	67
4.5	Zusammenspiel der Programmteile in EUDISMES	68
4.6	Datenfluss der Kontextualisierung	69
4.7	Kontextualisierter TopicMap Viewer in EUDISMES	69
4.8	Zusammenspiel der Programmteile in APOSDLE	71

4.9	UML-Kontext der APOSDLE Visualisierungen	72
4.10	Kontextualisierte Prozessansicht	72
4.11	Kontextualisierter TopicMap Viewer in APOSDLE	74
4.12	UML-Kontext der Kontextsensoren	75
4.13	Visualisierung der Verfügbarkeit von Mitarbeitern	79
4.14	Verfügbarkeit und Auslastung von Mitarbeitern	80
4.15	Aufgaben unterschiedlicher Komplexität	82
4.16	Visualisierung der Fälligkeit von Aufgaben	82
4.17	Visualisierung des Bearbeitungsfortschritts von Aufgaben	83
4.18	Visualisierung aktiver und inaktiver Prozessschritte	84
4.19	Ressourcen mit unterschiedlich vielen Verweisen	85
4.20	Laden von Daten nach Bedarf	87
4.21	Vorsorgliches Nachladen von Topics	88
5.1	Netzstruktur der Evaluationsaufgaben in der Prozessansicht	97
5.2	Kontextualisierte Prozessansicht (Vorstudie)	98
5.3	Kontextualisierte Baumansicht (Vorstudie)	98
5.4	Kontextualisierte TopicMap Viewer (Vorstudie)	99
5.5	Kreuzevaluation	104
5.6	Schematische Darstellung des Versuchsablaufs	105
5.7	Ermittlung der Bearbeitungsdauer einer Aufgabe	106
5.8	Vergleich der Bearbeitungszeiten zwischen den Varianten	107
5.9	Vergleich der Verteilungen Aufgabe 1, Variante A und B	108
5.10	Vergleich der Verteilungen Aufgabe 2, Variante A und B	109
5.11	Vergleich der Verteilungen Aufgabe 3, Variante A und B	109
5.12	Vergleich zwischen den Bearbeitungsreihenfolgen (Variante A)	110
5.13	Vergleich zwischen den Bearbeitungsreihenfolgen (Variante B)	111
5.14	Effektivität bei der Lösung der Aufgaben	111
5.15	Antworten zu ergonomischen Anforderungen (ISO-Norm)	116
5.16	Antworten zur Unterstützung nach Aufgaben	117
5.17	Vergleich der Verteilungen (realen Daten), Variante A und B	119
5.18	Zeitmessungen zur Skalierbarkeit des TopicMap Viewers	121
5.19	Einschätzung der Prozessansicht	122

Tabellenverzeichnis

2.1	Typologie des informellen Lernens nach Eraut	16
2.2	Lernfunktionen nach Simons	17
3.1	Anforderungen an das Rahmenwerk	44
4.1	Übersicht zu Kontextmaßen	78
5.1	Durchschnittliche Bearbeitungszeiten (Vorstudie)	100
5.2	Durchschnittliche Bearbeitungszeiten (erweiterten Evaluation)	108
5.3	Antworten auf den Fragebögen	112
5.4	Durchschnittliche Bearbeitungszeiten (Nachevaluation)	118

„Wer, wie, was? Wieso, weshalb, warum? –
Wer nicht fragt, bleibt dumm!“
— Sesamstraße

Kapitel 1

Einleitung

Wissen und Informationen sind heute allgegenwärtig. Dementsprechend sind Wissensarbeiter hohen Anforderungen ausgesetzt. Sie müssen ständig neue Arbeitsfelder erschließen und sich schnell auf neue Gegebenheiten einstellen. Außerdem sind sie in ihrer Arbeit zentral auf Wissen als Arbeitsgrundlage angewiesen. Da liegt es nahe, den Wissensarbeiter an seinem Arbeitsplatz – dem Computer – zu unterstützen.



Quelle: Tony Auth

An wissensintensiven Arbeitsplätzen wird es immer wichtiger, fehlende Informationen für die tägliche Arbeit umgehend und spezifisch zur Verfügung zu haben. Außerdem werden eine ständige Informationsversorgung und Weiterbildung der Wissensarbeiter unumgänglich, die in der Regel nicht mehr

(komplett) in externen formalen Bildungseinrichtungen stattfinden kann, sondern mehr und mehr durch informelles Lernen ergänzt und getragen wird [Era00]. Informelles Lernen bezeichnet dabei eine Form des nicht geleiteten, selbstgesteuerten und selbstgetragenen Lernens, welches in unserem täglichen Leben stattfindet und die wichtigste Form des Lernens überhaupt darstellt. Diese Entwicklung zum allgegenwärtigen Lernen führt dazu, dass die Grenze zwischen der wissensintensiven Arbeits- und Lernumgebung immer mehr verschwimmt.

Deshalb stellt sich die Frage, wie Wissensarbeiter direkt am Arbeitsplatz insbesondere durch hilfreiche und angepasste visuelle Darstellungen unterstützt werden können, wichtige Informationen zu finden und die gegebene Aufgabe in der aktuellen Arbeitssituation zu erfüllen.

Dabei geht es um die automatische Unterstützung in diesen verschränkten Arbeits- und Lernprozessen, um den enormen Aufwand für manuelle Anpassungen und situationsabhängige Interaktionen zu reduzieren. Dadurch kann sich der Wissensarbeiter auf seine eigentliche aktuelle Aufgabe fokussieren.

1.1 Nutzerszenarios

Im Folgenden werden drei Szenarios vorgestellt. Diese Szenarios geben einen Überblick und erlauben so ein tieferes Verständnis für die Zielsetzung der Arbeit, die im Anschluss an die Szenarios genauer formuliert wird. Im Zentrum steht die fiktive Beraterin Andrea. Sie wird bei ihrer Arbeit vom zu entwickelnden System unterstützt. Folgende Szenarios stellen somit den Soll-Zustand dar.

Szenario 1 – Beratung

Andrea ist eine Beraterin in einem größeren Unternehmen. Sie ist insbesondere für Firmengründungen und Schulungen zuständig. An einem Arbeitstag erhält Andrea einen Anruf von Herrn K., der eine Firma gründen will, die ein neues gentechnisches Verfahren anwenden möchte. Dieses Verfahren wurde an der Universität entwickelt und Herr K. besitzt das dazugehörige Patent. Herrn K. beschäftigen vor allem zwei Fragen: 1. Wie muss so ein neues gentechnisches Verfahren der Klasse Beta beantragt und zugelassen werden und 2. wie lange dauert in der Regel solch eine Zulassung?

Andrea benutzt das in dieser Arbeit vorgestellte System, um Herrn K. bei der Beantwortung der Fragen behilflich zu sein. Dazu verwendet sie „gentechnisches Verfahren“ als einen Einstiegspunkt für ihre Recherche. Über die visuelle Darstellung dieses Begriffs mit seinen Relationen zu verwandten und weiterführenden Begriffen navigiert Andrea zu der spezielleren Verfahrensklasse „Beta“ und findet dort sowohl Informationen über den Zulassungsantrag für ein neues Verfahren als auch Dokumente im lokalen Bestand

des Beratungsunternehmens, die bereits durchgeführte Anträge dokumentieren. Aus den Letzteren kann sie dann Herrn K. auch eine grobe Abschätzung über die Dauer des Zulassungsverfahrens geben.

Szenario 2 – Schulungsplanung

Am darauffolgenden Tag hat Andrea einen Termin bei einem Chemiebetrieb. Die Beratung möchte zusammen mit diesem Betrieb eine Schulung zum Thema REACH anbieten. REACH ist ein Genehmigungsverfahren für Chemikalien. Das System unterstützt sie dabei durch einen Schulungsvorbereitungsprozess. Dieser Vorbereitungsprozess wird Andrea in visueller Form angeboten und gibt ihr so einen Überblick über den gesamten Ablauf einer Schulungsvorbereitung mit Teilschritten und genauen Abläufen. Darüber hinaus erlaubt diese Ansicht einen Zugriff auf zugehörige Dokumente und Personen der einzelnen Bereiche und Aufgaben.

Während der Schulungsvorbereitungsprozess von einem Experten modelliert worden ist, wächst das Portfolio an Dokumenten durch das Verwenden des Prozesses. Neue Dokumente und erstellte Schulungspläne können dem Ablauf zugeordnet werden und stehen so für die nächste Verwendung zur Verfügung.

Auch die Anreicherung der darzustellenden Daten um Personen geschieht automatisch. Wenn das System erkennt, dass eine Person den gesamten Schulungsvorbereitungsprozess oder einzelne Teilschritte bereits durchlaufen hat, wird sie als „Experte“ in dem entsprechenden Bereich angesehen und mit dem Prozess verknüpft. So können später andere Personen diesen „Experten“ kontaktieren, um aufgetretene Probleme zu erörtern.

Da einige Punkte in diesem Ablauf für Andrea auch nach Konsultation der angebotenen Dokumentation unklar bleiben, kontaktiert sie die vom System vorgeschlagenen Personen. Zusammen mit deren Hilfe gelingt ihr die Erarbeitung der neuen Schulung.

Szenario 3 – Heimarbeit

Ein anderes Mal entscheidet sich Andrea, einen Heimarbeitstag einzulegen. Aus früheren Kundenkontakten sind noch Informationen aufzubereiten. Sie soll ein Formular ausfüllen und entsprechend geforderte Dokumente zusammen mit dem Formular an den Kunden senden.

Das System unterstützt Andrea dabei, indem aktuell laufende Programme, aber auch die zugehörigen Dokumente inhaltlich untersucht werden. Durch Schlagwörter in offenen Programmen, Text-Dateien und E-Mail-Texten erkennt das System die aktuelle Arbeitssituation von Andrea.

Auf deren Basis kann das System entsprechende weitergehende Informationen und Dokumente auf Anfrage von Andrea zur Verfügung stellen.

Diese Zuordnung geschieht dann, wenn Dokumente ebenfalls die entsprechenden Schlagwörter enthalten oder von Hand mit den entsprechenden Schlagwörtern versehen wurden. Die angebotenen Dokumente passen daher genau zu Andreas Arbeitssituation und ermöglichen ihr, die geforderten Dokumente zu erstellen und an die entsprechenden Kunden zu senden.

Fazit aus den Nutzerszenario

Die hier geschilderten Szenarios werfen einige interessante Fragestellungen auf. Im Zentrum geht es darum, den Wissensarbeiter an seinem Arbeitsplatz beim Erledigen seiner Aufgaben zu unterstützen, indem situationsabhängig (kontextbasiert) hilfreiche Informationen, wie Dokumente aber auch Hinweise zu Experten, angeboten werden. Dabei soll eine visuell angereicherte Darstellung helfen, die angebotenen Informationen einfach und intuitiv aufzunehmen. Dazu gilt es, die gegebenen Kontextinformationen bei der Visualisierung der Daten zu berücksichtigen.

Um den Herausforderungen zu begegnen, wird im Folgenden ein Rahmenwerk entwickelt, welches die aktuelle Arbeits- und Nutzersituation (Kontext) analysiert, um die visuelle Darstellung der Informationen gewinnbringend anzupassen.

1.2 Wichtigste Ergebnisse

Mit dem in der vorliegenden Dissertationsschrift entwickelten Rahmenwerk wird eine neuartige Möglichkeit geschaffen, Wissensarbeiter an ihrem Arbeitsplatz visuell zu unterstützen. Diese Unterstützung richtet sich dabei an der aktuellen Arbeitssituation (dem Kontext) des Wissensarbeiters aus. Dadurch wird es möglich, den spezifischen Problemen und Herausforderungen direkt am Arbeitsplatz zu begegnen und automatisierte Hilfestellung anzubieten.

Dabei werden sowohl vielseitige Visualisierungsformen und Datenquellen unterstützt als auch unterschiedlichste Kontextinformationen hinzugezogen. Geeignete Visualisierungen können so die Daten am wissensintensiven Arbeitsplatz intuitiv und gewinnbringend darstellen. Weiterhin erlauben verschiedene Arten von Kontextinformationen eine Anpassung an die aktuellen Gegebenheiten am Arbeitsplatz des Wissensarbeiters. Dies gestattet zum Beispiel die Identifikation von wichtigen Informationen, Dokumenten und Personen. Somit stellen Kontextinformationen eine sehr gut geeignete Quelle für die Anpassung der Visualisierungen an die aktuelle Arbeitssituation (Kontextualisierung) und eine visuelle Unterstützung des informellen Lernens dar.

Um die technische und wissenschaftliche Eignung des erarbeiteten Rahmenwerks und die Machbarkeit dieses Ansatzes zu zeigen, wurde das Rahmen-

werk in mehreren Einsatzszenarios instantiiert und erprobt. Des Weiteren wurden Nutzerstudien durchgeführt, um das Rahmenwerk sowohl quantitativ als auch qualitativ zu evaluieren. Dabei konnte eine signifikante Verbesserung durch die Verwendung kontextualisierter Visualisierungen gezeigt werden, was sich auf der einen Seite zeitlich in deutlich kürzeren Bearbeitungszeiten widerspiegelt, auf der anderen Seite aber auch in der durch die Wissensarbeiter positiv empfundenen Unterstützung.

1.3 Aufbau der Arbeit

Die vorliegende Dissertationsschrift ist wie folgt aufgebaut. Zu Beginn wird in Kapitel 2 der Forschungsrahmen der vorliegenden Arbeit mit den zugehörigen verwandten Arbeiten aufgezeigt und diskutiert. Dabei werden nach und nach einige, für das weitere Verständnis dieser Arbeit wichtige, Definitionen erarbeitet und festgelegt.

Nach der Einordnung innerhalb des Stands der Technik, werden Anforderungsanalyse, Ansatz und Systementwurf in Kapitel 3 vorgestellt. Dabei stellen die Anforderungen, die zu Beginn des Kapitels 3 erarbeitet werden, den zentralen Ausgangspunkt für Konzeption und Spezifikation des gesamten Rahmenwerks dar.

Im Anschluss daran wird in Kapitel 4 die Umsetzung diskutiert, Entwurfs- und Entwicklungsentscheidungen aufgezeigt und erläutert. Gegen Ende dieses Kapitels geht es um konkrete Einsatzszenarios, in denen das erarbeitete Rahmenwerk integriert und erprobt wurde. Ein weiterer Punkt ist die Betrachtung konkreter Kontextmaße für die Visualisierung und allgemeine Betrachtungen der Skalierbarkeit von Visualisierungen, wie sie für den Einsatz am wissensintensiven Arbeitsplatz von hoher Wichtigkeit sind.

In Ergänzung zu der eher technischen Erprobung findet im anschließenden Kapitel 5 die Evaluation des Rahmenwerks statt. Dabei wurden Nutzerbefragungen sowohl zur qualitativen Erhebung durchgeführt als auch quantitative Nutzerstudien durchgeführt, die im Anschluss ausführlich analysiert und interpretiert werden.

Abschließend erfolgt in Kapitel 6 eine Zusammenfassung der Ergebnisse und ein Ausblick auf interessante offene Fragestellungen.

Hinweis: Um das Lesen zu vereinfachen, werden gebräuchliche *englische Begriffe* nicht ins Deutsche übersetzt. Des Weiteren werden folgende typografische Festlegungen getroffen. Zusätzlich zu den *englischen Begriffen* werden **KLASSEN** und **Quelltext** gesondert ausgezeichnet, um das Leseverständnis zu fördern.

Danksagung

Als Erstes möchte ich meinen Eltern danken, die mich seit meiner frühesten Kindheit unterstützt und gefördert haben. Immer wieder durfte ich Dinge ausprobieren und selbst versuchen, auch wenn es dadurch ungleich länger dauerte.

Ich danke meinem gesamten Arbeitsumfeld bei SAP Research und dem Fraunhofer IGD, das eine spannende, kreative und gleichzeitig wissenschaftliche Umgebung und Atmosphäre schaffte und diese Arbeit in der Form erst ermöglichte. Insbesondere gilt der Dank meinem Doktorvater Prof. Dr. techn. Dieter W. Fellner, der einen wesentlichen Anteil an der Schaffung dieser positiven Atmosphäre hatte.

Im Einzelnen danke ich bei SAP Research Andreas Faatz, Manuel Görtz, Birgit Zimmermann und Knut Manske für ihre vielfältige Unterstützung. Im Besonderen danke ich Andreas Faatz für die breit gefächerten und gleichzeitig tiefeschürfenden Diskussionen, Korrekturen und Anregungen während der gesamten Zeit. Sein Einsatz ging deutlich über das „einfache“ Korrekturlesen hinaus. Vom IGD danke ich Christoph Hornung, vor allem für seine wertvollen sprachlichen Tipps bezüglich der Arbeit. Ebenso danke ich meinem Schwager Thomas Frehse, der sich fachfremd durch die vielen Seiten dieser Arbeit gekämpft und wertvolle Anregungen geliefert hat. Auch die von mir betreuten Master- und Diplomarbeiten haben ihre positiven Spuren in dieser Arbeit hinterlassen.

Ein besonderer Dank gilt meiner Frau Susanne und meinem Sohn Joel Mattis, die mich geduldig so manche Stunden für diese Arbeit freigesetzt und nach besten Kräften unterstützt haben.

Doch ohne Gott hätte ich das alles nie geschafft und wäre nicht dort, wo ich jetzt bin.

Danke.

Eicke Godehardt, Mainz-Kastel, September 2009

*„Ein Problem lösen heißt, sich vom
Problem lösen.“
— Johann Wolfgang von Goethe*

Kapitel 2

Verwandte Arbeiten

In diesem Kapitel wird der aktuelle Forschungsstand zur kontextualisierten Visualisierung am wissensintensiven Arbeitsplatz beleuchtet und es werden die verwandten Arbeiten betrachtet. Nachdem dazu eine Einordnung in den wissenschaftlichen Rahmen stattgefunden hat, werden für diese Arbeit essentielle Forschungsarbeiten aufgezeigt und analysiert. Die in der Gesamtarbeit nötigen Definitionen werden an dem jeweiligen Punkt eingeführt.

2.1 Einordnung in das Forschungsgebiet

Das Thema dieser Arbeit berührt folgende angrenzende Forschungsgebiete: informelles Lernen am (wissensintensiven) Arbeitsplatz, Informationsvisualisierung und Kontextualisierung. Abbildung 2.1 gibt einen visuellen Überblick über die zu diskutierenden Forschungsgebiete.

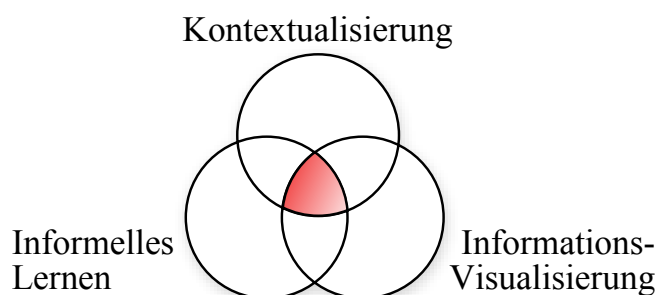


Abbildung 2.1: Generelle Einordnung in den wissenschaftlichen Kontext

Informelles Lernen ist der zentrale Zugang für Wissensarbeiter zu neuem Wissen, während die Visualisierung das in dieser Arbeit zu diskutierende Mittel der Unterstützung darstellt. Das Heranziehen des Kontexts soll dabei helfen, die Visualisierungen intuitiv und unaufdringlich im Sinne angemessener kognitiver Last [CS91, PRS03] zu gestalten und so den Wissensarbeiter optimal bei seiner aktuellen Aufgabe zu unterstützen. Diese drei Themen bilden somit den wissenschaftlichen Rahmen und werden im Folgenden beleuchtet.

2.2 Computer-gestütztes Lernen

Um das (informelle) Lernen zu verstehen, muss vorher der Weg von den Daten über Informationen hin zu Wissen erklärt und verstanden werden, da Wissen eine Grundlage des Lernens darstellt. Dieses Wissen ist persönlich und kann auf der Basis von Informationen (re-)konstruiert werden. Deshalb wird in diesem Abschnitt mit der Diskussion des Begriffs Information begonnen.

2.2.1 Information

Bei „Information“ handelt es sich um einen fundamentalen Begriff der Informatik. Probst hat zur Erläuterung der Zusammenhänge zwischen den Begriffen Information und Wissen ein Ebenenmodell vorgestellt [PRR06], das auch als „Wissenspyramide“ bezeichnet wird und in Abbildung 2.2 zu sehen ist. Für ein ähnliches Modell, die „Wissenstreppe“, vergleiche [Nor02].

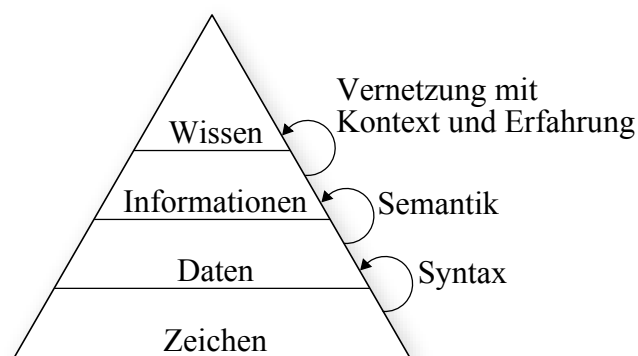


Abbildung 2.2: Wissenspyramide nach Probst [PRR03]

Gemäß der Wissenspyramide besteht Information aus Daten, die mit Semantik (Bedeutung) angereichert wurden. Informationen bilden insbeson-

dere den Inhalt einer Aussage (beziehungsweise von Daten), sie enthalten nicht deren irrelevante oder redundante Teile [Lip99].

Ausgehend von solchen Aussagen kann Information analog zu beispielsweise „Begriff“ und „Sachverhalt“ als abstrakte Bezeichnung verstanden werden. Für den Informationsgehalt von Aussagen sind die Person des Mitteilenden (Sprecherinvarianz) und die sprachliche Form der Aussage (Darstellungsinvarianz) unerheblich. Zwei verschiedene Aussagen haben also den gleichen Informationsgehalt, wenn sie den gleichen Sachverhalt darstellen. Aussagen werden jedoch erst im Zusammenhang mit dem Wissen ihres Empfängers zu Informationen. Der Informationsbegriff ist somit nicht nur allgemein an Aussagen im Rahmen eines kommunikativen Handelns, sondern genauer an einen bestimmten Problem- und Wissenskontext des Empfängers gebunden [Sch97b].

Aus diesen Überlegungen lässt sich in Anlehnung an [Hol02] die folgende Definition von „Information“ formulieren, die dieser Arbeit zugrunde liegt:

Definition 1 (Information) *„Information ist eine Teilmenge von Wissen [...], die aktuell in Handlungssituationen benötigt wird und vor der Informationsverarbeitung nicht vorhanden ist. Information ist demnach von den Kontextfaktoren der Benutzer und der Nutzungssituation abhängig.“ [Hol02]*

Weitere Auseinandersetzungen mit dem Informationsbegriff aus philosophischer und technischer Perspektive finden sich in [Lyr02], [Jan06] und [Wer02]. Eine ausgedehnte Behandlung der Unterscheidung der Begriffe „Wissen“, „Information“ und „Daten“ wird in [Luf94] vorgenommen.

2.2.2 Wissen

Zentraler Gegenstand dieser Arbeit ist der Begriff „Wissen“. Die Bedeutung dieses Wortes ist vielschichtig und muss daher hier zunächst genauer definiert werden. Dabei wird versucht, die verschiedenen Definitionen von Wissen in der aktuellen Forschungsliteratur zu vereinen und Unterschiede aufzuzeigen (Vergleiche hierzu [RE08], [Sei08] und [Sch06]).

Prinzipiell ist festzuhalten, dass keine einfache und allgemeingültige Definition des Begriffs „Wissen“ existiert, er besitzt vielmehr in der Alltagssprache verschiedene Bedeutungsvariationen und ist meist schwer zu fassen [RE08].

Der Begriff „Wissen“ wird in dieser Arbeit analog zu [Sei08] mit der Sichtweise der Strukturgenese beschrieben, nach der drei Aspekte von besonderer Bedeutung sind: die Person als Ausgangspunkt, Erkenntnisstrukturen und die Genese.

In der Strukturgenese gilt, dass Ursprung und Träger von Wissen das Individuum ist. Die individuelle Erkenntnistätigkeit der Person reaktiviert bezie-

ungsweise aktualisiert sein Wissen ständig. Die Erkenntnisstrukturen (in der Strukturgenese kognitive Strukturen genannt) sind dabei die Grundlage für das menschliche Erkennen und Verstehen, und somit auch für Wissen. Diese werden permanent verändert, wenn sich die Person mit der Wirklichkeit auseinandersetzt. Die Genese beschäftigt sich mit der Entstehung und Veränderung von Wissen. Dabei kann eine Person nur Dinge erkennen und verstehen, wenn sie auf bereits vorhandenes Wissen aufbaut. Das bereits erlangte Wissen und der persönliche Hintergrund der Person beeinflussen also den Wissensaufbau maßgeblich [Sei08].

In Einklang mit der Definition von [Pia72], die [Sei08] in die Formel „Wissen ist Produkt des Erkennens“ münden lässt, steht die folgende Definition von Probst:

Definition 2 (Wissen) *„Wissen bezeichnet die Gesamtheit der Kenntnisse und Fähigkeiten, die Individuen zur Lösung von Problemen einsetzen. Dies umfasst sowohl theoretische Erkenntnisse als auch praktische Alltagsregeln und Handlungsanweisungen. Wissen stützt sich auf Daten und Informationen, ist im Gegensatz zu diesen jedoch immer an Personen gebunden. Es wird von Individuen konstruiert und repräsentiert deren Erwartungen über Ursache-Wirkung-Zusammenhänge.“ [PRR06]*

In dieser Definition wird die zentrale Rolle des Wissensträgers oder Wissensarbeiters in den Vordergrund gestellt, der in Abschnitt 2.2.3 weiter unten betrachtet wird. Personales Wissen ist ohne weiteres nur der jeweiligen Person selbst zugänglich [RE08]. Außerdem wird Wissen in Bezug zu Daten und Informationen gesetzt, es stützt sich auf diese. Wissen ist nach [Gri07] verstandene Information.

Teilweise unterscheiden sich die gewählte Terminologie in der Literatur ein wenig, meinen jedoch weitestgehend dasselbe. In den meisten Werken wird eine Unterscheidung zwischen persönlichem und öffentlichem Wissen gemacht, manchmal auch synonym als implizites und explizites Wissen bezeichnet.

Öffentliches Wissen wird jedoch nur dann als Wissen verstanden, wenn es wieder in persönliches Wissen umgewandelt werden kann. Demnach stellt ein Stück Text auf einem Papier noch kein Wissen dar. Erst in Kombination mit einer Person, die das Dokument liest und daraus persönliches Wissen ziehen kann, darf es als Wissen bezeichnet werden.

Aus der Tatsache, das Wissen lediglich implizit in den Köpfen von Menschen existiert, ergibt sich weiterhin, dass in dem vorgestellten Begriffsrahmen streng genommen keine Software entwickelt werden kann, die Wissen verwaltet. Es lassen sich lediglich Werkzeuge schaffen, die es Anwendern erlauben oder wesentlich erleichtern, Wissen zu explizieren, also als Informationen auszudrücken und diese anderen Anwendern zugänglich zu machen,

damit diese das Wissen aus den Informationen wiederum rekonstruieren können [Gri07]. Die vorliegende Arbeit behandelt die technischen Aspekte dieser Rekonstruktion auf Basis noch zu diskutierender Datentypen (siehe Abschnitt 2.2.4).

2.2.3 Wissensarbeiter

Gemäß der Definition des Wissensbegriffs in Definition 2 ist Wissen immer an Personen gebunden. Je höher die Bedeutung von organisationalem Wissen in einem Unternehmen ist, desto wichtiger wird die intellektuelle Arbeit hochqualifizierten Personals, also von Wissensarbeitern [PRR06]. Der Begriff des Wissensarbeiters (englisch: *Knowledge Worker*) wurde schon 1959 von Peter F. Drucker in seinem Buch „The Landmarks of Tomorrow“ [Dru59] geprägt und folgendermaßen definiert:

Definition 3 (Wissensarbeiter) *„Wissensarbeiter sind Mitglieder von Organisationen, deren essentielle operative oder Wert-schöpfende Aufgaben auf Wissen als entscheidende Arbeitsgrundlage angewiesen sind.“ [Dru93]*

Wissen wird dabei weniger als Teil des Produktionsfaktors Arbeit verstanden, sondern Mitarbeiter werden als Produzenten und Inhaber immaterieller Vermögenswerte betrachtet [HD91], die es zu sichern gilt. Neben dieser Sicherung der Fähigkeiten ihrer Wissensarbeiter müssen Unternehmen auch deren Effizienz optimieren. Wissensarbeiter stellen deutlich höhere Anforderungen an die Versorgung mit Informationen und in dieser Hinsicht an die Qualität ihres Arbeitsumfeldes [HD91, Dru92]. Zusätzlich hängt der Erfolg vieler Projekte und Strategien sowohl in Unternehmen als auch in Forschungsvorhaben davon ab, ob verschiedene Wissensträger und Wissensbestandteile effizient kombiniert werden können. Für beide Herausforderungen, die Effizienzoptimierung einzelner Wissensarbeiter sowie die Unterstützung von Teamarbeit, stellt eine integrierte Visualisierung ein hilfreiches Werkzeug dar.

In Anlehnung an [Mac62] wird ein Wissensarbeiter weiterhin als ein Mitarbeiter einer Organisation verstanden, dessen operative Tätigkeit vorwiegend in der Recherche, Produktion sowie Aufbereitung und Verteilung von Wissen besteht. Dabei ergänzt [RSH87], dass diese Art der Arbeit eher als kreativ, denn als wiederholend einzuschätzen ist. Das bedeutet, dass die Wissensarbeiter nicht an restriktive Vorschriften zum Arbeitsablauf (englisch: *Workflow*) gebunden sind, sondern vielmehr die Wege zum Erreichen des Arbeitsziels selbständig organisieren [Pyö05]. Dabei hängen die gewählten Wege sowohl von dem angestrebten Resultat wie auch den persönlichen Zielen ab. Trotzdem kann es hilfreich sein, Arbeitsprozesse als Richtschnur zur Verfügung zu haben, insbesondere, wenn es sich bei der aktuellen Arbeit um

bisher unbekannte oder wenig geläufige Arbeiten handelt. Diese und weitere am wissensintensiven Arbeitsplatz auftretende Daten werden im Folgenden beleuchtet.

2.2.4 Daten am wissensintensiven Arbeitsplatz

In diesem Abschnitt werden die verschiedenen Arten von Daten diskutiert, die für diese Arbeit relevant sind. Die Art der Daten ergibt sich aus dem Einsatzgebiet des arbeitsplatzorientierten Lernens beziehungsweise wissensintensiven Arbeitens. Insbesondere kommen vor:

- Aufgaben/Prozesse (strukturierte Arbeits- und Geschäftsabläufe, welche Wissensarbeitern Richtschnur und Hilfe bieten)
- Kompetenzen (Repräsentation der Fähigkeiten von Wissensarbeitern)
- Ontologien (übereinstimmende Begriffsbildungen, typischerweise mit Ober- und Unterbegriffen)

Diese unterschiedlichen Arten von Daten und deren Einsatz für informelles Lernen am Arbeitsplatz werden im Folgenden näher beschrieben.

Aufgaben/Prozesse

Aufgaben (englisch: *Tasks*) bilden den kleinsten Baustein des Arbeitsalltags. Dabei sind die Aufgaben in der Regel zu komplexeren Strukturen kombiniert – den so genannten (Geschäfts-)Prozessen.

Wir benötigen zunächst die Definition des elementaren Konzepts „Aufgabe“:

Definition 4 (Aufgabe) *„Eine Aufgabe ist eine abgeschlossene Arbeitseinheit, die in eine beliebige Anzahl von Teilaufgaben geteilt werden kann und darauf abzielt, ein bestimmtes Unternehmensziel zu erreichen.“ [SSS07]*

Abgeschlossene Arbeitseinheit bedeutet, dass der Umfang der Aufgabe klar definiert ist. Die Teilbarkeit von Aufgaben in Teilaufgaben impliziert auf der anderen Seite, dass es sich bei einer Aufgabe um eine hierarchische Struktur handeln kann. Die Verbindung mit der Erreichung eines Unternehmensziels drückt aus, dass Aufgaben nach Definition 4 stets einer Intention im organisatorischen Rahmen folgen.

Prozesse werden auf der Basis von Einzeltätigkeiten/Aufgaben wie folgt definiert:

Definition 5 ((Arbeits-)Prozess) „Prozesse sind dynamische, benutzerdefinierte Aufgabenhierarchien, wobei Aufgaben durch Systemobjekte repräsentiert werden, die durch gewisse Attribute wie Betreff, Beschreibung, Eigentümer, Fälligkeitsdatum, Status, etc. beschrieben werden.“ [SSS07]

Prozesse sind Folgen von Einzeltätigkeiten (Aufgaben), die schrittweise ausgeführt werden, um ein geschäftliches Ziel zu erreichen. Diese können über logische Operationen und Aufgabenhierarchien zu komplexeren Abläufen kombiniert werden.

In der vorliegenden Arbeit werden Aufgaben und Prozesse im Rahmen ihrer Bearbeiter (Mitarbeiter) und der zu ihrer Bearbeitung verwendeten Ressourcen betrachtet. Diese und andere Zusammenhänge sollen grafisch dargestellt werden, um Wissensarbeitern eine transparente Sicht auf die Struktur der Aufgaben zu geben (siehe in Abschnitt 4.2.1).

Kompetenzen

Kompetenzen (englisch: *Skills*) sind die Repräsentation der Fähigkeiten von Wissensarbeitern. Dabei wird in diesem Zusammenhang nicht zwischen automatisch erhobenen und selbst definierten Fähigkeiten unterschieden. Da es im informellen Lernen in der Regel keinerlei Abschluss- oder Zwischentests gibt, kann die jeweilige Kompetenz nur am Abschluss der einzelnen zu erledigenden Aufgaben gemessen werden. Um diesen Ansatz verfolgen zu können, benötigen kompetenzbasierte informelle Lernsysteme einen Mechanismus, um erkennen zu können, ob eine Aufgabe erfolgreich war oder nicht. Vor allem eine Zuordnung von Aufgaben zu erforderlichen Kompetenzen. Solche Aufgaben-Kompetenz-Modelle werden in [FGGL07] näher erläutert. Passende Einsatzszenarios von Kompetenzen im informellen Lernen wurden dazu von [LLA05, LKU⁺08] beschrieben.

Ontologien

Eine Ontologie, im Sinne der Informatik, ist eine unter mehreren Experten austauschbare (im Sinne von vermittelbare und übereinstimmende) Begriffsbildung [Gru95]. Typischerweise bestehen sie aus einer Hierarchie von Ober- und Unterbegriffen (siehe zum Beispiel [Stu02]) und mehreren fachgebietsspezifischen Relationen. Ontologien weisen damit eine Ähnlichkeit zu semantischen Netzen, etwa im Sinne Sowas [Sow00] auf.

Als ein Beispiel sei hier das APOSDLE Projekt genannt. Im Rahmen dieses Projektes [APO09] wird das Ontologie Format OWL (Web Ontology Language [OWL09]) verwendet, um die Beziehungen von Aufgaben zu nötigen Kompetenzen und damit zu Dokumenten und Experten zu modellieren [PSL07, SHGL06]. Insbesondere kommt diese Art der Daten dann zum

Tragen, wenn die bisher erwähnten Daten in Beziehung zueinander gesetzt werden sollen.

2.2.5 Informelles Lernen

Zur Vervollständigung unserer Definitionen und zur Abgrenzung der technischen Arbeiten wird nun das Lernen betrachtet, also das Aufnehmen von Informationen und deren Umwandlung in Wissen. Die folgenden Zitate zu dem Begriff Lernen deuten dessen Bedeutungsspanne an.

Lernen bezeichnet „durch Erfahrung entstandene Verhaltensänderungen und -möglichkeiten, die Organismen befähigen, aufgrund früherer und weiterer Erfahrungen situationsangemessen zu reagieren. [...] Menschliches Lernen ist eine überwiegend einsichtige, aktive, sozial vermittelte Aneignung von Kenntnissen.“ [Lex97]

Krech und Crutchfield fokussieren sich bei ihrer Betrachtung auf das Resultat, auf praktische, aber auch emotionale Erfahrungen: „Der Vorgang des Lernens ist vielmehr grundlegend für jede Art von aktueller Anpassung, die sich als Resultat von Erfahrungen bildet.“ [KC48]

Dem gegenüber fasst Schilling den Lernprozess vor allem über das Aufnehmen und die Umsetzung von Informationen (englisch: *Input - Output*). „Lernen ist das Aufnehmen, Verarbeiten und Umsetzen von Informationen. Lernen ist ein lebenslanger Prozess.“ Schilling (1997, 159) [Sch97a]. Des Weiteren wird bei ihm die Bedeutung des Lernens als „lebenslanger Prozess“ betont.

Genau wie beim Begriff „Wissen“ gibt es viele unterschiedliche Begriffsdefinitionen des „Lernens“. Die Breite der Bedeutung des Begriffs geht sogar noch weit über die des „Wissens“ hinaus. Generell lässt sich jedoch zusammenfassen, dass Lernen immer die Aneignung von neuem Wissen und Erfahrung ist und auf dem bisherigen Wissens- beziehungsweise Lernstand aufbaut.

Ausgehend von dieser allgemeinen Einordnung wird an dieser Stelle das informelle Lernen in seinen Facetten betrachtet. Diese besondere Form des Lernens ist deshalb von Relevanz, weil informelles Lernen am wissensintensiven Arbeitsplatz eine entscheidende Rolle spielt.

Die Europäische Kommission definiert informelles Lernen dabei wie folgt:

Definition 6 (Informelles Lernen) *„Informelles Lernen ist Lernen, das im Alltag, am Arbeitsplatz, im Familienkreis oder in der Freizeit stattfindet. Es ist (in Bezug auf Lernziele, Lernzeit oder Lernförderung) nicht strukturiert und führt üblicherweise nicht zur Zertifizierung. Informelles Lernen kann zielgerichtet sein, ist jedoch in den meisten Fällen nichtintentional (oder inzidentell/beiläufig).“ [EK01]*

Diese Definition macht deutlich, dass das informelle Lernen außerhalb von Klassen und Seminaren stattfindet und ohne vorgefertigte Kurse auskommt. Darüber hinaus unterstreicht Rogers, dass dies jeder in seinem täglichen Leben tut und es gleichzeitig den „wichtigsten Teil“ des Lernens darstellt [Rog04].

Im Gegensatz dazu weist [Era00] darauf hin, dass die Verwendung des Begriffs „informell“ zu Verwirrungen führen kann, da es für viele andere Bereiche verwendet wird, die nicht unbedingt etwas mit Lernen an sich zu tun haben. Er schlägt vor, statt dessen lieber den Begriff „nicht-formales Lernen“ zu verwenden, ohne dabei „formales Lernen“ mit einer negativen Bedeutung zu belegen. Innerhalb dieser Arbeit wird jedoch weiterhin der Begriff „informelles Lernen“ verwendet, da sich dieser Begriff im wissenschaftlichen Umfeld etabliert hat.

Für das Verständnis des informellen Lernens gelten nach [Era00] insbesondere folgende Eigenschaften im Gegensatz zum formalen Lernen:

- kein vorgeschriebener Lernrahmen
- keine organisierten Lernveranstaltungen oder Lernpakete, wie es etwa bei dem e-Learning Standard SCORM [SCO04] der Fall ist
- keine Anwesenheit eines Lehrers oder Trainers
- keine Verleihung von formalen Qualifikationen oder Noten, wie es zum Beispiel externe und interne Weiterbildungsdienstleister anbieten
- keine externe Festlegung der Resultate, wie sie in Form von Abschluss- oder Zwischenprüfungen kontrolliert werden können

Außerdem schließt Eraut das alltägliche Lernen in seinen Betrachtungen aus, auch wenn es bei allen Menschen ständig und überall stattfindet. Statt dessen fokussiert er seine Überlegungen auf Lernen, das „die Kapazität von Vermögen und Verständnis steigert oder mit Nicht-Routine-Aspekten einer neuen Aufgabe oder eines Ereignisses zusammenhängt.“ Genau diese Betrachtungen sind auch für diese Arbeit von Belang, da es um die direkte Unterstützung des Wissensarbeiters beim Lösen (neuer) Aufgaben geht.

Arbeitsprozess-gestütztes informelles Lernen

Als eine Spezialform des informellen Lernens wird an dieser Stelle das Arbeitsprozess-gestützte informelle Lernen betrachtet. Das bedeutet, wie Arbeits-, Geschäftsprozesse oder Workflows verwendet werden können, um das informelle Lernen zu unterstützen.

Es existieren einige Arbeiten, die sich mit dem Einsatz von Prozessen oder Arbeitsabläufen für das Lernen beschäftigen. Keiner der Ansätze ist dabei

in den Arbeitsalltag integriert oder fokussiert Prozess-orientiertes *informelles* Lernen. Cesarini et al. [CMMT04] verwendet Prozesse, um eLearning Inhalte zu modellieren und zu strukturieren. In ähnlicher Art und Weise versucht [KYK05] die höhere Flexibilität für eLearning Inhalte zu verwenden, um SCORM Inhalte zu verbessern. SCORM (Sharable Content Object Reference Model) ist ein internationaler Standard für eLearning Inhalte [SCO04]. Das Projekt „InterBook“ [BSW96] ist zwar nicht arbeitsplatzzentriert, verwendet aber modellierte Arbeitsabläufe, um traditionelle Lerninhalte zu modellieren und so adaptiver zu gestalten.

Es existieren ähnliche Ansätze, die Geschäftsprozess-orientierte Wissensmanagement (englisch: *BPOKM*) Methoden nutzen oder ganz allgemein Prozess-orientiert sind [AML⁺01]. Ein Beispiel ist das Projekt LIP (Learning In Process) [Sch05], welches ebenso auf Prozess-gestütztes eLearning fokussiert ist, als auf informelles Lernen. Außerdem verwenden sie keine Prozessbeschreibungssprache, sondern semantische Netze. Eine ähnliche Richtung verfolgt der APO-Pilot (arbeitsplatzorientierte Weiterbildung) [FKMF⁺03]. Hier werden Prozesse dazu verwendet, Lernaktivitäten zu modellieren ohne eine direkte Verbindung von Aufgaben zu Kompetenzen. APOSDLE [APO09] auf der anderen Seite, unterstützt den Wissensarbeiter bei seiner täglichen Arbeit, indem hilfreiche Dokumente und Kollaborationen zu passenden Experten angeboten werden. All dies geschieht in APOSDLE anhand vormodellierter Arbeitsprozesse.

Diese Ansätze verfolgen nicht das Ziel, informelles Lernen in den wissensintensiven Arbeitsplatz zu integrieren, sondern verwenden Prozesse zur Modellierung oder Ablaufsteuerung formaler Lerninhalte. Auch die Rollen des Lernens, Arbeitens und Lehrens sind weiterhin in den unterschiedlichen Systemen separat angelegt und nicht in den Arbeitsalltag integriert.

Elemente des informellen Lernens

Tabelle 2.1: Typologie des informellen Lernens nach [Era00]

als Beiprodukt des Arbeitsprozesses	in Arbeits- und Lernprozessen	Arbeitsplatz (-nahes) Lernen
Teilnahme an Gruppenprozessen Mit anderen Arbeiten Konsultationen Herausfordernde Aufgaben/Rollen angehen Probleme lösen Dinge ausprobieren *Kompetenzen erweitern Mit Kunden arbeiten	Fragen stellen *Informationen erhalten *Personen ausfindig machen Zuhören und beobachten Reflektieren Aus Fehlern Lernen *Rückmeldungen geben und erhalten Verwendung vermittelnder Artefakte	Geleitet werden Betreut werden Beraten werden Abschattung Andere Standorte besuchen Konferenzen Kleinere Kurse Für Qualifikationen arbeiten Unabhängige Studien

An dieser Stelle werden zwei Typologien des Lernens diskutiert. Die eine aus dem Bereich des informellen Lernens [Era00] (siehe oben) und die andere zu den Lernfunktionen aus dem spezielleren Bereich des selbst gesteuerten Lernens [Sim00]. Diese Klassifikationen des Lernens sind in sofern von Interesse,

als dass sie zeigen, welche Abschnitte und Teilaspekte des Lernens existieren und darauf aufbauend die Schlussfolgerung erlauben, welche davon besonders am wissensintensiven Arbeitsplatz wichtig sind und wie gut sich diese mit visuellen Mitteln unterstützen lassen. Die in diesem Zusammenhang als wichtig angesehen Funktionen und Elemente sind in den Tabellen mit einem Stern markiert. Diese werden bei einer späteren Betrachtung der Anforderungen (Abschnitt 3.1) nochmals reflektiert.

Tabelle 2.2: Lernfunktionen nach [Sim00]

Vorbereitende Lernfunktionen	Ausführende Lernfunktionen	Abschließende Lernfunktionen
Kognitive Vorbereitung *Fehlendes Vorwissen finden *Überblick über Wissen und Kompetenzen erhalten Vorwissen für die aktuelle Aufgabe reaktivieren *Verbindungen zwischen Vorwissen/Neuem finden Affektive Vorbereitung Die Wichtigkeit von Lernzielen hervorheben Aufbau von Selbstvertrauen Aufmerksamkeit auf Lernaufgaben lenken Belohnungsstrukturen vorbereiten Neugier wecken Herausforderungen finden Interesse anbahnen Anfängen Vorsatz und Pläne verbinden Metakognitive Vorbereitung *Orientierung über Lernziele *Auswahl von Lern- und Sub-Lernzielen Orientierung über Lernstrategien Planung von Zeit, Abfolge und Ort des Lernens	Kognitive Durchführung *Informationen auswählen Über Informationen nachdenken Schlüsse ziehen und Meinung bilden Schlüsse verbal formulieren *Einen Überblick erhalten Üben und anwenden Überblick über Anwendungen/Möglichkeiten Affektive Durchführung Neugier halten Konzentrations-Management Ausharren Halten von Motivation und Selbstvertrauen Vorsätze und Pläne verbunden halten Metakognitive Durchführung Lernprozesse überwachen Lernresultate überwachen Fortschritt testen Ursachenanalyse von Fehlern und Problemen	Kognitive Abschlussfunktionen Neues Wissen zusammenfassen Über Transferbedingungen nachdenken Affektive Abschlussfunktionen Vorsätze und Pläne trennen Belohnen Bewertung der Ergebnisse Untersuchung des Resultats Metakognitive Abschlussfunktionen Lernprozesse evaluieren Lernresultate evaluieren Reflektieren

Diese Klassifikationen des informellen Lernens erlauben in einem weiteren Schritt die Erarbeitung von möglichen Unterstützungen durch kontextualisierte Visualisierung. Als zentrale Punkte aus diesen Klassifikationen lassen sich für die vorliegende Arbeit folgende Elemente herausarbeiten:

- Informationen auswählen
- einen Überblick über Information/Kompetenzen/Lernziele erhalten
- passende/hilfreiche Personen finden

Wie diese speziell durch diese Arbeit unterstützt werden können und welche Anforderungen sich daraus ergeben, wird insbesondere in dem Abschnitt 3.1 und dem gesamten Kapitel 3 erläutert.

Informelles Lernen am wissensintensiven Arbeitsplatz

Wir betrachten nun, was das informelle Lernen konkret am wissensintensiven Arbeitsplatz bedeutet. Ein wesentlicher Bestandteil des informellen Lernens von Wissensarbeitern am Arbeitsplatz ist das aufwendige Suchen und Finden oft kleiner Informationseinheiten, die nötig sind, um den gegebenen Arbeitsschritt durchführen zu können. Deshalb ist die Unterstützung

des Wissensarbeiters von entscheidender Bedeutung [Dru99]. Einen ersten Ansatz zu diesem Thema bietet [FLDL04]. Die dort vorgestellte AD-HOC Methode versucht effizient die Bereiche „Arbeit“, „Lernen“ und „Wissen“ in Verbindung zu setzen. Das grundlegende Verbindungsglied ist der aktuelle Arbeitsschritt des Wissensarbeiters. Die AD-HOC Umgebung setzt dabei auf dem Wissensmanagementsystem Hyperwave auf [Mau96]. Die Verbindung zwischen den Arbeitsschritten und den zugehörigen hilfreichen Dokumenten ist bei diesem Ansatz allerdings fest definiert beziehungsweise mit vorkonfigurierten Suchanfragen realisiert.

Weitere Arbeiten versuchen dabei den Kompetenzbegriff zu verwenden. Auf der einen Seite steht Kompetenzentwicklung als Grundlage informellen Lernens am Arbeitsplatz, auf der anderen die dynamische Verbindung zu Experten auf Basis deren Kompetenzen [LLA05]. Dabei ist der Begriff Kompetenz sehr feingranular zu sehen und ergibt sich aus den erfolgreich abgeschlossenen Arbeitsschritten. Daraus ergibt sich auch, dass jeder Wissensarbeiter in der Regel beide Rollen innehat – manchmal Lernender, manchmal Experte (im Sinne des Wissensvermittlers oder -lieferanten).

Einen Schritt weiter gehen Systeme, die zur Bestimmung der relevanten Experten aktuelle Kontextinformationen des Lernenden (siehe weiter unten) verwenden [LGF⁺07]. Allerdings wird auch hier der oben genannte Kompetenzbegriff verwendet, um Experten zu identifizieren.

Nachdem nun das informelle Lernen, als grundlegende Arbeitsweise des Wissensarbeiters diskutiert wurde, werden im Folgenden die beiden anderen Forschungsfelder – Informationsvisualisierung und Kontextbewusstheit – besprochen.

2.3 Informationsvisualisierung

Nachdem nun eine Einführung in das Lernen und Arbeiten am wissensintensiven Arbeitsplatz gegeben wurde, wird an dieser Stelle die Visualisierung der Informationen diskutiert. Ausgehend von den verschiedenen Ursprüngen und Definitionen der Informationsvisualisierung werden die Ziele, ein Referenzmodell und abschließend einige Beispiele für die Informationsvisualisierung vorgestellt.

Die Entwicklung der Informationsvisualisierung kommt aus einigen verschiedenen Forschungsrichtungen: Statistik, Physik, Computer-Grafik, KI-Forschung und dem Bereich der UI (Benutzungsschnittstellen, englisch: *User Interfaces*). Diese Forschungsrichtungen haben sich dabei gegenseitig beeinflusst.

Heute macht die Entwicklung im Bereich der Computer Hard- und Software die Erstellung von Grafiken immer einfacher. Inzwischen ist Softwa-

re erhältlich, die erhebliche Kontrolle über alle Aspekte der Grafiken, die erstellt werden sollen, bereitstellt. Die Entwicklung in den verschiedenen Feldern und die immer weiter gesteigerten Möglichkeiten moderner Computer hat die Art und Weise moderner Datenanalyse komplett verändert. Es ist möglich geworden, komplexe Darstellungen sehr präzise und trotzdem auf einfache Art, zu erstellen, die eine beeindruckende Qualität und hohe Auflösung bieten. Doch diese Einfachheit birgt eine gewisse Gefahr in sich, denn die Darstellung ist nicht genormt und die Interpretation keineswegs trivial wie etwa Daston und Galison in ihrem Buch resümieren [DG07]. Ein sehr gutes Beispiel für das Potential an Fehlinterpretation beschreibt Tuftes [Tuf97] am Beispiel des Challenger-Unglücks. Die beiden folgenden Abbildungen 2.3 und 2.4 sollen dies verdeutlichen. Beide stellen den *selben Sachverhalt* dar, führen jedoch als jeweilige Entscheidungshilfe und -grundlage zu unterschiedlichen Schlüssen.

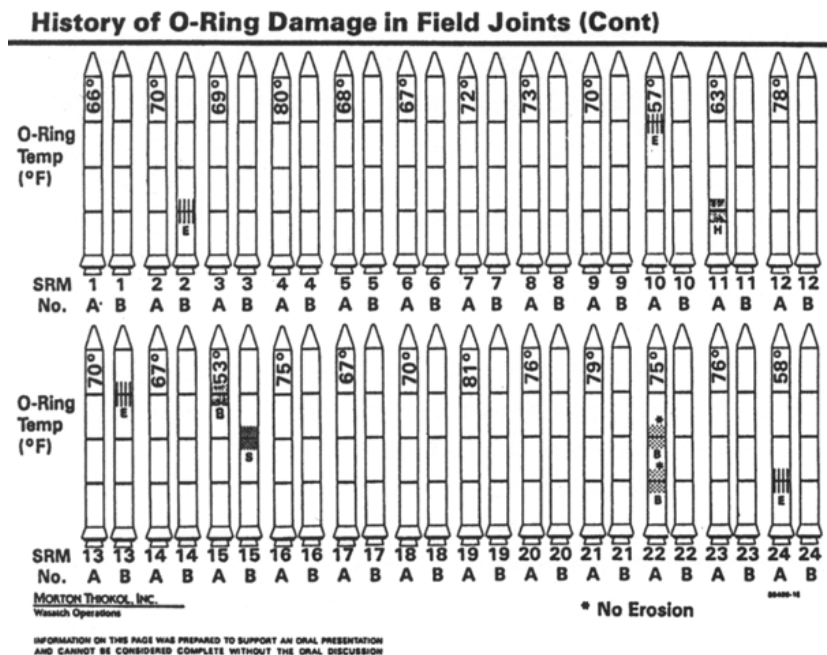


Abbildung 2.3: Einfluss der Visualisierung auf Entscheidung zum Start der Challenger (originale Darstellung) [Tuf97]

Während in der ersten Abbildung 2.3 zwar anschauliche visuelle Elemente verwendet wurden, bleibt der eigentliche Sachverhalt völlig im Unklaren – der Zusammenhang der Umgebungstemperatur mit dem Ausfallen der O-Ringe bei den Starts der Space Shuttles. In der folgenden Abbildung 2.4 hat Tuftes die selben Daten in einer anderen Form gegenübergestellt. Hier wurde die Ausfallrate der O-Ringe direkt in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur dargestellt. Ein deutlicher Zusammenhang zwischen Kälte und den

Problemen mit den O-Ring ist jetzt erkennbar. Wenn man die Temperatur an diesem Tag betrachtet, stellt sich die Frage, ob sich die Experten der NASA aufgrund dieser Visualisierung vielleicht anders entschieden und den Start der Challenger verschoben hätten?

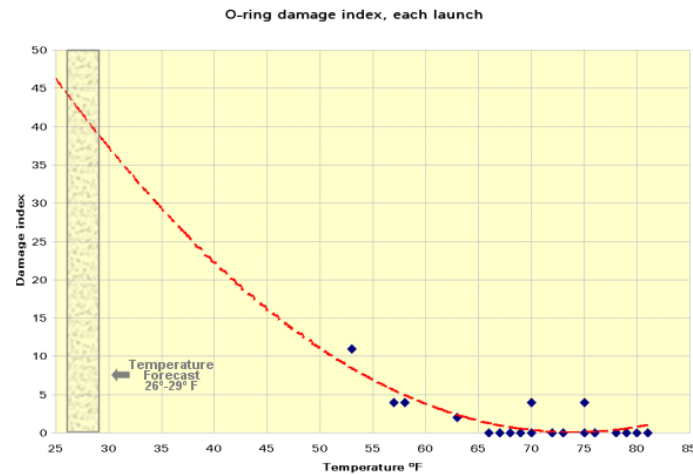


Abbildung 2.4: Einfluss von Visualisierungen auf Entscheidung zum Start der Challenger (Tuftes Überarbeitung) [Tuf97]

Kommen wir nun zur Definition und den Zielen der Informationsvisualisierung. Zunächst eine allgemeine Betrachtung der Visualisierung von Foley. Er versteht Visualisierung [FR94] als „Verbindung (oder Abbildung) von Daten zu einer Darstellung, die verstanden/aufgenommen werden kann. Diese Abbildung kann visuell, auditiv, tastbar sein oder aus einer Kombination daraus bestehen.“

Diese Definition zeigt die Hauptaufgabe der Visualisierung: die Abbildung der Daten in visueller Form. Diese Abbildung erlaubt eine Kommunikation zwischen den Daten und dem Benutzer. Die Visualisierung ist dabei das Medium. Diese Abbildung wird durch den Visualisierungsprozess umgesetzt und führt von den Rohdaten zu der visuellen Darstellung. Dieser Visualisierungsprozess wird weiter unten in Abschnitt 2.3.3 anhand eines Referenzmodells näher beschrieben.

Die folgenden Definitionen hingegen gehen etwas mehr auf das Ziel der Visualisierung ein, auch wenn erstere von Jacques Bertin recht plakativ ist [Ber77]: „Grafik ist das visuelle Mittel, logische Probleme zu lösen.“ Die folgende Definition von Card et al. hingegen unterstreicht schon stärker ein Hauptziel der Visualisierung – die Unterstützung und Verstärkung der Wahrnehmung [CMS99]: „Visualisierung ist die Verwendung Computer-unterstützter, interaktiver, visueller Darstellungen von Daten, um die Wahrnehmung (Kognition) zu verstärken.“

Diese Definitionen beziehen sich allgemein auf Visualisierungen, das heißt auf die generelle Darstellung von Daten. Nach [CMS99] lässt sich dies noch in den für uns wichtigen Begriff der Informationsvisualisierung und der naturwissenschaftlichen Visualisierung unterteilen. Dabei ist die Unterscheidung auf der Basis der darzustellenden Daten getroffen. Im ersten Fall sind dies abstrakte, nicht physische Daten und im letzteren naturwissenschaftliche, typischerweise physikalische Daten. Am wissensintensiven Arbeitsplatz sind in der Regel abstrakte Daten zu visualisieren. Deshalb folgt hier eine genauere Definition der Informationsvisualisierung:

Definition 7 (Informationsvisualisierung) *„Informationsvisualisierung ist die Verwendung Computer-unterstützter, interaktiver, visueller Darstellungen abstrakter Daten, um die Wahrnehmung (Kognition) zu steigern oder zu verstärken.“ [CMS99]*

Diese Arbeit muss sich also daran messen lassen, ob durch den Einsatz (kontextualisierter) Visualisierungen die Wahrnehmung wirklich positiv beeinflusst werden kann. Ob dies gelang, wird im Kapitel 5 über die Evaluation dieser Arbeit diskutiert.

Nachdem mit der Definition des Begriffs Informationsvisualisierung eine Basis gelegt wurde, werden nun die Ziele der Visualisierung genauer beleuchtet.

2.3.1 Ziele der Informationsvisualisierung

Basierend auf den Definitionen und Beschreibungen der Informationsvisualisierung von [Dom00] und [CMS99] können nun die Ziele der Informationsvisualisierung abgeleitet werden:

- Erforschung/Nutzung von Daten und Informationen (zum Beispiel beim Explorieren in einem Netzwerk oder bei der Visualisierung von Suchergebnissen)
- Steigerung des Verständnisses von Begriffen und Prozessen (etwa durch die Darstellung von Abläufen)
- Gewinnung neuer (unerwarteter, zum Teil tiefgreifender) Erkenntnisse (zum Beispiel durch die Sichtbarmachung von Relationen und Zusammenhängen)
- Mittel für Kommunikation/Kollaboration (als Grundlage für Diskussionen oder zum Entwickeln gemeinsamer Vorstellungen)
- Sichtbar machen von Unsichtbarem (durch die Visualisierung von Verbindungen und Ähnlichkeiten oder bestimmte Skalierungen und Diagrammtypen)

- effektive Präsentation von wichtigen Eigenschaften und Informationen (Bilder können eine stärkere Wirkung erzielen als zum Beispiel reiner Text)
- Steigerung der Produktivität (zum Beispiel durch ein gezieltes Hervorheben wichtiger Informationen oder den Einsatz von Nomogrammen, welche komplexe Berechnungen und Ableitungen durch reines Ablesen erlauben)

Aus diesen Zielen lässt sich ein allgemeines Ziel der Informationsvisualisierung abstrahieren, das auch schon aus den Definitionen weiter oben anklang: die Verstärkung von (Er-)Kenntnissen und Wahrnehmung (englisch: *Amplifies Cognition*). Diese Verstärkung besteht laut Card et al. [CMS99] besonders in der Anreicherung von Ressourcen, der Vereinfachung der Suche, der gesteigerten Wahrnehmung von Mustern und anderen Rückschlüssen, die durch den Einsatz von Visualisierungen offensichtlich werden, und dem Einsatz als manipulierbares Medium. Der zweite wichtige Aspekt ist die kommunikationsunterstützende Wirkung der Visualisierung. Dabei wird die Visualisierung als Medium genutzt, um Ideen und Konzepte zu transportieren oder diese zu entwickeln.

Einige der oben genannten Ziele lassen sich dabei noch sehr gut durch die Nutzung von Kontextinformationen steigern, etwa das Erforschen, die Steigerung von Prozesswahrnehmung und Produktivität oder das Sichtbarmachen von Unsichtbarem. Dabei kann also insbesondere die Nutzung von Kontextinformationen die Qualität der Visualisierungen steigern. Für den Wissensarbeiter bedeutet eine gute Visualisierungsqualität ein leichteres Erfassen der Informationen und deren schnellere und einfachere Transformation in Wissen.

Welchen Beitrag „Kontext“ liefern kann und was dieser überhaupt bedeutet, wird im Abschnitt 2.4 näher beleuchtet. Konkrete Anforderungen aus den Zielen auf das zu entwickelnde System und die verwendeten Visualisierungen werden dann zu Beginn des nächsten Kapitels abgeleitet.

2.3.2 Beispiele für Informationsvisualisierung

Bevor ein allgemeines Referenzmodell für die Informationsvisualisierung im nächsten Abschnitt vorgestellt wird, folgen an dieser Stelle zunächst einige Beispiele, die das bisher Gesagte und insbesondere die Ziele verdeutlichen.

Derzeit existiert eine sehr hohe Anzahl verschiedener Visualisierungsalgorithmen (etwa 300–400), die jeweils ganz verschiedene Ansätze verfolgen beziehungsweise für jeweils andere, spezifische Daten oder Datenformate besonders gut geeignet sind [DPS02]. Insbesondere legt diese Arbeit jedoch den Wert auf Informationsvisualisierung bestehender strukturierter abstrak-

ter Daten am wissensintensiven Arbeitsplatz im Gegensatz zum Beispiel zur Visualisierung massiver Datenmengen, wie sie etwa beim *Data Mining* auftreten [MG02, RGYD04].

Des Weiteren ist es nicht das Ziel dieser Arbeit, einen oder mehrere neue Visualisierungsalgorithmen zu entwickeln, sondern vielmehr bestehende Visualisierungswerkzeuge anzupassen und in ein Rahmenwerk zu integrieren. Der Grund darin liegt besonders in dem Aspekt der schweren und langwierigen Umsetzung neuer Visualisierungen, aber die im Gegensatz dazu meist sehr einfache Anwendung oder Übertragung bestehender Ansätze in diesem Gebiet. Dazu werden im Abschnitt 3.1.5 über die Anforderungen an zu verwendende Visualisierungen Kriterien diskutiert, nach denen die Visualisierungen zur prototypischen Instantiierung des Rahmenwerks ausgewählt wurden.

Trotzdem werden an dieser Stelle einige existierende Visualisierungen vorgestellt und kurz diskutiert. Diese Auswahl soll einen kleinen Ein- und Überblick zu Arbeiten an Visualisierungen geben, die für die vorliegende Arbeit von Interesse sind.

Beispiele bestehender Visualisierungsarten

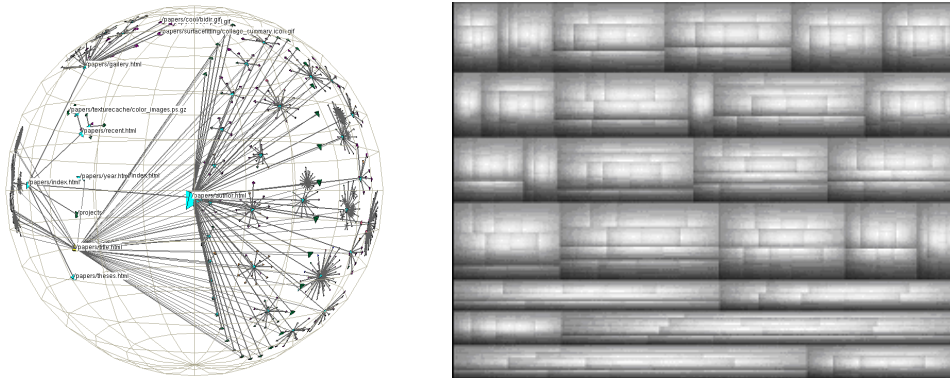


Abbildung 2.5: Beispiele für Visualisierungen: Hyperbolische Visualisierung und Treemaps

Möchte man zum Beispiel eine hohe Anzahl vernetzter Knoten gleichzeitig darstellen, ist eventuell die 3-D hyperbolische Darstellung (linkes Bild in Abbildung 2.5) interessant [Mun97]. Diese Visualisierung schafft es, die Zielsetzung Fokus-plus-Kontext umzusetzen. Allerdings tritt bei der Navigation in dieser Darstellung ein hohes Maß an visueller Veränderung auf. Rechts neben der hyperbolischen Visualisierung in Abbildung 2.5 ist ein Beispiel einer Treemap zu sehen [WW99]. Diese eignet sich ebenfalls für

hohe Datenmengen. Hier gehen allerdings die Beziehungen der einzelnen Elemente zueinander verloren. Die Art von Relation, die in dieser Darstellung berücksichtigt ist, ist die baumartige Hierarchie (englisch: *Tree*) und die Größenverhältnisse der einzelnen Elemente zueinander. So ermöglicht letztere Visualisierung etwa einen schnellen Überblick über größere Datenbestände oder Dateisysteme.

Eine neuartige Visualisierung (linkes Bild in Abbildung 2.6) zur Dokumentenanalyse von Nachrichtmeldungen ist ThemeRiver [HHN00]. Sie versucht die Veränderungen in Schlagzeilen durch die Analyse von Schlüsselwörtern darzustellen.

Dem Gegenüber ist die Scatterplot-Technik dargestellt, eine sehr verbreitete Methode zur Darstellung abstrakter Daten in 2++ Dimensionen [Nor00, CWR06]. Abbildung 2.6 zeigt auf der rechten Seite ein Beispiel für diese Art der Darstellung. Besonders geeignet ist diese Form der Darstellung für multi-dimensionale numerische Daten, die sich auf x und y Koordinaten abbilden lassen. Für die Darstellung von semantischen Informationen ist die Art der Visualisierung jedoch weniger gut geeignet.

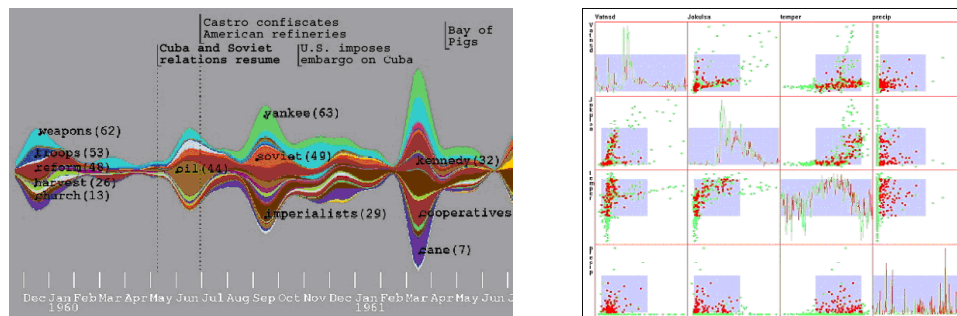


Abbildung 2.6: Beispiele für Visualisierungen: ThemeRiver und Scatterplot

Nun werden noch Visualisierungen vorgestellt, die für die Darstellung von Ontologien oder Netzwerken geeignet sind beziehungsweise speziell für diesen Zweck entwickelt wurden (siehe Abbildung 2.7). OntoViz [Sin03] ist ein Visualisierungs-Plugin für den Ontologie-Editor Protégé [NFM00]. Es stellt eine einfache zwei-dimensionale Graph-Visualisierung zur Verfügung. Dazu stellt es die Ontologiestruktur mit Namen und Eigenschaften beziehungsweise die Vererbungs- und Rollenbeziehungen dar. Zur Einschränkung kann der Benutzer die Darstellung auf eine Menge von Klassen oder Instanzen beschränken. Dabei werden die Instanzen der Übersichtlichkeit halber mit einer anderen Farbe dargestellt.

KartOO, auf der rechten Seite in Abbildung 2.7, ist eine Metasuchmaschine mit einer visuellen Ausgabe der Suchtreffer. Bei einer Suche werden eine Menge von Suchmaschinen angesprochen, die Ergebnisse kombiniert und als eine Reihe von interaktiven Karten mit einem proprietären topografischen

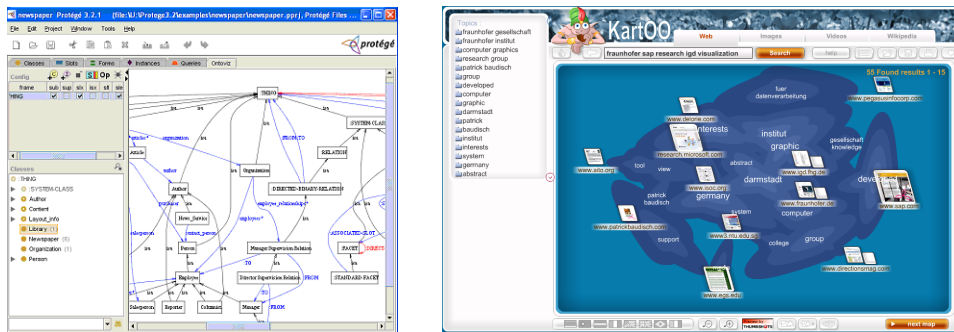


Abbildung 2.7: Beispiele für Visualisierungen: Protégé-Plugin OntoViz und Visualisierung der KartOO Metasuchmaschine

Algorithmus visualisiert [Kar09]. Dabei werden Suchergebnisse näher zueinander dargestellt, wenn deren Verbindung stärker ist. Schlüsselwörter zeigen die Relationen zwischen den Ergebnissen an. Zusätzlich werden die verschiedenen Arten (zum Beispiel Dokumente oder Web-Seiten) in unterschiedlicher Weise visualisiert. Zusatzinformationen, wie die Liste aller Themen, sowie Beschreibungen und Vorschaubilder, werden auf der linken Seite neben der eigentlichen Visualisierung dargestellt.

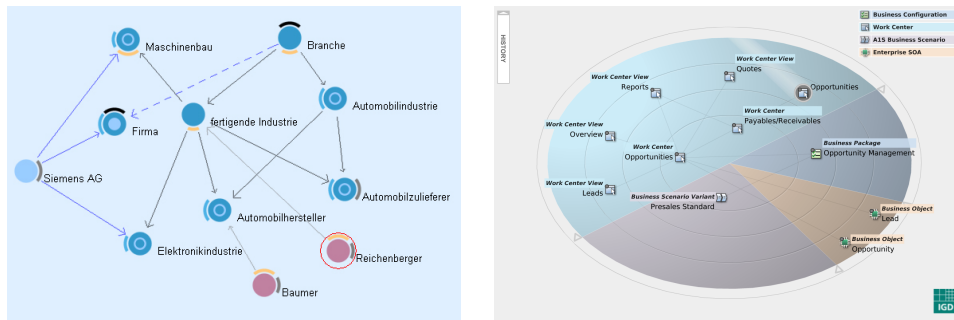


Abbildung 2.8: Beispiele für Visualisierungen: K-Infinity und TopicMap Viewer

Zum Abschluss der Beispiele werden hier das Werkzeug K-Infinity von Intelligent Views [iVi09] und der TopicMap Viewer [GB07] vorgestellt. Diese auf den ersten Blick ähnlichen Visualisierungen unterscheiden sich im Detail. Beide visualisieren einen Ausschnitt aus einer Karte oder einem Netz, wobei bei K-Infinity (auf der linken Seite der Abbildung 2.8) das aktuell ausgewählte Objekt in den Mittelpunkt rückt und die damit verbundenen um dieses herum angeordnet werden. Dem gegenüber unterstützt der TopicMap Viewer eine höhere Abbildungskonsistenz, indem die dargestellten Objekte sich möglichst wenig verschieben. Des Weiteren bietet der TopicMap Viewer so genannte Sektoren an, die wiederum möglichst immer an der

selben Stelle bleiben. Dabei sei angemerkt, dass der TopicMap Viewer eine Visualisierung ist, die beispielhaft in dem vorgestellten Rahmenwerk eingebunden wird. Eine nähere Betrachtung des TopicMap Viewers, insbesondere aller Eigenschaften, findet im Abschnitt 4.2.1 statt.

Aus den Beispielen ist die große Bandbreite an Visualisierungen zu erkennen. Insbesondere ist erkennbar, dass jedem einzelnen Beispiele eine eigene Zielsetzung zu Grunde liegt. Deshalb ist auch für die Auswahl der entsprechenden Visualisierungen für die vorliegende Arbeit die Betrachtung der Ziele und Anforderungen wichtig. Dabei müssen die Ziele auf die Gegebenheiten am wissensintensiven Arbeitsplatz angewendet werden, was etwa bestimmte Datentypen und -formen nach sich zieht. Eine genauere Betrachtung der Ziele beziehungsweise der Anforderungen für Visualisierungen innerhalb dieser Arbeit findet im Abschnitt 3.1 statt.

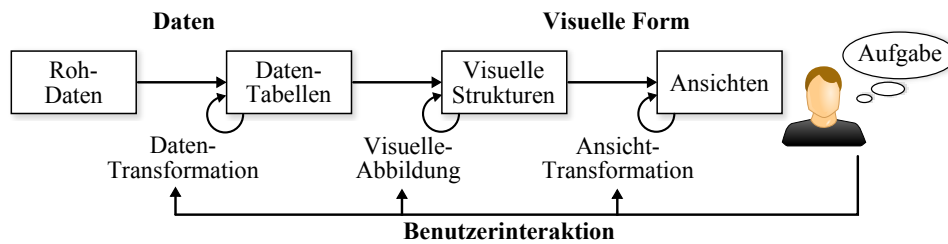
2.3.3 Referenzmodell für Informationsvisualisierung

Bevor die Diskussion über Informationsvisualisierung abgeschlossen wird und kontextbewusste Systeme betrachtet werden, folgt an dieser Stelle die Einführung eines Referenzmodells für die Informationsvisualisierung. Ein Referenzmodell vereinfacht dabei die Auseinandersetzung mit Informationsvisualisierungs-Systemen im Allgemeinen und erlaubt einen Vergleich innerhalb dieser Systeme. Auch diese Arbeit soll sich mithilfe dieses Referenzmodells einordnen und der Ansatz (siehe Abschnitt 3) dadurch beschrieben werden.

Visualisierung kann nach obiger Definition als Abbildung (englisch: *Mapping*) von Daten in eine visuelle Form verstanden werden [CMS99]. Am Ende dieser Abbildungskette befindet sich der Wissensarbeiter, der menschliche Empfänger der Informationen. In Abbildung 2.9 ist entsprechend diesem Vorgang ein Referenzmodell dargestellt.

In dieser Abbildung werden eine Reihe von Datentransformationen definiert, die von den Rohdaten auf der einen Seite zur visuellen Ausgabe am wissensintensiven Arbeitsplatz auf der anderen Seite führen (durch Pfeile von links nach rechts angezeigt). Auf diesem Weg finden einige Datentransformationen statt, bevor die fertige Visualisierung angezeigt werden kann. In die andere Richtung gibt es ebenso Interaktionen, die vom Benutzer zu den einzelnen Transformationen gehen. Diese beziehen sich auf die Einstellungen, die der Benutzer bei jeder der Transformationen vornehmen kann.

Datentransformation überführt die Rohdaten, das sind Daten in einem idiosynkratischen, spezifischen Format, in Datentabellen. Diese Datentabellen sind Relationale Beschreibungen der Daten, die zusätzlich mit Metadaten (Daten über Daten) angereichert sind. Die visuelle Abbildung transformiert die Datentabellen anschließend in visuelle Strukturen, Strukturen,



Rohdaten idiosynkratisches Format

Datentabellen Relationen + Metadaten

Visuelle Strukturen räumliche Basis + Marken + grafische Eigenschaften

Ansichten grafische Parameter (Position, Skalierung, Ausschnitt, ...)

Abbildung 2.9: Referenzmodell nach [CMS99]

die räumliche Basisinformationen (wie etwa x und y Koordinaten), Marken (Punkte, Linien, Flächen oder Volumina) und grafische Eigenschaften vereinen (zum Beispiel Farbe, Größe, Textur) [Mac86]. Am Ende der Abbildungskette im Referenzmodell erzeugen Ansichtstransformationen die Ansichten der visuellen Strukturen dadurch, dass die grafischen Parameter, wie Position, Skalierung und die Festlegung des anzuzeigenden Ausschnitts, instantiiert werden. Benutzereingaben steuern dabei die einzelnen Transformationen und legen zum Beispiel Datenbereiche fest oder ändern sogar die Art und Weise der Transformationen.

Bemerkenswert ist an dieser Stelle noch die Verbindung zur aktuellen Aufgabe des Wissensarbeiters (angedeutet neben dem Wissensarbeiter auf der rechten Seite des Referenzmodells). Die aktuelle Aufgabe wird in dieser Arbeit als Kontext oder Arbeitskontext aufgefasst. Entsprechend dieser Aufgabe hat der Benutzer die Möglichkeit, auf die Abbildungskette Einfluss zu nehmen. Dadurch wird das Modell zu einer Schleife erweitert. Diese Einflussmöglichkeiten beziehen sich sowohl auf die Transformationen (zum Beispiel Auswahl und Filterung) als auch auf die direkte Manipulation (zum Beispiel das Verschieben der Knoten im hyperbolischen Baum).

Nachdem die Betrachtungen über die Visualisierungen abgeschlossen sind, wird im kommenden Abschnitt das verbindende Element diskutiert: Kontextinformationen für die Visualisierung am wissensintensiven Arbeitsplatz.

2.4 Kontextbewusste Systeme

Im folgenden Abschnitt wird der dritte und letzte Bereich der verwandten Arbeiten beleuchtet: die kontextbewussten (englisch: *context-aware*) oder kontextadaptiven Systeme.

Der Begriff „Kontext“ stammt von dem lateinischen Wort *contexo* oder *contextus*, das etwa „verknüpfen“, „verbinden“ oder „zusammenhängend“, „fortlaufend“ bedeutet [SPS⁺94]. Da der Kontextbegriff heute in vielen verschiedenen Bedeutungen verwendet wird, ist es schwierig eine einheitliche Definition zu finden. Selbst in der Informatik wird der Begriff unterschiedlich gebraucht [HA08]. Der Bedeutungsspielraum reicht von der (einfachen) Berücksichtigung der geografischen Position [SAW94] bis hin zu sehr allgemeinen theoretischen Definitionen [Bro01, SB04].

Versuche wurden unternommen, Kontext zum Beispiel durch Aufzählungen zu definieren [ST94], was jedoch eine Abgrenzung von Elementen, die zum Kontext gehören – oder eben nicht dazugehören – erschwert. Andere Definitionen beschreiben Kontext mit anderen wenig abgegrenzten Begriffen, wie „Umgebung“ oder „Situation“. Dey gibt einen Überblick über diese und weitere Definitionsversuche und deren Schwächen [Dey01]. Er schlägt eine allgemeine, viel zitierte Definition vor, die es grundsätzlich erlaubt, Informationen die zum Kontext gehören von anderen zu unterscheiden: „Zum Kontext gehören alle Informationen, die zur Charakterisierung der Situation einer Instanz verwendet werden können. Eine Instanz kann eine Person, ein Ort oder ein Objekt sein, das wichtig für die Interaktion zwischen einem Benutzer und einer Anwendung erscheint, inklusive dem Benutzer und der Applikation selbst.“ [Dey01]

Auch wenn diese Definition im Vergleich zu den vorher genannten Versuchen eine allgemeine Abgrenzung von Anwendungskontext zu anderen Informationen ermöglicht, wird noch auf gewisse Schwächen hingewiesen [HA08]. So werden in Deys Definition die Begriffe „Situation“ und „wichtig“ verwendet, die zunächst einmal selbst einer Definition bedürfen. Darüber hinaus begrenzt Dey den Gebrauch von Kontext auf die Interaktion zwischen einem Benutzer und einer Anwendung. Es können jedoch auch Informationen von Applikationen, die nicht direkt mit einem Benutzer interagieren, zum Kontext gehören, wie zum Beispiel Applikationen, die Umgebungswerte messen und an die Hauptanwendung weitergeben. Schließlich gehören nach Deys Definition auch Informationen zum Kontext, welche die Anwendung benötigt, um zu funktionieren. Somit würden alle Informationen, die im Umfeld einer Applikation anfallen, etwa Kundennummern, zum Kontext gehören. Dies birgt die Schwierigkeit in sich, eine klare Abgrenzung zum „Input“ zu treffen.

Um die angesprochenen Schwierigkeiten von Deys Definition zu überwinden, formulieren Hartmann und Austaller eine präzisere Definition für Kontext. Sie ermöglicht die Entscheidung, welche Informationen der Anwendung Teil des Kontextes sind und welche nicht:

Definition 8 (Kontext) *„Kontext charakterisiert die tatsächliche Situation, in der die Anwendung genutzt wird. Diese Situation wird bestimmt von*

Informationen, welche die tatsächliche Nutzung von anderen unterscheidet. Im Detail sind dies Eigenschaften des Nutzers (zum Beispiel Ort, aktuelle Aufgabe) und interagierenden physischen oder virtuellen Objekten (zum Beispiel Geräuschpegel, nahe liegenden Hilfsmitteln/Ressourcen). Hierdurch bezeichnen wir nur solche Informationen als Kontext, die tatsächlich von einer Anwendung verarbeitet werden können (relevante Informationen), die aber nicht notwendig für deren gewöhnliche Funktionsweise sind (unterstützende Informationen).“ [HA08]

Des Weiteren muss für die vorliegende Arbeit noch eine Definition vorgenommen werden – die des „kontextbewussten Systems“.

Definition 9 (Kontextbewusste Systeme) *Ein System ist kontextbewusst oder kontextualisiert, wenn es den „Kontext verwendet, um relevante Informationen und/oder Dienste dem Benutzer anzubieten. Die Relevanz ergibt sich dabei aus der Aufgabe des Benutzers.“ [DA00]*

Auch an diesem Punkt wird wieder auf die Wichtigkeit und die Verknüpfung mit der aktuellen Aufgabe des Wissensarbeiters hingewiesen (siehe auch weiter oben im Abschnitt 2.3.3). Genau dies – die Analyse und Verwendung der aktuellen Aufgabe – wird in der vorliegenden Arbeit als Teil der Kontextanalyse beziehungsweise Kontextualisierung verwendet. Dabei geht es in der vorliegenden Arbeit speziell um die kontextualisierte Visualisierung am wissensintensiven Arbeitsplatz.

In der vorliegenden Arbeit wird Kontext im Sinne der Definition von Hartmann und Austaller verstanden. Wir treffen zudem eine Unterscheidung in die beiden Kontextarten „Relationskontext“ (Abschnitt 2.4.1) und „Zustandskontext“ (Abschnitt 2.4.2).

2.4.1 Relationskontext

Auf der einen Seite haben Informationen einen Kontext, der ihre Beziehungen zu anderen Informationen ausdrückt [Jud04]. Zum Beispiel stehen Mitarbeiter in Beziehung zu Aufgaben. Aufgaben wiederum können in Beziehung zu Ressourcen, wie elektronischen Dokumenten, stehen, die für ihre Erledigung verwendet werden. Informationen über den Relationskontext sind also aus den, der Anwendung zu Grunde liegenden, Daten ableitbar. Dazu kann es insbesondere notwendig sein, mehrere Datenquellen miteinander zu kombinieren.

Aus solchen Beziehungen kann des Weiteren auch auf die Ähnlichkeit von Elementen geschlossen werden. Zum Beispiel könnten Aufgaben ähnlich sein, für die gleiche oder ähnliche Ressourcen verwendet werden. Mitarbeiter

können als ähnlich bezeichnet werden, wenn sie gleiche Aufgaben bearbeiten. Dieser Kontext der Beziehung wird im folgenden „Relationskontext“ genannt und wird wie folgt definiert:

Definition 10 (Relationskontext) „Als Relationskontext definieren wir den Anteil der Kontextinformationen, der die Umgebung beziehungsweise die Relationen von Informationen oder virtuellen Objekten untereinander charakterisiert.“ [God09]

Beispiele für Relationskontext und dessen Ermittlung

Im folgenden Abschnitt geben wir einige Beispiele für Relationskontext, wo dieser auftritt und wie er ermittelt werden kann.

Im einfachsten Fall zeigen schon Datenbank-Visualisierungstools eine Art von Relationskontext an. Allerdings handelt es sich dabei um bereits modellierte Kontextinformationen. Dies wird graduell komplexer, wenn mehrere Datenbanken und -quellen miteinander verknüpft werden sollen [Jud04] und damit die Relationen noch nicht explizit modelliert sind [NM03]. Die notwendigen Techniken, um die Informationen mit dieser Art von Kontext anzureichern reichen von einfacher Mustererkennung (englisch: *Pattern Matching*) bis hin zu Ansätzen aus dem Bereich der Künstlichen Intelligenz [Kok99] oder komplexen probabilistischen Ansätzen [Noy04, DMDH02].

Ein konkreteres Beispiel ist die Vernetzung von Dokumentbeständen und Erreichbarkeitsinformationen von Personen. Dazu lassen sich etwa die Autoren aus den Dokumenten extrahieren und zu diesen Personen in Erfahrung bringen, ob diese im Moment erreichbar (*online* oder *offline*) sind. Dies ließe sich dann bei der Visualisierung der Personen berücksichtigen (siehe dazu Abschnitt 4.2.4). Zusätzlich können diese Informationen mit aktuellen Schlagwörtern des Arbeitsplatzes verknüpft werden (siehe nächster Abschnitt über Zustandskontext).

Nachdem nun der Relationskontext vorgestellt und definiert wurde, folgt im nächsten Abschnitt die Diskussion des Zustandskontexts.

2.4.2 Zustandskontext

Auf der anderen Seite stehen Informationen in einem Kontext, der ihren Zustand betrifft. Bei der Abbildung von Mitarbeitern eines Unternehmens gehört dazu beispielsweise die Information, dass ein Kollege sich gerade an seinem Schreibtisch befindet und telefoniert. Aus dieser Information kann ein anderer Mitarbeiter das Wissen konstruieren, dass der Kollege zur Zeit zwar nicht zur Verfügung steht (weil er gerade telefoniert), in einigen Minuten aber vermutlich angesprochen werden kann (da er im Hause ist). Weitere

Beispiele sind die Information über geöffnete Ressourcen oder Dokumente beziehungsweise Umgebungslautstärke oder die aktuelle Position des Wissensarbeiters, wie sie ein GPS-Gerät liefert [Gör05].

Diese Informationen können im Gegensatz zu dem Relationskontext nicht aus den Daten an sich gewonnen werden, sondern müssen aus anderen (externen) Quellen herangezogen werden. Informationsquellen für diese Art von Kontextinformationen sind physische (GPS) oder virtuelle (Desktop-Analyse, siehe folgender Abschnitt) Kontextsensoren. Dieser Kontext wird im weiteren Verlauf als „Zustandskontext“ bezeichnet und ist wie folgt definiert:

Definition 11 (Zustandskontext) *„Als Zustandskontext definieren wir den Anteil der Kontextinformationen, der die Eigenschaften des Nutzers (zum Beispiel Ort, aktuelle Aufgabe) und seiner Umgebung (zum Beispiel Geräuschpegel) beschreibt und nicht auf Basis statischer Daten oder Informationen ermittelt werden kann.“ [God09]*

Beispiele zur Kontexterkenkung am wissensintensiven Arbeitsplatz

Der folgende Abschnitt stellt verschiedene Quellen von Zustandskontext vor und zeigt, welche Arbeiten in diesem Bereich existieren.

Eine zentrale Möglichkeit, an Kontextinformationen zu kommen, ist über das Betriebssystem [LGGF07]. Dieses stellt Mechanismen bereit, um an sogenannte Nachrichten oder Ereignisse (englisch: *Events*) zu gelangen. Diese Nachrichten erlauben es nun, Informationen über den Zustandskontext zu erhalten, in dem diese Nachrichten aufgezeichnet und analysiert werden. Abbildung 2.10 zeigt diesen Mechanismus. Nachrichten werden von Benutzeraktionen ausgelöst, zum Beispiel Maus-Bewegungen, Maus-Klicks oder Tastatureingaben. Diese werden vom Betriebssystem in Nachrichten umgewandelt und an die entsprechenden Anwendungen versendet. Das Betriebssystem erlaubt es nun, diesen Nachrichtenstrom anzuzapfen und mit zu protokollieren.

Dieser Nachrichtenstrom kann daraufhin analysiert werden, um daraus Informationen über den Benutzungskontext oder das Nutzerziel herauszufinden. Maschinelles Lernen bietet einen Ansatz, diese Nachrichten auszuwerten [LFBG07]. Abbildung 2.11 zeigt diesen Ablauf schematisch. Aus dem Nachrichtenstrom werden kontinuierlich die Informationen (Querstriche in der Mitte der Abbildung) aus einem gegebenen Zeitfenster analysiert und daraus das Nutzerziel abgeleitet. Maschinelle Lernverfahren erlauben über eine Anlernphase diese Daten zu trainieren, um zu einem späteren Zeitpunkt selbständig eine Vorhersage des Nutzerziels machen zu können.

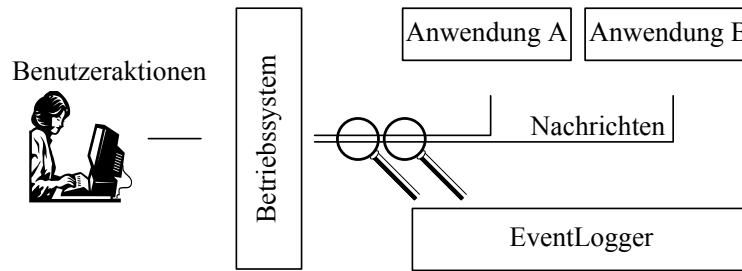


Abbildung 2.10: Nachrichtenversand durch das Betriebssystem [LGF⁺07]

Während am Anfang der Benutzer jeden Aufgabenwechsel anzeigen muss, um das System mit den Trainingsdaten zu versorgen, ist dies nach dem Training nicht mehr von Nöten. In diesem Zustand sollte der Kontext-Monitor mit hinreichend guten Informationen in der Lage sein, das aktuelle Nutzerziel zu extrahieren. Dabei gibt es Unterschiede in der Art und Weise dieses Anlernens, was Einfluss auf die Güte aber auch den Aufwand der verschiedenen Ansätze hat. Die Bandbreite reicht dabei von expliziten und nachgelagerten Annotationen der Aufgabenwechsel [GKS⁺08] bis hin zu immer impliziteren während der Ausführung der Arbeitsschritte [LFBG07].

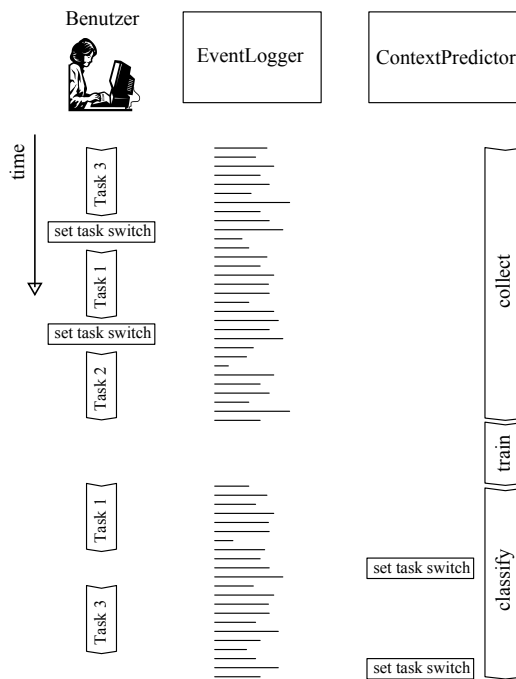


Abbildung 2.11: Angelernte Kontextvorhersage [LFBG07]

Einen ähnlichen Ansatz beschreibt Sato. Allerdings beschreibt er nur ein Konzept, bleibt auf einer sehr abstrakten Ebene und bezieht sich ausschließ-

lich auf den Bereich der Entwicklung interaktiver Systeme [Sat03]. Des Weiteren umfassen seine Aktionen weniger den (wissensintensiven) Arbeitsplatz und berücksichtigen so weiche Begriffe wie „Emotionen des Benutzers“. Weitere (zum Teil ältere) Arbeiten, die sich mit der Erkennung der aktuellen Situation und Benutzermodellen befassen, werden [Kob01] zusammengetragen und diskutiert.

Des Weiteren können die extrahierten Informationen zu höherwertigen Kontextinformationen aggregiert werden. Dies steigert die Erkennungsrate der Kontextvorhersage deutlich [LG08].

Da insbesondere auch Tastaturereignisse analysiert werden können, wird sehr schnell deutlich, dass bei diesen Ansätzen die Berücksichtigung des Datenschutzes sehr wichtig ist [GBH05]. Ist dieses nicht gegeben, bestehen potentiell viele Probleme mit Datenschutz-relevanten Informationen. Insbesondere für das Arbeiten an einem wissensintensiven Arbeitsplatz bestehen Wege, damit umzugehen, siehe [ZHF⁺08, ZFG⁺08].

Beispielsweise wird in den Arbeiten von [LGGF07] das Ziel verfolgt, aus verschiedenen Desktopsensoren Nutzer- und Navigationsziele abzuleiten. Desktopsensoren sind zum Beispiel aktuell offene Applikationen, aktuell offene Dokumente oder aber auch Maus- und Tastaturereignisse. All diese Informationen werden dann über maschinelle Lernverfahren miteinander verbunden, um die entsprechenden Ziele abzuleiten.

Auch Microsoft arbeitet wie in [HBH⁺98] an Mechanismen, Kontextinformationen (insbesondere die Nutzerhistorie) zu nutzen, um sowohl ihr Betriebssystem als auch ihre einzelnen Programme adaptiver zu gestalten. Auf Betriebssystemebene kann die Nutzerhistorie beispielsweise Einfluss auf Interaktionen, Menüführung und Dialoggestaltung nehmen. Auf der Seite der Programme steht zum Beispiel Microsoft Office mit dem jeden bekannten Microsoft Office-Assistent, der bei der Erstellung von Tabellen und Textdokumenten hilfreich sein kann.

2.4.3 Kontextualisierte Visualisierungen am wissensintensiven Arbeitsplatz

In diesem letzten Abschnitt über kontextbewusste Systeme werden verwandte Arbeiten diskutiert, die sich mit der Verwendung des Relations- oder Zustandskontexts am wissensintensiven Arbeitsplatz beschäftigen. In diesem Bereich der Forschung gibt es einzelne Arbeiten auf den Teilbereichen, der kontextualisierten Systeme. Jedoch ist im direkten Bereich der kontextualisierten Visualisierung am wissensintensiven Arbeitsplatz zur Zeit keine Arbeit bekannt.

Generell geht es für den Wissensarbeiter darum, die richtigen Informationen und Daten in der richtigen Art und Weise zugreifbar zu haben. Wenn

Informationen im Einklang mit dem aktuellen Kontext (Situation) und damit dem mentalen Modell des Benutzers geliefert werden, wird der gezeigte Inhalt auf effektive Art und Weise dem Benutzer ver- oder übermittelt.

Um dies zu erreichen, versucht [JS05] die Daten, die zu visualisieren sind, zu kontextualisieren. Dazu stellen sie ein Konzept vor, das auf Basis des Kontexts den passenden Inhalt auswählt, mit passendem Ausschnitt, Auflösung, Format, Auslieferungszeit und Granularität der Informationen.

Allerdings wird dort nur ein konzeptionelles Rahmenwerk vorgestellt, welches noch nicht umgesetzt und evaluiert worden ist. Außerdem ist der vorgestellte Ansatz nicht modular. Die Komponente für die Visualisierung ist ein fester Teil des Systems und kann somit nicht ohne Weiteres gegen andere Visualisierungsformen und -algorithmen ausgetauscht werden. Es wird vielmehr ein System vorgestellt, das den Abbildungsprozess von der Datenbasis hin zur Visualisierung übernimmt. Dabei bleibt weiterhin unklar, ob dies eine oder mehrere externe Datenquellen sein können und die Kontextualisierung auch über Datenquellengrenzen hinweg statt finden soll. Ein weiterer Punkt, indem sich dieser Ansatz von unserem unterscheidet, ist, dass sich der Kontextbegriff stärker auf kognitive Prozesse und Modelle bezieht und nicht ersichtlich ist, wie dieser technisch erkannt und umgesetzt werden soll.

Eine Erweiterung wäre die Verwendung der Kontextinformationen nicht nur für die Anreicherung der Informationen an sich, sondern deren Berücksichtigung bei der Darstellung/Visualisierung der Informationen. Sowohl Relations- als auch Zustandskontext könnten hier Einfluss auf die Visualisierung nehmen, etwa durch Hervorhebung wichtiger Informationen.

Außerdem sind an einer Benutzungsschnittstelle (englisch: *User Interface*) oft manuelle Anpassung an die eigenen Bedürfnisse notwendig, welche auf Grund der Komplexität und des Aufwands oft unterbleibt. Hier könnte Automatisierung auf Basis der Kontextinformationen die Effektivität der Visualisierung am wissensintensiven Arbeitsplatz steigern.

In diesem Bereich ist folgende Arbeit von Veiel et al. [VHL08] angesiedelt. Hier werden kooperative Arbeitsbereiche an den aktuellen Arbeitskontext angepasst. Dazu werden auf Basis der Kontextinformationen Adaptionsregeln definiert, die die Benutzungsoberfläche der Anwendung automatisch anpassen. Allerdings wird hier der Relationskontext, also die Kontextualisierung der Informationen, zugunsten der Oberfläche vernachlässigt.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass in Unterbereichen der kontextbewussten Systeme Ansätze und Arbeiten zu finden sind. Jedoch sind uns zur Zeit keine Forschungsvorhaben bekannt, die sowohl Relations- als auch Zustandskontext am wissensintensiven Arbeitsplatz berücksichtigen, um den Wissensarbeiter in einer effizienten Art und Weise zu unterstützen.

2.5 Identifikation der Lücken in den verwandten Arbeiten

Bevor die Anforderungen und der Ansatz dieser Arbeit im nächsten Kapitel entwickelt werden, folgt an dieser Stelle eine kurze Zusammenfassung der Mankos und Nachteile bestehender Ansätze und Forschungsarbeiten im Bereich der kontextualisierten Visualisierung.

In [JS05] wird ein kontextsensitives System vorgestellt. Dieses unterstützt ebenfalls eine Abbildungskette und Relationskontexte. Was jedoch komplett fehlt ist die Unterstützung von Zustandskontexten und eine Austauschbarkeit der Visualisierung, da diese ein fester Bestandteil des Systems ist.

Eine andere wichtige Arbeit ist die von [VHL08]. Hier wird wohl Zustandskontext beachtet, Relationskontext auf den Daten finden jedoch keine Beachtung. Des Weiteren beschränkt sich diese Arbeit auf die Anpassung der Benutzungsschnittstelle (von kooperativen Systemen). Es findet also nur eine eingeschränkte Form der Kontextualisierung statt.

Dann gibt es natürlich noch Arbeiten, wie die von Card et al. [CMS99], die sich auf die reine Abbildung der Daten auf die Visualisierung konzentrieren. Die „Aufgabe“ des Benutzers steht zwar bei der Entwicklung der Abbildungskette an wichtiger Stelle (siehe Abschnitt 2.3.3), aktuelle Kontextinformationen spielen bei diesem Ansatz aber keine Rolle.

Es gibt verschiedene Ansätze, die Kontexte bei der Darstellung von Benutzungsschnittstellen berücksichtigen, eine umfassende und flexible Möglichkeit Visualisierungen mit Kontextinformationen anzureichern ist uns jedoch nicht bekannt.

2.6 Zusammenfassung

Wie in diesem Kapitel geschildert, existieren in jedem der angrenzenden Forschungsbereiche bereits Vorarbeiten. Allerdings sind in der sozio-technischen Schnittmenge dieser Bereiche keine relevanten Arbeiten bekannt. Des Weiteren wurden Nachteile aufgezeigt, sollten bestehende Ansätze für die aktuelle Aufgabenstellung herangezogen werden – den Wissensarbeiter am Arbeitsplatz zu unterstützen.

Die Analyse der verwandten Arbeiten hat aber auch gezeigt, dass insbesondere im Bereich des informellen Lernens und der kontextualisierten Visualisierung am wissensintensiven Arbeitsplatz ein großes Potential für eine effiziente Unterstützung des Wissensarbeiters besteht.

Im folgenden Kapitel werden die Schlussfolgerungen aus dieser Recherche ausgewertet und Anforderungen zusätzlicher Quellen vorgestellt und argumentiert, um anschließend den Ansatz dieser Arbeit vorzustellen.

„Man sollte alles so einfach wie möglich
machen, aber nicht einfacher.“

— Albert Einstein

Kapitel 3

Konzeption

In dem vorigen Kapitel ging es um den aktuellen Stand der Forschung und den verwandten Arbeiten im Bereich der kontextualisierten Visualisierung am wissensintensiven Arbeitsplatz. Aufbauend auf diesen verwandten Arbeiten, den identifizierten Lücken und dem Ziel, Wissensarbeiter direkt an ihrem Arbeitsplatz zu unterstützen, folgt in diesem Kapitel die Konzeption eines Systems oder Rahmenwerks (englisch: *Framework*) zur kontextualisierten Visualisierung. Es wird erläutert, wie dieses System aufgebaut ist und welche Gegebenheiten zu berücksichtigen waren.

Dazu wird zu Beginn eine Anforderungsanalyse durchgeführt. Diese Analyse für das zu entwickelnde System verwendet die Definitionen aus dem vorigen Kapitel 2 und orientiert sich unter anderem an den verwandten Arbeiten, Nutzerstudien und technischen Randbedingungen. Die gesammelten Anforderungen werden abschließend in einer Tabelle in Abschnitt 3.1.6 für eine spätere Verwendung zusammengetragen.

Anschließend wird in Abschnitt 3.2 der grobe Lösungsansatz für solch ein System entwickelt, der diesen erarbeiteten Anforderungen gerecht wird. Dieser Ansatz wird dann zu einem Systementwurf konkretisiert (Abschnitt 3.3). Basierend auf gängigen Entwurfsmustern wird dieser Entwurf im Detail beschrieben. Auf der Basis dieses Systementwurfs wird im folgenden Kapitel 4 das Feinkonzept und Aspekte der Realisierung besprochen.

3.1 Anforderungen

Wie schon in Abschnitt 2.2.3 beleuchtet, stellen Wissensarbeiter deutlich höhere Anforderungen an die Qualität ihres Arbeitsumfeldes [HD91, Dru92] und damit an die Versorgung mit Informationen. Diese Bedürfnisse werden

nun ausführlicher besprochen und als konkrete Anforderungen an das zu entwickelnde System formuliert. Am Ende der ausführlichen Beschreibung der Anforderungsanalyse werden die resultierenden Anforderungen in Tabelle 3.1 auf Seite 44 zusammengefasst.

Die Anforderungen an ein System zur kontextualisierten Visualisierung haben mehrere unterschiedliche Quellen:

- Nutzerbefragungen
- allgemeinen Anforderungen
- Definitionen
- verwandten Arbeiten
- aus dem Anspruch den Wissensarbeiter zu unterstützen
- technischen Rahmenbedingungen

Dabei bilden Nutzerbefragungen eine der Hauptquellen. Weiterhin ergeben sich die Anforderungen aus dem Anspruch, den Wissensarbeiter mit kontextualisierter Visualisierung zu unterstützen, den allgemeinen Anforderungen und Gegebenheiten am wissensintensiven Arbeitsplatz, technischen Rahmenbedingungen, dem wissenschaftlich-begrifflichen Rahmen auf Basis der Definitionen und nicht zuletzt aus den Unzulänglichkeiten und Erweiterungsmöglichkeiten, die aus verwandten Arbeiten zu identifizieren sind.

3.1.1 Anforderungen aus Nutzerbefragungen

Als Erstes werden hier die Anforderungen behandelt, welche direkt aus Nutzerbefragungen abgeleitet werden [APO08]. Diese wurde im Rahmen der formativen Evaluation des zweiten Prototypen des APOSDLE Projekts (siehe Abschnitt 4.2.2) durchgeführt. Dazu werden im Folgenden die konkreten Aussagen von Nutzern vorgestellt und die resultierenden Anforderungen diskutiert.

„Es wäre gut, wenn man den gesamten Prozess in einem Fenster hätte, in das man dann hineinzoomen könnte.“

Dies ist eine konkrete Anforderung an die konkrete Visualisierung – die Prozessansicht. Als Anforderung übernehmen wir daraus die Möglichkeit, auf der einen Seite einen Überblick zu erhalten und auf der anderen Seite in interessante Bereiche hineinschauen zu können und die Ansicht darauf zu fokussieren.

Die folgenden Nutzeräußerungen beziehen sich auf die Verschmelzung von Daten und/oder Visualisierungsformen. Der Nutzer erwünscht sich also einen ungehinderten Übergang von einem Datenformat oder Datenbestand.

Es wäre gut, wenn „Prozessansicht und Ressourcen-Liste integriert wären.“

Um diese Integration zu ermöglichen, müssen die Datenquellen untersucht werden und die Verbindungen zwischen diesen Daten analysiert und expliziert werden (Relationskontext). Zusätzlich wird in der folgenden Äußerung deutlich, dass neben den Ressourcen und Prozessen auch „aktuelle Domänenelemente“ von Interesse für die weitere Benutzung der Visualisierung eine Rolle spielen können.

Es ist wünschenswert, wenn „das Netzwerk von Experten zu einem konkreten Domänenelement“ dargestellt wäre.

Die Anforderungsanalyse, die zu diesem Thema zu Beginn des Projekts APOSDLE durchgeführt wurde, hat ergeben, dass ein klarer Bedarf und eine hohe Nachfrage von Wissensarbeitern zum Thema kontextualisierte Visualisierungen am wissensintensiven Arbeitsplatz besteht [APO08].

Aus diesen Anforderungen lässt sich eine weitere ableiten: der Wissensarbeiter möchte die Daten explorieren und erforschen. Dazu ist es notwendig, dass diese Datenbestände auch über Datenquellengrenzen hinweg navigierbar sind. Diese Verbindungen zwischen den Datenelementen sollen es dem Wissensarbeiter erlauben, die Sicht und den Fokus an die aktuellen Bedürfnisse und Erfordernisse anzugleichen.

Hier noch einmal eine Zusammenfassung der Anforderungen, die sich aus den Nutzerbefragungen ergeben:

- Überblick über den gesamten Arbeitsprozess
- Verknüpfung mehrerer Datenquellen (Relationskontext)
- Zeige Verknüpfungen in den Daten
- Navigierbarkeit über die Verknüpfungen

Im Folgenden geht es um die Anforderungen, die sich aus dem Arbeitsumfeld der Wissensarbeiter ergeben: dem wissensintensiven Arbeitsplatz.

3.1.2 Anforderungen aus dem Arbeitsfeld: wissensintensive Arbeitsplätze

Aus der Forderung der Wissensarbeiter nach adäquater Versorgung mit Informationen (siehe Abschnitt 2.2.3, [HD91, Dru92]) in visueller kontextualisierter Form ergibt sich zuerst die Anforderung, das System um neue Komponenten ergänzen zu können. Insbesondere sollen mit diesem System viele verschiedene Visualisierungen verwendet werden können. Dies zieht weiterhin nach sich, dass ebenso verschiedene Datentypen und -quellen für die Visualisierung zur Verfügung stehen sollen.

Des Weiteren sollen in einer unaufdringlichen Art und Weise (englisch: *Unobtrusive*) Kontextinformationen herangezogen werden, um die Visualisierung an die Arbeitssituation des Wissensarbeiters anzupassen. Dabei sollen diese Kontextinformationen sowohl für eine initiale Kontextualisierung der Visualisierungen genutzt werden als auch während des Betriebs zu einer Aktualisierung der Anzeige führen können. Dieses Verhalten wird im Allgemeinen als *Push/Pull*-Ansatz bezeichnet und bietet besonders in der Kombination beider Richtungen einen großen Vorteil [TYD⁺04].

3.1.3 Anforderungen in Anlehnung an die verwandten Arbeiten

Die Notwendigkeit der Kontextunterstützung ergibt sich zum einen aus dem Referenzmodell für Informationsvisualisierung von Card et al. [CMS99] (siehe Abschnitt 2.3.3), die das Einsatzgebiet von Visualisierungen als aufgabenorientiert beschreiben. Zum anderen sind alle Arbeiten und Aktivitäten am (wissensintensiven) Arbeitsplatz auf die aktuelle Arbeitssituation (den aktuellen Arbeitsschritt) und damit den Kontext, ausgerichtet. Deshalb ist es unabdingbar, diesen Aufgabenzusammenhang oder Aufgabenkontext bei der Anpassung der Visualisierungen zu berücksichtigen.

Neben dieser Aufgaben- und Situationsabhängigkeit lassen sich Anforderungen für das zu entwickelnde System aus den *verwandten Arbeiten*, vor allem aus den Klassifikationen des informellen Lernens (siehe Abschnitt 2.2.5) ableiten. Wenn man unter den einzelnen Elementen diejenigen betrachtet, welche für die kontextualisierte Visualisierung am wissensintensiven Arbeitsplatz eine Rolle spielen (durch Sternchen * markiert), dann wird ersichtlich, dass insbesondere die Möglichkeit einen Überblick zu bekommen als auch Informationen zu sichten, zu explorieren und zu extrahieren von entscheidender Bedeutung sind. Diese Anforderung wird weiterhin dadurch gestützt, dass diese Informationen die Basis für (neues) Wissen des Wissensarbeiters darstellen (siehe Abschnitt 2.2.2).

Dabei bezieht sich dieser Umgang mit den Informationen auf alle am wissensintensiven Arbeitsplatz relevanten Datentypen, wie Kompetenzen, Personennetzwerke, Ressourcen und andere. Personen sind etwa dann von In-

teresse, wenn es darum geht, geeignete Personen zu finden (in diesem Zusammenhang Experten), die der Wissensarbeiter zu einer bestimmten Fragestellung kontaktieren kann. Dazu ist neben der aktuellen Aufgabenstellung des Wissensarbeiters auch die Zuordnung von Kompetenzen zu Personen essentiell, um diese Information am Arbeitsplatz bereitzustellen [LGF⁺07, Bör06]. Die Kompetenzen möchte ein Wissensarbeiter aber eventuell auch durchforsten, um eigene Wissensdefizite beziehungsweise Entwicklungsmöglichkeiten auszuloten. Die Anforderung, dass Wissensarbeiter einen Überblick bekommen, bezieht sich dabei auf jedwede Art von Daten, insbesondere aber auch auf eine (visuelle) Darstellung der Aufgaben, mit Hierarchien und Delegationsaktivitäten (die Übertragung einer Aufgabe an eine andere Person). Diese Hierarchie- und Delegationsinformationen können dann darüber hinaus beim Erteilen und Einholen von Rückmeldungen (englisch: *Feedback*) behilflich sein.

3.1.4 Technische Anforderungen

Neben den anwendungsspezifischen Anforderungen an das gesamte System ergeben sich weiterhin technische Aspekte, die das zu erstellende System berücksichtigen soll.

Als ein zentraler technischer Punkt steht die Erweiterbarkeit des Systems, wie schon bei den allgemeineren Anforderungen weiter oben aufgeführt. Dabei bezieht sich die Erweiterbarkeit sowohl auf die Kontextsensoren, welche Rückschlüsse auf die aktuelle Aufgabe oder Situation des Wissensarbeiters zulassen (siehe Abschnitt 2.4), als auch die Visualisierungen und Datenquellen. Dies wiederum zieht eine Erweiterbarkeit des Kontextmodells nach sich, das bedeutet wie der Kontext repräsentiert und damit auch zwischen den einzelnen Komponenten ausgetauscht werden kann. Dazu müssen für die einzelnen Schnittstellen APIs (Programmierschnittstellen, englisch: *Application Programming Interface*) definiert werden, die es Entwicklern auf einfache Art und Weise erlauben, neue Komponenten (Kontextsensoren, Visualisierungen und Daten) dem System hinzuzufügen.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Integrierbarkeit in vorhandene Architekturen und Rahmenwerke. Das zu entwickelnde System muss sich leicht mit anderen kombinieren beziehungsweise in diese einbetten lassen. Nicht zuletzt soll sich das System weitgehend konfigurieren lassen, um die eben genannten Punkte mit zu unterstützen und Anwendern wie Entwicklern die Möglichkeit der Konfiguration ohne Programmieren anzubieten.

3.1.5 Randbedingungen an die Visualisierungen

Neben den Anforderungen an das zu entwickelnde System ergeben sich auch Anforderungen an die einzubindenden Visualisierungen, auch wenn sie nicht

im Zentrum dieser Arbeit stehen. Daher sprechen wir in diesem Zusammenhang von „Randbedingungen“, wenn wir über die Anforderungen an Visualisierungen reden. Diese Anforderungen gelten für die einzubindenden Visualisierungen, um einen möglichst großen Nutzen für den Wissensarbeiter sicher zu stellen. Das bedeutet, dass sowohl die in dieser Arbeit bereitgestellten und eingesetzten Visualisierungen, als auch die von anderen hinzugefügten Visualisierungen diese Anforderungen erfüllen sollten.

Ein wichtiger Aspekt folgt aus der Tatsache, dass die anzuzeigenden Datenbestände sehr groß und komplex sein können. Daraus ergeben sich zwei Randbedingungen an die Visualisierungen. Zum einen muss die grafische Aufbereitung dieser großen Datenmengen weiterhin navigierbar und übersichtlich sein (Benutzbarkeit, englisch: *Usability*). Zum anderen geht es dabei um den technischen Umgang mit großen Datenmengen (Skalierbarkeit).

Um dieser grafischen Komplexität zu begegnen, definiert Shneiderman das sogenannte Informations-Suchmantra [Shn96]. Aus Sicht des Benutzers bedeutet das, zuerst eine Übersicht zu bekommen, dann zu zoomen und zu filtern und schließlich Details anzeigen zu lassen (wenn gefordert). Zu Beginn sollte dem Nutzer demnach eine Übersicht mit den wichtigsten Elementen präsentiert werden. Was aber nicht bedeutet, dass zu jeder Zeit alle Informationen dargestellt werden müssen, sondern auch gefiltert oder entsprechend beschnitten werden können. Dieses Vorgehen deckt sich exakt mit den weiter oben in Abschnitt 3.1 zitierten Äußerungen von Benutzern. Viele Forscher haben dieses Informations-Suchmantra aufgenommen, übertragen und erweitert [CMS99].

Anzuzeigende Elemente haben in der Regel eine Reihe von Charakteristiken, wie Namen, Verknüpfungen zu Dokumenten und Rollen als Mitglieder von Assoziationen, die in der Visualisierung Berücksichtigung finden sollten [Gra03]. Die Position von Elementen in der Visualisierung sollte ihre semantische Nähe ausdrücken, die zum Beispiel durch Berechnung von Metriken oder Heuristiken auf den Daten abgeleitet werden kann [GS01]. Neben den Elementen selbst sollten auch die Assoziationen, an denen sie teilnehmen, direkt visualisiert werden, um vernetzte Daten gewinnbringend und für den Wissensarbeiter aufnehmbar darzustellen.

Diese Assoziationen sollten weiterhin die Möglichkeit der Navigation für den Wissensarbeiter bieten, um den angezeigten Informationsraum einfach und intuitiv explorierbar und erfahrbar zu machen. Die Navigation sollte es dem Benutzer ermöglichen, schnell entlang der Assoziationen zu den gewünschten Informationen zu kommen [Gra03].

Bei der gesamten Darstellung sollte eine Visualisierung aber immer eine hohe Abbildungskonsistenz aufweisen. Das bedeutet, dass sich die Abbildung der Elemente nicht sprunghaft ändern sollte und somit die Anzeige der Informationen für den Wissensarbeiter nachvollziehbar ist und bleibt.

Eine weitere Anforderung, die sich jedoch schwer fassen lässt, ergibt sich aus der Definition 7 des Begriffs „Informationsvisualisierung“ auf Seite 21: die Steigerung der Wahrnehmung (englisch: *Cognitive Empowerment*). Visualisierungen, die an das Rahmenwerk angeschlossen werden, sollten in diesem Punkt überprüft und evaluiert werden. Für die im Rahmen dieser Arbeit exemplarisch bereitgestellten Visualisierungen wurde dies durchgeführt und ist im Abschnitt 5.4 beschrieben.

Eine für die Kontextualisierung der Visualisierungen besonders wichtige Anforderung ist die der visuellen Anpassbarkeit der einzelnen Elemente. Dies bedeutet etwa das Hervorheben eines grafischen Elements durch Farbe, Größe oder ein geändertes Symbol. Nur wenn diese Möglichkeit von der Visualisierung bereitgestellt wird, kann eine individuelle Kontextualisierung der einzelnen Elemente aufgrund der Arbeitssituation und damit aktuellen Aufgabenstellung des Wissensarbeiters erfolgen. Neben der individuellen Anpassung einzelner grafischer Elemente sollte auch die Möglichkeit bestehen, globale Parameter anpassbar zu gestalten. Dadurch könnten allgemeine Einstellungen vom System vorgenommen werden, zum Beispiel hinsichtlich der Größe der gesamten Darstellung, Farben und Kontraste. Je besser sich eine Visualisierung in diesen Parametern beeinflussen lässt, desto besser kann diese Visualisierung an die aktuellen Gegebenheiten am Arbeitsplatz angepasst werden.

Neben der reinen Anpassbarkeit oder Parametrisierbarkeit muss sich eine Visualisierung überhaupt wiederverwenden und einbetten lassen, damit sie in das System integriert werden kann und für den wissensintensiven Arbeitsplatz parametrisiert werden kann.

Einige der genannten Anforderungen sind jedoch nur begrenzt miteinander vereinbar. So ist es weder möglich noch wünschenswert, einen Überblick und eine detaillierte Sicht gleichzeitig anzuzeigen [Gra03], daher ist eine dynamische Anpassung der Visualisierung je nach Bedarf des Anwenders nötig. Der Benutzer braucht also eine Möglichkeit, die Menge und Auswahl der angezeigten Elemente zu steuern.

Bevor der Lösungsansatz dieser Arbeit vorgestellt wird, werden im Folgenden alle Anforderungen und Randbedingungen zusammengestellt.

3.1.6 Übersicht über die Anforderungen

Abschließend werden hier alle Anforderungen in Form einer Tabelle zusammengefasst. In der Tabelle sind Anforderungen und Randbedingungen getrennt aufgelistet. Jede Zeile enthält eine Anforderung an das zu entwickelnde System. Zusätzlich enthält jede Anforderung eine Verknüpfung zu der jeweiligen Quelle dieser Anforderung. Dabei kann eine Anforderung auch mehrere Quellen haben (durch mehrere Kreuze × in der Tabelle). Die Rei-

henfolge der Anforderungen in der Tabelle trifft dabei keine Aussage über die Wichtigkeit der jeweiligen Anforderung.

Das Ziel dieser Zusammenstellung ist es auf der einen Seite eine anforderungsgetriebene Entwicklung des Systems für kontextualisierte Visualisierung zu initiieren. Auf der anderen Seite soll am Ende anhand dieser Anforderungen überprüft werden, ob das System diese Anforderungen erfüllt, um den Nutzen für die Wissensarbeiter am Arbeitsplatz sicherzustellen.

Tabelle 3.1: Anforderungen und Randbedingungen an ein System zur kontextualisierten Visualisierung

Anforderungen	Ursprung der Anforderungen			
	Zielstellung	Nutzerbefragung	verwandte Arbeiten	technisch
1. mehrere Kontextsensoren und -informationen	×			×
2. mehrere Visualisierungen	×			×
3. mehrere Datenquellen	×			×
4. Unterstützung von <i>Push/Pull</i>	×			×
5. unaufdringliches System	×	×		
6. gute Informationsversorgung			×	
7. aufgabenzentriert nach Card et al.	×		×	
8. Experten finden		×	×	
9. Überblick bekommen		×	×	
10. Verbindungen in Daten entdecken			×	
11. Erweiterbarkeit der Sensoren				×
12. Erweiterbarkeit der Visualisierungen		×		×
13. Erweiterbarkeit der Datenquellen				×
14. Einfache APIs aller Schnittstellen				×
15. Einfaches, erweiterbares Kontextmodell	×			×
16. Integrierbarkeit in Architekturen/Rahmenwerke				×
Randbedingungen an die Visualisierungen				
17. Anzeige einer Übersicht			×	
18. Handhabung sehr vieler Elemente	×			
19. Positionierung nach semantischer Nähe			×	
20. Anzeige der Assoziationen			×	
21. Anpassbarkeit der Anzeige	×			
22. Parametrisierbarkeit einzelner Elemente	×			
23. Navigation entlang von Assoziationen			×	
24. möglichst hohe Abbildungskonsistenz			×	

3.2 Lösungsansatz

Basierend auf dem oben Gesagten (Verwandte Arbeiten, Anforderungen und Randbedingungen) wird nun der Lösungsansatz vorgestellt und an-

hand gängiger Entwurfsmuster erläutert [GHJV95]. Dazu wird zu Beginn der Ansatz in einer abstrakten Art und Weise vorgestellt. Dies erleichtert ein grundlegendes Verständnis des entwickelten Systems.

Durch die Anforderungsanalyse ergeben sich hauptsächlich zwei Bereiche, die für den Einsatz am wissensintensiven Arbeitsplatz gewinnbringend kombiniert werden können. Dies ist zum Einen die Integration verschiedener (statischer) Datenquellen und zum Anderen die Einbettung und Verwendung (dynamischer) Kontextinformationen. Die Datenquellen werden als statisch betrachtet, weil sich die zugrunde liegenden Daten in der Regel nicht permanent ändern. Außerdem soll damit der Unterschied zu den Kontextinformationen unterstrichen werden, die zu jeder Zeit den aktuellen Kontext beziehungsweise die Arbeitssituation des Wissensarbeiters beschreiben.

Wie in Abschnitt 2.5 besprochen, weisen die verwandten Arbeiten Lücken auf, welche eine adäquate Unterstützung am wissensintensiven Arbeitsplatz zur Zeit verhindern. Vor allem existiert bis dato keine geeignete Verwendung von Kontextinformationen beziehungsweise kontextgenerierten Kenngrößen (werden in Abschnitt 3.3.2 weiter unten näher diskutiert) für die Visualisierung. Genau dies ist aber essentiell, um eine aufgabenzentrierte Unterstützung anzubieten.

Ergänzend zu den eher dynamischen Kontextinformationen erweist sich als zweite immanente Gegebenheit die Existenz einer Reihe unterschiedlicher (statischer) Datenquellen am wissensintensiven Arbeitsplatz, welche es miteinander zu verbinden gilt. Auf der anderen Seite zieht eine konkrete Datenform oft auch eine oder mehrere konkrete Visualisierungen nach sich. Visualisierungen unterstützen in der Regel genau eine Art von Daten besonders gut beziehungsweise sind für diesen Datentyp speziell entwickelt. Grundlegend verschieden sind etwa Zeit-bezogene oder Prozess-bezogene Daten, die unterschiedliche Visualisierungsformen nach sich ziehen [Roa08]. Für eine entsprechende Unterstützung des Wissensarbeiters ist also die Unterstützung mehrerer Datenquellen und mehrerer unterschiedlicher Visualisierungen von Nöten.

Der Hauptfokus liegt also darauf, Visualisierungen mit (verschiedenen) Datenquellen und Kontextinformationen zu kombinieren, um den Nutzen der Visualisierung für den Wissensarbeiter zu steigern. Genau dies soll mit dem hier vorgestellten Ansatz erreicht werden. Einen Überblick dazu gibt die Abbildung 3.1.

Die generelle Idee basiert daher darauf, Daten, die am wissensintensiven Arbeitsplatz vorhanden sind, miteinander zu verknüpfen, mit Kontextinformationen anzureichern und visuell darzustellen.

Bei der Entwicklung des System wurde auf eine Reihe von Entwurfsmuster [GHJV95] zurück gegriffen. Entwurfsmuster erleichtern Entwurf und Entwicklung von Objekt-orientierten wiederverwendbaren Systemen. Sie bieten Ansätze und Lösungen für alltägliche Probleme in der Softwareentwicklung,

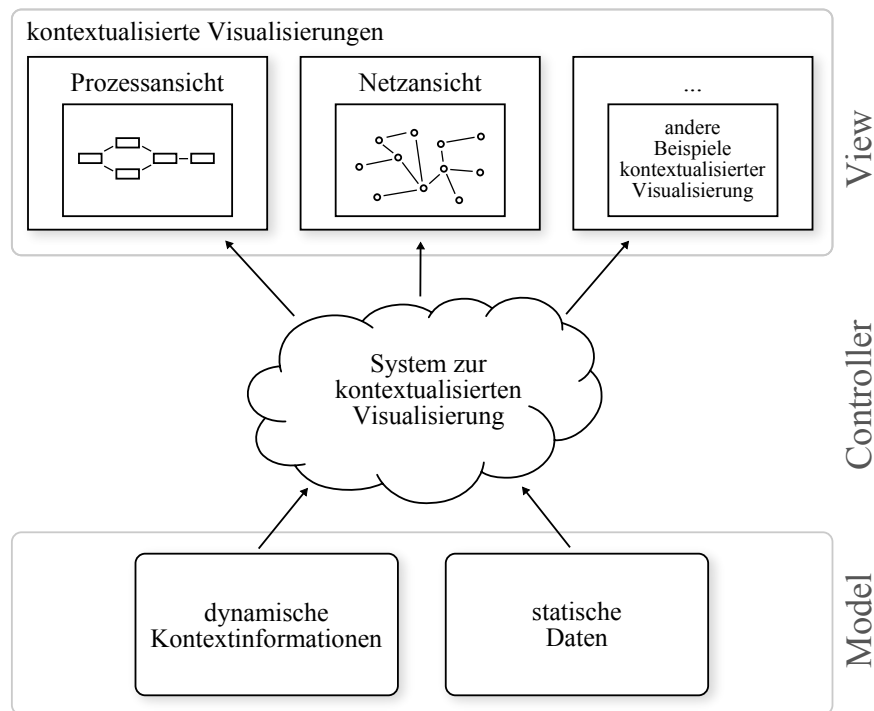


Abbildung 3.1: Ansatz für ein System für kontextualisierte Visualisierung

wenn auch nicht für jedes Problem. Basierend auf Erfahrungen (englisch: *Experiences*) helfen sie bei spezifischen Problemen im Entwurf und führen zu objektorientierten Ansätzen, die flexibler, eleganter und letztendlich wiederverwendbar sind.

Im oben dargestellten Ansatz (Abbildung 3.1) ist das generelle Entwurfsmuster *Model-View-Controller* (in Zukunft auch MVC) zu erkennen [KP88]. Dabei handelt es sich um ein Muster höherer Ebene, welches wiederum andere Muster verwendet (weitergehende Entwurfsmuster und deren Verwendung werden im nächsten Abschnitt 3.3 erläutert). Dieses Muster wurde unter anderem in Smalltalk-80 verwendet, um Benutzungsschnittstellen zu konstruieren.

Das Ziel, das mit der Verwendung dieses Musters erreicht wird, ist die Visualisierungen von den eigentlichen Daten zu trennen. Dazu wird eine Steuerungskomponente eingeführt (englisch: *Controller*), die das Bindeglied zwischen diesen Elementen darstellt. Der hier vorgestellte Ansatz entspricht genau dem MVC-Muster, indem die Daten (statische und dynamische Kontextinformationen) mit den Visualisierungen auf lose Art und Weise verknüpft werden.

Dieser Ansatz unterstützt direkt die Anforderung nach mehreren verschiedenen Visualisierungen und Datenquellen. Das System kann dadurch sowohl

statische als auch dynamische Daten und Kontextinformation verarbeiten und als kontextualisierte visuelle Ausgaben dem Wissensarbeiter bereitstellen.

Wie die Steuereinheit und damit das eigentlich System aufgebaut ist und welche Entwurfsmuster dabei Verwendung fanden, wird im nächsten Abschnitt beschrieben.

3.3 Systementwurf

In diesem Abschnitt wird der Systementwurf dieser Arbeit vorgestellt und diskutiert: das generelle Konzept für ein System, welches kontextualisierte Visualisierung unterstützt. Der Entwurf, der dieser Arbeit zu Grunde liegt, basiert auf dem Ansatz, der weiter oben in Abbildung 3.1 dargestellt ist. An dieser Stelle wird das System genauer beschrieben. Es ist schematisch in Abbildung 3.2 dargestellt. Insbesondere ist die „Wolke“ aus Abbildung 3.1 nun genau beschrieben. Ein weiterer Unterschied ist, dass nun auch die kontextualisierbaren Visualisierungen eine Gruppe von externen Komponenten darstellt, die vom System verwendet, ausgewählt, angepasst und schließlich dem Wissensarbeiter als kontextualisierte Visualisierung bereit gestellt wird.

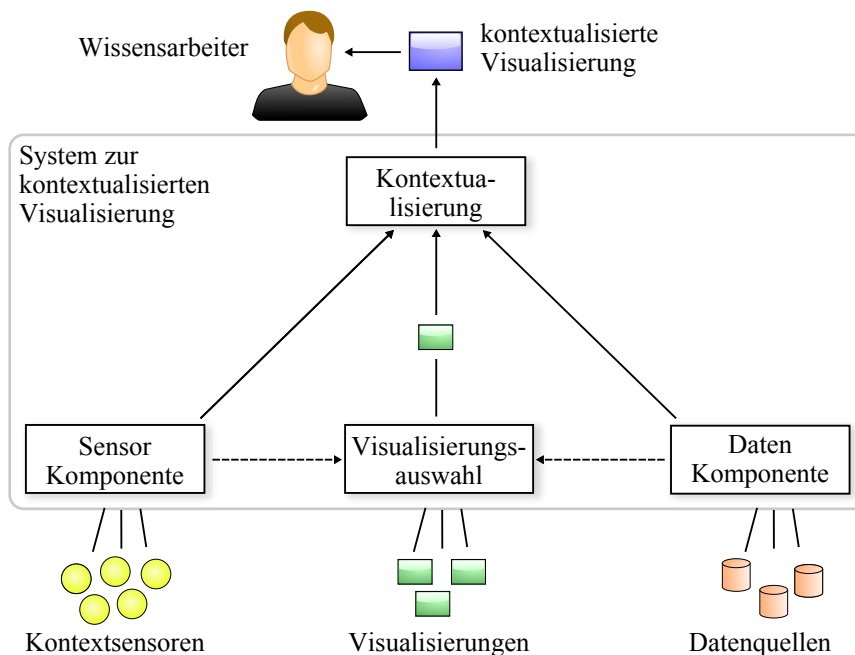


Abbildung 3.2: Systementwurf für kontextualisierte Visualisierung

Im unteren Bereich der Abbildung sind die drei (externen) Basiselemente Kontextsensoren, Visualisierungen und Datenquellen zu sehen, die über die

jeweilige Systemkomponente (Sensor- und Datenkomponente sowie Visualisierungsauswahl) angesprochen beziehungsweise verwaltet werden. Diese externen Elemente werden herangezogen und so kombiniert, dass am Ende dem Wissensarbeiter genau eine der Visualisierungen in kontextualisierter Form zur Verfügung gestellt werden kann. Was diese einzelnen Komponenten genau bedeuten und wie sie in diesem System zusammenspielen, ist in den nächsten Abschnitten beschrieben.

3.3.1 Externe Basiselemente

Den Anfang bilden die externen Basiselemente. Als Eingabe für das System zur kontextualisierten Visualisierung beziehungsweise als gegeben vorausgesetzt werden drei Arten von Komponenten. Dabei handelt es sich um Kontextsensoren sowie parametrisierbare Visualisierungen und Datenquellen. Sie sind im untersten Teil der Abbildung 3.2 dargestellt.

Im Rahmen dieser Arbeit geht es nicht um die Entwicklung dieser Komponenten, sondern darum, vorhandene Ausprägungen dieser Komponenten in das Rahmenwerk zu integrieren.

Folgende drei externen Elemente stehen uns zur Verfügung:

- Kontextsensoren (Informationsquellen für den Arbeitskontext oder die Arbeitssituation des Wissensarbeiters)
- Datenquellen (Datenquellen am wissensintensiven Arbeitsplatz, vergleiche Abschnitt 2.2.4)
- Visualisierungen (bestehende parametrisierbare Visualisierungen, entsprechend den Randbedingungen, siehe Abschnitt 3.1.5)

Kontextsensoren sind Informationsquellen, die den Kontext beziehungsweise die aktuelle Arbeitssituation des Wissensarbeiters erfassen (siehe Abschnitt 2.4.2). Dies bedeutet insbesondere die Information über die aktuelle Aufgabe des Wissensarbeiters oder das Themengebiet, mit dem er sich gerade beschäftigt. Die zentrale Rolle dieser Kontextinformation wurde bei der Diskussion der verwandten Arbeiten und der Anforderungsanalyse herausgestellt. Aber auch weitere Kontextinformationen können am wissensintensiven Arbeitsplatz von großem Interesse sein, etwa Geräteparameter oder Umgebungsinformationen. Eine eingehendere Erörterung des Themas Kontextsensoren findet im anschließenden Abschnitt 3.3.2 statt.

Die Integration mehrerer *Datenquellen* als drittes externes Basiselement erlaubt die Vereinheitlichung und Verknüpfung der verschiedenen Datenquellen. Vorher waren dies voneinander getrennte Datenbestände.

Des Weiteren gehen wir in dieser Arbeit davon aus, dass eine oder mehrere *Visualisierungen* zur Verfügung stehen, um mit Daten und Kontextinforma-

tionen kombiniert zu werden. Eine vertiefende Diskussion darüber, warum keine neuen Visualisierungen entwickelt, sondern vielmehr bestehende in das zu entwickelnde System integriert werden, fand bereits weiter oben in Abschnitt 2.3.2 statt. Im Folgenden werden diese Elemente mit ihren internen Systemkomponenten beschrieben.

3.3.2 Kontextsensoren und deren Verwendung

Ein zentraler Ansatz dieser Arbeit ist die Verwendung von Kontextinformationen. Dazu können mehrere Kontextsensoren an das System angeschlossen werden und sich gegenseitig bezüglich der bereitgestellten Informationen ergänzen. Kontextsensoren sind im Rahmen dieser Arbeit physische oder (zumeist) virtuelle Sensoren, die Informationen über den wissensintensiven Arbeitsplatz extrahieren können (für eine genaue Definition siehe Abschnitt 2.4). Diese Sensoren liefern Informationen über den Relations- sowie den Zustandskontext und so über die aktuellen Arbeiten und Aufgaben des Wissensarbeiters.

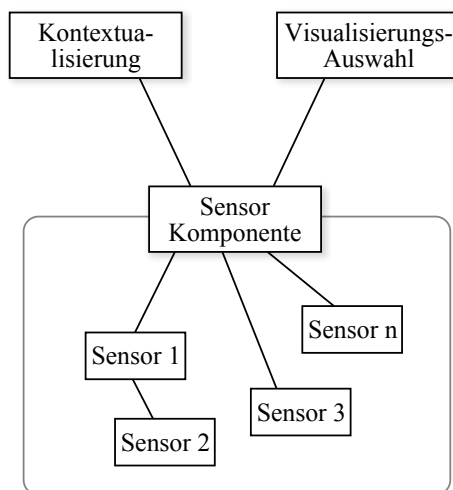


Abbildung 3.3: Entwurfsmuster „Fassade“

Um einen transparenten Zugriff auf diese Sensoren zu gewährleisten, steht im System die Sensorkomponente zur Verfügung. Bei dem Entwurf dieser Komponente wurde das Entwurfsmuster „Fassade“ (englisch: *Facade*) verwendet. Dies schirmt auf der einen Seite die einzelnen Kontextsensoren vom restlichen System ab und erlaubt so eine lose Kopplung und damit eine einfache Anreicherung der vorhandenen Kontextsensoren (siehe Abbildung 3.3).

Auf der anderen Seite steht auf diese Art und Weise eine Bündelung aller Kontextinformationen bereit, ohne wissen zu müssen, welcher Sensor oder welche Sensoren diese Informationen liefern können. Vielmehr übernimmt diese Komponente die Koordination der Sensoranfragen.

Für den Informationsfluss beziehungsweise die Richtung, aus der die Kommunikation angestoßen wird, gibt es zwei Möglichkeiten, wie bereits in Abschnitt 3.1 weiter oben beschrieben. Dabei geht es sowohl um die Verbindung von der Sensorkomponente „nach unten“ zu den einzelnen Kontextsensoren als auch um die Verbindung „nach oben“ zu der Kontextualisierung.

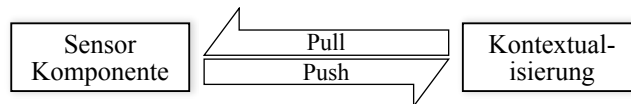


Abbildung 3.4: *Push/Pull*-Konzept

Die eine Richtung, die Kontextsensoren nach den Informationen zu fragen und diese dann auf die Visualisierung anzuwenden (englisch: *Pull*), bevor oder zu Beginn der Darstellung der Visualisierung, geht von der Kontextualisierung über die Sensorkomponente zu den Kontextsensoren. Die andere, eher während der Laufzeit des Systems statt findende, ist genau anders herum gerichtet. Hier melden die Kontextsensoren eine aktuelle Veränderung der Kontextinformationen über die Sensorkomponente an die Kontextualisierungskomponente und darüber an die eigentlichen Visualisierungen (englisch: *Push*). Dies erlaubt auch während des Betriebs eine ständige Aktualisierung der Visualisierung entsprechend der Kontextinformationen.

Dieses *Push/Pull*-Verhalten ist in Abbildung 3.4 skizziert und wird durch den Einsatz des Entwurfsmusters „Beobachter“ (englisch: *Observer*) erreicht [GHJV95]. Insbesondere erlaubt es neben dem *Push/Pull*-Prinzip sowohl die Verwendung mehrerer Kontextsensoren als auch die Verwendung mehrerer Visualisierungen zur selben Zeit. Dazu werden die Nachrichten mit Hilfe eines Sammelaufrufs oder Rundrufs (englisch: *Broadcast*) verteilt.

Quellen für Kontextinformationen

In diesem Abschnitt wird erläutert, welche Informationsquellen für die Ermittlung von Kontextinformationen herangezogen werden können. Folgende Quellen können dabei beispielsweise für die Kontextualisierung der Visualisierungen genutzt werden:

- betriebssystembasierte Desktopsensoren können Informationen über aktive Anwendungen, offene Dokumente, Schlagwörter aus Dokumenten, Zwischenablage oder eine Kombination daraus liefern. Aus diesen Informationen lassen sich der aktuelle Arbeitsschritt des Wissensarbeiters schließen oder wichtige Schlagwörter extrahieren [LFBG07].
- Die Benutzerinteraktionen oder die Benutzerhistorie (zum Beispiel zuletzt geöffnete Programme oder Dokumente) lässt einen Schluss auf Vorlieben und damit mögliche Parameter des Benutzers zu [GBH05].

- Datenzusammenhänge aus einer oder mehreren Datenquellen (Relationskontext, nach Definition 10) liefern Zusammenhänge über die Grenzen von einzelnen Datenquellen hinaus und weiten damit den Nutzen am wissensintensiven Arbeitsplatz aus.
- Die Art der Datenstrukturen (zum Beispiel Bäume, Netze, zyklische Graphen, wie sie typischerweise in Modellen vorkommen, die für informelles Lernen am wissensintensiven Arbeitsplatz relevant sind) können Einfluss auf die Auswahl und Verwendung einer Visualisierung haben.
- Benutzereinstellungen und manuell eingestellte Vorlieben (zum Beispiel Startparameter, Farben, Skalierung) können sich direkt für die Anpassung der Visualisierungen eignen.
- Auch (physische) Geräteparameter (etwa zur Verfügung stehende Bildschirmauflösung und Bandbreite) können eine wertvolle Information für eine System zur kontextualisierten Visualisierung darstellen.
- Nicht zuletzt erlaubt die Verwendung von Umgebungsinformationen (zum Beispiel Lautstärke oder Helligkeit) eine Optimierung der Visualisierung für den Wissensarbeiter.

Dabei lassen sich verschiedene Typen von Kontextsensoren unterscheiden, je nachdem ob sie elementare oder aggregierte Kontextinformationen liefern. Benutzereinstellungen und Geräteparameter etwa liefern elementare Kontextinformationen, während die aktuelle Aufgabe aus den Daten des Desktopsensors zum Beispiel über Techniken des maschinellen Lernens aggregiert werden kann, wie in [LFBG07, GKS⁺08] beschrieben.

Diese Informationen (elementare und aggregierte) können die aktuelle Aufgabe, Situation und den Kontext des Wissensarbeiters beschreiben und sind deshalb geeignet, zur Unterstützung am wissensintensiven Arbeitsplatz eingesetzt zu werden.

3.3.3 Datenquellen und die Anpassung der Daten

In diesem Abschnitt wird erläutert, wie die externen Datenquellen an das System angeschlossen werden und wie die Datenkomponente mit den anderen Komponenten interagieren lassen.

Zur Abgrenzung muss gesagt werden, dass in dieser Arbeit keine automatische Datenanpassung auf Ebene gängiger Formate (zum Beispiel RDF, OWL, XTM) behandelt wird. Sollten komplexere oder auch weniger komplexe Konvertierungen oder sogar Konvertierungsketten nötig sein, muss der Benutzer des Systems diese entsprechend konfigurieren, damit die Daten letzten Endes für die Visualisierungen zur Verfügung stehen.

Wie bereits im Abschnitt 2.2.4 aufgeführt, gibt es eine Reihe von Datenformen und -formaten, die speziell am wissensintensiven Arbeitsplatz eine Rolle spielen. Diese Datenformen sind unter anderem folgende:

- Eine zentrale Rolle am wissensintensiven Arbeitsplatz spielen vormodellierte, implizite oder Ad-Hoc generierte (Arbeits-)Prozessinformationen [FLDL04, SSS07].
- Von Domänenexperten modelliertes Domänenwissen in Verbindung mit den Dokumenten und Kompetenzen bilden eine reichhaltige Quelle für vernetzte Datenbestände.
- Nicht zuletzt bieten interne und externe Dokumentensysteme, wie betriebsinterne CMS (englisch: *Content Management Systems*), die zugrunde liegenden Informationen, Daten und Dokumente für die Visualisierung an.

Da das System zur kontextualisierten Visualisierung diese Daten mit den verschiedenen Visualisierungen verknüpfen soll, müssen unter Umständen diese Datenformate an die entsprechende (vorher ausgewählte) Visualisierung beziehungsweise deren Eingabeformat angepasst werden, damit diese Daten angezeigt werden können. Das bedeutet, dass es in der Regel nicht ausreicht, dem System lediglich eine Menge von Datenquellen zur Verfügung zu stellen, sondern es müssen ebenso auch Datentransformatoren bereitgestellt werden, damit der Nutzen dieser Daten möglichst breit ist und die Daten mit verschiedenen Visualisierungen angezeigt werden können.

Um dies zu Realisieren wurde das Entwurfsmuster „Adapter“ angewendet. Dies erlaubt uns, die Daten beziehungsweise deren Datenformat entsprechend der zu verwendenden Visualisierung anzupassen.

Kontextualisierte Informationen – Relationskontext

Nachdem nun der Anschluss der Datenquellen in den Entwurf eingegangen ist, wird an dieser Stelle beleuchtet, wie der Relationskontext berücksichtigt werden kann und somit eine Verbindung verschiedener vormals isolierter Datenquellen statt findet.

Die oben beschriebenen Kontextinformationen (siehe Abschnitt 2.4) können dazu verwendet werden, Daten oder Informationen mit Kontext anzureichern – mit anderen Worten, diese Informationen zu kontextualisieren. Informationen werden dabei durch zusätzliche Informationen oder Relationen ergänzt, so dass es einem Wissensarbeiter leichter fällt, die Informationen in seinem Denken zu vernetzen und daraus Wissen zu generieren. Kontextualisierte Informationen sind demnach Informationen, die zum Beispiel

über die Meta-Informationen (Informationen über Informationen) erweitert und angereichert wurden. Weitere Erläuterungen und Beispiele sind in Abschnitt 2.4.1 diskutiert.

Insbesondere für die Kombination und Verschmelzung von verschiedenen Datenquellen wurde das Entwurfsmuster „Erbauer“ (englisch: *Builder*) verwendet. Dadurch ist die Analyse der Daten und Metadaten an einem Punkt gebündelt und die vernetzten kontextualisierten Daten stehen fortan dem System zur Verfügung.

Neben der reinen Datenanpassung kann die Möglichkeit der Relationskontextanalyse auf den Daten, die Qualität der Informationen insbesondere in ihrer Vernetztheit am wissensintensiven Arbeitsplatz stark erhöhen.

3.3.4 Visualisierungen und deren Auswahl

Der dritte und letzte Aspekt des Konzepts bezüglich externer Elemente, neben den Kontextsensoren und den Datenquellen, sind die Visualisierungen an sich. Wie in Abbildung 3.2 dargestellt, können verschiedene Visualisierungen an das System angeschlossen werden. Die verschiedenen Visualisierungen können dem System und damit dem Wissensarbeiter an seinem Arbeitsplatz zur Verfügung gestellt werden.

Über die Auswahl der Visualisierung wird dem Wissensarbeiter genau eine, am besten passende angeboten (englisch: *Best Fit*). Diese Auswahl findet dabei idealer Weise durch das System statt. Sofern sich diese Visualisierung parametrisieren lässt, kann diese in einem weiteren Schritt mit Kontextinformationen angereichert werden und so der Nutzen der Visualisierung gesteigert werden. Der Kontext steuert dabei auf unterschiedliche Arten und Weisen die Parameter der Visualisierung (siehe nächster Abschnitt 3.3.5).

Für die Auswahl der geeigneten Visualisierungsform stehen zwei Informationsquellen zur Verfügung. Dieser Informationsfluss ist in Abbildung 3.2 als gestrichelter Pfeil dargestellt. Die eine Quelle ist die Kontextinformation der Sensoren, die andere ergibt sich aus der Analyse der darzustellenden Daten. Die aktuelle Aufgabe des Wissensarbeiters könnte etwa mit einer bestimmten Visualisierungsform am Besten unterstützt werden. Auf der anderen Seite existiert für jede Datenform oder Datenstruktur eine oder mehrere besonders gut passende Visualisierungen. Speziell für letzteres gibt es einige Forschungsarbeiten in der Informationsvisualisierung, die sich mit dem Ableiten der Visualisierung aus den Daten befassen [Bör00]. Obwohl die (automatische) Auswahl der Visualisierung konzeptionell zu dem Systementwurf gehört, wird dieser Aspekt des Systems im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter verfolgt, sondern vom System per Konfiguration getroffen beziehungsweise vom Benutzer ausgewählt. Ansätze, diesen automatischen Schritt zu

berücksichtigen und zu integrieren, sind zum Beispiel in [Bör00] beschrieben und könnten in späteren Arbeiten in das hier vorgestellte System technisch integriert werden.

Als Entwurfsmuster wurde die „Fabrikmethode“ (englisch: *Factory Method*) verwendet. Diese erlaubt das Einbringen und Instantiieren verschiedener Visualisierungen, ohne diese von vorne herein zu kennen. Außerdem legt diese Methode einen genauen Ort fest, an dem entschieden wird, welche Klasse und damit Visualisierung instantiiert werden soll. In der weiteren Umsetzung geschieht dies nicht durch Automatismen, sondern durch festgelegte Einstellungen (zum Beispiel Konfigurationsdateien) oder durch Nutzerinteraktionen.

Wie die ausgewählte Visualisierung mit den entsprechenden Kontextinformationen angereichert werden kann, wird im folgenden Abschnitt beschrieben.

3.3.5 Kontextualisierte Visualisierung

Als letzter Schritt in diesem Ablauf hin zu einer kontextualisierten Visualisierung fehlt nach der Bereitstellung von Kontextinformationen und der darzustellenden Daten sowie der Auswahl einer Visualisierung noch die Anwendung der Kontextinformationen auf die Parameter der Visualisierung.

Essentiell für diesen Schritt ist, dass die Visualisierungen die Möglichkeit zur Parametrisierung mitbringen müssen. Wenn dies nicht gegeben ist, kann die eigentliche Anpassung der Visualisierung nicht vorgenommen werden. Es bleibt nur die Anreicherung der darzustellenden Daten um Relationskontext, also Verbindungen zwischen Datenelementen aus einer oder mehreren Quellen. Dafür ist eine weitergehende Anpassbarkeit der Visualisierung nicht notwendig.

Für die Anpassung der Visualisierung wird ein Abgleich zwischen den zur Verfügung stehenden Kontextinformationen und den Parametrisierungsmöglichkeiten der Visualisierung durchgeführt. Die entsprechende Komponente nimmt dabei die Kontextinformationen entgegen und wendet diese auf die Visualisierung an. Dazu kann es nötig sein, der Visualisierung beim Start zum Beispiel eine angepasste Konfigurationsdatei oder angepasste Informationen bereit zu stellen oder der Visualisierung während des Betriebs diese Kontextinformationen zu übergeben (siehe Abschnitt 3.3.2).

Lassen sich zum Beispiel einzelne Symbole in der Visualisierung durch Parameter verändern, können Erreichbarkeitsinformationen verwendet werden, um die Personen als erreichbar (englisch: *online*) oder nicht erreichbar (englisch: *offline*) zu kennzeichnen. Außerdem könnte die Größe der Symbole angepasst werden, entsprechend der Wichtigkeit oder anderer Informationen. Auf diese Art und Weise lassen sich verschiedene Kontextmaße, al-

so kontextabhängige Kennziffern oder Kenngrößen, definieren. Diese Kontextmaße stellen dann eine Verbindung von Kontextinformationen (sowohl Relationskontexte als auch Zustandskontexte) zu den Visualisierungen dar. Weitere Überlegungen zu diesen Kontextmaßen und aufgestellten Heuristiken werden bei der Beschreibung der Umsetzung im folgenden Kapitel 4 diskutiert und beleuchtet.

Insbesondere für die Versorgung der Visualisierung mit Kontextinformationen zur Laufzeit (*Push*) ist jedoch zu beachten, dass dies nicht dazu führt, dass der Wissensarbeiter in seiner aktuellen Arbeit gestört oder unterbrochen wird (Anforderung 5: unaufdringliches System). Dazu kann es von Nöten sein, die Aktualisierung der Visualisierung nur in bestimmten Zeitabständen durchzuführen oder dies bei der eigentlichen visuellen Aktualisierung zu berücksichtigen und visuelle Änderungen zu minimieren.

Um diese Komponente umzusetzen wurde das Entwurfsmuster „Vermittler“ (englisch: *Mediator*) angewendet. Dies erlaubt eine schwächere Kopplung der Komponenten, in diesem Fall zwischen den Visualisierungen auf der einen Seite und den Sensoren/Datenquellen auf der anderen Seite. Des Weiteren führt dieser Ansatz zu einer zentralen Steuerung des Ablaufs und damit einer einfachen Erweiterung des Gesamtsystems.

Verwendungsmöglichkeiten der Kontextinformationen

Auf Basis der diversen Kontextinformationen kann eine Vielzahl von Parametern der Visualisierungen beeinflusst werden. Für einzelne Anpassungen sind Heuristiken oder ähnliches anzuwenden, um nutzerbezogene und nutzungsbezogene Änderungen an den Visualisierungen auf Basis der Kontextinformation vornehmen zu können. Zu untersuchen sind unter anderem folgende Einflussmöglichkeiten:

- Hervorhebung wichtiger oder hilfreicher Informationen (zum Beispiel auf Basis auftretender Schlagwörter am Arbeitsplatz)
- Auswahl eines automatischen Einstiegspunktes in die Visualisierung (zum Beispiel auf Basis des aktuellen Kontexts des Wissensarbeiters)
- Größe und Skalierung der Visualisierung oder einzelner Elemente (zum Beispiel je nach zur Verfügung stehenden Bildschirmauflösung)
- Art der Daten (zum Beispiel netz- oder prozessartige Daten mit entsprechender Visualisierung)
- Anpassung visueller Parameter der einzelnen Elemente (zum Beispiel Statusanzeige von Aufgaben/Personen oder Größe des Elements als Indikator für dessen Wichtigkeit)

- Anpassung des Detailreichtums an den gegebenen Arbeitskontext. Dazu zählen:
 - die Steuerung von Anzahl und Menge der berücksichtigten und visualisierten Relationen und Elemente
 - Anwendung automatischer Filterregeln (zum Beispiel Hervorhebung oder Weglassung bestimmter Klassen von Informationen)
 - automatische Vorauswahl der anzuzeigenden Informationen
 - Anpassung der Größe des angezeigten Bereichs beziehungsweise der „Umgebung“ des ausgewählten Elements

Wie und welche dieser komplexen Möglichkeiten umgesetzt und evaluiert wurden, wird in dem folgenden Kapitel 4 erläutert.

3.4 Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurde ein System zur kontextualisierten Visualisierung konzipiert. Dazu wurde zu Beginn eine Anforderungsanalyse auf Basis von Nutzeranforderungen, der verwandten Arbeiten, der technischen Gegebenheiten und der einzubettenden Visualisierungen durchgeführt. Auf Basis dieser Anforderungen wurde zuerst ein *Model-View-Controller*-basierter Ansatz vorgestellt, der dann zu einem konkreteren Systementwurf erweitert wurde.

Das konzipierte System stellt ein Rahmenwerk zur adaptiven kontextualisierten Visualisierung dar. Dazu werden Kontextsensoren, Datenquellen und Visualisierungen zu einer erweiterbaren Architektur kombiniert. Ein einfaches Modell zur Beschreibung des Kontexts erlaubt dabei eine flexible Kommunikation der einzelnen Komponenten.

Nicht zuletzt wurden Kriterien für Visualisierungen am wissensintensiven Arbeitsplatz erarbeitet. Verschiedene Randbedingung beschreiben dazu Anforderungen und Eckpunkte für eine erfolgreiche Integration in das hier vorgestellte Rahmenwerk und damit für einen gewinnbringenden Einsatz am wissensintensiven Arbeitsplatz.

Auf der Grundlage dieses Kapitels folgt nun die genauere Beschreibung des Feinkonzepts und der prototypischen Umsetzung beziehungsweise Instantiierung des Systems.

*„Bei allem, was sich wirklich zu tun lohnt,
lohnt es sich, Fehler zu machen.“*

— G. K. Chesterton

Kapitel 4

Prototypische Umsetzung

Nach der Vorstellung des Ansatzes und des Systementwurfs im vorigen Kapitel wird in diesem Kapitel näher auf die Entwicklung des prototypischen Systems eingegangen. In diesem Zusammenhang werden ein Kontextmodell erarbeitet, verwendete Kontextsensoren und Visualisierungen vorgestellt und wichtige Entwurfsentscheidungen und Entwicklungswege aufgezeigt.

Dazu wird prototypisch ein System entwickelt, an das mehrere Datenquellen, Visualisierungen und Kontextsensoren angeschlossen werden können. Für die Einbindung der verschiedenen Komponenten ist jeweils eine einfach zu verwendende Schnittstelle definiert worden. Dieses Leitmotiv gilt insbesondere zwischen den Kontextsensoren und den Visualisierungen.

4.1 Feinkonzept der Architektur

Ausgehend von dem Ansatz (Abschnitt 3.2) und dem Systementwurf (Abschnitt 3.3) wird an dieser Stelle das Feinkonzept vorgestellt. Dazu wird der Entwurf, wie er in Abbildung 3.2 auf Seite 47 dargestellt ist, verfeinert. Das Resultat dieser Verfeinerung ist im folgenden UML Klassendiagramm zu sehen (Abbildung 4.1) und liefert eine genauere Beschreibung des prototypischen Systems beziehungsweise dessen Implementierung.

Im Folgenden wird diese Implementierung besprochen, welche in Java und XML vorgenommen wurde. Um ein besseres Verständnis der Implementierung zu ermöglichen, wird das Rahmenwerk detailliert anhand des Klassendiagramms in Abbildung 4.1 beschrieben. Hierbei wurden die Klassen in die bereits eingeführten und beschriebenen Ebenen „Model“, „View“ und „Controller“ eingeordnet (siehe MVC-Entwurfsmuster in Abschnitt 3.2). Die ein-

zelen Klassen sowie wichtige Aspekte der Umsetzung einzelner Klassen und Konzepte werden im Folgenden beschrieben. Für ein leichteres Verständnis des UML-Klassendiagramms fangen Schnittstellen (englisch: *Interfaces*) und abstrakte Klassen mit einem großen „I“ im Namen an.

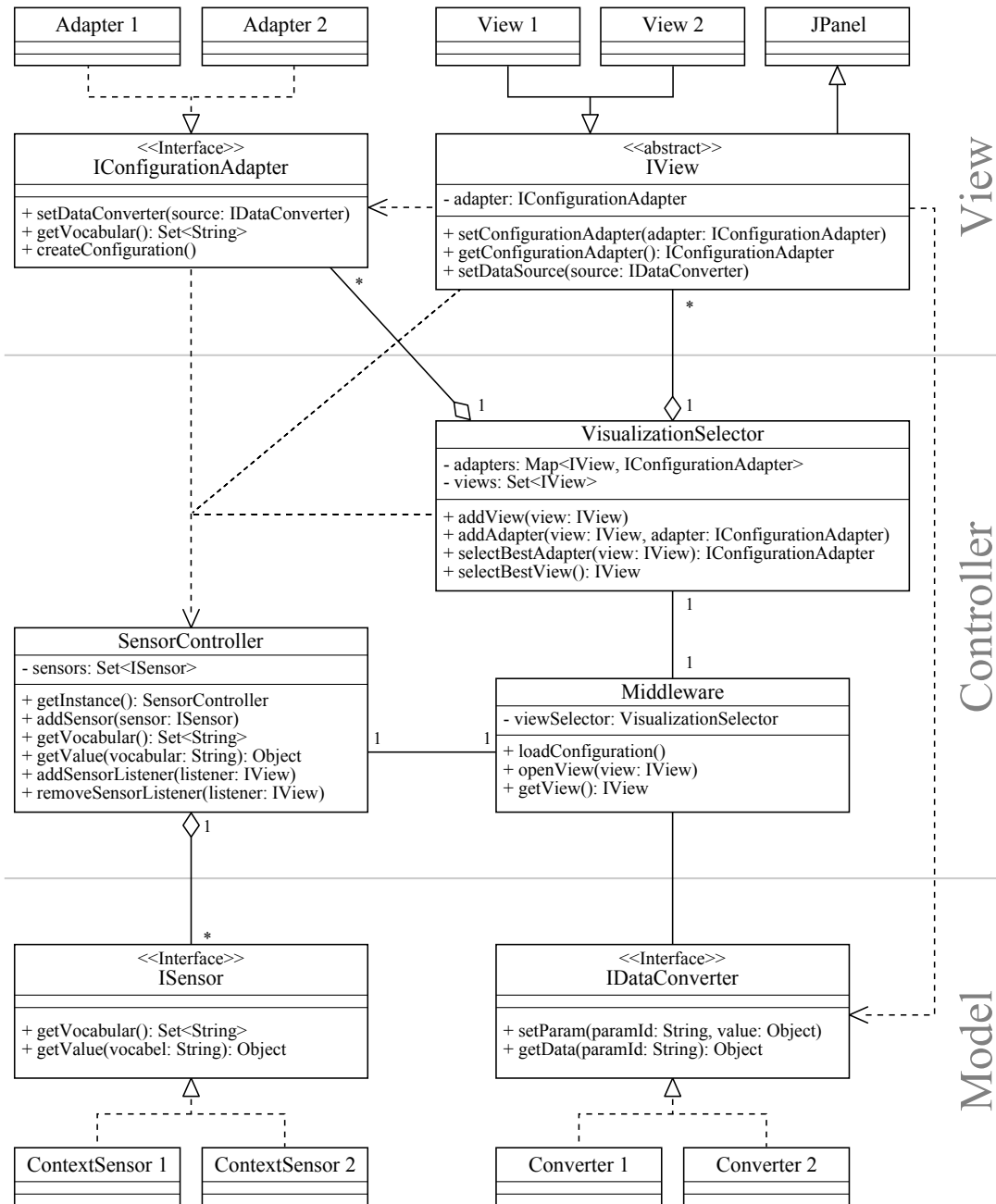


Abbildung 4.1: UML Klassendiagramm des Systems

Ausgangspunkt für das Rahmenwerk ist die Klasse `MIDDLEWARE`, die als zentrale Schnittstelle zu der restlichen Anwendung dient. Wie bereits im Abschnitt 3.3.5 besprochen wurde dabei das Entwurfsmuster „Vermittler“ umgesetzt [GHJV95], welches vor allem eine schwächere Kopplung der Komponenten erlaubt. Über diese zentrale Klasse können die einzelnen Visualisierungen geöffnet und geschlossen werden. Diese zentrale Steuerung erlaubt eine einfache Erweiterung des Gesamtsystems. Von ihr ausgehend werden auch die restlichen Teile des Rahmenwerks initialisiert und kontrolliert. Die Klassen `SENSORCONTROLLER`, `VISUALIZATIONSELECTOR` und `MIDDLEWARE` bilden dabei die Schicht „Controller“, über die die Verwaltung der Kontextsensoren und Visualisierungen funktioniert und die den automatisierten Informationsaustausch ermöglicht. Die Schnittstelle `ICONFIGURATIONADAPTER` und die abstrakte Klasse `IVIEW` bilden dabei das Grundgerüst für die Schicht „View“; die Schnittstellen `ISENSOR` und `IDATACONVERTER` dementsprechend für die „Model“-Schicht.

Im Folgenden werden die einzelnen Klassen Schicht für Schicht besprochen und die Schnittstellen dargelegt.

4.1.1 Design

In der „View“-Schicht repräsentiert die abstrakte Klasse `IVIEW` eine kontextualisierte Visualisierung wie beispielsweise die Prozessansicht oder den TopicMap Viewer (diese Visualisierungen werden weiter unten im Abschnitt 4.2 besprochen). Jede kontextualisierte Visualisierung muss von dieser abstrakten Klasse erben und deren abstrakte Methoden überschreiben, um in das Rahmenwerk integriert werden zu können. Die Klasse `IVIEW` erbt von der Klasse `JPANEL`, die der Familie der grafischen Swing-Komponenten angehört. Das Erben von dieser Klasse ermöglicht es, die kontextualisierten Visualisierungen sowohl in einem eigenen Fenster anzeigen zu lassen als auch diese eventuell mit weiteren (kontextualisierten) Visualisierungen in einem anderen Fenster zu integrieren und zu kombinieren.

Sofern benötigt, können der Visualisierung bei der Initialisierung noch zusätzliche Informationen hinzugefügt werden. Dies geschieht über die Methode `setDataSource(IDATACONVERTER source)`. `IDATACONVERTER` wird dabei als eine Art Hülle (englisch: *Wrapper*) oder *Container* verwendet, der beliebig viele Informationen enthält. Die konkreten Datenkonverter, die die Schnittstelle `IDATACONVERTER` umsetzen, beziehen die Daten dabei zum Beispiel aus XML-Dateien, Datenbanken oder anderen Quellen. Diese Daten können mittels der Zugriffsmethode `getData(String id)` ausgelesen und in den Visualisierungen verwendet werden. Dazu findet in den Datenkonvertern nicht nur eine Konvertierung der Daten und Datenformate statt. Vielmehr kann an dieser Stelle auch Datenanalyse und -anreicherungen umgesetzt werden, was zu neuen Relationskontextinformationen führt (siehe Abschnitt 2.4.1).

Zu jeder kontextualisierbaren Visualisierung gehört ein passender Adapter (`ICONFIGURATIONADAPTER`). Dieser hat die Aufgabe, bei der Initialisierung der Visualisierung den Kontext sowie mögliche weitere Informationen, die mittels `IDATACONVERTER` übergeben wurden, zu analysieren und die Ansicht so bestmöglich anzupassen und zu parametrisieren. Beispielsweise könnten bestimmte Bereiche der Visualisierung ein- oder ausgeblendet werden, wenn eine bestimmte Kontextinformation verfügbar ist.

Verwaltet werden alle Visualisierungen durch die Klasse `VISUALIZATIONSELECTOR`. Neben dieser hat der `VISUALIZATIONSELECTOR` noch eine weitere Aufgabe. Beim Öffnen einer Visualisierung sucht die Klasse den zu dieser Ansicht am „besten“ passenden Konfigurationsadapter aus. Der konkrete Konfigurationsadapter muss die Schnittstelle `ICONFIGURATIONADAPTER` bereitstellen. Über diesen Adapter gelangen die Kontextinformationen zu der Visualisierung, indem die Konfiguration der Visualisierung entsprechend der Umgebungs- oder Kontextinformation angepasst wird.

Die Auswahl dieses Konfigurationsadapters wird im prototypischen System über die Anzahl der verwendeten Kontextinformationen des `ICONFIGURATIONADAPTERS` bestimmt. Dazu wird die Schnittmenge der Vokabulare des Konfigurationsadapters mit der Summe der Vokabulare aller Kontextsensoren gebildet. Es wird der Konfigurationsadapter ausgewählt, für den sich die größte Schnittmenge ergibt. Bei gleicher Anzahl verwendeter Kontextinformationen entscheidet das Los zwischen den entsprechenden Adaptern.

Der Ansatz zur Auswahl des Kontextadapters kann mit weiteren beziehungsweise anderen Kriterien noch weiter ausgebaut werden, welche jedoch im Rahmen dieser Arbeit nicht umgesetzt wurden. So kann beispielsweise die Auswahl der Adapter aufgrund konkreter Kontextinformationen vorgenommen werden. Wenn die Adapter etwa angeben, für welche Auflösung sie optimiert sind, kann dadurch je nach zur Verfügung stehender Auflösung der beste Adapter bestimmt und ausgewählt werden.

Kontextsensoren werden durch Klassen dargestellt, die die Schnittstelle `ISENSOR` implementieren. Jeder Kontextsensor gibt über die festgelegte Methode `getVocabulary()` an, welche Kontextinformationen er bereitstellt. Das zurückgegebene Vokabular ist eine Liste von Schlüsseln, der Schlüssel-Wert-Paar-basierten Kontextinformationen. Eine tiefere Diskussion des verwendeten Kontextmodells und damit des Vokabulars findet im Abschnitt 4.1.3 über die Kommunikation statt. Über die Methode `getValue(String vocable)` kann auf die entsprechende Kontextinformation zugegriffen werden. Das Argument `vocable` stellt hier den eindeutigen Schlüssel zu einer Kontextinformation dar. Der Rückgabewert der Methode `getValue(String vocable)` ist vom Typ `OBJECT`. Dadurch werden dem Programmierer alle Freiheiten bei der Übertragung von Kontextinformationen gelassen.

Diese Freiheit bei den Rückgabewerten bringt aber auch Nachteile bezüglich der Verarbeitung mit sich. Dies wird durch folgendes Beispiel veranschau-

licht. Ein Kontextsensor gibt eine Liste an Wörtern aus. Bei dem Typ des Rückgabewerts könnte es sich um ein `ARRAY` mit `STRINGS` handeln, ein `VECTOR` mit `STRING`-Einträgen oder auch ein Objekt vom Typ `LIST` mit `STRINGS`. Mit dem Befehl `instanceof` kann zwar getestet werden, um welchen Typ es sich bei dem Rückgabewert handelt, dieses Verfahren ist allerdings sehr umständlich, wenn viele verschiedene Rückgabetypen in Frage kommen. Trotz dieses Nachteils wurde dieser Mechanismus in dieser Arbeit verwendet, da die Vorteile überwiegen: der Ansatz ist sowohl von Seiten der Kontextsensoren und Visualisierungen als auch von dem Rahmenwerk einfach umzusetzen und er zieht keine Einschränkung der Allgemeingültigkeit der Arbeit nach sich. Des Weiteren kann eine Standardisierungsinstanz den Rückgabotyp zu jedem Element des Alphabets eindeutig definieren, um dieser Mehrdeutigkeit entgegen zu wirken. Mehr zu diesem Punkt in Abschnitt 4.1.3.

Der `SENSORCONTROLLER` verwaltet die Kontextsensoren und stellt der gesamten Anwendung die Kontextinformationen zentral zur Verfügung. Der `SENSORCONTROLLER` ist als *Singleton* implementiert und dient als direkter Ansprechpartner für Visualisierungen und andere Programmteile, die die Kontextinformationen nutzen möchten. Er vereint dabei die Informationen der einzelnen Kontextsensoren (Entwurfsmuster Fassade). Ähnlich wie bei einem einzelnen Kontextsensor können dabei über die Methoden `getVocabular()` und `getValue(STRING vocable)` die verfügbaren Kontextinformationen erfragt werden.

Nachdem nun alle einzelnen Komponenten und Klassen besprochen wurden, geht es im nächsten Abschnitt um die Konfiguration oder Komposition des Rahmenwerks, bevor anschließend die Kommunikation zwischen den Komponenten und die Kontextmodellierung besprochen wird.

4.1.2 Konfiguration des Rahmenwerks

Die Konfiguration des Rahmenwerks erfolgt über eine XML-Datei, welche über ein XML Schema definiert wird (siehe Anhang A.1.2). Die Konfiguration über eine separate XML-Datei wurde gewählt, um die Wartbarkeit des Rahmenwerks sicher zu stellen. Sie ermöglicht es zusätzliche Kontextsensoren und Visualisierungen dem prototypischen System hinzuzufügen, ohne dabei den Quellcode zu verändern. Das Format XML wurde ausgewählt, weil es eine gute maschinelle und menschliche Lesbarkeit und Validierungsmöglichkeiten bietet. Somit können syntaktische Fehler frühzeitig vermieden werden.

Bei Initialisierung der Klasse `MIDDLEWARE` wird als erstes die XML-Datei `Middleware.config.xml` geladen. Sie enthält alle wichtigen Einträge, die in Bezug auf das Rahmenwerk gemacht werden können:

- Kontextsensoren
- Datenquellen
- Visualisierungen

In dieser Datei werden alle Komponenten angegeben, welche dem Rahmenwerk hinzugefügt werden sollen. Außerdem werden zu jeder kontextualisierten Visualisierung alle `ICONFIGURATIONADAPTER` Klassen angegeben, die berücksichtigt werden sollen, sowie zusätzliche Informationen, die den Visualisierungen zur Verfügung stehen sollen. Zur besseren Verständlichkeit ist im Anhang A.1.1 eine Beispielkonfiguration abgebildet.

Die Angabe der einzelnen Komponenten erfolgt dabei über den kompletten Klassennamen. Über den Paket- und Klassennamen werden Kontextsensoren, kontextualisierbare Visualisierungen und dazugehörige Adapter und Datenquellen eindeutig identifiziert. Nachdem die `MIDDLEWARE` Klasse die Konfigurationsdatei geladen hat, erstellt der Java Klassenlader der Virtuellen Java Maschine von jeder angegebenen Klasse eine Instanz und übergibt sie dem `VISUALIZATIONSELECTOR` beziehungsweise dem `SENSORCONTROLLER`. Falls es sich dabei um eine kontextualisierbare Visualisierung handelt, wird dieser anschließend noch die entsprechende Datenquelle übergeben.

Zum erneuten Laden der Konfigurationsdatei wird in der Klasse `MIDDLEWARE` die Methode `loadConfigurationFile(String configPath)` angeboten. Damit lässt sich während der Laufzeit des Programms das Rahmenwerk anpassen. Somit können Kontextsensoren bequem ausgetauscht oder zusätzliche kontextualisierbare Visualisierungen nachgeladen werden. Ein erneutes Starten der Anwendung ist hierbei nicht nötig.

Bevor es um die Einsatzszenarios, also konkrete Instanzen des Rahmenwerks geht, muss noch die Kommunikation im Rahmenwerk besprochen werden.

4.1.3 Kommunikation und Kontextmodell

Wenn es um die Kommunikation innerhalb des Rahmenwerks geht, müssen zwei Aspekte besprochen werden: der Inhalt und das Protokoll. Der Inhalt der Kommunikation wird mit dem Kontextmodell beschrieben (das *was*), während das Protokoll (das *wie*) über die Schnittstellen und Kommunikationswege definiert wird. Diese beiden Aspekte werden in den folgenden Abschnitten dargelegt.

Modellierung des Kontexts

Bei dem Kontextmodell geht es um eine einfache, eindeutige und erweiterbare Darstellung des Kontexts für die Kommunikation zwischen den Kom-

ponenten des Rahmenwerks. Für die Kommunikation ist die Modellierung des Kontexts von besonderer Bedeutung, da auf diese Art und Weise die Kontextinformation und damit die aktuelle Arbeitssituation des Wissensarbeiters von den Kontextsensoren an die Visualisierungen und die anderen Komponenten des Systems übergeben werden.

Bei der Modellierung des Kontexts geht es um die Repräsentation der Kontextinformationen innerhalb des Systems. Für die Modellierung existieren in der Literatur verschiedene Ansätze. Diese reichen von einfachen Schlüssel-Wert-Paaren [SAW94] über UML und XML Schemata [Mos08] bis hin zu komplexen ontologiebasierten Modellen [SLP04]. Obwohl diese komplexen ontologiebasierten Modelle eine Validierung und automatische Schlussfolgerungen (englisch: *Reasoning*) erlauben, sind sie für die vorliegende Arbeit zu schwergewichtig, da Änderungen im Kontextmodell aufwendig nachzumodellieren sind.

Als Anforderung wurde jedoch im Abschnitt 3.1 ein einfaches und leicht anpassbares Kontextmodell formuliert (Anforderung 15). Aus diesem Grund wurde sich im Rahmen dieser Arbeit für Verwendung von Schlüssel-Wert-Paaren entschieden. Die Schlüssel (englisch: *Key*) sind dabei vom Typ *String*, während die Werte (englisch: *Value*) vom Typ *Objekt* sind. Diese Paare bilden für die einzelnen Komponenten die Vokabulare. Die Summe aller dieser Vokabulare bildet das Vokabular des gesamten Rahmenwerks.

Dies stellt eine adäquate Modellierung des Kontexts für das vorgestellte Rahmenwerk dar. Auf der einen Seite verbindet das Kontextmodell die Komponenten auf diese Weise miteinander, auf der anderen Seite entkoppelt es diese gleichzeitig, indem es einen losen Abgleich zwischen den Fähigkeiten der Visualisierung und den Kontextsensoren erlaubt.

Einige Beispiele sollen das Kontextmodell verdeutlichen. Ein konkreter Kontextschlüssel ist `screen_size`. Mögliche Werte für diesen Schlüssel sind „1024x768“ für einen Bildschirmarbeitsplatz oder „200x200“ für ein Mobiltelefon. Andere Beispiele sind `loudness` mit dem Wert „98db“ oder `applications` mit dem Wert „[`eclipse.exe`, `word.exe`, `skype.exe`]“.

Diesen Vorteilen steht gegenüber, dass die einzelnen Elemente des Vokabulars nicht festgelegt oder modelliert sind. Dieser Umstand wurde weiter oben bereits angesprochen (Abschnitt 4.1.1). Im Rahmen dieser Arbeit gehen wir daher davon aus, dass das Vokabular fest und insbesondere die Wertetypen eindeutig für jeden Schlüssel definiert sind. Dies ist besonders zu beachten, wenn mehrere Kontextsensoren und/oder kontextualisierbare Visualisierungen eine nicht-leere Schnittmenge in ihren Vokabularen haben. Diese Einschränkung ist allerdings nicht einschneidend und erlaubt weiterhin eine einfache Ergänzung um neue Schlüssel-Wert-Paare, sollte es bei der Bereitstellung neuer Kontextsensoren und Visualisierungen angebracht sein (Anforderung 4.1.1). Als weitergehende Lösung aus dieser Situation ist eine Art Standardisierung denkbar, welche das gesamte Vokabular mit allen

möglichen Schlüsseln und Wertebereichen definiert und/oder erweitert. Aus diesem Grund wird in dieser Arbeit die Eindeutigkeit des Rückgabetyps angenommen beziehungsweise vorausgesetzt. Dieser Schritt hat dabei keinen Einfluss auf die Allgemeingültigkeit des Ansatzes.

Kommunikationsschnittstellen im Rahmenwerk

In diesem Abschnitt geht es um die Kommunikation, das Protokoll, und damit um das Zusammenspiel der beschriebenen Komponenten und Klassen. Dabei geht es an dieser Stelle, ergänzend zum Kontextmodell im vorigen Abschnitt, um das *wie*, also um die Frage auf welche Art die Kommunikation statt findet.

Wie bereits im Konzept beschrieben (siehe Abschnitt 3.3.2), unterstützt das Rahmenwerk sowohl den *Pull*- als auch den *Push*-Mechanismus bei der Übertragung der Kontextinformationen von den Kontextsensoren zu den Visualisierungen. An dieser Stelle wird die technische Umsetzung der Mechanismen in Java beschrieben.

Beim *Push*-Mechanismus wird vorausgesetzt, dass der eigentliche Kontextsensor von der Klasse OBSERVABLE erbt und die eigentliche Visualisierung (Unterklasse der abstrakten Klasse IVIEW) die Schnittstelle OBSERVER implementiert. Der Verbindungsaufbau bei der *Push*-Methode wird bei der Initialisierung der Visualisierung vorgenommen. Der SENSORCONTROLLER verknüpft dabei Visualisierung und Kontextsensor miteinander.

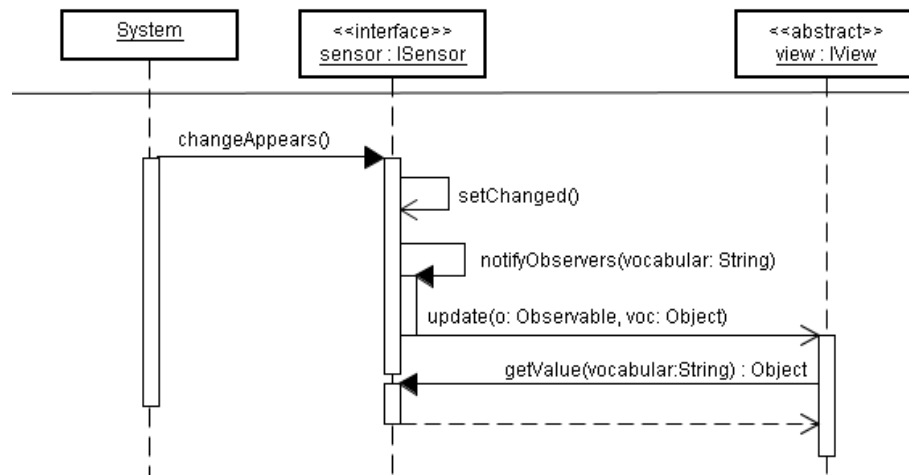


Abbildung 4.2: *Push*-Verfahren als Sequenzdiagramm

Der *Pull*-Zugriff erfolgt dabei direkt über den SENSORCONTROLLER, der als Singleton und Fassade eine zentrale Zugriffsstelle auf alle Kontextinformationen des Systems bereitstellt.

Abbildung 4.2 verdeutlicht den Informationsaustausch im *Push*-Verfahren in einem Sequenzdiagramm, während Abbildung 4.3 das *Pull*-Verfahren verdeutlicht. „System“ stellt hierbei keine Klasse dar, sondern dient vielmehr der Bündelung der äußeren Ereignisse, die vom Rahmenwerk verarbeitet werden sollen.

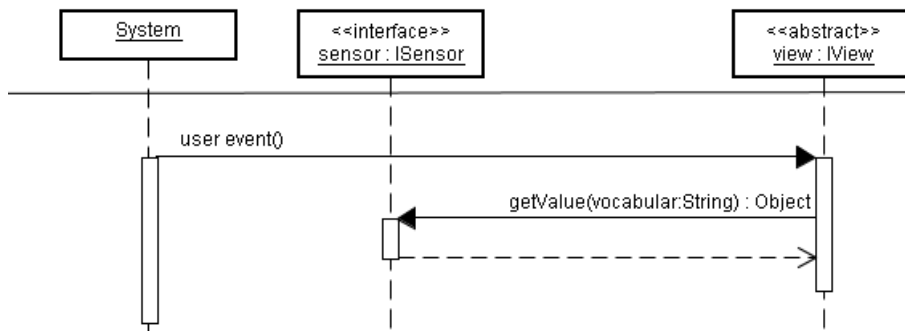


Abbildung 4.3: *Pull*-Verfahren als Sequenzdiagramm

Bevor Informationen über das *Push*-Verfahren ausgetauscht werden können, muss zuerst die Verbindung zwischen der Visualisierung und dem Kontextsensor hergestellt werden. Beim *Pull*-Verfahren ist dies nicht notwendig, da hier die Visualisierung als erfragende Komponente die Informationen indirekt durch den SENSORCONTROLLER erhält.

Visualisierung und Kontextsensoren benötigen für die Kommunikation ein gemeinsam unterstütztes Vokabular. Sobald hier eine Übereinstimmung des Vokabulars existiert, wird die Verbindung zwischen beiden hergestellt. Das Vokabular der Visualisierung definiert hierbei der dazugehörige ICONFIGURATIONADAPTER. Eine nähere Betrachtung des Vokabulars und damit auch des Kontextmodells findet im Anschluss statt.

Mit der Kommunikation ist das gesamte Rahmenwerk technisch beschrieben und somit technisch einsatzfähig. Wie dieses Rahmenwerk eingesetzt beziehungsweise instantiiert wurde, darum geht es in den nächsten Abschnitten.

4.2 Einsatzszenarios

Bis zu diesem Punkt wurden in diesem Kapitel die technischen Aspekte des prototypischen Systems für kontextualisierte Visualisierung besprochen. An dieser Stelle werden zwei Einsatzszenarios vorgestellt, in denen das prototypische System eingesetzt und instantiiert wurde. Nach einer kurzen Einführung in die jeweiligen Gegebenheiten werden Einsatz, Durchführung und Nutzen der Szenarios besprochen. Beide Einsatzszenarios beziehen sich auf die Zielgruppe dieser Arbeit – den Wissensarbeiter und setzen informel-

les Lernen um. Informelles Lernen will dazu technisch Unternehmensdaten beibehalten, und unterstützt laut [Era00] und [Sim00] unter anderem den Zugang zu Informationen und Personen (siehe „Elemente des informellen Lernens“ unter Abschnitt 2.2.5). Der Unterschied zwischen den beiden Szenarios liegt vor allem in den verwendeten Daten und der Nutzungsbreite. Während das erste Szenario benutzerdefinierte leichtgewichtige Aufgaben und Prozesse inklusive zugewiesenen Personen explorierbar macht, setzt das zweite Szenario auf einen breiteren Ansatz – eine Benutzerkontextgesteuerte Anzeige bestehender modellierter Informationen (Kompetenzen, Personen, Aufgaben, Lernziele und -inhalte).

4.2.1 Einsatzszenario EUDISMES

Das Verteilen von Aufgaben in Unternehmen geschieht oftmals per E-Mail [BDHS03]. Aufgaben werden in Aufgabenlisten, wie sie von E-Mail-Programme wie Microsoft Outlook angeboten werden, organisiert und an Mitarbeiter delegiert [BDG⁺04]. Die Empfänger von Aufgaben brechen diese in Teilaufgaben für sich herunter und delegieren Teile davon wiederum an weitere Mitarbeiter. Der Fortschritt der Aufgabenbearbeitung muss von den Empfängern an die Sender selbstständig gemeldet werden oder umgekehrt von den Sendern abgefragt werden. Eine globale Sicht auf die Aufgabenhierarchie, also auf den Prozess, ist derzeit nicht möglich [SSF08].

Bei diesem Szenario handelt es sich um informelles Lernen (siehe Abschnitt 2.2.5), da Prozessdaten eine wichtigen Informationsquelle am wissensintensiven Arbeitsplatz darstellen und sowohl Informationen als auch Personen über das System erreichbar und auffindbar sind. Des Weiteren ermöglicht das in diesem Szenario instantiierten Rahmenwerk dem Benutzer einen Überblick über alle dargestellten Informationen zu erhalten: Aufgaben, Ressourcen und Personen.

Im Folgenden wird das Projekt EUDISMES vorgestellt, das mit der Software „Collaborative Task Manager“ einen Beitrag zur Lösung der oben genannten Problemfelder leistet und dessen Daten eine Grundlage für die kontextualisierte Unterstützung von Wissensarbeitern in dieser Arbeit bilden.

Projekt EUDISMES

EUDISMES steht für „End User Development In Small and Medium Enterprise Softwaresystems“ [EUD09]. Das Ziel dieses Projektes ist es, Fachpersonal die Möglichkeit zu verschaffen, trotz geringer IT-Kenntnisse die Arbeitsabläufe im Unternehmen zu beeinflussen und schwach strukturierte Prozesse zu Workflows zu etablieren. Das Management schwach strukturierter Prozesse wird realisiert, indem es Endbenutzern ermöglicht wird, ihre Arbeitsschritte in hierarchische Aufgabenlisten mit Teilaufgaben zu strukturi-

rieren. Aufgaben und Teilaufgaben können an andere Mitarbeiter delegiert werden, welche die empfangenen Aufgaben wiederum weiter strukturieren können. Die Delegation von (Teil-)Aufgaben verbindet Aufgabenlisten mehrerer Mitarbeiter zu einem Gesamtprozess. Die im Rahmen dieses Projektes entwickelte Software, die diese Funktionen anbietet, heißt Collaborative Task Manager (CTM) und wird im Folgenden vorgestellt [SSF08, SSS07].

Collaborative Task Manager (CTM)

Der Collaborative Task Manager ist ein Plugin für Microsoft Outlook und erweitert die vorhandenen Möglichkeiten der E-Mail- und Aufgabenverwaltung. Nach der Installation des CTM findet man eine zusätzliche Menüleiste in Outlook, die das Öffnen der Aufgabenübersicht sowie das direkte Anlegen neuer Aufgaben ermöglicht. Ein Screenshot der Aufgabenübersicht des CTM ist in Abbildung 4.4 zu sehen. Auf der linken Seite der Abbildung sind die Hierarchien meiner Aufgaben abgebildet. Eine detailliertere Liste der einzelnen Aufgaben ist ergänzend dazu auf der rechten Seite der Abbildung zu sehen. Aufgaben können über dieses Werkzeug neu angelegt, unterteilt, gelöscht oder delegiert werden.

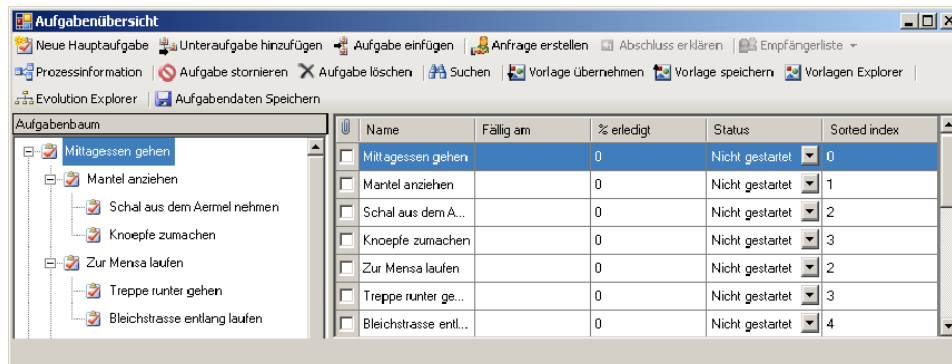


Abbildung 4.4: Aufgabenübersicht des Collaborative Task Managers

Das Plugin ermöglicht die Nutzung des Paradigmas Programmierung-durch-Beispiel (englisch: *Programming by Example*) [Lie01]. Dabei werden Benutzeraktionen auf CTM-Aufgaben verfolgt und die Daten auf einem zentralen Server repliziert. Somit können aus individuellen Aufgabenhierarchien globale Prozessstrukturen abgeleitet werden.

Alle Informationen, die der CTM speichert, werden in einer zentralen Datenbank abgelegt und können als Aufgabenhierarchien in einer grafischen Ansicht angezeigt werden. Was jedoch fehlt, ist eine Anzeige von Zusammenhängen, wie beispielsweise eine Übersicht über Aufgaben, die von einem bestimmten Mitarbeiter bearbeitet werden und Auskunft über seine Auslastung geben können. Hier setzt die vorliegende Arbeit an und erweitert

die grafische Anzeige der gespeicherten Informationen um solche Kontextinformationen. Die Informationen über Aufgaben, Prozesse, Ressourcen und Mitarbeiter dienen der in dieser Arbeit entwickelten Anwendung als Datengrundlage.

Anbindung an das Rahmenwerk

Die Architektur des EUDISMES Szenarios beschreibt das Zusammenspiel der einzelnen Programmteile. Dabei handelt es sich zum einen um die Java-Anwendung, welche die Basis bildet und zum anderen um den TopicMap Viewer, der in Flash implementiert ist. Zunächst folgt jedoch ein kurzer Überblick zur Architektur.

Die Java-Anwendung stellt das verbindende Element zwischen den Rohdaten aus der EUDISMES-Datenbank (siehe oben) und der Visualisierung der kontextualisierten Informationen im TopicMap Viewer dar. Darüber hinaus zeigt das System Detailinformationen in einer Seitenleiste, rechts neben dem TopicMap Viewer an. Diese Seitenleiste zeigt Informationen an, die nicht in der Visualisierung angezeigt werden. Dies kann entweder nötig sein, wenn die Visualisierung es nicht zulässt oder die Darstellung zu komplex und unübersichtlich werden würde. Abbildung 4.5 zeigt zur Verdeutlichung ein Schaubild.

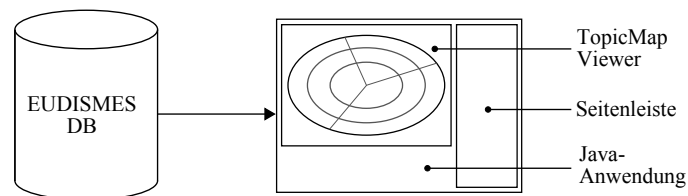


Abbildung 4.5: Zusammenspiel der Programmteile in EUDISMES

Um die EUDISMES Daten in der kontextualisierten Visualisierung anzuzeigen, müssen diese erstens in das entsprechende Format umgewandelt werden (in diesem Fall XTM über eine Instanz eines IDATACONVERTER) und zweitens die Konfiguration der Visualisierung entsprechend angepasst werden (über einen ICONFIGURATIONADAPTER). Dieser Vorgang ist in Abbildung 4.6 verdeutlicht. Die dargestellte Extraktion der Kontextinformationen bezieht sich dabei auf Relationskontext (siehe Abschnitt 2.4.1).

Der TopicMap Viewer ist eine Webanwendung, die sich leicht in eigene Webpräsenzen integrieren lässt, um bestehende Daten zu visualisieren. Die hohe Konfigurierbarkeit ermöglicht dabei einen vielseitigen Einsatz zur Visualisierung verschiedenster Daten. Dieses Visualisierungswerkzeug, eignet sich insbesondere für die Darstellung von leicht untereinander vernetzten Bäumen oder Hierarchien [GB07]. Als zugrundeliegende Daten werde TopicMaps

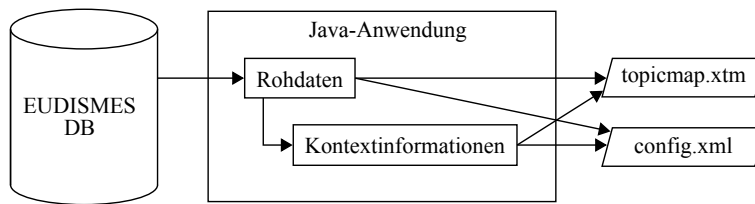


Abbildung 4.6: Datenfluss der Kontextualisierung

verwendet, die mit Hilfe des Standards XTM (XML TopicMaps [Top01]) beschrieben sind. Um diese Visualisierung als Flash-Komponente in die Java-basierte EUDISMES-Anwendung einzubetten, wurde mittels JDIC eine Brücke geschaffen [JDI09]. Durch diese Brücke stellt sich der TopicMap Viewer dem Rahmenwerk als normale Visualisierung dar, indem es auf der Java-Seite von der abstrakten Klasse IVIEW erbt. Eine genauere technische Beschreibung dieses Vorgehens ist im Anhang in Abschnitt A.2 beschrieben.

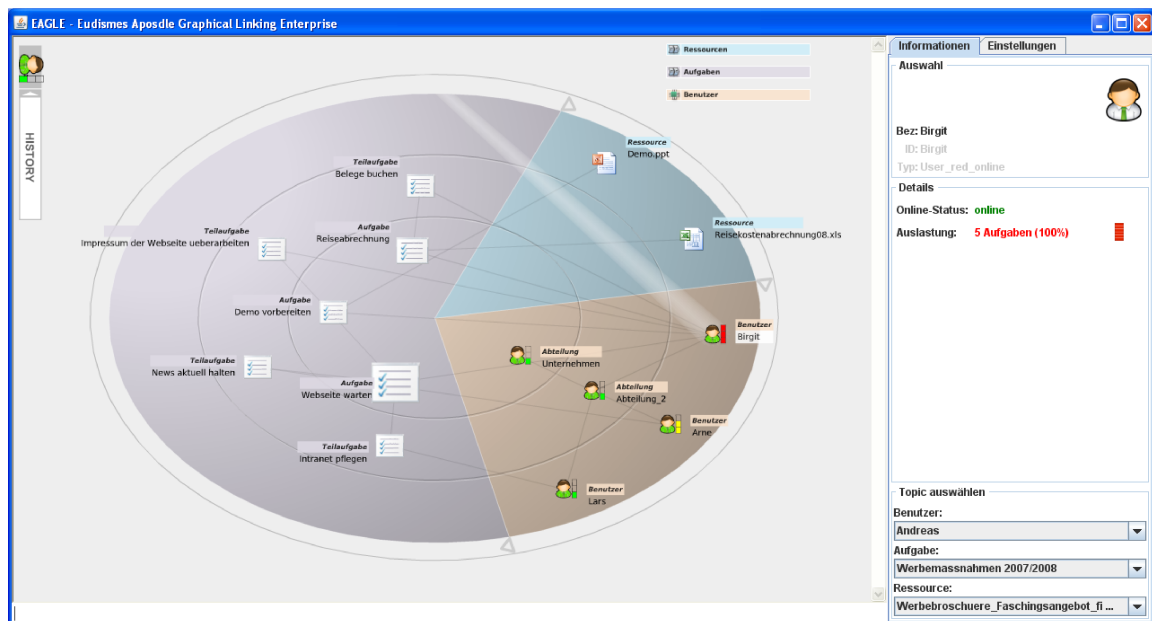


Abbildung 4.7: Kontextualisierter TopicMap Viewer in EUDISMES

Abbildung 4.7 zeigt das Ergebnis dieser Integration des TopicMap Viewers in die EUDISMES-Anwendung [God09]. Auf der linken Seite der Anwendung ist die eingebettete Visualisierung zu erkennen. Kreisförmig angeordnet sind die Sektoren zu Personen, Ressourcen und Aufgaben. Dabei spiegelt sich die Hierarchie der Aufgaben und Personen in den Ringen der Visualisierung wieder. Aufgaben auf einer tieferen Hierarchie- oder Delegationsebene sind demnach weiter außen lokalisiert. Insbesondere werden auch die Verbindungen

dungen zwischen den einzelnen Elementen angezeigt und so erstmals dem Benutzer auf einfache und grafische Art und Weise zugänglich. So sind in der Visualisierung Personen mit ihren Aufgaben, Aufgaben mit delegierten Aufgaben und Ressourcen zu den Aufgaben dargestellt.

Kontextualisierte Informationen finden sich in Form der einzelnen grafischen Elemente. So werden zum Beispiel komplexere Aufgaben in der Visualisierung größer dargestellt oder Auslastung und Erreichbarkeit von Personen in der Art des Symbols. Eine nähere Betrachtung dieser Kontextmaße und Darstellungen innerhalb der Visualisierung findet weiter unten in Abschnitt 4.2.4 statt.

Auf der rechten Seite ist die Seitenleiste zu sehen, die weitergehende und ergänzende Informationen bereithält. In diesem Bereich der Anwendung sind tiefere Daten, Kontextinformationen und insbesondere numerische Informationen zu sehen.

Dieses Werkzeug mit der kontextualisierten Visualisierung stellt für den Benutzers erstmals eine grafisch explorierbare Darstellung der kooperativ erstellten leichtgewichtigen Prozessinformationen mit allen zugehörigen Personen und Ressourcen dar.

4.2.2 Einsatzszenario APOSDLE

Als zweites Szenario wurde das Projekt APOSDLE gewählt. APOSDLE steht für „Advanced Process-Oriented Self-Directed Learning Environment“. Das Ziel dieses Projektes liegt darin, die Produktivität von Wissensarbeitern zu verbessern, indem informelle Lern- und Lehraktivitäten im Zusammenhang mit täglichen Arbeitsprozessen und innerhalb der normalen Arbeitsumgebung unterstützt werden [MHT⁺05].

Die im E-Learning bisher üblicherweise getrennt betrachteten Forschungsfelder Lernen, Lehren und Zusammenarbeiten werden in APOSDLE integriert und als Einheit betrachtet. Damit werden zum einen Synergieeffekte genutzt, zum anderen werden Wissensarbeitern alle drei Tätigkeitsfelder zu jeder Zeit an ihrem gewohnten Arbeitsplatz zugänglich gemacht.

Weitere Synergien zwischen Lernen und dem Wissensmanagement werden durch die Wiederverwendung und Aufbereitung von Inhalten genutzt, die ursprünglich nicht als Lehrmaterialien gedacht waren, sodass keine neuen Materialien erstellt werden müssen. Dabei werden verschiedene Kontexte des Benutzers berücksichtigt, wie die Kompetenzen des Mitarbeiters oder die aktuelle Arbeitssituation [LLM05]. All dies sind nach [Era00] und [Sim00] Elemente des informellen Lernens (siehe Abschnitt 2.2.5).

Ein zentraler Aspekt des APOSDLE-Projektes ist die implizite Versorgung von Wissensarbeitern mit Informationen, die sie nicht ausdrücklich abgefragt

haben. In der APOSDLE-Seitenleiste werden dem Benutzer Lernereignisse, Dokumente (Ressourcen) und Mitarbeiter (Experten) angezeigt, die ihn bei seinem aktuellen Arbeitsprozess unterstützen können. Der Arbeitsschritt kann entweder vom Benutzer aus einem vormodellierten Prozess ausgewählt oder aber vom APOSDLE-Rahmenwerk anhand der Desktop-Aktionen des Benutzers automatisch erkannt worden sein [LGF08a, LM06].

Um diese Inhalte mit kontextualisierten Zusatzinformationen zu Prozessen anzureichern und dem Benutzer eine intuitive Anzeigemöglichkeit zu bieten, wurden in APOSDLE unter anderem eine Prozessansicht und eine TopicMap-Anzeige integriert, die genau diese Anforderungen erfüllen.

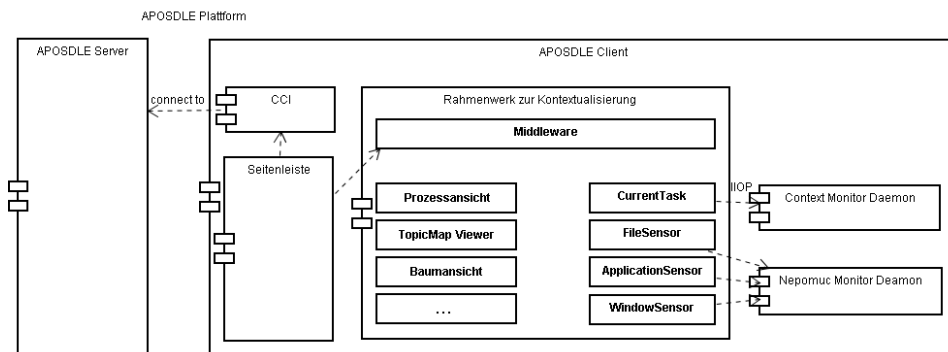


Abbildung 4.8: Zusammenspiel der Programmteile in APOSDLE

In Abbildung 4.8 wird das Zusammenspiel der einzelnen Komponenten in APOSDLE mit Nutzung des Rahmenwerks gezeigt. Anstatt hier direkt irgendwelche Visualisierungen in die Seitenleiste zu integrieren, geschieht dies über das Rahmenwerk. Dies erlaubt gleichzeitig eine Nutzung verschiedenster Visualisierungen in kontextualisierter Form ohne jeden weiteren Aufwand.

In den nächsten Abschnitten werden beispielhaft die integrierte Prozessansicht und eine weitere Verwendung des TopicMap Viewer vorgestellt. Abbildung 4.9 zeigt den UML-Ausschnitt der APOSDLE Visualisierungen.

Kontextualisierte Prozessvisualisierung

Eine wichtige Visualisierungsform am wissensintensiven Arbeitsplatz, die in diesem Szenario eingesetzt worden ist, ist die Prozessansicht [GDFG08, GDFG07]. Abbildung 4.10 zeigt eine kontextualisierte Version, die zur Information, Navigation und Selektion des aktuellen Arbeitsschritts verwendet wird. Gut zu erkennen ist der über Kontextsensoren ermittelte aktuelle Arbeitsschritt „Einladen“ in der Visualisierung. Außerdem ist zu erkennen, das

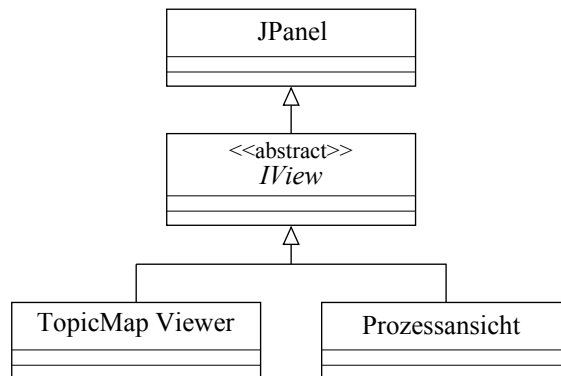


Abbildung 4.9: UML-Kontext der APOSDLE Visualisierungen

einzelne Aufgaben weiter untergliedert sind. Diese lassen sich gezielt öffnen und schließen. Dadurch hat der Benutzer die Möglichkeit, sich sowohl einen Überblick auf der obersten Ebene des Prozesses zu verschaffen als auch in die feinste Verästelung der Aufgabenhierarchie abzusteigen.

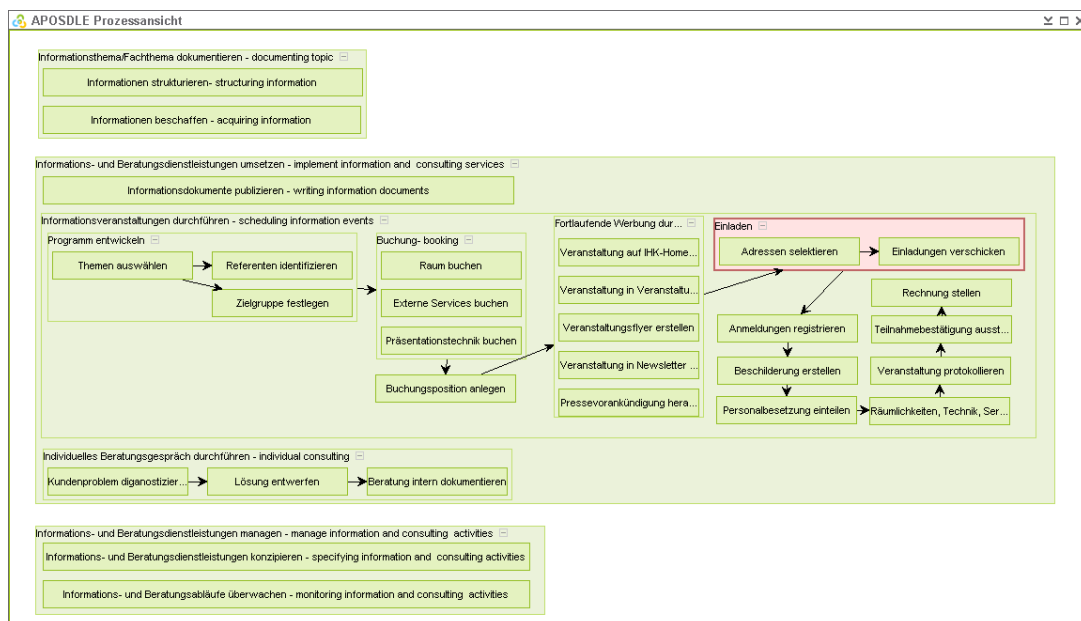


Abbildung 4.10: Kontextualisierte Prozessansicht

Damit die Prozessansicht in das Rahmenwerk integriert werden konnte musste diese Visualisierung die abstrakte Klasse `IView` spezialisieren. Des Weiteren musste ein entsprechender `IDataConverter` bereit gestellt werden. Diese Form der Visualisierung bietet einen hohen Nutzen für die Wissensarbeiter. Wie bereits in dem Abschnitt 2.2.5 erarbeitet ist es für das infor-

melle Lernen am Arbeitsplatz wichtig, einen Überblick über Informationen oder zu Lernendes zu erhalten. In Kombination mit der Wichtigkeit der Arbeitsprozesse im Lern- und Arbeitskontext ergibt sich dieser hohe Nutzen für die Anwender dieser Visualisierungsform. Insbesondere wenn die Benutzer wenig Erfahrung im dargestellten Wissensbereich haben, ist diese Art der Visualisierung sehr hilfreich, um einen guten Überblick zu erhalten. Dieser Nutzen ist belegt durch Nutzerbefragungen, wie sie bereits weiter oben in Abschnitt 3.1.1 angeführt wurden [APO08].

Alternative Prozessvisualisierung

Auch in diesem Szenario kam der kontextualisierbare TopicMap Viewer innerhalb einer Java-Anwendung zum Einsatz. Im Gegensatz zur Prozessansicht im vorigen Abschnitt ist diese Visualisierung kein eigenständiges Fenster, sondern in ein Fenster integriert, welches ein Umschalten zwischen den verschiedenen Visualisierungsformen ermöglicht. Wie im Abschnitt 4.1.1 erläutert, wird dies durch den Gebrauch der Klasse JPANEL in der Vererbungshierarchie der Visualisierungen ermöglicht.

In dieser Visualisierung wurde der TopicMap Viewer als eine alternative Prozessvisualisierung verwendet, die zusätzlich um Relationskontexte zum Domänenmodell in APOSDLE angereichert wurde.

Die Abbildung 4.11 zeigt den kontextualisierten TopicMap Viewer in diesem Szenario. Gut zu erkennen sind die beiden Bereiche der Wissenskarte, die Aufgaben und das Domänenmodell, und die Vernetzung der beiden Bereiche (Relationskontexte).

Aufgrund der baumartigen Darstellung von Prozessen fehlen allerdings einige Informationen. Insbesondere die Vorher-/Nachherbeziehung und damit der eigentliche Prozessablauf stehen nur eingeschränkt zur Verfügung. Was jedoch erhalten bleibt ist die hierarchische Struktur des Prozesses, also die Kind-/Vaterbeziehung. Dieser Ansatz ist besonders interessant, wenn Prozesse informeller beschrieben werden und dabei ohnehin weniger Information modelliert werden. Dieses Szenarios zeigt somit einen zweiten erfolgreichen Einsatz kontextualisierter Visualisierungen für die Integration von schwach strukturierten Prozessdaten, wie sie auch schon im Einsatzszenario EUDIS-MES auftauchten.

Der Benutzer erhält dadurch ebenso einen Überblick über die dargestellten Prozesse, auch ohne Visualisierung der Vorher-/Nachherbeziehung. Oftmals reicht genau diese grafische Darstellung aus, um dem Wissensarbeiter in seiner aktuellen Aufgabe zu unterstützen.

Diese beiden Einsatzszenarios haben gezeigt, dass das hier vorgestellte System zur kontextualisierten Visualisierung technisches Potenzial für den Einsatz am wissensintensiven Arbeitsplatz bietet. Um diesen Abschnitt über

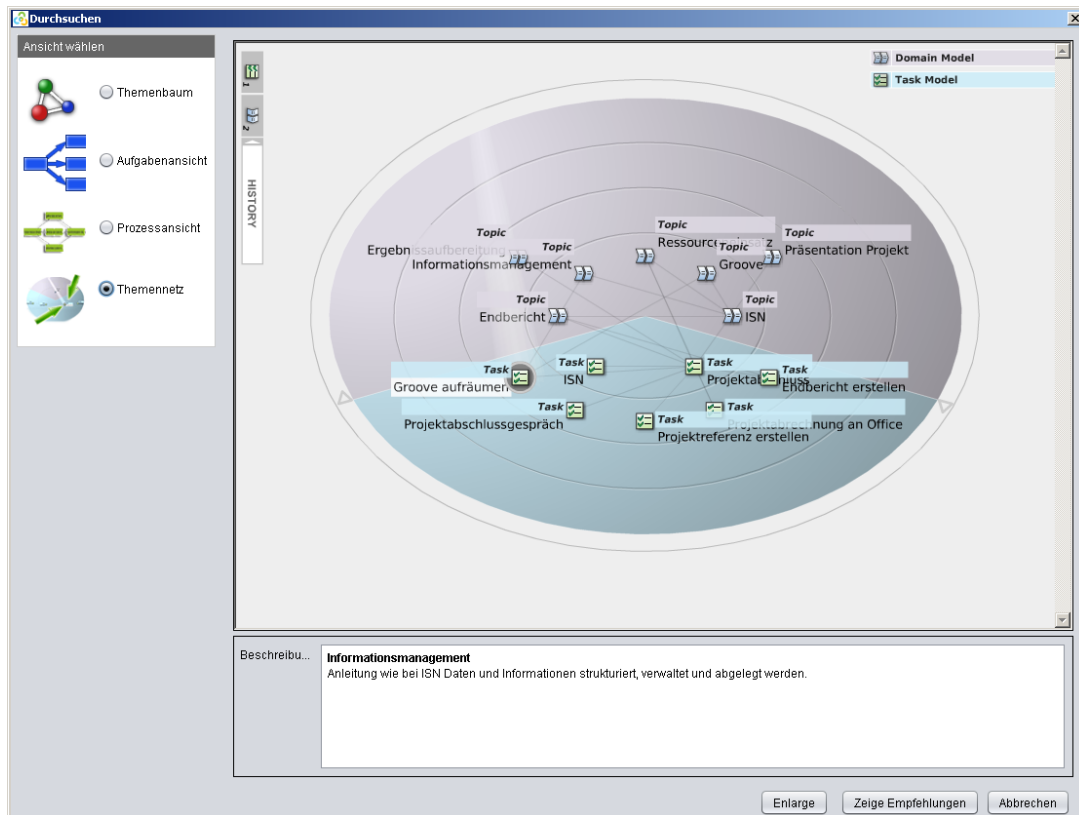


Abbildung 4.11: Kontextualisierter TopicMap Viewer in APOSDLE

die Einsatzszenarios abzuschließen, werden im Folgenden die verwendeten Kontextsensoren und Kontextmaße erläutert.

4.2.3 Verwendete Kontextsensoren

Nachdem das Rahmenwerk mit seinen technischen Aspekten beschrieben und das dazugehörige Kontextmodell dieser Arbeit definiert wurde, werden in diesem Abschnitt die eingesetzten Kontextsensoren vorgestellt. Diese Kontextsensoren können Informationen über den Zustandskontext liefern (siehe Abschnitt 2.4.2). Sie laufen im Hintergrund des Systems ab und sammeln die kontextspezifischen Informationen, die sie dann über das Rahmenwerk den kontextualisierbaren Visualisierungen zur Verfügung stellen.

Hierbei trat ein generelles Problem bezüglich Java auf. Das Rahmenwerk ist überwiegend in Java Version 6 geschrieben. Da Java jedoch plattformunabhängig konzipiert ist, abstrahiert es bereits stark vom Betriebssystem. Dies führt dazu, dass Java für die direkte Implementierung von Kontextsensoren weniger gut geeignet ist, da hier lediglich Programmparameter der

virtuellen Maschine (VM) von Java ausgelesen werden können. Aufgrund der Abstraktion der virtuellen Maschine sind diese Programmparameter allerdings von geringerem Nutzen für die Kontextualisierung. Darüber hinaus wird der Zugang zu Kontextinformationen durch die virtuelle Maschine von Java standardmäßig blockiert.

Abhilfe kann entweder die Verwendung von zusätzlichen Bibliotheken schaffen, welche native Funktionen des Betriebssystems in Java bereitstellen oder die Anbindung von Kontextsensoren, die in einer betriebssystemnäheren Programmiersprache geschrieben sind. Letztere unterliegen nicht den Limitierungen bei der Nutzung betriebssystemnaher Informationen. In Windows ist dies beispielsweise in C# oder C++ möglich. Durch beide Alternativen ist es somit möglich, die nötigen Programmparameter aus Windows auszulesen. Dadurch sind die so entwickelten Kontextsensoren nicht mehr plattformunabhängig, sondern laufen nur unter Windows. Ähnliche Ansätze können natürlich unter anderen Betriebssystemen wie Linux und MacOS genauso umgesetzt werden.

Da existierende Java-Bibliotheken mit nativen Funktionen jedoch nur einen eingeschränkten Zugriff auf systemnahe Informationen haben, sind die verwendeten Kontextsensoren, die auf diese Daten angewiesen sind, in C# beziehungsweise C++ geschrieben. So können alle in Windows laufenden Programme analysiert und darauf aufbauend Kontextinformationen ermittelt werden. Auf diesem Weg lässt sich beispielsweise feststellen, dass der Benutzer zur Zeit an einer PowerPoint Präsentation arbeitet und die Folientitel auslesen. Dadurch sind wiederum Rückschlüsse auf das aktuelle Ziel des Benutzers möglich. Mit dieser Information kann im Rahmenwerk die Visualisierung dann entsprechend angepasst werden. Konkrete Kontextmaße und deren grafische Umsetzung werden im Anschluss an die Kontextsensoren in Abschnitt 4.2.4 vorgestellt.

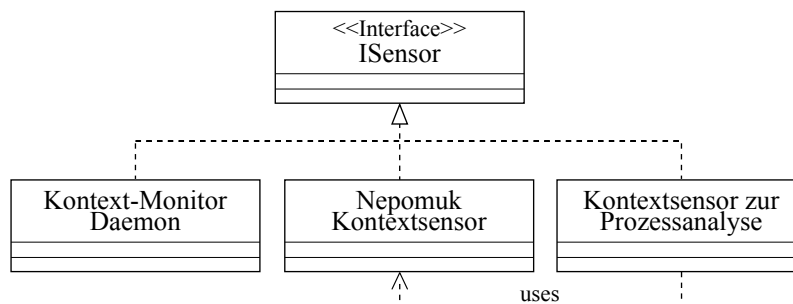


Abbildung 4.12: UML-Kontext der Kontextsensoren

Einen Überblick über die im Folgenden besprochenen Kontextsensoren gibt der Ausschnitt aus dem UML-Klassendiagramm in Abbildung 4.12.

Kontext-Monitor Daemon

Ein geeigneter Kontextsensor, der an das Rahmenwerk angeschlossen wurde, ist der Kontext-Monitor Daemon, da er bereits einige der hier diskutierten Kontextinformationen liefern kann. Eine Implementierung in Java hätte eine starke Beeinträchtigung der Funktionalität mit sich gebracht. Daher wurde der bestehende Kontext-Monitor Daemon mittels Java-.Net Brücke angebunden. Diese Brücke wird über das IIOP realisiert [RHK00]. Repräsentiert wird der Kontext-Monitor Daemon dabei durch eine Java Klasse, die wie alle Kontextsensoren die Schnittstelle `ISENSOR` implementiert. Das Verfahren, Komponenten in anderen Programmiersprachen an das Rahmenwerk anzuschließen, kann generell verwendet werden und ist darüber hinaus nicht auf den lokalen Computer beschränkt. Genauere Einblicke in die Funktionsweise des IIOP sind in [RHK00] zu finden.

Dieser Kontext-Monitor Daemon ermittelt den aktuellen Prozessschritt auf Grundlage von Heuristiken und einem Prozessmodell mittels maschineller Lernverfahren (siehe Abschnitt 2.4.2). Hierfür muss er im Zuge des maschinellen Lernens erst über einen gewissen Zeitraum trainiert werden, um eine präzise Erkennung zu ermöglichen. In der Trainingsphase führt der Wissensarbeiter seine normalen Aufgaben aus, gibt aber gleichzeitig dem Kontext-Monitor Daemon an, welche Aufgabe er gerade bearbeitet. Dieser wertet die bei der Aufgabendurchführung ermittelten Kontextinformationen aus und erstellt im Hintergrund Regeln, mit deren Hilfe er den aktuellen Prozessschritt beim nächsten Ausführen identifizieren kann. In der Regel gilt hierbei, dass die Ergebnisse umso präziser werden, je länger solche Komponenten trainiert werden.

Nepomuk Kontextsensor

Neben dem Kontext-Monitor Daemon wurde auch die Nepomuk Komponente mittels IIOP in das Rahmenwerk integriert. Nepomuk ist ein europäisches Projekt, das zum Ziel hat, einen Semantischen Arbeitsplatz zu entwickeln [GHM⁺07, Nep09]. Dazu wird wie beim Kontext-Monitor Daemon betriebsystemnahe Informationen ausgewertet, um Kontext zu ermitteln. Der Nepomuk Kontextsensor stellt unter anderem Begriffe, die im aktuellen Arbeitskontext vorkommen, zur Verfügung.

Dieser Kontextsensor „Nepomuk“ stellt eine Liste aller geöffneten Fenster inklusive deren Namen und den Namen des „Aktiven Fensters“ bereit. Daneben wird eine weitere Liste an geöffneten Programmen inklusive Zeitpunkt des Öffnens, Typ und Programmpriorität zur Verfügung gestellt, sowie das gerade aktive Programm. Die Liste der Fenster und die der Programme sind nicht identisch, da ein Programm unterschiedlich viele Fenster haben kann. Als weitere Informationen stehen Textinformationen und Inhalte aus

dem Internet Explorer, sowie den Programmen Word und PowerPoint zur Verfügung.

All diese Informationen können dazu verwendet werden, Schlagwörter (englisch: *Keywords*) auf dem wissensintensiven Arbeitsplatz zu identifizieren und dem Rahmenwerk als Kontextinformation zur Verfügung zu stellen.

Kontextsensor zur Prozessanalyse

Aufgrund der Begriffe des Nepomuk Kontextsensors wurde ein weiterer Kontextsensor implementiert – diesmal direkt in Java (als Implementierung der Schnittstelle `ISENSOR`). Dieser Kontextsensor sucht zu den vom Nepomuk Kontextsensor bereitgestellten Begriffen passende Prozessschritte heraus. Diese Prozessschritte werden im Zuge dieser Implementierung im TopicMap Viewer verwendet und durch etwas größere Symbole dargestellt (siehe Kontextmaße in Abschnitt 4.2.4) beziehungsweise hervorgehoben. Abbildung 4.7 zeigt dazu ein Beispiel. Die Herleitung der Prozessschritte erfolgt auf Basis der anzuzeigenden Daten, die auch als Ausgangsbasis für die Visualisierung dient. In diesen Daten wird zu jedem Prozess ein Bezeichner definiert. Enthält ein Bezeichner einen der Begriffe, die durch den Nepomuk Kontextsensor bereitgestellt werden, wird der zu dem Bezeichner gehörende Prozessschritt in die Ergebnisliste aufgenommen. Das hier angewendete Verfahren wird Mustererkennung genannt (englisch: *Pattern Matching*).

Die Ergebnisliste ist im Moment noch ungeordnet. Dies könnte insofern erweitert werden, als dass eine Rangfolge über die Wichtigkeit der Einträge hinzugefügt wird. Der Nepomuk Kontextsensor gibt zu jedem Begriff an, wie oft dieser vorkommt. Diese Information kann dazu verwendet werden, eine Reihenfolge zu bestimmen. Zusätzlich kann *Stemming* eingeführt werden. Als *Stemming* bezeichnet man die Reduktion eines Wortes auf dessen Grundform beziehungsweise Wortstamm. So wird beispielsweise aus dem Wort „Sensoren“ die Grundform „Sensor“ hergeleitet. Zwei Wörter in ihrer Grundform lassen sich um einiges besser vergleichen. Weitere Informationen zum Thema *Stemming* sowie ein *Stemming*-Algorithmus für die deutsche Sprache sind in [Cau99] zu finden. Um die Erkennung weiter zu optimieren, kann zusätzlich zu den Bezeichnern Informationen wie die Beschreibungen der Prozessschritte aufgenommen werden.

Nachdem in diesem Abschnitt die Kontextquellen besprochen wurden, geht es auf den nächsten Seiten um die Umsetzung dieser Kontextinformationen in Form der grafischen Darstellung.

4.2.4 Kontextmaße

Auf Basis der technischen Repräsentation der Kontextinformationen, werden nun einzelne konkrete Kontextmaße und Kontextinformationen definiert, die ausgewertet und in den kontextualisierbaren Visualisierungen angezeigt werden. Wie in Abschnitt 3.3.5 erklärt, sind Kontextmaße kontextabhängige Kennziffern oder Kenngrößen, die einen Einfluss auf die Darstellung haben können, um dem Wissensarbeiter eine Hilfe zu sein. Es handelt sich bei den hier erläuterten nur um einzelne mögliche Kontextmaße, wie sie in den beiden Instanzen/Einsatzszenarios umgesetzt wurden. Weitere Maße sind denkbar und können in anderen Szenarios eingesetzt werden.

In den Abschnitten 2.4.2 und 2.4.1 wurden die beiden Kontextarten Zustandskontext und Relationskontext vorgestellt, die in dieser Arbeit betrachtet werden. Aus den vorliegenden Daten können verschiedene Kontextmaße gewonnen werden, die jeweils einer dieser Kontextarten zugeordnet werden können.

Tabelle 4.1: Übersicht zu Kontextmaßen

Mitarbeiter	Aufgaben	Ressourcen
(K1)	(K3)	(K7)
Verfügbarkeit	Komplexität	Anzahl der Verweise
(K2)	(K4)	
Auslastung	Fälligkeit der Aufgabe	
	(K5)	
	Bearbeitungsfortschritt	
	(K6)	
	Aktueller Arbeitsschritt	

Tabelle 4.1 zeigt eine Übersicht zu den Kontextmaßen, die in dieser Arbeit berücksichtigt werden. In der Kopfzeile stehen die Elemente der Aufgabenverwaltung, wie sie am wissensintensiven Arbeitsplatz eine Rolle spielen und näher im Einsatzszenario in Abschnitt 4.2.1 beschrieben werden. Die zugehörigen Kontextmaße stehen jeweils in der korrespondierenden Spalte darunter. Um auch später auf die einzelnen Kontextmaße Bezug nehmen zu können, ist ihnen eine Identifikationsnummer (K1–K7) zugeordnet.

Im Folgenden wird auf die einzelnen Kontextmaße eingegangen. Dabei wird jeweils erklärt, was das Kontextmaß aussagt, wie es aus den vorhandenen Daten ermittelt werden kann und welchen Nutzen es einem Wissensarbeiter bringen kann. Des Weiteren wird ein Visualisierungsbeispiel aufgezeigt und die Implementierung im Rahmenwerk besprochen.

Mitarbeiter: Verfügbarkeit (K1)

Die Verfügbarkeit eines Mitarbeiters gibt an, ob er sich an seinem gewöhnlichen Arbeitsplatz befindet. Es handelt sich dabei um einen Zustandskontext (siehe Abschnitt 2.4.2). Die Verfügbarkeit kann durch verschiedene Sensoren festgestellt werden. So könnte der Online-Status in einem Instant Messaging-Programm wie Microsoft Messenger abgefragt werden. Für Wissensarbeiter ist dieses Kontextmaß deshalb relevant, da es angibt, ob ein Kollege aktuell für Fragen oder Unterstützung zur Verfügung steht.

Visualisierung



Abbildung 4.13: Visualisierung der Verfügbarkeit von Mitarbeitern

Die Verfügbarkeit eines Mitarbeiters wird in der Visualisierung durch verschiedene Symbole kodiert (siehe Abbildung 4.13). Zur Unterscheidung der Verfügbarkeit eines Mitarbeiters wird das Mitarbeiter-Symbols grün für erreichbar (englisch: *online*) beziehungsweise rot für nicht erreichbar (englisch: *offline*) eingefärbt.

Mitarbeiter: Anzahl zugewiesener Aufgaben (K2)

Die Anzahl zugewiesener Aufgaben eines Mitarbeiters kann Auskunft über die Auslastung des Mitarbeiters geben. So ist ein Kollege, der aktuell 15 Aufgaben bearbeitet, vermutlich ausgelasteter als ein anderer Kollege, der momentan nur zwei Aufgaben bearbeitet. Hier handelt es sich um einen Relationskontext, da zugewiesene Aufgaben das Maß beeinflussen (siehe Abschnitt 2.4.1). Durch die Anzahl zugewiesener Aufgaben kann in erster Näherung die Auslastung eines Wissensarbeiters bestimmt werden. Obwohl Aufgaben in der Regel nicht direkt vergleichbar sind und eventuell nicht alle Aufgaben eines Wissensarbeiters elektronisch erfasst und gepflegt sind, bietet dieses Maß eine gute erste Näherung der Auslastung eines Wissensarbeiters.

In dieser Arbeit werden drei diskrete Stufen der Auslastung definiert: *niedrig*, *mittel* und *hoch*. Hierbei leitet sich eine hohe Auslastung an der höchsten zugewiesenen Aufgabenanzahl pro Wissensarbeiter ab. Die Grenzen 30% und 70% definieren dabei den Übergang zwischen den einzelnen Stufen.

Die Auslastung von Mitarbeitern ist für Manager und Projektleiter eine

wichtige Größe beim Verteilen von Aufgaben. Ist eine Aufgabe zu delegieren, so wird man – bei ähnlicher Qualifikation – dem Kollegen die Aufgabe übertragen wollen, der am wenigsten durch andere Aufgaben belastet ist.

Visualisierung

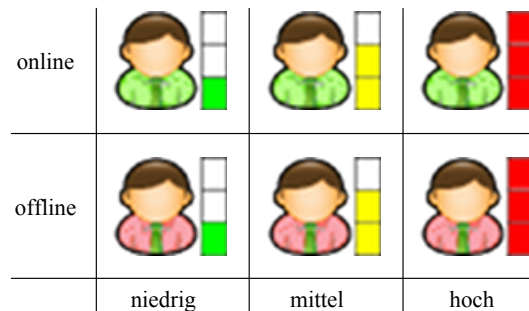


Abbildung 4.14: Verfügbarkeit und Auslastung von Mitarbeitern

Auch die Anzahl zugewiesener Aufgaben – und damit die Auslastung – eines Mitarbeiters wird durch verschiedene Symbole angezeigt. Die Auslastung wird dabei in Kombination mit der Verfügbarkeit eines Mitarbeiters (K1) visualisiert. Analog dazu werden diese beiden Maße auch gemeinsam visualisiert, indem die gerade vorgestellten Symbole für die Verfügbarkeit von Mitarbeitern um Anzeigebalken für die Auslastung ergänzt werden. Eine Übersicht zu den so entstehenden sechs Symbolen ist in Abbildung 4.14 zu sehen.

Aufgaben: Komplexität (K3)

Um die Komplexität einer Aufgabe automatisch beurteilen zu können, kann die Anzahl der Teilaufgaben herangezogen werden. Als Teilaufgaben werden in dieser Arbeit sowohl echte Teilaufgaben gewertet als auch die Kopien einer Aufgabe, die durch Delegation entstanden sind (näheres zu Aufgaben und deren Delegation ist bereits bei der Einführung zum Einsatzszenario EUDISMES im Abschnitt 4.2.1 beschrieben). Bei der Anzahl der Teilaufgaben handelt es sich um einen Relationskontext, da das Maß aus verbundenen Aufgaben berechnet wird (zu Relationskontext siehe Abschnitt 2.4.1). Um nicht nur die direkten Teilaufgaben, sondern auch die Teilaufgaben der Teilaufgaben und so weiter zu berücksichtigen ist eine rekursive Berechnungsmethode notwendig.

Eine andere Möglichkeit zur Beurteilung der Komplexität einer Aufgabe ist die Anzahl der an einer Aufgabe beteiligten Mitarbeiter. Genauer gesagt handelt es sich dabei um die Anzahl unterschiedlicher Mitarbeiter, welche

die betrachtete Aufgabe oder eine ihrer Teilaufgaben bearbeiten. Wieder sind mit Teilaufgaben auch die delegierten Kopien einer Aufgabe gemeint. Ähnlich wie bei der Anzahl der Teilaufgaben handelt es sich bei der Anzahl beteiligter Mitarbeiter um einen Relationskontext. Auch hier ist eine rekursive Methode notwendig, um das Maß zu berechnen. Darüber hinaus muss nun auch eine Liste von Mitarbeitern mitgeführt werden, welche die bereits gezählten Mitarbeiter enthält, um das doppelte Zählen von Mitarbeitern zu vermeiden.

Die Komplexität einer Aufgabe kann Wissensarbeitern bei der Einschätzung von Aufwänden helfen. Soll beispielsweise ein neues Projekt geplant werden, können vergleichbar komplexe Projekte betrachtet werden und daraus Rückschlüsse auf benötigte Ressourcen gezogen werden.

Visualisierung

Die Anzahl der Teilaufgaben (n) und die Anzahl beteiligter Mitarbeiter (m) bilden gemeinsam die Komplexität einer Aufgabe und dieser aus beiden Maßen berechnete Wert wird in der dieser Arbeit wie folgt kodiert:

$$groesse = basis + (n + m) \times faktor$$

Das Kontextmaß der Aufgabenkomplexität wurde im vorigen Abschnitt als Summe aus einer Basisgröße und der Anzahl der Teilaufgaben sowie der Anzahl beteiligter Mitarbeiter berechnet. Das dadurch entstehende Größenmaß ist kontinuierlich und kann daher nicht durch wenige unterschiedliche Symbole dargestellt werden. Daher wird die Möglichkeit der Visualisierung verwendet, die Größe der Symbole zu skalieren (der TopicMap Viewer bietet diese Möglichkeit, siehe Abschnitt 4.2.1). Beispiele für Aufgaben verschiedener Komplexität sind Abbildung 4.15 zu entnehmen. Als Basisgröße (*basis*) wird im prototypischen System der Wert 60, als Streckfaktor (*faktor*) der Wert 15 zum Anpassen der Symbolgröße verwendet.

Aufgaben: Fälligkeit der Aufgabe (K4)

Die Fälligkeit einer Aufgabe gibt an, wie viele Tage bis zum geplanten Abschluss einer Aufgabe verbleiben. Da zur Ermittlung der Fälligkeit lediglich der Datensatz der betrachteten Aufgabe herangezogen wird, handelt es sich um einen Zustandskontext. Zur Berechnung der verbleibenden Tage kann die Differenz in Tagen zwischen dem aktuellen Datum und dem Fälligkeitsdatum gebildet werden.

Beispiel	A	B	C
Anzahl der Teilaufgaben	0	1	3
Anzahl beteiligter Mitarbeiter	1	1	3
Größe des Symbols	60	60	60
	$+0 \times 15$	$+1 \times 15$	$+3 \times 15$
	$+1 \times 15$	$+1 \times 15$	$+3 \times 15$
	$= 75$	$= 90$	$= 150$

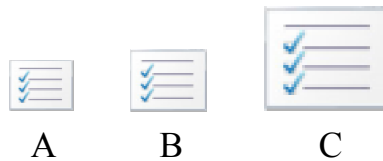


Abbildung 4.15: Aufgaben unterschiedlicher Komplexität

Visualisierung

Das Maß der Fälligkeit wird als Differenz aus Fälligkeitsdatum und aktuellem Datum gebildet. Daher ist diese Information umso auffälliger zu visualisieren, je kleiner der Wert, also die Anzahl der verbleibenden Tage bis zum geplanten Abschluss, ist. In dem Prototypen wird zum einen die Anzahl der verbleibenden Tage angezeigt als auch ein farbiger Balken, der schnell einen Eindruck vermittelt, ob die Fälligkeit einen kritischen Wert angenommen hat. Dieser Farbbalken ist ähnlich wie bei der Auslastung von Mitarbeitern gestaltet und zeigt bei einer Fälligkeit in mehr als sieben Tagen grün (niedriger Balken), zwischen sieben und einem Tag gelb (mittlerer Balken) sowie bei Null oder weniger Tagen rot (hoher Balken) an. Abbildung 4.16 zeigt ein Beispiel für eine Fälligkeit an, die mehr als sieben Tage in der Zukunft liegt und daher mit einem grünen, niedrigen Balken visualisiert wird.

Fälligkeit: **in 766 Tagen** 

Abbildung 4.16: Visualisierung der Fälligkeit von Aufgaben

Aufgaben: Bearbeitungsfortschritt (K5)

Der Bearbeitungsfortschritt muss nicht gewonnen werden, da er Teil der verwendeten Aufgabeninformation aus Microsoft Outlook ist (siehe Abschnitt 4.2.1). Dies setzt jedoch voraus, dass die Information von den jeweiligen Wissensarbeitern gepflegt wird. Zusammen mit den beiden anderen Kontextmaßen der Aufgaben kann diese Information dem Wissensarbeiter ein gutes Gesamtbild über eine Aufgabe oder einen Aufgabenstruktur ver-

mitteln. Wenn eine Aufgabe beispielsweise sehr komplex ist, also viele Teilaufgaben mit vielen verschiedenen Mitarbeitern hat, am nächsten Tag fällig ist und einen Bearbeitungsfortschritt von 30% hat, ist abzusehen, dass die Aufgabe möglicherweise nicht rechtzeitig fertig wird.

Visualisierung

Ähnlich wie bei der Fälligkeit einer Aufgabe (K4) wird der Bearbeitungsfortschritt einer Aufgabe in der Seitenleiste angezeigt. Dieses Maß, das den Fertigstellungsgrad in Prozent angibt, wird als horizontaler Fortschrittsbalken visualisiert. Dieser Balken nimmt ähnlich wie der vertikale Balken die Ampelfarben rot, gelb und grün ein, jedoch in umgekehrter Reihenfolge. So wird ein niedriger Bearbeitungsfortschritt ($< 25\%$) durch einen kurzen roten Balken, ein mittlerer Bearbeitungsfortschritt ($\geq 25\%$ und $< 75\%$) durch einen mittleren gelben Balken und ein hoher Bearbeitungsfortschritt ($\geq 75\%$) durch einen langen grünen Balken dargestellt. In Abbildung 4.17 ist beispielhaft ein Bearbeitungsfortschritt von 65% zu sehen.

Fortschritt:  65 %

Abbildung 4.17: Visualisierung des Bearbeitungsfortschritts von Aufgaben

Aufgaben: Aktueller Arbeitsschritt (K6)

Wie bereits in Abschnitt 4.2.2 beschrieben, stellt die Prozessansicht eine große Hilfe insbesondere für Neulinge dar. Dieser Nutzen kann deutlich dadurch gesteigert werden, dass Prozessschritte, die zu der aktuellen Arbeitssituation passen, hervorgehoben werden. Dazu werden über die angeschlossenen Kontextsensoren (potentielle) aktuelle Prozessschritte ermittelt und hervorgehoben.

Visualisierung

Die Hervorhebung, wie sie in den Szenarios umgesetzt wurde ist in Abbildung 4.18 dargestellt. Dazu ist der Prozessschritt einmal in aktiver Form, einmal in inaktiver Form dargestellt. Die Abbildung zeigt aber nur einen Ausschnitt, einen Prozessschritt, und dessen Hervorhebung. Einen kompletten Überblick über die Prozessansicht mit einem hervorgehobenen Prozessschritt ist in Abbildung 4.10 zu sehen.

Für diese Art der Kontextualisierung stehen zwei Quellen zur Verfügung. Wenn ein Kontextsensor genau den aktuellen Prozessschritt liefern kann, wird dieser direkt hervorgehoben. Ein Beispiel für einen solchen Kontextsensor ist der Kontext-Monitor Daemon (siehe Abschnitt 4.2.3).

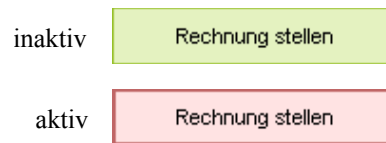


Abbildung 4.18: Visualisierung aktiver und inaktiver Prozessschritte

Alternativ kann der Kontextsensor zur Prozessanalyse verwendet werden (siehe Abschnitt 4.2.3). Mit Hilfe dieses Kontextsensors können alle Prozessschritte hervorgehoben werden, die per Mustererkennung aus den Schlagwörtern des Arbeitsplatzes der Wissensarbeiter gewonnen werden. Dies führt jedoch in der Regel zu nicht eindeutigen Treffern und damit zur potentiellen Hervorhebung mehrerer Prozessschritte. Trotzdem stellt auch dieses Vorgehen einen deutlichen Gewinn für den Wissensarbeiter dar, da der direkte Bezug zu seiner aktuellen Arbeitssituation besteht.

Ressourcen: Anzahl der Verweise (K7)

Die Anzahl der Verweise auf eine Ressource, also die Anzahl der Aufgaben, in denen eine Ressource (zum Beispiel ein bestimmtes Dokument) verwendet wird, gibt Auskunft darüber, wie wichtig sie ist. Da Verweise zu Aufgaben berücksichtigt werden müssen, gehört die Anzahl der Verweise zum Relationskontext.

Für Wissensarbeiter ist die Information über die Wichtigkeit einer Ressource von Bedeutung, da häufig verwendete Dokumente besonders auf Korrektheit und Effizienz untersucht werden sollten. Gerade bei oft benutzten Formularen oder Anleitungen ist darauf zu achten, dass diese fehlerfrei sind und keine unnötigen oder unverständlichen Schritte enthalten.

Visualisierung

Wie die Komplexität einer Aufgabe (K3) wird auch die Anzahl der Verweise auf eine Ressource als kontinuierlicher Wert im Größenattribut des Ressourcen-Symbols kodiert. Daher wird auch dieses Kontextmaß durch die kontinuierliche Größenveränderung der repräsentierenden Symbole visualisiert. Anders als bei der Komplexität einer Aufgabe wirkt bei der Anzahl n der Verweise einer Ressource nur ein Wert auf die Größenveränderung ein:

$$groesse = basis + n \times faktor$$

Wieder werden die Basisgröße 60 (*basis*) und der Streckfaktor 15 (*faktor*) verwendet. Die Berechnungen der Symbol-Größe sowie die Visualisierung kann für drei Beispiele in Abbildung 4.19 betrachtet werden. Dabei wird von

Beispiel	A	B	C
Anzahl der Verweise	selten (1)	manchmal (2)	oft (6)
Größe des Symbols	$60 + 1 \times 15$ = 75	$60 + 2 \times 15$ = 90	$60 + 6 \times 15$ = 150

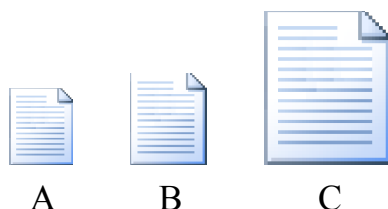


Abbildung 4.19: Ressourcen mit unterschiedlich vielen Verweisen

der Annahme ausgegangen, das oft verwendete Ressource oder Dokumente als wichtig erachtet werden können.

4.2.5 Vergleich der Einsatzszenarios

Die Instantiierung des Rahmenwerks in den Einsatzszenarios hat gezeigt, dass das hier vorgestellte System zur kontextualisierten Visualisierung technisches Potenzial für den Einsatz am wissensintensiven Arbeitsplatz bietet, insbesondere durch die Unterschiedlichkeit beider Szenarios.

Das erste Szenario macht benutzerdefinierte leichtgewichtige Abläufe und Prozesse inklusive zugewiesenen Personen und Ressourcen explorierbar. Diese explorierbaren Daten und Relationen ergeben sich über den Relationskontext, wie er aus den Daten erhoben und so für den Wissensarbeiter zugänglich gemacht wurde. Auf der anderen Seite setzt das zweite Szenario mehr auf Zustandskontextinformationen. Dabei geht es vornehmlich um eine Benutzerkontextgesteuerte Anzeige der Daten – also eine gezielte auf die aktuelle Arbeitssituation ausgerichtete Visualisierung.

Zusammen ergibt sich mit diesen Szenarios ein breites Spektrum an Ansatzmöglichkeiten. Mit der Behandlung der Einsatzszenarios ist die reine technische Beschreibung des Rahmenwerks abgeschlossen. Im folgenden Abschnitt wird der Visualisierungsaspekt Skalierbarkeit besprochen.

4.3 Skalierbarkeit der Visualisierungen

Eine wichtige Rolle bei der Anzeige der Informationen am wissensintensiven Arbeitsplatz ist die Fähigkeit der Skalierbarkeit einer Visualisierungen bezüglich der Menge der angezeigter Informationen. Dabei ist die Herausforderung zweifältig. Erstens muss die Visualisierung eine größere Menge an

Daten verarbeiten können. Dieser Punkt meint zunächst einmal nicht die Anzeige, sondern allein die Haltung der Daten. Auf der anderen Seiten gilt es zusätzlich, die angezeigte Menge an Informationen überschaubar beziehungsweise für den Wissensarbeiter aufnehmbar zu gestalten [GB07]. Beide Aspekte werden in diesem Abschnitt näher beleuchtet und Lösungskonzepte aufgezeigt.

Als generelle Lösungsstrategien werden dabei die drei folgenden aufeinander aufbauenden Ansätze diskutiert:

- Laden nach Bedarf: nur Teile der Daten laden, aber immer wieder nachladen, wenn der Nutzer klickt (Abschnitt 4.3.1)
- Vorsorgliches Nachladen: die „Umgebung“ des aktuellen Elements vorsorglich und sukzessive nachladen (Abschnitt 4.3.2)
- Bereinigen der Daten: Teile, die nicht länger gebraucht werden, wieder verwerfen (Abschnitt 4.3.3)

An dieser Stelle wird eine Einschränkung der Betrachtung vorgenommen. Es wird davon ausgegangen, dass sich die Daten während der Zeit der Exploration durch den Benutzer nicht ändern. Dies stellt insofern keine Einschränkung der Allgemeingültigkeit dieser Betrachtungen dar, als dass in diesem Fall der komplette oder Teile des lokalen Datenbestands als „verschmutzt“ (englisch: *dirty*) betrachtet und verworfen werden müssten. Für die Betrachtung der Skalierbarkeit spielt dieser Aspekt jedoch keine Rolle, und kann somit an dieser Stelle ausgeblendet werden.

4.3.1 Laden nach Bedarf

Einfache Visualisierungen und Techniken haben manchmal Nachteile, wenn es um Skalierbarkeit geht. Eine einfache und geradlinige Umsetzung kann im Webumfeld vielleicht mit ein paar hundert Datenelement zurechtkommen. Aber in realistischen Szenarios (siehe Abschnitt 4.2) ist dies nicht ausreichend. Leicht kommen hier Tausende von Datenelementen zusammen. In der Regel sollen jedoch nicht alle Elemente auf einmal dargestellt werden, wie es auch in dieser Arbeit der Fall ist. Statt dessen wird oft nur ein kleinerer Ausschnitt (die „Umgebung“) um ein ausgewähltes Element angezeigt. Erst wenn der Benutzer nun in der Visualisierung zu navigieren und explorieren beginnt, werden andere neue Teile dargestellt. Dies ermöglicht ein Nachladen dieses neuen Bereichs, der sich an dem aktuellen Interesse des Benutzers orientiert.

Der Benutzer muss dabei nicht einmal bemerken, dass zu Beginn der Interaktionen nicht alle Daten geladen worden sind. Abbildung 4.20 verdeutlicht diesen Punkt beispielhaft anhand netzartiger Datenstrukturen. Dabei ist

wichtig zu verstehen, dass das dargestellte Netzwerk *nicht* die Darstellung des Netzes zeigt, sondern nur den internen Zustand des Daten-Netzwerks in der Visualisierung.

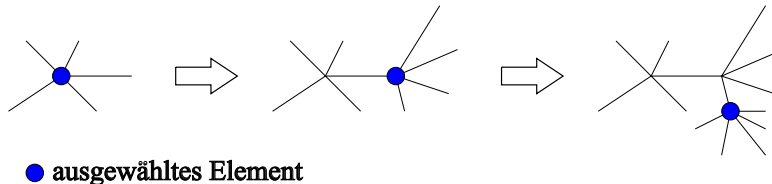


Abbildung 4.20: Laden von Daten nach Bedarf

In der Abbildung sind drei Schritte abgebildet, in denen sich das ausgewählte Element (als blauer Kreis hervorgehoben) und dadurch auch das interne Netzwerk ändert. Die Daten werden in dem Moment, wenn der Benutzer auf ein anderes Element klickt und dieses auswählt, geladen und zu dem internen Netzwerk in der Visualisierung hinzugefügt. Dieser Schritt muss für jedes Datenelement nur einmal durchgeführt werden, da von statischen Datenbeständen ausgegangen wird. Wie weiter oben bereits angesprochen kann diese Annahme zu Problemen führen, wenn der Datenbestand Änderungen unterworfen ist.

Mit diesem Ansatz ist es bereits möglich, die Startzeit der Visualisierung drastisch zu verkürzen. Von einem linearen Aufwand $\mathcal{O}(n)$ (wobei n für die Anzahl der Datenelemente steht) verringert sich dieser auf einen konstanten Aufwand $\mathcal{O}(1)$, da immer nur eine bestimmte Anzahl von Datenelementen auf einmal geladen werden.

Die Verkürzung der Startzeit kann sich jedoch nachteilig auf die Reaktionszeit bei der normalen Navigation auswirken. Hier können eventuell spürbare Verzögerungen für den Nutzer auftreten, während neue Daten nachgeladen werden. Diese Verzögerungen ergeben sich vor allem aus Dateisystem- oder Netzwerklatenzen. Wie mit diesem Nachteil umgegangen werden kann, wird im nächsten Abschnitt besprochen und ein entsprechender Ansatz vorgestellt.

4.3.2 Vorsorgliches Nachladen

Um trotz des Ladens der Daten nach Bedarf eine flüssige Navigation in der Visualisierung zu ermöglichen, kann in Visualisierungen eine Strategie verwendet werden, um Daten vorsorglich nachzuladen (englisch: *pre-fetching* oder *read ahead*). Dabei werden zusätzlich zu den angezeigten Daten weitere Teile im Voraus geladen. Konkret werden, nachdem die mit dem selektierten Datenelement direkt verbundenen Elemente geladen wurden, auch die Elemente geladen, die zwei „Schritte“ vom selektierten Element entfernt liegen.

Dies sorgt dafür, dass die mit dem ausgewählten Element verbundenen Elemente direkt angezeigt werden können, da sie bereits geladen wurden. Dieses Verhalten ist in Abbildung 4.21 verdeutlicht. Die Abbildung zeigt dabei die Elemente, die sich im internen Speicher der Visualisierung befinden und nicht unbedingt die grafische Repräsentation der Daten [GB07].

Durch das Nachladen können allerdings Latenzen oder Verzögerungen auftauchen, da neue Daten immer erst geladen und verarbeitet werden müssen. Dieser Umstand lässt sich durch geschicktes vorsorgliches Nachladen (englisch: *pre-fetching* oder *read ahead*) verbessern.

Beispielsweise werden zu Beginn alle Elemente geladen, die mit dem ausgewählten direkt verbunden sind. Soweit unterscheidet sich dieses Verhalten noch nicht von dem im vorigen Abschnitt beschriebenen einfachen Nachladen. Nachdem diese Elemente geladen und angezeigt sind, werden alle Elemente geladen, die zwei „Schritte“ vom ausgewählten entfernt sind. Das sind diejenigen, die direkt mit den im ersten Durchlauf geladenen Elementen verbunden sind. Diese Prozedur kann beliebig oft (zum Beispiel 3–5 mal) durchlaufen werden, um einen Puffer für die Navigation des Benutzers bereit zu stellen. Wenn der Benutzer nun anfängt in den Daten zu explorieren, sind diese Daten bereits geladen und es treten weniger Wartezeiten auf.

Dieser Prozess ist in Abbildung 4.21 dargestellt. In drei Schritten wird dort angezeigt, wie sich das interne Daten-Netzwerk entwickelt. Wie in Abbildung 4.20 ist das aktuelle Element wieder hervorgehoben, welches sich diesmal jedoch nicht ändert, sondern den internen Datenbestand *vor* dem weiteren Navigieren verdeutlicht.

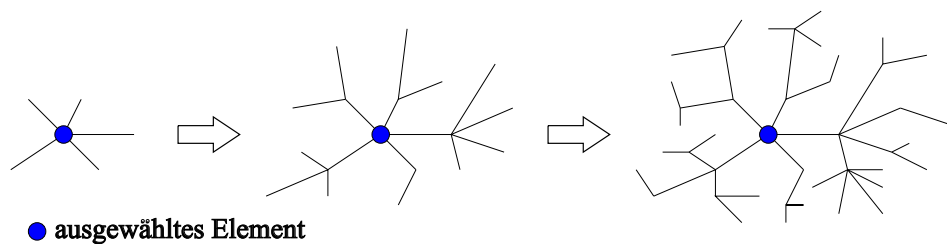


Abbildung 4.21: Vorsorgliches Nachladen von Topics

Zusätzlich wird, wie im „normalen“ Nachladen (siehe voriger Abschnitt), dieser Prozess des vorsorglichen Nachladens wieder in Gang gesetzt, um die „neue Umgebung“ des neuen ausgewählten Elements zu laden und zu verarbeiten. Der Vorteil oder der Unterschied zum reinen Nachladen besteht darin, dass der Benutzer ein flüssiges Navigationserlebnis auch in großen Datenbeständen hat. Dies gilt im Besonderen dann, wenn die Daten über das Internet bezogen werden. Auch dieses Vorgehen stellt die Skalierbarkeit sicher, in dem Sinne, dass auf der einen Seite weiterhin große Datenmengen verarbeitet und angezeigt werden können und auf der anderen Seite eine reaktionsfähige Visualisierung zur Verfügung steht.

Algorithmus 1 Vorsorgliches Nachladen

```
1: if  $\neg$ loaded (current_node) then  
2:   for level in [1..3] do  
3:     nodes  $\leftarrow$  load (current_node, level)  
4:     merge (data, nodes)  
5:   end for  
6: end if
```

4.3.3 Bereinigen der Daten

Ein Nachteil der bis hierhin erwähnten Techniken ist, dass die Daten, die innerhalb der Visualisierung gehalten werden müssen, im Laufe der Zeit stark anwachsen. Die Anzahl der schon geladenen und damit zu handhabenden Datensätze kann beliebig groß werden. Dies kann dazu führen, dass die Visualisierung ausgebremst wird und dadurch auch die Reaktionsfähigkeit gegenüber dem Benutzer leidet. Um diesem Prozess entgegen zu wirken empfiehlt sich ein Bereinigen der geladenen Daten, also ein Verwerfen nicht länger notwendiger Daten (englisch: *Garbage Collection*).

Im Vergleich zur normalen Speicherbereinigung, der *Garbage Collection* [JL96], bei der nicht mehr referenzierte oder erreichbare Datensätze entfernt werden, geht es in diesem Fall darum, den Speicherbedarf so zu reduzieren, dass die Visualisierung weiterhin reaktionsfähig und navigierbar bleibt. Dabei sollen genau jene Elemente entfernt werden, die für den Benutzer im Moment „nicht von Interesse“ sind. Um dies feststellen zu können, werden verschiedene Heuristiken verwendet [GB07]. Der praktikabelste und augenscheinlichste Indikator, ob ein Element weiterhin von Interesse ist, stellt die Zeit dar, die seit dem letzten Anzeigen dieses Elementes vergangen ist oder die „Entfernung“ zum/vom aktuellen Element (die Anzahl der Relationen auf dem kürzesten Weg). Eine Möglichkeit ist somit alle Elemente im internen Datennetzwerk zu löschen, die die letzten 15 Minuten nicht angezeigt wurden oder mehr als 20 Schritte vom aktuell ausgewählten Element entfernt sind. Dies sind Indikatoren beziehungsweise Heuristiken dafür, dass diese Elemente in der nächsten Zukunft nicht benutzt werden und so gelöscht werden können, um das Laufzeitverhalten der Visualisierung zu optimieren beziehungsweise sicher zu stellen.

Sollten dieselben Daten später noch einmal gebraucht werden, können diese inzwischen lokal gelöschten Elemente ein weiteres Mal geladen und damit dem internen Datenbestand wieder hinzugefügt werden.

Algorithmus 2 Datenbereinigung

```
1: for all node in data do  
2:   age  $\leftarrow$  get_age (node)  
3:   distance  $\leftarrow$  compute_distance (current_node, node)  
4:   if age  $\geq$  15min  $\vee$  distance > 20 then  
5:     discard (node)  
6:   end if  
7: end for
```

Zusammenfassung Skalierbarkeit

Die hier vorgestellten Mitteln erlauben mit sehr große Datenmengen zu handtieren und flüssig und schnell navigieren. Dabei bauen die Ansätze aufeinander auf. So können auch nur Teile davon eingesetzt werden. Die optimal Umsetzung berücksichtigt jedoch alle drei Schritte, um die Skalierbarkeit der jeweiligen Visualisierung sicher zu stellen: laden nach Bedarf, vorsorgliches Nachladen und bereinigen der Daten.

Die hier vorgestellten Techniken wurden in einer Visualisierung beispielhaft umgesetzt – dem TopicMap Viewer. Dazu werden im folgenden Kapitel Untersuchungen statt finden, die versuchen den Vorteil, insbesondere des ersten Ansatzes zu evaluieren und zu dokumentieren.

Mit der Diskussion über die Skalierbarkeit der Visualisierungen ist der letzte Baustein des prototypischen Systems vorgestellt worden. Inwieweit durch den Ansatz und die Umsetzung des Rahmenwerks die Anforderungen erfüllt wurden, wird im folgenden Abschnitt beleuchtet.

4.4 Adressierung der technischen Anforderungen

Zum Abschluss der Besprechung der technischen Umsetzung und Instantiierung des Rahmenwerks, werden an dieser Stelle die technischen Anforderungen aus Abschnitt 3.1.6 auf ihre Erfüllung überprüft (die Anforderungen sind im folgenden kursiv dargestellt). Komplementär zu diesem Abschnitt findet im Zuge der Evaluation in Abschnitt 5.5 die Diskussion der nicht-technischen Anforderungen statt.

Die ersten drei Anforderungen aus der Tabelle 3.1 sind schon durch den Ansatz sicher gestellt. Ansatz, Systementwurf und technisches Feinkonzept hatten von Anfang an das Ziel, *mehrere Kontextsensoren* und *-informationen*, *mehrere Visualisierungen* und *mehrere Datenquellen* verwalten zu können. Der Einsatz des Rahmenwerks bestätigt dieses Vorgehen, indem gezeigt wurde, dass auf *einfache Art und Weise neue Komponenten* der verschiedenen

Typen hinzugefügt werden konnten. *Einfache Schnittstellen* ermöglichen die Integration ohne großen Arbeitsaufwand.

Für die Kommunikation wurde gefordert, dass eine *bidirektionaler Kommunikation* zwischen Visualisierung und Kontextsensor möglich ist (*Push/Pull*). Auch dies wurde schon während des Systementwurfs geplant und berücksichtigt. Wenn sowohl Visualisierung als auch Kontextsensoren die entsprechenden Schnittstellen anbieten, findet eine bidirektionale Kommunikation innerhalb des Rahmenwerks statt.

Damit die Kommunikation gelingen kann, wurde ein *einfaches, erweiterbares Kontextmodell* erarbeitet. Dieses Kontextmodell erlaubt Kontextinformationen im Rahmenwerk auszutauschen. Dabei kann es einfach verwendet werden und beliebig um neue Elemente ergänzt und ausgebaut werden. Diese *Erweiterbarkeit* garantiert, dass auch später weitere Visualisierungen und Kontextsensoren ohne Anpassungsarbeiten am Rahmenwerk integriert werden können.

Durch den Einsatz geeigneter Kontextsensoren wurde in den Szenarios die *aufgabenzentrierte* Wirkungsweise sichergestellt, wie sie unter anderem von Card et al. [CMS99] gefordert wurde. Die Instantiierung des Rahmenwerks in den unterschiedlichen Szenarios hat weiterhin gezeigt, dass das entwickelte System leicht in andere Architekturen und Rahmenwerke *integrierbar* ist.

Zum Abschluss bleiben noch die Anforderungen an die Visualisierungen. Zum einen wurde die *Anpassbarkeit* der Anzeige gefordert und zum anderen die *Parametrisierbarkeit* einzelner Elemente. In den eingesetzten Visualisierungen können diese Anforderungen als erfüllt gelten, da mit ihnen gezeigt wurde, wie kontextbasierte Anpassungen vorgenommen wurden.

Ein weiterer Punkt war die geforderte *hohe Abbildungskonsistenz*. Auch dies wird von den eingesetzten Visualisierungen unterstützt, indem die Veränderungen während der Benutzung der Visualisierung minimiert werden. Damit erlauben sie eine unauffällige und hilfreiche Darstellung der Daten. Des Weiteren erlaubt insbesondere die Prozessansicht einen *Überblick* über die Daten zu erhalten. Dies geschieht unter anderem durch das Öffnen und Schließen der zusammengesetzten Aufgaben, so dass der Benutzer selbst entscheiden kann, wie tief er in den aktuellen Prozess „hineinschauen“ möchte.

4.5 Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurde die prototypische Implementierung eines Rahmenwerks für kontextualisierte Visualisierung und dessen Instantiierung in mehreren Einsatzszenarios vorgestellt.

Ausgehend vom Ansatz und Systementwurf wurde das Feinkonzept entwickelt, bei dem weiterhin die Anforderungen aus Abschnitt 3.1.6 Berücksichtigung fanden. In diesem Kapitel stand jedoch die technische Realisierung mit den zugehörigen Entscheidungen im Zentrum.

Als wichtiger Aspekt wurde das Kontextmodell und darauf aufbauend die Kommunikation innerhalb des Rahmenwerks beleuchtet. Weiterhin wurde die Umsetzung von Zustands- und Relationskontexten auf Basis der eingesetzten Kontextsensoren beschrieben. Die davon abgeleiteten Kontextmaße wurden ebenso detailliert vorgestellt. Diese erlauben eine visuelle Umsetzung verschiedener Kontextinformationen und Kontextwerte.

In einem weiteren Abschnitt ging es um die Skalierbarkeit der Visualisierungen, vor allem um die technische Handhabung großer Datenmenge in den Visualisierungen. Natürlich geht es bei der Skalierbarkeit prinzipiell auch um einen grafischen Aspekt. Dazu muss die jeweilige Visualisierung die Anzeige großer Datenmengen oder Teile davon berücksichtigen, ohne den Benutzer zu überfordern. Die eingesetzten Visualisierungen unterstützen diesen Punkt – Prozess- und Baumansicht durch verschiedene Hierarchiestufen und der TopicMap Viewer durch eine flexible Umgebungsdarstellung zu einem aktuell ausgewählten Element. Insbesondere der TopicMap Viewer unterstützt viele der entwickelten Ansätze und stellt eine Machbarkeitsstudie beziehungsweise Testumgebung (englisch: *Testbed*) für Experimente dar.

Nach der Umsetzung und Instantiierung des Rahmenwerks lassen sich einige Vorteile der Berücksichtigung des Kontextes bei der Visualisierung für den Wissensarbeiter am wissensintensiven Arbeitsplatz erkennen. Insbesondere die Vernetzung mehrerer Datenquellen und damit der Werkzeuge kann den Wert der dargestellten Daten deutlich erhöhen. Vorher waren diese Daten separat zu durchforsten und dabei Übergänge und Verbindungen nicht ohne Weiteres erkenn- und nutzbar. Weiterhin ist die Berücksichtigung der Zustandskontextinformationen aus den diversen Kontextsensoren ein vielversprechendes Medium, den Wissensarbeiter aufgaben- und situationsabhängig zu unterstützen.

Die Einsatzszenarios haben dabei gezeigt, das die vorgestellte Lösung das Potenzial hat, den Wissensarbeiter direkt am Arbeitsplatz mit grafischen Mitteln zu unterstützen. Dabei bleibt zu untersuchen, wie gut diese Kontextualisierung wirklich durch den Wissensarbeiter wahrgenommen wird und die Unterstützung messbar ist. Dies wird im folgenden Kapitel in den verschiedenen Szenarios evaluiert.

*„Glück ist was passiert, wenn Vorbereitung
auf Gelegenheit trifft.“*

— *Lucius Annaeus Seneca*

Kapitel 5

Evaluation

Die Konzeption und Implementierung des Rahmenwerks zur kontextualisierten Visualisierung wurde in den vorigen beiden Kapiteln beschrieben. Es stellt sich nun die Frage, ob der Ansatz kontextualisierter Informationen tatsächlich eine Unterstützung für Wissensarbeiter darstellt und welche Kontextinformationen bei welcher Aufgabenart am hilfreichsten sind. Um eine Antwort auf diese Fragen zu finden, wurden im Rahmen dieser Arbeit mehrere Nutzerstudien durchgeführt. Diese Nutzerstudien wurden anhand konkreter Instantiierungen des Rahmenwerks für kontextualisierte Visualisierungen vorgenommen.

In diesem Kapitel wird zunächst die Evaluationsmethode vorgestellt (Abschnitt 5.1). Daraufhin werden die einzelnen Studien mit den jeweiligen Ergebnissen beschrieben (Vorstudie, erweiterte Evaluation, Evaluation der Visualisierungen). Am Ende dieses Kapitels findet abschließend ein Abgleich mit den nicht-technischen Anforderungen in Abschnitt 5.5 statt.

5.1 Evaluationsmethode

Bevor die einzelnen durchgeführten Evaluationen und Benutzerstudien vorgestellt und diskutiert werden, folgt eine Aufstellung der einzelnen Aspekte der Evaluation dieser Arbeit und darauf aufbauend eine Erläuterung der eingesetzten Evaluationsmethoden.

5.1.1 Was soll evaluiert werden?

Zu Beginn der Evaluationsmethode wird beschrieben welche Aspekte und Komponenten des entwickelten und instantiierten System evaluiert wurden.

Dazu gehören:

- die Instantiierung des Rahmenwerks zur kontextualisierten Visualisierung:
 - die Zeit, die der Wissensarbeiter für seine Aufgabe(n) benötigt
 - die gefühlte Qualität der kontextualisierten Visualisierung
- die eingesetzten Visualisierung(en) bezüglich der Anforderungen
- die Eignung baumartiger Visualisierungen für Prozessdaten
- die Skalierbarkeit der Visualisierung
- die Überprüfung der nicht-technischen Anforderungen

Im Zentrum steht dabei das Rahmenwerk zur kontextualisierten Visualisierung. Dieses soll durch die Evaluation seine Vielfältigkeit und gewinnbringende Anwendung im Alltag von Wissensarbeitern unter Beweis stellen. Die technischen Aspekte und der Abgleich mit den entwickelten Anforderungen wurden bereits in Abschnitt 4.4 im vorigen Kapitel statt.

In diesem Kapitel findet deshalb eine Untersuchung von gemessener (Effizienz und Effektivität) und gefühlter Nutzerzufriedenheit statt. Auf der einen Seite heißt das die Zeit, die ein Wissensarbeiter braucht, um die ihm gegebene Aufgabe zu erfüllen und die Anzahl der Fehler, die ihm dabei unterlaufen. Auf der anderen Seite die dabei von ihm wahrgenommene Qualität der kontextualisierten Visualisierungen.

Des Weiteren werden die eingesetzten Visualisierungen zu unterschiedlichen Aspekten untersucht. Dazu zählt sowohl die wahrgenommene Benutzbarkeit, als auch die Erfüllung der Nebenbedingungen an die Visualisierungen (siehe Abschnitt 3.1.5) beziehungsweise der Skalierbarkeit bezüglich der Anzahl der geladenen und angezeigten Informationen. In einem weiteren Punkt geht es um die Verwendung der Visualisierungen für bestimmte Datentypen. Konkret soll untersucht werden, ob sich netzbasierte Visualisierungen eignen, Prozessinformationen am wissensintensiven Arbeitsplatz anzuzeigen.

Nicht zuletzt geht es in diesem Kapitel um die Überprüfung der nicht-technischen Aspekte der Anforderungen aus Abschnitt 3.1.6.

5.1.2 Wie soll evaluiert werden?

Ergänzend zu dem „was“ evaluiert werden soll, behandelt der folgende Abschnitt das „wie“ der Evaluation. Dazu werden zugrunde liegende Vorgehensweisen diskutiert, die in den weiter unten vorgestellten Evaluationen Verwendung finden.

Für die Erhebung quantitativer Daten wurde auf der einen Seite Bearbeitungszeiten gemessen, die die Wissensarbeiter für die gestellten Aufgaben benötigten. Für die Auswertung wurde der t-Test verwendet [BD06]. Dazu wurden Tests *mit* kontextualisierter Unterstützung (Variante A) und Tests *ohne* diese Unterstützung (Variante B) durchgeführt. Die Benennung der jeweiligen Benutzergruppen ist entsprechend: Gruppe α beziehungsweise Gruppe β .

Ergänzend wurde ein Fragebogen verwendet, der Auswahlfragen zu den verschiedensten Bereichen enthielt. Die gestellten Fragen setzen sich aus verschiedenen Bereichen zusammen. Einige Fragen sind aus dem internationalen Standard ISO 9241-110 für „Ergonomische Anforderungen der Mensch-System-Interaktion“ [DIN06] abgeleitet, andere sollen die Meinung der Testpersonen zu verschiedenen Bereichen des Prototyps untersuchen. Die ISO-Fragen sind allgemein gehalten. Hierbei wird in der ISO 9241-110 besonders auf die Themengebiete Aufgabenangemessenheit, Selbstbeschreibungsfähigkeit, Steuerbarkeit, Erwartungskonformität, Fehlertoleranz, Individualisierbarkeit und Lernförderlichkeit eingegangen. Unter Aufgabenangemessenheit ist die vollständige und korrekte Erfüllung der Aufgabenziele mit vertretbarem Arbeitsaufwand gemeint. Mit Lernförderlichkeit wird hingegen die System-unterstützung beim Erlernen der Anwendung bezeichnet.

Die Fragen der Fragebögen sind hauptsächlich als Auswahlfragen formuliert (englisch: *Multiple Choice*), die jeweils nur eine Antwort erlauben. Bei subjektiven Eigenschaften kann der Teilnehmer zwischen vier vorgegebenen Antworten auswählen. Dabei werden die Antwortmöglichkeiten nach dem Schema „Überhaupt nicht hilfreich“ (1), „Ein bisschen hilfreich“ (2), „Hilfreich“ (3) und „Sehr hilfreich“ (4) angeboten, wobei die Eigenschaft „hilfreich“ der Fragestellung entsprechend angepasst wurde. Bei den vorgegebenen Fragen wurde darauf geachtet, dass es eine gerade Anzahl an Antwortmöglichkeiten gab. Der Teilnehmer muss im Falle einer Unschlüssigkeit zumindest eine Tendenz angeben, ob er der Eigenschaft eher zustimmt oder sie eher verneint.

Zur qualitativen Untersuchung wurden Fragebögen um Freitextantworten ergänzt. Diese erlauben eine Interpretation der „gefühlten Zufriedenheit“ und die Möglichkeit für die Probanden außerhalb vorgegebener Antwortmuster und Fragekategorien Antwort und Rückmeldung zu geben.

Als generelles Mittel der Benutzerstudien wurden Labortests gewählt: Die Teilnehmer bekamen einfache Aufgaben in einer künstlich erzeugten Situation gestellt. Darüber hinaus waren sie sich der Testsituation bewusst.

Die Kombination aus Zeitmessung und Fragebogen erlaubte so eine umfassende Untersuchung des in dieser Arbeit vorgestellten und entwickelten Rahmenwerks.

5.2 Vorstudie

In einem noch recht frühen Entwicklungsstadium des Rahmenwerks wurde eine Vorstudie durchgeführt. Dabei handelt es sich um eine qualitative und quantitative Benutzerstudie. Dies sicherte die aktuelle Entwicklung und Konzeption ab. Dazu wurde ein kleinerer Personenkreis gewählt. Dieses Vorgehen lässt zwar nur Tendenzen zu, verhindert aber grobe Fehlentwicklungen während der Entwicklung.

Des Weiteren wurde mit der Vorstudie der Evaluationsaufbau getestet, so dass für die erweiterte Evaluation ein solides Evaluationsvorgehen verwendet werden konnte.

Die folgenden Abschnitte gliedern sich in die Beschreibung des Experiments inklusive technischem Aufbau und Ablauf und der Darstellung der Ergebnisse dieser Vorstudie. Ziel dieser ersten Studie ist es, den Einfluss der Präsentation von kontextualisierten Informationen auf das Verhalten der Benutzer bei der Bearbeitung von Aufgaben zu ermitteln. Als Einsatzszenario wurde APOSDLE gewählt (siehe Abschnitt 4.2.2).

5.2.1 Experiment

Um zu ermitteln, inwiefern die Präsentation von kontextualisierten Informationen die Benutzer beeinflusst, werden in dieser Benutzerstudie zehn Teilnehmern drei Aufgaben zur Bearbeitung vorgelegt. Die Teilnehmer wurden in zwei Gruppen (Gruppe α und Gruppe β) zu jeweils fünf Personen aufgeteilt. Eine Gruppe führte die Aufgaben mit kontextualisierten Visualisierungen durch, während die andere Gruppe die reinen Visualisierungen der Daten verwenden mussten, ohne Kontextanreicherung. Es handelt sich demnach um eine Untersuchung zwischen den Gruppen (englisch: *between-groups design*).

Gegenstand aller gestellten Aufgaben ist die Navigation durch eine Netzstruktur mit Unternetzen, wobei ein in der Aufgabenstellung genannter Knoten und drei beliebige, direkte Unterknoten mit Hilfe der Maus selektiert werden sollten. In den drei Aufgaben musste dies mit den folgenden Visualisierungen durchgeführt werden:

Aufgabe 1: in der Prozessansicht

Aufgabe 2: in der Baumansicht

Aufgabe 3: im TopicMap Viewer

Die Knoten stellen dabei Prozesse und Prozessschritte dar. Gemessen wird in dieser Aufgabe, wie lange der Teilnehmer benötigt, um zu dem Knoten zu navigieren, sowie diesen und die drei Unterknoten auszuwählen. Die

Netzstruktur wird den Teilnehmern in unterschiedlichen Darstellungsformen präsentiert: zunächst anhand der Prozessansicht, anschließend durch eine Baumansicht und abschließend durch den TopicMap Viewer (siehe Abschnitt 4.2.2). Sowohl die Netzstruktur als auch die einzelnen Sichten auf die Netzstruktur sind den Teilnehmern überwiegend unbekannt. Lediglich zwei der Teilnehmer kannten die Funktionsweise des TopicMap Viewer; dies wurde bei der späteren Analyse der Ergebnisse berücksichtigt.

Die Netzstruktur ist in allen Aufgaben mit insgesamt 38 Knoten beziehungsweise Prozessschritten überschaubar gehalten; die einzelnen Prozessschritte sind nach Themen geordnet und somit transparent. Beispielsweise enthält der Knoten „Fortlaufende Werbung durchführen“ ① die Unterknoten „Veranstaltungsflyer erstellen“ ② und „Pressevorkündigung herausgeben“ ③. Der Benutzer kann also ungefähr erahnen, wo sich der entsprechende Knoten befindet. Des Weiteren muss der Benutzer aufgrund der geringen Anzahl an Knoten nicht in den einzelnen Fenstern scrollen, um die Aufgabenstellung zu erreichen. Alle Informationen sind somit sofort sichtbar. Die vollständige Netzstruktur ist in Abbildung 5.1 dargestellt.

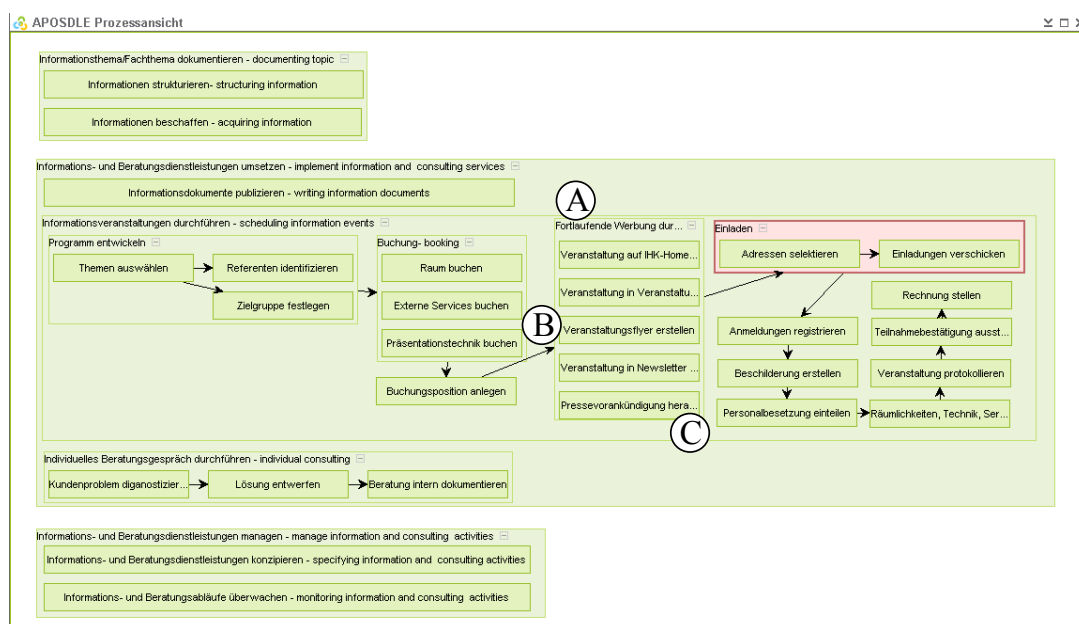


Abbildung 5.1: Netzstruktur der Evaluationsaufgaben in der Prozessansicht

Die Teilnehmer der Gruppe α müssen in der Prozessansicht, der Baumansicht und dem TopicMap Viewer einen bestimmten, in der Aufgabenstellung vorgegebenen Knoten ohne Kontextunterstützung finden.

Gruppe β absolviert im Gegensatz dazu die drei Aufgaben jeweils mit Kontextunterstützung. Die Kontextunterstützung erfolgt durch farbliche Hervorhebung in Prozessansicht und Baumansicht beziehungsweise durch größer

dargestellte Symbole im TopicMap Viewer. Die drei Ansichten in Abbildung 5.2 bis 5.4, zeigen die Hervorhebung in den einzelnen Visualisierungen (Referenzpunkte ①, ② und ③).

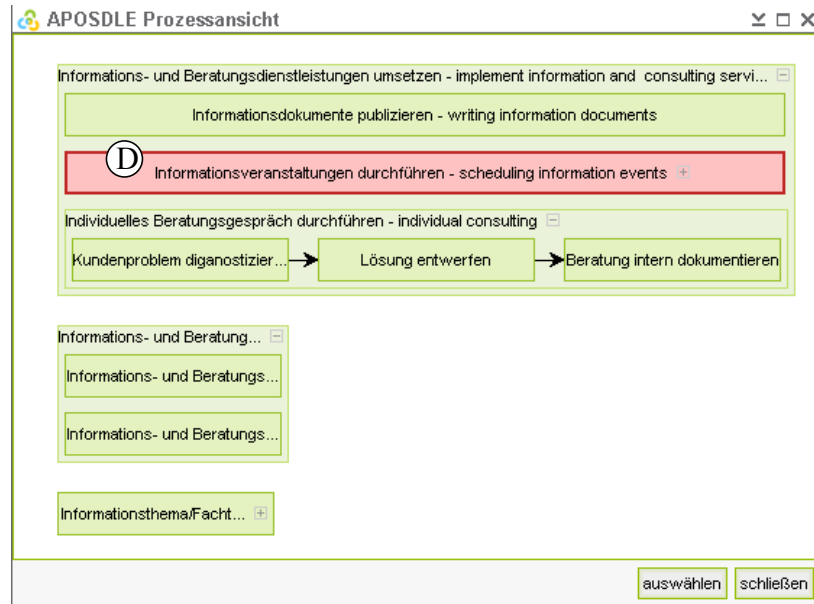


Abbildung 5.2: Kontextualisierte Prozessansicht (Vorstudie)

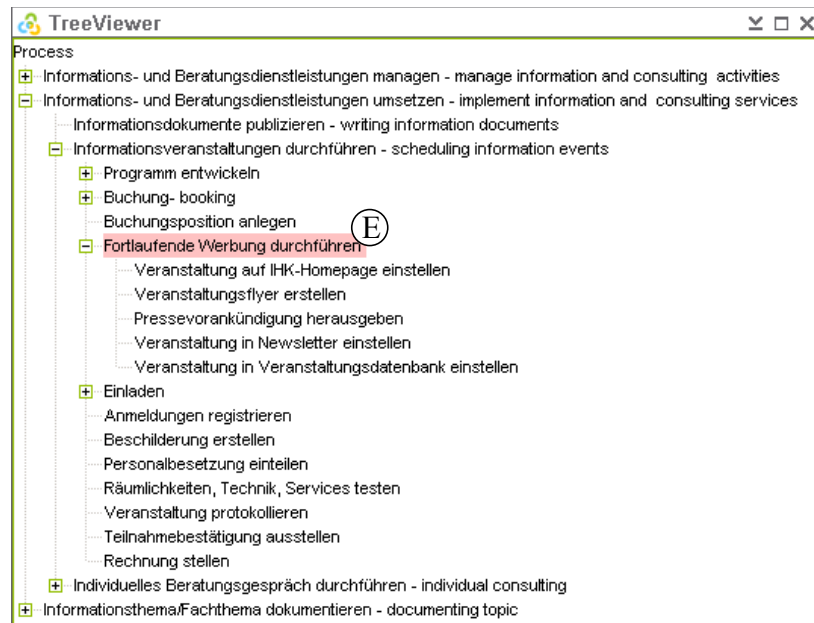


Abbildung 5.3: Kontextualisierte Baumansicht (Vorstudie)

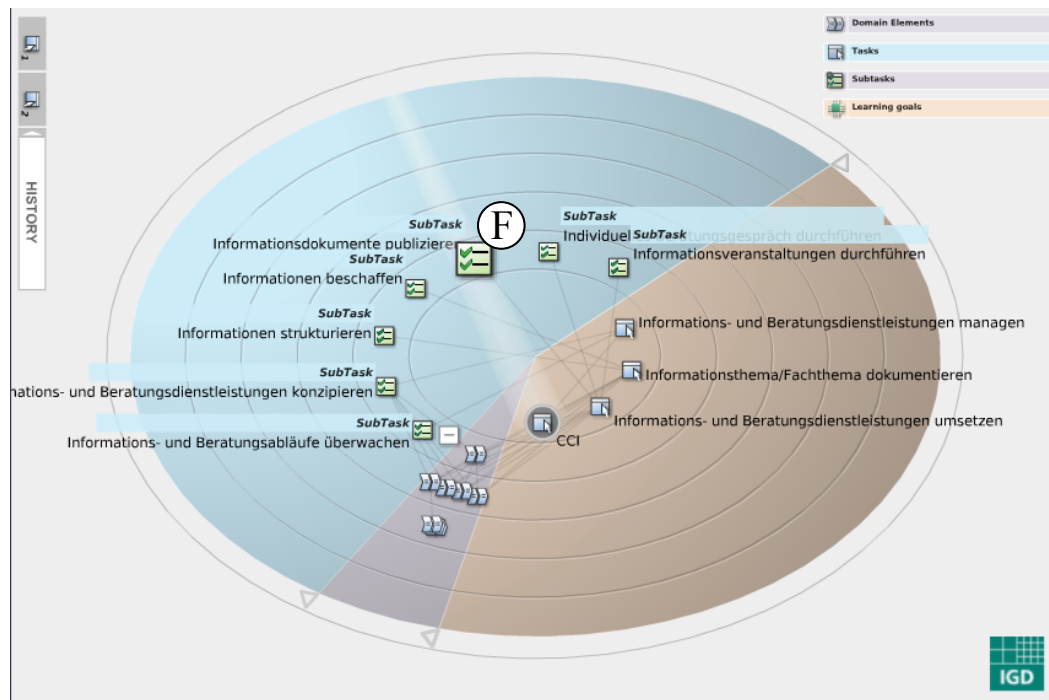


Abbildung 5.4: Kontextualisierte TopicMap Viewer (Vorstudie)

Der Ablauf des Experiments erfolgte getrennt für jeden einzelnen Teilnehmer. Jeder Teilnehmer bekam zu Beginn die Aufgabe schriftlich auf dem Bildschirm präsentiert. Hier wurde der zu suchende Knoten benannt sowie Hinweise zur Benutzung und Art der Darstellungsform gegeben. Der Teilnehmer hatte die Möglichkeit, bei Unklarheiten in der Aufgabenstellung oder den Hinweisen nachzufragen. Anschließend drückte der Teilnehmer den Knopf „Start“. Damit öffnete sich das zu der Aufgabe gehörende Fenster mit Prozessansicht, Baumansicht oder TopicMap Viewer. Erst mit dem Drücken der Starttaste begann auch die Zeitmessung. Hat der Teilnehmer die Aufgabe absolviert, beendete er sie durch drücken des Knopfes „Beenden“. Die gemessene Zeit bezieht sich ausschließlich auf die zur Aufgabenerfüllung benötigte Zeit. Zusätzlich zur Zeit wurden Anzahl und Art der Klicks für die Prozessansicht und die Baumansicht aufgezeichnet, um später Rückschlüsse auf die Zielerreichung ziehen zu können. Beim TopicMap Viewer ist das Aufzeichnen von Mausclicks technisch nicht ohne weiteres umsetzbar und wurde entsprechend für diese Evaluation außen vor gelassen.

Nach Abschluss der Aufgaben füllten die Teilnehmer der Benutzerstudie einen Fragebogen aus. Dieser ist im Anhang B.1.2 abgebildet. Einigen Fragen basieren auf der ISO-Norm für „Ergonomische Anforderungen der Mensch-System-Interaktion“ (siehe oben in Abschnitt 5.1.2 und [DIN06]). Zusätzlich kamen noch Auswahl- und Freitextfragen hinzu.

5.2.2 Ergebnisse der Vorstudie

Im Folgenden werden die Ergebnisse dieser ersten Evaluation präsentiert. Es ist hierbei zu berücksichtigen, dass es sich nicht um eine repräsentative Stichprobe handelt und daher lediglich Tendenzen erarbeitet werden können. Fast alle Teilnehmer der Benutzerstudie besaßen nach eigenen Einschätzungen sehr gute Kenntnisse im Umgang mit Computern. Es ist somit anzunehmen, dass die Computerkenntnisse der Teilnehmer denen des Wissensarbeiters entsprechen. Insgesamt haben alle Teilnehmer alle Aufgaben erfüllen können. Es wird nun im Einzelnen auf verschiedene Sachverhalte der gewonnenen Ergebnisse eingegangen und mögliche Schlussfolgerungen vorgenommen.

Quantitative Ergebnisse

Die Zeiten, die während der Durchführung der Aufgaben aufgezeichnet wurden, sind der Tabelle 5.1 zu entnehmen. Alle Antworten des Fragebogens sind hingegen im Anhang B.1.3 in Tabelle B.1 zusammengefasst.

Tabelle 5.1: Durchschnittliche Bearbeitungszeiten während der Vorstudie (in Sekunden)

	Prozess	Baum	TopicMap
Gruppe α	41,2	27,4	30,2
Gruppe β	34,2	23,2	34,0
t-Test Wert	1,3452	1,5875	-0,7189

Den Teilnehmern der Gruppe β wurde im Gegensatz zu Gruppe α die kontextualisierten Visualisierungen vorgelegt. Vergleicht man die Werte zwischen den Gruppen α und β ist prinzipiell eine leichte Verbesserung durch die Verwendung von Kontextinformationen zu erkennen.

Allerdings ist bei diesen Zahlen zu beachten, dass diese durch die relativ kleine Zahl an Probanden nicht signifikant ist. Dies lässt sich auch an dem Wert für den t-Test in Tabelle 5.1 ablesen (die Schranke für ein 95% Signifikanzniveau wäre 1.8595).

Im Folgenden werden die Aufgaben zur Prozessansicht betrachtet, die in Aufgabe 1 zur Verfügung gestellt wurden (Abbildung 5.2). Vergleicht man die Werte der Gruppe α mit denen der Gruppe β stellt man fest, dass Gruppe β die Aufgabe im Durchschnitt schneller erfüllt, obwohl beide Gruppen die Prozessansicht nicht kannten. Dies gilt selbst dann, wenn Teilnehmer 6 aus Gruppe α nicht berücksichtigt wird, der überdurchschnittlich viel Zeit für Aufgabe 1 benötigte.

Ein ähnliches Ergebnis zeichnet sich bei der Baumansicht in Aufgabe 2 ab (Abbildung 5.3). Hier fällt die Differenz der durchschnittlich gemessenen Zeiten mit und ohne Hervorhebung der Kontextinformationen in den Visua-

lisierungen ähnlich groß aus. Die durchschnittlich benötigte Zeit zwischen der Gruppe α und Gruppe β sank auch hier um etwa 20 %.

Schwieriger ist die Auswertung des TopicMap Viewers (Abbildung 5.4). Hier liegt die durchschnittliche Zeit der Gruppe α sogar unter der von Gruppe β . Allerdings muss berücksichtigt werden, dass in Gruppe α Teilnehmer 2 und 6 mit dem TopicMap Viewer bereits funktionsmäßig vertraut waren. Rechnet man diese beiden Werte heraus, gab es auch in dieser Ansicht eine Verbesserung der durchschnittlichen Bearbeitungszeit durch die Anzeige von Kontextinformationen.

Benutzerzufriedenheit

In diesem Abschnitt über die Benutzerzufriedenheit geht es um die Auswertung der subjektiven Zufriedenheit der Benutzer während der Vorstudie. Diese wurde in Form eines Fragebogens nach der Durchführung der Evaluation erhoben. Dabei standen in der Regel vier Antwortmöglichkeiten (1–4) zur Verfügung.

Dabei ist festzustellen, dass die Teilnehmer kontextualisierte visuelle Ausgaben im Durchschnitt als „hilfreich“ (3) betrachtet haben. Die Teilnehmer können sich zudem alle vorstellen, in Zukunft mit kontextualisierten visuellen Ausgaben zu arbeiten. Dabei empfanden alle Teilnehmer die Hervorhebung von Knoten in den Ausgaben als „überhaupt nicht aufdringlich“ (1).

Insgesamt betrachtet schnitt die Baumansicht im Fragebogen besser ab als die Prozessansicht. So wurde die Navigierbarkeit der Baumansicht als durchschnittlich „navigierbar“ (3) bewertet. Die Prozessansicht erreichte hier nur einen Wert zwischen „ein bisschen navigierbar“ (2) und „navigierbar“ (3). Dies kann jedoch auch daran liegen, dass die Prozessansicht mehr Funktionalität bietet, die auf den ersten Blick etwas unübersichtlich wirkt. Auch bei einer anderen Frage gaben die Teilnehmer an, dass bei der Baumansicht die Kontextualisierung eine Unterstützung während der Erfüllung der Aufgabe darstellte. So empfanden viele Benutzer die Kontextualisierung als „geeignet“ (3) oder sogar „sehr geeignet“ (4). Bei der Prozessansicht lag der Wert durchschnittlich bei „geeignet“ (3). Des Weiteren ist zu erwähnen, dass die Baumansicht den Teilnehmern am vertrautesten ist, da diese Darstellungsform in vielen Anwendungen benutzt wird.

Auch ist anzumerken, dass der TopicMap Viewer mehr Erklärung bedarf als beispielsweise Baumansicht oder Prozessansicht. Die Anwender kennen im Allgemeinen den Umgang mit Netzen und Bäumen aus anderen Anwendungen. Die Ansicht und die Navigationsmechanismen des TopicMap Viewers sind den Teilnehmern hingegen überwiegend neu. Subjektiv empfanden die Teilnehmer wahrscheinlich deshalb den TopicMap Viewer bei der Navigierbarkeit am unverständlichsten.

5.2.3 Zusammenfassung Vorstudie

Insgesamt ist festzuhalten, dass die Präsentationsform von kontextualisierten Informationen einen deutlichen Einflussfaktor auf die Unterstützung der Benutzer darstellt. Die Teilnehmer konnten die Aufgaben durch eine Kontextualisierung der visuellen Ausgaben im Durchschnitt in kürzerer Zeit bearbeiten. Es ist jedoch zu beachten, dass es sich bei den gestellten Aufgaben um sehr einfache und überschaubare Aufgaben handelt, die überwiegend die Navigation betroffen haben.

Da die bis hier vorgestellte Vorstudie eine erste positive Tendenz für die Kontextualisierung darstellt, wurden das Rahmenwerk in einem weiteren Szenario instantiiert und einer umfassenderen Evaluation unterzogen. Diese zweite erweiterte Evaluation wird im Folgenden beschrieben.

Insbesondere sollten auf Grund der Vorstudie mehr Teilnehmer an der folgenden Evaluation teil nehmen. Außerdem ist wichtig, auch die Effektivität zu betrachten, zum Beispiel die während der Arbeit gemachten Fehler. Dies und mehr floss in die erweiterte Evaluation ein.

5.3 Erweiterte Evaluation

Nachdem die Vorstudie zwar positive Effekte der Kontextualisierung nahegelegt hat, wird an dieser Stelle eine weitergehende Evaluation vorgestellt, die auf den Ergebnissen der Vorstudie aufbaut. Mit einer umfassenderen und umfangreicheren Nutzerstudie soll die effektive Unterstützung des Wissensarbeiters durch kontextualisierte Visualisierung belegt werden.

Als Einsatzszenario wurde ein anderes als in der Vorstudie gewählt. Diesmal wurde EUDISMES als Szenario festgelegt, ein System zu kollaborativen endbenutzergetriebenen Aufgaben- und Prozessentwicklung (siehe Abschnitt 4.2.1).

In diesem Kapitel wird zunächst das Experiment der erweiterten Evaluation grundsätzlich beschrieben. Hiernach wird in Abschnitt 5.3.2 auf den technischen Aufbau und Ablauf eingegangen und erläutert, welche Messungen in welcher Weise durchgeführt wurden. Die Ergebnisse der Messungen sowie der Teilnehmerbefragung bezüglich ihrer Einschätzung des Systems werden in Abschnitt 5.3.3 vorgestellt.

5.3.1 Experiment

Um zu messen, wie gut das System Wissensarbeiter unterstützen kann, wurden zwei Rollenspielvarianten entworfen, in denen jeweils drei einfache Aufgaben zu lösen waren. Die Ausgangssituation beider Varianten war gleich

und bestand darin, dass der Testperson die Rolle eines neuen Mitarbeiters in einem Unternehmen zugewiesen wurde, welcher gewisse Aufgaben zu lösen hat. Um die Vergleichbarkeit der Varianten zu gewährleisten wurden diese strukturell ähnlich gestaltet. Inhaltlich wurden sie jedoch leicht unterschiedlich gestaltet, um verschiedene Lösungen für Variante A und B zu erhalten. Dies soll verhindern, dass sich die Teilnehmer der Nutzerstudie die richtigen Antworten merken und die zweite Variante aus dem Gedächtnis lösen. Die Aufgaben für beide Varianten sind im Anhang in Abschnitt B.2.1 abgebildet. Inhaltlich waren folgende Aufgaben von den Probanden zu lösen:

Aufgabe 1

Finde den Namen eines geeigneten Kollegen heraus.

Aufgabe 2

Schlage einen Mitarbeiter vor, der die Aufgabe des Veröffentlichens übernehmen soll. Berücksichtige dabei die individuelle Aufgabenbelastung Deiner Kollegen.

Aufgabe 3

Finde den Dateinamen des passenden Formulars heraus.

Die Teilnehmer der Studie bearbeiteten beide Varianten, wobei Variante A mit Unterstützung kontextualisierter Visualisierung durchgeführt wurde und Variante B nicht. Für beide Varianten wurde die Bearbeitungszeit gemessen, sodass ein quantitativer Vergleich der Arbeit mit und ohne kontextualisierter Visualisierung durchgeführt werden konnte. Im Anschluss an die Bearbeitung füllten die Teilnehmer einen Fragebogen aus, um den Prototyp qualitativ zu beurteilen. Im nächsten Abschnitt wird der technische Aufbau und Ablauf beschrieben.

5.3.2 Technischer Aufbau und Ablauf

An der Nutzerstudie nahmen 30 Personen teil. Alle Testpersonen haben einen akademischen Hintergrund, waren also Studenten, Doktoranden, wissenschaftliche Assistenten oder sonstige Mitarbeiter einer wissenschaftlichen Einrichtung. Die Personen sind in unterschiedlichen akademischen Disziplinen tätig, jedoch lag der Schwerpunkt mit 18 Personen auf informatiknahen Fächern. Zur Teilnehmerstruktur vergleiche auch Anhang B.2.4. Man kann daher davon ausgehen, dass es sich bei allen Teilnehmern um repräsentative Probanden handelt, also um Wissensarbeiter gemäß der Definition in Abschnitt 2.2.3.

Die 30 Personen wurden in zwei gleich große Gruppen von Teilnehmern geteilt. Die Evaluation wurde dann als Kreuzevaluation (englisch: *Cross Evaluation*) durchgeführt. Während die eine Gruppe also etwa erst ohne und

danach mit Kontextunterstützung arbeiten musste, war es bei der anderen Gruppe genau umgekehrt. Diese mussten erst mit Kontextunterstützung und danach ohne. Mit diesem Verfahren ist es möglich, einige andere Faktoren aus der Evaluation auszuschließen, etwa Lernprozesse, die während der Versuchsdurchführung auftreten können und das Ergebnis beim zweiten Durchlauf beeinflussen und verfälschen können.

Dieser Ansatz stellt eine Kombination aus den Ansätzen innerhalb einer Gruppe (englisch: *within-groups design*) und zwischen Gruppen (englisch: *between-groups design*) dar. Während Untersuchungen innerhalb einer Gruppe (eine Person macht mehrere Durchläufe) kleinere Testgruppen erlauben, schützen Untersuchungen zwischen Gruppen (eine Person pro Variante) vor einigen anderen Faktoren, die die Evaluation negativ beeinflussen können. Abbildung 5.5 stellt diesen Versuchsaufbau grafisch dar.

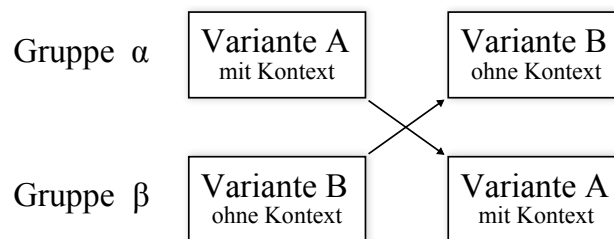


Abbildung 5.5: Kreuzevaluation

Zur Durchführung der Studie wurde ein Arbeitsplatz simuliert, der dem eines Wissensarbeiters entspricht. Für die Bearbeitung der Aufgabenstellung wurde den Teilnehmern ein Schreibtisch mit PC und gedruckten Unterlagen zur Verfügung gestellt. Auf dem PC war der Prototyp installiert und bei Beginn des Experiments bereits gestartet. Das Programm durfte jedoch, wie bereits erwähnt, nur bei Variante A verwendet werden. Neben dem System war eine Excel-Datei geöffnet, die zur teilautomatischen Protokollierung der Messergebnisse diente.

Das Telefonieren mit Mitarbeitern wurde simuliert, indem die Teilnehmer dem Leiter des Experiments mitteilen konnten, welchen Kollegen sie gerne sprechen würden und dieser dann die Rolle des gewünschten Kollegen übernahm um die Fragen der Teilnehmer zu beantworten. Dies war lediglich bei Variante B notwendig, bei dem die Unterstützung durch die kontextualisierte Visualisierung nicht zur Verfügung stand. Außerdem wurde bei jedem Anruf eine „Zeitstrafe“ von zehn Sekunden addiert.

Eine Zeitstrafe von nur zehn Sekunden ist sehr niedrig, wenn man bedenkt, wie viel Zeit es kostet, einen Kollegen zu erreichen. Dies gilt erst recht, wenn der Kollege nicht in der eigenen Abteilung, sondern einer weiter entfernten arbeitet. Außerdem kostet allein die Initiierung eines Gespräches eine ganze Weile (Begrüßung etc.), bis die eigentliche Frage zum Zuge kom-

men kann. Hinzu kommen Zeiten für den Weg, wenn die Kommunikation nicht per Telefon oder Chat, sondern von Angesicht zu Angesicht erfolgen soll. Zusammenfassend stellen wir fest, dass zehn Sekunden eine sehr geringe Zeitannahme ist. Vielmehr handelt es sich dabei um die Abschätzung einer untersten Grenze. Realistische Zeitannahmen müssten dagegen viel höher angelegt werden.

Des Weiteren lagen den Studienteilnehmern die Beschreibungen der beiden Varianten inklusive der Aufgabenstellungen sowie eine grafische Abteilungsübersicht des virtuellen Unternehmens zur Ergänzung der Beschreibungen vor. Diese Materialien befinden sich in Anhang B.2.1.

Ablauf

Der Versuchsablauf ist in Abbildung 5.6 schematisch dargestellt. Zu Beginn eines jeden Versuchsdurchganges wurde dem Teilnehmer die Ausgangssituation der Varianten mündlich erläutert und eine kurze Einführung in die Bedienung des Programms gegeben. Dann wurde die Testperson gebeten, die beiden Varianten aufmerksam zu lesen. Anschließend konnten Verständnisfragen gestellt werden.

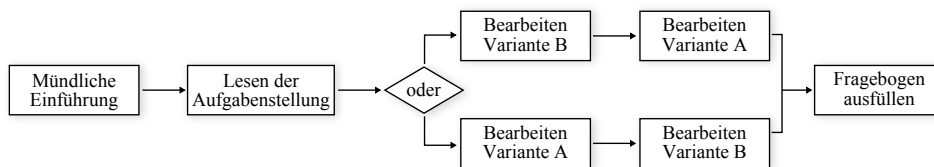


Abbildung 5.6: Schematische Darstellung des Versuchsablaufs

Die Reihenfolge, in der die Varianten A und B zu bearbeiten waren, wurde in jedem Versuchsdurchgang gewechselt, so dass die Hälfte der Testpersonen zuerst Variante A (mit kontextualisierter Visualisierung) bearbeiteten, und die andere Hälfte zuerst Variante B (ohne kontextualisierte Visualisierung). Dadurch soll der Lerneffekt ausgeglichen werden, der entsteht, nachdem die erste Variante durchgeführt wurde, da dies die Messergebnisse verzerren könnte.

Bei beiden Varianten wurden die jeweils drei Aufgaben bearbeitet und die Zeit für jede Aufgabe einzeln gemessen. Zur Zeitmessung wurde die bereits angesprochene Excel-Anwendung verwendet. Diese stellt für jede Aufgabe einen Start-Knopf zur Verfügung, der von der Testperson angeklickt wurde, sobald sie mit der Aufgabe begann (das Klicken wurde vom Studienleiter überwacht). Beim Klick auf diesen Knopf wurde die aktuelle Uhrzeit auf einem anderen Tabellenblatt der Excel-Datei protokolliert. Nun wurde die Aufgabe bearbeitet. Nachdem der Teilnehmer die Lösung der Aufgabe, die stets in der Beantwortung einer Frage lag, herausgefunden hatte, konnte er

die Lösung aus einer Reihe von Vorgaben in einer Auswahlliste der Excel-Datei auswählen. Mit dieser Aktion wurde gleichzeitig wieder die dann aktuelle Uhrzeit protokolliert, so dass aus der Differenz der beiden Zeitpunkte die Dauer für die Bearbeitung der Aufgabe ermittelt werden konnte. Abbildung 5.7 verdeutlicht diesen Ablauf, der für jede Aufgabe stattfand.

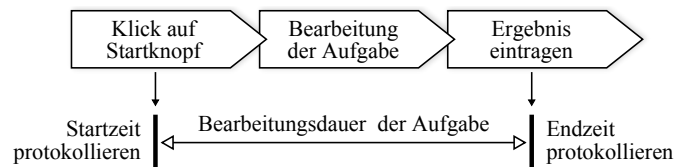


Abbildung 5.7: Ermittlung der Bearbeitungsdauer einer Aufgabe

Bei Variante B (ohne Visualisierung) wurden zur gemessenen Zeit zehn Sekunden für jede Frage an einen Mitarbeiter addiert, egal ob dieser aus der eigenen oder aus einer anderen Abteilung stammte. Dadurch sollen die gemessenen Zeiten realistischer werden. Würde man tatsächlich Kollegen befragen, so würde entweder der Weg zur anderen Abteilung oder zumindest ein Telefonat anfallen. Dazu kommen Ablenkungen, wie das Treffen anderer Kollegen auf dem Weg, Wartezeiten beim Telefonieren, wenn der gewünschte Mitarbeiter nicht gleich antwortet und schließlich auch die Zeit, die der gefragte Mitarbeiter durch das Gespräch verliert. Die zusätzliche Zeit für Fragen an Kollegen anderer Abteilungen könnte höher angesetzt werden, da zu erwarten ist, dass hier weniger enge Kontakte bestehen und die genannten zusätzlich anfallenden Zeiten zum Teil deutlich höher ausfallen. Der Einfachheit halber wurde jedoch auf diese Unterscheidung verzichtet.

Für die dritte Aufgabe in Variante B, das Herausfinden des Dateinamens einer Ressource, wurde auf dem Computer ein Dateiordner zur Verfügung gestellt. In diesem war eine Ordnerstruktur angelegt, die zuerst nach Abteilung, dann thematisch geordnet war. Die Teilnehmer sollten die gesuchte Datei hier anhand der Informationen aus der Aufgabenstellung finden. Die Ordnerstruktur ist in Anhang B.2.1 wiedergegeben.

Im Anschluss an die Bearbeitung der Varianten füllten alle Teilnehmer einen Fragebogen zu Ihrer Einschätzung der Unterstützung durch das System aus. Die Auswertung dieser Fragebögen wird zusammen mit den Messergebnissen der Aufgabenbearbeitung im folgenden Abschnitt vorgestellt. Der Fragebogen selbst ist in Anhang B.2.6 enthalten.

5.3.3 Ergebnisse

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der Nutzerstudie vorgestellt. Zunächst werden die beiden Aspekte Effizienz und Effektivität betrachtet, die sich aus den Messergebnissen ableiten lassen. Anschließend fällt die Be-

trachtung auf die Benutzerzufriedenheit, die mit den Fragebögen ermittelt wurde.

Effizienz

Unter Effizienz verstehen wir das Verhältnis des Nutzens zu dem Aufwand, mit dem der Nutzen erzielt wird. Für die Evaluation bedeutet dies konkret, wie viel Zeit (Aufwand) benötigt wurde, um die gestellten Fragen zu beantworten (Nutzen). Eine Übersicht der einzelnen Messwerte für jede Testperson ist in Anhang B.2.5 enthalten.

Grafisch lassen sich diese Zahlen wie in Abbildung 5.8 veranschaulichen. In diesem Diagramm sind für jede Aufgabe zwei Säulen zu sehen. Die linke (dunkel) zeigt jeweils die durchschnittlich benötigte Zeit (in Sekunden) für diese Aufgabe in Variante A an (mit Kontext), die rechte (hell) für die Aufgabe in Variante B (ohne Kontext).

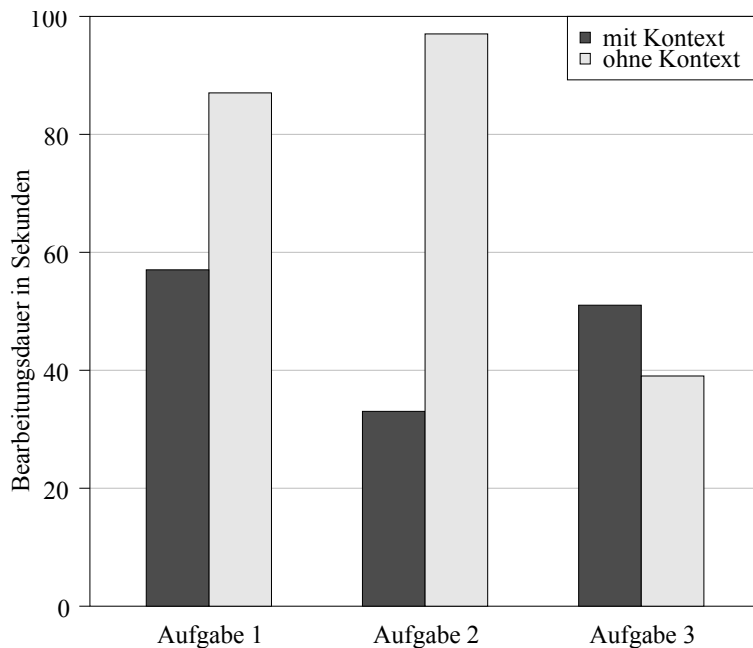


Abbildung 5.8: Vergleich der Bearbeitungszeiten zwischen den Varianten

In Tabelle 5.2 sind die Daten als Zahlenwerten dargestellt. Zusätzlich zeigt die Tabelle die zugehörigen Werte des t-Tests. Dieser Wert sagt etwas über die Güte der Daten und damit der Signifikanz der gemessenen Verbesserung. Für die Aufgaben 1 und 2 bescheinigt dieser Wert eine hohe Signifikanz. Dabei berücksichtigt dieser t-Test nicht nur die Mittelwerte der Daten, sondern auch die Varianz und die Stichprobengröße. Bei 29 Freiheitsgraden in diesem gepaarten t-Test und einem Signifikanzlevel 99,5% ($\alpha = 0,005$) müsste der

Tabelle 5.2: Durchschnittliche Bearbeitungszeiten während der erweiterten Evaluation (in Sekunden)

	Aufgabe 1	Aufgabe 2	Aufgabe 3
Variante A	57	33	51
Variante B	87	97	39
t-Test Wert	4,488	8,797	-2,463

t-Test Wert über 2,756 liegen. Diese Mindestgröße wird für die Aufgaben 1 und 2 deutlich überschritten und damit eine hohe Signifikanz bescheinigt. Warum Aufgabe 3 zu einem anderen, sogar negativen Resultat geführt hat, wird später in Abschnitt 5.3.4 diskutiert.

Da die Mittelwerte allein nicht sehr aussagekräftig sind, wurden in den Abbildungen 5.9 bis 5.11 zu jeder einzelnen Aufgabe die Normalverteilungen dargestellt (im unteren Teil der Abbildungen sind die einzelnen Stichproben als kleine senkrechte Striche dargestellt). Die Normalverteilung der Daten ist eine Voraussetzung für den t-Test und wurde mit dem Shapiro-Wilk Test überprüft. Besonders in der mittleren Abbildung zu Aufgabe 2 ist in dieser Art der Darstellung die starke Verbesserung durch die kontextualisierte visuelle Unterstützung zu erkennen.

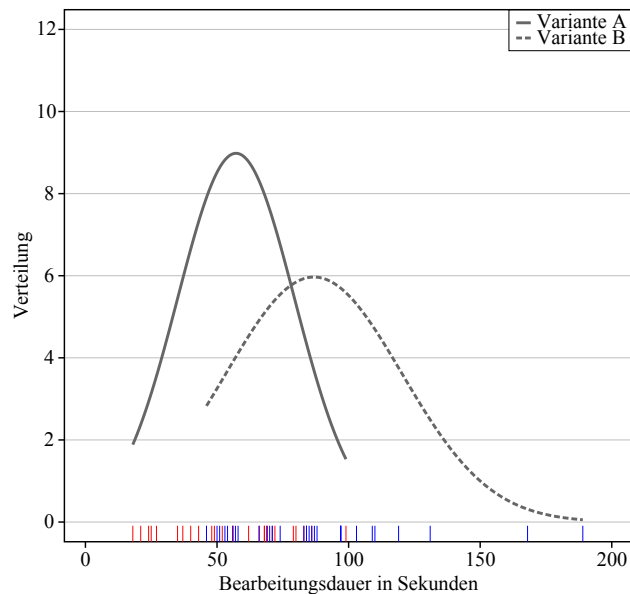


Abbildung 5.9: Vergleich der Verteilungen Aufgabe 1, Variante A und B

Bei der Beschreibung des technischen Ablaufs des Experiments wurde bereits darauf hingewiesen, dass die Reihenfolge, in der die beiden Varianten bearbeitet wurden, bei jedem Teilnehmer vertauscht wurde. Bei jedem

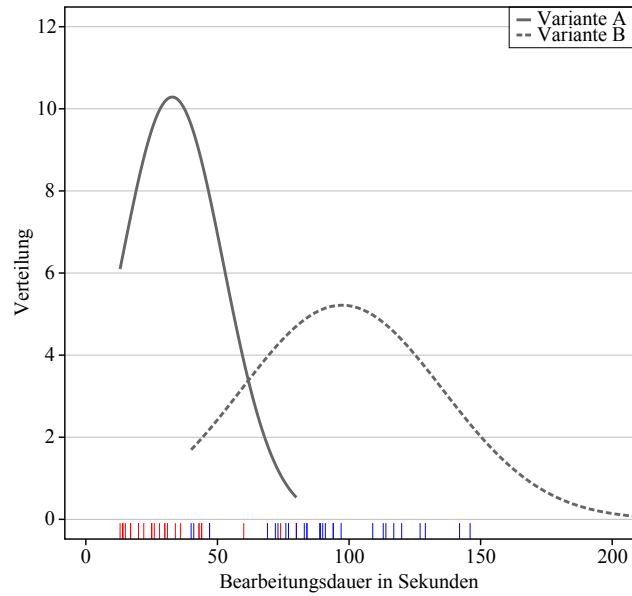


Abbildung 5.10: Vergleich der Verteilungen Aufgabe 2, Variante A und B

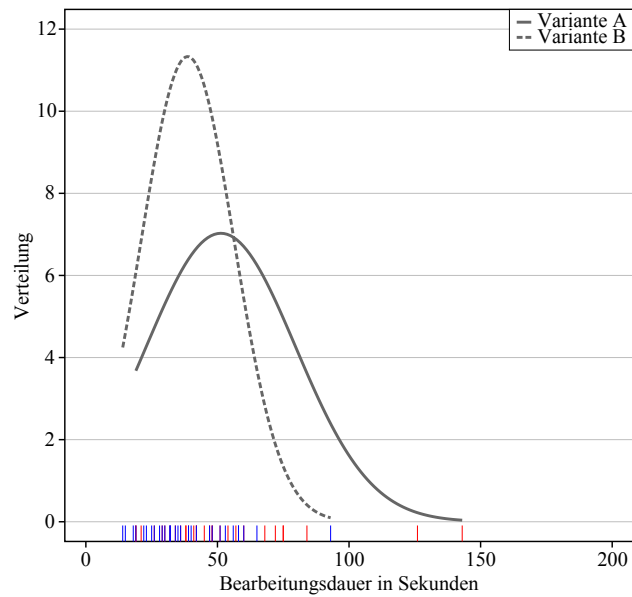


Abbildung 5.11: Vergleich der Verteilungen Aufgabe 3, Variante A und B

Versuchsdurchgang wurde daher auch protokolliert, welche Variante zuerst bearbeitet wurde. Nach diesem Kriterium können die Messdaten in zwei gleichgroße Gruppen (jeweils 15 Durchgänge) geteilt werden.

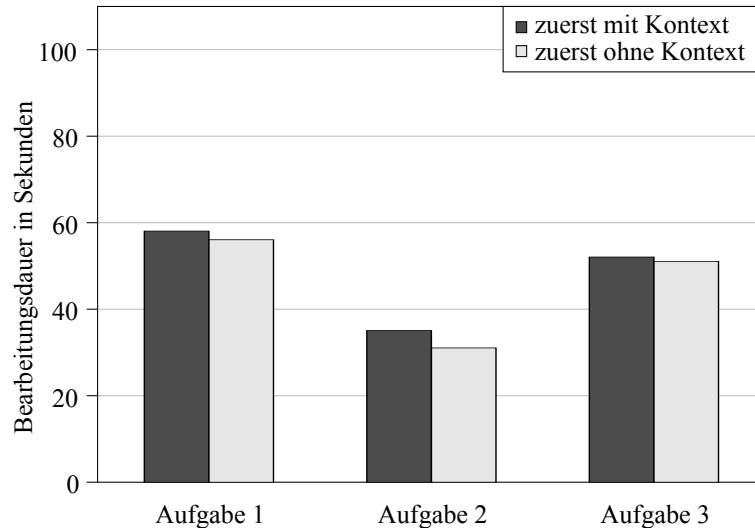


Abbildung 5.12: Vergleich zwischen den Bearbeitungsreihenfolgen (Variante A)

Nun können die durchschnittlichen Bearbeitungszeiten für die Aufgaben der beiden Varianten zwischen diesen beiden Gruppen verglichen werden. Abbildung 5.12 gibt die Bearbeitungszeiten für Variante A in Abhängigkeit der Bearbeitungsreihenfolge wieder. Die Höhe der dunkelgrau dargestellten Säulen entsprechen der durchschnittlichen Bearbeitungszeit für den Fall einer Bearbeitung von Variante A als erstes, die hellgrau dargestellten Säulen geben die entsprechende Bearbeitungszeit bei Bearbeitung von Variante B als erstes wieder. Abbildung 5.13 zeigt analog die durchschnittlichen Bearbeitungszeiten für Variante B (ohne Kontextunterstützung).

Bei der Betrachtung fällt auf, dass die Gruppe, die zuerst Variante B bearbeitet hat, sowohl in Variante A als auch in Variante B weniger Zeit benötigte, als die andere Gruppe. Mögliche Gründe hierfür werden in der Diskussion der Ergebnisse in Abschnitt 5.3.4 erörtert.

Effektivität

Allgemein bezeichnet Effektivität das Verhältnis von erreichtem Ziel zu definiertem Ziel. Bezogen auf diese Evaluation bezeichnet Effektivität das Verhältnis zwischen der Anzahl der richtig beantworteten Aufgaben zur Anzahl der gestellten Aufgaben. Welche Antworten „richtig“ sind, kann im Einzelfall zu Diskussionen führen, da beispielsweise bei Aufgabe 2 (Vorschlagen

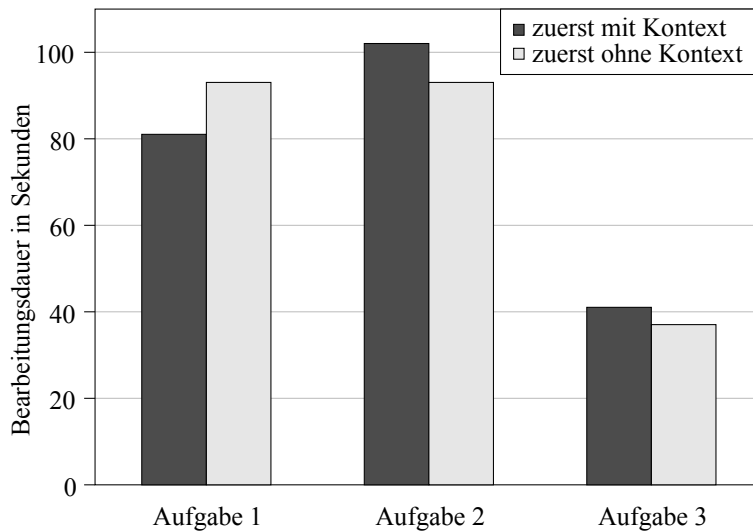


Abbildung 5.13: Vergleich zwischen den Bearbeitungsreihenfolgen (Variante B)

eines Kollegen für die Delegation einer Aufgabe) theoretisch mehrere Antworten möglich sind. Für diese Nutzerstudie wurde im Vorfeld für jede Aufgabe genau eine richtige Lösung definiert. Abhängig davon, ob diese Antwort von der Testperson gewählt wurde, wird die Lösung der Aufgabe als richtig oder falsch interpretiert.

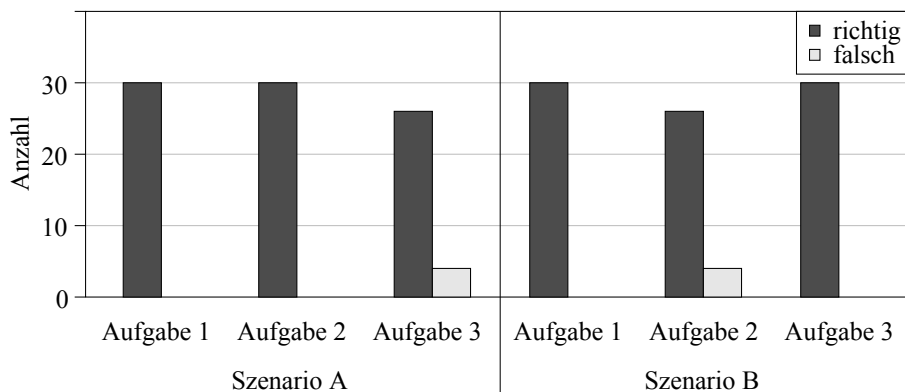


Abbildung 5.14: Effektivität bei der Lösung der Aufgaben

Der überragende Anteil der Aufgaben wurde richtig gelöst. Lediglich bei 8 der insgesamt 180 bearbeiteten Aufgaben (etwa 4,5%) wurden falsche Antworten ausgewählt. Von diesen 8 Fehlern wurden 6 (75%) von der Gruppe der Testpersonen gemacht, die zuerst Variante B (ohne kontextuelle Unterstützung) bearbeiteten.

Benutzerzufriedenheit

Um neben der Messung von Fakten auch den persönlichen Eindruck der Testpersonen zu erfassen, wurde jedem Teilnehmer der Studie nach der Durchführung des Experiments ein Fragebogen vorgelegt. Alle Testpersonen füllten diesen aus.

Auf dem Bogen wurde neben einer Einschätzung der eigenen Computerkenntnisse danach gefragt, wie die Unterstützung durch kontextualisierte Visualisierung empfunden wurde. Dazu wurden insgesamt elf Fragen mit vorgegebenen Antworten zum Ankreuzen (Auswahlfragen, englisch: *Multiple Choice*) und zwei offene Fragen zu Anmerkungen des Teilnehmers gestellt. Der Fragebogen befindet sich in Anhang B.2.6. Die Ergebnisse der Befragung werden hier in aggregierter Form präsentiert. Die detaillierten Ergebnisse der Befragung befinden sich in Anhang B.2.7. Zunächst folgt in Tabelle 5.3 eine tabellarische Darstellung der Ankreuzfragen (Fragen 1–11). Anschließend wird eine Zusammenfassung der Antworten auf die offenen Fragen (Frage 12 + 13) gegeben.

Tabelle 5.3: Antworten auf den Fragebögen

1. Wie würdest Du Deine Kenntnisse im Umgang mit Computern einschätzen?		
keine Kenntnisse	2	7%
einige Kenntnisse	2	7%
gute Kenntnisse	10	33%
sehr gute Kenntnisse	16	53%
2. Ist EAGLE¹ hilfreich für die Bearbeitung der gestellten Aufgaben?		
nicht hilfreich	0	0%
ein bisschen hilfreich	0	0%
hilfreich	11	37%
sehr hilfreich	19	63%
3. Ist die Benutzung von EAGLE selbsterklärend?		
nicht selbst erklärend	0	0%
ein bisschen selbst erklärend	4	13%
selbst erklärend	18	60%
sehr selbst erklärend	8	27%
4. Ist die EAGLE-Visualisierung zu aufdringlich?		
nicht aufdringlich	24	80%
ein bisschen aufdringlich	4	13%
aufdringlich	2	7%
sehr aufdringlich	0	0%

¹EAGLE war der interne Name des Prototypen im EUDISMES-Szenarios.

5. Sind die Kontextinformationen eine Unterstützung bei der Erledigung der gestellten Aufgaben?		
keine Unterstützung	0	0%
ein bisschen Unterstützung	0	0%
Unterstützung	14	47%
sehr gute Unterstützung	16	53%
6. Wie schätzt Du die Navigierbarkeit in der EAGLE-Visualisierung ein?		
nicht navigierbar	0	0%
ein bisschen navigierbar	2	7%
navigierbar	17	57%
sehr gut navigierbar	11	37%
7. Was hältst Du von der Fehlertoleranz der EAGLE-Visualisierung?		
nicht fehlertolerant	2	7%
ein bisschen fehlertolerant	5	17%
fehlertolerant	14	47%
sehr fehlertolerant	9	30%
8. Wie ist Deine Meinung zur Individualisierung der EAGLE-Visualisierung?		
nicht individualisiert	4	13%
ein bisschen individualisiert	9	30%
individualisiert	15	50%
sehr gut individualisiert	2	7%
9. Bei welcher Aufgabe hat Dir EAGLE am meisten geholfen?		
Aufgabe 1	6	21%
Aufgabe 2	18	62%
Aufgabe 3	5	17%
10. Bei welcher Aufgabe war der Nutzen von EAGLE am geringsten?		
Aufgabe 1	4	14%
Aufgabe 2	5	17%
Aufgabe 3	21	72%
11. Könntest Du Dir vorstellen, in Zukunft mit kontextualisierten Visualisierungstools, wie EAGLE, zu arbeiten?		
auf keinen Fall	0	0%
eher nicht	1	3%
eher ja	9	30%
auf jeden Fall	20	67%

Die Antworten auf die offenen Fragen 12 und 13 des Fragebogens sind in detaillierter Form in Anhang B.2.8 wiedergegeben. Die am häufigsten genannten Punkte werden hier kurz zusammengefasst.

Die meistgenannten Anregungen betreffen die Darstellung der TopicMap. In vier Antworten wurde vorgeschlagen, das aktuell fokussierte Topic deutlicher hervorzuheben, da der Scheinwerfer-Lichtkegel zum Teil nicht gut zu erkennen ist. Drei Personen regten an, die Assoziationen zwischen den Topics deutlicher darzustellen, da die grauen Linien nicht immer gut sichtbar

sind. Einen ähnlichen Vorschlag machten drei Personen, nämlich dass die Hervorhebung von Assoziationen eines selektierten Topics erhalten bleibt, und nicht nur erscheint, wenn man mit der Maus über das Topic fährt. In zwei Antworten wurde angeregt, individuelle Modifikationen zu ermöglichen. So sollten Topics frei umbenannt werden können, Farben selbst festgelegt werden können oder Porträtfotos von Kollegen hinterlegt werden können. Zwei Personen wünschten sich eine übersichtlichere intuitive Historienfunktion und weitere zwei Teilnehmer regten an, bei Fokussierung eines Topics nur die assoziierten Informationen anzuzeigen, auch wenn mehr Platz im TopicMap Viewer ist, da sie sich von den anderen Topics verwirrt fühlten.

Die Vorstellung der Evaluationsergebnisse ist damit abgeschlossen, es folgt die Diskussion dieser Ergebnisse.

5.3.4 Diskussion

Wie bei der Präsentation der Ergebnisse wird die Diskussion anhand der drei Aspekte Effizienz, Effektivität und Benutzerzufriedenheit vorgenommen.

Effizienz

Die Aufgaben 1 und 2 wurden in Variante A deutlich schneller bearbeitet als in Variante B. Das System spart bei diesen Aufgaben viel Zeit, da die gesuchten Informationen aus dem Programm abgerufen werden können. Die Testpersonen mussten hier keinen Rat von Kollegen einholen, was die höhere Bearbeitungszeit bei Variante B verursachte. Bei Aufgabe 3 war die Bearbeitung hingegen in Variante B schneller (33%) als in Variante A. Dies resultiert daraus, dass die Testpersonen den gesuchten Dateinamen in der vorgegebenen Ordnerstruktur schneller durch direktes Suchen fanden. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass die gegebene Ordnerstruktur (vergleiche Anhang B.2.1) idealisiert war. Netzlaufwerke in realen Arbeitsgruppen enthalten weitaus mehr Dateien und Ordner und sind erfahrungsgemäß weniger klar strukturiert und aufgeräumt, so dass die Suche nach einer Datei ohne weiteres mehrere Minuten dauern kann. In diesem Fall kann eine systematische Darstellung von Ressourcen und Assoziationen mit zugehörigen Aufgaben, wie im TopicMap Viewer, schneller zum Ziel führen.

Insgesamt bringt das System beim Vergleich der Bearbeitungszeit des gesamten Szenarios eine durchschnittliche Zeitersparnis von einigen Minuten, dies entspricht einer klaren Verbesserung gegenüber der Bearbeitung ohne kontextualisierte Visualisierung. Bildet man den Durchschnitt der Zeitersparnis pro Aufgabe, ergibt sich eine durchschnittliche Verbesserung um 37%.

Die Gruppe der Testpersonen, die zuerst Variante A bearbeitete, wird im Folgenden Gruppe α genannt. Analog dazu wird von der Gruppe β gespro-

chen werden, wenn die Gruppe der Teilnehmer gemeint ist, die zuerst Variante B bearbeitete. Beim Vergleich der Bearbeitungsreihenfolge wäre zu erwarten gewesen, dass Gruppe α in Variante B schneller ist und Gruppe β in Variante A. Diese Annahme liegt nahe, da die Teilnehmer dann jeweils schon eine Variante bearbeitet haben und gewisse Lerneffekte eingetreten sind. Die gemessenen Zeiten zeigen, dass diese Annahme hier nicht zutrifft. Gruppe β war sowohl bei der Bearbeitung von Variante A als auch von Variante B schneller als Gruppe α . Eine mögliche Erklärung für dieses Ergebnis ist die andere Herangehensweise, wenn zuerst Variante B, also die manuelle Variante, bearbeitet wurde. Interessant ist in diesem Zusammenhang, dass die schnellere Gruppe β auch mehr Fehler als Gruppe α machte. Damit ist schon die Effektivität angesprochen, die nun diskutiert wird.

Effektivität

Es ist bemerkenswert, dass insgesamt nur sehr wenige Fehler gemacht wurden. Dies zeigt, dass die Testpersonen grundsätzlich in der Lage waren, die gestellten Aufgaben richtig zu lösen. Die Aufgaben, bei deren Bearbeitung Fehler begangen wurden, sind Aufgabe 3 in Variante A (A3) und Aufgabe 2 in Variante B (B2).

Die Fehler bei A3, also die Auswahl des falschen Dateinamens, können auf teilweise schlecht sichtbare Assoziationslinien im TopicMap Viewer zurückgeführt werden. Dies ergeben die Auswertung der Fragebögen sowie die Beobachtung während des Experiments. Möglicherweise wären ähnlich viele Fehler bei der entsprechenden Aufgabe in Variante B aufgetreten, wenn die gegebene Ordnerstruktur nicht so stark idealisiert gewesen wäre. Sie enthielt im richtigen Ordner nur eine einzige Datei (wie sich dieser Test bei realistischeren Ordnerstrukturen verhält, wurde nachträglich nochmals überprüft – siehe Abschnitt 5.3.5).

Der Grund für die Fehler bei B2 waren in allen Fällen voreilige Entscheidungen auf Grundlage unzureichender Informationen. Dieser Informationsmangel entstand durch das Unterlassen von Fragen an weitere Kollegen, um Zeit zu sparen. Ein vergleichbares Verhalten ist auch in realen Problemlösungsprozessen von Wissensarbeitern zu erwarten, wenn diese aus Zeitdruck oder Bequemlichkeit die erste zulässige Lösung wählen, statt nach einer optimalen Lösung zu suchen. Kontextualisierte Visualisierung kann daher dazu beitragen, nicht nur schnellere sondern auch bessere Entscheidungen zu treffen.

Interessant ist auch, dass 75% (6) der Fehler von Testpersonen aus Gruppe β gemacht wurden. Aufgrund der kleinen Fehlerzahlen kann hieraus aber nicht auf einen signifikanten Zusammenhang geschlossen werden.

Benutzerzufriedenheit

Die gestellten Fragen setzen sich aus verschiedenen Bereichen zusammen. Einige Fragen sind ebenso wie für die Vorstudie aus einer ISO-Norm für „Ergonomische Anforderungen der Mensch-System-Interaktion“ [DIN06] abgeleitet, andere sollen die Meinung der Testpersonen zu verschiedenen Bereichen des Prototyps untersuchen.

Wie bereits weiter oben bei der Vorstellung der Evaluationsmethode in Abschnitt 5.1 beschrieben, beschäftigen sich die ISO basierten Fragen des Fragebogens damit, herauszufinden, ob das System selbsterklärend, aufdringlich, navigierbar, fehlertolerant und individualisierbar ist. Mehr als 50% der Befragten stimmten für eine erfolgreiche Umsetzung jeder dieser Eigenschaften, bei der Aufdringlichkeit stimmten 80% der Testpersonen für „nicht aufdringlich“ (vergleiche dazu Abbildung 5.15). Man kann daher feststellen, dass die Mehrheit der befragten Teilnehmer die Anforderungen der genannten ISO-Norm für erfüllt halten.

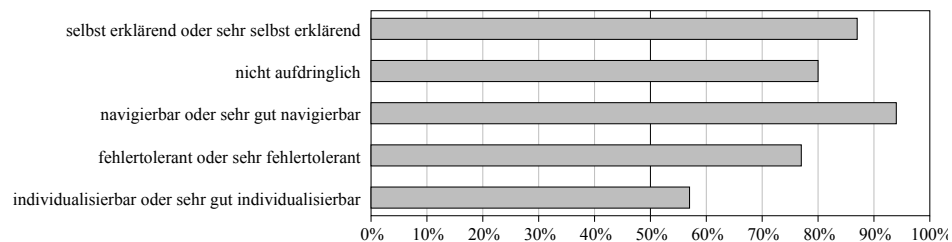


Abbildung 5.15: Antworten zu ergonomischen Anforderungen (ISO-Norm)

Dass die Testpersonen kontextualisierte Visualisierung für ein sinnvolles Werkzeug halten, lässt sich daran erkennen, dass alle Teilnehmer der Nutzerstudie angaben, das System sei hilfreich oder sehr hilfreich bei der Bearbeitung der gestellten Aufgaben, und die kontextualisierten Informationen als Unterstützung oder sehr gute Unterstützung wahrnahmen. Darüber hinaus können sich 97% der Befragten vorstellen oder sehr gut vorstellen, zukünftig kontextualisierte Visualisierungswerkzeuge, zu benutzen. Abbildung 5.15 gibt einen Überblick über die Antworten aller ISO-basierten Fragen.

Bei der Frage nach der Aufgabe, bei der die Unterstützung durch kontextualisierte Visualisierung am größten empfunden wurde, antworteten 62% der Testpersonen, es sei Aufgabe 2. Dies erscheint schlüssig, da diese Aufgabe bei der manuellen Bearbeitung die meiste Zeit verbraucht hat. Außerdem wurden bei der Verwendung des Systems bei dieser Aufgabe keine Fehler gemacht. Als Aufgabe, bei der die Unterstützung durch kontextualisierte Visualisierung am geringsten war, gaben 72% der Teilnehmer Aufgabe 3 an. Auch diese Angaben passen zum gemessenen Ergebnis, denn Aufgabe 3 wur-

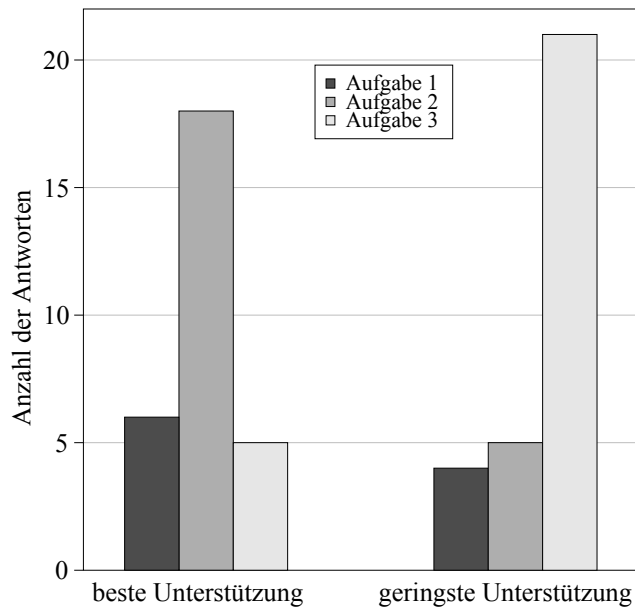


Abbildung 5.16: Antworten zur Unterstützung durch kontextualisierte Visualisierung nach Aufgaben

de ohne Visualisierung im Schnitt schneller bearbeitet. Abbildung 5.16 zeigt die Verteilung der Antworten.

5.3.5 Evaluation mit realistischen Dateisystemstrukturen

Wie sich bei der Auswertung der Ergebnisse der erweiterten Evaluation herausgestellt hat, war die Konzeption der dritten Aufgabe zu wenig realitätsnah (siehe Abschnitt 5.3.4). Dies zeigte sich in den gemessenen Zeiten, genauso aber in den Ergebnissen der Nutzerbefragung.

Um die Frage der Unterstützung und Nutzbarkeit des vorgestellten Rahmenwerks umfassender zu beantworten, wurde dieser Teil der Evaluation mit einem realistischeren Szenario (reale Datei- und Ordnerstruktur) wiederholt beziehungsweise vertieft.

Evaluationsaufbau

Diese Evaluation ist im Versuchsaufbau sehr ähnlich zu der erweiterten Evaluation gehalten. Dieses Vorgehen stellt sicher, dass die Ergebnisse und Messungen miteinander vergleichbar sind und somit die erweiterte Evaluation in dem letzten Punkt ergänzt werden kann.

Zu diesem Versuch wurden 14 Personen herangezogen. Diese Probanden mussten zwei Ressourcen suchen, die eine mit kontextualisierter Visuali-

sierung, die andere ohne. Wie bei der erweiterten Evaluation wurde eine Kreuzevaluation durchgeführt, um eine hohe Anzahl an Datenpunkten zu erhalten, die trotzdem möglichst keine anderen Effekte widerspiegeln (siehe Abschnitt 5.3.2). Bei diesem Experiment wurde im Vergleich zur erweiterten Evaluation eine reale Dateisystemstruktur mit einer mittleren Komplexität verwendet. Die durchschnittliche Tiefe in dieser Struktur betrug drei Ebenen.

Des Weiteren wurde erhoben, ob die Personen auch an der früheren erweiterten Evaluation teil genommen hatten oder die Visualisierung kannten. Wenn dies nicht der Fall war, wurde eine kurze Eingewöhnungszeit mit dem TopicMap Viewer eingeräumt, um die Vergleichbarkeit der Zeitmessungen zu gewährleisten. Da auf realen Datenstrukturen gesucht wurde, wurde weiterhin erfragt, ob die jeweilige Person die Daten kannte oder schon damit gearbeitet hat.

Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse dieser nachträglichen Evaluation vorgestellt. In der Tabelle 5.4 sind die Durchschnittswerte der Probanden zusammen mit dem Ergebnis des t-Tests dargestellt. Die Liste aller gemessenen Zeiten sind im Anhang in Abschnitt B.3 aufgelistet.

Tabelle 5.4: Durchschnittliche Bearbeitungszeiten bei realer Dateisystemstruktur (in Sekunden)

	Zeiten
Variante A	27
Variante B	52
t-Test Wert	2,797

Dabei ist erkennbar, dass bei der Verwendung realistischer Dateisystemstrukturen die Variante A (mit kontextualisierter visueller Unterstützung) einen deutlichen Gewinn bringt. Waren bei der erweiterten Evaluation noch die Probanden ohne Kontextunterstützung schneller (siehe Abschnitt 5.3.3), so ist das Ergebnis mit realistischen Dateisystemstrukturen umgekehrt. Jetzt sind die Durchschnittswerte mit Kontextunterstützung etwa doppelt so schnell wie bei Variante B (ohne Kontextunterstützung).

Abbildung 5.17 stellt diesen Sachverhalt bei angenommener Normalverteilung grafisch dar. Wie bei den Abbildungen 5.9 bis 5.11 weiter oben, symbolisieren die kleinen farbigen Striche im unteren Bereich der Abbildung die einzelnen Stichproben.

Wenn man sich die einzelnen Messwerte genauer anschaut, wird weiterhin deutlich, dass bis auf einen Probanden alle in Variante A (mit Kontextun-

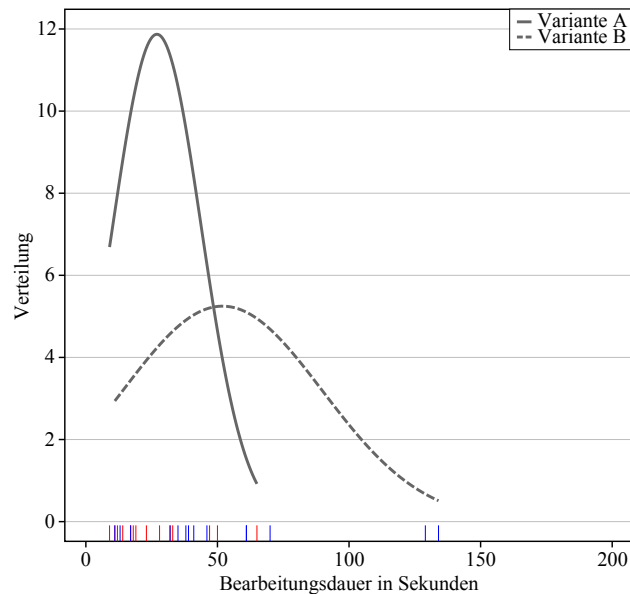


Abbildung 5.17: Vergleich der Verteilungen mit realen Dateisystemstrukturen, Variante A und B

terstützung) schneller waren. Bei dieser einen Person handelt es sich allerdings um jemanden, der nach eigenen Angaben mit der Struktur des Dateisystems sehr gut vertraut war und so die gestellte Aufgabe sehr schnell lösen konnte.

Diskussion

Wie bereits in Abschnitt 5.3.4 vermutet, hat die Komplexität der Dateisystemstruktur einen erheblichen Einfluss auf das Ergebnis der durchgeführten Evaluation.

Die Gründe dafür liegen in der Natur solcher Dateiablagen. Während der Überblick in den eigenen Daten über einen gewissen Zeitraum in der Regel gegeben ist, schwindet dieser zusehends mit ansteigender Anzahl von Benutzern, die die Daten pflegen und verwenden, und zunehmender Zeitdauer der Verwendung. Weiterhin verwenden unterschiedliche Benutzer unterschiedliche Benennungen und Strukturen für Dateien und Verzeichnisse (Taxonomien). Dies führt über die Zeit zu einer „Verunreinigung“ und einem Auseinanderdriften der Daten und Strukturen.

All dies führt dazu, dass kontextualisierte Visualisierungen ab einem gewissen Komplexitätsmaß eine deutliche Verbesserung der Arbeitseffizienz ermöglichen, da zusätzlich zur bloßen Struktur weitere Informationen (Status- und Relationskontexte) herangezogen werden.

5.3.6 Zusammenfassung erweiterte Evaluation

Insgesamt lässt die erweiterte Evaluation den klaren Schluss zu, dass kontextualisierte Visualisierungen am wissensintensiven Arbeitsplatz zu signifikant schnelleren und besseren Ergebnissen führen. Insbesondere bei komplexeren Datenstrukturen, wie sie an realen wissensintensiven Arbeitsplätzen vorkommen, ist diese Verbesserung deutlich messbar. Was bei der Auswertung der Ergebnisse der Vorstudie schon erkennbar war, ist mit Hilfe der erweiterten Evaluation belegt worden.

5.4 Evaluation der verwendeten Visualisierungen

In diesem Abschnitt werden die eingesetzten Visualisierungen bezüglich der Anforderungen und Randbedingungen aus den vorangegangenen Kapiteln 2 bis 4 untersucht. Insbesondere wird in diesem Abschnitt die Skalierbarkeit des TopicMap Viewer überprüft, die Darstellung prozessartiger Daten im TopicMap Viewer sowie der Einsatz der Prozessansicht.

5.4.1 Skalierbarkeit des TopicMap Viewers

Als erster zu untersuchender Punkt bezüglich der Visualisierungen, geht es an dieser Stelle um die Skalierbarkeit. Dazu wurden entsprechend dem Abschnitt 4.3.1 Messungen mit unterschiedlicher Anzahl anzuzeigender Datenelemente durchgeführt, einmal bei „normalem Laden“ der Daten, dann mittels „Laden nach Bedarf“. Das Ergebnis dieser Messungen ist in Abbildung 5.18 dargestellt. Bei den dargestellten Werten handelt es sich jeweils um Mittelwerte aus mindestens zehn Testläufen.

Die gemessenen Zeiten setzen sich aus dem eigentlichen Laden der Daten ($\mathcal{O}(1)$) und dem Zusammenfügen mit dem lokalen Datenbestand ($\mathcal{O}(n)$) zusammen. Allerdings ist ersterer Punkt um Größenordnungen einflussreicher, weil hier Dateiein- und -ausgabe eine Rolle spielen. Dies gilt um so mehr, wenn die Daten über Intranet oder sogar das Internet geladen werden sollen.

Zu erkennen ist ein sehr steiler Verlauf der Kurve bei „normalem Laden“, während das „Laden nach Bedarf“ einen sehr flachen linearen Verlauf aufweist. Des Weiteren ist wichtig zu erwähnen, dass die Visualisierung bei normalem Laden schon ab ca. 1500 Datenelementen als nicht mehr benutzbar empfunden wurde. Solch lange Ladezeiten konnten mit den zur Verfügung stehenden Datenmenge beim Laden nach Bedarf nicht erreicht werden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass mittels „Laden nach Bedarf“ die Visualisierung mit deutlich mehr Datenelementen umgehen kann. Insbesondere im Empfinden der Benutzer wurde die Visualisierung nicht einfach nur

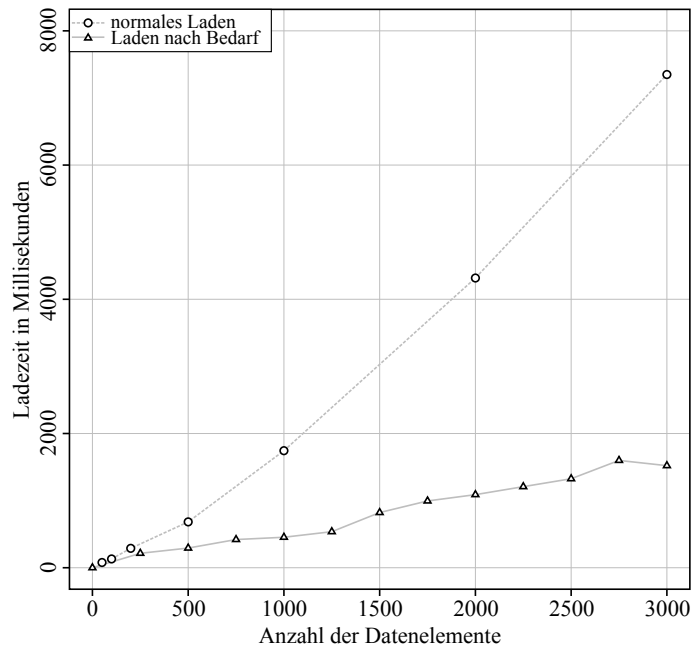


Abbildung 5.18: Zeitmessungen zur Skalierbarkeit des TopicMap Viewers

schneller, sondern wurde für größere Datenmengen überhaupt erst benutzbar.

5.4.2 Prozessartige Datenstrukturen in der Netzansicht

In diesem Abschnitt soll beleuchtet werden, ob sich netzartige Ansichten wie der TopicMap Viewer dazu eignen, prozessähnliche Datenstrukturen darzustellen. Dazu wurden ebenfalls Benutzer dieser Visualisierung befragt. Die Ergebnisse der mündlichen Befragung werden hier auszugsweise zitiert und qualitativ diskutiert.

Nach der Darstellungsform befragt, die die Benutzer in der Regel verwenden, wurde hervorgehoben, dass baumartige Visualisierungen sehr oft zum Einsatz kommen.

„Die Benutzer sind es gewohnt mit Bäumen zu arbeiten.“

Interessanterweise wird die Darstellung des TopicMap Viewers nicht als baumartig wahrgenommen, auch wenn diese Visualisierung ebenfalls hierarchisch aufgebaut ist. Dies mag mit der Neuartigkeit der Visualisierung und der netzartigen Aufbereitung der Daten zusammenhängen.

Zur Befragung der Benutzer was sie an dieser Art der Visualisierung besonders schätzen beziehungsweise wie sie die Visualisierung einsetzen, wurde vor allem die Exploration der Modelle genannt.

„Der TopicMap Viewer ist sehr schön zur Exploration der Modelle geeignet.“

Die Benutzer erhalten also mit dieser Art der Ansicht einen guten Überblick und können die Modelle einfach und gewinnbringend erforschen. Dabei lädt offenbar vor allem die Andersartigkeit der Visualisierung zum Explorieren und Untersuchen der bestehenden Dateninhalte ein.

Abschließend lässt sich resümieren, dass prozessartige Datenstrukturen und Inhalte durchaus in hierarchisch und netzartige aufgebauten Visualisierungen wertvoll dargestellt werden können. Dies wird um so interessanter, sollten leichtgewichtiger oder Endbenutzer getriebene Prozessdefinitionen und -modellierungen Verwendung finden (siehe Abschnitt 4.2.1).

5.4.3 Prozessansicht

In diesem letzten Abschnitt zur Untersuchung der eingesetzten Visualisierungen geht es um die Prozessansicht. Nach Abschnitt 2.2.5 gehört zu den wichtigsten Funktionen, die informelles Lernen unterstützen, einen Überblick über die Informationen zu erhalten. Genau dieser Punkte wurde in einer Befragung bestätigt, die im Zusammenhang mit der formativen Evaluation des zweiten Prototypen von APOSDLE durchgeführt wurde [APO08].

Insbesondere wurde bestätigt, dass es mit der Prozessansicht sehr gut möglich ist, einen Überblick über den abzuarbeitenden Prozess zu erzielen und dass sich diese Ansicht dazu eignet, gute und wertvolle Hinweise und Vorschläge für nächste Schritte zu erhalten. Diese Ergebnisse sind in Abbildung 5.19 zusammengetragen und grafisch aufbereitet.

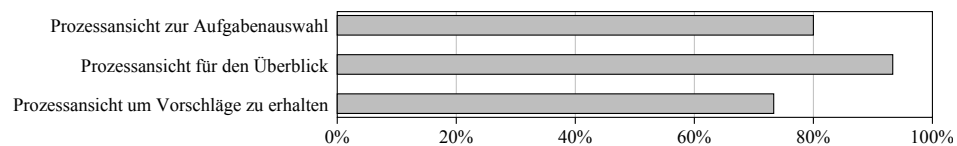


Abbildung 5.19: Einschätzung der Prozessansicht bezüglich verschiedener Einsatzgebiete

Als Antwort auf den Freitextfragen wurde als wiederkehrender Wunsch geäußert mehrere Daten- und Informationsquellen in einer Ansicht zu vereinen, zum Beispiel:

„Integriert bitte Prozessansicht mit der Darstellung der zugehörigen Ressourcen.“

und

„Stellt die Experten/Personen in Verbindung zu den entsprechenden Domänenelementen dar.“

Auch wenn die Prozessansicht diesen Wunsch nicht erfüllt, wurde diese Idee bei der weiteren Entwicklung des Rahmenwerks berücksichtigt und erfolgreich umgesetzt. Im TopicMap Viewer im Szenario EUDISMES (siehe Abschnitt 4.2.1) wurde genau dieser Ansatz umgesetzt und im Rahmen der Evaluation als wertvoll und gewinnbringend eingeschätzt.

5.4.4 Zusammenfassung Evaluation der Visualisierungen

Abschließend kann den eingesetzten Visualisierungen eine erfolgreiche Integration in das Rahmenwerk bestätigt werden. Weiterhin wurde im Rahmen der Evaluation belegt, dass die erarbeiteten Mechanismen in ihrer Umsetzung einen positiven Effekt auf den wissensintensiven Arbeitsplatz haben und als unterstützend eingeschätzt werden.

5.5 Adressierung nicht-technischer Anforderungen bei den betrachteten Instanzen des Rahmenwerks

Nachdem in Abschnitt 4.4 die Erfüllung der technischen Anforderungen diskutiert wurde, werden an dieser Stelle die nicht-technischen Anforderungen aus Abschnitt 3.1.6 auf Basis der oben beschriebenen Evaluationen betrachtet.

Eine erste Anforderung, die auf Basis der Nutzerbefragung in Form der ISO-Fragen deutlich als erfüllt bewertet wurde, ist die Unaufdringlichkeit der kontextualisierten Visualisierung. Des Weiteren kann resümiert werden, dass die Visualisierung aufgabenorientiert gestaltet ist und somit eine gute Unterstützung für die gegebene Aufgabe am wissensintensiven Arbeitsplatz darstellt. Hierzu liefern insbesondere die Zustandskontextsensoren grundlegende Informationen. Dies wird vor allem durch die Zeit widerspiegelt, die die Wissensarbeiter für die Bewältigung ihrer Aufgaben benötigten.

Auch die Anforderung Experten für eine gegebenen Situation zu finden und Verbindungen in Daten zu entdecken wird in den vorgestellten Szenarios unterstützt (siehe Abbildung 4.7).

Auf Seiten der Visualisierung wurde ebenfalls darauf geachtet, dass diese die Anforderungen und Randbedingungen aus Abschnitt 3.1.5 erfüllen. Dazu zählt in erster Linie die Anforderung der Wissensarbeiter, mit der Darstellung einen Überblick zu erhalten. Diese Eigenschaft wurde insbesondere für die Prozessansicht durch konkrete Aussagen von Wissensarbeitern bestätigt (siehe Abbildung 4.10).

Gleiches gilt für die Anforderungen die Positionierung der einzelnen Elemente nach semantischer Nähe durchzuführen, Assoziationen anzuzeigen und die Möglichkeit, entlang dieser Assoziationen zu navigieren. Eine hohe Abbildungskonsistenz kann den Visualisierungen ebenso bestätigt werden. Sowohl die Baumansicht als auch Prozessansicht und TopicMap Viewer erlauben es so den Benutzern ein möglichst einfaches Verfolgen der Veränderungen der Darstellung während der Navigation. Die Erfüllung dieser Anforderungen wurden vornehmlich durch die ISO-Fragen zu Selbstbeschreibungsfähigkeit und Erwartungskonformität bestätigt.

Die in Abschnitt 5.4 durchgeführte Untersuchung hat zumindest dem TopicMap Viewer die Handhabung einer Größeren Anzahl von Datenelementen bezeugt. Dies geschieht an dieser Stelle mit Hilfe der Ansätze der Skalierbarkeit aus Abschnitt 4.3.

Die letzten beiden Anforderungen an die Visualisierungen, die Anpassbarkeit der Anzeige und die Parametrisierbarkeit einzelner Elemente kann ebenso für die eingesetzten Visualisierungen bestätigt werden. Nur mit diese Eigenschaften ist eine sinnvolle Integration in das System zu kontextualisierten Visualisierung möglich.

5.6 Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurde anhand mehrerer Benutzerstudien untersucht, inwiefern kontextualisierte Visualisierungen den Wissensarbeiter am Arbeitsplatz unterstützen. Es handelte sich dabei um konkrete Instantiierungen des Rahmenwerks für kontextualisierte Visualisierungen, die untersucht wurden. Dabei haben sowohl die qualitativen als auch die quantitativen Ergebnisse gezeigt, dass kontextualisierte visuelle Ausgaben den Wissensarbeiter in hohem Maße unterstützen können. Dies macht sich sowohl in einer kürzeren Bearbeitungszeit (Effektivität) der gestellten Aufgaben als auch im subjektiven Empfinden der Teilnehmer bemerkbar.

Insgesamt ist festzustellen, dass diese Art der Unterstützung ein deutliches Potential hat, den Wissensarbeiter am Arbeitsplatz zu unterstützen. Wie die Untersuchungen in diesem Kapitel gezeigt haben, kann kontextualisierte Visualisierung dazu beitragen, nicht nur schnellere sondern auch bessere Entscheidungen zu treffen (Effizienz).

Ein letzter wichtiger Aspekt, den die durchgeführten Evaluationen ergeben haben, ist, dass Wissensarbeiter am Arbeitsplatz den hier vorgestellten Ansatz als hilfreich empfanden und dieses oder ähnliche System in Zukunft einsetzen wollen.

*„Phantasie ist wichtiger als Wissen, denn
Wissen ist begrenzt.“*

— *Albert Einstein*

Kapitel 6

Zusammenfassung

Die vorliegende Dissertationsschrift stellt einen neuen Ansatz vor, Arbeitende an wissensintensiven Arbeitsplätzen mit kontextualisierten Visualisierungen zu unterstützen, also durch grafisch aufbereitete Anzeigen, die an ihre aktuelle Situation angepasst sind. Wissensarbeiter (Arbeitende an wissensintensiven Arbeitsplätzen [Dru59]) stellen dabei die Zielgruppe der Untersuchungen und Vorschläge dar.

Ausgehend von einer Anforderungsanalyse unter direkter Beteiligung der Wissensarbeiter in Abschnitt 3.1, wurde ein neuartiger Ansatz zur grafischen Unterstützung dieser Zielgruppe erarbeitet. Das Ergebnis ist ein Rahmenwerk zur kontextualisierten Visualisierung am wissensintensiven Arbeitsplatz [God09]. Dieses Rahmenwerk wurde im Zuge der vorliegenden Arbeit in mehreren Szenarios eingesetzt, instantiiert und evaluiert. Dabei zeigte die Evaluation mit realistischen Daten und repräsentativen Versuchspersonen eine signifikante Steigerung der Produktivität. Dies wird vor allem in der gemessenen Zeit und Arbeitsqualität reflektiert. Zudem erfolgte in der Evaluation eine positive Rückmeldung zur individuellen Wahrnehmung bei der Nutzung des Rahmenwerks.

Als technisches Ergebnis dieser Arbeit liegt das Rahmenwerk mit allen Schnittstellen, Definitionen und Instantiierungen vor. Das Rahmenwerk ermöglicht ein einfaches Einbringen verschiedener Visualisierungsformen, Daten- und Kontextquellen. Die einfache Erweiterbarkeit wurde durch die Adaption an unterschiedliche Einsatzszenarios erprobt und bestätigt (siehe Abschnitt 4.2). Insbesondere die einfache Integration neuer Komponenten in das Rahmenwerk wird durch ein offenes Schlüssel-Wert-Paar-basiertes Kontextmodell ermöglicht (siehe Abschnitt 4.1.3).

In den folgenden beiden Abschnitten wird kurz sowohl der wissenschaftliche Beitrag der vorliegenden Dissertationsschrift als auch der Nutzen, der sich für die Anwendung ergibt, zusammengefasst.

6.1 Der wissenschaftliche Beitrag

An dieser Stelle wird der wissenschaftliche Beitrag zur Forschungslandschaft nochmals kurz zusammengefasst und erläutert. Als wissenschaftliche Beiträge ergeben sich vornehmlich folgende Punkte:

1. Rahmenwerk für kontextualisierte Visualisierung
2. einfache und nahtlose Integration verschiedener
 - Kontextsensoren
 - Daten- und Informationsquellen
 - Visualisierungen
3. generisches Modell zur Beschreibung des Kontexts
4. Kriterien für Visualisierungen am wissensintensiven Arbeitsplatz
5. Evaluation von Instanzen des Rahmenwerks in mehreren Szenarios

Als zentrales technisch-wissenschaftliches Ergebnis steht das **Rahmenwerk zur adaptiven kontextualisierten Visualisierung**. Ausgehend von einer Anforderungsanalyse wurde in Abschnitt 3.2 ein neuartiger Ansatz und ein Systementwurf für das Rahmenwerk erarbeitet. Dabei wurde mit dem Einsatz in mehreren Szenarios die technische und konzeptionelle Eignung des Rahmenwerks für kontextualisierte Visualisierung bestätigt.

Von Anfang an wurde bei dem Entwurf und Umsetzung darauf Wert gelegt, dass eine **einfache Integration** von Kontextinformationen, Datenquellen und Visualisierungen in das Rahmenwerk sicher gestellt ist (Abschnitte 3.3 und 4.1.2).

Um eine einfache Integrierbarkeit neuer Komponenten zu gewährleisten, wurde im Rahmen dieser Arbeit ein einfaches, einheitliches und generisches **Modell zur Beschreibung des Kontexts** erarbeitet (Abschnitt 4.1.3). Erst dieses Kontextmodell erlaubt das Einfügen von und die Kommunikation zwischen Kontextsensoren und Visualisierungen und somit das Zusammenspiel aller Komponenten für die Unterstützung des Wissensarbeiters an seinem Arbeitsplatz.

Dabei wurden weiterhin **Kriterien** für Visualisierungen am wissensintensiven Arbeitsplatz erarbeitet (siehe Abschnitt 3.1.5). Diese erlauben es bestehende Visualisierungen für den Einsatz am wissensintensiven Arbeitsplatz vorzubereiten oder neu zu entwickeln und anschließend in das Rahmenwerk zu integrieren.

Abschließend wurde eine umfangreiche **Evaluation** durchgeführt, die quantitativ und qualitativ den Vorteil beim Einsatz des Rahmenwerks unterstreicht (siehe Kapitel 5). Weiterhin wurden dabei die nicht- oder weniger technischen Anforderungen anhand der Nutzerstudien überprüft [God09].

6.2 Der Nutzen für die Anwendung

Neben dem rein technisch-wissenschaftlichen Beitrag dieser Dissertationsschrift ergeben sich einige Vorteile direkt für die Arbeitenden am wissensintensiven Arbeitsplatz. Diese lassen sich jeweils einem oder mehreren Nutzerszenarios aus Abschnitt 1.1 zuordnen. Vorteile, die sich durch die Berücksichtigung des Kontextes bei der Visualisierung für den Wissensarbeiter ergeben, sind insbesondere:

1. schnellerer Informationszugriff
2. Anpassung an die aktuelle Arbeitssituation
3. passenderer Einstieg
4. einfache Benutzung
5. Vernetzung mehrerer Datenquellen

Dabei kann der messbar **schnellere Informationszugriff** hervorgehoben werden, welcher deutlich durch die Evaluation in Abschnitt 5.3.3 bestätigt wurde. Probanden konnten mit kontextualisierten Visualisierungen die ihnen gestellten Aufgaben signifikant schneller und erfolgreicher erfüllen (siehe Nutzerszenario 1).

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die **Anpassung der Visualisierung** an den aktuellen Arbeitskontext (die Arbeitssituation) des Wissensarbeiters (siehe Abschnitt 3.3.5 und Nutzerszenario 3).

Hierzu zählt auch das automatische Auswählen eines **passenden Einstiegs** in die Visualisierung im Gegensatz zur manuellen Auswahl. Dies wurde kontextbasiert im APOSDLE Szenario umgesetzt (Abschnitt 4.2.2) und erlaubt eine ungehinderte Exploration der Daten direkt von Anfang an (Nutzerszenario 2).

Die Verwendung des Kontexts als Anpassungsgrundlage für die Visualisierungen erlaubt darüber hinaus eine intuitivere und **einfachere Benutzung** des Systems über die gesamte Zeit der Benutzung. Auch dieses Ergebnis wurde durch die durchgeführte qualitative Evaluation untermauert (siehe Abschnitt 5.3.3 auf Seite 112 und Nutzerszenario 3).

Ein letzter, nicht zu vernachlässigender Punkt ist die **Vernetzung mehrerer Datenquellen**, wie sie durch die Verwendung des vorgestellten Rahmenwerks sicher gestellt wird (siehe Abschnitt 3.3.3). Die Behandlung vorher getrennt vorliegender Daten oder Daten-Silos erlaubt nun Exploration und Navigation über vormalige Grenzen hinweg und dadurch ein größeres Verständnis zugrundeliegender Informationen und Zusammenhänge (zum Beispiel Nutzerszenario 1).

6.3 Ausblick – Interessante ungelöste Probleme

An dieser Stelle wird auf Fragestellungen und Überlegungen hingewiesen, die von der vorliegenden Arbeit noch nicht vollständig abgedeckt werden konnten beziehungsweise durch diese Arbeit erst neu aufgeworfen wurden.

Ausgehend von Arbeiten der Informationsvisualisierung ist eine nähere Betrachtung der automatischen Visualisierungsauswahl innerhalb des Rahmens eine sehr spannende Fragestellung. Dabei ist es besonders interessant, welche Quellen herangezogen werden können und welche Kontextsensoren die beste Ausgangsbasis bieten, um mit der Visualisierung das aktuelle Arbeitsziel des Wissensarbeiters gezielt zu unterstützen. Dabei ist es unter Umständen hilfreich, die verschiedenen Nutzerziele zu unterscheiden (Transaktionsziel, Informationsziel und Navigationsziel) oder emotionale Faktoren, wie Stress und Stimmung zu berücksichtigen [Lok09].

Auf der Seite der Evaluation beziehungsweise empirischen Untersuchung ergeben sich ebenso einige interessante Fragestellungen. Ein interessanter Untersuchungsgegenstand ist zum Beispiel die Frage, welchen Einfluss die Art der Visualisierung auf das Verständnis des Modells hat. Hier ergäben sich Möglichkeiten kontextbasierter Entscheidungen, welcher Aspekt des dargestellten Modells am wichtigsten ist und welche Visualisierungsform dementsprechend gewählt werden sollte.

Eine andere offene Frage ist, welche Metaphern es für die Umsetzung der Kontextmaße gibt und welche besonders gut geeignet sind, um die Visualisierungen anzupassen (zum Beispiel die Größe des Elements als Zeichen der Komplexität, wie in dieser Arbeit). Außerdem ist es interessant zu betrachten, ob für verschiedene Branchen/Zielgruppen andere Metaphern zu einer besseren Unterstützung führen, oder eine Gewichtung der berücksichtigten Kontextinformationen einzuführen, um den Nutzer nicht zu überfordern (Vermeidung von *Cognitive Overload*).

Diese Arbeit hat auf dem Gebiet der kontextualisierten Unterstützung von Arbeitenden am wissensintensiven Arbeitsplatz eine Basis geschaffen. Weitere Arbeiten können nun darauf aufbauen und die Unterstützung weiter verbessern und verbreitern.

Anhang

Anhang A

Anhang Implementierungsdetails

A.1 XML Konfigurationsdatei

A.1.1 Beispiel einer Konfigurationsdatei

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<config xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
  xsi:noNamespaceSchemaLocation="Middleware.config.xsd">
  <sensors>
    <sensor class="com.sap.aposdle.middleware.sensors.TaskSensor" />
  </sensors>
  <views>
    <view class="com.sap.aposdle.process2.ProcessView" name="ProcessView">
      <configAdapter class="com.sap.aposdle.process2.ConfigAdapter" />
      <dataSource class="com.sap.aposdle.middleware.dataconverter.OWL"
        name="OwlSource">
        <param key="owlDataSource" value="specs/CCI.xml" />
      </dataSource>
    </view>
    <view class="com.sap.aposdle.sidebar.learn.LGBWrapper">
      <configAdapter class="com.sap.aposdle.sidebar.learn.ConfigAdapter" />
    </view>
    <view class="com.sap.aposdle.topicviewer.TopicViewer">
      <configAdapter class="com.sap.aposdle.topicviewer.ConfigAdapter" />
    </view>
  </views>
</config>
```

A.1.2 XML Schema Datei

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<xs:schema xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
  <xs:element name="config">
    <xs:complexType>
      <xs:sequence>
        <xs:element maxOccurs="1" minOccurs="1" name="sensors">
          <xs:complexType>
            <xs:sequence>
              <xs:element maxOccurs="unbounded" minOccurs="0"
                name="sensor">
                <xs:complexType>
                  <xs:attribute name="class" type="xs:string" />
                  <xs:attribute name="name" type="xs:string" />
                </xs:complexType>
              </xs:element>
            </xs:sequence>
          </xs:complexType>
        </xs:element>
        <xs:element maxOccurs="1" minOccurs="1" name="views">
          <xs:complexType>
            <xs:sequence>
              <xs:element maxOccurs="unbounded" minOccurs="0"
                name="view">
                <xs:complexType>
                  <xs:sequence maxOccurs="1" minOccurs="1">
                    <xs:element maxOccurs="unbounded" minOccurs="1"
                      name="configAdapter">
                      <xs:complexType>
                        <xs:attribute name="class" type="xs:string" />
                      </xs:complexType>
                    </xs:element>
                    <xs:element maxOccurs="unbounded" minOccurs="0"
                      name="dataSource">
                      <xs:complexType>
                        <xs:sequence>
                          <xs:element name="param">
                            <xs:complexType>
                              <xs:attribute name="key" />
                              <xs:attribute name="value" />
                            </xs:complexType>
                          </xs:element>
                        </xs:sequence>
                        <xs:attribute name="class" type="xs:string" />
                        <xs:attribute name="name" type="xs:string" />
                      </xs:complexType>
                    </xs:element>
                  </xs:sequence>
                </xs:complexType>
              </xs:element>
            </xs:sequence>
          </xs:complexType>
        </xs:element>
      </xs:sequence>
    </xs:complexType>
  </xs:element>
</xs:schema>

```

```

        <xs:attribute name="class" type="xs:string" />
        <xs:attribute name="name" type="xs:string" />
    </xs:complexType>
</xs:element>
</xs:sequence>
</xs:complexType>
</xs:element>
</xs:sequence>
</xs:complexType>
</xs:element>
</xs:schema>

```

A.2 Integration des TopicMap Viewers in Java

Zur Integration des TopicMap Viewers in die Java-Anwendung war eine Brücke zwischen der SWING-Oberfläche und dem Flash-Programm, eingebettet in eine HTML-Datei, zu schlagen. Abbildung A.1 zeigt die zu überwindende Lücke – und wie sie gefüllt wurde.

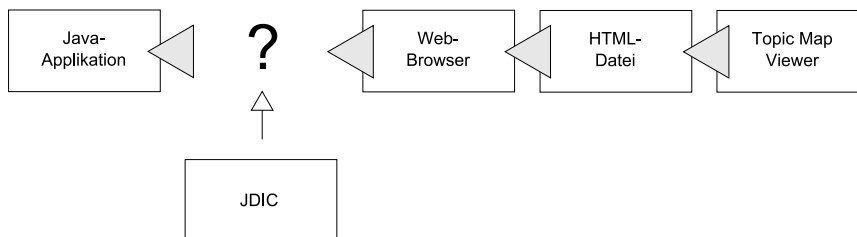


Abbildung A.1: Brücke zwischen Java und dem Flash TopicMap Viewer

Diese Lücke ist vergleichbar zu der mittels IIOP angebundenen Kontextsensoren. Hier wird allerdings nicht zwischen C# und Java vermittelt, vielmehr ist eine Brücke zur Benutzungsschnittstelle zu schlagen. Die an dieser Stelle zu überbrückenden Technologien sind Java auf der einen Seite, diesmal aber Flash auf der anderen Seite.

Als Weg wurde JDIC gewählt, um die in Flash geschriebene Visualisierung in das Rahmenwerk einzubetten. Das JDesktop Integration Components (JDIC)-Projekt ermöglicht dazu die Einbettung von nativen Desktopanwendungen in Java-Programme [JDI09]. Insbesondere enthält JDIC eine Komponente namens WEBBROWSER, welche die Einbindung des Standardbrowsers des Betriebssystems in SWING-Oberflächen ermöglicht.

Der WEBBROWSER-Komponente kann eine HTML-Seite übergeben werden. Dadurch kann der TopicMap Viewer, der in diese HTML-Seite eingebettet wurde, per JDIC in der SWING-Oberfläche angezeigt werden. Eine Darstellung der Integrationsebenen zeigt Abbildung A.2.

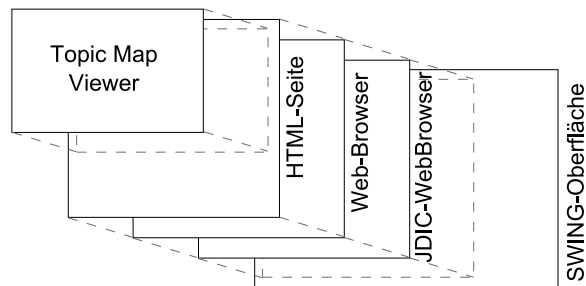


Abbildung A.2: Ebenen der Integration von Java und Flash

Mit Hilfe von JDIC lässt sich der TopicMap Viewer also recht komfortabel in die Swing-Oberfläche von EAGLE integrieren. Eine größere Herausforderung war die Realisierung der Kommunikation während der Laufzeit von der Java-Anwendung zum TopicMap Viewer und umgekehrt. Hierzu bietet keine Lösung eine einfache Möglichkeit. Die Kommunikation zum TopicMap Viewer ist nötig, um Topics aus der Java-Anwendung gesteuert zu selektieren, zum Beispiel wenn der Anwender die bereitgestellte Auswahlfelder in der Seitenleiste benutzt. In die andere Richtung wird die Kommunikation gebraucht, um die Selektion von Topics im TopicMap Viewer selbst an die Java-Anwendung zu übermitteln, um daraufhin Detailinformationen in der Seitenleiste anzuzeigen.

Anhang B

Anhang Evaluation

B.1 Vorevaluation

B.1.1 Zeitmessung zur Vorevaluation

		Aufgabe 1				Aufgabe 2				Aufgabe 3			
		Zeit (in Sek.)	Klicks	Doppelklicks	Rechtsklicks	Zeit (in Sek.)	Klicks	Doppelklicks	Rechtsklicks	Zeit (in Sek.)	Klicks	Doppelklicks	Rechtsklicks
Gruppe α	Benutzer												
	1	41	6	6	1	22	14	0	0	40			
	2	38	8	0	1	29	10	0	1	23			
	3	30	10	0	2	26	11	0	0	37			
	6	59	14	3	0	35	7	0	1	21			
8	38	7	0	1	25	8	0	0	30				
Gruppe β	4	36	10	0	1	20	7	0	1	29			
	5	38	8	1	2	22	9	1	0	48			
	7	27	7	0	2	28	9	0	0	35			
	9	33	7	0	1	21	8	0	1	31			
	10	37	8	1	1	25	7	0	0	27			
\emptyset Gruppe α		41,2				27,4				30,2			
\emptyset Gruppe β		34,2				23,2				34,0			

B.1.2 Fragebogen zur Vorevaluation

Seite 1/2

Evaluation – Fragebogen

1. Wie würdest Du Deine Kenntnisse im Umgang mit Computern einschätzen?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
keine Kenntnisse	einige Kenntnisse	solide Kenntnisse	sehr gute Kenntnisse

2. Sind kontextualisierte visuelle Ausgaben hilfreich?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
nicht hilfreich	ein bisschen hilfreich	hilfreich	sehr hilfreich

3. Ist die Benutzung der Visualisierung selbsterklärend?

	nicht selbst erklärend	ein bisschen selbst erklärend	selbst erklärend	sehr selbst erklärend
Prozessansicht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Baumansicht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
TopicMap Viewer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4. Ist die Visualisierung zu aufdringlich?

	nicht aufdringlich	ein bisschen aufdringlich	aufdringlich	sehr aufdringlich
Prozessansicht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Baumansicht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
TopicMap Viewer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5. Ist die Kontextualisierung eine Unterstützung während der Aufgabenerfüllung?

	keine Unterstützung	ein bisschen Unterstützung	Unterstützung	sehr gute Unterstützung
Prozessansicht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Baumansicht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
TopicMap Viewer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

6. Wie schätzt Du die Navigierbarkeit der Visualisierung ein?

	nicht navigierbar	ein bisschen navigierbar	navigierbar	sehr gut navigierbar
Prozessansicht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Baumansicht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
TopicMap Viewer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Seite 2/2

7. Was hältst Du von der Fehlertoleranz der Visualisierung?

	nicht fehlertolerant	ein bisschen fehlertolerant	fehlertolerant	sehr fehlertolerant
Prozessansicht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Baumansicht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
TopicMap Viewer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

8. Wie ist Deine Meinung zur Individualisierung der Visualisierungen?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
nicht individualisiert	ein bisschen individualisiert	individualisiert	sehr gut individualisiert

9. Konntest Du einen Unterschied zwischen den ersten beiden Aufgaben (Prozessansicht und Baumansicht) und der letzten Aufgabe (TopicMap Viewer) erkennen?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ja	Nein

10. Wurden in der letzten Aufgabe (TopicMap Viewer) Deine Erwartungen beim Hervorheben der Knoten erfüllt?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
nicht erfüllt	ein bisschen erfüllt	erfüllt	sehr erfüllt

11. Welche Visualisierung empfandest Du am hilfreichsten?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Prozessansicht	Baumansicht	TopicMap Viewer

12. Welche Visualisierung empfandest Du am wenigsten hilfreich?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Prozessansicht	Baumansicht	TopicMap Viewer

13. Könntest Du Dir vorstellen mit kontextualisierten Visualisierungen in Zukunft zu arbeiten?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ja	Nein

B.1.3 Antworten auf die Multiple Choice Fragen

Tabelle B.1: Antworten auf die Multiple Choice Fragen der Vorevaluation

	Nutzer	Gruppe α					Gruppe β					
		1	2	3	6	8	4	5	7	9	10	
1		keine Kenntnisse										
		ein paar Kenntnisse										
		solide Kenntnisse					x					
		sehr viele Kenntnisse	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2		nicht hilfreich										
		ein bisschen hilfreich				x						
		hilfreich	x			x		x	x			x
		sehr hilfreich	x	x		x		x				x
3	A1	nicht selbst erklärend					x					
		ein bisschen selbst erklärend		x	x			x	x			x
		selbst erklärend	x			x						x
		sehr selbsterklärend	x									
	A2	nicht selbst erklärend										
		ein bisschen selbst erklärend										
		selbst erklärend	x	x	x				x	x		x
		sehr selbsterklärend	x				x	x	x			
	A3	nicht selbst erklärend					x				x	
		ein bisschen selbst erklärend	x						x			
		selbst erklärend	x									
		sehr selbsterklärend						x				
4	A1	nicht aufdringlich	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
		ein bisschen aufdringlich										
		aufdringlich										
		sehr aufdringlich										
	A2	nicht aufdringlich	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
		ein bisschen aufdringlich										
		aufdringlich										
		sehr aufdringlich										
	A3	nicht aufdringlich	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
		ein bisschen aufdringlich										
		aufdringlich										
		sehr aufdringlich										
5	A1	nicht geeignet										
		ein bisschen geeignet	x								x	
		geeignet	x	x	x	x		x	x		x	
		sehr geeignet					x					
	A2	nicht geeignet										
		ein bisschen geeignet										
		geeignet	x	x		x	x		x	x	x	
		sehr geeignet		x			x	x				
	A3	nicht geeignet					x				x	x
		ein bisschen geeignet					x				x	
		geeignet	x	x				x				
		sehr geeignet	x					x				
6	A1	nicht navigierbar										
		ein bisschen navigierbar				x				x	x	x
		navigierbar	x	x	x		x	x				x
		sehr navigierbar										
	A2	nicht navigierbar										
		ein bisschen navigierbar	x								x	
		navigierbar	x				x		x		x	x
		sehr navigierbar		x			x		x		x	
	A3	nicht navigierbar									x	
		ein bisschen navigierbar		x			x		x		x	x
		navigierbar	x	x			x					
		sehr navigierbar							x			
7	A1	nicht fehlertolerant										x
		ein bisschen fehlertolerant					x					
		fehlertolerant	x	x						x		x
		sehr fehlertolerant		x		x	x			x		
	A2	nicht fehlertolerant										x
		ein bisschen fehlertolerant					x					
		fehlertolerant	x	x						x		x
		sehr fehlertolerant		x		x	x			x		
	A3	nicht fehlertolerant										x
		ein bisschen fehlertolerant					x					
		fehlertolerant	x	x						x		x
		sehr fehlertolerant		x		x	x			x		
8	nicht individualisiert											
	ein bisschen individualisiert					x				x		
	individualisiert	x	x	x		x	x			x		
	sehr individualisiert										x	
9	Ja	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	Nein											
10	nicht entsprochen	x									x	
	ein bisschen entsprochen					x	x			x		
11	erfüllt	x						x			x	
	sehr erfüllt						x					
	Aufgabe 1					x				x	x	
12	Aufgabe 2	x				x	x			x		
	Aufgabe 3	x							x			
	Aufgabe 1					x				x		
13	Aufgabe 2	x							x	x		
	Aufgabe 3	x	x			x				x	x	
	Ja	x	x	x		x			x	x	x	
	Nein											

B.2 Erweiterte Evaluation

Dieser Anhang stellt alle Informationen zur Verfügung, die für oder bei der erweiterten Evaluation eine Rolle gespielt haben.

B.2.1 Aufgabenstellung zur erweiterten Evaluation

Variante A

EAGLE EVALUATION – VARIANTE A

BASISSZENARIO

Du bist Mitarbeiter bei einem Unternehmen in der Abteilung „Sonderprojekte“. Die Kollegen in Deiner Abteilung sind Andreas, Eicke und Robert. Weitere Kollegen in anderen Abteilungen sind Arne, Lars, Birgit, Tobias, Todor, Nicole und Martin.

Wenn Du etwas herausfinden möchtest, kannst Du Deine Kollegen fragen, sie werden Dir gerne helfen, wenn sie können. Eine Frage an einen Kollegen kostet 10 Sekunden Extrazeit.

VARIANTE A – UNTERSTÜTZUNG DURCH EAGLE

AUFGABE 1 – ZUSTÄNDIGEN KOLLEGEN ERMITTELN

Eine Werbebroschüre soll erstellt werden. Um das Corporate Design (einheitliches Unternehmensbild) zu wahren, soll die Broschüre im Stil bisher erschienener Broschüren gestaltet werden. Du möchtest Dich daher mit einem Kollegen unterhalten, der schon einmal eine Werbebroschüre für das Unternehmen erstellt hat.

Aufgabe:

Finde den Namen eines geeigneten Kollegen heraus.

AUFGABE 2 – AUFGABE DELEGIEREN

Du hast von Deinem Abteilungsleiter die Aufgabe bekommen, eine Verkaufsaktion auf der Webseite Deines Unternehmens bekannt zu machen. Da Du selbst keine Zugriffsrechte auf die Unternehmenswebseite hast, musst Du das Veröffentlichen des von Dir bereits formulierten Textes an einen Kollegen delegieren. Du weißt, dass Arne, Lars und Birgit Zugriffsrechte für die Unternehmenswebseite besitzen.

Aufgabe:

Schlage einen Mitarbeiter vor, der die Aufgabe des Veröffentlichen übernehmen soll. Berücksichtige dabei die individuelle Aufgabenbelastung Deiner Kollegen.

AUFGABE 3 – FORMULAR FINDEN

Ausnahmsweise sollst Du ein Angebot für einen besonders wichtigen Kunden, die Firma Schmidt EDV GmbH, erstellen. Dafür benötigst Du ein Angebotsformular im MS-Word-Format (.doc). Für gewöhnlich ist Dein Kollege Robert der zuständige Mitarbeiter, der Kundenanfragen bearbeitet. Jedoch ist er gerade im wohlverdienten Urlaub und nicht zu erreichen.

Aufgabe:

Finde den Dateinamen des passenden Angebotsformulars heraus.

Variante B

EAGLE EVALUATION – VARIANTE B

BASISSZENARIO

Du bist Mitarbeiter bei einem Unternehmen in der Abteilung „Sonderprojekte“. Die Kollegen in Deiner Abteilung sind Andreas, Eicke und Robert. Weitere Kollegen in anderen Abteilungen sind Arne, Lars, Birgit, Tobias, Todor, Nicole und Martin.

Wenn Du etwas herausfinden möchtest, kannst Du Deine Kollegen fragen, sie werden Dir gerne helfen, wenn sie können. Eine Frage an einen Kollegen kostet 10 Sekunden Extrazeit.

VARIANTE B – KEINE UNTERSTÜTZUNG DURCH EAGLE

AUFGABE 1 – ZUSTÄNDIGEN KOLLEGEN ERMITTELN

Ein Messestand soll vorbereitet werden. Um das Corporate Design (einheitliches Unternehmensbild) zu wahren, soll der Messestand im gleichen Stil wie auf vorigen Messen gestaltet werden. Du möchtest Dich daher mit einem Kollegen unterhalten, der schon einmal einen Messestand vorbereitet hat.

Aufgabe:

Finde den Namen eines geeigneten Kollegen heraus.

AUFGABE 2 – AUFGABE DELEGIEREN

Du hast von Deinem Abteilungsleiter die Aufgabe bekommen, eine Kundenpräsentation vorzubereiten. Die Vorstellung dieser Präsentation beim Kunden soll ein Mitarbeiter übernehmen, der schon einmal Kontakt zu diesem Kunden hatte. Du weißt, dass Martin, Nicole und Arne schon einmal mit diesem Kunden zu tun hatten.

Aufgabe:

Schlage einen Mitarbeiter vor, der die Aufgabe des Präsentierens übernehmen soll. Berücksichtige dabei die individuelle Aufgabenbelastung Deiner Kollegen.

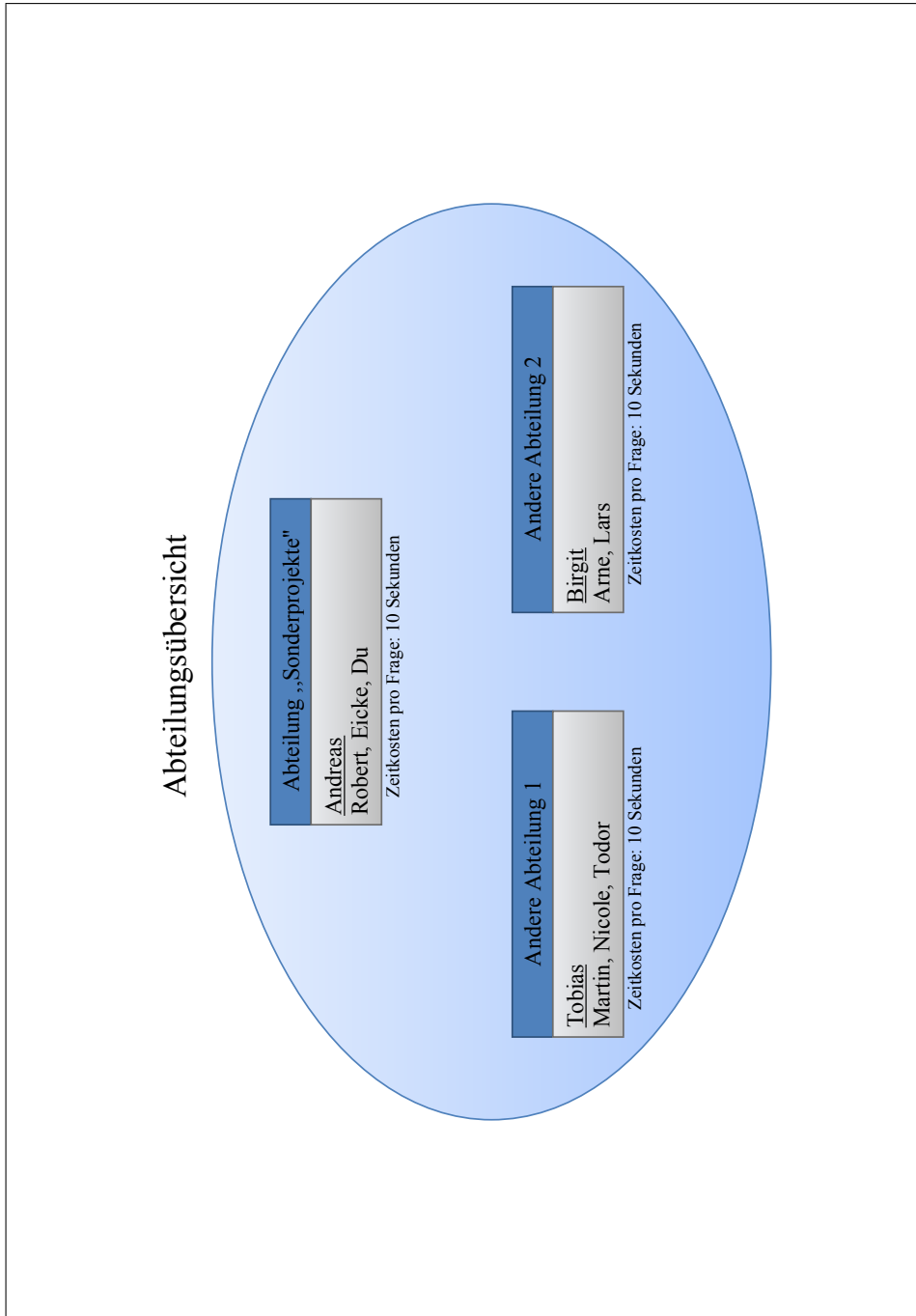
AUFGABE 3 – FORMULAR FINDEN

Ausnahmsweise sollst Du eine Stellenausschreibung für eine dringend zu besetzende Position auf den Weg bringen. Dafür benötigst Du ein Ausschreibungsformular im MS-Word-Format (.doc). Für gewöhnlich ist Dein Kollege Eicke der zuständige Mitarbeiter, der Stellenausschreibungen erstellt. Jedoch ist er gerade auf Geschäftsreise in Indien, wo zu dieser Zeit Nacht ist.

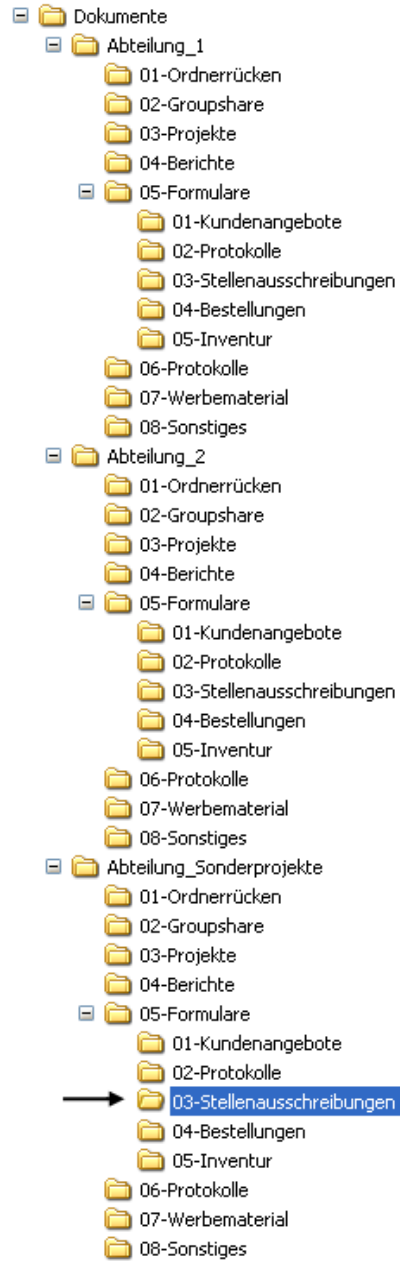
Aufgabe:

Finde den Dateinamen des passenden Ausschreibungsformulars heraus.

B.2.2 Abteilungsübersicht



B.2.3 Ordnerstruktur für Aufgabe 3 in Variante B



B.2.4 Teilnehmerstruktur der erweiterten Evaluation

Akademische Disziplinen

Fach	#
Informatik	13
Wirtschaftsinformatik	4
Maschinenbau	3
Wirtschaftsingenieurwesen Maschinenbau	3
Elektrotechnik	2
Politik- & Wirtschaftswissenschaften	1
Mathematik	1
Politikwissenschaft & Philosophie	1
Bauingenieurwesen	1
Energiewirtschaft	1

Die als informatiknah bezeichneten Disziplinen sind in fetter Schrift hervorgehoben.

Akademischer Status

Status	#
Studenten	21
Doktoranden	6
Wissenschaftliche Assistenten	1
Sonstige Mitarbeiter	2

Geschlecht

Geschlecht	#
weiblich	2
männlich	28

B.2.5 Zeitmessungen der erweiterten Evaluation

In der folgenden Tabelle sind die Bearbeitungsdauern der Aufgaben beider Szenarien für die 30 Teilnehmer der Nutzerstudie aufgelistet. Die vorletzte Zeile der Tabelle enthält die durchschnittliche Bearbeitungsdauer für jede Aufgabe. Die letzte Zeile enthält die durchschnittliche Bearbeitungsdauer pro Variante (in Sekunden).

Nr.	Variante A			Variante B		
	Aufg. 1	Aufg. 2	Aufg. 3	Aufg. 1	Aufg. 2	Aufg. 3
1	69	36	72	87	89	51
2	72	26	42	58	84	42
3	84	47	38	97	142	58
4	49	22	26	57	90	29
5	99	80	51	54	94	58
6	68	60	126	189	113	60
7	69	43	57	46	146	39
8	56	44	54	83	97	36
9	40	25	39	97	109	40
10	79	25	36	85	91	30
11	83	20	84	88	94	93
12	84	44	75	110	244	47
13	52	31	45	56	127	23
14	71	74	48	71	80	35
15	86	80	68	131	89	53
16	62	30	30	86	47	34
17	18	17	143	84	114	26
18	35	34	32	50	76	48
19	25	15	48	66	120	15
20	66	14	60	168	84	28
21	80	43	41	97	41	14
22	43	20	75	97	73	56
23	46	30	21	109	77	65
24	56	13	42	70	40	32
25	21	14	19	69	117	22
26	48	25	38	103	129	32
27	37	14	19	53	83	19
28	24	14	34	51	72	18
29	68	28	29	74	89	32
30	27	17	47	119	69	25
∅	57	33	51	87	97	39
Σ	141			223		

B.2.6 Fragebogen zu erweiterter Evaluation

Seite 1/2

Eagle Evaluation – Fragebogen			
1. Wie würdest Du Deine Kenntnisse im Umgang mit Computern einschätzen?			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
keine Kenntnisse	einige Kenntnisse	solide Kenntnisse	sehr gute Kenntnisse
2. Ist „EAGLE“ hilfreich bei der Erledigung der gestellten Aufgaben?			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
nicht hilfreich	ein bisschen hilfreich	hilfreich	sehr hilfreich
3. Ist die Benutzung von Eagle selbsterklärend?			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
nicht selbst erklärend	ein bisschen selbst erklärend	selbst erklärend	sehr selbst erklärend
4. Ist die EAGLE-Visualisierung zu aufdringlich?			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
nicht aufdringlich	ein bisschen aufdringlich	aufdringlich	sehr aufdringlich
5. Sind die Kontextinformationen eine Unterstützung bei der Erledigung der gestellten Aufgaben?			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
keine Unterstützung	ein bisschen Unterstützung	Unterstützung	sehr gute Unterstützung
6. Wie schätzt Du die Navigierbarkeit in der EAGLE-Visualisierung ein?			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
nicht navigierbar	ein bisschen navigierbar	navigierbar	sehr gut navigierbar
7. Was hältst Du von der Fehlertoleranz der EAGLE-Visualisierung?			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
nicht fehlertolerant	ein bisschen fehlertolerant	fehlertolerant	sehr fehlertolerant

Seite 2/2

8. Wie ist Deine Meinung zur Individualisierung der EAGLE-Visualisierung?

- nicht individualisiert ein bisschen individualisiert individualisiert sehr gut individualisiert
-

9. Bei welcher Aufgabe hat Dir EAGLE am meisten geholfen?

- Aufgabe 1 Aufgabe 2 Aufgabe 3
-

10. Bei welcher Aufgabe war der Nutzen von EAGLE am geringsten?

- Aufgabe 1 Aufgabe 2 Aufgabe 3
-

11. Könntest Du Dir vorstellen, in Zukunft mit kontextualisierten Visualisierungstools, wie EAGLE, zu arbeiten?

- auf keinen Fall eher nicht eher ja auf jeden Fall
-

12. Hast Du Kritik, Lob oder Anregungen zur kontextualisierten Visualisierung in EAGLE?

13. Hast Du noch weitere Anmerkungen, die bisher im Fragebogen nicht berücksichtigt wurden?

6.	12	Individuelle Modifikationen: zum Beispiel Portraitfotos, individuelle Namensänderungen
	13	–
7.	12	Der Kontrast zwischen den einzelnen Feldern könnte etwas stärker sein. Besonders ist es mir am Kontrast zwischen Aufgaben und Ressourcen aufgefallen.
	13	–
8.	12	Dauerhafte Markierung der Linien und Objekte nötig. Überschneiden von Linien verhindern. Derzeitige Ebene anzeigen (Baumstruktur). Keine Historie vorhanden (Wer ist für abgeschlossene Projekte verantwortlich?)
	13	Problem: Soziale Aspekte (jeder ist bestrebt, hohe Auslastung zu haben)
9.	12	Verbindungen, Highlight, ... könnten besser erkennbar sein. Teilweise überschneiden sich die Symbole. History wenig übersichtlich.
	13	–
10.	12	Die Listenauswahl sollte besser wahrnehmbar, zum Beispiel größer, mittiger gestaltet sein
	13	–
11.	12	Kontaktdaten (Arbeitsplatzadresse, Telefonnummern, Abwesenheitsnotiz), Kontaktierbarkeit (doppelklick auf Figur = öffnet Messenger), Feine Abstufung bei (online/offline), mehr Individualisierung (Symbole durch Bilder ersetzbar, zum Beispiel Mitarbeiterfoto), farbliche Anpassung, eigener Startpunkt (eigene Abteilung oder häufig verwendete Verbindungen)
	13	–
12.	12	Leichtere Navigation zwischen den einzelnen Ebenen ermöglichen
	13	–
13.	12	Verbesserungsvorschlag: Volltextsuche auf Dokumenten welche die Dropdowns ergänzen.
	13	–
14.	12	–
	13	–
15.	12	Lob: Je komplexer und größer das Unternehmen ist, desto wichtiger die Vernetzung der Aufgaben und Abteilungen
	13	–

16.	12	Gut finde ich die komfortable Version der Ordnerverknüpfungen (Wessen Dateien zu welchem Projekt liegen wo?) Etwas unübersichtlich finde ich die Visualisierung wenn mehrere Verknüpfungen offen sind
	13	–
17.	12	Besseres Hervorheben des gewählten Aspekts
	13	–
18.	12	Informationen, die nicht direkt mit dem ausgewählten Element zusammenhängen haben dasselbe Gewicht und können so verwechselt werden
	13	–
19.	12	sehr gut, dass Fortschritt angegeben ist, dass Fälligkeit und zuständige Personen angegeben sind, dass Fortschritt auch für Teilaufgaben angegeben ist. Benutzer (mich selbst) optisch hervorheben.
	13	–
20.	12	Im Großen und Ganzen sehr gelungen, da es wenn man die Struktur verstanden hat doch sehr übersichtlich und vor allem praktisch ist
	13	–
21.	12	Andere Darstellung von Benutzer / Abteilung
	13	–
22.	12	PRO: Arbeitsauslastung einsehbar, Ansprechpartner können schnell gefunden werden, falls Ansprechpartner nicht anwesend können Informationen trotzdem beschafft werden KON: Unübersichtlichkeit bei Dateisuche (deutlicherer Fokus)
	13	–
23.	12	Sieht sehr gut aus, noch etwas mehr Visualisierung/Hervorhebung gerade relevanter Informationen, Einbindung in Outlook!
	13	–
24.	12	Die History-Funktion ist nicht unmittelbar klar. Die Unterscheidung von Aufgaben und Unteraufgaben ist nicht unmittelbar erkennbar
	13	–
25.	12	Spotlight könnte deutlicher sein
	13	–
26.	12	Spot schlecht erkennbar und dass direkte Relationen wichtiger sind als 2. Ordnung etc.
	13	–

27.	12	Der Spot ist zu schwach. Wichtigste Information waren für mich die schwarzen Linien, die von einem Objekt ausgehen, diese könnten stärker sein aber durch räumliche Nähe unterstützt werden. Evtl. weiter entfernte Infoobjekte ausblenden und nur auf Anforderung anzeigen.
	13	–
28.	12	Schnellere Animation
	13	–
29.	12	Bei Auswahl von Objekten ändert sich die Visualisierung manchmal sehr stark und Objekte (insbesondere die ausgewählten) wandern weg → Verlust der Orientierung.
	13	Skalierung wird nicht klar, was passiert, wenn man bspw. 10.000 Dokumente & 100 Abteilungen einbringt, zum Beispiel SAP/Ministerium
30.	12	Office Look & Feel, Keine Animation, Irrelevante Informationen ausblenden
	13	–

B.3 Nachträgliche Evaluation

Dieser Abschnitt enthält die detaillierten Daten der nachträglichen Evaluation mit realistischer Dateisystemstruktur.

Tabelle B.3: Zeitmessungen der Nachträglichen Evaluation mit realistischer Dateisystemstruktur (in Sekunden)

	TopicMap	Dateiordner
1	47	61
2	17	32
3	18	134
4	12	38
5	11	13
6	65	129
7	28	11
8	32	46
9	19	35
10	14	39
11	9	17
12	50	41
13	23	70
14	33	61
∅	27	52

Literaturverzeichnis

- [AML⁺01] ABECKER, Andreas ; MENTZAS, Gregoris ; LEGAL, Maria ; NTIOUDIS, Spyridon ; PAPVASSILIOU, Giorgos: Business-Process Oriented Delivery of Knowledge through Domain Ontologies. In: *Proceedings of DEXA conference, TAKMA-2001, Second International Workshop on Theory and Applications of Knowledge Management*, 2001, S. 442–446
- [APO08] APOSDLE CONSORTIUM: Formative Evaluation Report of 2nd Prototype, Deliverable D6.7. In: *Second Prototype APOSDLE* (2008)
- [APO09] APOSDLE CONSORTIUM: *APOSDLE (Advanced Process-Oriented Self-Directed Learning Environment) – Webseite*. <http://www.aposdle.org>, 2009. – zuletzt besucht Juli 2009
- [BD06] BORTZ, Jürgen ; DÖRING, Nicola: *Forschungsmethoden und Evaluation für Human-und Sozialwissenschaftler*. Springer, 2006
- [BDG⁺04] BELLOTTI, Victoria ; DALAL, Brinda ; GOOD, Nathan ; BOBROW, Daniel G. ; DUCHENEAUT, Nicolas: What a To-Do: Studies of Task Management Towards the Design of a Personal Task List Manager. In: *ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI2004)* (2004), S. 735–742
- [BDHS03] BELLOTTI, Victoria ; DUCHENEAUT, Nicolas ; HOWARD, Mark A. ; SMITH, Ian E.: Taking Email to Task: The Design and Evaluation of a Task Management Centered Email Tool. In: *ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2003)* (2003), S. 345–352
- [Ber77] BERTIN, Jacques: La Graphique et le Traitement Graphique de l'Information. In: *Flammarion-Paris* (1977)

- [Bör00] BÖRNER, Katy: Extracting and Visualizing Semantic Structures in Retrieval Results for Browsing. In: *DL '00: Proceedings of the fifth ACM conference on Digital libraries*. New York, NY, USA : ACM, 2000. – ISBN 1–58113–231–X, S. 234–235
- [Bör06] BÖRNER, Katy: Semantic association networks: Using semantic web technology to improve scholarly knowledge and expertise management. In: *Visualizing the Semantic Web: XML-Based Internet and Information Visualization* (2006), S. 183–198
- [Bro01] BROCKHAUS, D.: Enzyklopädie in 24 Bänden. In: *FA Brockhaus GmbH, Leipzig–Mannheim* (2001)
- [BSW96] BRUSILOVSKY, Peter ; SCHWARZ, Elmar W. ; WEBER, Gerhard: A tool for developing adaptive electronic textbooks on WWW. In: *Proceedings of WebNet*, 1996, S. 64–69
- [Cau99] CAUMANN, Jörg: *A Fast and Simple Stemming Algorithm for German Words*. Oktober 1999. – Freie University of Berlin, CEDIS
- [CMMT04] CESARINI, Mirko ; MILANO, Politecnico D. ; MONGA, Mattia ; TEDESCO, Roberto: Carrying on the e-Learning process with a Workflow Management Engine. In: *Proceedings of the 2004 ACM symposium on Applied Computing*, ACM Press, 2004, S. 14–17
- [CMS99] CARD, Stuart K. (Hrsg.) ; MACKINLAY, Jock D. (Hrsg.) ; SHNEIDERMAN, Ben (Hrsg.): *Readings in Information Visualization: Using Vision to Think*. San Francisco, CA, USA : Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1999. – ISBN 1–55860–533–9
- [CS91] CHANDLER, Paul ; SWELLER, John: Cognitive Load Theory and the Format of Instruction. In: *Cognition and Instruction* 8 (1991), Nr. 4, S. 293–332
- [CWR06] CUI, Q. ; WARD, M.O. ; RUNDENSTEINER, E.A.: Enhancing scatterplot matrices for data with ordering or spatial attributes. In: *Proceedings of SPIE* Bd. 6060, 2006, S. 248–258
- [DA00] DEY, Anind K. ; ABOWD, Gregory D.: Towards a Better Understanding of Context and Context-Awareness. In: *Computer Human Interaction 2000 Workshop on the What, Who, Where, When, Why and How of Context-Awareness*, 2000, S. 304–307
- [Dey01] DEY, Anind K.: Understanding and Using Context. In: *Personal and Ubiquitous Computing* 5 (2001), S. 4–7

- [DG07] DASTON, Lorraine ; GALISON, Peter: *Objectivity*. Zone Books, US, 2007
- [DIN06] Norm DIN EN ISO 9241-110 2006. *Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 110: Grundsätze der Dialoggestaltung (ISO 9241-110:2006); Deutsche Fassung*
- [DMDH02] DOAN, AnHai ; MADHAVAN, Jayant ; DOMINGOS, Pedro ; HALEVY, Alon: Learning to Map between Ontologies on the Semantic Web. In: *Proceedings of the 11th international conference on World Wide Web, May, 2002*, S. 07–11
- [Dom00] *Kapitel Sample Definitions*. In: DOMIK, Gitta: *Computer-generated Visualization, The Need for Visualization*. Paderborn : Universität Paderborn, 2000
- [DPS02] DÍAZ, Josep ; PETIT, Jordi ; SERNA, Maria: A survey of graph layout problems. In: *ACM Computing Surveys (CSUR)* 34 (2002), Nr. 3, S. 313–356
- [Dru59] DRUCKER, Peter F.: *The Landmarks of Tomorrow*. Harper, 1959
- [Dru92] DRUCKER, Peter F.: The New Society of Organizations. In: *Harvard Business Review* Bd. 70, 1992, S. 95–104
- [Dru93] DRUCKER, Peter F.: *Post-Capitalist Society*. HarperInformation, 1993. – ISBN 0887306209
- [Dru99] DRUCKER, Peter F.: *Management Challenges for the 21st Century*. Collins, 1999
- [EK01] EUROPÄISCHE KOMMISSION, Generaldirektion Beschäftigung und S. Generaldirektion Bildung und Kultur K. Generaldirektion Bildung und Kultur: *Mitteilung der Kommission: Einen europäischen Raum des lebenslangen Lernens schaffen*. November 2001
- [Era00] ERAUT, Michael: Non-formal Learning, Implicit Learning and Tacit Knowledge in Professional Work. In: *The Necessity of Informal Learning* (2000), S. 12–31
- [EUD09] EUDISMES: *EUDISMES – End User Development in Small and Medium Enterprise Software Systems, Projekt-Webseite*. <http://www.eudismes.org>, 2009. – zuletzt besucht Juni 2009
- [FGGL07] FAATZ, Andreas ; GOERTZ, Manuel ; GODEHARDT, Eicke ; LOKAICZYK, Robert: The MILL - Method for Informal Learning

- Logistics. In: *Proceedings of the International Conference on Conceptual Structures 2007*, 2007, S. 296–309. – Proceedings of ICCS 2007 (International Conference on Conceptual Structures)
- [FKMF⁺03] FUCHS-KITTOWSKI, Frank ; MANSKI, Katja ; FAUST, Daniel ; PREHN, Marko ; SCHWENZIEN, Ingo: Arbeitsprozessorientiertes E-Learning mit Methoden und Werkzeugen des prozessorientierten Wissensmanagement. In: BODE, Arndt (Hrsg.) ; DESEL, Jörg (Hrsg.) ; RATHMEYER, Sabine (Hrsg.) ; WESSNER, Martin (Hrsg.): *DeLFI* Bd. 37, GI, 2003 (LNI). – ISBN 3-88579-366-0, S. 392–401
- [FLDL04] FARMER, Johannes ; LINDSTAEDT, Stefanie N. ; DROSCHL, Georg ; LUTTENBERGER, Peter: AD-HOC – Work-integrated Technology-supported Teaching and Learning. In: *5th International Conference on Organisational Knowledge, Learning, and Capabilities. Innsbruck, April 2–3 2004*, 2004
- [FR94] FOLEY, James D. ; RIBARSKY, William: Next-generation Data Visualization tools. In: *Scientific Visualization: Advances and Challenges* (1994), S. 103–126
- [GB07] GODEHARDT, Eicke ; BHATTI, Nadeem: Using Topic Maps for Visually Exploring Various Data Sources in a Web-Based Environment. In: MAICHER, Lutz (Hrsg.) ; GARSHOL, Lars M. (Hrsg.): *TMRA* Bd. 4999, Springer, 2007 (Lecture Notes in Computer Science). – ISBN 978-3-540-70873-5, S. 51–56
- [GBH05] GODEHARDT, Eicke ; BHATTI, Nadeem ; HORNING, Christoph: Keeping the Learning History. In: *ED-Media 2005. Proceedings. CD-ROM: World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications, Montreal, Canada* Association for the Advancement of Computing in Education (AACE), 2005, S. 4466–4469
- [GDFG07] GODEHARDT, Eicke ; DOEHRING, Markus ; FAATZ, Andreas ; GOERTZ, Manuel: Deploying YAWL for Workflows in Workplace-embedded Learning. In: TOCHTERMANN, Klaus (Hrsg.) ; MAURER, Hermann (Hrsg.): *7th International Conference on Knowledge Management*, 2007, S. 281–288
- [GDFG08] GODEHARDT, Eicke ; DOEHRING, Markus ; FAATZ, Andreas ; GOERTZ, Manuel: KAJAL - An Algorithm for Workflow Navigation in Informal Learning. In: *I-KNOW '08. 8th International Conference on Knowledge Management*, 2008 (Triple-I), S. 109–114

- [GH05] GODEHARDT, Eicke ; HORNING, Christoph: Distributed Authoring in the Area of eLearning. In: *TESI 2005. Conference Proceedings. CD-ROM: Training, Education & Simulation International, Maastricht* (2005), März
- [GHJV95] GAMMA, Erich ; HELM, Richard ; JOHNSON, Ralph ; VLISSIDES, John: *Design patterns: elements of reusable object-oriented software*. Addison-Wesley Reading, MA, 1995
- [GHM⁺07] GROZA, Tudor ; HANDSCHUH, Siegfried ; MÖLLER, Knud ; GRIMNES, Gunnar ; SAUERMAN, Leo ; MINACK, Enrico ; JAZAYERI, Mehdi ; MESNAGE, Cédric ; REIF, Gerald ; GUDJÓNSDÓTTIR, Rósa: The nepomuk project-on the way to the social semantic desktop. In: *Proceedings of I-Semantics 7* (2007), S. 201–211
- [GKS⁺08] GRANITZER, Michael ; KRÖLL, Mark ; SEIFERT, Christin ; RATH, Andreas S. ; WEBER, Nicolas ; DIETZEL, Olivia ; LINDSTAEDT, Stefanie N.: Analysis of Machine Learning Techniques for Context Extraction. In: *Digital Information Management, 2008. ICDIM 2008. Third International Conference on*, 2008, S. 233–240
- [GL05] GODEHARDT, Eicke ; LINDNER, Rolf: Warum sich E-Learning so langsam durchsetzt. In: *Thema Forschung, Technische Universität Darmstadt* (2005), S. 92–99. – ISSN 1434–7768
- [God09] GODEHARDT, Eicke: A Framework for Contextualized Visualization supporting Informal Learning. In: *International Journal of Advanced Corporate Learning (iJAC)* Volume 2 (2009), Nr. 3, S. 21–26
- [Gör05] GÖRTZ, Manuel: *Effiziente Echtzeit-Kommunikationsdienste durch Einbeziehung von Kontexten*. Darmstadt, TU Darmstadt, Diss., 2005
- [Gra03] GRAND, Bénédicte Le: Topic Map Visualization. In: *XML TopicMaps*, Addison-Wesley, 2003. – ISBN 0–201–74960–2, S. 267–282
- [Gri07] GRIMM, Matthias: *Kontextbezogenes mobiles Wissensmanagement auf Basis multimedialer Wissensinhalte*, Technische Universität Darmstadt, Diss., 2007
- [Gru95] GRUBER, Thomas R.: Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing. In: *International Journal of Human Computer Studies* 43 (1995), S. 907–928

- [GS01] GRAND, Bénédicte Le ; SOTO, Michel: Topic Maps Metrics and Visualization. In: *Knowledge Technologies 2001* (2001)
- [GSLF09] GODEHARDT, Eicke ; SCHNEIDER, Christoph ; LOKAICZYK, Robert ; FAATZ, Andreas: Contextualized Visualization at the Workplace. In: *Proceedings of the International Conference on E-Learning in the Workplace (ICELW), New York, USA* (2009), Juni
- [GSM⁺03] GODEHARDT, Eicke ; SCHROEDER, Klara ; MOCKENHAUPT, Jennifer ; TREBING, Thomas ; RÖSSLING, Guido ; TRNKOVÁ, Jana: Ein System zur Unterstützung verteilter Autorengruppen innerhalb einer E-Learning Umgebung. In: *Tagungsband zum Workshop Neue Medien in der Aus- und Weiterbildung von Bauingenieuren und Architekten*, 2003, S. V1–V12
- [HA08] *Kapitel Context Models and Context-awareness.* In: HARTMANN, Melanie ; AUSTALLER, Gerhard: *Ubiquitous Computing Technology for Real Time Enterprises*. IGI Publishing, 2008, S. 235–256
- [HBH⁺98] HORVITZ, Eric ; BREESE, Jack ; HECKERMAN, David ; HOVEL, David ; ROMMELSE, Koos: The Lumiere Project: Bayesian User Modeling for Inferring the Goals and Needs of Software Users. In: *Proceedings of the Fourteenth Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence* (1998), S. 256–265
- [HD91] HARRIGAN, Kathryn R. ; DALMIA, Gaurav: Knowledge Workers: The Last Bastion of Competitive Advantage. In: *Strategy & Leadership* 19 (1991)
- [HHN00] HAVRE, Susan ; HETZLER, Beth ; NOWELL, Lucy: ThemeRiver: Visualizing Theme Changes over Time. In: *Information Visualization, 2000. InfoVis 2000. IEEE Symposium on*, 2000, S. 115–123
- [Hol02] HOLZINGER, Andreas: *Basiswissen IT / Informatik*. Bd. 1. Vogel, 2002
- [iVi09] iVIEWS: *Intelligent Views – Webseite*. <http://www.i-views.de>, 2009. – zuletzt besucht Februar 2009
- [Jan06] JANICH, Peter: *Was ist Information?* Suhrkamp, 2006
- [JDI09] JDIC: *JDIC – JDesktop Integration Components, Projekt-Webseite*. <https://jdic.dev.java.net>, 2009. – zuletzt besucht Juni 2009

- [JL96] JONES, Richard ; LINS, Rafael: *Garbage Collection: Algorithms for Automatic Dynamic Memory Management*. John Wiley & Sons, Inc. New York, NY, USA, 1996
- [JS05] JUNG, Eui-Chul ; SATO, Keiichi: A Framework of Context-Sensitive Visualization for User-Centered Interactive Systems. In: *Proceedings of the 10th International Conference on User Modeling (UM 2005) (Edinburgh, Scotland, UK, July 24-29, 2005)*, *Lecture Notes in Computer Science* 3538 (2005), S. 423–427
- [Jud04] JUDELMAN, Gregory B.: *Knowledge Visualization, Problems and Principles for Mapping the Knowledge Space*, International School of New Media, University of Lübeck, Diplomarbeit, 2004
- [Kar09] KARTOO: *KartOO visual meta search engine – Webseite*. <http://www.kartoo.com>, 2009. – zuletzt besucht Februar 2009
- [KC48] KRECH, D. ; CRUTCHFIELD, R.S.: *Theory and Problems of Social Psychology*. New York, McGraw-Hill Book Co, 1948
- [Kob01] KOBASA, Alfred: Generic User Modeling Systems. In: *User Modeling and User-Adapted Interaction* 11 (2001), Nr. 1, S. 49–63
- [Kok99] KOKINOV, Boicho: Dynamics and Automaticity of Context: A Cognitive Modeling Approach. In: *LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE* (1999), S. 200–213
- [KP88] KRASNER, Glenn E. ; POPE, Stephen T.: A cookbook for using the model-view controller user interface paradigm in Smalltalk-80. In: *Journal of Object-oriented programming* 1 (1988), Nr. 3, S. 26–49
- [KYK05] KIM, Kwang-Hoon ; YOO, Hyuk-Jae ; KIM, Hak-Sung: A Process-Driven e-Learning Content Organization Model. In: *ICIS '05: Proceedings of the Fourth Annual ACIS International Conference on Computer and Information Science (ICIS'05)*. Washington, DC, USA : IEEE Computer Society, 2005. – ISBN 0-7695-2296-3, S. 328–333
- [Lex97] LEXIKONVERLAG, Meyers: *Meyers Lexikon in drei Bänden, Bibliographisches Institut & FA Brockhaus AG*. 1997
- [LFBG07] LOKAICZYK, Robert ; FAATZ, Andreas ; BECKHAUS, Arne ; GOERTZ, Manuel: Enhancing Just-in-Time E-Learning through Machine Learning on Desktop Context Sensors. In: *Proceedings of Context '07*, Springer Verlag, August 2007, S. 330–341

- [LG08] LOKAICZYK, Robert ; GOERTZ, Manuel: Extending Low Level Context Events by Data Aggregation. In: TOCHTERMANN, Klaus (Hrsg.) ; MAURER, Hermann (Hrsg.): *8th International Conference on Knowledge Management (IKNOW '08), Special Track on User Context and User Models (UCUM)*, 2008, S. 118–125
- [LGF⁺07] LOKAICZYK, Robert ; GODEHARDT, Eicke ; FAATZ, Andreas ; GOERTZ, Manuel ; KIENLE, Andrea ; WESSNER, Martin ; ULBRICH, Armin: Exploiting Context Information for Identification of Relevant Experts in Collaborative Workplace-Embedded E-Learning Environments. In: *Proceedings of EC-TEL'0*, 2007, S. 217–231. – Proceedings of EC-TEL 2007
- [LGF^M08a] LOKAICZYK, Robert ; GODEHARDT, Eicke ; FAATZ, Andreas ; MEYER, Marek: On Resource Acquisition in Adaptive Workplace-Embedded E-Learning Environments. In: *International Journal of Advanced Corporate Learning (iJAC)* Volume 1 (2008), Juni, Nr. 1, S. 23–26
- [LGF^M08b] LOKAICZYK, Robert ; GODEHARDT, Eicke ; FAATZ, Andreas ; MEYER, Marek: On Resource Acquisition in Adaptive Workplace-Embedded E-Learning Environments. In: *Proceedings of the International Conference on E-Learning in the Workplace (ICELW), New York, USA* (2008), Juni
- [LGG^F07] LOKAICZYK, Robert ; GODEHARDT, Eicke ; GOERTZ, Manuel ; FAATZ, Andreas: Zur Unterstützung kontextadaptiven E-Learnings in Echtzeit am Arbeitsplatz durch maschinelles Lernen auf Sensordaten des Computerdesktops (Poster und Kurzbeitrag). In: *Proceedings of DelFI'07*, 2007, S. 299–300. – Proceedings of DelFI 2007
- [Lie01] LIEBERMAN, Henry (Hrsg.): *Your Wish is my Command: Programming by Example*. Morgan Kaufmann, 2001
- [Lip99] LIPINSKI, Klaus (Hrsg.): *Lexikon der Datenkommunikation*. MITP, 1999
- [LKU⁺08] LEY, Tobias ; KUMP, Barbara ; ULBRICH, Armin ; SCHEIR, Peter ; LINDSTAEDT, Stefanie N.: A Competence-based Approach for Formalizing Learning Goals in Work-integrated Learning. In: *Proceedings of Ed Media 2008 World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications, Vienna, Austria*, 2008, S. 2099–2108

- [LLA05] LEY, Tobias ; LINDSTAEDT, Stefanie N. ; ALBERT, Dietrich: Supporting Competency Development in Informal Workplace Learning. In: *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, 2005, S. 189–202
- [LLM05] LINDSTAEDT, Stefanie N. ; LEY, Tobias ; MAYER, Harald: Integrating Working and Learning with APOSDLE. In: *Proceedings of the 11th Business Meeting of Forum Neue Medien, 10–11 November 2005, Vienna* (2005), November
- [LM06] LINDSTAEDT, Stefanie N. ; MAYER, Harald: A Storyboard of the APOSDLE Vision. In: *1st European Conference on Technology-Enhanced Learning (ECTEL 06), Crete* (2006), Oktober
- [Lok09] LOKAICZYK, Robert: *Verfahren kontextbasierter Nutzerzielanalyse*. Leipzig, Universität Leipzig, Diss., 2009
- [Luf94] *Kapitel Zur begrifflichen Unterscheidung von „Wissen“, „Information“ und „Daten“*. In: LUFT, Alfred L.: *Begriffliche Wissensverarbeitung*. BI-Wissenschaftsverlag, 1994, S. 61–79
- [Lyr02] LYRE, Holger: *Informationstheorie: eine philosophisch-naturwissenschaftliche Einführung*. UTB, 2002
- [Mac62] MACHLUP, F.: *Function and Distribution of Knowledge in the United States*. 1962
- [Mac86] MACKINLAY, Jock: Automating the design of graphical presentations of relational information. In: *ACM Transactions on Graphics* 5 (1986), Nr. 2, S. 110–141. – ISSN 0730–0301
- [Mau96] MAURER, Hermann: Hyper-G now Hyperwave. In: *The next generation web solution* (1996)
- [MG02] MENESES, Claudio J. ; GRINSTEIN, Georges G.: Research Issues in the Analysis and Visualization of Massive Data Sets. In: *Information Visualization in Data Mining and Knowledge Discovery* (2002)
- [MHT⁺05] MAYER, Harald ; HAAS, Werner ; THALLINGER, Georg ; LINDSTAEDT, Stefanie N. ; TOCHTERMANN, Klaus: *APOSDLE - Advanced Process-oriented Self-directed Learning Environment*. Poster Presented on the 2nd European Workshop on the Integration of Knowledge, Semantic and Digital Media Technologies, 30 November – 01 December 2005

- [Mos08] MOSTÉFAOUI, Soraya K.: A context model based on UML and XML schema representations. In: *Computer Systems and Applications, 2008. AICCSA 2008. IEEE/ACS International Conference on*, 2008, S. 810–814
- [Mun97] MUNZNER, Tamara: H3: Laying Out Large Directed Graphs in 3D Hyperbolic Space. In: *Proceedings of the 1997 IEEE Symposium on Information Visualization*, 1997, S. 2–10
- [Nep09] NEPOMUK: *NEPOMUK – The Social Semantic Desktop, Projekt-Webseite*. <http://nepomuk.semanticdesktop.org>, 2009. – zuletzt besucht Juni 2009
- [NFM00] NOY, Natalya F. ; FERGERSON, Ray W. ; MUSEN, Mark A.: The Knowledge Model of Protege-2000: Combining Interoperability and Flexibility. In: *LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE* (2000), S. 17–32
- [NM03] NOY, Natalya F. ; MUSEN, Mark A.: The PROMPT suite: interactive tools for ontology merging and mapping. In: *International Journal of Human-Computer Studies* 59 (2003), Nr. 6, S. 983–1024
- [Nor00] NORTH, Chris: *A User Interface for Coordinating Visualizations Based on Relational Schemata: Snap-Together Visualization*, University of Maryland at College Park College Park, MD, USA, Ph.D. Dissertation, 2000
- [Nor02] NORTH, Klaus: *Wissensorientierte Unternehmensführung: Wertschöpfung durch Wissen*. Gabler, 2002
- [Noy04] NOY, Natalya F.: Semantic integration: a survey of ontology-based approaches. In: *ACM SIGMOD Record* 33 (2004), Nr. 4, S. 65–70
- [OWL09] OWL WORKING GROUP: *OWL (Web Ontology Language) – Webseite*. <http://www.w3.org/2004/OWL/>, 2009. – zuletzt besucht Februar 2009
- [Pia72] PIAGET, Jean: Biology and Knowledge. In: *Biological Boundaries of Learning* (1972), S. 436
- [PRR03] PROBST, Gilbert ; RAUB, Steffen ; ROMHARDT, Kai: *Wissen managen: Wie Unternehmen ihre wertvollste Ressource optimal nutzen*. 4. Gabler, 2003
- [PRR06] PROBST, Gilbert ; RAUB, Steffen ; ROMHARDT, Kai: *Wissen managen: Wie Unternehmen ihre wertvollste Ressource optimal nutzen*. 5. Gabler, 2006

- [PRS03] PAAS, Fred ; RENKL, Alexander ; SWELLER, John: Cognitive Load Theory and Instructional Design: Recent Developments. In: *Educational Psychologist* 38 (2003), Nr. 1, S. 1–4
- [PSL07] PAMMER, Viktoria ; SCHEIR, Peter ; LINDSTAEDT, Stefanie N.: Two protege plug-ins for supporting document-based ontology engineering and ontological annotation at document level. In: *10th International Protege Conference, 2007*, S. 15–18
- [Pyö05] PYÖRIÄ, Pasi: The concept of knowledge work revisited. In: *Journal of Knowledge Management* 9 (2005), Nr. 3, S. 116–127
- [RE08] REINMANN, Gabai ; EPPLER, Martin J.: *Wissenswege – Methoden für das persönliche Wissensmanagement*. 1. Auflage. Huber, 2008
- [RGYD04] RUDOLPH, Maxwell L. ; GERYA, Taras V. ; YUEN, David A. ; DEROSIER, Sara: Visualization of multi-scale dynamics of hydrous cold plumes at subduction zones. In: *Visual Geosciences* 9 (2004), Nr. 1, S. 59–59
- [RHK00] RUH, William ; HERRON, Thomas ; KLINKER, Paul: *IIOF complete: understanding CORBA and middleware interoperability*. Essex, UK, UK : Addison-Wesley Longman Ltd., 2000
- [Roa08] ROAM, Dan: *The Back of the Napkin: Solving Problems and Selling Ideas with Pictures*. Portfolio, 2008
- [Rog04] ROGERS, Alan: *Looking again at non-formal and informal education - towards a new paradigm. The encyclopaedia of informal education*. http://www.infed.org/biblio/non_formal_paradigm.htm, 2004
- [RSH87] RUDOLPH, Evelin ; SCHÖNFELDER, Edelgard ; HACKER, Winfried: *Tätigkeitsbewertungssystem – Geistige Arbeit*. Psycho-diagnost. Zentrum, 1987
- [Sat03] SATO, Keiichi: Context Sensitive Interactive Systems Design: A Framework for Representation of contexts. In: *Human-computer Interaction: Theory and Practice* (2003)
- [SAW94] SCHLIT, Bill N. ; ADAMS, Norman ; WANT, Roy: Context-aware computing applications. In: *Mobile Computing Systems and Applications, 1994. Proceedings., Workshop on, 1994*, S. 85–90
- [SB04] SERAFINI, Luciano ; BOUQUET, Paolo: Comparing formal theories of context in AI. In: *Artificial Intelligence* 155 (2004), Nr. 1-2, S. 41–67

- [Sch97a] SCHILLING, Johannes: *Soziale Arbeit: Entwicklungslinien der Sozialpädagogik/Sozialarbeit*. Luchterhand, 1997
- [Sch97b] SCHNEIDER, Hans-Jochen (Hrsg.): *Lexikon der Informatik und Datenverarbeitung*. 4. Oldenbourg, 1997
- [Sch05] SCHMIDT, Andreas: Bridging the Gap Between Knowledge Management and E-Learning with Context-Aware Corporate Learning. In: *Professional Knowledge Management*, 2005, S. 203–213
- [Sch06] SCHWOTZER, Thomas: *Ein Peer-to-peer-knowledge-Management-System basierend auf Topic-Maps zur Unterstützung von Wissensflüssen*, Elektrotechnik und Informatik der Technischen Universität Berlin, Ph.D. Dissertation, 2006
- [SCO04] ADL: *Sharable Content Object Reference Model (SCORM), Version 2004 4th Edition*. <http://www.adlnet.org>, März 2004. – zuletzt besucht Juni 2009
- [Sei08] SEILER, Thomas B.: *Wissen zwischen Sprache Information Bewusstsein - Probleme mit dem Wissensbegriff*. 1. Auflage. Verlagshaus Monsenstein und Vannerdat OHG Münster, 2008
- [SHGL06] SCHEIR, Peter ; HOFMAIR, Philip ; GRANITZER, Michael ; LINDSTAEDT, Stefanie N.: The ontologymapper plug-in: Supporting semantic annotation of text-documents by classification. In: *Sure, York (Hrsg.): Semantic Systems From Vision to Applications-Proceedings of the SEMANTICS (2006)*, S. 291–301
- [Shn96] SHNEIDERMAN, Ben: The eyes have it: a task by data type taxonomy for informationvisualizations. In: *Visual Languages, 1996. Proceedings., IEEE Symposium on*, 1996, S. 336–343
- [Sim00] SIMONS, P. Robert-Jan: Towards a constructivistic theory of self-directed learning. In: *Conceptions of Self-Directed Learning: Theoretical and Conceptual Considerations/LOS, Learning Organized Self-Directed Researchgroup (2000)*, S. 155–169
- [Sin03] SINTEK, Michael: *Ontoviz tab: Visualizing Protégé ontologies*. <http://protegewiki.stanford.edu/index.php/OntoViz>, 2003
- [SLP04] STRANG, Thomas ; LINNHOF-POPIEN, Claudia: A Context Modeling Survey. In: *Workshop on Advanced Context Modeling, Reasoning and Management as part of UbiComp*, 2004, S. 33–40

- [Sow00] SOWA, John F.: *Knowledge Representation: Logical, Philosophical, and Computational Foundations*, Brooks. Cole Publishing Co., Pacific Grove, CA, 2000
- [SPS⁺94] STOWASSER, J.M. ; PETSCHENIG, M. ; SKUTSCH, F. ; PICHL, R. ; CHRIST, A. ; LOŠEK, F.: *Stowasser lateinisch-deutsches Schulwörterbuch*. Hölder-Pichler-Tempsky, 1994
- [SSF08] STOITSEV, Todor ; SCHEIDL, Stefan ; FLENTGE, Felix ; MÜHLHÄUSER, Max: Enabling End Users to Proactively Tailor Underspecified, Human-Centric Business Processes - “Programming by Example” of Weakly-Structured Process Models. In: *ICEIS (5)*, 2008, S. 38–46
- [SSS07] STOITSEV, Todor ; SCHEIDL, Stefan ; SPAHN, Michael: *A Framework for Light-Weight Composition and Management of Ad-Hoc Business Processes*. Bd. 4849. Springer, 2007. – 213 S.
- [ST94] SCHILIT, Bill N. ; THEIMER, Marvin M.: Disseminating Active Map Information to Mobile Hosts. In: *IEEE Network* 8 (1994), S. 22–32
- [Stu02] STUMME, Gerd: Using ontologies and formal concept analysis for organizing business knowledge. In: *Proc. Referenzmodellierung 2001 (in print)*, Physica, 2002, S. 163–174
- [Top01] TOPICMAPS.ORG: *XTM: XML Topic Maps (XTM) 1.0, XTM Authoring Group Specification*. <http://www.topicmaps.org>, 2001
- [Tuf97] TUFTE, Edward R.: *Visual and Statistical Thinking: Displays of Evidence for Making Decisions*. Graphic Press, 1997
- [TYD⁺04] TRIGONI, Niki ; YAO, Yong ; DEMERS, Alan ; GEHRKE, Johannes ; RAJARAMAN, Rajmohan: Hybrid Push-Pull Query Processing for Sensor Networks. In: *Proceedings of the GI Workshop on Sensor Networks*, 2004, S. 370–374
- [VHL08] VEIEL, Dirk ; HAAKE, Joerg ; LUKOSCH, Stephan: Kontextbasierte Adaption kooperativer Arbeitsbereiche. In: HEGERING, Heinz-Gerd (Hrsg.) ; LEHMANN, Axel (Hrsg.) ; OHLBACH, Hans J. (Hrsg.) ; SCHEIDELER, Christian (Hrsg.): *GI Jahrestagung (2)* Bd. 134, GI, 2008 (LNI). – ISBN 978-3-88579-228-4, S. 808–814
- [Wer02] WERNER, Martin ; MILDENBERGER, Otto (Hrsg.): *Information und Codierung*. Vieweg, 2002

- [WW99] WIJK, Jarke J. ; WETERING, Huub van d.: Cushion Treemaps: Visualization of Hierarchical Information. In: *Proceedings of the 1999 IEEE Symposium on Information Visualization* IEEE Computer Society Washington, DC, USA, 1999, S. 73
- [ZFG⁺08] ZINNEN, Andreas ; FAATZ, Andreas ; GODEHARDT, Eicke ; GOERTZ, Manuel ; LOKAICZYK, Robert: Privacy Issues when Rolling out an E-Learning Solution. In: *Proceedings of the EDMEDIA 2008, Vienna, Austria*, 2008, S. 6394–6401
- [ZHF⁺08] ZINNEN, Andreas ; HAMBACH, Sybille ; FAATZ, Andreas ; LINDSTAEDT, Stefanie N. ; BEHAM, Günter ; GODEHARDT, Eicke ; GOERTZ, Manuel ; LOKAICZYK, Robert: Datenschutzfragen bei der Etablierung einer Arbeitsprozess-integrierten e-Learning-Lösung. In: *DeLFI 2008: 6. e-Learning Fachtagung Informatik*, 2008, S. 341–352

Index

- Anforderungen, 37, **44**, 90, 123
- Ansatz, 45
- Arbeitsprozess, *siehe* Prozess
- Aufgabe, 12
- between-groups design, 96, 104
- Daten, 51
- Einsatzszenario, 66, 70
- Entwurfsmuster, 46
 - Adapter, 52
 - Beobachter, 50
 - Erbauer, 53
 - Fabrikmethode, 54
 - Fassade, 49, 61
 - Model-View-Controller, 46, 57
 - Observer, 64
 - Singleton, 61
 - Vermittler, 55
- Evaluation, 93
 - qualitativ, 96
 - quantitativ, 102
- Information, 8, 9
- Informationsvisualisierung, *siehe*
Visualisierung
- ISO, 95, 99, 116
- Kontext, 27–34, 49
- Kontextmaße, 77
- Kontextmodell, 63
- Kontextsensoren, 49
- Kreuzevaluation, 103, 118
- Lernen, 8, **14**, 14–18
- Normalverteilung, 108, 118
- Nutzerziel, 128
- Prozess, 11, 12, **12**, 15, 71
- Pull, 40, 50
- Push, 40, 50
- Signifikanz, 107
- Signifikanzlevel, 107
- Skalierbarkeit, 85
- Stichprobengröße, 96, 103, 107,
117
- Systementwurf, 47, **48**
- t-Test, 95, 107
- TopicMaps, 69
- Visualisierung, 18–27, 53, 54
- Vokabular, 63

- Wissen, 9, 10
- Wissensarbeiter, 11, 17
- wissensintensiver Arbeitsplatz,
siehe Wissensarbeiter
- within-groups design, 104
- Workflow, *siehe* Prozess
- XTM, *siehe* TopicMaps
- Zeitstrafe, 104, 106

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen (einschließlich elektronischer Quellen) direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Dritte haben von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen.

Eicke Godehardt

CURRICULUM VITAE

EICKE GODEHARDT

PERSÖNLICHE DATEN

Name: Eicke Godehardt
Adresse: Admiral-Scheer-Str. 8, 55252 Mainz-Kastel
geboren: 05. August 1975, in Wernigerode

AUSBILDUNG

20. January 2001 Diplomabschluss
10/1996–01/2001 Studium Diplom-Informatik an der Technische Universität Berlin
09/1982–06/1995 F. F. Runge Gymnasium, Oranienburg

TÄTIGKEITEN

07/2006–heute Wissenschaftlicher Mitarbeiter (Doktorand) bei SAP Research, CEC Darmstadt, Projekte in Forschung und Entwicklung im Bereich Visualisierung am wissensintensiven Arbeitsplatz
09/2001–06/2009 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung (IGD), Projekte in Forschung und Entwicklung im Bereich eLearning und Semantischer Visualisierung
04/2001–08/2001 Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Technischen Universität Berlin in Informatik, Softwaretechnik Gruppe, Vorlesungsbetreuung
11/1998–03/2001 Tutor mit Lehrtätigkeiten an der Technischen Universität Berlin
12/1995–10/1996 Zivildienst bei Domino e. V. in Birkenwerder

LEHRERFAHRUNG

09/2001–heute Betreuung von sechs Diplom- und Masterarbeiten in der Informatik
03/2005–08/2005 Lehrauftrag an der FH Mainz, Vorlesung „Datenverarbeitung 2“
04/2001–08/2001 Vorlesungsbetreuung an der Technischen Universität Berlin
10/1998–03/2001 Tutor mit Lehrtätigkeiten an der Technischen Universität Berlin

WISSENSCHAFTLICHE ARBEITEN

2009 Dissertation (Dr. Ing.): „Kontextualisierte Visualisierung am wissensintensiven Arbeitsplatz“
2001 Diplomarbeit: „Kooperation und Koordination von Constraint Solvern – Implementierung eines Prototyps“
2001–heute 21 Wissenschaftliche Veröffentlichungen