



## DISSERTATION

# Visualisierungsmethoden für das interaktive Erfassen und Strukturieren von Informationen im Kontext der Freiform-Wissensmodellierung

zum Erlangen des akademischen Grades Doktoringenieur (Dr.-Ing.)

vorgelegt an der Technischen Universität Dresden  
Fakultät Informatik

eingereicht von

**Dipl.-Medieninf. Marius Brade**

**Betreuender Professor:**

Prof. Dr.-Ing. habil. Rainer  
Groh

**Professur**

**Mediengestaltung**

**Fakultät Informatik**

**Technische Universität**

**Dresden**

**Gutachter:**

Prof. Dr.-Ing. Jörn  
Hurtienne

**Psychologische**

**Ergonomie**

**Julius-Maximilians-**

**Universität**

**Würzburg**

**Fachreferent:**

Prof. Dr. rer. nat. habil.

Dr. h. c. Alexander Schill

**Professur**

**Rechnernetze**

**Fakultät Informatik**

**Technische Universität**

**Dresden**

**Mentor**

**Industriepartner:**

Dr. phil. Angelika Salmen

**Research Manager,**

**Applied Research**

**Human Computer**

**Interaction SAP SE**

Tag der Einreichung: 21.10.2014

Tag der Verteidigung: 21.01.2015

**Die vorliegende Arbeit (im Rahmen der Vertrags-Nr. 080951799) wurde vom Europäischen Sozialfond (ESF), dem Freistaat Sachsen sowie SAP AG gefördert.**



Gefördert aus Mitteln  
der Europäischen Union

Europa fördert Sachsen.  
**ESF**  
Europäischer Sozialfonds



SACHSEN



## Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die mich bei der Arbeit an der vorliegenden Dissertation und auf dem Weg dorthin unterstützt haben.

Die vorliegende Dissertation entstand an der Professur Mediengestaltung im Rahmen einer kooperativen Industriepromotion zwischen SAP SE und der TU Dresden. Für diese Zusammenarbeit sowie die hervorragenden Arbeitsbedingungen möchte ich mich recht herzlich bei allen Beteiligten und den Fördermittelgebern (dem Europäischen Sozialfond, dem Freistaat Sachsen sowie bei SAP) bedanken.

Besonders herzlich möchte ich Herrn Prof. Dr.-Ing. habil. Rainer Groh für die exzellente Betreuung danken. Seine inspirativen Denkanstöße sowie sein thematischer Weitblick waren von großem Wert für meine Arbeit. Mein herzlicher Dank gilt weiterhin Frau Dr. Angelika Salmen, die mir von Seiten des Industriepartners SAP als Mentorin mit ihrer engagierten Beratung zur Seite stand. Ihre Aufgeschlossenheit für neue Ideen und der sichere Blick für deren Potential ermöglichten das kooperative Industriepromotionsprojekt. Ich danke in diesem Zusammenhang auch Dr. Ralf Ackermann, der das Projekt kontinuierlich hervorragend unterstützte. Prof. Dr. Jörn Hurtienne möchte ich für sein ausgezeichnetes und konstruktives Feedback sowie für die Bereitschaft danken, die Rolle des Gutachters zu übernehmen. Vielen Dank auch an Prof. Dr. rer. nat. habil. Dr. h. c. Alexander Schill, welcher mir stets als kompetenter Fachreferent zur Verfügung stand.

Ein Dankeschön für konstruktive Kritik und hilfreiche Anmerkungen an dieser Stelle an die Kollegen von SAP, insbesondere an die Mitarbeiter aus dem EU-Projekt ComVantage Dr. Jan Hladik, Dr. Tobias Münch und Steffen Buzin. Ich danke weiterhin Axel Schröder und Dr. Bart-Jan van Putten für die äußerst motivierenden und inspirierenden Gespräche. Auch die Zusammenarbeit mit Dr. Horst Werner und Markus Latzina war für mich sehr wertvoll und hilfreich für die vorliegende Arbeit. Bedanken möchte ich mich ebenfalls bei Christian Brändel und Florian Schneider, die ich in den letzten Jahren bei ihren Abschlussarbeiten zu unterstützenden Themen der vorliegenden Arbeit betreuen durfte. Insbesondere möchte ich ihnen dabei für ihre begeisterte Einsatzbereitschaft danken.

Ein großer Dank gebührt weiterhin meinen Kollegen der Professur Mediengestaltung für viele hilfreiche Diskussionen und Anregungen sowie die kreative und offene Arbeitsatmosphäre. Insbesondere waren Hauke Menges, Hannes Leitner, Mirko Clemente und Christiane Wagner die besten Zimmerkolleginnen und -kollegen, die man sich wünschen kann.

Außerdem möchte ich den Mitgliedern der GI-Fachgruppe „Be-greifbare Interaktion“ sowie der Arbeitsgruppe „Technische Visualistik“ für die vielen inspirierenden Denkanstöße bei unseren Treffen danken. Robert Bonča und Frank Lamack danke ich in diesem

Zusammenhang für die ermunternden Fachdiskussionen und Gespräche, die mir bei der thematischen Ausrichtung sehr geholfen haben.

Furthermore, I appreciate the fruitful scientific and personal exchange with the following researchers: Quelic Berga Carreras (Spain), Iulian Wande Radu (USA), Ellen Yi-Luen Do (USA), Ali Mazalek (USA / Canada), the colleagues from „UX Next Generation“ at SAP, Palo Alto (USA) and many more from the TEI, HCI and Knowledge Management Community.

Großer Dank geht darüber hinaus an die Sekretärin der Professur Mediengestaltung Sandra Großmann sowie Anett Richter vom EPC. Sie sorgten stets für einen reibungslosen Verlauf des Projektes, sodass ich mich uneingeschränkt der inhaltlichen Arbeit widmen konnte.

Weiterhin möchte ich mich bei Romy Müller und Anja Sehl für die statistische Beratung und die Beratung zur Studienkonzeption bedanken. Ganz besonderer Dank gebührt allen Teilnehmern der Studie für ihre investierte Zeit und das wertvolle Feedback.

Vielen Dank an alle, die sich bereit erklärten, bei der Evaluation der zahlreichen Entwürfe und der verschiedenen Stadien von Mock-Ups und Prototypen teilzunehmen und damit wichtige Impulse zur Weiterentwicklung gaben.

Darüber hinaus ein herzliches Dankeschön für den unermüdlichen Einsatz an alle Korrekturleser, insbesondere an meinen lieben Vater, die Geschwister Sehl sowie an Axel Berndt.

Nicht zu vergessen sind meine lieben Freunde und Kollegen, die mir neben hilfreichen fachlichen Diskussionen hin und wieder die Möglichkeit gegeben haben, dem Arbeitsalltag zu entfliehen und viele schöne gemeinsame Stunden zu verbringen. Ein besonderes Dankeschön an meine Familie, die mich über die gesamte Studienzeit und darüber hinaus uneingeschränkt unterstützt und angespornt hat. Besonders herzlicher Dank geht nochmals an Anja, die mir in den letzten Jahren unterstützend zur Seite stand und mir den nötigen Freiraum sowie die Kraft für die unterschiedlichsten Herausforderungen gab.



## Kurzfassung

In der vorliegenden Arbeit werden Visualisierungsmethoden für das interaktive Erfassen und Strukturieren von Informationen im Kontext der Wissensmodellierung konzipiert und untersucht. Motiviert ist das Vorhaben durch das Interesse von Wissensarbeitern an unterstützenden Werkzeugen sowie von Unternehmen und Institutionen, unstrukturiertes Prozesswissen zu erfassen, zu strukturieren und intern für Optimierungszwecke verfügbar zu machen. Diese Problematik tritt domänenunabhängig auf. Die Herausforderung dabei ist, diese branchenübergreifend zu lösen.

Die zwei wesentlichen Nachteile des Wissensmodellierungsprozesses sind zum einen die aufwendige Dateneingabe durch Benutzer und zum anderen der komplizierte Prozess der Wissensformalisierung. In den frühen Phasen bisheriger Arbeitsprozesse der Wissensmodellierung verwenden Wissensarbeiter hauptsächlich Papier und Stift sowie Whiteboards, da digitale Systeme für diesen Zweck häufig zu inflexibel sind. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, einen digitalen Lösungsansatz zu präsentieren, welcher diese nachteiligen Aspekte verbessert. Das Thema wird dabei methodisch in drei Schritten bearbeitet.

Zuerst werden aktuelle Arbeitsprozesse der Wissensmodellierung sowie dabei verwendete Hilfsmittel analysiert. Basierend auf diesen Untersuchungen wird als theoretische Lösung die Methode der *Freiform-Wissensmodellierung* vorgestellt, welche eine Alternative zur Papierform und zu bisherigen digitalen Systemen darstellt. Das erarbeitete Konzept umfasst eine digitale, stiftbasierte Tablet-Computer-Anwendung, welche die Art und Weise der Darstellungen mittels Papier und Stift mit den Vorteilen der Veränderbarkeit und Datenspeicherung digitaler Systeme kombiniert.

Um die theoretischen Überlegungen zu untermauern, werden zwei aufeinander aufbauende, prototypische Softwareanwendungen in der vorliegenden Arbeit entwickelt und vorgestellt<sup>1</sup>. Im Rahmen einer Laborstudie wird die entwickelte Methode der *Freiform-Wissensmodellierung*, welche den Softwareanwendungen zugrunde liegt, mit der Verwendung von Stift und Papier verglichen. Da bis dato keine derartige Vergleichsstudie zwischen Papier und Tablet-Computer gefunden werden konnte, wird anforderungsgeleitet ein spezieller Studienaufbau entwickelt. Dieser kann zukünftig für andere Forschungsvorhaben verwendet werden. Die Ergebnisse belegen, dass die digitale Anwendung zur *Freiform-Wissensmodellierung* in ihren Möglichkeiten eine hohe Ähnlichkeit zur Verwendung von Papier und Stift aufweist. Sie eignet sich daher in besonderem Maße zur Unterstützung der frühen Phasen der Wissensmodellierung.

---

<sup>1</sup>Auf Implementierungsarbeiten betreuter Studenten wird an den entsprechenden Stellen im Text verwiesen.

Basierend auf den Erkenntnissen der Studie werden darüber hinaus Weiterentwicklungsmöglichkeiten aufgezeigt. Für die wichtigsten Kritikpunkte wird ein weiterentwickeltes Konzept vorgestellt.

Das Ergebnis der vorliegenden Arbeit ist ein in der Praxis auf Tablet-Computern anwendbares Konzept zur Wissensmodellierung. Dieses steht als prototypische Umsetzung zur Verfügung.

Das entwickelte Konzept der Freiform-Wissensmodellierung ermöglicht jedem Benutzer (egal ob Laie oder Experte in grafischer Gestaltung oder in technischer Repräsentation) Gedanken visuell zu strukturieren und diese synchron in einem passenden Datenmodell abzulegen. Durch die Visualisierungsmethode der Freiformen wird die Struktur der Daten und der Aufbau der Informationen bereits durch die visuelle Oberfläche für den Benutzer und das System gleichermaßen „ersichtlich“.

Das System erkennt die hierarchische Verschachtelung und Gruppierung von Informationen. Der darunterliegende Aufbau sowie die Struktur der Daten werden vom System grafisch explizit gezeigt, sodass ein Anwender zu jederzeit sieht, welche Struktur das System „verstanden“ hat. So kann diese „entindividualisierte“ Struktur der Inhalte auch von anderen Benutzern nachvollzogen werden. Dies erlaubt ein grundlegendes kooperatives Arbeiten. Das Konzept der *Freiform-Wissensmodellierung* ist dabei (ähnlich wie Whiteboards oder Papier und Stift) vom Anwendungsfall unabhängig einsetzbar.

Die vorliegende Arbeit bietet einen neuartigen Ansatz, temporäre Informationen bereits im Verlauf der Wissensmodellierung digital festzuhalten und schrittweise weiterzuentwickeln. In der durchgeführten Studie wurden sämtliche von Probanden erstellte Typen grafischer Objekte ermittelt. Zukünftige Forschungsarbeiten können darauf aufbauend die softwareseitige Erkennung und Verarbeitung von handgezeichneten Inhalten verbessern. Somit bietet die vorliegende Arbeit die Grundlage für eine neue Generation unterstützender digitaler Werkzeuge für Wissensarbeiter.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Grundlagen und Begriffe</b>	<b>11</b>
2.1	Überblick der Einflussfaktoren . . . . .	11
2.2	Der Wissensbegriff . . . . .	13
2.2.1	Grenzen der Definierbarkeit . . . . .	13
2.2.2	Theoretische Ansätze . . . . .	13
2.2.3	Arbeitsdefinition von Wissensarten . . . . .	15
2.2.4	Abgrenzung der Wissensarten . . . . .	18
2.3	Wissensmodellierung . . . . .	19
2.3.1	Sinnerschließung . . . . .	19
2.3.2	Wissensformalisierung . . . . .	25
2.3.3	Problem der semantischen Lücke . . . . .	28
2.4	Wissensrepräsentation . . . . .	29
2.4.1	Interne (mentale) Repräsentation . . . . .	29
2.4.2	Externe Repräsentation . . . . .	36
2.5	Zusammenfassung der Grundlagen und Begriffe . . . . .	43
<b>3</b>	<b>Praxisanalyse der Wissensmodellierung</b>	<b>45</b>
3.1	Relevanz der Arbeit mit Wissen . . . . .	45
3.2	Rollen von Wissensarbeitern . . . . .	46
3.3	Arbeitsprozesse der Wissensmodellierung . . . . .	47
3.3.1	Sinnerschließung als Arbeitsprozess . . . . .	48
3.3.2	Wissensformalisierung als Arbeitsprozess . . . . .	48
3.4	Stand der Forschung und Technik . . . . .	48
3.4.1	Durchgeführte Befragungen von Wissensarbeitern . . . . .	48
3.4.2	Werkzeuge zur Sinnerschließung . . . . .	52
3.4.3	Werkzeuge zur Wissensformalisierung . . . . .	54
3.5	Probleme und Herausforderungen aktueller digitaler Systeme . . . . .	55
3.6	Lösungsansatz: Freiform-Wissensmodellierung . . . . .	56
3.6.1	Formalästhetische Orientierung an der Praxis . . . . .	56
3.6.2	Menschzentrierte Gestaltung der Prozesse und Systeme . . . . .	57
3.6.3	Definition Freiform-Wissensmodellierung . . . . .	57

3.6.4	Basis-Editor . . . . .	59
3.6.5	Formalisierungs-Editor . . . . .	61
3.7	Zusammenfassung der Praxisanalyse . . . . .	61
<b>4</b>	<b>Anforderungsspezifikation zum Basis-Editor</b>	<b>63</b>
4.1	Anforderungen aus Benutzersicht . . . . .	63
4.2	Anforderungen aus softwaretechnischer Sicht . . . . .	67
4.3	Einordnung verwandter Arbeiten . . . . .	68
4.3.1	Pinnwandssysteme mit planarer Anordnung . . . . .	69
4.3.2	Systeme mit Netzwerkvisualisierungen . . . . .	70
4.3.3	Systeme mit hierarchischer Repräsentation . . . . .	72
4.3.4	Mischsysteme . . . . .	72
4.3.5	Übersicht verwandter Arbeiten . . . . .	73
<b>5</b>	<b>SketchViz: ein Basis-Editor zur Sinnerschließung</b>	<b>77</b>
5.1	Konzeption SketchViz . . . . .	77
5.1.1	Paper Prototyping zur Konzeptentwicklung . . . . .	77
5.1.2	Fokussierte Hardware: Tablet-Computer . . . . .	79
5.1.3	Anforderungsbezogene Funktionen . . . . .	80
5.1.4	Interaktionskonzept von SketchViz . . . . .	85
5.1.5	Benutzeroberfläche von SketchViz . . . . .	86
5.2	Umsetzung von SketchViz . . . . .	88
5.2.1	Modularer Systemaufbau . . . . .	88
5.2.2	Realisierung eines Prototyps . . . . .	90
5.3	Fazit SketchViz . . . . .	91
<b>6</b>	<b>Vergleichsstudie zwischen SketchViz und Papier</b>	<b>93</b>
6.1	Ziel der vorliegenden Untersuchung . . . . .	93
6.1.1	Verwandte Studien . . . . .	93
6.1.2	Zielsetzung der Studie . . . . .	94
6.2	Untersuchungsaufgabe . . . . .	94
6.2.1	Anforderungen an die Untersuchungsaufgabe . . . . .	94
6.2.2	Verwandte Aufgabentypen . . . . .	95
6.2.3	Aufbau der Untersuchungsaufgabe . . . . .	95
6.3	Stichprobe . . . . .	97
6.4	Studien-Design . . . . .	98
6.4.1	Untersuchungsaufbau und Apparatur . . . . .	98
6.4.2	Untersuchungsablauf . . . . .	99
6.5	Fragestellungen der Laborstudie . . . . .	101
6.5.1	Veränderungshandhabung . . . . .	101
6.5.2	Übersichtlichkeit . . . . .	102

6.5.3	Interaktion . . . . .	103
6.5.4	Darstellungsformen . . . . .	105
6.6	Ergebnisse . . . . .	105
6.6.1	Ergebnisse bezüglich Veränderungshandhabung . . . . .	105
6.6.2	Ergebnisse bezüglich Übersicht . . . . .	110
6.6.3	Ergebnisse bezüglich Interaktion . . . . .	116
6.6.4	Ergebnisse bezüglich Darstellungsformen . . . . .	123
6.7	Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse . . . . .	131
6.7.1	Eignung zur Unterstützung von Sinnerschließungsprozessen . . . . .	131
6.7.2	Erreichte Ähnlichkeit zwischen SketchViz und Papier . . . . .	133
6.7.3	Studienkritik . . . . .	135
<b>7</b>	<b>Weiterentwicklung SketchViz</b>	<b>139</b>
7.1	Anforderungen aus den Ergebnissen der Evaluation von SketchViz . . . . .	139
7.2	Suche nach einer formalästhetisch orientierten Visualisierungsmethode . . . . .	139
7.3	Methodenbeschreibung zur Exploration natürlicher Materialien . . . . .	141
7.4	Analyse der Experimentergebnisse mit fluiden Materialien . . . . .	147
7.4.1	Interaktion mit fluiden Materialien . . . . .	148
7.4.2	Visuelle Eigenschaften fluiden Materialien . . . . .	149
7.5	Übertragung physischer Eigenschaften fluiden Materialien ins Digitale . . . . .	149
7.5.1	Themenzuordnung . . . . .	150
7.5.2	Hierarchiebildung . . . . .	150
7.5.3	Veränderbarkeit . . . . .	152
7.6	Fazit des weiterentwickelten Konzepts . . . . .	152
<b>8</b>	<b>Formalisierungs-Editor</b>	<b>155</b>
8.1	Analyse des Arbeitsablaufs der Wissensformalisierung . . . . .	155
8.2	Ontologien und deren Herausforderungen . . . . .	156
8.2.1	Beispiel einer formalisierten Organisationsstruktur . . . . .	156
8.2.2	Herausforderungen bei der Verwendung von Ontologien . . . . .	158
8.3	Ein Formalisierungs-Editor basierend auf SketchViz . . . . .	158
8.3.1	Arbeitsablauf mit Formalisierungs-Editor . . . . .	158
8.3.2	Systemaufbau Formalisierungs-Editor . . . . .	160
8.4	Erweiterte Anforderungen bezüglich des Formalisierungs-Editors . . . . .	161
8.4.1	Übersicht bestehender und erweiterter Anforderungen . . . . .	161
8.4.2	Beschreibung der erweiterten Anforderungen . . . . .	162
8.5	Verwandte Arbeiten zur Wissensformalisierung . . . . .	163
8.6	Prototypische Umsetzung des Formalisierungs-Editors . . . . .	166
8.6.1	Modularer Aufbau von OntoSketch . . . . .	167
8.6.2	Anforderungen zur Umsetzung . . . . .	169
8.6.3	Realisierung von OntoSketch durch Schneider . . . . .	169

8.7	Fazit OntoSketch . . . . .	171
8.7.1	Übergang zwischen Sinnerschließung und Wissensformalisierung	171
8.7.2	Gegenüberstellung von SketchViz und OntoSketch . . . . .	171
8.7.3	Gegenüberstellung zwischen OntoSketch und bisherigen menü- gesteuerten Werkzeugen . . . . .	173
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>177</b>
9.1	Zusammenfassung . . . . .	177
9.2	Ausblick . . . . .	180
<b>A</b>	<b>Anhang</b>	<b>183</b>
A.1	Publikationsliste . . . . .	183
A.2	Preisauszeichnungen . . . . .	184
A.3	Dokumente und Fragebögen zur SketchViz Evaluation . . . . .	189
A.4	Handouts Natural Interface Exploration . . . . .	201
	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>211</b>
	<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>217</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>219</b>
	<b>Glossar</b>	<b>237</b>
	<b>Index</b>	<b>239</b>

# 1 Einleitung

## Motivation

Persönliches Wissens- oder Informationsmanagement kann im privaten oder beruflichen Rahmen durch computerbasierte Systeme unterstützt werden. Für Benutzer<sup>1</sup> steht dabei eine geringe Benutzungshürde im Vordergrund. Zur Erschließung neuer Sachverhalte (in der vorliegenden Arbeit als *Sinnerschließung*<sup>2</sup> definiert) wird zu Beginn jedoch häufig auf Papier und Stift zurückgegriffen (vgl. [95]).

Bei der Sinnerschließung geht es darum, in scheinbar unstrukturierten Situationen die entscheidende wichtige Struktur zu finden. Charakteristikum dieses Prozesses ist lückenhaftes Wissen, welches iterativ erweitert wird; des Weiteren treten Mehrdeutigkeiten auf, die es mit der Zeit auszuräumen gilt und es erfolgt eine ständige Veränderung von verstandenen Zusammenhängen zwischen Informationen während der Arbeit (vgl. [64, 151]). Zudem ist die Struktur und die Menge benötigter Daten im Vorfeld nicht absehbar. Bei komplexeren Sachverhalten nehmen visuelle Hilfsmittel während der Sinnerschließung eine zentrale Rolle bei der Unterstützung des Prozesses ein (vgl. [103, S. 1103]).

Die Annahme von Systementwicklern, dass ein Benutzer bestimmte, kalkulierbare Schritte zu einem für ihn klar spezifizierten Ziel ausführt, ist das größte Problem vieler bisheriger softwarebasierter Werkzeuge. Oft behindern daraus resultierende Werkzeuge eher den Arbeitsfluss der Wissensarbeit, als diesen zu unterstützen. Dadurch sinkt die Akzeptanz dieser Werkzeuge (vgl. [130]). Zentraler Punkt der Ablehnung von computergestützten Systemen zur Wissensarbeit ist die Hürde bei der Benutzung: In den frühen Phasen der Wissensmodellierung ist die wichtigste – und oftmals fehlende – Eigenschaft eines digitalen Werkzeuges, dem Benutzer die Interaktion mit geringstem Einsatz und geringster Anstrengung zu ermöglichen (vgl. [130]).

Wissensarbeiter<sup>3</sup> verzichten entweder zu Beginn ihrer Arbeit auf digitale Unterstützung und müssen die Kosten der Übertragung ins Digitale in Kauf nehmen oder sie müssen

---

<sup>1</sup>In der nachfolgenden Arbeit wird zur Wahrung der Übersichtlichkeit und Lesbarkeit ausschließlich die männliche Schreibweise verwendet, die die weibliche Form einschließt.

<sup>2</sup>Der Begriff wird in Anlehnung an Russell et al. verwendet (vgl. [159]).

<sup>3</sup>In der vorliegenden Arbeit werden Wissensarbeiter (genauer definiert in Abschnitt 3.2) als Zielgruppe verwendet. Sie sind als Beispiel gewählt worden, da ihre Arbeit auch privat durchgeführten Tätigkeiten ähnelt und den Umgang mit Informationen zum zentralen Thema hat.

alternativ die beschriebenen Nachteile bei der Eingabe billigen, um digital gebrauchte Inhalte sofort digital verfügbar zu machen. Verwandte Studien im Bereich des Notierens von Informationen während Meetings – wie beispielsweise von Brandl et al. durchgeführt – zeigen, dass 92% der befragten Personen regelmäßig wichtige Notizen in digitale Systeme überführen (vgl. [32, S.602]).

Abgesehen von einzelnen Wissensarbeitern haben auch Unternehmen und Institutionen ein großes Interesse, bessere Werkzeuge für die Wissensarbeit zu verwenden. Bei Unternehmen und Institutionen geht es darum, vorhandenes unstrukturiertes Prozesswissen zu Erfassen und intern für die Mitarbeiter zur Verfügung zu stellen, um die Effizienz der Arbeitsprozesse zu steigern. Universitäten und Bibliotheken haben das Ziel, das Wissen von möglichst vielen Wissensarbeitern aus allen Fachbereichen frei zur Verfügung zu stellen. Das Problem dabei ist branchenunabhängig und fächerübergreifend: Wie kann dieses, sich kontinuierlich verändernde Wissen effizient und aufwandsarm modelliert werden, sodass es am Ende im besten Falle durch Computer lesbar gespeichert ist? Dazu muss Wissen zum einen erfasst sowie strukturiert und zum anderen formalisiert werden. Im Einzelnen geht es dabei darum, einem Wissensarbeiter Werkzeuge zur Verfügung zu stellen, die ihm das Erfassen und Strukturieren von Informationen erleichtern.

Entsprechende flexible digitale Systeme zur Unterstützung von Wissensarbeitern fehlen. Der frühe Prozess der Wissensmodellierung wird aktuell nicht ausreichend digital unterstützt.

## Zielsetzung

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, Visualisierungsmethoden zu konzipieren, prototypisch umzusetzen und zu bewerten, welche Wissensarbeiter bei ihrer Tätigkeit der Sinnerschließung unterstützten. Da Papier und Stift, sowie Whiteboards durch die geringe Benutzungshürde und die hohe Vertrautheit weit verbreitet sind und gegenüber digitalen Systemen bevorzugt eingesetzt werden, wird ein Konzept entwickelt, welches sich an Papier und Stift orientiert und die Vorteile der Veränderbarkeit und Datenspeicherung digitaler Systeme nutzt.

Darauf aufbauend wird ein erster Ansatz entwickelt, um neben Experten der Wissensmodellierung auch Laien zu ermöglichen, noch unstrukturiertes (Fach-) Wissen in strukturiertes, formalisiertes Wissen zu überführen. Durch die Verwendung standardisierter Formate soll das Teilen von erstelltem Wissen mit anderen Wissensarbeitern ermöglicht werden.

Als „Vermittlungsform“ zwischen dem unstrukturierten und dem strukturierten Wissen wird die Freiform-Wissensmodellierung vorgeschlagen. Der Neuwert hierbei ist, dass



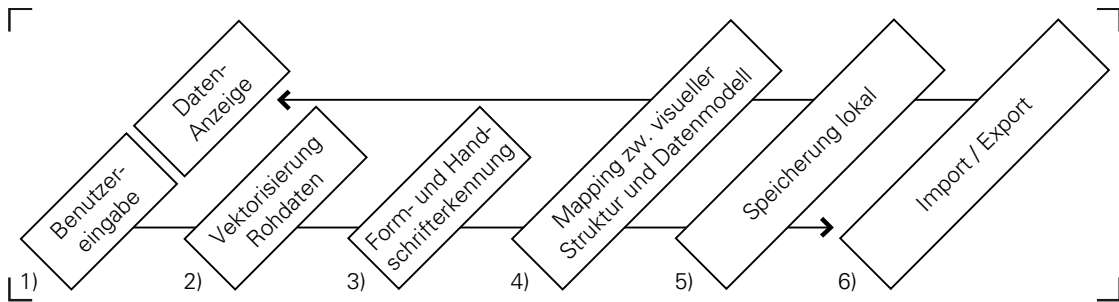


Abb. 1.1: Verarbeitungsmodell der Freiform-Wissensmodellierung: Benutzereingabe und Datenanzeige finden durch Verwendung eines Tablet-Computers an gleicher Stelle statt.

die Visualisierung gleichzeitig eine (im besten Falle maschinenlesbare) Dokumentation darstellt, wodurch jede Veränderung auf visueller Ebene synchron eine Veränderung der digitalen Dokumentation bewirkt (vgl. Abbildung 1.1). Dadurch liegt zu jedem Zeitpunkt der Arbeit eine aufwandsarme, automatisch erstellte digitale Dokumentation der Überlegungen vor. Diese ist auch für das Zurückgreifen auf frühere Arbeitszustände und Überlegungen vorteilhaft – insbesondere im Falle, dass Wissen versehentlich in eine nicht zielführende Richtung modelliert wurde.

Dazu werden Probleme und Herausforderungen aktueller digitaler Anwendungen ermittelt. Darauf basierend werden Prinzipien zur Unterstützung von Wissensmodellierungsaufgaben mittels digitaler Systeme durch die Kombination von Erkenntnissen aus verschiedenen Forschungsgebieten erarbeitet. Auf Basis dieser interdisziplinären Betrachtung werden Kriterien abgeleitet, welche durch entsprechende digitale Werkzeuge unterstützt werden sollen. Darauf aufbauend werden Anforderungen an ein zu entwickelndes System aufgestellt. Ausgehend von diesen, wird eine Klassifizierung bisheriger Arbeiten vorgenommen um offene Punkte aufzuzeigen, welche bisher von verwandten Arbeiten noch nicht abgedeckt wurden.

Gemäß den ermittelten Anforderungen werden Visualisierungsmethoden für das interaktive Erfassen und Strukturieren von Informationen im Kontext der Wissensmodellierung konzipiert. Da in der Praxis häufig Papier und Stift verwendet werden – mit dem Nachteil der späteren Übertragung ins Digitale, werden die Stärken von Stift und Papier mit denen der rechnergestützten Modellierungs- und Formalisierungsmethoden in einem neuartigen Konzept vereint. Auf diese Weise können Wissensarbeiter Darstellungen mit ähnlichem Charakter wie auf Papier erstellen und erhalten zusätzlich den Vorteil der Veränderbarkeit sowie die Möglichkeit der digitalen Weiterverarbeitung mit anderen Softwareanwendungen.

Durch die „entindividualisierte“ Struktur der Inhalte auf Datenebene und deren Visua-

lisierungsmöglichkeiten kann modelliertes Wissen auch von anderen Benutzern nachvollzogen werden, was ein grundlegendes kooperatives Arbeiten erlaubt. Durch Verwendung von Standardformaten wird zudem eine Archivierung von Wissen ermöglicht. Beide Felder – computergestützte kollaborative Arbeit und Wissensarchivierung – sind jedoch eigene Forschungsfelder, die nicht im Fokus der vorliegenden Arbeit liegen. Gleiches gilt für Lösungen zum Suchen, Filtern oder Finden von Informationen. Hierzu wird auf die Arbeit verschiedener Forschungsinitiativen verwiesen (vgl. [100, 46, 92, 113, 161, 70]).

## Methodik

Das Vorgehen bei der vorliegenden Arbeit orientiert sich an der „*Theorie und Methodik zur Interfacegestaltung*“ [68] nach Groh und findet im Rahmen der „*Technischen Visualistik*“ [70] statt.

Darüber hinaus orientiert sich die verwendete Methodik an der Norm EN ISO 9241 „Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 210: Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme“<sup>4</sup> (vgl. [1]). In dieser Norm wird die „*menschzentrierte Gestaltung*“ [1, S.6] interaktiver Systeme folgendermaßen definiert:

*„Herangehensweise bei der Gestaltung und Entwicklung von Systemen, die darauf abzielt, interaktive Systeme gebrauchstauglicher zu machen, indem sie sich auf die Verwendung des Systems konzentriert und Kenntnisse und Techniken aus den Bereichen der Arbeitswissenschaft/Ergonomie und der Gebrauchstauglichkeit anwendet“* [1, S.6].

In der Norm wird der Begriff „menschzentrierte Gestaltung“ gegenüber dem Begriff „benutzerzentrierte Gestaltung“ bevorzugt<sup>5</sup>, um Auswirkungen auf verschiedene Personen zu berücksichtigen, für die die Gestaltung eines Systems aufgrund ihrer Interessenlage von Belang ist, auch wenn diese nicht als unmittelbare Benutzer eines Systems in Frage kommen (vgl. [1, S.6]).

Bei Anwendung der menschzentrierten Verfahren wird laut der Norm eine Qualitätsverbesserung in folgenden Bereichen erwartet [1, S.8]:

- *„durch die Steigerung der Produktivität der Benutzer und der Wirtschaftlichkeit von Organisationen;*
- *dadurch, dass sie leichter zu verstehen und zu benutzen sind, wodurch die Kosten für Schulung und Betreuung verringert werden;*
- *durch Erhöhung der Gebrauchstauglichkeit für Menschen mit einer größeren Bandbreite von Fähigkeiten und der dadurch erhöhten Zugänglichkeit;*

<sup>4</sup>Im Englischen auch „human-centred design for interactive systems“ genannt.

<sup>5</sup>„In der Praxis werden diese Begriffe jedoch häufig synonym verwendet“ [1, S.6].

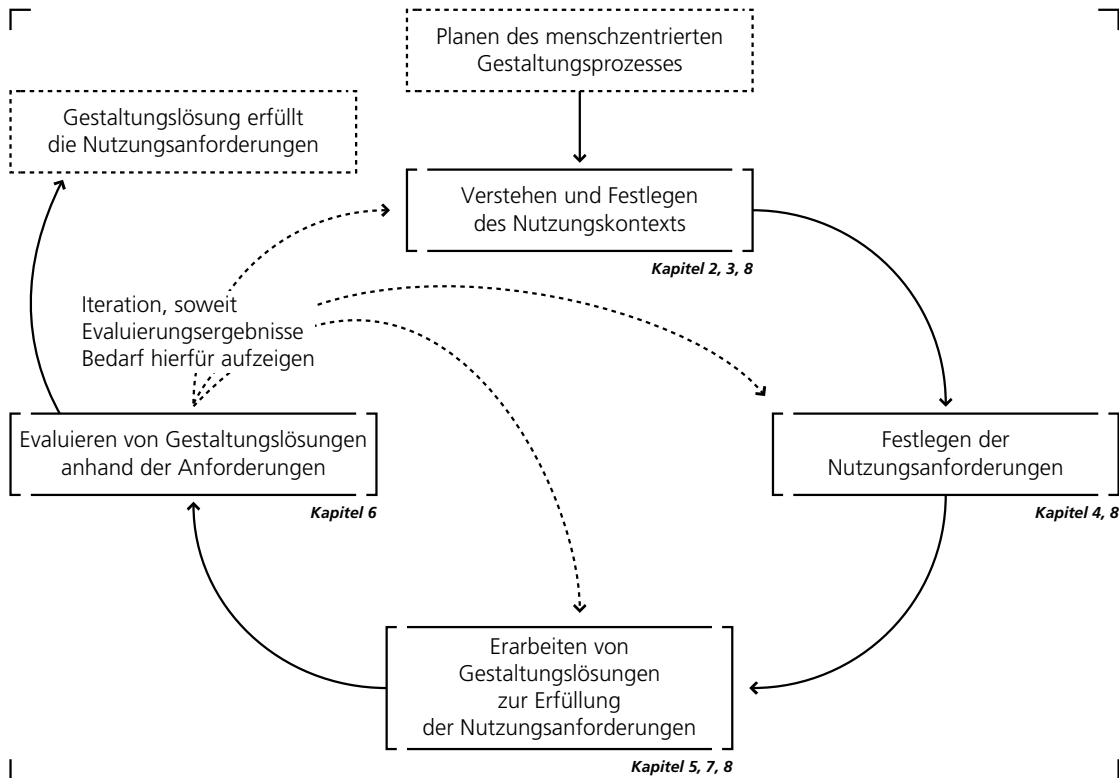


Abb. 1.2: Wechselseitige Abhängigkeit menschzentrierter Gestaltungsaktivitäten (Abbildung nach [1, S.15]) mit Verweis auf entsprechende Kapitel der vorliegenden Arbeit.

- durch Verbesserung der User Experience;
- durch Reduzierung von Unbehagen und Stress;
- dadurch, dass sie einen Wettbewerbsvorteil verschaffen, zum Beispiel durch Schärfen des Markenbilds;
- durch Beiträge zum Erreichen von Nachhaltigkeitszielen“

Die wechselseitige Abhängigkeit menschzentrierter Gestaltungsaktivitäten stellt keinen streng linearen Prozess dar (vgl. [1, S.15] sowie Abbildung 1.2). Jeder Schritt im Gestaltungsprozess verwendet die Ergebnisse eines anderen Schrittes (vgl. Abbildung 1.2). Schritte können dabei mehrfach durchlaufen werden.

Ergänzend nehmen die von Garrett definierten fünf Ebenen bei der Gestaltung von menschzentrierten Informationssystemen eine wichtige Rolle ein: *Oberfläche, Aufbau, Struktur, Abgrenzung* und *Strategie* (vgl. [66, S.24] sowie Abbildung 1.3). Im Gestal-

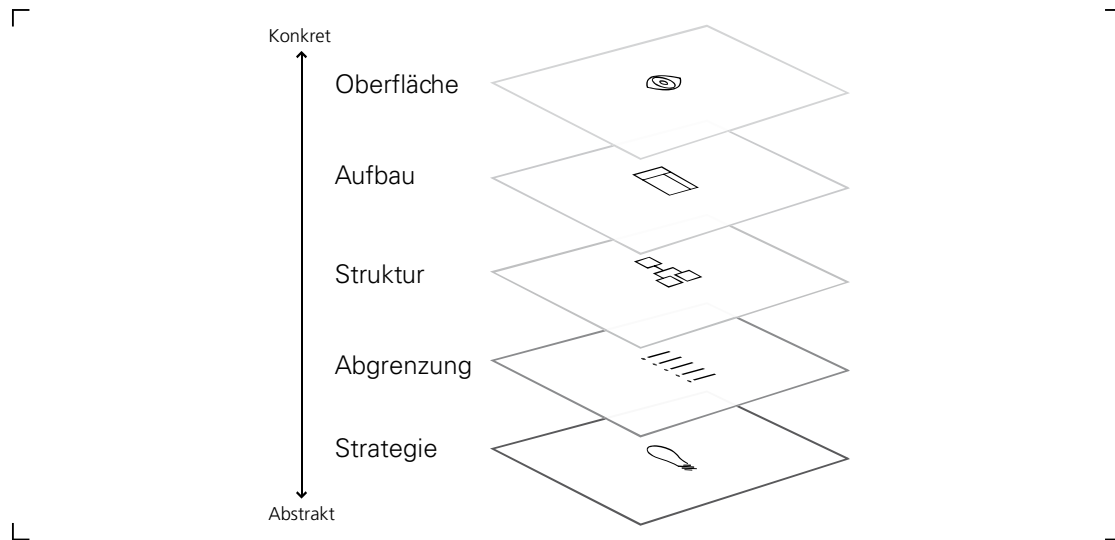


Abb. 1.3: Ebenen bei der Gestaltung von menschenzentrierten Informationssystemen nach Garrett (Abbildung nach [66, S.24]).

tungsprozess wird dabei mit der *Strategie* begonnen. Hier wird ermittelt, welche Vorteile Benutzer durch ein System erhalten sollen. In der Ebene *Abgrenzung* wird die ermittelte Strategie in Anforderungen transformiert. Die Anforderungen werden anschließend in eine (Daten-) *Struktur* überführt. Zum *Aufbau* eines Systems werden die Komponenten entsprechend der Struktur definiert. Die *Oberfläche* bringt letztendlich alle anderen Ebenen auf eine visuelle Art zusammen. Hierbei geht es um das Erscheinungsbild (im englischen auch „look and feel“ genannt). Dieser Aufbau wird häufig im Zusammenhang mit der Gestaltung von Webseiten angewandt, umfasst jedoch tatsächlich jegliche, auch nicht-digitale Produktinteraktion. Das Ziel dieses Prozesses ist es, die sogenannte „User Experience“<sup>6</sup> zu verbessern (vgl. [66]).

## Ergebnisse und Publikationen

Teile der Ergebnisse wurden bereits in Auszügen auf nationalen und internationalen Konferenzen publiziert (vgl. Anhang A.1) und werden entsprechend im Text zitiert. Die Publikationen dienen dazu, für die erstellten Konzepte und Ansätze Rückmeldungen sowie Kritik aus der Forschergemeinschaft zu erhalten. Zwei internationale Preisauszeichnungen für im Rahmen des Promotionsvorhabens entstandene Prototypen zeigen

<sup>6</sup> „User Experience“ kann als „Anwendererlebnis“ ins Deutsche übersetzt werden. Der Begriff „User Experience“ wird jedoch auch im Deutschen verwendet.

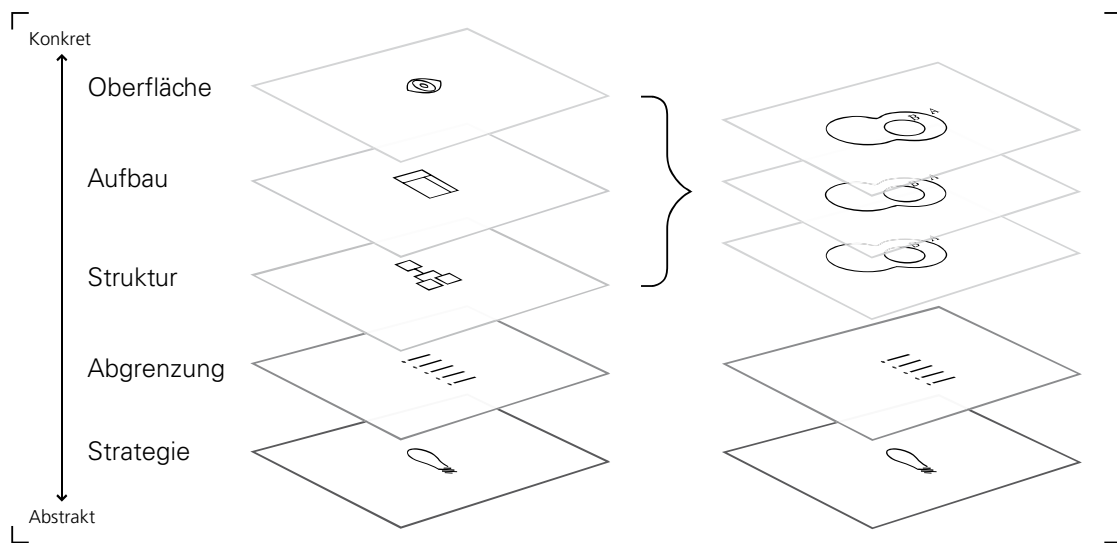


Abb. 1.4: Das Konzept der Freiform-Wissensmodellierung ermöglicht durch eine entsprechende Visualisierungsmethode eine visuelle Zusammenführung von Oberfläche, Aufbau und Struktur (Abbildung in Anlehnung an [66, S.24]).

die Anerkennung der hier vorgestellten Forschungsergebnisse. Im Folgenden werden die Ergebnisse im Sinne einer Vorschau zusammengefasst.

**Freiform-Wissensmodellierung** Das entwickelte Konzept der *Freiform-Wissensmodellierung* ermöglicht jedem Benutzer (egal ob Laie oder Experte in grafischer Gestaltung, oder technischer Repräsentation) seine Gedanken visuell zu strukturieren und diese synchron in einem passenden Datenmodell abzulegen. Durch die Visualisierungsmethode der Freiformen wird die Struktur der Daten und der Aufbau der Informationen bereits in der visuellen Oberfläche für den Benutzer ersichtlich (vgl. Abbildung 1.4). Der darunterliegende Aufbau sowie die Struktur der Daten werden durch das System grafisch explizit veranschaulicht, sodass ein Anwender zu jederzeit sieht, welche Struktur das System „verstanden“ hat. Das Konzept der Freiform-Wissensmodellierung ist dabei (ähnlich wie Whiteboards oder Papier und Stift) vom Anwendungsfall unabhängig einsetzbar.

**Basis-Editor** Der Basis-Editor verkörpert ein Grundsystem zum interaktiven Erfassen und Strukturieren von Informationen. Der Fokus liegt hierbei auf der Minimierung von Interaktionsschritten durch ein Interaktions- und Visualisierungskonzept, welches Stift

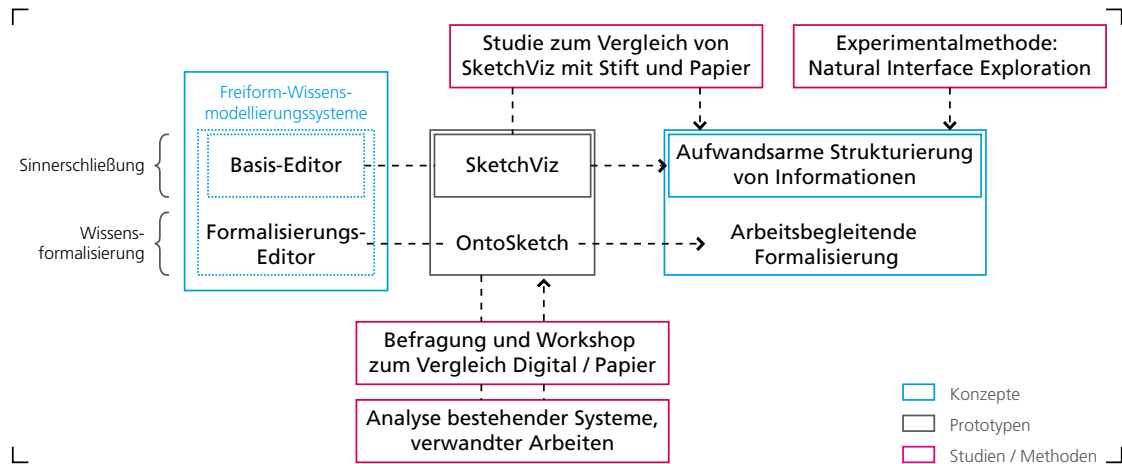


Abb. 1.5: Übersicht der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit.

und Papier durch Verwendung von Freiformen ähnelt. Insbesondere die Veränderbarkeit von Informationen und Zusammenhängen soll damit einfach und schnell möglich sein.

Das im Rahmen der Arbeit entwickelte Konzept eines solchen Basis-Editors erhielt die Bezeichnung *SketchViz* (vgl. Abbildung 1.5 sowie [23]) und zielt auf den Einsatz auf mobilen Tablet-Computern mit Digitalisierstift ab. Das Konzept wurde durch eine im Rahmen der Arbeit betreute Diplomarbeit (vgl. [31]) prototypisch umgesetzt.

**Vergleich von SketchViz mit Papier und Stift** Da Stift und Papier in der Praxis häufig ihren Einsatz vor der Verwendung digitaler Systeme finden, kann ein entsprechender Vergleich mit SketchViz Hinweise zum Benutzererleben sowie zur Weiterentwicklung der Visualisierungsmethode geben. Da im Rahmen der Recherche keine vergleichbare Studie zu finden war, wurde eine eigene Studie entwickelt und mit 25 Probanden durchgeführt (vgl. Kapitel 6).

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass die Probanden SketchViz insbesondere bei der Veränderbarkeit von Inhalten als schneller und weniger aufwendig einschätzen. Weiterentwicklungsbedarf wurde im Bereich der Interaktion mit mehreren grafischen Objekten sowie der Auflösung und Neubildung von Gruppierungen, welche mehrere Objekte enthalten, offensichtlich. Hier zeigte sich, dass Probanden zu viele Interaktionsschritte für Gruppenmodifikation benötigten.

**Weiterentwicklung von SketchViz** Der in der Studie ermittelte Weiterentwicklungsbedarf, in Bezug auf die Interaktion mit Gruppen von Elementen, wurde aufgegriffen.

Dieser Bedarf stellt den Ausgangspunkt für ein weiterentwickeltes Interaktionskonzept dar. Um weitere Interaktionsschritte einzusparen, wurde eine verbesserte Visualisierungsmethode gesucht. Dafür wurden Ergebnisse einer entwickelten Experimentalmethode genutzt, durch welche das intuitive Alltagswissen von Menschen im Umgang mit herkömmlichen physischen Materialien für den digitalen Einsatz untersucht wurde. Diese Methode namens *Natural Interface Exploration* wurde in studentischen Workshops sowie auf internationalen Konferenzen getestet und verifiziert (vgl. [25, 29, 28, 27, 26] sowie Kapitel 7). Durch die Analyse der Ergebnisse aus der Anwendung dieser Methode wurde ein weiterentwickeltes Konzept erstellt, welches in Kapitel 7 vorgestellt wird.

**Formalisierungs-Editor** Mit SketchViz wird auf den Bereich der Sinnerschließung fokussiert. Um die Bereiche der Wissensformalisierung und Sinnerschließung zu verbinden sowie die Formalisierung auch für Benutzer zu ermöglichen, welche kein Vorwissen in semantischen Technologien haben, wird ein entsprechendes Visualisierungskonzept benötigt. Da sich die Arbeitsprozesse der Sinnerschließung und Wissensformalisierung überschneiden, muss ein fließender Übergang der Arbeitsprozesse ermöglicht werden.

Dazu wird eine Formalisierungs-Editor benötigt, welcher das Interaktionskonzept von SketchViz aufgreift und zusätzlich eine Formalisierung von Inhalten ermöglicht (vgl. Kapitel 8). Das Datenmodell von SketchViz muss dazu semantisch entsprechend erweitert werden, sodass Daten in einem semantischen Standardformat importiert und exportiert werden können. Dieser Ansatz wurde ebenfalls durch eine im Rahmen der vorliegenden Arbeit betreute Diplomarbeit (vgl. [163]) realisiert.

Dieser Prototyp zielt darauf ab, dass auch Laien semantischer Technologien, ihr Wissen mit Hilfe eines Tablet-Computers formalisieren können. Um Feedback zur zugrunde liegenden Idee zu erhalten, wurde der daraus resultierende Prototyp *OntoSketch* vor Fachpublikum präsentiert (vgl. [30]).

Der vorgestellte Ansatz des Formalisierungs-Editors dient als Grundlage für zukünftige Arbeiten und ist eher ein Ausblick als eine fertige Lösung. Zukünftige Benutzerstudien können die Weiterentwicklung unterstützen.

## Gliederung

Die Arbeit beginnt mit einer Betrachtung der Grundlagen und Berufe bezüglich des Erfassens und Strukturierens von Informationen im Kontext der Wissensmodellierung (vgl. Kapitel 2). Im darauf folgenden Kapitel werden die unterschiedlichen Arten der in der Praxis vorkommenden Arbeitsweisen analysiert, um ein tieferes Verständnis der von Benutzern ausgeführten Tätigkeiten zu erlangen (vgl. Kapitel 3). Ziel ist es dabei, für die Entwicklung geeigneter Visualisierungsmethoden, ein erstes Anforderungsprofil zu

schaffen. Hier wird basierend auf der Problemanalyse der im Rahmen der Arbeit entwickelte Lösungsansatz definiert.

Nachdem die Grundlagen und das Problemfeld verdeutlicht sind, wird die Anforderungsanalyse für das erste Konzept des Basis-Editors durchgeführt (vgl. Kapitel 4). Darauf aufbauend wird SketchViz erläutert (vgl. Kapitel 5) und in einer Vergleichsstudie mit Papier getestet (vgl. Kapitel 6). Basierend auf den Erkenntnissen der Studie wird im Anschluss ein Konzept zur Weiterentwicklung von SketchViz vorgestellt (vgl. Kapitel 7).

Nachfolgend wird basierend auf SketchViz der Formalisierungs-Editor und dessen Einsatzgebiet erläutert sowie die prototypische Umsetzung OntoSketch vorgestellt (vgl. Kapitel 8). Abschließend wird neben der Zusammenfassung ein Ausblick (vgl. Kapitel 9) auf zukünftige Forschungstätigkeiten gegeben.



## 2 Grundlagen und Begriffe

Um unterstützende Visualisierungsmethoden für Wissensarbeiter entwickeln zu können, ist es wichtig, deren Fähigkeiten, Aufgaben und Ziele zu verstehen. Dazu werden in diesem Kapitel theoretische Grundlagen zum Begriff des Wissens sowie zur Modellierung und Repräsentation von Wissen auf technischer, mentaler und pragmatischer Ebene beleuchtet. Dies geschieht durch eine Zusammenfassung der Ergebnisse aus verschiedenen Fachgebieten. Diese Zusammenfassung dient dem Überblick und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Eine genauere Praxisanalyse der Arbeitsprozesse von Wissensarbeitern schließt sich in Kapitel 3 an.

### 2.1 Überblick der Einflussfaktoren

Im vorliegenden Kapitel werden die Sichtweisen auf Menschen sowie technische Systeme zur Veranschaulichung der Einflussfaktoren auf die Wissensmodellierung genutzt (vgl. Abbildung 2.1). Die Überführung menschlicher, interner Repräsentationen von Wissen in technische, formale Repräsentationen ist zentrales Ziel der Wissensmodellierung. Pragmatische Hilfsmittel zum Ausdruck interner, mentaler Repräsentationen sind für Menschen sogenannte externe Repräsentationen (z.B. Stift und Papier oder digitale Systeme). Diese externen Repräsentationen stehen dabei im Spannungsfeld zwischen informellem Denken und formaler, computerlesbarer Sprache. Hier stehen sich zum einen die natürliche Sprache und zum anderen die formalisierte Sprache gegenüber. Der daraus resultierende Bedeutungsunterschied von zwei Beschreibungen eines Objekts ist für die Wissensmodellierung eine wesentliche Herausforderung. Diese Herausforderung wird als semantische Lücke beschrieben und im vorliegenden Kapitel erläutert. Aus den genannten Aspekten ergeben sich besondere Anforderungen an entsprechende digitale Systeme. Bezüglich des Menschen werden im vorliegenden Kapitel Aspekte und Modelle der Sinnerschließung sowie die Bildung mentaler Modelle zur internen Repräsentation erläutert. Hierzu werden aus verschiedenen Fachgebieten entsprechende Inhalte beschrieben. In der Systemsicht werden neben Techniken der formalen Repräsentation von Wissen auch Aspekte der Wissensformalisierung beleuchtet.

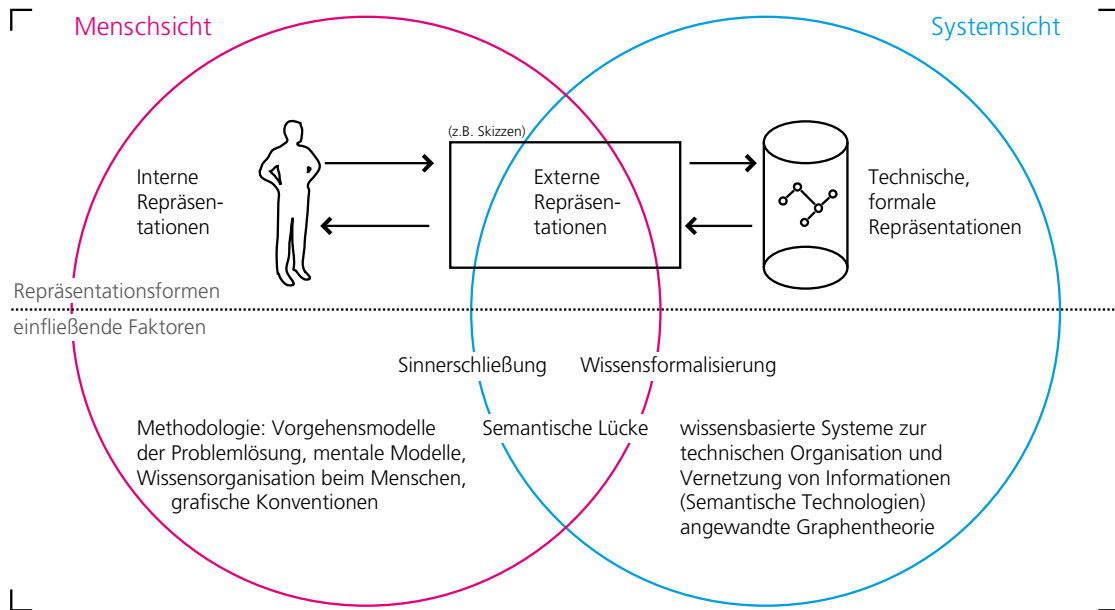


Abb. 2.1: Zusammenhang von Grundlagen und Begriffen im Kontext der Wissensmodellierung.

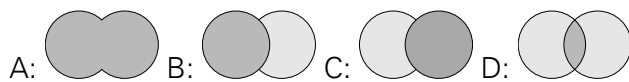
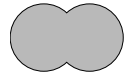


Abb. 2.2: Piktogramme zur Veranschaulichung des Bezugs zur Mensch- bzw. Systemsicht (dargestellt in Abbildung 2.1) von entsprechend gekennzeichneten Abschnitten im vorliegenden Kapitel.

Zur Unterstützung der Orientierung beim Lesen werden die in Abbildung 2.2 dargestellten Piktogramme in diesem Kapitel genutzt. Mit diesen wird der Bezug der entsprechend gekennzeichneten Abschnitte zum gesamten Gebiet (A), den Teilmengen der Mensch- (B) oder Systemsicht (C) sowie dem Schnittgebiet (D) veranschaulicht.

## 2.2 Der Wissensbegriff

Mensch- und  
Systemsicht

### 2.2.1 Grenzen der Definierbarkeit

Grundlegend sind sich Fachleute heute darüber einig, dass (wie auch immer) gespeichertes Wissen ausschlaggebend für den Erfolg eines Unternehmens ist. Wissen wird als Grundlage für Wettbewerbsvorteile und somit als essentielle Unternehmensressource erachtet (vgl. [167, 202, 148]). Aufgrund dieser Erkenntnis steigt die Zahl der Veröffentlichungen zum Thema Wissen seit Ende der neunziger Jahre deutlich an, was zunehmend in eine breite und unspezifische Vorstellung von Wissen mündet (vgl. [53, S.13], [167, S.8]). Betrachtet man die herausragende wirtschaftliche und gesellschaftliche Bedeutung von Wissen, so scheint es nach Schreyogg und Geiger umso verwunderlicher, dass die Vorstellungen von Wissen extrem breit und unspezifisch sind (vgl. [167, S.8]).

In Bezug auf wissensrelevante Aspekte in Organisationen existieren zahlreiche Theorien, Konzepte und Methoden verschiedener Entwicklungslinien, Schulen sowie Disziplinen (vgl. [53, S.6ff und S.20]). Eine umfassende Auflistung und Erörterung würde den Rahmen der Arbeit sprengen, daher werden die wesentlichen Informationen im Überblick zusammengefasst.

### 2.2.2 Theoretische Ansätze

In der Debatte um Wissen kann man grundlegend zwei Strömungen erkennen, zum einen den *informationstheoretischen* Ansatz und zum anderen den *handlungstheoretischen* Ansatz.

**Informationstheoretischer Ansatz** Sowohl im Sprachgebrauch der Informatik als auch in der Psychologie, der Pädagogik und den Sozialwissenschaften wird Wissen als vernetzte Information verstanden (vgl. [179, S.242]). Bei diesem informationstheoretischen Ansatz gilt: Wenn Informationen in einem Kontext, der eine angemessene Informationsnutzung ermöglicht, stehen, dann werden aus diesen Informationen Wissensinhalte. Wissen unterscheidet sich demzufolge von Informationen, Daten und Zeichen (vgl. [143, 152, 162, 187]). Es wird dabei als Spitze einer Begriffshierarchie gesehen.

*Zeichen* bilden die unterste Einheit dieser Begriffshierarchie. Folgen von Zeichen, verbunden nach bestimmten Syntaxregeln bilden *Daten*. Werden diese Daten in einem spezifischen Kontext verwendet, entstehen *Informationen*. *Wissen* wird nach diesem Ansatz schließlich erlangt, wenn ein Mensch Informationen mit einer bestimmten Absicht verbindet.

Dieser Ansatz bietet zwar eine erste formale Ordnung, es bleibt aber laut Schreyogg und Geiger ungenau, welche Informationen zu Wissen werden können (vgl. [167, S.9]). Die Autoren fügen hinzu, dass Wissen dieser Konzeption nach, auf den Einzelfall bezogen ist und eine Generalisierbarkeit und Qualifizierung außen vor gelassen wird (vgl. [167, S.9]).

**Handlungstheoretischer Ansatz** Bei diesem Ansatz spielt weniger die Unterscheidung von Wissen und Information als viel mehr die ausschließliche Verankerung des Handelns im Wissen die zentrale Rolle (vgl. [167, S.9]). Eine weitere Eingrenzung von Wissen wird abgelehnt, da sonst mögliche und potentiell unbekannte Ursachen für den Handlungserfolg ausgeschlossen werden könnten. Spinner spricht hier von der Erfassung „in genügender Breite“ [182, S.24], wofür er eine Generalformel ansetzt: „Wissen aller Arten, in jeder Menge und Güte“ [182, S.24]. Polanyi argumentiert, dass besonders bei Formen von Entdeckungen starke persönliche Gefühle, fundierte Vermutungen, Annahmen und Vorstellungen eine große Rolle spielen und diese in der Wissensdebatte berücksichtigt werden müssen (vgl. [146]). Krogh und Köhne definieren Wissen in diesem Zusammenhang als „... sämtliche Kenntnisse und Fähigkeiten, die Individuen zur Lösung von Aufgaben einsetzen und welche Handlungen sowie Interpretationen u. a. von Informationen ermöglichen; Wissen beinhaltet einen Sinngebungsprozess sowie normative und emotionale Elemente und ist sowohl kontext- als auch zeitabhängig“ [201, S.236]. Davenport und Prusak definieren Wissen ähnlich: „Knowledge is a flux mix of framed experiences, values, contextual information, and expert insight that provides a framework for evaluating and incorporating new experiences and information. It originates and is applied in the minds of knowers.“ [43, S.5].

Bei einer solch breiten Auffassung des Wissensbegriffs besteht jedoch Gefahr, dass der Begriff zu beliebig wird und dadurch keine Orientierung liefern kann (vgl. [167, S. 10]). Schreyogg und Geiger stellen hierbei heraus, wenn Wissen eine erfolgskritische, strategische Ressource sein soll, dann muss es von „nicht Wissen“ abgegrenzt werden:

*„Wettbewerbsvorteile setzen spezifische, qualitativ hochwertige und gerade nicht beliebige (Wissens-) Ressourcen voraus. Dies wird wie selbstverständlich im (wissens-) ressourcenbasierten Ansatz des strategischen Managements unterlegt. Nur knappe Ressourcen sind strategisch wertvolle Ressourcen; Knappheit wiederum setzt Selektivität voraus.“* [167, S. 10].

**Rolle dieser Ansätze für die vorliegende Arbeit** In der vorliegenden Arbeit spielen beide Ansätze eine Rolle. Da Wissensarbeiter Informationen mit einer bestimmten Absicht recherchieren und diese entsprechend verbinden, um sich Wissen zu erarbeiten, ist eine Verknüpfung mit dem informationstheoretischen Ansatz möglich. Dieser An-

satz, Wissen zu betrachten, bietet sich für die Entwicklung von Visualisierungsmethoden an, da Wissen hierbei durch Informationen visuell „zusammengesetzt“ und strukturiert werden kann. Für die visuelle Unterstützung der Wissensmodellierung spielen darüber hinaus die „weichen“ Faktoren von Wissen aus dem handlungstheoretischen Ansatz (beispielsweise persönliche Gefühle, Vermutungen und Annahmen) eine Rolle. Diese sollten auch in digitalen Werkzeugen berücksichtigt werden, indem beispielsweise eine Darstellung entsprechend gestaltbar ist.

### 2.2.3 Arbeitsdefinition von Wissensarten

Neben den beschriebenen theoretischen Ansätzen findet man in der Literatur eine große Bandbreite an Begriffen für verschiedene Wissensarten. Neben der Wissensdebatte im Rahmen konstruktivistischer Erkenntnistheorien tritt aktuell die Auffassung in den Mittelpunkt, dass Wissen in verschiedenen Funktionskreisen erzeugt und beurteilt wird (vgl. [118, 167]). Luhmann spricht davon, dass die moderne Gesellschaft von der Ansicht abkommt, dass Wissen ausschließlich durch Wissenschaft generiert wird und nur dort ein Anspruch auf den Begriff des Wissens bestünde. Vielmehr kann die Gesellschaft als ein funktional differenziertes Sozialsystem aufgefasst werden, welches aus verschiedenen Teilsystemen, wie beispielsweise Wirtschaft, Religion, Kunst sowie Wissenschaft, besteht (vgl. [116]). Von diesen Teilsystemen wird angenommen, dass sie eine eigene Logik bilden und bestimmte Funktionen in der Gesellschaft wahrnehmen. Für sich produziert jedes Teilsystem spezifisches Wissen. Dabei ist es jedoch mit den anderen Teilsystemen strukturell verknüpft (vgl. [116, S.342ff]). Für die vorliegende Arbeit sind die Teilsysteme der Wirtschaft sowie der Wissenschaft besonders relevant.

Um eine Abgrenzung und Arbeitsdefinition für die vorliegende Arbeit zu erreichen, werden in diesem Abschnitt vier grundlegende Wissensarten aus Begriffen verschiedener Disziplinen abgeleitet, erläutert und tabellarisch aufgeführt (vgl. Tabelle 2.1).

**Explizites Wissen** beinhaltet Regeln, Fakten und dokumentierte Erfahrungen, welche in artikulierter, transferierbarer und archivierbarer Form vorliegen (vgl. [167, S.14]). Backler spricht hier von „*encoded knowledge*“ [21, S.1025], da dieses Wissen in Form von abstrakten Symbolen gespeichert werden kann. Dieses Wissen ist nicht an bestimmte Individuen gebunden, weshalb Polany auch von „*disembodied knowledge*“ spricht [146]. Nach Ryle wird explizites Wissen auch als „*knowing that*“ [160, S.16ff] bezeichnet. In der Gedächtnispsychologie spricht man von „*deklarativem Wissen*“ [212, S.103]. Als deklarativ gelten Wissensinhalte, sofern sie sich auf Fakten beziehen und mit Aussagesätzen beschrieben werden können. Allgemein begründet sich diese Wissensart durch fachgebietsbezogene Plausibilität. Computergestützte Prüfverfahren lassen eine

Tab. 2.1: Vergleich verschiedener Arten von Wissen (Erweiterung der Arbeit von [167, S.16]).

	<b>Stilles Wissen (vgl. [146])</b>	<b>Implizites Wissen (vgl. [53])</b>	<b>Narratives Wissen (vgl. [118])</b>	<b>Explizites Wissen (vgl. [167])</b>
Weitere Bezeichnungen	<b>„tacit knowledge“ [146], „implizites Wissen“ [167], „embrained“ / „embodied knowledge“ [21]</b>	<b>„embedded knowledge“ [21]</b>	<b>„encultured knowledge“ [21]</b>	<b>„szientifisches“ / „wissenschaftliches Wissen“ [118], „encoded knowledge“ [21], „knowing that“ [160]</b>
Inhalt	Fähigkeiten (bspw. Fahrradfahren)	Kenntnisse (Fertigung von Produkten auf bestimmte Weise)	Erfolge, Misserfolge, Rezepte, Vorgehensweisen	Fakten, Regeln und dokumentierte Erfahrungen
Struktur	körperlich, „embodied“	kommunizierbares Wissen	Kommunikation, gesellschaftlich entstanden, verhandelbar	nicht an ein Subjekt gebunden, „disembodied knowledge“
Versprachlichung, Explizierbarkeit	nicht möglich	prinzipiell artikulierbar, verbalisierbar	originär sprachlich verfasst, verbal kommunizierbar	bereits expliziert / formalisiert, verbal kommunizierbar
Begründung	nicht begründbar	begründbar (aber Begründung noch nicht expliziert)	in Erzählung akzeptiert	fachgebietsbezogene Plausibilität
Prüfverfahren	Handlungserfolg (beobachtbar)	unausgesprochene, kontextabhängige Selbstlegitimation (beobachtbar)	implizite Selbstlegitimation	klar definierte (computergestützte) Prüfverfahren (z.B. Inferenzmechanismen)
Generalisierbarkeit	unmöglich	kontextabhängig	z. T. gegeben	nach bestimmten Konstruktionsregeln reproduzierbar; archivierbar
Transfer	Sozialisation, Übung	Kodifizierung, Konversationen	Erzählung, Mitteilung	Lesen, Lehren
Art	Könnerschaft	unausgesprochenes Wissen	latentes Wissen	reproduzierbares Wissen

Verifizierung dieser Wissensart zu. Die Reproduzierbarkeit nach bestimmten Konstruktionsregeln ist ein besonderes Merkmal des expliziten Wissens.

**Narratives Wissen** umfasst Erfolge, Misserfolge, Rezepte sowie kulturelle Bedeutungssysteme. Es wird traditionell in Form von Geschichten und Erzählungen weitergegeben. Lyotard prägte hierfür den Begriff des „*narrativen Wissens*“ [118] während Blackler eine verwandte Wissensart als „*encultured knowledge*“ oder auch „*shared understandings*“ bezeichnet [21, S.1024]. Beispielsweise ändern sich im Laufe der Zeit die Sprachbilder einer Gruppe, wenn die Menschen der Gruppe im Gespräch mit neuen Metaphern experimentieren (vgl. [21, S.1024]). Die Struktur des Wissens ist dabei gesellschaftlich entstanden und stets verhandelbar – also Kommunikation selbst. Da dieses Wissen originär sprachlich verfasst ist, entzieht es sich nicht der Versprachlichung oder Explizierbarkeit. Wird eine Erzählung akzeptiert, erscheint das Wissen darin plausibel. Das Wissen wird sozusagen durch die implizite Selbstlegitimation in der Geschichte geprüft (deswegen nach Schreyogg und Geiger auch „*latentes Wissen*“ genannt [167, S.16]).

**Implizites Wissen** beschreibt in der vorliegenden Arbeit Wissen, welches Kenntnisse enthält, die noch nicht verbalisiert wurden, aber prinzipiell explizierbar sind (nach [106]). Blackler beschreibt ähnliches Wissen als „*embedded knowledge*“ [21, S.1024], welches analysierbares Wissen über Beziehungen zwischen Technologien, Rollen, formalen und sich entwickelnden Prozeduren oder Abläufen darstellt. Es handelt sich hier beispielsweise um Regeln, welchen zufolge bestimmte Kombinationen von Bauteilen ein funktionierendes Produkt ergeben – zum Beispiel baut ein Schreiner einen Tisch mit einer bestimmten Plattendicke, da ihm aus Erfahrung bewusst ist, dass ab einem gewissen Punkt, die Höhe der Platte zur Stabilität nicht mehr ausreicht und der Tisch bei geplanter Belastung zusammenbrechen würde. Diese unausgesprochene, kontextabhängige Selbstlegitimation qualifiziert das Wissen. Ein weiteres Beispiel ist unstrukturiertes Prozesswissen von Mitarbeitern in Unternehmen. Arbeitsprozesse sind dabei durch das erfolgreiche Ergebnis legitimiert, jedoch nicht explizit dokumentiert. Das Prozesswissen ist dabei prinzipiell explizierbar (vgl. [53, S.22]) und damit grundlegend kommunizierbar sowie begründbar.

**Stilles Wissen** bezeichnet Wissen, welches Fähigkeiten beinhaltet. Grundlegend ähnliche Definitionen dafür finden sich in der Literatur unter den Bezeichnungen: *stillschweigendes Wissen*, *tazites Wissen* („*tacit knowledge*“ nach Polanyi [146]), „*implizites Wissen*“ oder „*Könnerschaft*“ [167, S.15] (nach [4]), „*embrained*“ oder „*embodied knowledge*“ [21, S.1023f] bzw. „*knowing how*“ [160, S.16ff]. Die Struktur des Wissens ist

hierbei körperlich (im Englischen als *embodied* bezeichnet), sodass eine Versprachlichung schwer oder gar nicht möglich ist. Ein verwandtes Konzept ist auch in der Gedächtnispsychologie unter dem Begriff „*prozedurales Wissen*“ [37, 5] zu finden. Diese Wissensart bezieht sich auf Handlungsabläufe, wie etwa Schwimmen, Windsurfen oder Fahrradfahren. Diese Tätigkeiten können auch von Menschen ausgeführt werden, obwohl sie sich der einzelnen Körperbewegungen nicht bewusst sind. Eine Überprüfung der Korrektheit des Wissens geschieht durch den Handlungserfolg oder -misserfolg hinsichtlich eines Ziels in einem bestimmten Kontext. Ist beispielsweise beim Fahrradfahren das Ziel von einem Ort zum anderen zu gelangen, ohne vom Fahrrad zu fallen, wird der Erfolg daran gemessen.

### 2.2.4 Abgrenzung der Wissensarten

Im Hinblick auf die computergestützte Wissensmodellierung spielt stilles Wissen in der vorliegenden Arbeit eine eher untergeordnete Rolle. Narratives Wissen kann, durch den vornehmlich kulturellen Inhalt, bei der Gestaltung von Visualisierungsmethoden zur Erfassung und Strukturierung stützend wirken. Es enthält gewisse Muster, Rhythmen und Erzählpfade, die von Menschen verwendet werden. Entsprechend gestaltete Visualisierungsmethoden zur Wissensmodellierung ermöglichen, implizites Wissen visuell zu erschließen und dieses schrittweise zu explizieren. Dabei wird implizites Wissen nicht einfach in explizites Wissen umgewandelt, sondern es findet eine iterative Verfeinerung und Detaillierung statt. Durch Verbalisierung setzt sich der Wissensarbeiter genauer mit der Materie auseinander, sodass Zusammenhänge am Ende des Prozesses exakter und umfassender definiert vorliegen. Im Folgenden der Arbeit sind aus diesem Grund implizites und explizites Wissen von Interesse.

Ein Beispiel ist die Beschreibung von Prozess- oder Organisationswissen, wie zum Beispiel Arbeits- oder Organisationsprozesse in Unternehmen oder Universitäten. Ist die Organisation klein, tauschen sich die Mitarbeiter untereinander vornehmlich informell aus. Es liegen deswegen keine explizierten Beschreibungen vor. Je größer eine Organisation wird, desto stärker ist der Bedarf an formalisiertem Wissen über die Prozesse, Rollen und Verantwortlichkeiten. Darüber hinaus stehen Firmen jeglicher Größe im Austausch mit anderen Unternehmen sowie komplexen Systemen in Bezug auf Bereiche wie beispielsweise Recht, Steuer oder Zoll. Informationsstrukturen aus diesen Bereichen sind von äußerst komplexer und veränderlicher Natur und benötigen inzwischen eine entsprechende digitale Unterstützung<sup>1</sup>.

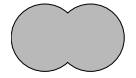
---

<sup>1</sup>Dies wurde durch Gespräche mit Experten aus Industrie und Forschung ermittelt.

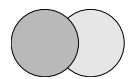


## 2.3 Wissensmodellierung

Die schrittweise Erarbeitung von neuem Wissen bzw. das Explizieren von implizitem Wissen mit dem Ziel dieses als explizites Wissen nutzbar zu machen, wird in der vorliegenden Arbeit als *Wissensmodellierung* definiert. Die Wissensmodellierung wird in die zwei Phasen *Sinnerschließung* und *Wissensformalisierung* unterteilt, welche fließend ineinander übergehen: Sinnerschließung beinhaltet dabei die Erfassung und Strukturierung von implizitem Wissen, Wissensformalisierung beschreibt die Formalisierung und Abbildung im Computer sowie die Implementierung des erarbeiteten Verständnisses in expliziter, digitaler Form als Wissensbasis.


 Mensch- und  
Systemsicht

### 2.3.1 Sinnerschließung



Menschensicht

#### 2.3.1.1 Zugehörige Begriffe

**Sinn und Sinnerschließung** Der Begriff *Sinn* bezieht sich auf Kommunikation und wird ähnlich mehrdeutig verwendet wie der Begriff des Wissens. In Bezug auf die Wahrnehmung des Menschen wird der Begriff für Sinnesorgane verwendet. In der Linguistik beschreibt Sinn den Bedeutungsgehalt von sprachlichen Ausdrücken (vgl. [60]). Die übergeordnete Disziplin der Semantik ist die Theorie der Bedeutung von Zeichen, auch Bedeutungslehre genannt.

In der vorliegenden Arbeit bezieht sich Sinn auf das Schließen von Wissenslücken durch entsprechende Erfassung von neuen Informationen sowie auf die Explizierung von implizitem Wissen: ein Wissensarbeiter nutzt Hilfsmittel, um sich noch unbewusste Zusammenhänge zu veranschaulichen. In beiden Fällen werden Informationen in einer Art und Weise kombiniert, sodass sich für den Arbeitenden ein Sinn ergibt. Eine Studie von Fisher et al. zeigt, dass Wissensarbeiter mithilfe iterativer Umstrukturierung zunehmend ein Schema erarbeiten (vgl. [58]). Simon spricht hier auch von *Sinnproduktion* nach dem Gedanken, dass das „*Tun*“ den Sinn produziert [174, S.17f]. Folglich erschließen sich Wissensarbeiter durch das Arbeiten mit Informationen deren Sinn.

Dieser Prozess wird in der vorliegenden Arbeit Sinnerschließung genannt – im Englischen auch als „*Sensemaking*“ [159] oder „*Sensegiving*“ [154] bezeichnet. Es ist ein Prozess, welcher interdisziplinär seit den 70er Jahren untersucht wird (vgl. [48, S.37]). Dieser Prozess beschreibt das Vorgehen von Wissensarbeitern bei der Lösung komplexer Informationsaufgaben. Dabei hat ein Wissensarbeiter in der Regel mehrere Fragen im Kopf und es ist zumeist unklar, wie viele Informationen dazu vorhanden sind bzw. zur Beantwortung benötigt werden. Im Prozess der Sinnerschließung findet eine schrittweise Verfeinerung der Fragen und der Antworten mithilfe von externen Repräsentationen

statt, sodass diese einem ständigem Wandel unterworfen sind. Dies stellt eine besondere Herausforderung an Computersysteme zur Unterstützung solcher Prozesse.

**Reflexion und Evaluation** Werden Informationen gesammelt und erinnert, kann mit ihnen gedanklich gearbeitet werden. Gedankliche Arbeit mit abstrakten Informationen erfordert Reflexion.

Reflexion wird von Benammar et al. als eine Form bewussten Denkens bezeichnet und sinngemäß folgendermaßen charakterisiert (vgl. [99, "translation chapter 1"; S.1]):

Wenn Menschen reflektieren, dann ziehen sie bewusst etwas mit besonderer Aufmerksamkeit in Betracht. Dabei wird eine Erfahrung oder Aktion fokussiert: Menschen versuchen ihr Verhalten zu begründen. Reflexion ist ein Prozess des Bewusstwerdens. Oftmals benötigt dieser Prozess viel Zeit und geschieht nach der eigentlichen Erfahrung. Wenn Menschen bewusst über ihre Handlungen nachdenken, treten sie einen Schritt von ihrer eigenen Rolle zurück und versuchen ihre Aktionen so objektiv wie möglich zu betrachten. Reflektiert ein Mensch seine eigene Erfahrung, nutzt er sein Wissen, um Aktionen zu bewerten und nach alternativen Aktionen zu suchen. Aus diesem Grund wird Reflexion als die Reinterpretation von Erfahrung und Wissen definiert (vgl. [99, "translation chapter 1"; S.1]). Menschen nutzen ihr Wissen, um über ihre Erfahrungen nachzudenken, was wiederum dazu führt, dass der Mensch aufgrund der Erfahrungen neue Einsichten erlangt. Durch Reflexion werden Menschen sich verschiedener Aspekte ihrer Aktionen bewusst. Wenn sie etwas bewusst tun, wissen sie, was sie tun, warum sie es tun und welche die Konsequenzen sind (vgl. [99, "translation chapter 1"; S.1]).

Anders als Reflexion bezieht sich Evaluation auf das Zurückschauen und Bewerten eines Prozesses. Basierend auf dieser Evaluation können Entscheidungen, einer Situation anders zu begegnen, getroffen werden. So kann Evaluation als ein bedeutungsvoller Startpunkt im Prozess der Reflexion dienen. Reflexion selbst geht über die Evaluation hinaus (vgl. [99, "translation chapter 1"; S.2]). Während des Prozesses der Reflexion werden Verbindungen zwischen existierenden Perspektiven und neuen Arten zu denken, geschaffen. Geschieht dies, wird von einer Realisation gesprochen, was zu einer Anpassung der Denkstruktur führt (vgl. [99, "translation chapter 1"; S.2]).

Wissensarbeit wird in der vorliegenden Arbeit in Anlehnung an Benammar et al. (vgl. [99, "translation chapter 1"; S.2]) als reflektierende Konversation mit den Informationen einer Situation verstanden, mit dem Ziel der Lösung komplexer Informationsaufgaben. Der Arbeitende agiert und reflektiert fast gleichzeitig; er agiert, interpretiert und reagiert auf das sich entwickelnde Konstrukt. Dies wird von Schön „*Reflection- In-Action*“ genannt [165]. Während dieses Prozesses werden Informationen gesammelt und organisiert, um mittels der so gewonnenen Struktur persönliche Erkenntnisse über einen Sachverhalt zu erlangen.

Sinnerschließung beschreibt dabei den Prozess zum Aufbau von persönlichem Verständnis eines Sachverhalts. Reflexion ist als Teil davon wichtig, um Wissen zu explizieren.

### 2.3.1.2 Perspektiven auf Sinnerschließung

Verschiedene Fachgebiete sind in die Forschung auf dem Gebiet der Sinnerschließung involviert. Die jeweiligen Sichtweisen auf das Thema werden im Folgenden für einen kompakten Überblick vorgestellt.

**Mensch-Computer-Interaktion** In diesem Fachgebiet wird Sinnerschließung als Prozess des schrittweisen Suchens, Kreierens und Veränderns von Repräsentationen gesehen – mit dem Ziel, aufgabenbezogene Antworten zu finden. Russell et al. definieren diesen Prozess wie folgt:

*„Sensemaking is the process of searching for a representation and encoding data in that representation to answer task-specific questions.“ [159]*

Dabei nehmen die Autoren eine Sichtweise mit Bezug auf Interaktionsschritte bzw. Tätigkeitsabläufe (engl. operations) während der Sinnerschließung ein. Das Modell, welches die Autoren entwickelt haben, beinhaltet verschiedene Schritte (vgl. Abbildung 2.3, 1-5), die sich in Schleifen wiederholen:

1. Die Suche nach passenden externen Repräsentationen, um wichtige Regelmäßigkeiten und wiederkehrende Muster festzuhalten. Dies geschieht unter Berücksichtigung bereits erstellter, bestehender Repräsentationen durch den Wissensarbeiter.
2. Für interessant befundene Informationen werden in entsprechenden Repräsentationen enkodiert.
3. Eine Anpassung von Repräsentationen findet statt, wenn vom Wissensarbeiter entdeckt wird, dass Informationen fehlen, nicht passen oder nicht (mehr) gebrauchte Elemente in einer Repräsentation vorhanden sind. Werden relevante Informationen gefunden, die bisher keinen Platz in der Repräsentation besitzen, so wird die Repräsentation entsprechend erweitert.
4. Die enkodierten Repräsentationen werden vom Wissensarbeiter bei der Aufgabenlösung verwendet. Bei der Sinnerschließung bieten sie Unterstützung zur Zielerreichung der Aufgabe. Sie bestimmen, wonach gesucht wird, welche Fragen gestellt und wie die Antworten organisiert werden.
5. Während der Sinnerschließung müssen Repräsentationen häufig überarbeitet werden, wenn bei der Wissensarbeit neue Erkenntnisse oder Aufgabenanforderungen ans Licht kommen. Dies schließt das Finden neuer Informationen ein.

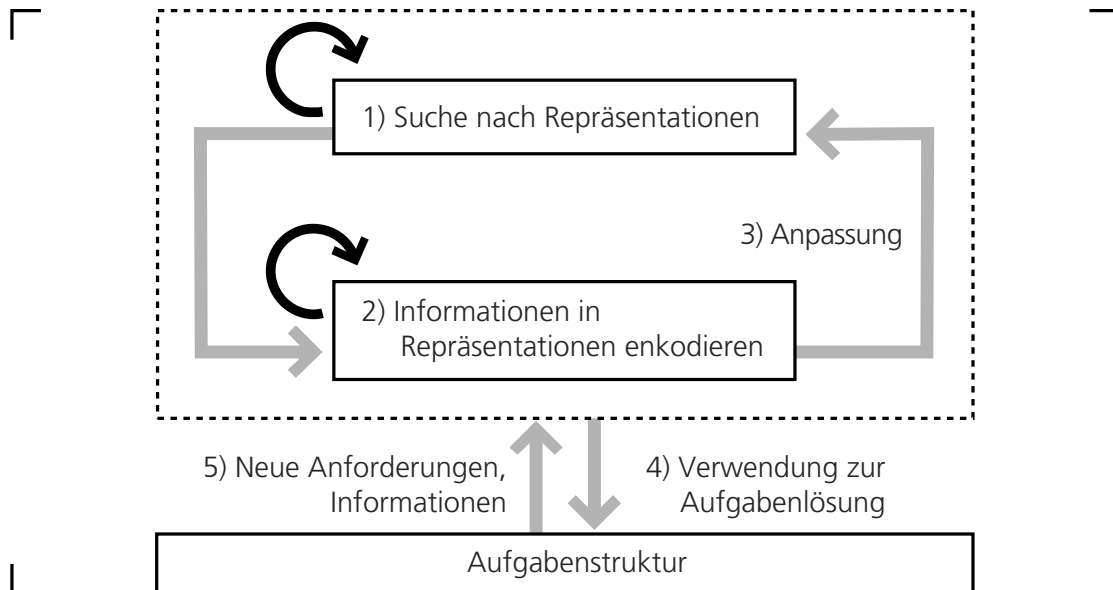


Abb. 2.3: Sinnerschließung nach Russell et al. bedeutet, Repräsentationen zur Informationsorganisation zu finden, welche Interaktionsschritte und kognitive Last bei der Aufgabenbearbeitung reduzieren (Abbildung nach [159]).

**Informationswissenschaft** Die Gebiete der Bibliotheks- und Informationswissenschaft untersuchen Informationsbedürfnisse sowie den Prozess der Informationssuche. Begleitend ist ein wichtiges Ziel, Benutzer und Systeme optimal zu verbinden (vgl. [48, S.37]). Hier wurde erkannt, dass Menschen bei der Sinnerschließung sehr unterschiedliche Methoden verwenden und vor allem inhaltlich unvollständig arbeiten. Dies führt zum Aufruf von Dervin, einen Weg zu finden, Diversität, Komplexität und Unvollständigkeit in Systemen zu erlauben (vgl. [48, S. 39]). Ebenso wichtig ist dabei die Untersuchung von Methoden, nach welchen Menschen ihre Informationsziele definieren, ihr Kontextverständnis aufbauen sowie einbringen und wie sie sich mit anderen Suchenden darüber austauschen. Als wiederkehrende Muster fanden hier Naumer et al. Veränderung und Neudefinition von Zielen, Kontextinformationen und Zusammenhängen (vgl. [131, S.3f]).

**Lehre, Bildung** Allgemein sind die Bildungswissenschaften im Bereich der benutzerzentrierten Pädagogik interessiert, die Sinnerschließung für Lernende zu optimieren (vgl. [48, S.37]). Schön untersuchte in seinen Studien die Arbeitspraxis von Experten und Anfängern in der Architektur und Psychotherapie (vgl. [165]). In beiden Feldern gingen die Praktizierenden an eine Problemstellung heran, als ob diese ein einzigartiger Fall wäre. Vorrangende Erfahrungen spielten eine wichtige Rolle beim Vorgehen, aber Gege-

benheiten der aktuellen Situation erhielten besondere Aufmerksamkeit. Eine vorher definierte Problemstellung war in keinem untersuchten Beispiel gegeben. Jede Situation war komplex, unspezifiziert und enthielt die Herausforderung, das eigentliche Problem zu finden. Diese Gemeinsamkeiten bilden die Rahmenbedingungen für „*Reflection-In-Action*“ [165, S.129]. Experten leiteten dabei Anfänger durch verbale Hilfen, begleitende Skizzen und Notizen an. Sie gaben Hinweise auf Dinge, die Novizen noch nicht im Blick hatten und erweiterten so deren Horizont.

Das Trainieren von Sinnerschließungsprozessen und -methoden spielt auch in der Mathematik eine zentrale Rolle. Hierfür sind die Begriffe *mathematisches Denken* und *Problemlösestrategien* weit verbreitet (vgl. [164]). Die Werkzeuge der Mathematik sind Abstraktion, symbolische Repräsentation und Manipulation. Das Trainieren der Verwendung dieser Werkzeuge für sich genommen bedeutet jedoch aus Sicht von Schoenfeld noch kein mathematisches Denken, sondern gleicht vielmehr dem Erlernen eines Handwerks. Mathematisches Denken zu erlernen, bedeutet seiner Ansicht nach eine mathematische Sichtweise einnehmen zu können sowie die verfügbaren mathematischen Werkzeuge kompetent einzusetzen, um Problemstrukturen zu verstehen. Er nennt dies „*mathematical sense-making*“ [164, S.3f].

**Kommunikationswissenschaft** Darüber hinaus wird in verschiedenen Feldern der Kommunikationswissenschaften an der Sinnerschließung geforscht. Der Fokus liegt hier auf interpersoneller Kommunikation, Massenkommunikation und virtueller (engl. „cyberspaced“) Kommunikation unter anderem in den Feldern Dienstleistung, Medien und Medizin (vgl. [48, S.37]).

**Organisationswissenschaft** Weick beschreibt Sinnerschließung als das, was auftritt, wenn sich der momentan wahrgenommene Zustand der Welt gegenüber dem erwarteten Zustand unterscheidet (vgl. [207, 208]). Sinnerschließung ist dabei als andauernder, umgebungsbezogener Prozess zu verstehen, der eher von Plausibilität als Genauigkeit getrieben ist.

**Kognitionspsychologie** In diesem Fachgebiet wird Sinnerschließung als ein iterativer Prozess zur Organisation von Daten in mentalen Vorlagen (engl. „templates“) gesehen (vgl. [104, 105]). Um neu anfallenden Daten gerecht zu werden, werden diese Vorlagen verändert. Die Phänomene Kreativität, Verstehen, Neugier, mentale Modellbildung<sup>2</sup>, Erklärung oder Situationsbewusstsein können dabei eine Rolle spielen. Grundlegend gehen laut Klein et al. zwei Prozesse in einander über (vgl. [105]):

---

<sup>2</sup> *Mentale Modelle* sind Vorstellungen oder Konzepte, welche Menschen über Sachverhalte oder das Verhalten von Dingen kreieren (vgl. [81]).

- Bildung mentaler Modelle (beschreibend, in der Zeit zurückblickend)
- Mentale Simulation (in die Zukunft gewandt, antizipierend)

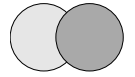
**Informationsanalyse / militärische Aufklärung** Pirolli und Card beschreiben Sinnerschließung als einen Prozess, durch welchen Informationen in ein Wissensprodukt transformiert werden (vgl. [145]). Bei der Analyse von (Geheimdienst-)Informationen spielt die Hypothesenbildung und der Umgang mit Komplexität eine zentrale Rolle. Fokusgruppen sind beispielsweise Katastrophenstäbe oder Kommandoteams während militärischer Planung (vgl. [91, 138]). Viele Formen der Informationsanalyse sind nach Auffassung von Pirolli und Card Sinnerschließungsaufgaben (vgl. [145]) und beinhalten folgende Aspekte:

- Informationen sammeln,
- Repräsentieren dieser Informationen in einem Schema, welches der Analyse dienlich ist,
- Erkenntnisse durch Veränderung der Repräsentationen gewinnen sowie
- Erstellung einer Art "Wissensprodukt" oder Ausführung von konkreten Aktionen basierend auf diesen Erkenntnissen.

Die Repräsentation bzw. ihre Überarbeitung kann informell im Kopf des Analysten geschehen oder durch Stift und Papier sowie computerbasierte Systeme unterstützt werden (vgl. [145]).

### 2.3.1.3 Arbeitsdefinition und Abgrenzung des Begriffs Sinnerschließung

Eine allgemein umfassende Definition von Sinnerschließung scheint aufgrund der Komplexität und Vielfalt der beschriebenen Aspekte schwer möglich. Jedoch wird Sinnerschließung, aufbauend auf den genannten Aspekten, in der vorliegenden Arbeit als ein Prozess definiert, bei welchem Menschen komplexe Fragestellungen beantworten wollen. Informationen werden dazu situationsgebunden in Form von visuellen Darstellungen<sup>3</sup> festgehalten. Schrittweise werden diese Darstellungen durch den Menschen von der Unvollständigkeit hin zu einer für die Beantwortung der Aufgabe angemessenen Vollständigkeit entwickelt und differenziert. Dies geschieht synchron mit einer schrittweisen Verfeinerung der Fragen und Antworten aus Sicht des Wissensarbeiters. Damit sind visuelle Darstellungen einem ständigen Wandel unterworfen.



## 2.3.2 Wissensformalisierung

Wissensformalisierung beschreibt in der vorliegenden Arbeit den Prozess der formalen Repräsentation von Wissen in expliziter, maschinenlesbarer Form.

### 2.3.2.1 Techniken formaler Wissensrepräsentation

Ein Ziel jeder Wissensrepräsentation ist es, Wissen zu einem späteren Zeitpunkt wieder aufzufinden. Will man unter mehreren ähnlichen Dingen etwas Bestimmtes wiederfinden, so werden Ordnungssysteme eingesetzt [67]. Bereits vor der Digitalisierung von Informationen wurden in Bibliotheken Bücher, Gesetzestexte und ähnliches mittels Techniken formaler Wissensrepräsentation verwaltet. Diese werden auch heute noch für die Organisation digitaler Inhalte genutzt. Für alle Techniken gültige Ordnungstypen sind Alphabet, Kategorie, Ort (Geografie), Zeit und Hierarchie. Basierend auf den Ordnungstypen sind verschiedene Arten von Beziehungen zwischen Objekten möglich. Dabei können folgende Typen unterschieden werden [67, S.129f]:

- gleichartige Relationen (alphabetisch, geografisch, chronologisch),
- hierarchische Relationen und
- assoziative Relationen.

Die Komplexität formaler Wissensrepräsentationen ist abhängig von den Beziehungstypen. Je nach der Verwendung der verschiedenen Beziehungstypen können verschiedene Gruppen formaler Wissensrepräsentation unterschieden werden (vgl. [67, S.130] und [86, S.5f]):

- gleichartige Relationen: Begriffslisten,
- gleichartige und hierarchische Relationen: Klassifikationen und Kategorien,
- gleichartige und hierarchische sowie assoziative Relationen: Relationssysteme.

Im Folgenden werden nach Hodge [86, S.5f] die bekanntesten Techniken in Begriffslisten, Klassifikationen und Kategorien sowie Relationssystemen unterteilt.

#### Begriffslisten

Begriffslisten stellen eine Sammlung von Bezeichnungen zur Beschreibung von Objekten dar. Zur Organisation werden gleichbedeutende Relationen genutzt.

*Normdateien* sind Listen von Begriffen zur Verwaltung synonym verwendeter Begriffe für ein Objekt oder ein spezielles Fachgebiet. Beispiele hierfür sind Länder, Personen

<sup>3</sup>auch als externe Repräsentationen bezeichnet (siehe Abschnitt 2.4.2)

und Organisationen. Nichtpräferierte Begriffe können mit präferierten systemseitig assoziiert werden.

*Glossare* enthalten alphabetisch geordnete Definitionen von Begriffen. Diese Begriffe können von einem speziellen Fachgebiet oder einem bestimmten Werk stammen. Sie sind in einem spezifischen Feld definiert und enthalten selten mehrere Bedeutungen. Oftmals sind Glossare Teile von Büchern, Webseiten oder anderen Publikationen.

*Wörterbücher* sind ebenfalls alphabetisch geordnete Listen von Wörtern und ihren Definitionen. Falls zutreffend werden unterschiedliche Bedeutungen für Wörter angegeben. Auch eine Übersetzung von Wörtern in andere Sprachen kann Gegenstand eines Wörterbuchs sein. Wörterbücher fokussieren auf einen allgemeineren Leserkreis als Glossare und können Informationen zum Ursprung eines Wortes, Varianten und mehrere Bedeutungen in verschiedenen Disziplinen enthalten.

*Ortsverzeichnisse* listen Ortsbezeichnungen auf. Üblicherweise werden sie in Büchern veröffentlicht oder als Index in Karten. Jeder Eintrag kann auch durch besondere Eigenschaften, wie beispielsweise Fluss, Stadt oder Schule, identifiziert werden.

*Folksonomy* ist eine Bezeichnung für die Zuordnung von Schlagworten zu einer Webseite durch die Besucher. Besucher der Webseite können zutreffende Worte für den Inhalt benennen und Schlagworte einsehen, die andere Besucher vergeben haben (vgl. [67, S.132]). Durch mehrfach genannte Worte kann eine Gewichtung stattfinden, welche üblicherweise durch Schlagwortwolken (sogenannte Tagclouds<sup>4</sup>) dargestellt werden. Keine Instanz bestimmt hierbei, welche Schlagwörter Verwendung finden dürfen, wodurch die Verschlagwortung nicht präzise und mehrdeutig sein kann (vgl. [67, S.132]).

### **Klassifikationen und Kategorien**

Die Zuordnung von Objekten, welche bestimmte Eigenschaften teilen, in Kategorien oder Klassen geschieht unter Verwendung von gleichbedeutenden und hierarchischen Beziehungstypen.

*Stichwort- und Schlagwortssysteme mit hierarchischem Ordnungselement* sind einfache Systeme zur Kategorisierung von Inhalten. Dabei repräsentieren Begriffe die Themen von Inhalten einer Sammlung (beispielsweise Navigationslisten oder Sitemaps von Webseiten). Die Anordnung mit Bezug zu einem Über- oder Unterbegriff bildet eine hierarchische Ordnung.

*Klassifikationsschemata und Taxonomien* werden als Bezeichnung häufig synonym für die gleiche Technik verwendet. Obwohl geringfügige Unterschiede zwischen einzelnen Beispielen bestehen, werden dabei generell Objekte bestimmten Gruppen oder Themen zugewiesen. Eine hierarchische Struktur ergibt sich durch Zuordnung von Begriffen zu einem (monohierarchisch) oder zu mehreren (polyhierarchisch) Oberbegriff(en).

<sup>4</sup>Siehe dazu beispielsweise: <http://del.icio.us/tag/>, zuletzt aufgerufen im Mai 2014



Darüber hinaus werden auch alphabetisch geordnete oder nummerierte Notationen verwendet, um Gruppen oder Themen darzustellen (vgl. [178]).

## Relationssysteme

Relationssysteme ermöglichen durch die Kombination von gleichbedeutenden, hierarchischen und assoziativen Relationen die höchste Ordnung unter den Techniken formaler Wissensrepräsentation.

*Thesaurus* ist eine Bezeichnung für Relationssysteme, welche thematische Beziehungen zwischen Begriffen definieren. Das entstehende Begriffsnetz beschreibt einen Themenbereich. Die häufigsten Arten dieser Beziehungen sind Hierarchie, Äquivalenz und Assoziation.

Ein *Semantisches Netz* – auch als Wissensnetz bezeichnet – beschreibt formal Begriffe und ihre Beziehungen in Form eines Graphen. Dabei können Begriffe als Knoten gesehen werden, welche durch beliebige Relationen miteinander verbunden sind. Durch diese Art der Daten kann die Navigation von semantischen Netzwerken grafisch unterstützt werden.

Eine *Ontologie*<sup>5</sup> ist in der Informatik nach Gruber definiert als „explizite formale Spezifikation einer gemeinsamen Konzeptualisierung“ (orig.: „shared conceptualization“ [72]). Sie wurde für die Wieder- und Weiterverwendbarkeit von formalisiertem Wissen entwickelt (vgl. [72]). In diesem Sinne beschreibt eine Ontologie ein Fachgebiet mithilfe einer standardisierenden Terminologie sowie Relationen zwischen den dort definierten Begriffen (vgl. [83]). Eine Ontologie besteht dabei aus einem vorgeschriebenen Vokabular eines Wissensbereichs, welches Definitionen von *Begriffen* (engl. concepts), *Relationen* (engl. properties) und *Instanzen* (engl. individuals) enthält. Das Format zur Speicherung von Ontologien ist standardisiert. Weiterhin ist es unabhängig von Softwareplattformen, sodass das Wissen auf unterschiedlichen Softwaresystemen verwendet werden kann. Die Zusammenführung verschiedener Begriffswelten auf Datenhaltungsebene ist von besonderem Interesse zur Qualitäts- und Effizienzsteigerung (vgl. [176]). Sie ermöglicht ein automatisiertes Schlussfolgern durch Computersysteme. Dabei gilt: je höher der Formalisierungsgrad, desto mehr Arten von Schlussfolgerungen sind möglich (vgl. [185, S.211]).

---

<sup>5</sup>Die Nutzung des Plurals macht hier (im Gegensatz zur Philosophie) nach Hesse Sinn, da es viele Wissensbereiche – mit einer jeweils eigenen oder sogar mehreren konkurrierenden Terminologien – gibt [83].

### 2.3.2.2 Vor- und Nachteile formaler Wissensrepräsentation

Zusammenfassend hat formalisiertes Wissen nach Puppe folgende Vor- und Nachteile für Organisationen [150, S.3]:

„Vorteile

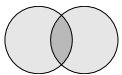
- *[system- und plattformunabhängige] Dokumentation*
- *automatische Informationsverarbeitung*
- *Fallsammlungen mit Auswertungsmöglichkeiten*
- *Qualitätsstandard: unabhängig von menschlicher Kompetenz*
- *schnelle Verbreitung von neuem [explizitem] Wissen*
- *Wissenskonservierung (bei Ausscheiden von Mitarbeitern)*
- *Reduktion der Einarbeitungs- bzw. Schulungszeit*

Nachteile

- *Kosten: aufwendiger Prozess der Wissensformalisierung & -pflege*
- *Kosten: aufwendige Dateneingabe durch Benutzer*
- *Redundanz: oft keine Ergänzung menschlicher Fähigkeiten*
- *Inflexibilität: schwer an verschiedene Benutzer anpassbar (Festlegung von Kompetenzniveau, Fragestellungen, Zeitaufwand, Genauigkeit)“ [150, S.3].*

Vigo et al. untersuchten die Schwierigkeiten für Wissensarbeiter im Umgang mit aktuellen Werkzeugen zur Wissensformalisierung (vgl. [196]). Dabei stellten sie fest, dass gängige Werkzeuge daran scheitern, den Prozess der Formalisierung einfach und zugänglich zu gestalten (vgl. [196]). Ein beispielhaftes Zitat aus der Studie der Autoren verdeutlicht dies:

*„A domain expert has to be totally convinced that ontologies are the right way of modelling knowledge in a domain, and then has to consistently work for a period of time in order to be self-sufficient. In the initial stages, when they start doing the modelling, you need a knowledge engineer to hold their hand [ ... ] the moment the knowledge engineer disappears they will not carry on with it because it's much easier to get in databases or Excel than to do all this“ [196, S.835].*



Schnittgebiet  
zwischen  
Mensch- und  
Systemsicht

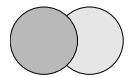
### 2.3.3 Problem der semantischen Lücke

Wesentliche Probleme der Wissensmodellierung bestehen in der Erfassung impliziten Wissens sowie der *semantischen Lücke*. Die semantische Lücke ergibt sich aus

dem Bedeutungsunterschied zwischen zwei Beschreibungen eines Objekts. Sie entsteht durch die Verwendung unterschiedlicher Sprachen oder Repräsentationen bei der Modellierung von Wissen. Auf der einen Seite ist dies die natürliche, gesprochene Sprache des Menschen. Auf der anderen wird die weniger mächtige formale Sprache (z.B. Programmiersprache) zur Abbildung von Wissen im Computer genutzt. Smeulders et al. definieren die semantische Lücke als Kluft zwischen der Interpretation, welche der Mensch aus Daten situationsgebunden trifft und der Information, welche von einem Computer aus diesen Daten extrahiert werden kann (vgl. [175, S.1353]).

## 2.4 Wissensrepräsentation

### 2.4.1 Interne (mentale) Repräsentation



Menschlich

Der Umgang mit komplexen Informationen und Aufgaben beinhaltet auch die Herausforderung, Informationen oder bekannte Anhaltspunkte (Beispiele entsprechender Fragestellungen sind: „Wie war der Prozess genau?“, „Wer war der Ansprechpartner?“) wieder zu finden.

Die Funktionsweise des Gedächtnisses ist nach dem Stand der Forschung auf dem Gebiet der Kognitionspsychologie noch nicht umfassend geklärt. Jedoch geben Erkenntnisse der Kognitionspsychologie gute Anhaltspunkte, was bei der Entwicklung von Visualisierungsmethoden zu berücksichtigen ist. Im Folgenden werden Beispiele vorgestellt, die für die Entwicklung visueller Systeme zur Wissensmodellierung von Bedeutung sind, ohne den Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben.

Solso spricht bei mentalen Repräsentationen von Mechanismen, welche die Speicherung, Integration und Organisation von Information im Gedächtnis sowie die bildhafte Vorstellung von Wissen beinhalten (vgl. [179, S.241ff]). Er definiert dabei:

*„Wissen ist organisierte Information, es ist Teil eines Systems oder Netzes aus strukturierten Informationen“* [179, S.242].

Für die Gestaltung eines visuellen Systems, welches Wissensarbeiter bei ihrer Tätigkeit der Sinnerschließung unterstützt, ist es hilfreich zu verstehen wie Menschen:

- Informationen mental repräsentieren und abrufen,
- Informationen kategorisieren,
- eine interne Struktur (Binnenstruktur) von Kategorien im Gedächtnis erstellen und
- sich in den genannten Prozessen unterscheiden.

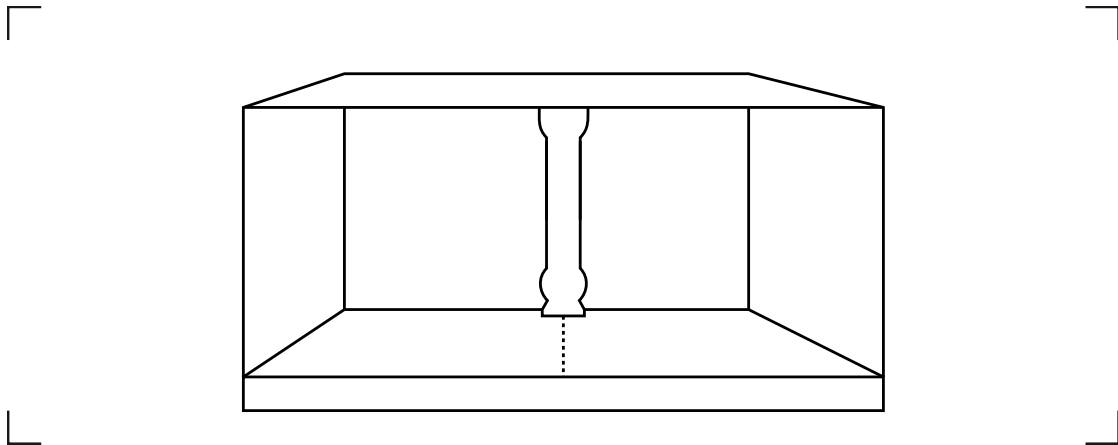


Abb. 2.4: Gedächtnistheater oder Repositorium (Abbildung angelehnt an [213] aus dem Jahr 1618).

### 2.4.1.1 Repräsentation und Abruf

Um Visualisierungsmethoden für die Arbeit mit Informationen aus mentalen Repräsentationen entwickeln zu können, ist es wichtig, zu wissen, wie Menschen Inhalte und Prozesse im Gedächtnis repräsentieren und wie sie Gedächtnisinhalte abrufen.

Die vermutlich erste schriftlich festgehaltene Dokumentation der Gedächtniskunst des Memorierens von ca. 90 v.Chr. ist die sogenannte *Rhetorica ad Herennium*, welche von Yates untersucht wurde (vgl. [216]). Dieses Werk der klassischen Gedächtniskunst der Antike gibt erste Hinweise auf die Frage, wie mentale Repräsentationen aussehen können. Es ist ein auf Erfahrungen basierendes Regelwerk des Memorierens, wobei zwischen Gedächtnisorten sowie Gedächtnisbildern unterschieden wird.

Erstere sind Orte, welche sich der Mensch bewusst und detailliert im Gedächtnis eingepägt hat. Diese Orte sollten bestimmten Regeln entsprechen. Sie werden Gedächtnistheater oder Repositorium genannt (vgl. Abbildung 2.4).

Gedächtnisbilder sind zu merkende Inhalte, die in den nun bekannten Gedächtnisorten platziert werden können. Dies dient dazu, Inhalte später einfacher zu erinnern, bzw. – metaphorisch gesprochen – wiederzufinden. Weitere Merkmale für Orte beziehen sich auf Beleuchtung, Größe und Verschiedenheit. Für die Inhalte gilt es, möglichst Auffälliges zu wählen. Besonders absurde und zufällige Assoziationen können weiterhelfen. Sommer spricht hierbei von der „*Auffälligkeit des Sonderbaren*“ [180, S. 69ff].

Die Methode der Gedächtniskunst ist eine Möglichkeit das Speichern und Erinnern von Informationen zu erleichtern. Die Erforschung von Gedächtnisprozessen ist bis heute

Gegenstand der Kognitionspsychologie. Auszugsweise werden Befunde dieses Forschungsfeldes im Folgenden dargestellt:

- Informationen werden von Menschen in Sinneinheiten gebündelt (nach Miller werden diese Einheiten „*chunks*“ genannt [127]).
- Inhalte werden entsprechend der Ziele von Menschen memoriert bzw. abgerufen. Beispielsweise werden unerledigte Absichten besser erinnert. Demgegenüber werden erledigte Absichten eher vergessen (vgl. [217]).
- Informationen werden umfassender verstanden und eher erinnert, wenn Menschen die Information tief verarbeiten (vgl. [42]). Beispiele hierfür sind Generierung, Elaboration oder Organisation von Inhalten (nach Craik und Lockhart „*levels of processing*“ genannt [42]).
- Häufiger Gebrauch von Gedächtnisinhalten führt zur Verstärkung von Gedächtnis Spuren und Assoziationen (vgl. [98]).
- Darüber hinaus werden Gedächtnisinhalte durch ihren Gebrauch verändert. Benutzung von Gedächtnisinhalten ist kein eigentlicher Abruf, sondern entspricht eher einer Rekonstruktion (vgl. [115]). Dabei spielen Schemata eine entscheidende Rolle (vgl. [15, 157]). Eine Studie von Fisher et al. zeigt, dass Wissensarbeiter mithilfe iterativer Umstrukturierung zunehmend ein Schema erarbeiten und gleichzeitig die Relevanz der eigentlichen Inhalte für sie abnimmt (vgl. [58]).
- Das Wiedererkennen von bekannten Dingen ist einfacher als die Reproduktion von Gedächtnisinhalten darüber (vgl. [35]).
- Menschen besitzen scheinbar unbegrenzte Kapazität zum Behalten von visuellem Material (vgl. [183, 107]).
- Menschen benutzen die Welt als externes Gedächtnis bzw. als externe Repräsentation von Gedächtnisinhalten (vgl. [50]).

Aufgrund dieser Aspekte sollte eine Visualisierung folglich so gestaltbar sein, dass sie die Aufgabe, als externer Speicher und Abrufhilfe zu fungieren, bestmöglich erfüllt. Das Wissen über die Speicherung im Gedächtnis sollte entsprechend in Designüberlegungen einfließen. Das bedeutet:

- Objekte sollten flexibel zusammengefasst und getrennt werden können,
- die Salienz von Informationen sollte gewichtet werden können,
- ein System sollte die Verarbeitung von Informationen erleichtern, aber nicht ersetzen,
- Inhalte sollten einfach veränderbar sein und
- das System sollte „merkwürdige“ Repräsentationen ermöglichen.

### 2.4.1.2 Kategorisierung

Informationen werden von Menschen aufgrund von Gemeinsamkeiten mental in Kategorien zusammengefasst (vgl. [129, 434]). Beispiele für Kategorien sind Hunde, Vögel, Computer, Geburtstage oder Regierungsformen (vgl. [129, 434]). Kategorien ermöglichen neue Erfahrungen mit vorhandenem Wissen zu verknüpfen (vgl. [129, 434ff]). Ein Beispiel hierfür ist ein Arzt, welcher Patienten einer bestimmten Krankheitskategorie zuordnet und davon abhängig einen Therapieplan verfolgt (vgl. [129, 434]). Durch Erfahrungen werden Kategorien erworben oder modifiziert (vgl. [129, 434]).

In der Literatur finden sich bezüglich der Kategorisierung zusammenfassend folgende Aspekte, welche für die vorliegende Arbeit relevant sind:

- *Wissen über die Funktionsweise von Dingen*: Menschen kategorisieren nicht ausschließlich prototypen- oder ähnlichkeitsbasiert, sondern auch theoriegeleitet. Wichtig ist dabei das Wissen über die Funktionsweise von Dingen (vgl. [121]). Darüber hinaus beruht die Steuerung von Handlungen und Denkprozessen nach Norman und Shallice auf Schemata (vgl. [135]). In diesen Schemata werden Erfahrungen abgelegt (vgl. [129, S.282f]). Ein Beispiel hierfür ist der Anblick einer roten Ampel beim Autofahren. Hat ein Mensch entsprechende Erfahrung gemacht, löst dieser Anblick das Schema „Bremsen“ aus. Dies führt wiederum dazu, dass er das Bremspedal tritt (vgl. [129, S.283]).
- *Embodiment*: Menschen nutzen Erfahrungen, die sie in der Interaktion mit der Umwelt gesammelt haben (vgl. [14]). Dabei sind Verbindungen zwischen Konzepten wichtig. Die Übertragung schwer greifbarer, abstrakter Konzepte auf direkte, erlebbare Konzepte vereinfacht deren Verständnis. Ein Beispiel hierfür ist, Zeit über Raum zu repräsentieren (vgl. [36]): den Verlauf der Menschheitsgeschichte an einer Wand entlang chronologisch darzustellen.

Auch abstrakte mentale, emotionale oder soziale Konzepte werden anhand physikalischer Konzepte repräsentiert. Das Erleben dieser physikalischen Konzepte aktiviert automatisch damit verbundene abstrakte Konzepte. Ijzerman zeigt dies an einem Beispiel: das Platzen von Objekten nah beieinander beeinflusst das Streben nach interpersoneller Nähe, die Härte von Objekten beeinflusst die Härte von Urteilen, die Wärme von Objekten beeinflusst das Erleben von interpersoneller Wärme (vgl. [89]).

- *Ad hoc*: Menschen bilden in einer Situation entsprechend ihrer Ziele spontan neue Kategorien aus (vgl. [12]). Zum Beispiel überlegen sie sich ad hoc beim Kofferpacken, welche Kategorien von Kleidung und Dingen sie für ihre angestrebte Reise benötigen.
- *Inkonsistenz*: Menschen sind inkonsistent in ihren Klassifikationen (vgl. [45]).

Hieraus ergibt sich für das Design von Systemen, dass sich diese an mentale Modelle und Strukturen anpassen lassen müssen. Objektformen und eventuelle sonstige physikalische Eigenschaften müssen diese Assoziationen zulassen (z.B. Länge und Richtung von Linien, kalte und warme Farben, eckige und runde Formen). All das sollte nicht beliebig, sondern sinnvoll einsetzbar sein. Eine Unterstützung spontaner Kategorienbildung ist nötig. Das System muss zudem im Arbeitsprozess Inkonsistenzen zulassen und gegebenenfalls rückmelden.

### 2.4.1.3 Binnenstruktur von Kategorien

Der interne Aufbau von Kategorien im Gedächtnis spielt eine wichtige Rolle für die Gestaltung einer passenden digitalen Visualisierung. Folgende Aspekte sind dabei zu berücksichtigen:

- *Hierarchische Struktur*: Durch Experimente wurde nachgewiesen, dass innerhalb mentaler Kategorienrepräsentationen hierarchische Strukturen und verschiedene Ebenen existieren (vgl. [170, 189]). Je nach Person und Aufgabe können diese variieren (vgl. [170, 189]).
- *Graduelle Struktur*: Rosch und Mervis fanden heraus, dass Elemente mehr oder weniger typische Vertreter einer Kategorie sein können (vgl. [155]).
- *Inkonsistente Binnenstrukturen*: Barsalou zeigt auf, dass inter- und intraindividuell inkonsistente Binnenstrukturen verwendet werden (vgl. [13]). Diese treten seinen Ergebnissen zufolge auf, da verschiedene mentale Konzepte temporär für unterschiedliche Aufgabengegebenheiten die gleiche Kategorie im Arbeitsgedächtnis repräsentieren.
- *Unterschiede in der Repräsentation verschiedener Inhalte*: Kategorien unterscheiden sich in verschiedenen Dimensionen – beispielsweise der Differenziertheit, der internen Konsistenz oder im Abstraktionsgrad (vgl. [79]).
- *Konnektionistische Modelle und Assoziationen zwischen Konzepten*: Nach der Theorie von Rumelhart et al. sortieren Menschen Objekte nicht in fest verschlossene, voneinander abgetrennte "Schubladen". Sie klassifizieren eher im Sinne von Netzwerken mit variablen Aktivierungen und mehr oder weniger starken Verbindungen zwischen einzelnen Knoten (vgl. [158]). Das Aufrufen eines Konzepts aktiviert automatisch andere Konzepte, die damit assoziiert sind. Darüber hinaus beeinflussen auch unbewusst aktivierte Konzepte das Verhalten von Menschen (vgl. [9, 10]).
- *Kreuzklassifizierung*: Menschen kreuzklassifizieren Erinnerungen an Ereignisse simultan in mehrere globale Organisationen (vgl. [109]).

- *Assoziation*: Durch gemeinsame Aktivierung verstärken sich mentale Assoziationen („*Cells that fire together, wire together*“ [82]).

Für die Gestaltung eines visuellen Systems bedeutet dies:

- eine Gewichtung der Zugehörigkeit und eine interne Strukturierung von Inhalten benutzerdefiniert möglich sein sollte.
- Ein System (inklusive der Gewichtungen) muss einfach modifizierbar sein.
- Die Differenzierung zwischen Kategorien sollte visuell möglich sein.
- Netzartige mentale Informationsstrukturen sollten im System repräsentierbar sein.
- Verbindungen zwischen Informationen sollten auch über Kategoriengrenzen hinweg möglich sein.
- Die Stärke der Verbindungen sollte dabei variabel sein.

### 2.4.1.4 Individuelle Unterschiede in den Prozessen

Menschen unterscheiden sich teilweise deutlich in ihren Denk- und Arbeitsweisen. Dies hat zur Folge, dass individuelle Unterschiede in den Prozessen beim Systemdesign berücksichtigt werden müssen. Erkenntnisse dazu konnten aus der Literatur identifiziert werden. Sie sind im Folgenden beschrieben.

**Expertise** Die Expertise in einer bestimmten Domäne wirkt sich beim Menschen unter anderem auf Kategorisierung (vgl. [189]), visuelles Inspektionsverhalten (vgl. [166, 198]) und Erfassung von Wissen (vgl. [153]) aus. Tanaka und Taylor demonstrierten, dass ausgefeilte, detaillierte Kategorien nur von Experten erstellt werden. Sie nehmen eine zentrale Rolle bei der Explizierung von Expertenwissen ein (vgl. [189]). Als Untersuchungsgegenstand für Inspektionsverhalten wurden beispielsweise Chipsätze und Kunstbilder von Probanden begutachtet (vgl. [166, 198]). Im Vergleich zwischen Novizen und Experten wurde deutlich, dass Experten im Gegensatz zu Novizen auf andere Inhalte achten und Inhalte detailgenauer wiedergeben können (vgl. [198]). Zudem erfassen Experten größere, abstraktere Wissensseinheiten. Beispielsweise sehen Experten beim Schach nicht einzelne Elemente, sondern Formationen (vgl. [153]).

Darüber hinaus finden lernbedingte Veränderungen in Kategorisierungsprozessen statt: nachträgliches Lernen kann bestehende Kategorienklassifikation beeinflussen bzw. verändern (vgl. [156]).



**Kognitive Stile** Definitionen und Beschreibungen zum Begriff *kognitiver Stil* ähneln sich im Wesentlichen darin, dass sie sich auf eine psychologische Dimension beziehen. Diese beschreibt Gemeinsamkeiten kognitiver Arbeitsweisen zwischen Menschen, also bezogen auf das Verstehen und Verarbeiten von Informationen (vgl. [8]). Paradoxerweise ist laut Kozhevnikov das Interesse an einer kohärenten Theorie kognitiver Stile in der Kognitionswissenschaft eher gering, obwohl andere Forscher in zahlreichen Anwendungsfeldern zeigen konnten, dass kognitive Stile in einer bestimmten Situation im Vergleich zur Intelligenz oder situationsbedingten Faktoren eine bessere Vorhersage individuellen Erfolgs bieten können (vgl. [108, S.464]). Beispiele kognitiver Stile sind:

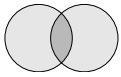
- *Feldabhängigkeit / Feldunabhängigkeit*: Das Feld ist in diesem Rahmen als Wahrnehmungsumgebung zu verstehen.

Es beeinflusst die wahrgenommene Situation von Menschen mit Feldabhängigkeit. Sie besitzen demnach einen eher globalen Fokus, da sie ihre Umgebung bewusst einbeziehen (vgl. [122, 214]).

Bei Menschen mit Feldunabhängigkeit ist die Wahrnehmung auf ein bestimmtes Objekt oder eine bestimmte Aufgabe gerichtet. Sie haben einen eher analytischen Fokus und tendieren dazu, effektiver Neues zu lernen (vgl. [122, 214]). Menschen mit Feldabhängigkeit tendieren hingegen dazu soziale Aspekte besser wahrzunehmen, wenn diese neben ihrer momentan fokussierten Aufgabe auftreten, als Menschen mit Feldunabhängigkeit (vgl. [122, 214]).

- *Reflexivität / Impulsivität*: Die Betrachtung dieser Aspekte geht zurück auf Kagan (vgl. [96]). Er stellte in Experimenten fest, dass es beim Problemlösen impulsive und reflexive Typen gibt. Impulsive Typen kommen schnell zur Lösung, welche jedoch häufig Fehler enthält. Reflexive Typen benötigen eine längere Zeit zur Lösung, die jedoch meistens korrekt ist.
- *Leveling / Sharpening*: Beim Leveling liegt der Fokus auf der Auflösung von Differenzen, das heißt ähnliche Objekte und Ereignisse werden zusammengefasst (vgl. [108, S.465]). Sharpening hingegen bedeutet eine erhöhte Beachtung von Unterschieden, dabei besteht eine Tendenz zum Differenzieren ähnlicher Objekte und Ereignisse (vgl. [108, S.465]).

Im Hinblick auf ein Systemdesign muss eine Differenzierung bzw. Abstraktion von Kategorien (auch nach der Erstellung) möglich sein. Auf diese Weise können Benutzer Dinge – auch strukturelle Eigenschaften – nachträglich leicht verändern, ohne alles neu erstellen zu müssen. Darüber hinaus sollten Benutzer verschiedener kognitiver Stile ein System benutzen können.



Schnittgebiet  
zwischen  
Mensch- und  
Systemsicht

## 2.4.2 Externe Repräsentation

### 2.4.2.1 Charakterisierung und Definition externer Repräsentationen

In Anlehnung an die Definition von Zhang [218, S.1]:

*„...external representations are defined as the knowledge and structure in the environment, as physical symbols, objects, or dimensions (e.g., written symbols, beads of abacuses, dimensions of a graph, etc.), and as external rules, constraints, or relations embedded in physical configurations (e.g., spatial relations of written digits, visual and spatial layouts of diagrams, physical constraints in abacuses, etc.).“*

bezeichnen *externe Repräsentationen* in der vorliegenden Arbeit digitale oder physische Hilfsmittel zur Sinnerschließung von Sachverhalten sowie zum Festhalten von Gedanken außerhalb des Gedächtnisses einer Person.

Bei der Entwicklung von Visualisierungsmethoden liegt der Fokus im Folgenden der Arbeit auf externen Repräsentationen zur Sinnerschließung. Daraus ergibt sich die Anforderung der einfachen Veränderbarkeit von Inhalten und Zusammenhängen. Externe Repräsentationen können komplexe digitale Systeme, Visualisierungsmethoden oder physische Hilfsmittel, wie beispielsweise Notizen, Annotationen und das Ausbreiten oder Arrangieren von Materialien (vgl. [103, S. 1103], [119]), sein.

Durch die Interaktion mit entsprechenden Gegenständen der menschlichen Umwelt wird nicht nur planvolles Denken durchgeführt. Vielmehr wird experimentelles Denken absolviert (vgl. „trial and error“ [133]). Das menschliche Ortsgedächtnis<sup>6</sup> spielt dabei eine zentrale Rolle, da die Position von Objekten für das Merken von Zusammenhängen wichtig ist (vgl. [190, 211, 11, 130]). Das Ortsgedächtnis wird als integraler Bestandteil menschlichen Denkens, Planens und Handelns bezeichnet (vgl. [102]). Eine Anordnung und Neupositionierung von Objekten kann Kirsh zufolge Wissensarbeiter in drei Kategorien unterstützen: Entscheidungen vereinfachen, Wahrnehmung verbessern sowie kognitive Aufgaben erleichtern (vgl. [102]).

### 2.4.2.2 Formalästhetische Aspekte externer Repräsentationen

Der Begriff *formalästhetisch* bedeutet „*die reine Form eines Kunstwerks in Betracht ziehend*“ [20] und wurde durch den „*Offenbacher Ansatz*“ geprägt (vgl. [186]). Die formalästhetische Betrachtung visueller Darstellungen ist dabei nicht auf Kunstwerke beschränkt. Sie bezieht sich nicht auf die Schönheit oder gestalterische Qualität des Dargestellten, sondern auf das Ordnungsprinzip der verwendeten Formen.

<sup>6</sup>Das Ortsgedächtnis des Menschen wird im Englischen auch „*spatial memory*“ genannt [102].

Weber spricht hierbei vom „*Ordnungsprinzip der Kunst*“ [206, S.11], welches den künstlerischen Denkvorgang regelt. Den künstlerischen Denkvorgang beschreibt er nach Arnheim als „*anschauliches Denken*“ [7, S.99 ff sowie S.239 ff]. Arnheim fasst den Begriff „anschauliches Denken“ weiter als auf die Kunst bezogen, er sieht diese Art des Denkens in allen Bereichen des menschlichen Alltags (vgl. [7]). Um Gedanken klar, zusammenhängend und verständlich auszudrücken ist seiner Ansicht nach ein „*strukturelle[r] Gleichklang von Darstellung und Bedeutung*“ [7, S.239] nötig. Hildebrand spricht dabei vom „*Problem der Form*“ [200].

Da es beim vorliegenden Anwendungsfall dieser Arbeit nicht um Schönheit oder künstlerische Qualität von Darstellungen geht, sondern um die Arbeit mit Gedanken und Informationen, kann eine formalästhetische Betrachtung bei der Analyse möglicher Anforderungen unterstützen. Formalästhetische Funktionen bewegen sich dabei in folgenden Spannungsfeldern (nach [186]):

- einfach – komplex, vielfältig;
- geschlossen – offen;
- einheitlich – unterschiedlich;
- symmetrisch – asymmetrisch;
- klar, deutlich – undeutlich;
- im Raster – Freiform;
- statisch – bewegt;
- bekannt – neu.

#### **2.4.2.3 Beispiele eingesetzter Visualisierungsmethoden für externe Repräsentationen**

Um Wissensarbeitern das Erfassen und Strukturieren von Informationen im Kontext der Wissensmodellierung zu erleichtern, kommen, wie beschrieben, neben physischen auch digitale Systeme als Hilfsmittel zum Einsatz. Diese Systeme nutzen Visualisierungsmethoden.

Da im Rahmen der vorliegenden Arbeit eine Visualisierungsmethode für das interaktive Erfassen und Strukturieren von Informationen erarbeitet wird, werden im Folgenden grundlegende Arten von Visualisierungsmethoden betrachtet. Zur Abgrenzung muss dabei erwähnt werden, dass es sich nicht um die Erstellung professioneller Visualisierungen zu bereits vorhandenen Daten handelt sondern um die Erfassung von Daten im Rahmen der Sinnerschließung. Der Begriff Visualisierung bezeichnet im Allgemeinen die Darstellung abstrakter Sachverhalte mit grafischen Mitteln (vgl. [168]). Die Erstellung einer professionellen, themenspezifischen Visualisierung erfordert fundiertes

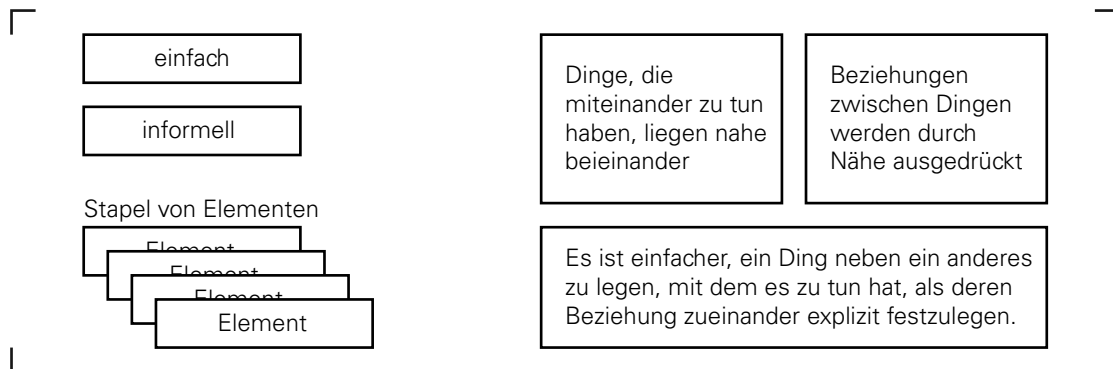


Abb. 2.5: Pinnwandprinzip (Abbildung nach [172, S.3], bzw. [75, S.13]).

Expertenwissen (vgl. [110]). Für derartige Experten wird der Begriff „*visineer*“ [62] in der Literatur verwendet. Die Tätigkeit der Erstellung einer Visualisierung wird auf diese Weise mit einer Ingenieursdisziplin verknüpft. Das zeigt die Komplexität des Prozesses. Aus diesem Grunde wird im Rahmen der vorliegenden Arbeit keine umfassende Beschreibung zum Thema Visualisierung wiedergegeben. Es wird lediglich eine Auswahl typischer Vertreter von Visualisierungsmethoden für externe Repräsentationen zur Wissensmodellierung aufgeführt.

Die zahlreichen Ansätze lassen sich schwer klassifizieren. Begriffe werden teilweise doppeldeutig eingesetzt. Dies führt zu einer uneinheitlichen Terminologie (vgl. [74, S.37ff]). Die meisten Visualisierungsmethoden lassen sich jedoch drei übergeordneten Ansätzen zuordnen (in Anlehnung an [75, S.10ff]):

**Planare Anordnungen (digitale Pinnwände)** werden in der Forschung auch als „*Spatial Hypertext*“ [120] bezeichnet. Das Prinzip digitaler Pinnwände besteht aus dem Platzieren von Informationselementen auf einer 2-dimensionalen Fläche. Dabei werden informelle Verkettungen durch räumliche Nähe erlaubt (vgl. Abbildung 2.5). Demgegenüber werden explizite Verbindungen strikt untersagt.

Der Vorteil ist, dass Benutzer einen sehr geringen Erstellungsaufwand haben. Darüber hinaus kann sich ein Benutzer durch die eigens getätigte räumliche Verortung erinnern, wie die Dinge zusammenhängen und warum er sie auf diese Weise platziert hat. Bauer et al. zeigten in einer Studie, dass Benutzern in solchen Fällen implizite Gruppierungen ausreichen, um die Zusammenhänge zu erinnern (vgl. [16]). Gruppierungen werden von Benutzern häufig durch informelle Schlagworte beschriftet (vgl. [172, 58]).

Nachteilig kann sein, dass Beziehungen nicht explizit ausgedrückt werden können. Dies erschwert eine verlässliche softwareseitige Erkennung von Zusammenhängen erheblich.

Beispiele für digitale Pinnwände sind unter anderem:

- Desktopoberflächen in Betriebssystemen,
- Digitale Whiteboards (vgl. [149]) sowie
- Programme wie OneNote (vgl. [123]) oder Evernote (vgl. [55]). Sie basieren auf dem Prinzip der digitalen Pinnwand.

**Netzwerkstruktur** Bertin definiert ein Netz folgendermaßen: „*Die graphische [sic!] Konstruktion ist ein Netz, wenn die Beziehungen in der Ebene zwischen allen Elementen ... zum Ausdruck kommen können.*“ [19, S.277].

Beispiele bekannter Visualisierungsmethoden für Netzwerkstrukturen sind:

- „*Concept-Maps*“ [136, 65]: mit dieser Technik kann eine Netzwerkstruktur ohne Hierarchie repräsentiert werden. Sie ist geeignet für visuell explizite Verbindungen von Informationselementen durch informell beschriftete Pfeile (vgl. Abbildung 2.6).

Der Vorteil dieser Methode ist, dass explizite Verknüpfungen zwischen Informationen einfach und informell erstellt werden können. Nachteilig ist, dass sich die Übersichtlichkeit bei intensiver Nutzung verringern kann.

- Diagramme der „*Unified Modeling Language™ (UML®)*“ [139] werden auch als UML-Diagramme bezeichnet. Sie erfreuen sich großer Beliebtheit bei der Spezifikation von Softwaremodellen.

Die Unified Modeling Language™ (UML®) ist eine visuelle Modellierungssprache zur Spezifikation, Visualisierung und Dokumentation von Software-System-Modellen (vgl. [139]). UML-Diagramme können dabei entweder Struktur- oder Verhaltensdiagramme sein. Beziehungen zwischen Elementen werden nach bestimmten Regeln ausgedrückt (vgl. Abbildung 2.7).

Bei UML® und verwandten Sprachen handelt es sich um formalisierte Sprachen. Der Nachteil ist, dass diese eher Informatikern oder Experten verwandter Disziplinen zugänglich sind als Laien auf dem Gebiet der Wissensformalisierung. Der Vorteil für Experten ist die genaue Spezifikationsmöglichkeit verschiedener Aspekte bezüglich der Anforderungen von Software-Systemen.

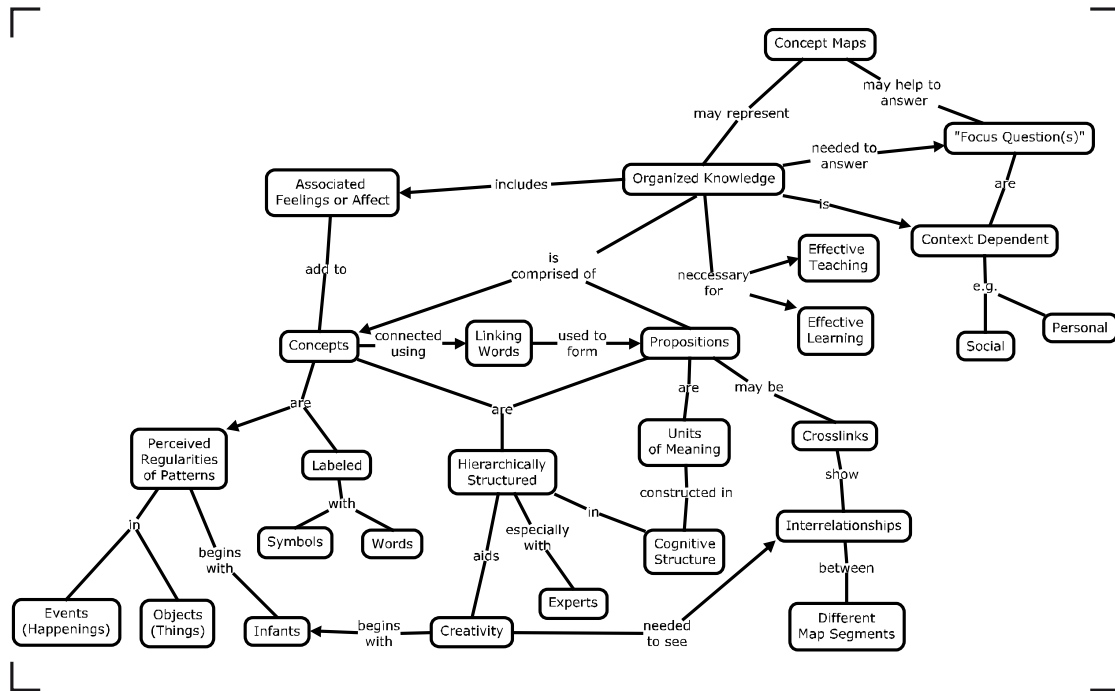


Abb. 2.6: Beispiel einer Concept-Map zur Beschreibung selbiger (Abbildung nach [137, S.2]).

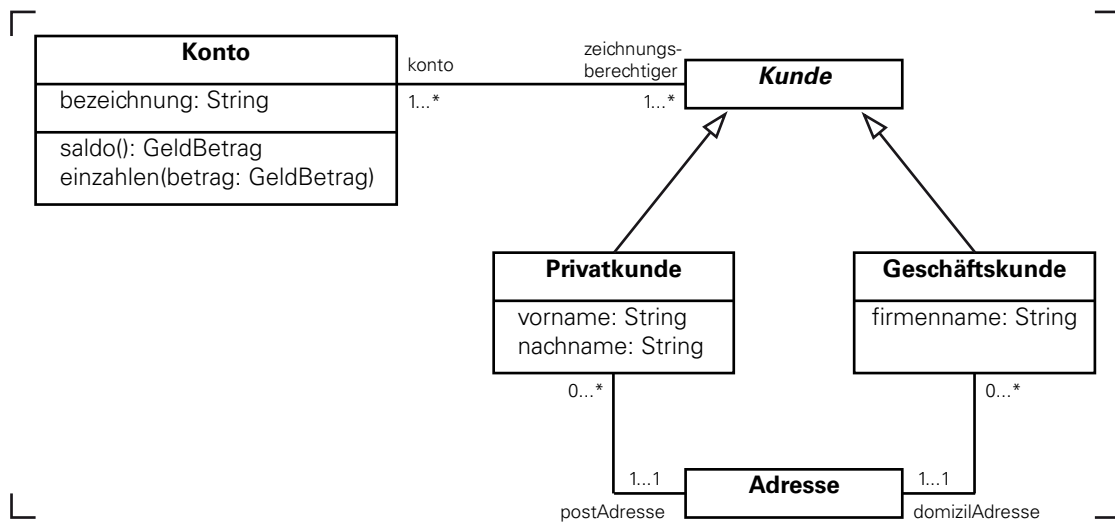


Abb. 2.7: Beispiel eines Strukturdiagramms (UML-Klassendiagramm, aus [73]).

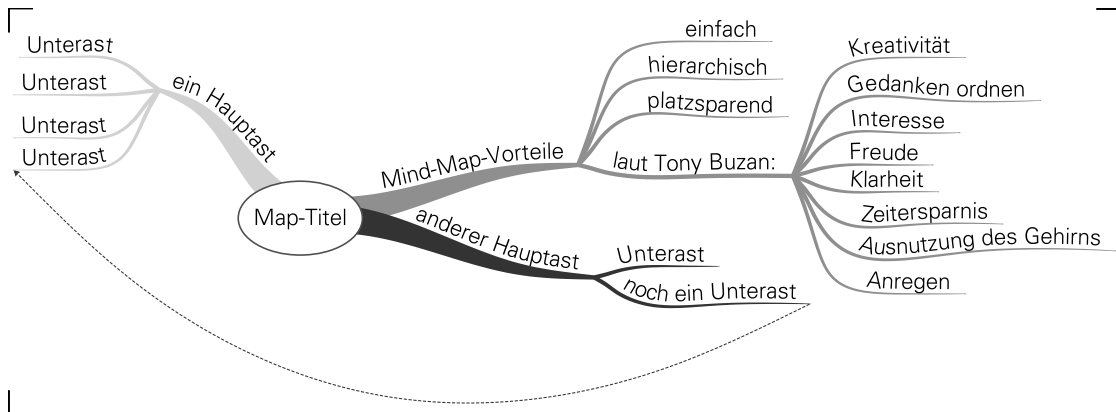


Abb. 2.8: Beispiel einer Mind-Map (Abbildung nach [74], erstellt mit der Software *iMind-Map Basic* [191]).

### Hierarchische Repräsentationen

- „*Mind-Maps*“ [34] basieren auf der 1971 durch Hanf beschriebenen Technik der „*Spidermap*“ [80]. Nach Hanf entspricht Lesen dem Denken und kann durch Verwendung der Spidermap-Technik unterstützt werden (vgl. [80, S.225]). Bei dieser Technik wird dem Leser eines Textes empfohlen, ausgehend von einem zentralen Begriff, Gelesenes hierarchisch unterzuordnen. Vom zentralen Begriff ausgehend werden dazu Linien, welche mit Schlagworten versehen werden, zu weiteren Begriffen gezogen.

Buzan verallgemeinerte das Verfahren und verbreitete es unter dem Begriff Mind-Map (vgl. [34]). Jede Mind-Map hat dabei ein zentrales Thema, welches mittig als Titel angeordnet wird (vgl. Abbildung 2.8). Vom zentralen Thema ausgehend können in alle Richtungen Verzweigungen gezeichnet werden. Das Thema sowie jede weitere Beschriftung einer Verzweigung kann als Wort, Bild oder Symbol dargestellt werden (vgl. [34]). Darüber hinaus können Querverweise zwischen Elementen gezeichnet werden (vgl. Abbildung 2.8, roter Pfeil). Auf diese Weise entsteht ein kreisförmiger, hierarchischer Baum.

Diese Art der Repräsentation ist besonders geeignet für Brainstorming sowie einfaches hierarchisches Modellieren von Zusammenhängen. Sie bietet eine Grundordnung, welche sich auch für das Lernen von Texten eignet. Für die Modellierung von Zusammenhängen ist es eher weniger geeignet, da Querverweise die Darstellung schnell unübersichtlich werden lassen. Nach Haller entsteht die größte Einschränkung durch die Begrenzung auf ein zentrales Thema. Hierdurch werden Gegenüberstellungen gleichwertiger Themenpunkte kaum möglich (vgl. [74, S.44]).

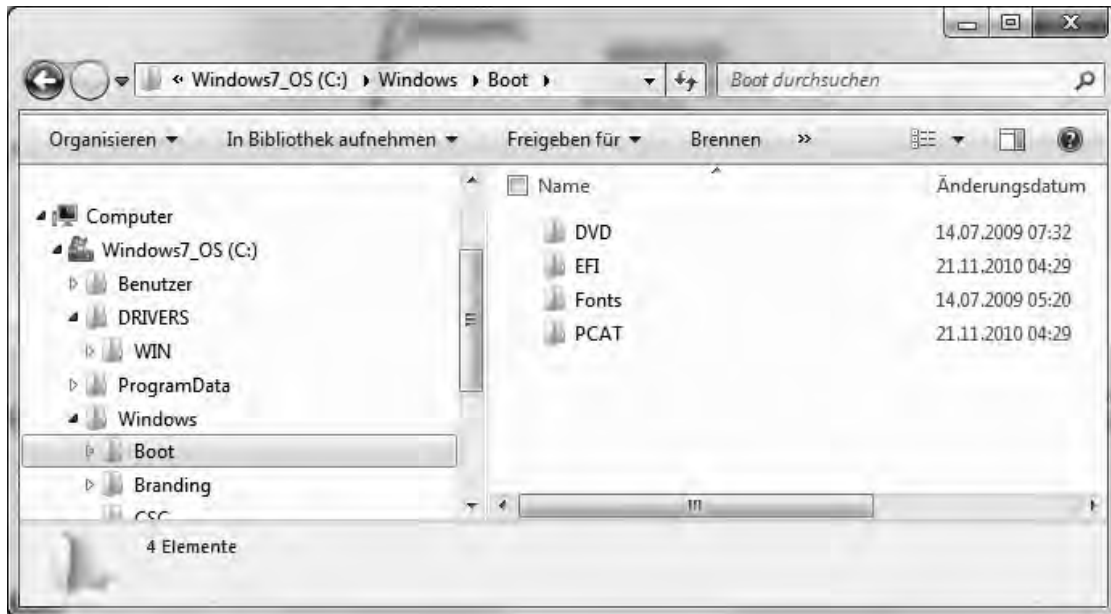


Abb. 2.9: Darstellung der Verzeichnisstruktur in Windows® 7.

- *Verzeichnisstruktur in Betriebssystemen:* Die Struktur der Dateisysteme in gängigen Betriebssystemen, wie beispielsweise Windows® [125], Mac™ OS X [6] oder Linux [114], wird standardmäßig als hierarchische Liste dargestellt (vgl. Abbildung 2.9). Diese Art der Repräsentation ist einfach verständlich und leicht zu benutzen.

Verlinkungen zwischen Dateien in verschiedenen Ordnern können über die Erstellung von Verweis-Symbolen realisiert werden. Wird die verlinkte Datei allerdings umbenannt oder verschoben, funktioniert der Verweis mittels des Symbols nicht mehr. Da Informationen während der Sinterschließung oftmals nur temporär benötigt werden und sich Bezüge zwischen diesen während dem Fortschreiten der Arbeit häufig ändern, entstehen bei der Verwendung von Verweisen entsprechend Schwierigkeiten.

Das zentrale Problem der Organisation von Informationen betrifft demnach den Ort und die Art beim Speichern nur vorübergehend wichtiger Informationen (vgl. [11, S. 41]). Manche Benutzer präferieren, diese Information temporär in der obersten Hierarchieebene des Ordnersystems im Betriebssystem abzulegen (vgl. [11, S. 41]). Die Verwaltung einer großen Menge kurzlebiger Informationen kann problematisch werden (vgl. [11, S. 41]).



Tab. 2.2: Vergleich planarer Anordnung, Vernetzung und Hierarchisierung (Tabelle aus [74, S.67]).

	Beispiele	Syntax (wie?)	Semantik (was?)	Pragmatik (wozu?)
<b>Planare Anordnung</b>	Desktopoberflächen, digitale Whiteboards, Spatial-Hypertext-Tools (OneNote / Evernote)	2-dimensionale Verbindungen durch Nähe / Gruppierung	inhaltliche Nähe, Zusammengehörigkeit	Übersicht über Ressourcenlandschaft
<b>Netzwerkstruktur</b>	Concept-Maps, UML-Diagramme	(informell) benannte, explizite, visuelle Beziehungen zwischen Elementen	i.d.R. beliebige Aussagen	Darstellen von Zusammenhängen und Sachverhalten zum bedeutungsvollen Lernen
<b>Hierarchisierung</b>	Mind-Maps, Verzeichnisse in Betriebssystemen	Zweige eines hierarchischen Baumes, Querverweise möglich	nur folgende Beziehungen: - übergeordnet - untergeordnet - querverbunden	einfaches, auch kreatives Ordnen von Gedanken oder Ressourcen; Brainstorming

#### 2.4.2.4 Vergleich der Arten von Visualisierungsmethoden

Bei den drei vorgestellten Arten verwendeter Visualisierungsmethoden fällt nach Haller auf, dass eine Hierarchisierung bei allen Methoden möglich ist, obwohl es bei Pinnwänden oder Netzwerken nicht zwingend vorgegeben ist (vgl. [74, S.66]). Haller vergleicht die drei Ansätze nach den Gesichtspunkten: Syntax, Semantik und Pragmatik (vgl. Tabelle 2.2 sowie [74, S.67]).

## 2.5 Zusammenfassung der Grundlagen und Begriffe

Im vorliegenden Kapitel wurden relevante Grundlagen und Begriffe zur Wissensmodellierung vorgestellt. Diese Aspekte werden aus Sicht der vorliegenden Arbeit in zwei Sichtweisen auf die Thematik der Wissensmodellierung eingeteilt:

- zum einen aus der Menschensicht und
- zum anderen aus der Systemsicht.

Diese Sichtweisen treffen für die produktive Benutzung von interaktiven, digitalen Wissensmodellierungssystemen im Alltag aufeinander.

Bezüglich des Menschen wurden in diesem Kapitel Aspekte und Modelle der Sinnerschließung sowie die Bildung interner Repräsentationen betrachtet.

Bezüglich der Systemsicht wurden die technische, formale Repräsentation von Wissen, der Prozess der Wissensformalisierung sowie entsprechende semantische Technologien beleuchtet. Zwei wesentliche Nachteile formaler Wissensrepräsentation sind dabei zum einen die aufwendige Dateneingabe durch Benutzer sowie zum anderen der aufwendige Prozess der Wissensformalisierung und -pflege.

Visualisierungsmethoden, welche bei der Arbeit der Wissensmodellierung unterstützen können, fungieren dabei für Benutzer als externe Repräsentation während des Arbeitsprozesses. Insbesondere während der Sinnerschließung, welche Teil der Wissensmodellierung ist und durch ständige Veränderung externer Repräsentationen gekennzeichnet ist, kann eine entsprechend gestaltete Visualisierungsmethode helfen.

Um in diesem Kontext wirkungsvolle Visualisierungsmethoden für das interaktive Erfassen und Strukturieren von Informationen zu entwickeln, wird im folgenden Kapitel eine Praxisanalyse der Wissensmodellierung durchgeführt.

## 3 Praxisanalyse der Wissensmodellierung

Fachdisziplinübergreifend stehen Menschen beim Erschließen neuer Sachverhalte unterschiedliche Werkzeuge und Hilfsmittel zur Verfügung. Digitale Systeme spielen zunehmend eine wichtige Rolle in diesem Prozess. Im vorliegenden Kapitel werden die unterschiedlichen Arten der in der Praxis vorkommenden Arbeitsweisen analysiert, um ein tieferes Verständnis der von Benutzern ausgeführten Tätigkeiten zu erlangen. Ziel dabei ist es, ein erstes Anforderungsprofil für die Entwicklung geeigneter Visualisierungsmethoden für das interaktive Strukturieren von Informationen im Kontext der Wissensmodellierung zu schaffen.

### 3.1 Relevanz der Arbeit mit Wissen

In der Praxis hat jeder Fachexperte innerhalb seiner Berufsgruppe – beispielsweise Konstrukteur, Forscher oder Informatiker – seine eigene Arbeitsweise. Dies erschwert Bestrebungen zur generellen Optimierung, Standardisierung und Formalisierung von Methoden, Werkzeugen und Prozessen erheblich. Nach Lutz haben jedoch alle Arbeitsweisen eines gemeinsam: Sie basieren auf Erfahrung und Fachwissen (vgl. [117, S.2]). Persönliches Wissens- oder Informationsmanagement im privaten oder beruflichen Rahmen sowie unternehmensweite Organisation der Arbeit mit Wissen spielen dabei eine wichtige Rolle.

Dass Wissen für viele Unternehmen zu einer der wertvollsten Ressourcen geworden ist, zeigt bereits die strategische Managementliteratur der 1990er Jahre, in welcher sich eine wissensbasierte Perspektive für „*Wissen managen*“ [147] bzw. „*Wissensmanagement*“ [147] entwickelte (vgl. [132, 181]). Heute suchen Firmen dabei nach Lösungen, wie „*Big Data*“ in „*Smart Data*“ transformiert werden kann<sup>1</sup>. Studien zeigen, dass in vielen Unternehmen Wissen als Produktionsfaktor mehr als 50 Prozent der Wertschöpfung ausmacht (vgl. [203]). Aktuelle wissenschaftliche Arbeiten greifen diese Perspektive auf und streben eine Weiterentwicklung des Begriffs Wissensmanagement an (vgl. [167, 53]). Wissensmanagement beinhaltet nach Schreyogg und Geiger (vgl. [167, S.17])

---

<sup>1</sup><http://cid.com/solutions/smart-data-competitive-intelligence-knowledge-management> (zuletzt besucht am 15.10.2014)

die Prüfung und Selektion von Wissen in Unternehmen. Ehms erläutert die widersprüchliche Theorielage zur Begriffsdefinition (vgl. [53, S.13ff]). Er stellt heraus, dass eine Entscheidung für eine bestimmte Konstruktion von Managementprozessen immer auch eine Entscheidung gegen andere Konzeptionen und damit eine risikoreiche Selektion ist (vgl. [53, S.29]). Diese Selektion ist seiner Ansicht nach nur vertretbar, wenn eine genaue Kenntnis des zu lösenden Wissensproblems vorliegt. Je genereller also der Ansatz, desto schwerer wird Wissensmanagement in einer Organisation umsetzbar. Sensibilisiert durch diese Ansätze und Konzepte, suchen Unternehmen und Organisationen nach Möglichkeiten, Erfahrung von Fachexperten und spezifisches (Produkt-)wissen innerhalb des Unternehmens verfügbar zu machen und im Entwicklungsprozess einzusetzen (vgl. [117, S.2]). Lutz nennt hierfür als Grund die „*Entlastung der ‚kreativen Köpfe‘ und Einsatz dieser für die Entwicklung neuer Produktinnovationen. Gerade in Zeiten akuten Technikermangels müssen die Personalressourcen effektiv eingesetzt werden*“ (vgl. [117, S.2]) .

Der Faktor Wissen beinhaltet dabei auf persönlicher sowie organisatorischer Ebene die folgenden Aspekte:

- Erlangen / Aneignen,
- Wiederverwenden,
- Teilen und Diskutieren,
- Erweitern.

## 3.2 Rollen von Wissensarbeitern

Der Begriff des Wissensarbeiters dient in der vorliegenden Arbeit als Überbegriff. Unabhängig vom spezifischen Fachgebiet oder Beruf bezeichnet er Akteure, deren bezahlte oder private Arbeit zu einem großen Teil aus dem Finden, Analysieren, Erstellen, Weiterentwickeln, Produzieren oder Archivieren von Information besteht. Sellen et al. nehmen eine ähnliche Einteilung von Wissensarbeitern vor, um deren Verhalten beim Umgang mit Informationen im Web zu studieren (vgl. [169, S. 228]). Lutz betrachtet die Domäne des Maschinenbaus und definiert dabei die Rollen des Fachgebietsexperten und des Wissensingenieurs (vgl. [117, S.43]), die als spezielle Typen von Wissensarbeitern gesehen werden können.

Ein Fachgebietsexperte besitzt in der Regel implizites (Erfahrungs-)Wissen in einem bestimmten Fachbereich. Der Wissensingenieur hingegen ist kein Spezialist in diesem Fachgebiet, jedoch mit den Methoden der Formalisierung von Wissen vertraut. Er hat die Aufgabe, das Fachwissen des Fachgebietsexperten soweit zu verstehen, dass er es strukturieren, formalisieren und entsprechend in einem wissensbasierten System

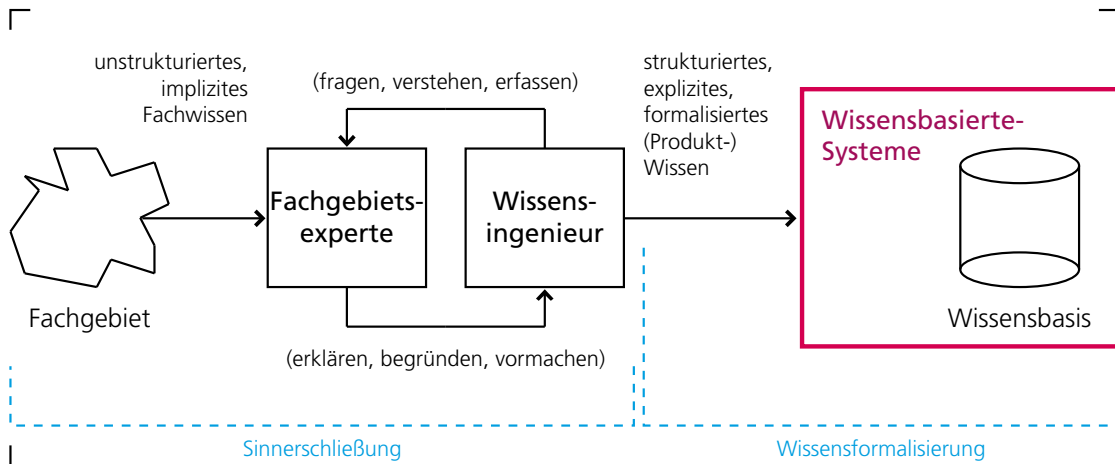


Abb. 3.1: Die Rollen von Fachgebietsexperte und Wissensingenieur (in Anlehnung an [205, S.153] sowie [117, S.43]), wobei bisherige computergestützte Systeme (Magenta dargestellt) ausschließlich die Eingabe von bereits strukturiertem und formalisiertem (Produkt-) Wissen erlauben.

implementieren kann (vgl. Abbildung 3.1). Der Wissensingenieur „übersetzt“ auf diese Weise implizite Erfahrung in maschinenlesbares, explizites Wissen, mit dem Ziel, dieses Wissen unabhängig von menschlichen Individuen zu speichern. Diese Rollenverteilung ist nicht nur für den Maschinenbau zutreffend, sondern auch für andere Domänen – wie beispielsweise Medizin, Biologie, Material- oder Informationswissenschaft.

### 3.3 Arbeitsprozesse der Wissensmodellierung

Bei der in Abbildung 3.1 dargestellten Rollenverteilung, können grundlegend zwei Arten von Arbeitsprozessen innerhalb der Wissensmodellierung identifiziert werden:

- die Erhebung oder Aneignung von Wissen – in der vorliegenden Arbeit als *Sinerschließung* bezeichnet,
- die Formalisierung und Implementierung des erarbeiteten Verständnisses in Form eines wissensbasierten Systems – in dieser Arbeit als *Wissensformalisierung* bezeichnet.

### 3.3.1 Sinnerschließung als Arbeitsprozess

Der Begriff Sinnerschließung umfasst sämtliche Prozesse, welche der Mensch beim Verstehen neuer Sachverhalte durchläuft. Bei der Sinnerschließung geht es darum, in scheinbar unstrukturierten Situationen die entscheidende, wichtige Struktur zu finden (vgl. [64, 151]). Charakteristika dieses Prozesses sind

- lückenhaftes Wissen, welches iterativ erweitert wird,
- Mehrdeutigkeiten, die es mit der Zeit auszuräumen gilt und
- häufige Veränderungen von verstandenen Zusammenhängen zwischen Informationen.

Zudem ist die Struktur und Menge benötigter Daten im Vorfeld nicht absehbar. Bei komplexeren Sachverhalten nehmen externe Repräsentationen während der Sinnerschließung eine zentrale Rolle zur Unterstützung des Prozesses ein.

### 3.3.2 Wissensformalisierung als Arbeitsprozess

Gegenstand der Wissensformalisierung ist es Wissen bestmöglich unabhängig von Menschen zu speichern sowie dieses Wissen so zu formalisieren, dass es durch Computer lesbar und damit berechnen- sowie messbar wird. Ziel dabei ist es wertvolles Wissen nachhaltig zu speichern und persistent zu halten.

Diese beiden Ziele erscheinen gegensätzlich, sind jedoch in nahezu jeglicher Wissensarbeit enthalten (vgl. [48, S.38]). Theoretische Grundlagen zu diesen beiden Begriffen wurden in Kapitel 2 genauer beschrieben.

## 3.4 Stand der Forschung und Technik

### 3.4.1 Durchgeführte Befragungen von Wissensarbeitern

#### Befragung Digital versus Papier

Während des Promotionsvorhabens wurden Befragungen mit Wissensarbeitern unterschiedlicher Firmen (8) sowie mit Wissenschaftlern (13) und Studenten (4) verschiedener Disziplinen durchgeführt<sup>2</sup>, um Vorgehensweisen und verwendete Technologien während der Sinnerschließung abzufragen. Insgesamt wurden 25 Personen befragt, davon 16 aus dem Fachgebiet Medieninformatik, zwei aus der Informatik, und jeweils einer

<sup>2</sup>Diese Befragung wurde als Teil der Evaluation des Basis-Editors durchgeführt (vgl. Kapitel 6)

aus den Disziplinen Maschinenbau, Industriedesign, Architektur, Softwareentwicklung, Philosophie, Psychologie und Mathematik. Die Befragung ergab, dass 17 von 25 Leuten Papier am Anfang einer Arbeit verwenden, die das Verstehen neuer Sachverhalte – also Sinnerschließung – beinhaltet. Beispielsweise sagte ein Proband:

*„Es kommt auf die Komplexität der Aufgabe an, mit vielen Teilaspekten verwende ich auf jeden Fall Papier, da es mir zu lange dauert den Computer erst zu starten.“*

In der Regel scheinen Studienteilnehmer Papier zu bevorzugen, um erstmal schnell Gedanken fest zu halten, so lange bis sie – durch Platzmangel oder neue Erkenntnisse – gezwungen werden, ihre Darstellungen zu überarbeiten. Dann wird in der Regel auf digitale Werkzeuge gewechselt. Beispielsweise sagte ein Proband:

*„Erst mal benutze ich Papier und Stift. Es ist dann meistens so, dass ich mir erst mal eine grobe Skizze mit Papier und Stift mache – frei, keine festen Regeln wie Mindmapping. Und wenn ich dann eingearbeitet bin und umordne oder strukturiere, dann übertrage ich das Erstellte ins Digitale.“*

Weitere Kommentare waren *„wenn ich so für mich selbst Dinge verstehen will, mache ich das viel mit Zettel und Stift“*, bzw. *„ich bevorzuge, wenn ich es digital speichern kann. Aber Zusammenhänge herstellen, etwas durchdenken mache ich oft auf Papier“*.

Aussagen wie *„bisher fehlt mir das perfekte Werkzeug, deswegen nutze ich Papier. Aber es ist immer nervig, wenn ich Informationen weiterverwenden will. Weil ich dann irgendwann zum Rechner wechsele“* wurden von drei Probanden genannt.

Diese Beobachtungen wurden durch Kommentare von Firmenmitarbeitern auf Konferenzen, wie beispielsweise der i-KNOW auf welcher Prototypen der vorliegenden Arbeit präsentiert wurden (vgl. [23, 30]), bestätigt.

### **Workshop “Skizzieren für das Wissensmanagement”**

Neben dieser Befragung wurde im Rahmen der Arbeit ein Workshop zum Thema *Skizzieren für das Wissensmanagement* mit 6 Teilnehmern durchgeführt (vgl. [97, S.52f]). In diesem Kreativworkshop wurde sich mit der Frage beschäftigt, welche Interaktions- und Darstellungsmuster für computerbasierte Systeme zur Unterstützung infrage kommen könnten. Um dies zu gewährleisten, ist es entscheidend, wiederkehrende Muster beim Skizzieren zu identifizieren. Als thematische Basis des Workshops diente die Konsensbildung zum Thema „Visualisierung“, das heißt Teilnehmer fanden sich in Zweiergruppen zusammen und erarbeiteten mit Stiften und Papier eine Darstellung ihrer Sicht auf das Thema „Visualisierung“.

Durch die Freihandzeichnung haben alle Darstellungen eine gewisse Einzigartigkeit, welche beim Wiedererkennen von Inhalten hilft. Darstellungen werden dabei ohne Einschränkungen, wie beispielsweise Raster oder Hilfslinien, erstellt. Nur der Rahmen gibt eine bestimmte „Endlichkeit“ des entstehenden Bildes vor.

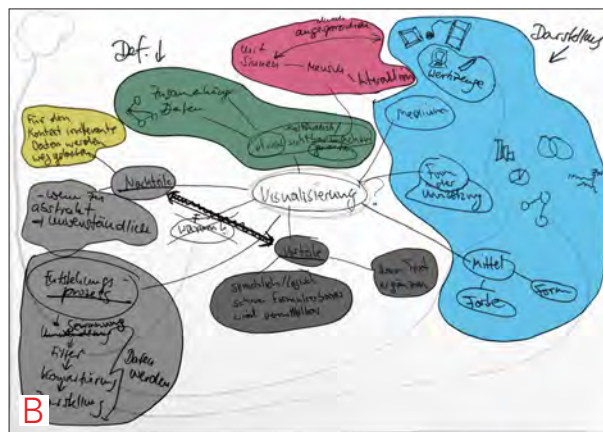
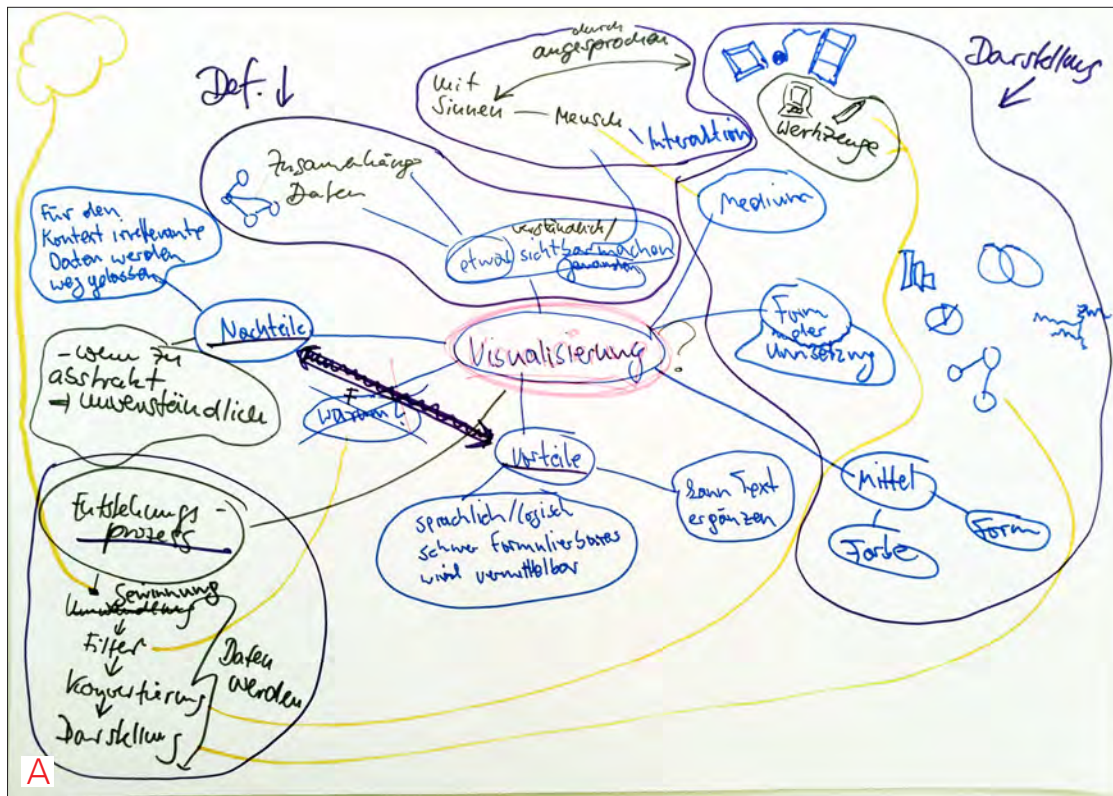


Abb. 3.2: Beispiel einer Darstellung auf Papier (A) zum Thema „Visualisierung“ (vgl. [97, S.53]), mit formalästhetisch orientierter Beschreibung erstellter Freiformgruppen (B).



Abbildung 3.2, A zeigt ein Beispiel von entstandenem Arbeitsmaterial. Dieses Beispiel ist insofern typisch, da die Urheber der Darstellung beim Arbeiten nicht auf die Schönheit oder künstlerische Qualität Wert legten, sondern auf die Veranschaulichung ihrer Gedanken zum Thema des Workshops.

Die Darstellung zeigt beispielsweise Freiformen, die sukzessive hinzugefügt wurden, um Inhalte thematisch zu trennen. In Abbildung 3.2, B werden die inhaltlichen Abgrenzungen, welche durch Umrandungen visuell ausgedrückt wurden, farblich hervorgehoben. Auffällig ist bei der rot markierten Umrandung die Grenzziehung um das Wort „Interaktion“. Nach dem „Gesetz der Nähe“ [210, S.342] hätte das Wort „Interaktion“ einen gleichstarken Bezug zu „Mensch“, „Werkzeuge“ und „Medium“. Durch die Umrandung wird das Wort jedoch von den nahestehenden abgegrenzt. Palmer bezeichnet diese Wahrnehmung derartiger Eingrenzungen als „Prinzip der gemeinsamen Region“ (original „law of common region“ [141, S.439]). Ein ähnlicher Sachverhalt ist bei der Abgrenzung zwischen der gelb bzw. grün markierten Gruppierung zu beobachten. Ohne die Umrandungen würde das blaue Symbol (in der grün markierten Gruppe ganz links) als zugehörig zum Text in der gelbmarkierten Gruppe wahrgenommen werden.

Gezeichnete Umrandungen schließen im aktuellen Beispiel auch weitere Umrandungen ein. Auf diese Weise entsteht eine Hierarchie zwischen diesen. Werden Regionen durch andere Regionen eingeschlossen nennt Palmer dies „hierarchisches Einbetten“ (original „hierarchical embedding“ [141, S.443]).

Während ihrer Arbeit mit Papier und Stift wurde den Teilnehmern bewusst, dass sie gerne gezeichnete Informationen verschoben oder skaliert hätten – besonders weil der Platz limitiert war. Die Unveränderlichkeit von Form und Farbe wurde ebenfalls als Nachteil genannt. Da nicht mit Bleistift gearbeitet wurde, konnten Inhalte nur durch Streichen, nicht aber durch Radieren, entfernt werden.

Durch die Workshopteilnehmer wurden drei verschiedene Sichtweisen innerhalb eines computergestützten skizzenbasierten Systems auf Inhalte für sinnvoll erachtet:

1. Operieren: Hierbei steht das Begreifbarmachen von Inhalten im Vordergrund sowie die visuelle Bildung von Sinneinheiten. Diese sollen einfach und flexibel veränderbar sein.
2. Reflektieren: Wissensarbeiter sollen in der Lage sein, Rücksprünge in der Zeit zu vollziehen, um vergangene Arbeitsschritte aufzurufen oder zu reflektieren. Gegebenenfalls kann es hilfreich sein ein paar Schritte zurückzugehen und einen neuen Weg einzuschlagen.

3. Assoziieren: Während der Arbeit haben Benutzer oft spontane Assoziationen zu digital vorliegenden Informationen aus anderen Programmen oder Quellen. Diese sollten einfach verknüpfbar sein. Es könnte interessant sein, zu den manuell erarbeiteten Inhalten, zusätzliche Assoziationen durch semantische Technologien anzuzeigen.

### 3.4.2 Werkzeuge zur Sinnerschließung

Die erwähnten Merkmale von Sinnerschließungsprozessen – beispielsweise Mehrdeutigkeiten, Unklarheiten und fehlende Struktur – stellen Hürden bei der Wissensmodellierung dar. Sie erschweren die Unterstützung des Prozesses mit digitalen oder physischen Werkzeugen.

**Papier und Stift** Skizzen sind eine der weitverbreitetsten Hilfsmittel um Gedanken "festzuhalten". Im englischsprachigen Raum wird dabei von der Methode des „*Sketching*“ gesprochen [95]. Da diese Methode dem deutschen Begriff des *Skizzierens* gleichgesetzt werden kann, wird dieser in der vorliegenden Arbeit verwendet. Grundlegend helfen Skizzen unausgesprochene Überlegungen explizit zu machen. Man kann sagen, ein Wissensarbeiter geht bei der Arbeit mit Papier und Stift in einen visuellen Selbstdialog (vgl. [142, S.373], [192, S.106], Abbildung 3.3).

Das Skizzieren ist eine fachdisziplinübergreifende, universell einsetzbare Methode. Das Spektrum erstellter Skizzen reicht dabei von spontan kreierte Kritzeleien über grob gezeichnete Diagramme bis hin zu exakten isometrischen Projektionen. In den meisten Fällen sind die Ergebnisse zweidimensional und beinhalten handschriftliche Anmerkungen.

Einer der Vorteile des Skizzierens liegt laut Johnson darin, dass es erlaubt, Ideen schnell visuell zu repräsentieren – ohne voreilig Entscheidungen treffen zu müssen. Eine Skizze ähnelt seiner Ansicht nach einem Vorschlag, welcher im Nachhinein verändert, verworfen oder weiterentwickelt werden kann [95, S.2].

Johnson et al. erachtet das Skizzieren als schrittweisen Prozess, welcher Problemeingrenzung und das Explorieren möglicher Lösungen beinhaltet (vgl. [95, S.2]). Bezogen auf das Entwerfen von Produkten nahm dies laut Buxton bereits im Mittelalter seinen Lauf (vgl. [33, S.105ff]). Der Grund lag seiner Ansicht nach in der wachsenden Trennung des Herstellungsprozesses vom Entwurfsprozess, was der zunehmenden Komplexität der Produkte geschuldet war. Dieser Trend setzt sich bis heute kontinuierlich aufgrund der technologischen Entwicklung fort.

Zusammenfassend kann man die Eigenschaften des Skizzierens folgendermaßen auflisten:

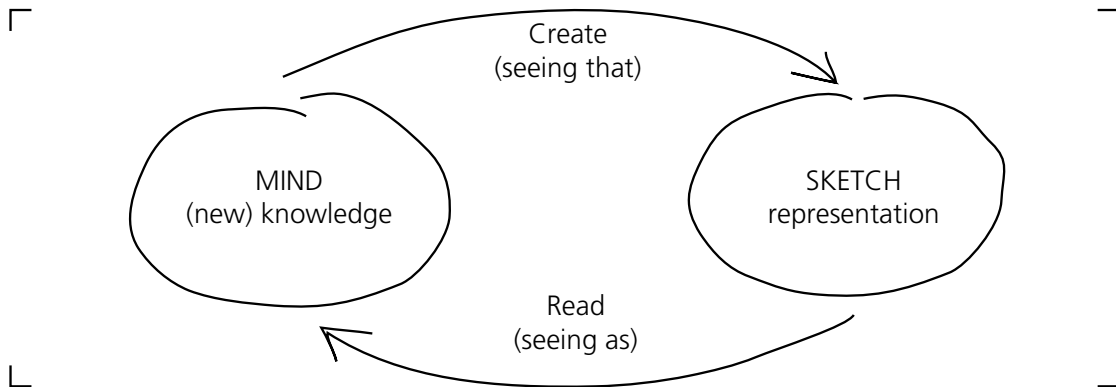


Abb. 3.3: Skizze eines Dialogs zwischen Mensch und seiner Skizze (Abbildung nach [192, S.106]).

- einfach und schnell zu erstellen,
- transportabel,
- provisorisch, bruchstückhaft, informell,
- bedingen keine Vollständigkeit,
- das Aussehen kommuniziert: „in der Entwicklung befindlich“ (nach [194, S.79]), Möglichkeit der Veränder- und Erweiterbarkeit wird sichtbar,
- Abstraktion: Anpassbarkeit an die jeweiligen Anforderungen einer gegebenen Aufgabe,
- Zulassen von Mehrdeutigkeiten: unterschiedliche Interpretationsmöglichkeiten, welche neue Sichtweisen auf einen gegebenen Sachverhalt ermöglichen (kontextabhängige Bedeutung [95, S.14], vgl. Abbildung 3.4)
- Möglichkeit der Exploration unbekannter Sachverhalte: Verwendbarkeit bei unklarer Strategie (vgl. [95]),
- geeignet zur Entscheidungsvorbereitung und Ideenentwicklung (vgl. [194, 57, S.79]).

Ausführliche Forschungsarbeiten zum praktischen Einsatz von Skizzen im Bereich des Unternehmensmanagements (vgl. [54, 142]) bestätigen die Relevanz des Skizzierens für die Praxis.

**Digitale Werkzeuge** Seit der Pionierarbeit 1964 von Sutherland zur stiftbasierten, digitalen Konstruktion (vgl. [188]) wurden zahlreiche Ansätze, das Skizzieren mit Computerunterstützung zu ermöglichen, untersucht. Beispiele konkreter Werkzeuge dazu werden

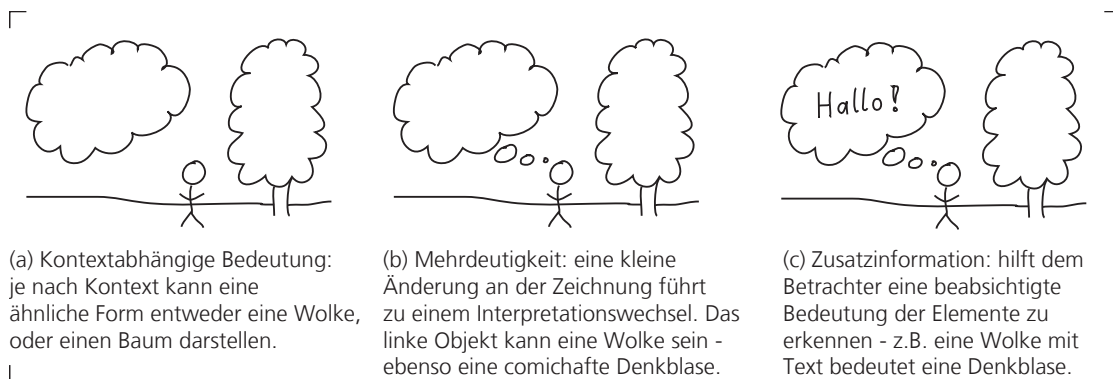


Abb. 3.4: Kontextabhängige Bedeutung und Mehrdeutigkeit (Abbildung nach [95, S.14]).

in Abschnitt 4.3 beschrieben. Bis zum praktischen Einsatz im Bereich der Sinnerschließung in der Industrie sind bisherige skizzenbasierte Forschungsansätze und -prototypen kaum vorgedrungen. Stattdessen werden beispielsweise Präsentationsanwendungen (vgl. [124, 2, 58]), Textverarbeitungsprogramme, Tabellenkalkulationssysteme oder Pinnwandssysteme (vgl. [123, 55]) verwendet. In den meisten Fällen wird jedoch auf Papier und Stift oder Whiteboards zurückgegriffen. Furnas et al. (vgl. [63]) zur Folge beruht dies darauf, dass diese Medien einfache Interaktionsmuster (Originaltext: „*light-weight operations*“ [63]) erlauben. Den Ergebnissen seiner Studie zufolge ist es wichtig, die grundlegenden Interaktionsaufwände von digitalen Systemen zu minimieren. Diese werden seiner Ansicht nach bei derzeitigen digitalen Sinnerschließungssystemen häufig übersehen (vgl. [63]).

### 3.4.3 Werkzeuge zur Wissensformalisierung

Gängige Werkzeuge zur Wissensformalisierung besitzen menügesteuerte Benutzeroberflächen. Beispiele dieser Werkzeuge werden in Abschnitt 8.5 beschrieben. Eine produktive Verwendung dieser Benutzeroberflächen setzt voraus, dass sich der Benutzer in die Terminologie der Formalisierungsart (zum Beispiel einer Ontologie) einarbeitet, um die entsprechenden Befehle in der menügesteuerten Programmoberfläche finden und nutzen zu können. Dies führt dazu, dass nur wenige Wissensformalisierungsexperten – zumeist die Wissensingenieure in Unternehmen – diese Art von Software benutzen können. Deswegen sind sie oft die Einzigen in einem Unternehmen, welche das Wissen digitalisieren können (vgl. Abbildung 3.1). Das macht die Übertragung von Fachgebietswissen ins Digitale für Unternehmen kostenintensiv und unflexibel. Da sich kleine und mittelständische Firmen derartige Spezialisten nicht leisten können, kommen diese Werkzeuge und Methoden dort nicht zum Einsatz.

## 3.5 Probleme und Herausforderungen aktueller digitaler Systeme

Während der Wissensarbeit werden Informationen gesammelt und organisiert, um mittels der so gewonnenen Struktur persönliche Erkenntnisse über einen Sachverhalt zu erlangen.

Existierende Werkzeuge sind so gestaltet, dass mit ihnen wohldefinierte Sachverhalte organisiert und systemseitig abgebildet werden können. Die Persistenz der Daten ist dabei ein wesentliches Ziel des Einsatzes solcher Systeme. Da jedoch insbesondere Sinnerschließungsprozesse unvorhersehbare Arbeitsabläufe mit sich bringen, die durch ständiges Reorganisieren geprägt sind, können solche Werkzeuge diese nicht ausreichend unterstützen. Oftmals behindern diese Systeme eher den Arbeitsfluss der Wissensarbeit als diesen zu unterstützen. Dadurch sinkt die Akzeptanz dieser Werkzeuge (vgl. [130]). Fank und Katerkamp haben in einer Studie mit 21 Unternehmen zur Motivation von Mitarbeitern beim Einsatz von computergestützten Systemen festgestellt, dass der zeitliche Aufwand für die Erstellung von Inhalten 58 Prozent der Befragten davon abhält, das System zu verwenden (vgl. [56]). Katerkamp et al. beschreiben, dass viele bisherige Unternehmensstrategien auf speziellen ausgefeilten Anreizsystemen beruhen, um diese Systeme trotz der Nachteile zu nutzen. Jedoch wird damit das grundlegende Problem nicht gelöst (vgl. [51]).

Zentraler Punkt der Ablehnung von computergestützten Systemen bei der Wissensarbeit ist die Hürde bei der Benutzung: In den frühen Phasen der Wissensmodellierung ist die wichtigste – und oftmals fehlende – Eigenschaft eines digitalen Werkzeuges, dem Benutzer die Interaktion mit geringstem Einsatz und geringster Anstrengung zu ermöglichen (vgl. [130]). Wie in Abschnitt 3.4.1 beschrieben, wurde in eigenen Befragungen festgestellt, dass Wissensarbeiter (unabhängig davon ob sie in Firmen arbeiten oder nicht) zu Beginn ihrer Arbeit entweder auf digitale Unterstützung verzichten und die Kosten der Übertragung ins Digitale in Kauf nehmen oder die beschriebenen Nachteile bei der Eingabe billigen, um digital benötigte Inhalte sofort zu im Computer speichern. Verwandte Studien im Bereich des Notierens von Informationen während Meetings – wie beispielsweise von Brandl et al. durchgeführt – zeigen, dass nahezu alle befragten Personen (92% der 12 Probanden) regelmäßig wichtige Notizen in digitale Systeme überführen (vgl. [32, S.602]).

Dies bestätigt, dass entsprechend flexible digitale Systeme fehlen. Folglich wird der frühe Prozess der Wissensmodellierung aktuell nicht ausreichend digital unterstützt. Durch den Prozess der Digitalisierung von erarbeitetem Wissen, welches sich auf Papier oder Whiteboards befindet, wird wertvolle Arbeitszeit hochqualifizierter Mitarbeiter benötigt. Dies verursacht Kosten, welche durch entsprechende Systeme eingespart werden könnten (vgl. Abbildung 3.5). Eine Lösung oder ein passendes computergestütztes

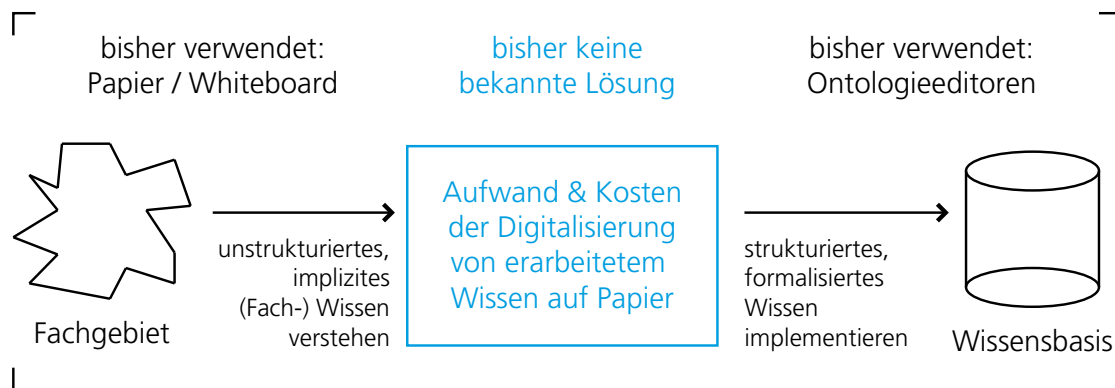


Abb. 3.5: Entstehender Aufwand und Kosten bei der Wissensmodellierung.

System für die Wissensmodellierung wurde im Rahmen der Recherche der vorliegenden Arbeit nicht gefunden. Eine Übersicht verwandter Ansätze wird in den Abschnitten 4.3 bzw. 8.5 beschrieben.

Auf Basis der bisherigen Erkenntnisse wird deutlich, dass es an digitalen Systemen fehlt, die Folgendes gewährleisten:

1. eine digitale Unterstützung während der Sinnerschließung (Mehrdeutigkeiten, Unvollständigkeit),
2. mit ausreichender Flexibilität bei der Erstellung und Veränderung von Inhalten und
3. einem fließenden Übergang zwischen den Arbeitsprozessen der Sinnerschließung und Wissensformalisierung.

## 3.6 Lösungsansatz: Freiform-Wissensmodellierung

### 3.6.1 Formalästhetische Orientierung an der Praxis

Wissensarbeiter können Laien im Sinne der Gestaltung sein und dennoch arbeiten sie, wie beschrieben, in der Praxis visuell an Whiteboards oder auf Papier. Sie gestalten mit diesen Hilfsmitteln ihre Gedanken. Die erstellten (Frei-)Formen bestehen in der Regel aus Linien und Umrandungen von geschriebenen Inhalten (vgl. Beispiel in Abbildung 3.2). Farbe wird zur Hervorhebung genutzt. Da die Darstellungen per Hand erstellt werden, zeichnen sich diese durch eine bestimmte „Merkwürdigkeit“ aus. Das heißt, jede Form hat eine gewisse Einzigartigkeit und damit auch eine besondere Auffälligkeit, welche beim Wiedererkennen von Inhalten hilft. Darstellungen können einfach sein, regel-frei, aber auch komplex und vielfältig bis hin zu Diagrammen mit definierter Symbolik.

Auf Whiteboards und Papier gibt es keine Einschränkungen wie Raster oder Zeilenabstand, jedoch den Rahmen, welcher eine „Endlichkeit“ oder „Abgeschlossenheit“ des entstehenden Bildes vorgibt. An dieser Art der formalästhetischen Funktion und des narrativen Wissens sollte sich eine digitale Anwendung orientieren, wenn sie auf einen Benutzerkreis von Laien und Experten im Gestalten von Gedanken gleichermaßen abzielt.

### 3.6.2 Menschzentrierte Gestaltung der Prozesse und Systeme

Aus den theoretischen Vorüberlegungen und empirischen Untersuchungen soll nun ein Konzept entwickelt werden, welches die bestehende Lücke schließt. Zentraler Punkt dabei ist nicht Anreize zu schaffen, um Systeme mit Schwächen zu nutzen, sondern die Systeme an die Prozesse des Menschen anzupassen. Dies beinhaltet dem Benutzer die Möglichkeit zu geben, die Wissensmodellierung mit bekannten spezifischen Beispielen aus seinem Erfahrungsalltag zu beginnen. Anschließend kann sich ein Benutzer schrittweise die dahinterstehenden, abstrakten Konzepte erarbeiten und formalisieren.

Der spezielle Neuwert hierbei ist, dass die Visualisierung gleichzeitig die (maschinenlesbare) Dokumentation ist. Dadurch bewirkt jede Veränderung auf visueller Ebene synchron eine Veränderung der Dokumentation. Somit liegt zu jedem Zeitpunkt der Arbeit des Fachgebietsexperten eine (aufwandsfreie, automatische) digitale Dokumentation der Überlegungen vor. Diese ist auch für das Zurückgreifen auf frühere Arbeitszustände und Überlegungen vorteilhaft – insbesondere im Falle, dass Wissen (versehentlich) in eine nicht zielführende Richtung modelliert wurde und die Repräsentation später aufgrund neuer Einsichten verändert werden muss.

### 3.6.3 Definition Freiform-Wissensmodellierung

Zur Entwicklung geeigneter Visualisierungsmethoden wird die Art und Weise wie Darstellungen auf Papier und Stift erstellt werden mit rechnergestützten Modellierungs- und Formalisierungsmethoden in neuartigen Konzepten vereint.

Bei der Interaktionsgestaltung wird besonderer Wert auf die Veränderbarkeit der Inhalte mit minimalem Interaktionsaufwand gelegt, um die Benutzungshürde zu minimieren. Dies ist besonders am Anfang der Wissensmodellierung bei der Sinnerschließung für die Akzeptanz eines digitalen Systems entscheidend. Die Verwendung eines Tablet-Computers ist hier essenziell, da diese Hardware durch Berühren der Benutzeroberfläche nahezu unmittelbar betriebsbereit ist. Durch Verwendung einer digitalen Stiftunterstützung ähnelt das Benutzererleben dem von Papier und Stift, was eine hohe Vertrautheit im Umgang mit der Anwendung ermöglicht. So wird die Benutzungshürde zusätzlich gesenkt.

Durch die Verwendung einer digitalen Stiftunterstützung stellen sich besondere Anforderungen an die Interaktion mit einem digitalen System. Um diese Anforderungen genauer beschreiben zu können, werden entsprechende Begriffe benötigt. Aufbauend auf Moran et al. werden für die vorliegende Arbeit folgende Begriffe definiert (vgl. [128]):

- Ein visueller Editor enthält *grafische Objekte* (abgekürzt GO), welche eine bestimmte Position in einem 2-D Raum besitzen. Benutzer können diese manipulieren.
- Wird ein GO mit einem oder mehreren anderen GO durch Benutzer dauerhaft verknüpft, so ist das Konstrukt ein *zusammengesetztes Grafisches Objekt*.
- Ein *freies grafisches Objekt* (abgekürzt FGO) ist ein GO ohne Randbedingungen oder strukturelle Relationen zu anderen GO. Mit diesem kann ein Benutzer unabhängig von allen anderen GO im Raum interagieren. Jede Art von GO kann ein FGO sein (Striche, Textzeichen, Icons, zusammengesetzte GO). Typische Interaktionen sind dabei Zeichnen, Löschen, Verschieben und Gesten ausführen.
- Besteht eine externe Repräsentation ausschließlich aus FGO ist sie eine *Freiform-Repräsentation*.
- Die unbeschränkte Interaktion mit einer solchen Repräsentation wird als *Freiform-Interaktion* (original: "*freeform interaction*" [128]) definiert.

Da in der vorliegenden Arbeit die Freiform-Interaktion zur Unterstützung der Wissensmodellierung eingesetzt wird, werden entsprechende Visualisierungsmethoden als *Freiform-Wissensmodellierung* definiert.

Zur Umsetzung eines Systems, welches diese Freiform-Wissensmodellierung unterstützt, wurde im Rahmen der Arbeit ein grundlegender Aufbau entwickelt, der aus folgenden Komponenten besteht (vgl. Abbildung 3.6):

- einer Eingabekomponente, welche das grundlegende Interaktionskonzept zur Eingabe und Navigation sowie Form- und Handschrifterkennung realisiert,
- einer Mappingkomponente, welche durch Verbindung von bestimmten Formen mit entsprechender Bedeutung eine Übersetzung von Skizzen in strukturierte (gegebenenfalls semantische) Daten ermöglicht und
- ein Import- und Export-Modul, welches erlaubt, standardisierte Formate mit anderen Anwendungen auszutauschen.



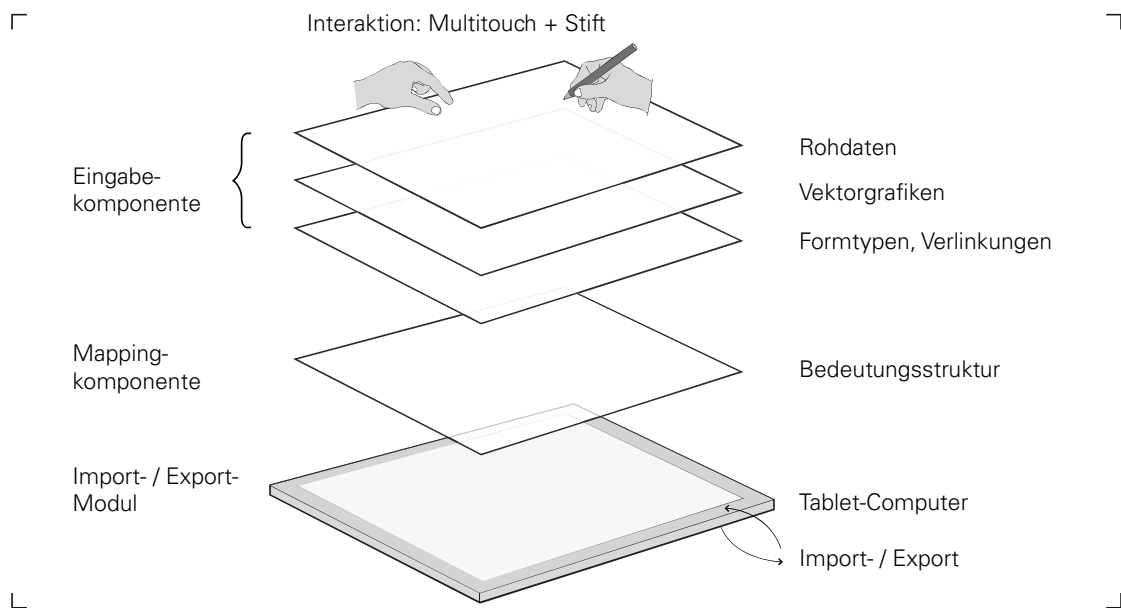


Abb. 3.6: Schematisches Modell eines Freiform-Wissensmodellierungssystems.

### 3.6.4 Basis-Editor

Durch den in Abbildung 3.6 beschriebenen Systemaufbau wird deutlich, dass der Basis-Editor den essenziellen Teil eines Systems zur Freiform-Wissensmodellierung darstellt. Der Basis-Editor unterstützt die Arbeit einzelner Wissensarbeiter zur persönlichen Sinnerschließung von Sachverhalten sowie die Arbeitsprozesse zwischen dem Fachgebietsexperten und dem Wissensingenieur.

Hierbei wird die Kommunikation durch ein derartiges System erleichtert, dieses Werkzeug ersetzt jedoch nicht den Wissensingenieur oder die Kommunikation (vgl. Abbildung 3.7). Es erlaubt insbesondere dem Fachgebietsexperten Darstellungen ähnlich wie mit Stift und Papier bzw. Stift und Whiteboard zu erstellen, allerdings mit dem Vorteil die Daten veränderbar und digital vorzuhalten. Auf diese Art und Weise kann der Wissensingenieur mit den im Dialog erstellten Inhalten weiterarbeiten, ohne diese eigenhändig vom Physischen ins Digitale übertragen zu müssen.

Um Methoden zur Interaktion und externen Repräsentation bezüglich eines solchen Systems zu erforschen, muss eine Lösung erarbeitet werden, welche Vertrautes vom Umgang mit Stift und Papier mit den Vorteilen eines Computersystems zu einem gebrauchstauglichen Konzept vereint (vgl. Kapitel 5). Dieses Konzept wird dann prototypisch realisiert und durch eine experimentelle Studie getestet (vgl. Kapitel 6).

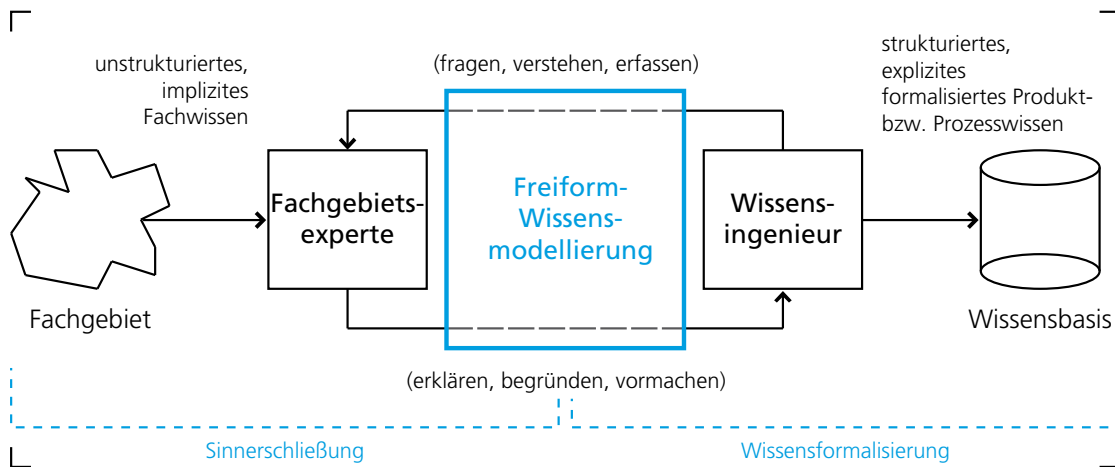


Abb. 3.7: Einordnung des Basis-Editors mit Freiform-Wissensmodellierung zur Erleichterung der Kommunikation zwischen Fachgebietsexperte und Wissensingenieur (in Anlehnung an [205, S.153] sowie [117, S.43]).

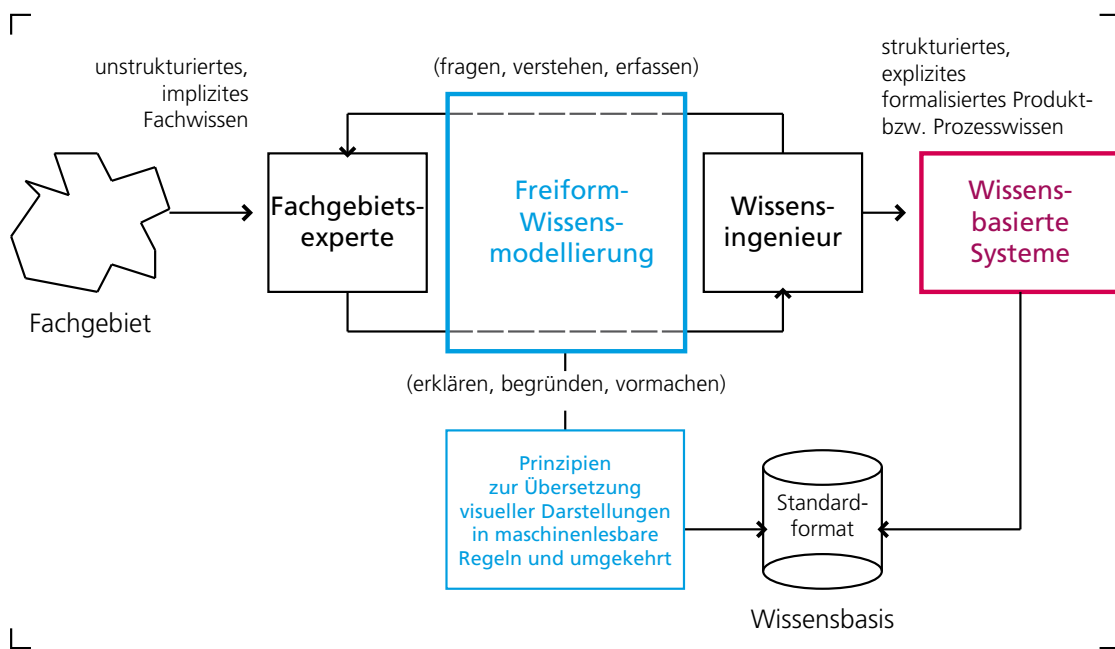


Abb. 3.8: Der Basis-Editor wird durch Kopplung mit einer Matchingkomponente zum Formalisierungs-Editor und gliedert sich in bisherige Arbeitsabläufe ein (in Anlehnung an [205, S.153] sowie [117, S.43]).

### 3.6.5 Formalisierungs-Editor

Neben der Erstellung und Interaktion mit Inhalten wird im Rahmen der vorliegenden Arbeit ein weiterer Aspekt betrachtet: die Formalisierung, das heißt die Überführung der erstellten Inhalte in maschinenlesbares Wissen. Ziele hierbei sind bestehende Werkzeuge zu ergänzen und einen Lösungsansatz zu liefern, um für Benutzer aufwandsarm aus dem Sinnerschließungsprozess in den Prozess der Wissensformalisierung zu wechseln.

Um aus einem System zur Freiform-Wissensmodellierung standardisierte Formate zu exportieren, sind entsprechende Prinzipien zur Übersetzung visueller bzw. skizzenbasierter Darstellungen in maschinenlesbare Regeln essentiell. Resultierende Standardformate stellen sicher, dass auch mit bestehenden Werkzeugen auf die formalisierten Inhalte zugegriffen werden kann (vgl. Abbildung 3.8). Dadurch wird es möglich Arbeitsprozesse frühzeitiger digital unterstützen zu können, als dies bisher möglich ist.

## 3.7 Zusammenfassung der Praxisanalyse

In diesem Kapitel wurden Arbeitsabläufe von Wissensarbeitern analysiert. Dabei wurde zum einen das Zusammenspiel verschiedener Rollen im Umfeld von Unternehmen bzw. Organisationen betrachtet. Zum anderen die Arbeit mit Wissen auf persönlicher Ebene mit der Frage welche Werkzeuge und Hilfsmittel Wissensarbeiter in der Praxis nutzen und wie zukünftige Werkzeuge optimiert werden können. Die Analyse zeigt, dass Papier und Stift aktuell gegenüber digitalen Systemen zur Wissensmodellierung bevorzugt wird. Studien belegen, dass digitale Systeme häufig zu aufwendig zu benutzen sind. Der vorgestellte Lösungsansatz der Freiform-Wissensmodellierung verbindet aus diesem Grund auf Papier gängige Darstellungsmöglichkeiten mit den Vorteilen der Veränderbarkeit in digitalen Systemen. Das Ziel ist auf diese Weise Werkzeuge zu schaffen, die die Benutzungshürde für Wissensarbeiter während der Wissensmodellierung minimieren und ihnen als interaktives externes „Gedächtnis“ dienen. Da es in manchen Fachbereichen wichtig ist, Wissen formalisiert zur computergestützten Weiterverarbeitung verfügbar zu machen, benötigen Wissensarbeiter dort entsprechende Werkzeuge, die sie bei der Wissensformalisierung unterstützen. Speziell auf diesem Gebiet fehlt es an Werkzeugen, die auch von Laien der Wissensformalisierung verwendet werden können.



## 4 Anforderungsspezifikation zum Basis-Editor

In diesem Kapitel werden Anforderungen an den Basis-Editor zur Freiform-Wissensmodellierung definiert. Ziel ist es dabei, die Stärken von Stift und Papier sowie die Vorteile der digitalen Datenhaltung und -verarbeitung zu berücksichtigen. Die Freiform-Wissensmodellierung verbindet die allgemeine Wissensmodellierung mit dem Skizzieren durch die Verwendung eines digitalen Stiftes. Aus diesem Grund sind die folgenden Anforderungen an die von Haller und Abecker definierten „*Requirements for Visual Mapping Approaches*“ [77, 78] sowie an die von Alvarado definierten Gestaltungsrichtlinien für „*Sketch Recognition user interfaces*“ [3] angelehnt.

Die Anforderungen werden im Folgenden aus Benutzersicht sowie aus softwaretechnischer Sicht erläutert.

### 4.1 Anforderungen aus Benutzersicht

Die folgenden Anforderungen aus Benutzersicht (abgekürzt [AB]) zielen darauf ab, Benutzern ihren Arbeitsfluss je nach Präferenz bzw. kognitivem Stil (vgl. Abschnitt 2.4.1.4) gestalten zu lassen. Dies wird durch einen offenen, vorab nicht festgelegten, Arbeitsprozess unterstützt. Darüber hinaus werden keine Pflichteingaben von Benutzern gefordert.

Da Menschen sehr gute Kapazitäten zum Erinnern von visuellem Material besitzen und das Wiedererkennen von Inhalten für sie einfacher ist als Inhalte zu reproduzieren (vgl. Abschnitt 2.4.1.1), sollten Visualisierungsmethoden bei der Wissensmodellierung zum Einsatz kommen.

#### **[AB0] Mobile Verwendbarkeit**

Viele Situationen, in welchen Sinnerschließungsaufgaben anfallen – beispielsweise Gespräche mit Kollegen, bei Arbeitstreffen, bei Messebesuche und Ähnlichem – finden nicht am Schreibtisch statt. Daher sollte eine Anwendung wie der Basis-Editor auf mobilen Geräten wie beispielsweise Tablet-Computern verwendbar sein.

### **[AB1] Freies Skizzieren und Editieren**

Ein Benutzer soll ähnlich wie auf Papier oder Whiteboards ohne Beschränkung zeichnen, schreiben und skizzieren können. Das bedeutet, ein digitales System muss das Erstellen und Entfernen grafischer Objekte gewährleisten. Dabei sollte sich das Erscheinungsbild möglicher Darstellungen formalästhetisch an gängigen Beispielen aus der Praxis orientieren (vgl. Abschnitt 3.4.1). Die Verwendbarkeit „merkwürdiger“ Repräsentationen ist Voraussetzung, um das Wiedererkennen von bekannten Dingen zu vereinfachen (vgl. Abschnitt 2.4.1.1).

### **[AB2] Verortung und Umsortierung grafischer Objekte**

Um das menschliche Ortsgedächtnis (vgl. Abschnitt 2.4.2) zu unterstützen, sollte eine stabile Verortung von Inhalten auf der Zeichenfläche gewährleistet werden. Das heißt, das System entscheidet nicht autonom, wo Inhalte platziert werden, sondern der Benutzer platziert die Objekte. Die Organisation der Inhalte durch den Benutzer hat zudem den Vorteil, dass Informationen tiefer verstanden und besser erinnert werden können (vgl. Abschnitt 2.4.1.1).

Da das (Re-)Strukturieren bei Sinnerschließungsprozessen eine entscheidende Rolle spielt (vgl. Abschnitt 3.3.1), sollte das räumliche Umsortieren grafischer Objekte zu jeder Zeit ohne Informationsverlust möglich sein. Wird die gesamte Freiform-Repräsentation modifiziert (beispielsweise erweitert), sollten grafische Objekte ihre Position beibehalten – zumindest in Relation zur Umgebung (vgl. [77]). Da Menschen Inhalte anhand von Zielen erinnern, hilft eine derartige Verortung beim Abruf der Inhalte (vgl. Abschnitt 2.4.1.1).

### **[AB3] Freie Kategorisierung grafischer Objekte**

Für die Arbeitsprozesse der Wissensmodellierung ist es wichtig, Objekte ad hoc kategorisieren zu können (vgl. Abschnitt 2.4.1.2). Da, wie in Abschnitt 2.4.1.3 beschrieben, eine hierarchische Struktur innerhalb mentaler Kategorienrepräsentationen nachgewiesen wurde, sollte dies auch in einer Freiform-Repräsentation durch den Benutzer abbildbar sein. Darüber hinaus sollte eine Darstellung verschiedener Abstraktionsgrade von Kategorien möglich sein.

### **[AB4] Einfache Veränderung temporärer Arbeitsstrukturen und Inkonsistenzen**

Da Menschen während einer Aufgabenlösung verschiedene mentale Konzepte temporär der gleichen Kategorie zuordnen (vgl. Abschnitt 2.4.1.3) und diese Inkonsistenzen (vgl. Abschnitt 2.4.1.2) während der Arbeit auflösen, sollte ein System eine einfache Modifizierung der Zuordnung ermöglichen. Ebenso ist eine zügige Veränderung der Hierarchisierung notwendig, da das Umstrukturieren ein wichtigen Prozess der Sinnerschließung darstellt und die Organisation von Inhalten ein tieferes Verständnis fördert (vgl. Abschnitt 2.4.1.1, sowie 2.3.1, Reflection-In-Action). Diese Art der Interaktion ermöglicht eine häufige Nutzung von Inhalten, was eine Verstärkung von Assoziationen im Gedächtnis fördert (vgl. Abschnitt 2.4.1.1).

### **[AB5] Verbindungen zwischen grafischen Objekten und schrittweiser Konkretisierung**

Dem Benutzer sollte ermöglicht werden, jedes grafische Objekt mit einem beliebigen anderen zu verbinden. Ferner sollte eine Verbindung über Kategoriengrenzen hinweg möglich sein, denn die Bildung von Assoziationen zu bestehendem Wissen ist einer der wichtigsten Faktoren für die Speicherung und den späteren Abruf von Wissen (vgl. Abschnitt 2.4.1). Dabei ist relevant, dass Benutzer eine situationsgerechte Struktur entwerfen können (vgl. Abschnitt 2.4.2). Grafische Objekte sollten demnach durch Verbindungen mit unterschiedlichem Formalisierungsgrad (implizit, explizit, beschriftet) assoziiert werden können (vgl. dazu auch [78]). Besonders bedeutend zur Sinnerschließung ist, dass Benutzern während des fortschreitenden Aufgabenverständnisses ermöglicht wird, Verbindungen schrittweise zu konkretisieren (vgl. Abschnitt 2.3.1, Reflection-In-Action) und damit in der Ausdrucksweise klarer und gegebenenfalls formeller zu werden.

**[AB5.1] Implizite, unbeschriftete Relationen** Freie grafische Objekte, welche keine explizite visuelle Relation besitzen, erlauben ein einfaches Explorieren neuer Ideen. Verbindungen zwischen freien grafischen Objekten können jederzeit auch implizit durch räumliche Nähe zu anderen ausgedrückt werden. Dies entspräche der Bildung von Sinn-einheiten (vgl. Abschnitt 2.4.1.1) sowie der Abbildung von graduellen Zusammenhängen (vgl. Abschnitt 2.4.1.3). Beispielsweise können durch entsprechende Anordnungen in Leserichtung hierarchische Sortierungen vorgenommen werden. Dies reduziert den Aufwand für Wissensarbeiter während früher Phasen der Sinnerschließung erheblich, da auf diese Weise allein durch die Positionierung von Objekten eine vielfältige Aussagekraft erreicht werden kann.

**[AB5.2] Explizite, unbeschriftete Relationen** Eine visuell ausgedrückte Zusammengehörigkeit sollte auch ohne Beschriftung möglich sein. Diese kann beispielsweise durch Verbindungslinien oder Pfeile umgesetzt werden. Laut Haller und Abecker würde eine zwingend verlangte Beschriftung den kognitiven Aufwand und die visuelle Komplexität der Repräsentation erhöhen (vgl. [78]).

**[AB5.3] Implizite und explizite, informell beschriftete Relationen** Informelle Beschriftungen erlauben einen hohen Freiheitsgrad der Bezeichnung. Mit diesen kann jede Art der Relation beschrieben werden. Implizite Relationen (beispielsweise Gruppierungen) werden häufig durch informelle Schlagworte beschriftet (vgl. Abschnitt 2.4.2.3, Planare Anordnungen). Gleiches gilt für explizite Relationen. Zum Beispiel können einfache Strichverbindungen oder Pfeile mit informellen Worten beschriftet werden. Ein Beispiel für derartige Darstellungen sind Concept Maps (vgl. Abschnitt 2.4.2.3, Netzwerkstruktur). Eine solche Art der Beschriftung ist nur bedingt maschinenlesbar, da ohne formale Beschreibungsregeln nicht zwingend ein sprachliches Konstrukt entsteht, welches durch Algorithmen sinngemäß interpretiert werden kann. Da eine systemseitige semantische Interpretation jedoch in vielen Anwendungsfällen nicht zwingend benötigt wird, reicht eine informelle Beschriftung von Relationen in diesen Fällen aus (vgl. [77]).

## **[AB6] Annotationen – Festhalten flüchtiger Gedanken**

Flüchtige Gedanken, Assoziationen, noch zu erledigende Ziele oder Absichten (vgl. Abschnitt 2.4.1.1) müssen von Benutzern meist ad hoc festgehalten werden. Dazu sollten Annotationen einfach und schnell zu erstellen sein. Dabei sollte die Arbeit mit den eigentlichen Inhalten nicht behindert bzw. die Visualisierung nicht durch zu viele Inhalte unübersichtlich werden. Zu diesem Zweck sollten Annotationen ausgeblendet werden können.

## **[AB7] Übersicht und Abstraktion**

Wenn Benutzer mit zahlreichen Inhalten arbeiten, spielt die Frage der Übersicht eine wichtige Rolle. Dies kann durch Gruppierung oder hierarchische Verschachtelung erreicht werden (vgl. [78]). Das bekannte und viel zitierte „*Visual Information-Seeking Mantra*“ [173] von Shneiderman „*Overview first, zoom and filter, then details on demand*“ [173] trifft auch hier zu. Falls Informationen von einem Benutzer zuerst auf der Detailebene erstellt werden, wird das Mantra in umgekehrter Reihenfolge durchlaufen.



### [AB8] Import und Export von Inhalten

Relevante Daten für eine Aufgabe sind oft mit unterschiedlichen Softwarewerkzeugen erstellt und liegen deswegen häufig in verschiedenen Formaten bzw. an unterschiedlichen Speicherorten vor. Das visuelle Zusammenstellen all dieser Daten auf einer zentralen Oberfläche ist bei der Sinnerschließung und Wissensmodellierung wichtig. Aus diesem Grund ist eine Interoperabilität mit gängigen anderen Softwarelösungen durch Import- und Exportmöglichkeiten standardisierter Formate beim Arbeitsprozess hilfreich.

## 4.2 Anforderungen aus softwaretechnischer Sicht

Softwaretechnische Anforderungen werden im Folgenden mit [AS] abgekürzt.

**[AS1] Erkennung und Rückmeldung von Finger- und Stifteingaben ohne Verzögerung** Die Rückmeldungen von Stift- und Fingereingaben müssen in Echtzeit erfolgen, um ein natürliches Verhalten analog der Verwendung von Stift und Papier zu simulieren (vgl. [3]).

**[AS2] Manipulation von einzelnen oder mehreren grafischen Objekten** Grafische Objekte und Gruppen aus diesen sollen im Sinne der Priorisierung (Salienz) und Hierarchisierung editier- sowie skalierbar sein.

**[AS3] Manipulation der aktuellen Sicht auf die Daten** Im Sinne der Abstraktion und Übersicht muss die Sicht auf die Daten – das heißt den Bildschirmausschnitt – verschoben und skaliert werden können. Dies gewährleistet, verschiedene Abstraktionsstufen zur Übersicht anzuzeigen.

**[AS4] Modusfreie Unterscheidung von Benutzereingaben zwischen Skizzier- und Editieroperationen** Dem Benutzer sollte durch das System rückgemeldet werden, wann das System freies Skizzieren bzw. Formen erkennt (vgl. [3]). Normalerweise interpretieren Softwareprogramme Benutzereingaben entsprechend des aktuell vom Benutzer gewählten Modus'. Dies kann zum Problem werden, wenn sich ein Benutzer nicht bewusst darüber ist bzw. sich nicht erinnert, in welchem Modus er sich gerade befindet. Dadurch reagiert das Programm für ihn unerwartet, was seinen Arbeitsfluss stört (vgl. [95]). Ein entsprechendes Systemdesign sollte dies vermieden.

**[AS5] Erkennung visueller Sinneinheiten** Erst wenn ein Benutzer das Skizzieren abgeschlossen hat, sollten ihm die Ergebnisse des Erkennungsprozesses vom System angezeigt werden (vgl. [3]). Um den Aufbau zusammengesetzter grafischer Objekte zu ermöglichen, ist die Erkennung folgender Sinneinheiten notwendig:

- Handschrift,
- geometrische Primitive,
- Gruppen (mit oder ohne Beschriftung),
- Hierarchien, Verschachtelungen und
- Annotationen.

### 4.3 Einordnung verwandter Arbeiten

Eine der ersten bekannten Arbeiten zur stiftbasierten Interaktion mit Computern stammt von Sutherland (vgl. [188]). Er entwickelte im Rahmen seiner Dissertation „*Sketchpad, a Man-Machine Graphical Communication System*“ [188] 1963 ein System zur grafischen Kommunikation zwischen Menschen und Computern. Anwendungsfälle sah er beispielsweise in der Konstruktion sowie im Aufbau von Schaltkreisen, da bei diesen Tätigkeiten geschriebene Ausdrücke für die Kommunikation zwischen Mensch und Computer umständlich sind (vgl. [188, S.8]). Aufbauend auf dieser Arbeit wurde digitales Skizzieren für Designaufgaben in verschiedenen Domänen exploriert (vgl. [95, S.4ff]). Während der 90er Jahre nahm das Interesse an wissensbasierter Arbeit zu. Es wurde versucht, mit verschiedenen Ansätzen sich das Skizzieren dafür zunutze zu machen (vgl. [49]). Pfister und Eppler untersuchten mittels einer umfangreichen Literaturstudie die Vorteile des Skizzierens für das Wissensmanagement in Unternehmen (vgl. [142]). Dabei konzentrierten sie sich auf die Nutzung von Skizzen auf Papier zur in Problemlösung während Teamtreffen. Sie stellten fest, dass die vielfältigen visuellen Möglichkeiten die Lebendigkeit der Darstellungen erhöhen und damit die Erinnerbarkeit von Inhalten durch Teilnehmer von Meetings verbessern.

Igarashi prägte den Begriff des „*Freeform User Interface*“ [88] im Rahmen seiner Dissertation zum Thema „*Freeform User Interfaces for Graphical Computing*“ [88]. Er charakterisierte diese Art der Benutzeroberflächen durch die Aspekte „*stroke-based input, perceptual processing of strokes, and informal presentation*“ [88, S.8]. Seiner Ansicht nach sind die Mehrdeutigkeiten und Ungenauigkeiten essenzielle Schwierigkeiten bei der systemseitigen Interpretation von Freiform-Eingaben. Da eine allgemeine systemseitige Interpretation somit zu komplex wäre, haben sich abweichende Systeme für verschiedene Anwendungsdomänen etabliert.

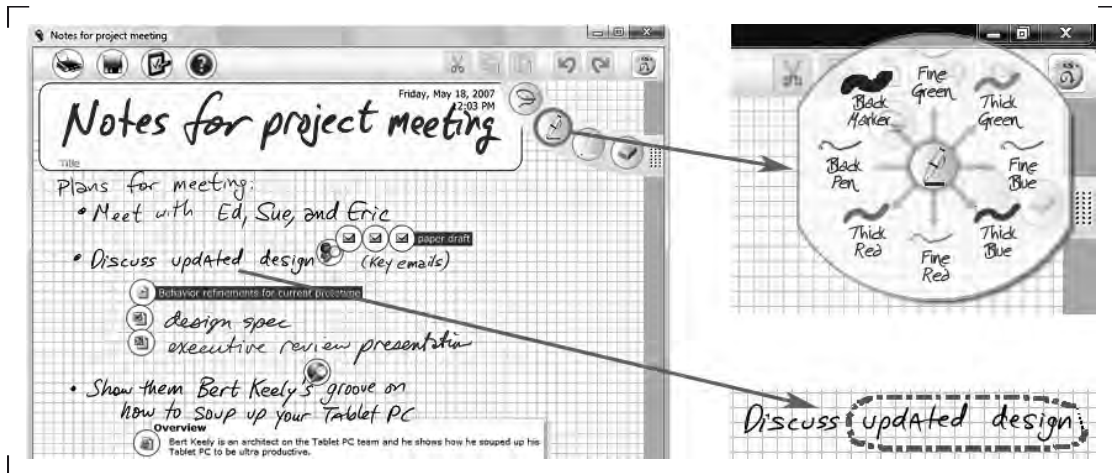


Abb. 4.1: InkSeine Benutzeroberfläche: Stiftbasierte Interaktion mit radialen Menüs (Abbildungen nach [126]).

Beispiele verschiedener Ansätze zur Strukturierung von Informationen werden im Folgenden vorgestellt. Die Zusammenstellung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Sie dient vielmehr zur Veranschaulichung typischer Vertreter.

### 4.3.1 Pinnwandssysteme mit planarer Anordnung

Beispiele von Systemen, welche planare Anordnung für die Informationsorganisation nutzen und Stiftinteraktion erlauben, sind *InkSeine* (vgl. [85, 126], Abbildung 4.1) und *OneNote* (vgl. [123], Abbildung 4.2). *InkSeine* ist eine prototypische Anwendung aus der Forschung, wohingegen *OneNote* eine Produktivianwendung für den Alltagsgebrauch darstellt. Beide Ansätze erlauben das Zeichnen und Skizzieren auf einer virtuellen Zeichenoberfläche. Während in *OneNote* Kontextmenüs für weitere Aktionen zur Verfügung stehen, werden in *InkSeine* radiale Menüs verwendet (vgl. Abbildung 4.1). Diese benötigen bei der Stiftverwendung zum Editieren weniger Interaktionsschritte als Kontextmenüs. In beiden Systemen kann ein Benutzer mittels Lassogeste gezeichnete Inhalte zum Editieren oder Verschieben auswählen.

Das häufige Umstrukturieren während der Sinnerschließung ist in beiden Systemen durch die Nutzung der Lassogeste umständlich. Grund dafür ist, dass vor dem Verschieben das ganze Element mit dem Stift umfahren werden muss. Dies macht insbesondere kleine Verschiebungen aufwendig. Wird in *OneNote* eine Maus benutzt, so zeigt das System beim Überfahren von Elementen mit dem Zeiger Rahmen, mittels derer die darin enthaltenen Elemente verschoben werden können (vgl. Abbildung 4.2). Diese

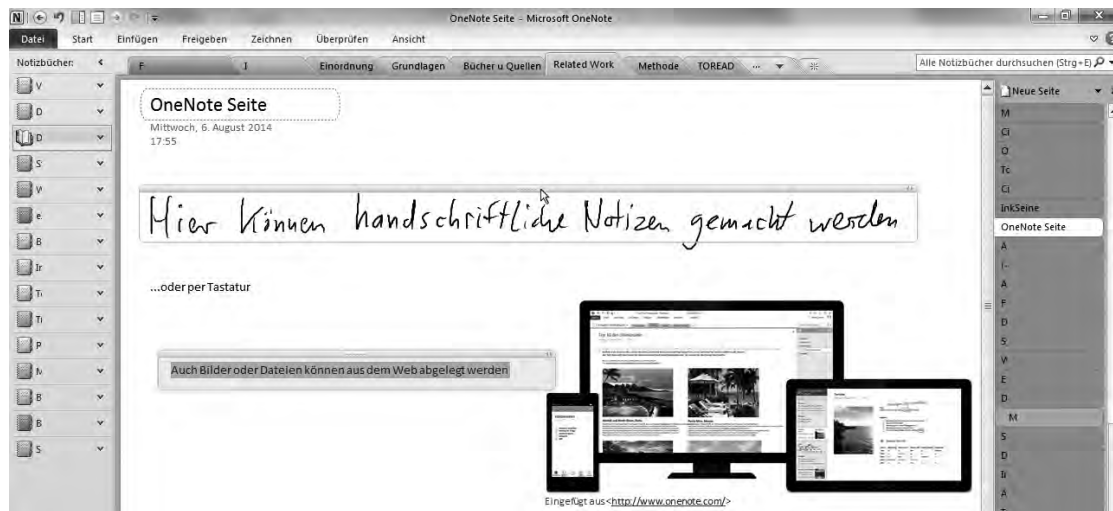


Abb. 4.2: OneNote Benutzeroberfläche: hier kann mit Tastatur oder Stift gearbeitet werden (Screenshot erstellt mit OneNote 2010).

Funktion benötigt weniger Interaktionsschritte.

Zur Kategorisierung kann ein Benutzer Inhalte in OneNote markieren und ihnen Schlagwörter aus einer Liste zuweisen. Eine visuell explizite Gruppenbildung ist dabei jedoch nicht vorgesehen.

InkSeine bietet, aufgrund der prototypischen Umsetzung zu Testzwecken, naturgemäß keine speziellen Methoden zur Übersicht und Abstraktion großer Datenmengen.

OneNote ermöglicht die Verwaltung größerer Mengen an Inhalten. Ein Benutzer kann eine OneNote-Seite einem Abschnitt zuordnen, der wiederum zu einem Buch gehört. Die Darstellung erfolgt jeweils über Reiter (vgl. Abbildung 4.2). Damit ist eine grundlegende Hierarchisierung von Seiten möglich. Allerdings wird mit zunehmender Menge an Daten das Erinnern der hierarchischen Zuordnung erschwert.

### 4.3.2 Systeme mit Netzwerkvisualisierungen

Auf Netzwerkvisualisierung basierende Systeme mit Stiftinteraktion sind unter anderen *ConceptSketch* [94] und *DrawExpress* [52]. Erstere Software widmet sich der stiftbasierten Erstellung sowie Manipulation von Concept-Maps (vgl. Abbildung 4.3), letztere dem digitalen Skizzieren von UML-Diagrammen bzw. anderen Netzwerkdarstellungen (vgl. Abbildung 4.4).

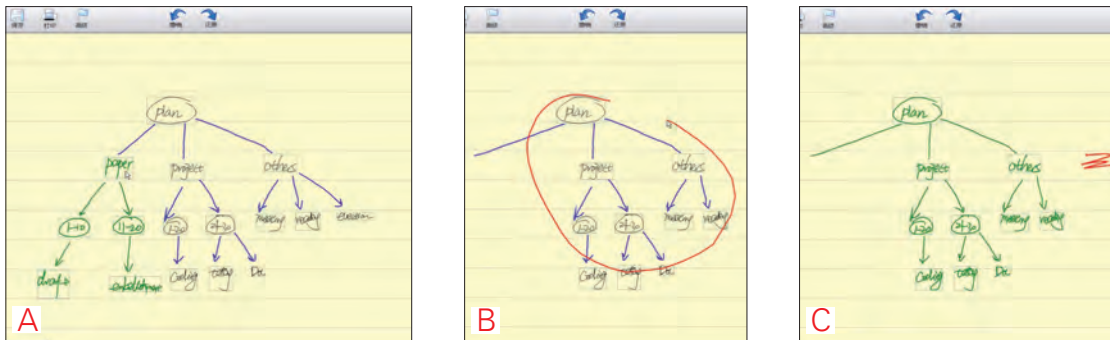


Abb. 4.3: Concept-Map-Erstellung mit der Software *ConceptSketch* [94] (Abbildungen nach [94]; Knotenauswahl mit automatischer Selektion der verlinkten Knoten (A); Geste des Umkreisens zur Auswahl bestimmter grafischer Objekte (B); Geste zum Löschen ausgewählter Objekte (C)).

ConceptSketch stellt dem Benutzer ein Repertoire an Gesten zur Manipulation von erstellten Concept-Maps zur Verfügung (vgl. Abbildung 4.3). Dieses Gestenrepertoire verkürzt die Bearbeitungszeiten im Vergleich zu reiner Strichmanipulation (vgl. [94, S. 18]). Technisch basiert die Interaktion auf einem Erkennungsalgorithmus, welcher aus skizzierten Concept-Maps entsprechende Strukturen erkennt [93]. Die Erkennung funktioniert allerdings ausschließlich bei geraden Linien und Pfeilen (vgl. [94, S. 19]).

Die Software DrawExpress ermöglicht Benutzern, Netzwerkdiagramme (vgl. Abbildung 4.4, A-C), wie beispielsweise UML-Diagramme, (vgl. Abbildung 4.4, F) auf Tablet-Computern zu erstellen. Der Lernaufwand für Benutzer scheint nicht unerheblich, da es 15 verschiedene Gestensets gibt<sup>1</sup>. Zwei dieser sind in Abbildung 4.4 (D, E) dargestellt.

Bezüglich Gesten untersuchten Frisch et al. das Vorgehen von Benutzern bei der Erstellung von Knoten-Kanten-Diagrammen auf Multitouch-Tischen mit Stiftunterstützung (vgl. [61]). Sie führten eine Benutzerstudie durch, um herauszufinden, welche Hand- und Stiftgesten Benutzer spontan entwarfen, um ein bestimmtes Aufgabenset zu lösen. Dabei verwendeten Teilnehmer insgesamt 658 verschiedene Gesten. Keine Aufgabe wurde ausschließlich mit einer einheitlichen bzw. einzigartigen Geste von allen Teilnehmern gelöst. Die Autoren beobachteten, dass Probanden für die meisten Aufgaben generell die einhändige Interaktion bevorzugten. Ausnahmen bildeten hier beispielsweise das Skalieren des Bildschirmausschnittes oder von Objekten. Es ist jedoch zu erwarten, dass bei der Nutzung von Tablet-Computern eher selten beide Hände zum Einsatz kommen, insbesondere wenn das Gerät nicht am Schreibtisch verwendet wird. Außerdem wurden von Frisch et al. zwei Arten mentaler Modelle bei Teilnehmern identifiziert: das

<sup>1</sup>Das gesamte Gestenrepertoire der Anwendung ist online zu finden: <http://www.drawexpress.com/mtut.html> (zuletzt besucht am 27.08.2014)

#### 4 Anforderungsspezifikation zum Basis-Editor

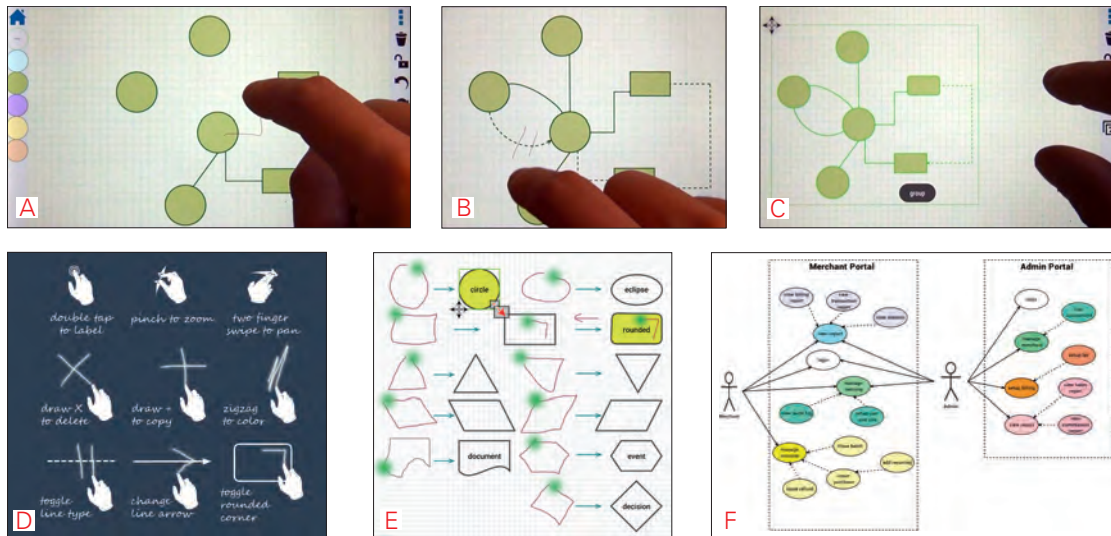


Abb. 4.4: Beispiele der Software *DrawExpress* [52] zur Erstellung von UML-Diagrammen (vgl. [139]) und anderen Netzwerkdarstellungen (Abbildungen nach [52]).

Skizzieren und das Strukturelle Editieren (vgl. [61]). Diese sollten auch durch das angestrebte System zur Freiform-Wissensmodellierung unterstützt werden.

### 4.3.3 Systeme mit hierarchischer Repräsentation

Softwarebeispiele zur handschriftlichen Erstellung von Mind-Maps auf Tablet-Computern sind *Intelligent Mind Mapper* [38] und *MindBoardFree* [140] (vgl. Abbildung 4.5, A). Basierend auf den Regeln, nach welchen Mind-Maps aufgebaut sein dürfen, erkennen diese Anwendungen Sinneinheiten, wie Knoten und Kanten. Dadurch können Benutzer Knoten verschieben, wobei das System die Kanten folgen lässt (vgl. Abbildung 4.5, B, C). Erstellte Mind-Maps können in verschiedene Standardformate exportiert werden (vgl. [39, S.40], [140]).

### 4.3.4 Mischsysteme

Beispiele von Systemen, welche die verschiedenen Ansätze der Pinnwand, Netzwerkvisualisierung und hierarchische Repräsentation verbinden, sind *iMapping* [75] und *Symbik* [209] (vgl. Abbildung 4.6).

Die beiden Systeme ähneln sich bei der Visualisierung von hierarchisch verschachtelten Informationseinheiten (vgl. Abbildung 4.6, A, C). Informationen können auf der virtuel-

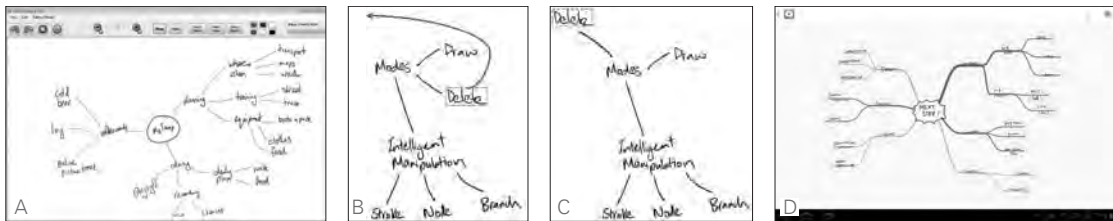


Abb. 4.5: Mind-Map-Beispiele von *Intelligent Mind Mapper* (A, Abbildung aus [195], B-C Abbildung nach [39, S.59]) sowie *MindBoardFree* (Abbildung nach [140]).

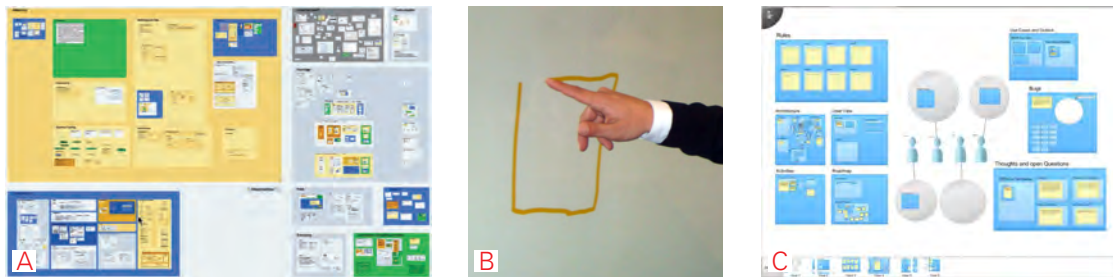


Abb. 4.6: Benutzeroberflächen von *iMapping* (A, Abbildung aus [76]) und *Symbik* (C, Abbildung nach [209]), wobei *Symbik* die Eingabe am digitalen Whiteboard mit Finger oder Stift erlaubt (B, Abbildung aus [209]).

len Fläche verschoben und auf diese Weise neu verschachtelt werden. In *Symbik* findet das Erstellen von Gruppen oder Themen über Gesten gemäß einem vorgegebenen Formenrepertoire statt (vgl. Abbildung 4.6, B). Zusammenhänge zwischen Informationen können durch Hyperlinks beschrieben werden.

Beide Systeme sind für die Verwaltung großer Datenmengen von mehreren tausend Elementen auf Desktop-Computern, bzw. im Fall von *Symbik* auch auf digitalen Whiteboards, konzipiert. Tablet-Computer stehen derzeit nicht im Fokus der Anwendungen.

### 4.3.5 Übersicht verwandter Arbeiten

Die Tabellen 4.1 und 4.2<sup>2</sup> zeigen eine zusammenfassende Gegenüberstellung der genannten Arbeiten und basieren auf den ermittelten Anforderungen. Abgesehen von OneNote und InkSeine fokussieren die Systeme auf bestimmte Visualisierungsmethoden. Dies stellt eine Beschränkung des freien Zeichnens gegenüber Papier oder Whiteboards dar.

<sup>2</sup>Ausgefüllte Vierecke bedeuten dabei: „trifft voll zu“, halb gefüllte: „trifft teilweise zu“ und leere: „trifft nicht zu“.

Darüber hinaus ist zur Unterstützung der Sinnerschließung eine einfache Veränderbarkeit temporärer Arbeitsstrukturen und Inkonsistenzen wichtig. Diese wird in iMapping und Symbik sehr gut unterstützt. Da diese Systeme jedoch nicht für die mobile Verwendung konzipiert sind, kommen sie für den vorliegenden Anwendungsfall nicht infrage.



Tab. 4.1: Vergleich verwandter Arbeiten bezüglich der Anforderungen aus Benutzersicht.

	OneNote	InkSeine	Concept-Sketch	DrawExpress	Intelligent		
					Mind Mapper / MindBoard-Free	Symbik	iMapping
[AB0] Mobile Verwendbarkeit	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
[AB1] Freies Skizzieren und Editieren	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
[AB2] Verortung und Umsortierung grafischer Objekte	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
[AB3] Freie Kategorisierung grafischer Objekte	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
[AB4] Einfache Veränderung temporärer Arbeitsstrukturen und Inkonsistenzen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
[AB5] Verbindungen zwischen grafischen Objekten mit schrittweiser Konkretisierung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
[AB5.1] Implizite, unbeschriftete Relationen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
[AB5.2] Explizite, unbeschriftete Relationen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
[AB5.3] Implizite und explizite, informell beschriftete Relationen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
[AB6] Annotationen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
[AB7] Übersicht und Abstraktion	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Tab. 4.2: Vergleich verwandter Arbeiten bezüglich softwaretechnischer Anforderungen.

	OneNote	inkSeine	Concept-Sketch	DrawExpress	Intelligent Mind Mapper / MindBoard-Free	Symbik	iMapping
[AS1] Erkennung und Rückmeldung von Finger- und Stifteingaben ohne Verzögerung	■	■	■	■	■	■	□
[AS2] Manipulation von einzelnen oder mehreren grafischen Objekten	■	■	■	■	■	■	■
[AS3] Manipulation der aktuellen Sicht auf die Daten	■	□	□	■	■	■	■
[AS4] Modusfreie Unterscheidung von Benutzereingaben zwischen Skizzier- und Editieroperationen	■	■	■	□	■	□	□
[AS5] Erkennung visueller Sinneinheiten	■	■	□	□	□	■	□
• Handschrift	■	■	□	□	□	■	□
• geometrische Primitive	□	□	□	■	□	■	□
• Gruppen	■	□	□	■	□	■	■
• Hierarchien, Verschachtelungen	■	□	■	□	□	■	■
• Annotationen	□	□	□	□	□	■	■

## **5 SketchViz: ein Basis-Editor zur Sinnerschließung**

Nachdem in Kapitel 3 dargelegt wurde, dass die Arbeit auf Papier und Stift gängige Praxis bei der Wissensmodellierung ist, wurden Anforderungen an ein Grundsystem in Kapitel 4 spezifiziert. Darauf aufbauend wird in diesem Kapitel ein Konzept für papiernahe Interaktion erstellt, welches die Basis für die Freiform-Wissensmodellierung bildet. Ein wesentliches Ziel dabei ist ein einheitliches Interaktions- und Visualisierungskonzept, um die Benutzungshürde während der Sinnerschließung so gering wie möglich zu gestalten. Zur Umsetzung eines Prototyps wurde eine studentische Arbeit betreut, welche im Abschnitt 5.2.2 dieses Kapitels beschrieben wird.

### **5.1 Konzeption SketchViz**

#### **5.1.1 Paper Prototyping zur Konzeptentwicklung**

Zur Konzeptentwicklung wurden typische Benutzungsszenarien erörtert, auf Papier abgebildet und im Interview mit Experten diskutiert. Durch verbale Beschreibung der geplanten animierten Funktionen (wie beispielsweise die Verwendung einer skalierbaren Benutzeroberfläche) wurde der fehlenden Interaktivität von Papier begegnet.

Ein typisches Beispiel welches für den Austausch mit Experten im Gespräch benutzt wurde, ist das Szenario eines Messebesuchers. Dieser trifft verschiedene Personen und möchte deren Kontakte, Projekte oder Expertise für Folgeaktionen mittels eines Tablet-Computers mit Digitalisierstift notieren (beispielsweise die Anbahnung von Kooperationen oder die Kontaktpflege). Um das geplante Anwendungskonzept zu simulieren, wurde die Bildschirmanzeige für jeden Interaktionsschritt auf ein neues Papier gezeichnet und über das vorherige gelegt. Wie in Abschnitt 3.4.1 bereits analysiert wurde, verwenden Wissensarbeiter in der Praxis Freiformen und handschriftliche Notizen. Dieses narrative Wissen bezüglich Darstellungsformen wurde im Entwurf der Anwendung berücksichtigt.

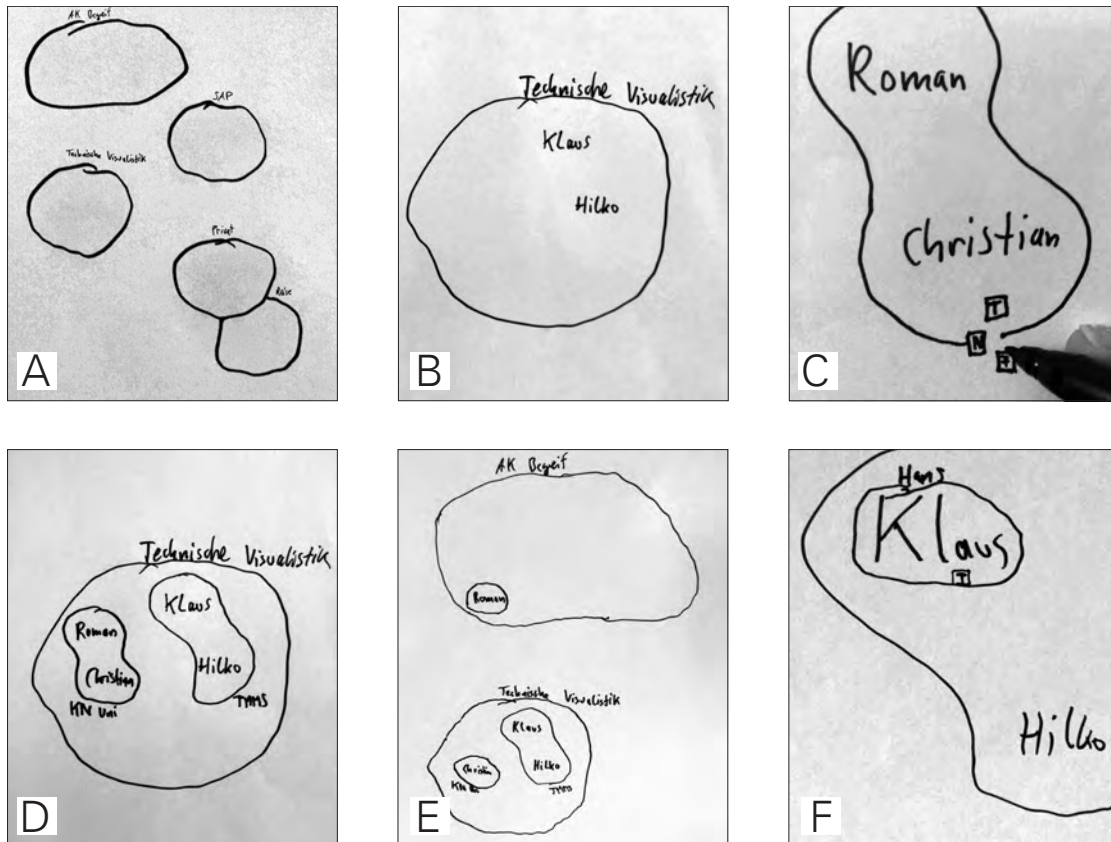


Abb. 5.1: Papierprototyp zur Konzeption von SketchViz.

Ein Beispielablauf von händisch skizzierten Bildschirmdarstellungen wird in Abbildung 5.1 gezeigt. Die Beispielgeschichte im Hintergrund sieht vor, dass der Benutzer während eines Messebesuchs verschiedene Personen kennenlernt, welche mit den Themen „Technische Visualistik“ oder „Arbeitskreis Begreifbare Interaktion“ (in der Abbildung abgekürzt „AK Begreif“) zu tun haben.

- Die Abbildungsteile (A) und (B) zeigen die geplante skalierbare Benutzeroberfläche: von Bild (A) ausgehend vergrößert ein Benutzer den Bildschirmausschnitt auf das Thema „Technische Visualistik“ und sieht im Anschluss an diese Interaktion das Bild (B).
- Da er auf der Messe Klaus und Hilko kennenlernt, welche mit dem Thema zu tun haben, schreibt er deren Namen in die Umrandung (B).
- Nachdem er weitere Bekanntschaften schließt (Roman und Christian), möchte der Benutzer die Namen nach Firmenzugehörigkeit gruppieren. Dazu umrandet er die

neu hinzugefügten beiden Namen (C). Kurz bevor der Benutzer die Außenlinie um diese abschließt – also sobald er dem Ausgangspunkt seiner Linie nahe kommt – wird eine Auswahl an Schaltflächen angezeigt, über die er optional eine Kategorie oder Farbe zur Gruppe zuweisen kann (C).

- Nachdem er sich dazu entschieden hat im vorliegenden Fall keine Farbe oder Kategorie zu wählen, ignoriert er die Schaltflächen und beschriftet die Gruppe mit einem Titel (D). Das gleiche vollzieht er bei den notierten Namen Klaus und Hilko (D).
- Im weiteren Verlauf des Messebesuchs unterhält sich der Benutzer mit Roman und stellt fest, dass dieser eigentlich weniger im Bereich der „Technischen Visualistik“ arbeitet, sondern vielmehr mit dem „Arbeitskreis Begreifbare Interaktion“ zu tun hat. Aus diesem Grund verschiebt er den Namen Roman aus dem Thema „Technische Visualistik“ in das Thema „AK Begreif“ (E).
- Darüber hinaus stellt er im Gespräch mit Klaus fest, dass beide einen gemeinsamen Bekannten namens Hans haben und fügt diesen als Erinnerung in der Nähe des Namens Klaus hinzu (F).

Entwickelte Entwürfe dieser Art bilden die Grundlage für das *SketchViz* genannte Konzept des Basis-Editors, da sie prototypisch zeigen, wie ein Benutzungsablauf aussehen könnte.

### 5.1.2 Fokussierte Hardware: Tablet-Computer

Um den Prototyp ähnlich wie Papier und Stift erscheinen zu lassen und die Anforderung der mobilen Verwendbarkeit (vgl. Abschnitt 4.1, [AB0]) zu erfüllen, bietet sich die Verwendung aktueller Tablet-Computer mit integriertem Digitalisierstift an (vgl. Abbildung 5.2, B, „*HP TouchPad*“ [84]).

Die Geschichte dieser Geräte lässt sich bis in die 1960er Jahre zurückverfolgen (vgl. [44]). Eines der ersten bekannten Geräte zur Stifteingabe war das sogenannte „*RAND-Tablet*“ [44]. Bei diesem war die Eingabe noch von der Ausgabe getrennt (vgl. Abbildung 5.2, A).

Erst durch die Zusammenführung von Ein- und Ausgabe auf leistungsfähigen, leichten sowie tragbaren Computern eignen sich diese als Unterstützung für Sinnerschließungsaufgaben.

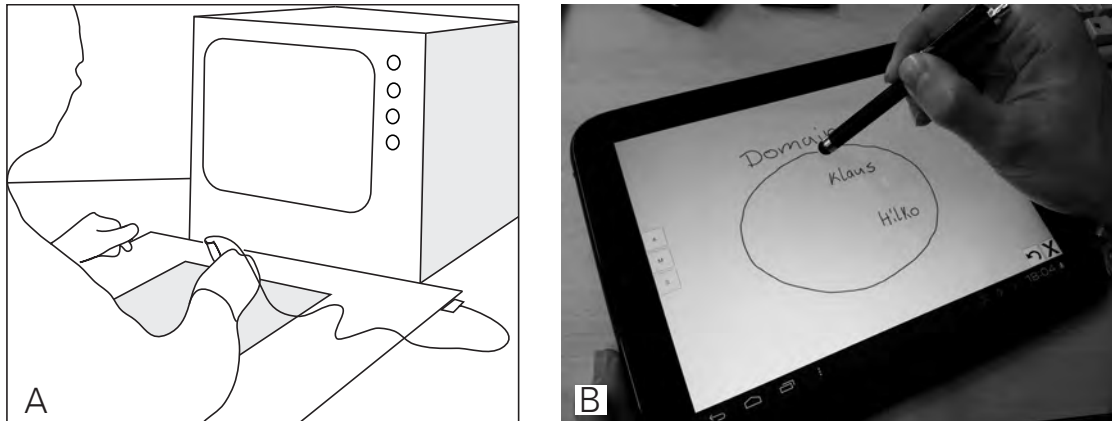


Abb. 5.2: A: Schema eines der ersten Grafik-PC-Tablets mit getrennter Ein- und Ausgabe aus dem Jahr 1964. B: Tablet-PC aus dem Jahr 2011 mit Digitalisierstift (Testgerät zur Umsetzung von SketchViz).

### 5.1.3 Anforderungsbezogene Funktionen

**[AB1] Freies Skizzieren und Editieren** Ein Benutzer kann skizzieren sowie handschriftliche Eingaben mit dem Finger oder einem speziellen Stift auf einem berührungssensitiven Bildschirm eines Tablet-Computers tätigen (vgl. Abbildung 5.3, A). Beim Skizzieren oder Schreiben gibt es, wie auf Papier, keine Beschränkungen in der Art der Inhalte. Das Editieren gezeichneter grafischer Objekte beinhaltet die Funktionen: Verschieben, Skalieren und Löschen.

Bei SketchViz funktionieren Schreiben und Zeichnen mit einem Finger oder dem Stift. Da die verwendete Hardware zum Zeitpunkt der Umsetzung keine Druckstufenerkennung des Stiftes anbot, wird dieser vom System wie ein Finger erkannt<sup>1</sup>.

Beim Zeichnen oder Schreiben erscheint ein grauer Kasten im Hintergrund (vgl. Abbildung 5.4, A). Alles, was innerhalb des Kastens erstellt wird, erkennt das System als zusammengehöriges grafisches Objekt. Dies geschieht sobald der Benutzer den Button „Confirm“ am oberen rechten Rand der Benutzeroberfläche berührt oder außerhalb des Kastens etwas Neues zeichnet oder schreibt.

<sup>1</sup>Inzwischen ist entsprechende Hardware am Markt verfügbar und wird für zukünftige Entwicklungen berücksichtigt.

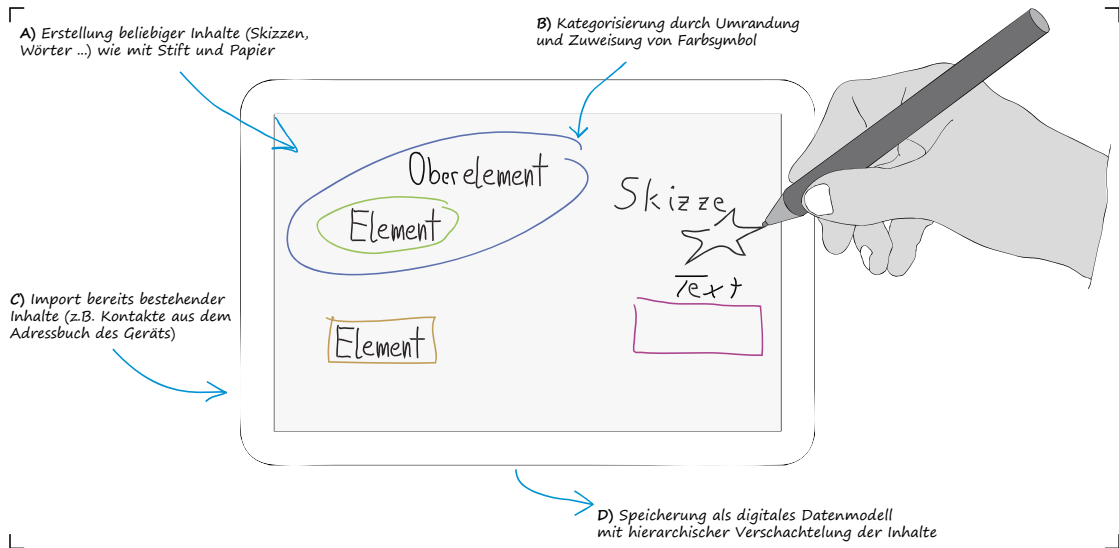


Abb. 5.3: Grundlegendes Konzept des Basis-Editors: A) Skizzieren und Schreiben, B) Kategorisieren, Zusammenhänge explizieren, C) Import von Inhalten, D) Speicherung / Export.

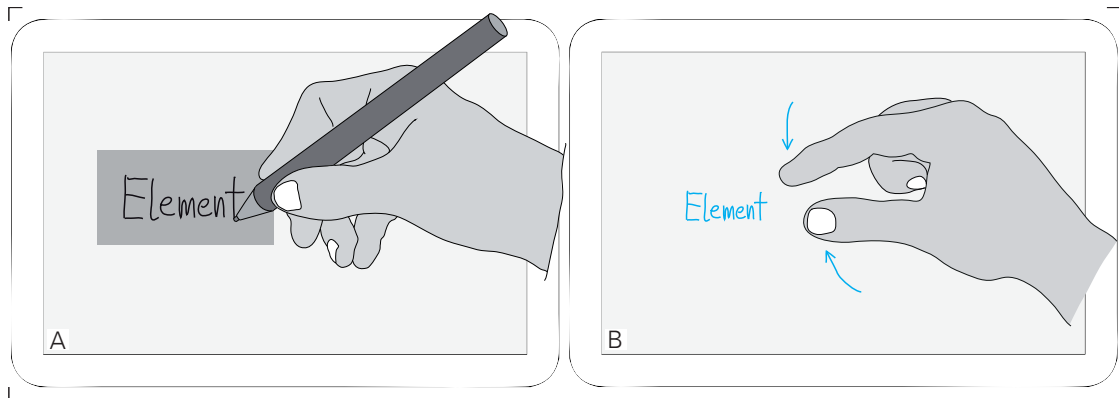


Abb. 5.4: Skizzier- (A) und Editieroperationen (B) in SketchViz.

Das Editieren funktioniert wie folgt:

- Zum Auswählen werden in SketchViz gewünschte Objekte doppelt angetippt. Mehrere Objekte können ausgewählt werden, indem diese nach einander doppelt angetippt werden.
- Die ausgewählten Objekte werden nun vom System in blau dargestellt und können mit zwei Fingern verschoben und skaliert oder über eine Schaltfläche gelöscht werden (vgl. Abbildung 6.10, B).
- Sobald mindestens ein Objekt ausgewählt ist, wird der Bildschirmausschnitt für das Verschieben und Skalieren gesperrt. Grund hierfür ist, dass sich die Fingereingaben aus Sicht des Systems nun auf das ausgewählte Objekt beziehen.
- Durch das Abwählen der Objektauswahl wird die Veränderung des Bildschirmausschnittes wieder freigegeben.
- Wenn mehrere einzelne Objekte ausgewählt sind, können diese über ein Schloss-Symbol auf der Benutzeroberfläche dauerhaft verbunden werden. Erneutes Tippen der Schaltfläche trennt sie wieder.
- Das Abwählen von Objekten geschieht durch doppeltes Tippen auf den Hintergrund.

Dieses Interaktionskonzept ermöglicht das einhändige Arbeiten mit SketchViz durch die dominante Hand. Die nicht-dominante Hand hält den Tablet-Computer.

**[AB2] Verortung und Umsortierung grafischer Objekte** Alles Gezeichnete kann durch Doppeltippen ausgewählt und verschoben oder editiert werden. Die Platzierung grafischer Objekte wird vom System in Relation zu den Objekten gespeichert, sodass auch bei Skalierung einzelner Objekte oder der Sicht auf die Inhalte die relative Position erhalten bleibt.

**[AB3] Kategorisierung grafischer Objekte** Eine Kategorisierung grafischer Objekte kann in mehreren Abstraktionsstufen erfolgen. Grafische Objekte können durch:

- Positionierung in räumlicher Nähe implizit „vorkategorisiert“ werden,
- eine gezeichnete Umrandung einer gemeinsamen Kategorie zugeordnet werden sowie
- eine Umrandung mit Farbzweisung und Verschlagwortung einer bestimmten Kategorie zugeordnet werden (vgl. Abbildung 5.3, B).



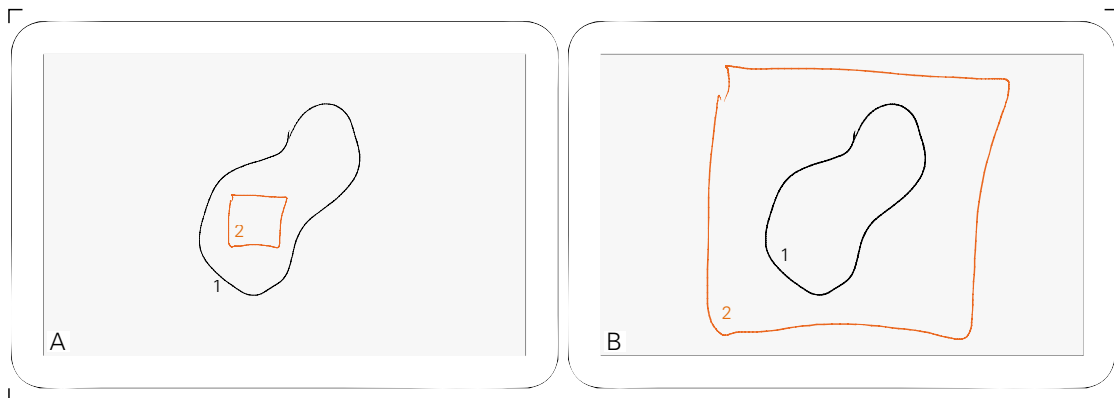


Abb. 5.5: Beispiel einer hierarchischen Umsortierung von Kategorien 1 und 2 durch Benutzerinteraktion (A: Ursprungszustand, B: nach Vergrößerung von Freiform 2).

**[AB4] Einfache Veränderung temporärer Arbeitsstrukturen und Inkonsistenzen**

Ein Benutzer hat beispielsweise durch Umrandung eine Kategorie A erstellt, die eine mittels Umrandung erstellte Unterkategorie B enthält (vgl. Abbildung 5.5). Nun stellt der Benutzer während des Arbeitens fest, dass diese Hierarchisierung inkonsistent oder unpassend ist und genau umgekehrt sein sollte. Durch Auswählen und Vergrößern der Unterkategorie B, bis diese die vorherige Oberkategorie A einschließt, kann er zügig diese Änderung der Hierarchie vornehmen (vgl. Abbildung 5.5).

**[AB5] Verbindungen zwischen grafischen Objekten mit schrittweiser Konkretisierung:**

*[AB5.1] Darstellung impliziter Relationen:* Implizite Relationen können über die räumliche Nähe von grafischen Objekten ausgedrückt werden. Da Objekte beliebig skaliert werden können, ist es Benutzern möglich, auf diese Art Objekte je nach Bedeutung unterschiedlich groß darzustellen. Diese Objekte können dann hierarchisch sortiert werden, indem sie beispielsweise in Leserichtung oder vertikal aufgereiht werden. Da Nähe und Größe von Objekten vom Benutzer auch zufällig gewählt werden können, wird keine systemseitige Interpretation vorgenommen.

*[AB5.2] Explizite, unbeschriftete Relationen:* Explizite, unbeschriftete Zusammenhänge können über Strichverbindungen zwischen Objekten oder Umrandungen mehrerer Objekte hergestellt werden. Eine Markierung der Zusammengehörigkeit mehrerer Umrandungen durch gleiche Farbgebung ist ebenso möglich.

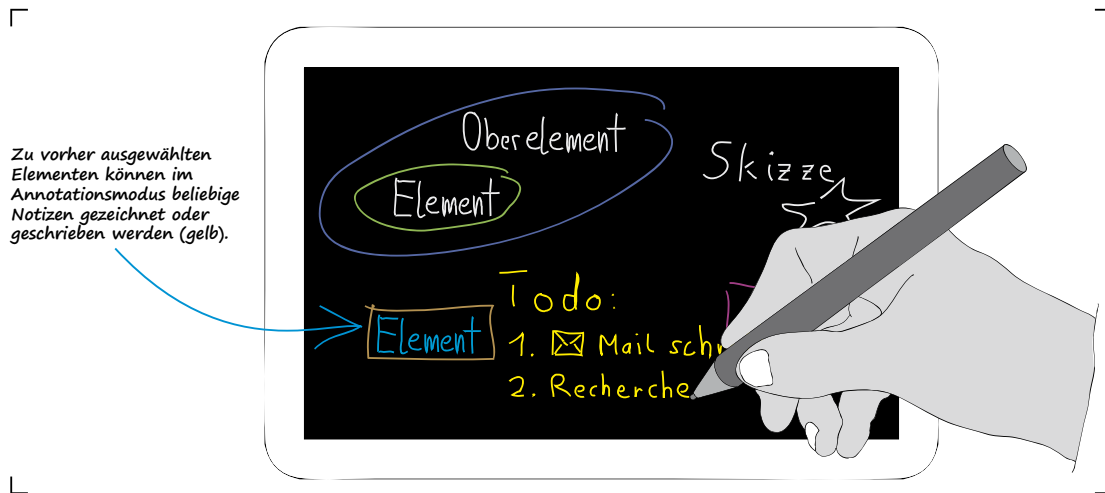


Abb. 5.6: Annotationsmodus zur Erstellung und Anzeige von Annotationen.

[AB5.3] *Implizite und explizite informell beschriftete Relationen:* Implizite Gruppierungen, Strichverbindungen sowie Umrandungen können durch Schlagworte oder Symbole beschriftet werden.

**[AB6] Annotationen – Festhalten flüchtiger Gedanken** Um flüchtige Gedanken, Absichten oder Assoziationen unverzüglich festhalten zu können, bietet das Konzept einen Annotationsmodus. In diesem können beliebige grafische Objekte ausgewählt (vgl. Abbildung 5.6, blaues Objekt) und Notizen dazu erstellt werden (vgl. Abbildung 5.6, gelbe Schrift). Diese Notizen sind nur im Annotationsmodus sichtbar, um die normale Ansicht nicht durch zu viele angezeigte grafische Objekte unübersichtlich zu machen. Damit Benutzer nicht vergessen, dass sie im Annotationsmodus agieren, wird dieser im Vergleich zur normalen Ansicht (vgl. Abbildung 5.3) farblich invertiert dargestellt.

**[AB7] Übersicht und Abstraktion** Um dem Benutzer eine entsprechende Übersicht zu erlauben und grundlegende Zusammenhänge zu reflektieren, ist die gesamte Sicht auf die Inhalte skalierbar. Diese Technologie wird „*zoomable user interface*“ genannt [17]. Dadurch kann ein Benutzer alle Inhalte synchron verkleinern oder verschieben, während diese in räumlicher Relation zueinander konstant bleiben (vgl. Abbildung 5.7).

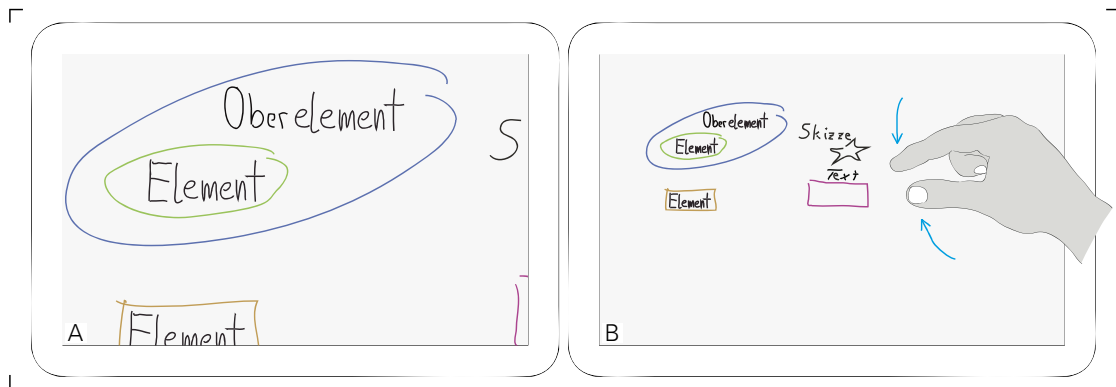


Abb. 5.7: Abstraktion und Übersicht: vergrößerter Ausschnitt der Inhalte (A) sowie entsprechend verkleinerter Ausschnitt, sodass alle Elemente sichtbar sind (B).

**[AB8] Import und Export von Inhalten** Inhalte aus verschiedenen Quellen (beispielsweise Kontakte aus dem Adressbuch des Gerätes, Links zu Webseiten im Browser) können in die Zeichenfläche übernommen werden. Im Gegenzug sollen die erstellten Arbeitszustände in exportierbaren Datenformaten gespeichert werden, um eine Weiterverwendung in anderen Softwareanwendungen zu ermöglichen (vgl. Abbildung 5.3, C, D).

#### 5.1.4 Interaktionskonzept von SketchViz

Mit Ausnahme der in Anforderung [AB6] (Annotationen) konzipierten Interaktionen sind alle Tätigkeiten in SketchViz modusfrei. Die Anwendung kann mit nur einer Hand bedient werden, da mit einem Finger oder dem Stift gezeichnet werden kann und ein zweiter hinzugenommener Finger für Editier- oder Navigationsoperationen ausreicht. Die andere Hand kann das Tablet halten. Interaktionen sind im System wie folgt konzipiert:

- Zeichnen, Schreiben: Aufsetzen und Bewegen eines Fingers oder Stifts,
- Auswählen eines grafischen Objektes bzw. mehrerer: Doppeltippen auf das gewünschte Objekt bzw. auf diejenigen, die hinzugewählt werden sollen,
- Verschieben und Skalieren von Objekten (nachdem diese ausgewählt sind): mit zwei Fingern,
- Verschieben und Skalieren der globalen Sicht (geht nur, wenn kein Objekt ausgewählt ist): mit zwei Fingern sowie
- Zurücksetzen und Zentrieren der globalen Sicht auf eine Größe, die das Einblenden aller vorhandenen grafischen Objekte erlaubt: Doppeltippen auf den Hintergrund.

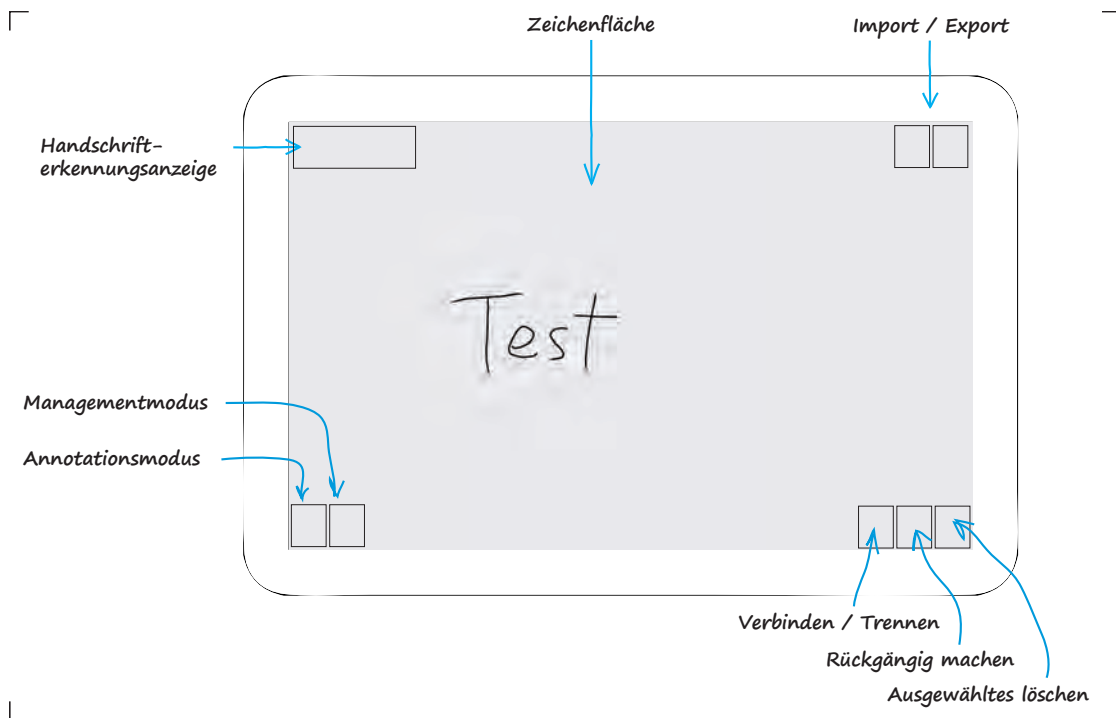


Abb. 5.8: Beschreibung der Benutzeroberfläche von SketchViz.

### 5.1.5 Benutzeroberfläche von SketchViz

Die Benutzeroberfläche von SketchViz besteht aus folgenden Bereichen (vgl. Abbildung 5.8):

- einer Zeichenfläche,
- Schaltflächen zum Import und Export von Daten,
- Modi-Schalter für den Annotations- (vgl. Abbildung 5.6) und Managementmodus (vgl. Abbildung 5.9),
- einer Schaltfläche zum ortsunabhängigen Verbinden und Trennen von grafischen Objekten auf Datenebene,
- einer Schaltfläche zum Rückgängigmachen von Aktionen sowie
- einer Schaltfläche zum Löschen ausgewählter grafischer Objekte.

Wird vom System eine Umrandung erkannt, kann eine Kategorisierung über Farbzweisung vorgenommen werden. Eine entsprechende Auswahl erscheint sofort nachdem

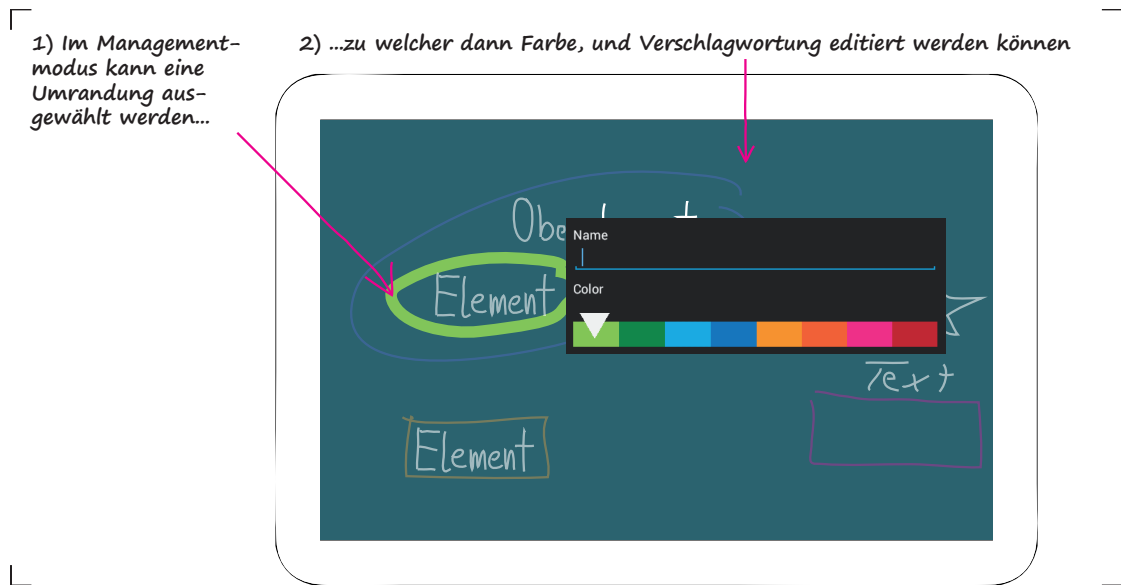


Abb. 5.9: Im Managementmodus kann eine Umrandung ausgewählt werden (1), um zugehörige Attribute zu editieren (2).

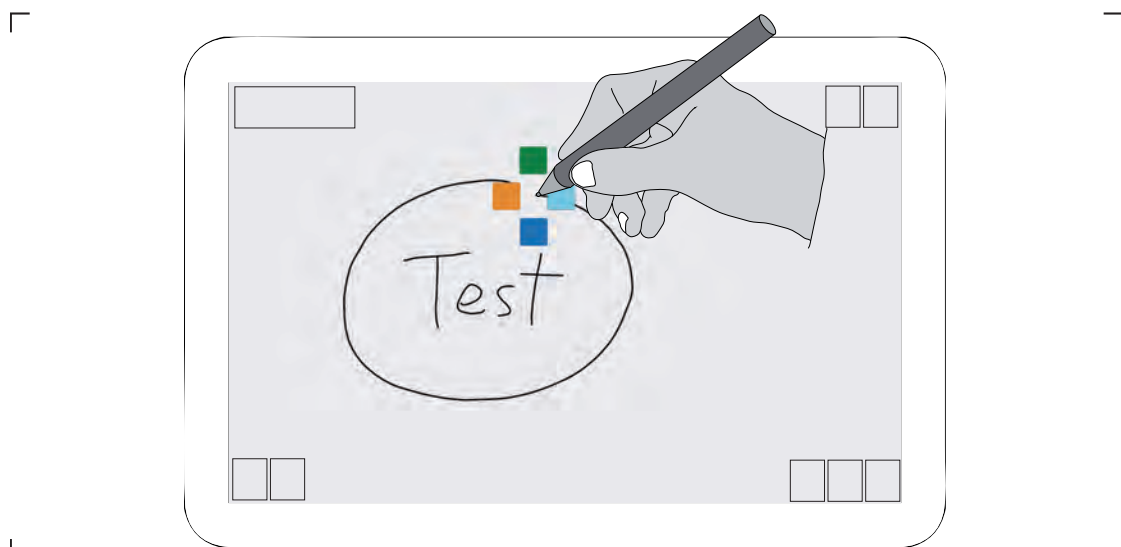


Abb. 5.10: Nach einer Umrandung kann eine Kategorisierung über ein Kreismenü mit Farbzuzuweisung vorgenommen werden.

ein Benutzer die Umrandung abschließt (vgl. Abbildung 5.10). Wählt der Benutzer keine Farbschaltfläche aus, bleibt die Umrandung in der Standardfarbe schwarz.

Zur nachträglichen Veränderung von Farbzweisungen für Kategorien, kann der Managementmodus aktiviert werden. Der Hintergrund in diesem Modus ist zur Unterscheidung zum Normalmodus in Blau gehalten. In diesem Modus können einzelne Umrandungen ausgewählt und deren Farbe, Verschlagwortung und Beschreibung angepasst werden. Darüber hinaus kann auf diese Weise das in Abbildung 5.10 gezeigte Kreismenü editiert werden.

## 5.2 Umsetzung von SketchViz

### 5.2.1 Modularer Systemaufbau

In Abbildung 5.11 wird der grundlegende, modulare Aufbau in fünf Ebenen dargestellt:

1. Eingabe (Rohdaten): Die Eingabe erfolgt mittels Stift bzw. Finger. Sie erzeugt Rohdaten, welche aus Berührungspunkten bestehen. Im Vergleich zu Desktopbildschirmen haben mobile Geräte eine geringe Bildschirmgröße. Dadurch kann nur eine begrenzte Anzahl von Informationen sinnvoll angezeigt werden. Um dennoch mit umfangreichen Datensätzen arbeiten zu können, wird eine skalierbare Benutzeroberfläche verwendet. Diese ermöglicht, Inhalte zu vergrößern oder zu verkleinern sowie die Sicht auf die Daten generell zu skalieren.
2. Strokes (Transformation): Nach der Eingabe werden die Rohdaten für die weitere Verwendung in vektorbasierte Strokes transformiert. Dies ermöglicht eine stufenlose Skalierbarkeit, womit die Inhalte unabhängig von der Displaygröße stets visuell einwandfrei präsentiert werden.
3. Formtypen, Verlinkungen (Form- und Schrifterkennung): Aus den Vektorgrafiken werden für die Wissensspeicherung bedeutsame Elemente erkannt. Neben Handschrift werden dabei vom System geometrische Primitive erkannt.
4. Bedeutungsstruktur (Matching): Erkannte Objekte, wie Handschrift und Formen, werden auf dieser Ebene mit Bedeutung verknüpft. Dies geschieht nach folgenden Regeln:

Schließt eine vom System als geometrisches Primitiv erkannte Form andere grafische Objekte ein, so werden diese als der Form hierarchisch untergeordnet interpretiert (vgl. Abbildung 5.11, Ebene 4, farbliche Hervorhebung für gleiche Hierarchiestufen: die oberste Hierarchie ist blau gekennzeichnet, die nächste untergeordnete magenta, die weiter untergeordnete schwarz).

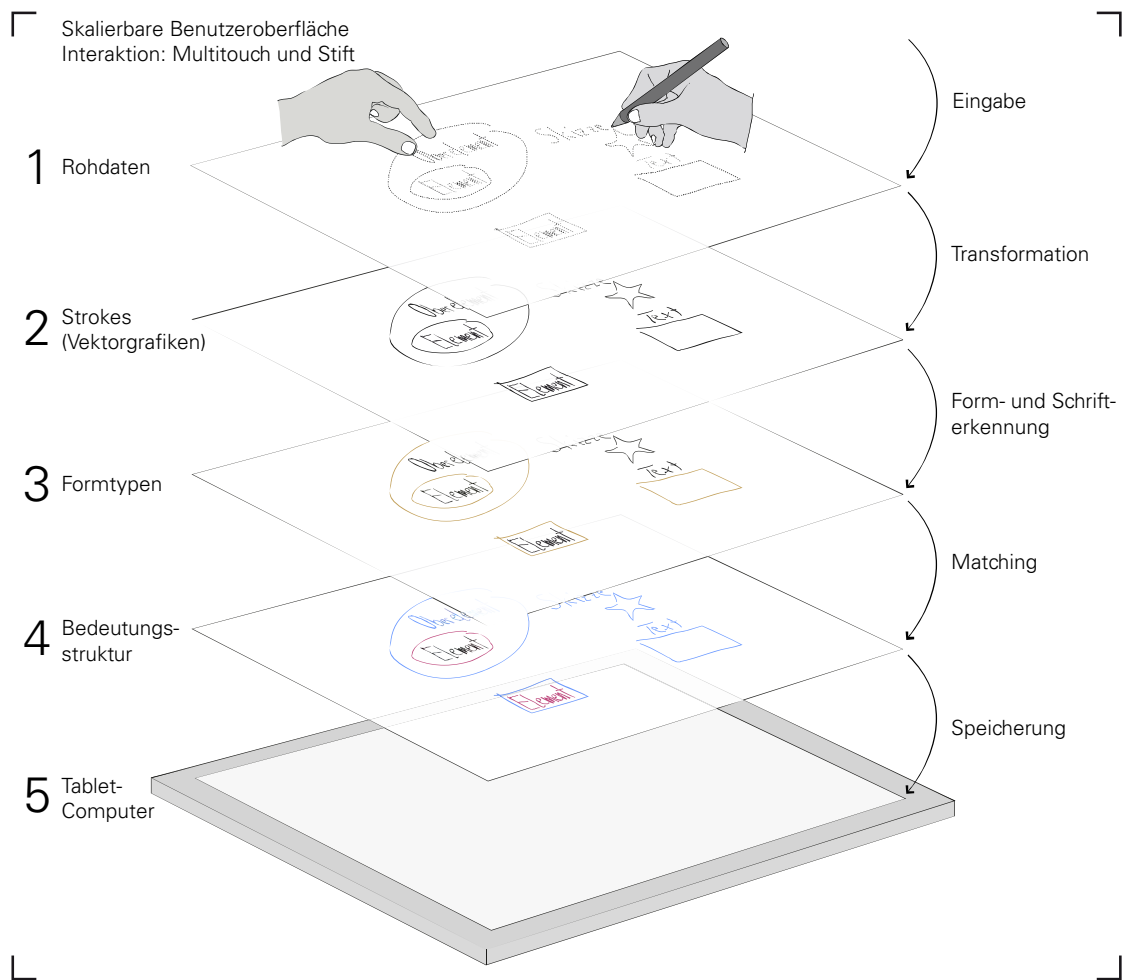


Abb. 5.11: Modularer technischer Aufbau von SketchViz.

Wird eine erkannte Form darüber hinaus vom Benutzer über Farbgebung mit einer Kategorie verknüpft, wird dies im Datenmodell entsprechend gespeichert.

5. Tablet-Computer (Speicherung): Sämtliche Inhalte sowie deren Bedeutungsstruktur werden auf dem Tablet-Computer gespeichert.

## 5.2.2 Realisierung eines Prototyps

Zur Realisierung eines Prototyps des SketchViz-Konzepts wurde eine Diplomarbeit ausgeschrieben und betreut<sup>2</sup>. Im Rahmen dieser Arbeit (vgl. [31]) implementierte Brändel das Konzept als Tablet-Anwendung für die Betriebssystemversion *Android 4.0.3*<sup>3</sup> auf einem 9,7 Zoll „*HP TouchPad*“ [84], welches über einen ARM-basierten 1,2 GHz Doppelkernprozessor mit 1 GB Arbeitsspeicher sowie über einen kapazitiven Touchscreen verfügt. Zur Realisierung wurde *Eclipse*<sup>4</sup> als Entwicklungsumgebung und das *Android Software Development Kit*<sup>5</sup> genutzt. Die Programmiersprache zur Umsetzung ist demnach *JAVA*<sup>6</sup>.

Für die Handschrifterkennung wurde die Bibliothek *WritePad-SDK* für Android von *PhatWare*<sup>7</sup> verwendet. Zur Integration der Handschrifterkennung in die Applikation wurde auf das *Android Native Development Kit*<sup>8</sup> zurückgegriffen. Die Erkennung geometrischer Primitive wurde auf Basis des *\$1-Recognizers* [215] realisiert.

Android-Applikationen bestehen grundlegend aus verschiedenen Anwendungskomponenten, die zum Teil auch im vorliegenden Prototyp verwendet werden (vgl. Abbildung 5.12, gestrichelte Komponenten). Die von Brändel implementierte Struktur basiert auf den Androidkomponenten, indem die von ihm erstellten Komponenten Eigenschaften der vorhandenen Androidkomponenten erben. Dies bietet die Möglichkeit, das System zukünftig aufwandsarm durch zusätzliche Komponenten zu erweitern. Grundlegend gibt es drei Verantwortungsbereiche von Komponenten:

---

<sup>2</sup>Die Betreuung fand durch Brade (Konzept, Methodik), Salmen (Industriesicht) und Groh (verantwortlicher Hochschullehrer) statt.

<sup>3</sup><http://developer.android.com/about/versions/android-4.0.3.html> (zuletzt besucht am 30.08.2014)

<sup>4</sup><https://www.eclipse.org/> (zuletzt besucht am 30.08.2014)

<sup>5</sup><http://developer.android.com/sdk/> (zuletzt besucht am 30.08.2014)

<sup>6</sup><https://www.java.com/> (zuletzt besucht am 30.08.2014)

<sup>7</sup>Die Firma *PhatWare* stellte eine Evaluationskopie von *WritePad-SDK* für diesen Prototyp zur Verfügung <http://www.phatware.com/writepad/> (zuletzt besucht am 14.06.2014)

<sup>8</sup><https://developer.android.com/tools/sdk/ndk/index.html> (zuletzt besucht am 30.08.2014)



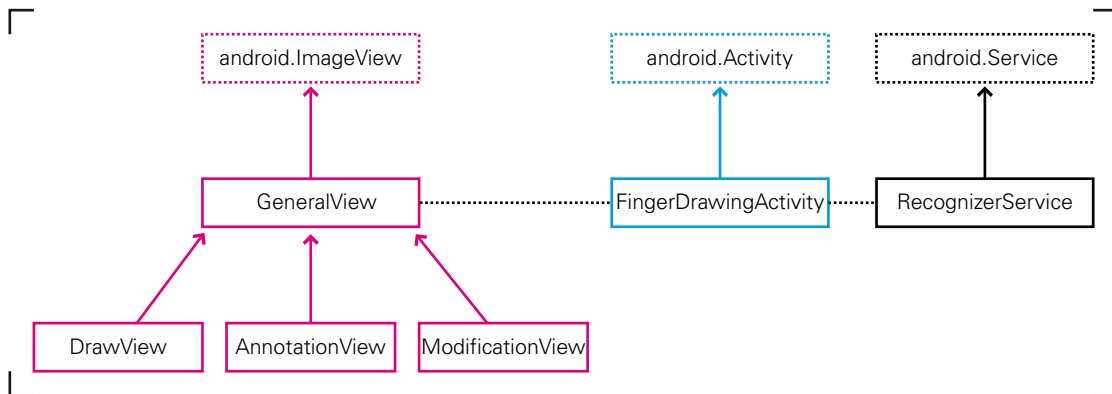


Abb. 5.12: Grundlegender Aufbau der Implementierung von SketchViz (nach [31, S.64]).

- Komponenten vom Typ *android.ImageView* (in Abbildung 5.12 magenta dargestellt) sind verantwortlich für die Darstellung sämtlich sichtbarer Inhalte auf der Benutzeroberfläche. Sie verwalten die notwendigen geometrischen Transformationen zur korrekten Darstellung der skalierbaren Benutzeroberfläche. Darüber hinaus bilden diese Komponenten den Ausgangspunkt der Verarbeitung und Aufnahme der vom Benutzer ausgelösten Eingangssignale. Die verschiedenen Modi des SketchViz-Konzepts leiten sich aus der Komponente *GeneralView* ab, welche wiederum von *android.ImageView* abgeleitet ist (vgl. Abbildung 5.12). Dabei stehen *DrawView* für den normalen Standardmodus, *AnnotationView* für den Annotationsmodus (vgl. Abbildung 5.6) und *ModificationView* für den Managementmodus (vgl. Abbildung 5.9).
- Die Komponente *FingerDrawingActivity* vom Typ *android.Activity* dient der Verwaltung der unterschiedlichen ImageViews und tauscht diese bei einem Moduswechsel entsprechend aus. Darüber hinaus hat diese Komponente die Aufgabe, das Datenmodell an die jeweilige View-Komponente weiterzugeben. Je nach Bedarf wird ein Speicherstand angelegt oder geladen.
- Die Komponente *RecognizerService* dient der Handschrifterkennung.

## 5.3 Fazit SektchViz

Das entwickelte prototypische Werkzeug SketchViz soll Wissensarbeitern ermöglichen, ähnliche Darstellungen wie auf Papier oder Whiteboards anzufertigen. Da Darstellungen beim Prozess der Sinnerschließung einem ständigen Wandel unterworfen sind, ist das

## 5 SketchViz: ein Basis-Editor zur Sinnerschließung

---

System auf die flexible Veränderbarkeit von Inhalten und deren Zusammenhängen ausgelegt. Dies zielt darauf ab, Wissensarbeiter bei der Sinnerschließung zu unterstützen.

Im folgenden Kapitel wird mittels einer Studie überprüft, ob SketchViz diese Ziele erreicht<sup>9</sup>.

---

<sup>9</sup>Um vorab Feedback zu erhalten wurde SketchViz bereits auf der internationalen Konferenz i-KNOW 2012 in Graz präsentiert (vgl. [23]). SketchViz gewann als innovativste Anwendung den *Best Demo Award 2012* (vgl. Anhang A.2). Dieser Preis wurde durch Abstimmung der knapp 500 Konferenzteilnehmer aus Forschung und Industrie vergeben. An einem Nachmittag hatten die Besucher mehrere Stunden Zeit die auf der Konferenz vorgestellten Prototypen live und eigenhändig zu testen. Im Anschluss dazu gaben sie ihre Stimme ab.

## 6 Vergleichsstudie zwischen SketchViz und Papier

Um neben der Bewertung von SketchViz durch Konferenzteilnehmer weiterhin detaillierte Erkenntnisse zum Benutzererlebnis herauszufinden, wurde eine Studie durchgeführt. Da, wie in Abschnitt 3.5 beschrieben wurde, Stift und Papier in der Praxis häufig Einsatz finden, kann ein entsprechender Vergleich zwischen SketchViz und Papier Hinweise zum Benutzererleben und zur Weiterentwicklung der Visualisierungsmethode geben. Aufbau, Ablauf und Ergebnisse der dazu durchgeführten Benutzerstudie werden in diesem Kapitel beschrieben.

### 6.1 Ziel der vorliegenden Untersuchung

#### 6.1.1 Verwandte Studien

Eine Studie, welche die Nutzung eines Tablet-Computers mit Papier und Stift vergleicht, wurde im Zuge der Recherche zur vorliegenden Arbeit nicht gefunden. Jedoch gibt es einige Studien zum Thema der Sinnerschließung (vgl. [16, 63, 2, 58]).

Furnas et al. beobachteten in einer Studie grundlegende Aktivitäten der Sinnerschließung bei Benutzung digitaler Systeme (vgl. [63, Abschnitt 2.1.2]). Diese beinhalten unter anderem: Auswählen, Eingrenzen, Annotieren, Validieren und Kategorisieren (vgl. [63, Abschnitt 2.1.2]). In einer weiteren Studie wurde beobachtet, dass Mitarbeiter eines Unternehmens bei Problemlösungen Darstellungen entwickeln, welche schrittweise ausgearbeitet wurden (vgl. [64]). Diese Ergebnisse werden auch durch die Beobachtungen von Russell et al. gestützt, dass Wissensarbeiter bei der Informationssuche mentale Modelle ausbilden und diese iterativ erweitern und umstrukturieren (vgl. [159]).

Eine Aufwandsanalyse innerhalb eines Forschungsprojektes von Russell et al. ergab, dass der Aufwand digitale Systeme zu benutzen gegenüber Stift und Papier deutlich höher ist (vgl. [63, Abschnitt 2.1.2]). Die Autoren weisen darauf hin, dass der Aufwand grundlegender Interaktion in digitalen Systemen bei der Entwicklung oft übersehen wird und verringert werden sollte (vgl. [63, Abschnitt 2.1.2]).

## 6.1.2 Zielsetzung der Studie

Mithilfe der Nutzerstudie wird überprüft, inwieweit sich SketchViz zur Unterstützung von Sinnerschließungsprozessen eignet. Weiterhin soll bestätigt werden, ob die angestrebte Ähnlichkeit zwischen SketchViz und Papier erreicht wurde. Dazu wird der erste Prototyp des Konzepts mit Papier und Stift<sup>1</sup> verglichen. Es ist aufgrund der größeren Vertrautheit von Wissensarbeitern im Umgang mit Papier und Stift nicht zu erwarten, dass SketchViz genauso einfach und schnell zu benutzen ist. Dennoch können anhand der Studienergebnisse Hinweise zur Minimierung des Aufwandes grundlegender Interaktion mit dem System sowie zur Weiterentwicklung der Visualisierungsmethode gewonnen werden. Hierzu werden grundlegende Interaktionen mit dem System und den erstellten Inhalten betrachtet.

Zur besseren Lesbarkeit werden die detaillierten Fragestellungen der Untersuchung im Anschluss an die Darstellung der Methodik erläutert.

## 6.2 Untersuchungsaufgabe

### 6.2.1 Anforderungen an die Untersuchungsaufgabe

Um die Probanden hinsichtlich ihres Interaktionsverhaltens vergleichen zu können, wird eine einheitliche Interaktionsaufgabe gesucht. An die durch Probanden zu bearbeitende Aufgabe wurden folgende Anforderungen gestellt:

- Fachwissenunabhängigkeit: damit Personen aus verschiedenen Fachgebieten die Aufgabe bearbeiten können, sollte diese fachwissensunabhängig zu lösen sein.
- Veränderungsprovokation: sie sollte die bei Sinnerschließungsprozessen häufig vorkommenden Veränderungen (vgl. Abschnitt 2.3.1) von Inhalten und deren Struktur provozieren.
- Eignung zur visuellen Beantwortung: visuelle externe Repräsentationen (vgl. Abschnitt 2.4.2) sollen durch die Interaktionsaufgabe ausgelöst werden.
- Unabhängigkeit von externen Informationsquellen: die Aufgabe sollte ohne Zuhilfenahme anderer Geräte (z.B. PC, Internet), d.h. ausschließlich mit dem Untersuchungsmaterial lösbar sein. Damit werden bei der Bearbeitung zwischen Papier und Tablet-Computer vergleichbare Arbeitsbedingungen geschaffen.

---

<sup>1</sup>Für einen besseren Lesefluss wird im Folgenden der Arbeit für *Papier und Stift* auch synonym *Papier* verwendet.

## 6.2.2 Verwandte Aufgabentypen

Bei der Recherche nach passenden Aufgabenstellungen in Studien bezüglich der Sinner-schließung wurden verschiedene Aufgabenarten gefunden (vgl. Tabelle 6.1). In Tabelle 6.1 werden Beispiele verwendeter Aufgaben sowie deren Erfüllung der eben genannten Anforderungen an die Untersuchungsaufgabe dargestellt. Keine der Aufgaben genügt allen Anforderungen der vorliegenden Untersuchung. Den Aufgaben ist gemein, dass sie nicht ohne externe Informationsquellen (wie beispielsweise Internet) lösbar sind. Ferner provozieren sie kaum Veränderungen in den von Probanden erstellten Darstellungen.

## 6.2.3 Aufbau der Untersuchungsaufgabe

Um die Anforderungen zu erfüllen, wurde die nachfolgend beschriebene Untersu-chungsaufgabe zur Durchführung einer Laborstudie entwickelt. Den Untersuchungsteil-nehmern wurde diese Aufgabe wie folgt mitgeteilt:

*„Ziel dieser Untersuchung ist es, herauszufinden, wie Menschen Aufgaben bearbeiten, bei denen es um die Darstellung sozialer Strukturen und Zusammenhänge geht. Die Inhalte sind dabei nicht Gegenstand der Untersuchung, es geht darum, zu erforschen, wie derartige Aufgaben bearbeitet werden.“*

*Untersuchungsablauf: Im Folgenden werden Ihnen Fragen gestellt. Wir bitten Sie, auf diese visuell bzw. schriftlich zu antworten. Beim Beantworten der gestellten Fragen bit-ten wir Sie, darauf zu achten, dass Ihre Darstellung möglichst ohne Erklärung verstanden werden kann.“* (vgl. Anhang A.3, Probandeninformation).

Jedem Teilnehmer der Studie wurden die gleichen Fragen gestellt. Dazu wurden die Fragen in zwei Blöcke unterteilt:

### Block A

1. Notieren Sie zehn bekannte, befreundete Personen (Mischung aus Schulzeit, Aus-bildung, Studium, Berufstätigkeit).
2. Wie haben Sie die Personen kennengelernt? Was verbindet Sie mit diesen (z. B. welches Erlebnis)?
3. Wer kennt wen unter Ihren Freunden bzw. Bekannten?
4. Wer kannte wen unter Ihren Freunden bzw. Bekannten vor 10 Jahren?
5. Wer mag aktuell wen in welcher Intensität?
6. Wer hat welche Sprache gelernt?

Tab. 6.1: Verwandte Aufgabenstellungen

Bezeichnung	„Information Gathering Tasks“ [169]	„Sensemaking Tasks“ [58]	„Information Discovery Tasks“ [101]	„Information Organization Tasks“ [41]	„Topic Comprehension Tasks“ [2]	„Ill-Structured Problem Solving“ [171]
Beispiele gestellter Aufgaben	Probanden arbeiteten am eigenen PC, wählten eigene Aufgaben, werden anschließend dort mit offenem Webbrowser befragt	Vorgegebene Informationsziele: Möglichkeiten explorieren, wie man zu Hause einen Gemüsegarten einrichtet; Informationen und Materialquellen zum Umbau der eigenen Küche finden	Fragen nach psychologischen Faktoren, bspw.: Weiche Dinge können bei Kindern in Verhaltensprobleme bei Kindern in Schulen auslösen? Was kann Fettleibigkeit auslösen?	eine hypothetisch geplante Aktivität soll erlernt werden, bspw.: Ein Buch veröffentlichen, eine Pilotenlizenz erwerben	Probanden sollen einen Vortrag zu einem Thema vorbereiten: Einführung eines neuen Personalausweises und mögliche Folgen	Planung einer Himalaya-Wanderroute.
Fachwissens-unabhängigkeit	Ja	ja	nein	ja	ja	ja
Veränderungsprovokation	nein	nein	nein	möglich	nein	nein
Geeignet zur visuellen Beantwortung	nein	ja	ja	ja	ja	ja
Unabhängigkeit von externen Informationsquelle	nein (Internet)	nein (Internet)	nein (Internet, Literatur)	nein (Internet)	nein (Internet)	nein (Internet)

7. Wer nutzt welche Sprache aktiv zum Arbeiten oder privat?
8. Wie oft sehen bzw. treffen Sie die Personen?

### Block B

1. Notieren Sie zehn bekannte, befreundete Personen (Mischung aus Schulzeit, Ausbildung, Studium, Berufstätigkeit).
2. Wo wohnen die Personen aktuell?
3. Wo wohnten die Personen vor 10 Jahren?
4. Welche Hobbys haben bzw. verbinden die Personen?
5. Welche Trinkgewohnheiten verbinden die Personen (was, wann oder wie häufig...)?
6. Wer bewegt sich aktuell in welchen Personenkreisen?
7. Wie sahen die Personenkreise vor 10 Jahren aus?
8. Gibt es spezielle Rollen von Personen in den Personenkreisen?

Die Probanden wurden gebeten, ausschließlich visuelle Antworten mit *SketchViz* bzw. *Papier und Stift* festzuhalten. Sie konnten dem Versuchsleiter nicht verbal antworten. Der Vorteil dieser Aufgabenstellung ist, dass Probanden die notierten Personen sowie deren Beziehungen untereinander sehr gut kennen und beschreiben können. Aus diesem Grund werden weder Fachwissen noch externe Ressourcen wie Internet oder Ähnliches benötigt. Durch die schrittweisen Fragen nach unterschiedlichen Arten von Zusammenhängen werden Veränderungen in den erstellten Darstellungen provoziert.

## 6.3 Stichprobe

Die Stichprobe bestand aus 25 Teilnehmern, darunter 21 Männer und vier Frauen. Das durchschnittliche Alter betrug 31 Jahre (SD 4,80). Unter den Untersuchungspersonen waren 8 Mitarbeiter verschiedener Firmen, 13 Wissenschaftler und vier Studenten. Davon waren 16 im Fachgebiet Medieninformatik tätig, zwei in der Informatik, und jeweils einer in den Disziplinen Maschinenbau, Industriedesign, Architektur, Softwareentwicklung, Philosophie, Psychologie und Mathematik.

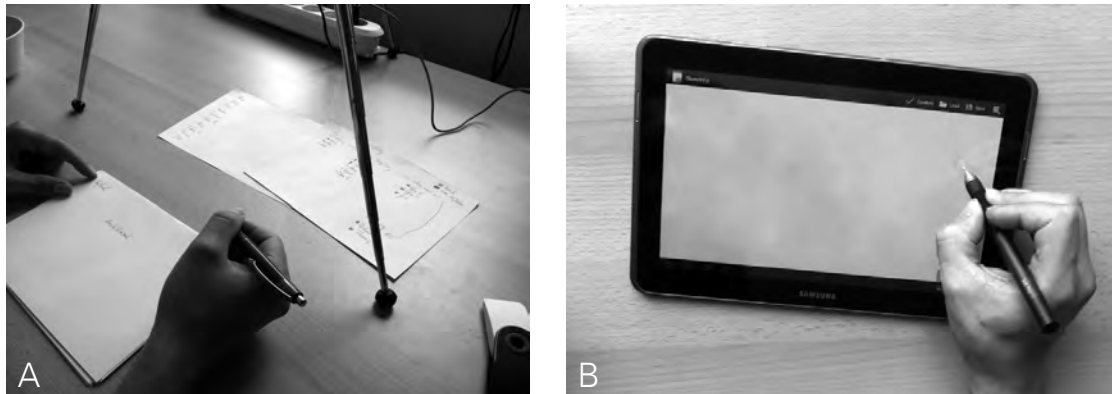


Abb. 6.1: Untersuchungsaufbau: Schreibtisch mit einer auf einem Stativ sitzenden, nach unten gerichteten Videokamera (A), welche die Aktionen der Probanden aufzeichnet (B).

## 6.4 Studien-Design

### 6.4.1 Untersuchungsaufbau und Apparatur

Die Untersuchung wurde als Laborstudie durchgeführt. Dazu wurde ein Arbeitsplatz auf einem Schreibtisch eingerichtet, welcher mit einer auf einem Stativ befestigten Videokamera ausgestattet wurde (vgl. Abbildung 6.1, links). Diese Kamera diente dazu, sämtliche Aktionen der Teilnehmer mit dem Untersuchungsmaterial aufzuzeichnen (vgl. Abbildung 6.1, rechts).

Als Untersuchungsmaterial wurde Probanden folgendes Material zur Verfügung gestellt:

- *DIN-A5 Papier* (vgl. Abbildung 6.1, A),
- dazu ein Sortiment verschiedenfarbiger Stifte, Kugelschreiber, Bleistifte und Radiergummi sowie
- ein „*Samsung Galaxy Tab GT-P7510*“<sup>2</sup>,
- mit installiertem *SketchViz*-Prototyp und
- einem Digitalstift („*Jot Pro*“<sup>3</sup>, vgl. Abbildung 6.1, B).

<sup>2</sup>Genauere Spezifikationen zum Gerät sind zu finden unter: <http://www.samsung.com/us/mobile/galaxy-tab/GT-P7510UWYXAB-specs> (zuletzt besucht am 18.06.2014)

<sup>3</sup>Genauere Details zum *Jot Pro* sind hier zu finden <http://www.adonit.net/jot/pro/> (zuletzt besucht am 18.06.2014)



Tab. 6.2: Varianten des Untersuchungsablaufs (zufällig an die Probanden verteilt).

Ablauf 1	Ablauf 2	Ablauf 3	Ablauf 4
Einstiegsinterview und Einführungsfragebogen			
	Einführung in <i>SketchViz</i>		Einführung in <i>SketchViz</i>
Beantwortung von Fragenblock A mit <i>Papier</i>	Beantwortung von Fragenblock A mit <i>SketchViz</i>	Beantwortung von Fragenblock B mit <i>Papier</i>	Beantwortung von Fragenblock B mit <i>SketchViz</i>
Kurzes Interview zur Benutzung von <i>Papier</i>	Kurzes Interview zur Benutzung von <i>SketchViz</i>	Kurzes Interview zur Benutzung von <i>Papier</i>	Kurzes Interview zur Benutzung von <i>SketchViz</i>
Wechsel Untersuchungsmaterial			
Einführung in <i>SketchViz</i>		Einführung in <i>SketchViz</i>	
Beantwortung von Fragenblock B mit <i>SketchViz</i>	Beantwortung von Fragenblock B mit <i>Papier</i>	Beantwortung von Fragenblock A mit <i>SketchViz</i>	Beantwortung von Fragenblock A mit <i>Papier</i>
Kurzes Interview zur Benutzung von <i>SketchViz</i>	Kurzes Interview zur Benutzung von <i>Papier</i>	Kurzes Interview zur Benutzung von <i>SketchViz</i>	Kurzes Interview zur Benutzung von <i>Papier</i>
Abschlussinterview			

Da die Untersuchung der Visualisierungsmethode im Vordergrund für das Untersuchungs-Setup stand, wurde beim *SketchViz*-Prototyp auf den Annotations- und Managementmodus verzichtet. Dadurch wurde der Lernaufwand zur Benutzung von *SketchViz* für die Probanden minimiert.

### 6.4.2 Untersuchungsablauf

Die Probanden wurden in das Untersuchungslabor gebeten, begrüßt, in die Studie eingewiesen und befragt. Nach der Aufgabenbearbeitung wurden sie abschließend erneut befragt. Während die Probanden die Aufgaben bearbeiteten, wurden vom Versuchsleiter Beobachtungen protokolliert. Der Versuchsleiter erfasste ebenso die Antwortzeiten.

Die Reihenfolge der Fragenblöcke (A, B) sowie die Reihenfolge des Untersuchungsmaterials (*Papier*, *SketchViz*) wurden ausbalanciert. Auf diese Weise ergaben sich vier mögliche Untersuchungsabläufe (vgl. Tabelle 6.2). Die Probanden wurden diesen Abläufen randomisiert zugewiesen.

**Einstiegsinterview und Einführungsfragebogen** Jeder Proband erhielt Informationen über den Untersuchungsablauf in Form einer ausgedruckten Probandeninformation. Alle Teilnehmer unterschrieben dazu eine Einwilligungserklärung (vgl. Anhang A.3,

## 6 Vergleichsstudie zwischen SketchViz und Papier

---

Einwilligungserklärung, Probandeninformation). Da auf der Probandeninformation festgehalten wurde, ob ein Proband mit SketchViz oder Papier und Stift startete, lag diese in zwei Varianten vor und wurde entsprechend ausgehändigt. Eventuelle Unklarheiten konnten mit dem Versuchsleiter geklärt werden.

Im Anschluss daran wurde ein Einführungsfragebogen (vgl. Anhang A.3, Einführungsfragebogen) ausgehändigt. Darin wurden Alter, Geschlecht, Beruf, Studienfach und Berufsabschluss abgefragt.

Da weitere Faktoren, außer den unabhängigen Variablen, Einfluss auf die abhängigen Variablen haben können, wurden folgende Aspekte in Form einer „*Likert-Skala*“ [112] mit fünf Antwortmöglichkeiten (gar nicht, etwas, moderat, eher viel, sehr viel) zur statistischen Kontrolle nach der Untersuchung abgefragt:

- Veränderung im sozialen Netzwerk in letzten 10 Jahren,
- Erfahrung mit Mindmapping o.ä. Techniken,
- Erfahrung im Skizzieren/Zeichnen,
- Aktivität in sozialen Online-Netzwerken (Facebook etc.),
- Vertrautheit im Umgang mit Smartphones sowie
- Vertrautheit im Umgang mit Tablets.

Zu den letzten beiden Aspekten wurde zusätzlich abgefragt: mit welchem Betriebssystem (oder mehreren) haben die Probanden gearbeitet, wenn Vertrautheit mit Smartphones oder Tablets vorliegt.

Darüber hinaus wurde in einem kurzen Interview abgefragt, ob Präferenzen bezüglich der Verwendung von digitalen Geräten oder Papier und Stift

- bei der Bearbeitung von Verständnisaufgaben sowie
- beim Lesen am Bildschirm oder ausgedruckt vorliegen.

**Einführung in SketchViz** Da keiner der Probanden Erfahrung mit dem Prototyp hatte, wurde die Benutzung mithilfe eines Leitfadens für jeden Probanden eingeführt (vgl. Anhang A.3, Leitfaden zur Einführung mit SketchViz).

**Beantwortung von Fragen mit SketchViz** In diesem Teil wurde dem Probanden der jeweilige Fragenblock zur Beantwortung mit SketchViz gestellt. Nach jeder Frage wurde der aktuelle Arbeitszustand auf dem Tablet gespeichert.

**Kurzes Interview zur Benutzung von SketchViz** Nach der Benutzung von SketchViz wurde mit dem Teilnehmer ein Interview geführt (vgl. Anhang A.3, Interviewleitfaden Evaluation SketchViz, Spalte: *Fragen nach SketchViz*).

**Beantwortung von Fragen mit Papier und Stift** In diesem Teil wurde dem Probanden der jeweilige Fragenblock zur Beantwortung mit Stift und Papier gestellt.

**Kurzes Interview zur Benutzung von Papier und Stift** Nach der Fragenbeantwortung mit Stift und Papier wurden die Teilnehmer dazu ebenfalls interviewt (vgl. Anhang A.3, Interviewleitfaden Evaluation SketchViz, Spalte: *Fragen nach Papier*).

**Abschlussinterview** Zum Ende der Untersuchung wurde mit jedem Probanden ein abschließendes Interview zum Vergleich der beiden Untersuchungsgegenstände geführt (vgl. Anhang A.3, Interviewleitfaden Evaluation SketchViz, Spalte: *Fragen am Ende*).

## 6.5 Fragestellungen der Laborstudie

### 6.5.1 Veränderungshandhabung

**[V1] Schnelligkeits- und Aufwandseinschätzung** Fragestellung: Empfinden Benutzer die Veränderbarkeit von Inhalten bei SketchViz als schneller bzw. weniger aufwendig als mit Papier?

Diese Frage dient der Überprüfung, ob SketchViz im Vergleich zu Papier die Veränderbarkeit von Inhalten schneller und weniger aufwendig ermöglicht. Etwaige Verbesserungsmöglichkeiten sollen aufgezeigt werden.

Zur Auswertung werden die Einschätzungen von Probanden aus dem Interview zu folgenden Fragen analysiert:

- „Veränderungen am Inhalt können im System schnell vorgenommen werden.“ und
- „Wie aufwendig ist die Veränderung von Inhalten im System?“ (vgl. Anhang A.3, Interviewleitfaden).

**[V2] Benutzererwartungen bezüglich Veränderungen von Inhalten** Frage: Welche Systeminteraktionen erlauben oder behindern eine schnelle Veränderung von Inhalten? Falls Teilnehmer der Studie durch Systemreaktionen irritiert sind, welche Erwartungen hatten Sie vorher an das Systemverhalten? Unterscheiden sich Editier- und Skizzieroperationen für Benutzer deutlich genug voneinander?

Diese Fragestellung zielt auf eine Systemoptimierung von SketchViz bezüglich der Verortung und Umsortierung grafischer Objekte (vgl. Kapitel 4, [AB2], [AS2]) ab. Eine für den Benutzer klare Unterscheidung von Editier- und Skizzieroperationen ist für einen produktiven Umgang wichtig, da andernfalls für den Benutzer unerwartete Aktionen durch das System ausgeführt werden (vgl. Kapitel 4, [AB1], [AS4]). Es soll überprüft werden, ob das derzeitige Konzept diese Anforderungen ausreichend erfüllt.

Durch eine Videoanalyse der Probandeninteraktionen werden Verbesserungspotentiale in SketchViz ermittelt.

**[V3] Wiederverwendung bestehender Inhalte** Frage: Wie oft wurden Darstellungen oder Teile bereits gelöster Aufgaben bei der Beantwortung späterer Fragen genutzt? Unterscheidet sich die Anzahl zwischen Papier und Stift?

Hierbei soll ermittelt werden, ob die Verwendung von SketchViz zu mehr Wiederverwendung bereits erstellter Inhalte in darauffolgenden Aufgaben führt.

Unterschiede zwischen SketchViz und Papier werden durch die Gegenüberstellung der jeweiligen Anzahl wiederverwendeter Inhalte ermittelt.

## 6.5.2 Übersichtlichkeit

**[Ü1] Einschätzung des Überblicks** Frage: Wie empfinden Probanden die Übersichtlichkeit bei der Arbeit in SketchViz bzw. bei der Arbeit mit Papier und Stift? Unterscheiden sich die Einschätzungen von Probanden bezüglich der Übersichtlichkeit zwischen SketchViz und Papier?

Die unterschiedliche Handhabung von SketchViz bzw. Papier könnte mit einer unterschiedlichen Einschätzung der Übersichtlichkeit einhergehen. Hieraus könnte gegebenenfalls Optimierungsbedarf abgeleitet werden.

Durch die Auswertung der Interviewfragen „Wie gut konnten sie den Überblick behalten?“ sowie „Angenommen, es hätte noch 10 weitere Fragen gegeben, wie gut würden Sie dann Ihre Übersicht einschätzen?“ werden eventuelle Unterschiede ermittelt.

**[Ü2] Beobachtete Arbeitsweisen** Frage: Welche Strategien verwenden Probanden im Umgang mit Papier und SketchViz sowie zur Verwaltung und Darstellung von Inhalten? Gibt es Unterschiede bzw. Gemeinsamkeiten zwischen SketchViz und Papier?

Probanden, die mit Papier und Stift arbeiten, können alle Informationen sichtbar vor sich ausbreiten, indem sie Zettel nebeneinander legen. Tablet-Benutzer können dies nicht. Hier kann wiederum das Verschieben bzw. Skalieren des Bildschirmausschnittes verwendet werden. Ziel ist es, herauszufinden, ob mit Papier noch weitere Strategien möglich sind, die in SketchViz umgesetzt werden sollten.

Dies wird durch eine Videoanalyse der Probandeninteraktionen ermittelt.

**[Ü3] Erfragte Strategien zur Übersicht** Frage: Welche Strategien wählen Benutzer, um die Übersicht zu behalten?

Hierbei gilt es zu ermitteln, ob derzeitige Funktionen des Systems ausreichen, um erfragte Strategien zu unterstützen.

Durch die Auswertung der Interviewfrage „Wie haben Sie versucht den Überblick zu behalten?“ wird dies ermittelt.

**[Ü4] Genannte Schwierigkeiten bei der Übersicht** Frage: Welche Schwierigkeiten hatten Probanden dabei, den Überblick zu behalten?

Diese Frage zielt darauf ab, zu ermitteln, welche Funktionen im System verbessert werden sollten, um Probanden den Überblick zu erleichtern.

Durch die Analyse der von Probanden im Interview genannten Schwierigkeiten bei der Verwendung von SketchViz, wird dies beantwortet.

### 6.5.3 Interaktion

**[I1] Einschätzung der Leichtigkeit der Aufgabenbearbeitung** Frage: Wie leicht schätzen Studienteilnehmer die Verwendung von SketchViz gegenüber Papier ein? Welche Begründungen nennen sie dafür? Korreliert die Einschätzung der Probanden, wie leicht ihnen die Arbeit fiel, mit der Erfahrung, die sie mit Tablet-PCs oder Smartphones haben?

Aufgrund der hohen Vertrautheit mit Papier und Stift ist nicht zu erwarten, dass Benutzer SketchViz als leichter einschätzen. Jedoch ist für eine Weiterentwicklung des Systems interessant, welche Aspekte als Begründung genannt werden. Ein Zusammenhang dieser Einschätzungen mit der bisherigen Erfahrung von Probanden im Umgang mit Tablet-Computern oder Smart-Phones scheint plausibel und wird ebenfalls überprüft.

Zur Ermittlung der Probandeneinschätzungen werden die Interviewfragen „Wie leicht fiel Ihnen die Arbeit mit dem System?“ sowie „Wie leicht fiel Ihnen die Arbeit mit Papier und Stift?“ ausgewertet. Darüber hinaus wurde im Interview nach einer Begründung der Einschätzung gefragt, welche für SketchViz ebenfalls ausgewertet wurde.

**[I2] Einschätzung der Interaktion mit einzelnen Aufgabenaspekten** Frage: Welche Aspekte der Aufgaben fanden Probanden einfacher mit SketchViz bzw. mit Papier und Stift zu lösen?

Ein Vergleich der Stärken von SketchViz und Papier kann Hinweise für eine Weiterentwicklung des Systems geben.

Zum Vergleich der Einschätzung von einzelnen Aspekten der Aufgaben werden die Interviewfragen „Welche Aspekte der Aufgaben fanden sie einfacher mit SketchViz zu lösen?“ und „Welche Aspekte der Aufgaben fanden sie einfacher mit Papier und Stift zu lösen?“ ausgewertet.

**[I3] Bearbeitungszeit** Frage: Unterscheiden sich Bearbeitungszeiten zwischen Papier und SketchViz?

Aufgrund der Verwendung eines Digitalisierstiftes ohne Druckstufenerkennung ist die Erkennungsrate der Eingaben nicht optimal, wodurch zu erwarten ist, dass Papier bei der Bearbeitungszeit schneller ist als SketchViz.

Durch die Überprüfung der Zeiterfassung wird dies untersucht.

**[I4] Arbeitsteilung der Hände** Frage: Unterscheidet sich die Arbeitsteilung der Hände zwischen SketchViz und Papier und Stift? Wird SketchViz von Probanden einhändig bedient?

Für den arbeitsplatzunabhängigen, mobilen Einsatz von SketchViz ist eine einhändige Interaktion mit der Anwendung notwendig. Damit kann die andere Hand zum Halten des Tablet-Computers verwendet werden.

Die Überprüfung der einhändigen Interaktionsmöglichkeit erfolgt durch die Analyse der Videoaufzeichnungen.

**[I5] Verbesserungsvorschläge** Frage: Welche Hinweise und Verbesserungsvorschläge haben Probanden für SketchViz?

Für die Weiterentwicklung von SketchViz werden Anregungen von Probanden gesucht.

Durch die Auswertung der Antworten auf die Interviewfragen werden Verbesserungsvorschläge erhoben.

### 6.5.4 Darstellungsformen

**[D1] Typen grafischer Objekte** Frage: Welche Typen grafischer Objekte erstellen Probanden? Werden mit SketchViz die gleichen Arten grafischer Objekte erstellt wie mit Papier und Stift oder gibt es Unterschiede?

Da mit SketchViz das Ziel verfolgt wird, möglichst papierähnliche Darstellungen zuzulassen, soll analysiert werden, inwiefern dieses Ziel erreicht wurde.

Durch eine Analyse aller Darstellungen von Probanden werden sämtliche Typen grafischer Objekte klassifiziert. Im Anschluss wird überprüft, ob diese mit SketchViz bzw. mit Papier gleichermaßen verwendet wurden.

**[D2] Anzahl und Verhältnis grafischer Objekte und Relationen** Frage: Unterscheiden sich die Anzahl der erstellten grafischen Objekte und Relationen zwischen SketchViz und Papier?

Hier gilt es herauszufinden, ob sich Probanden bei Verwendung von SketchViz einschränken.

Die Anzahl wird durch Zählen grafischer Objekte und Relationen in den von Probanden angefertigten Darstellungen ermittelt.

## 6.6 Ergebnisse

### 6.6.1 Ergebnisse bezüglich Veränderungshandhabung

#### [V1] Schnelligkeits- und Aufwandseinschätzung

Die Veränderbarkeit von Inhalten mit SketchViz wurde von Teilnehmern schneller bewertet als die Veränderung bei Papier (vgl. Abbildung 6.2). Der Unterschied ist statistisch signifikant (Wilcoxon-Test,  $z = -3.67$   $p = .000$ ). Bei der Aufwandseinschätzung antworteten die Probanden ebenso mit einem statistisch signifikanten Unterschied (Wilcoxon-Test,  $z = -3.10$   $p = .002$ ) zum Vorteil von SketchViz (vgl. Abbildung 6.3).

**SketchViz** Auf die Frage, welche Tätigkeiten Probanden in SketchViz als schnell durchführbar einschätzen, wurde von 12 Teilnehmer (50%<sup>4</sup>) das Gruppieren durch eine gezeichnete Umrandung genannt.

<sup>4</sup>Alle Prozentwerte im Rahmen der Studiendarstellung sind auf ganze Zahlen gerundet.

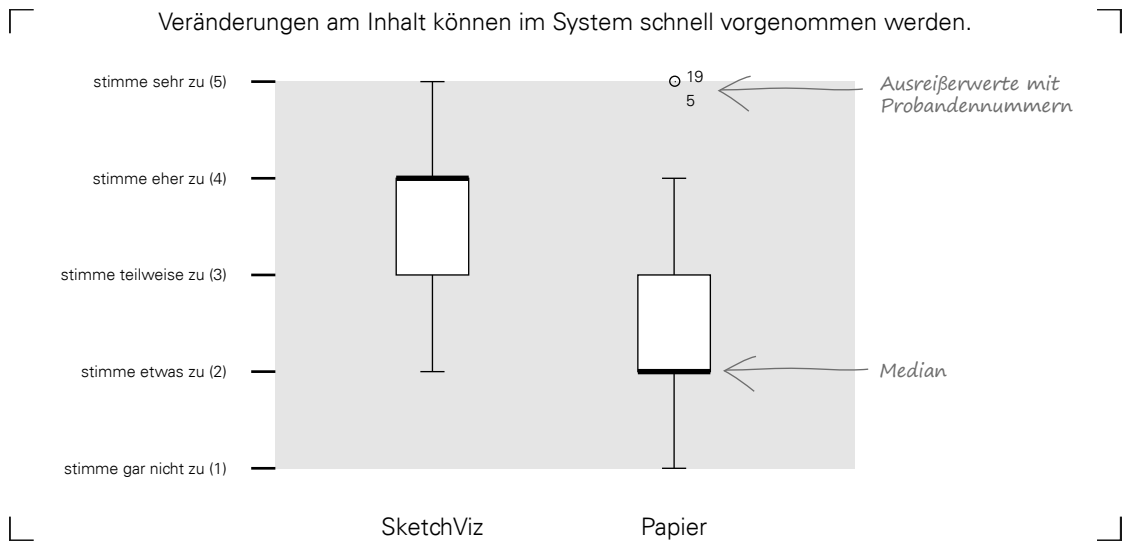


Abb. 6.2: Ergebnisse der Einschätzung von Probanden zur Schnelligkeit von Veränderungen.

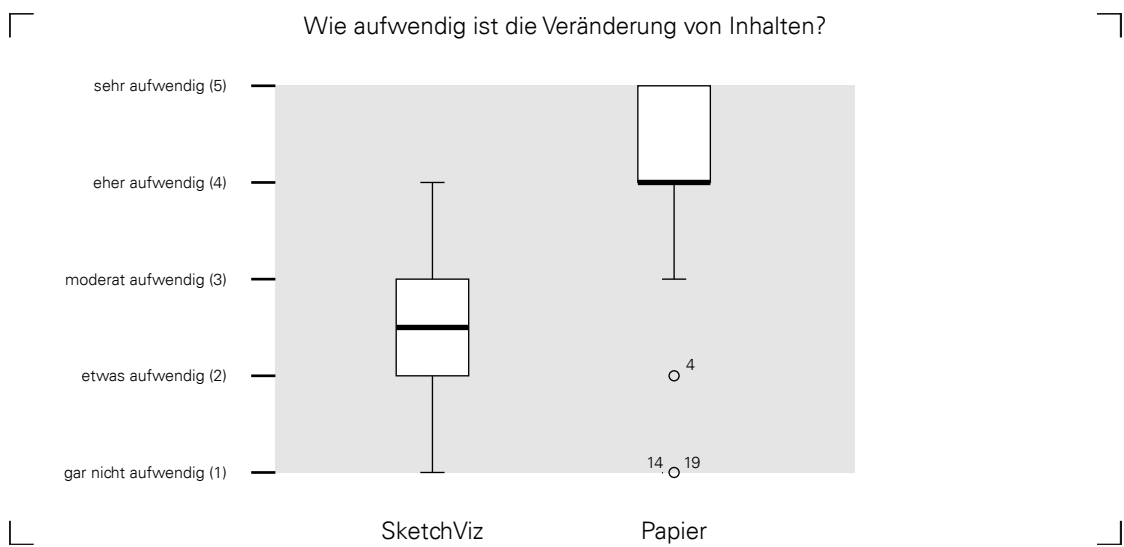


Abb. 6.3: Ergebnisse der Einschätzung von Probanden zum Aufwand von Veränderungen.



Tab. 6.3: Im Interview genannte Aspekte der Veränderbarkeit, die mit SketchViz als schnell eingeschätzt werden.

Genannte Aspekte	Anzahl bzw. Prozent der Probanden
Gruppieren durch Zeichnen einer Umrandung bzw. Namen in bestehende Gruppen verschieben	12 50%
Verschieben von Inhalten, auch um damit Platz zu schaffen	10 42%
Neustrukturieren von Inhalten / Gedanken	9 38%
Inhalte und Formen erstellen, schnell etwas kritzeln (außer Schreiben)	6 25%
Löschen von Objekten (keine Gruppenlinien)	5 21%
Skalieren von Inhalten (auch zur Bedeutungszuweisung)	5 21%
Relationen erstellen	4 17%
Aus einer Darstellung die nächste machen	3 13%
Farbige Gruppen durch die Schnellwahl erstellen	3 13%
Farbauswahl für eine Gruppenlinie: wenn man eine andere Farbe haben will, kurz den Namen eingeben und fertig	1 4%
Venn-Diagramme	1 4%
Navigieren durch Doppelklicken auf den Hintergrund	1 4%
Schnell etwas schreiben	1 4%
Aktionen rückgängig machen mit Undo	1 4%

Das Verschieben von Inhalten wurde von zehn (42%) und das Neustrukturieren von Inhalten oder Gedanken von neun Befragten (38%) genannt (vgl. Tabelle 6.3).

Das Schreiben oder Zeichnen wurde von zehn Studienteilnehmern (42%) als nicht so schnell eingeschätzt, da zügig Geschriebenes oder Gezeichnetes vom System oft nicht erkannt wurde (vgl. Tabelle 6.4). Sieben Probanden (29%) hätten Objekte gern nach Abschließen des grauen Kastens (vgl. 5.1.3, [AB1]) verändert. Dies wird derzeit durch das System nicht unterstützt und führt zum Neuerstellen. Sechs Probanden (25%) empfanden das An- und Abwählen von Objekten als zeitaufwendig.

**Papier** 23 Teilnehmer (96 %) gaben an, dass ihnen die Veränderbarkeit bei Papier generell fehlt. Das Neuzeichnen erscheint ihnen als überflüssige und zeitintensive Arbeit. Probanden sagten dazu beispielsweise:

- *„Veränderungen mit Papier und Stift sind das große Problem. Durchstreichen möchte ich ungern, das sieht nicht gut aus. Das Arrangement ist das Problem. Man fängt irgendwo an und weiß noch nicht, wie sich die Struktur der Inhalte entwickeln wird. Man muss sich eigentlich immer eine Skizze machen und anschließend nochmal eine Reinschrift.“*

Tab. 6.4: Im Interview genannte Aspekte der Veränderbarkeit, die mit SketchViz als nicht so schnell eingeschätzt werden.

<b>Genannte Aspekte</b>	<b>Anzahl bzw. Prozent der Probanden</b>	
Stifterkennung: kurze Striche sind problematisch, Eingabe oft systemseitig nicht erkannt	10	42%
Kein Editieren von Objekten nach Abschluss der grauen Box möglich - Zwang zu löschen und neu zu erstellen	7	29%
Mehrfachauswahl von Objekten: Doppeltipp zum An- und Abwählen kostet Zeit. Mehr Zeit noch, wenn unabsichtlich daneben getippt wird, dann ist wieder alles abgewählt	6	25%
Skalieren bzw. Löschen von Gruppen ohne den Inhalt erfordert das Auswählen und Verschieben aller Inhalte	4	17%
Mit zwei Fingern Dinge zu verschieben, ist ungewohnt	3	13%
Kopierfunktion fehlt	2	8%
Löschen: erst müssen Objekte ausgewählt, dann die Mülleimerschaltfläche gedrückt werden - dies kann für komplexe Objekte aufwendig werden	2	8%
Verschieben von Relationen war schwierig, da manche Probanden viele Linien erstellt haben und diese sich nicht automatisch mit den Objekten verschieben lassen	2	8%
Verschieben einzelner Objekten nacheinander ist zeitaufwendig, da immer an- und abgewählt werden muss	2	8%
Erkennungsfehler des Systems beim Verschieben (wenn man zwei Finger zu eng zusammenbringt)	2	8%
Verändern der Farbe grafischer Objekte und Gruppen bisher nicht möglich	2	8%
Objekte mit dem Finger zu treffen, um sie auszuwählen, wenn diese klein skaliert sind	1	4%
Formerkennung funktioniert nicht immer korrekt	1	4%
Ein Undo für Löschen und Positionierung wäre hilfreich	1	4%
Tabellen erstellen dauert genauso lange wie auf Papier	1	4%

- „Umorganisieren, Entfernen. Jedwede Veränderung am Inhalt und am Kontext geht nicht so schnell mit Papier.“

## [V2] Benutzererwartungen bezüglich Veränderungen von Inhalten

Bezüglich unerwarteter Systemreaktionen wurde eine Videoanalyse durchgeführt, wie Probanden gearbeitet haben. Benutzer hatten folgende Erwartungen, welche vom System nicht erfüllt wurden:

- 18 Probanden (75%) beabsichtigten das Verschieben einzelner Objekte und vergaßen, dass noch Weitere ausgewählt waren. Dies führte zu einem ungewollten Verschieben mehrerer Elemente. Das trat insbesondere auf, weil vorher bearbeitete Objekte nicht nach Abschluss der Bearbeitung ausgewählt wurden. Im nächsten Schritt wollten die Probanden den Bildschirmausschnitt verschieben und verschoben auf diese Weise jedoch ungewollt die vorherige Auswahl grafischer Objekte.
- Fünf Probanden (21%) löschten eine Auswahl grafischer Objekte und übersahen dabei, dass noch weitere Elemente ausgewählt waren, deren Löschung sie nicht beabsichtigten.
- Zehn Teilnehmer (42%) versuchten zu schreiben oder zeichnen, obwohl sie Objekte zum Verschieben oder Skalieren ausgewählt hatten.
- Die Handhabung von Gruppierungen mit Umrandungslinien hat für Probanden Vor- und Nachteile.

Der Vorteil ist, dass durch Auswahl der Umrandungslinie automatisch alle Inhalte der Gruppe gemeinsam ausgewählt sind. So können Gruppen schnell und effizient skaliert, verschoben oder gelöscht werden. 21 Teilnehmer (88%) machten davon Gebrauch.

Nachteilig ist jedoch beim Löschen oder Verändern der Umrandungslinie ohne Inhalte, dass dies nur nach individuellem Auswählen und Herausschieben der enthaltenen Objekte möglich ist. 12 Probanden (50%) veränderten oder löschten Umrandungslinien ohne Inhalte. Sie merkten an, dass ihnen eine Funktion fehlte, um die Umrandungslinie direkt auflösen zu können. Zwei Probanden versuchten das Schloss-Symbol für die Trennung von Umrandungslinien und Inhalten zu nutzen. Dies wurde jedoch nicht vom System unterstützt.

- Acht Probanden (33%) versuchten durch Doppeltippen den grauen Kasten (vgl. Abschnitt 5.1.3, [AB1] sowie Abbildung 6.10, A) zu verlassen.
- Sieben Probanden (28%) fragten während der Bearbeitung nach einer Möglichkeit, die Farbe von grafischen Objekten zu verändern. Diese Funktion wurde durch den Prototyp noch nicht unterstützt.

- Vier Probanden (17%) versuchten grafische Objekte, die aufgrund des grauen Kastens vom System zusammengefügt wurden, wieder in Einzelteile zu zerlegen. Diese Funktion war bisher jedoch noch nicht vorgesehen.

Aufgrund technischer Schwierigkeiten, bedingt durch die prototypische Umsetzung, traten folgende Ereignisse auf:

- Objekte sprangen für Benutzer beim Verschieben oder Skalieren ungewollt aus dem Sichtbereich des Bildschirms. Grund hierfür ist, dass das System sehr eng zusammen positionierte Finger als Einen erkennt. Dies trat bei 10 Probanden (42%) auf.
- Manche Objekte wurden aufgrund eines Fehlers vom System nicht mehr angezeigt, wenn sie sich mit anderen überlappten. Dieser Fehler trat bei 39 (20%) der durchgeführten Untersuchungsteilaufgaben auf.

### [V3] Wiederverwendung bestehender Inhalte

Probanden hatten bei der Aufgabenbeantwortung in SketchViz oder mit Papier die Möglichkeit, auf ihre bereits erstellten Inhalte aus vorherigen Aufgaben zurückzugreifen bzw. neue Inhalte zu erstellen.

**SketchViz** In SketchViz nutzten alle Probanden (100%) bei jeder Aufgabe zuvor erstellte Inhalte für die Beantwortung (nicht betrachtet wird dabei die erste Aufgabe, da hier noch keine Inhalte vorhanden waren).

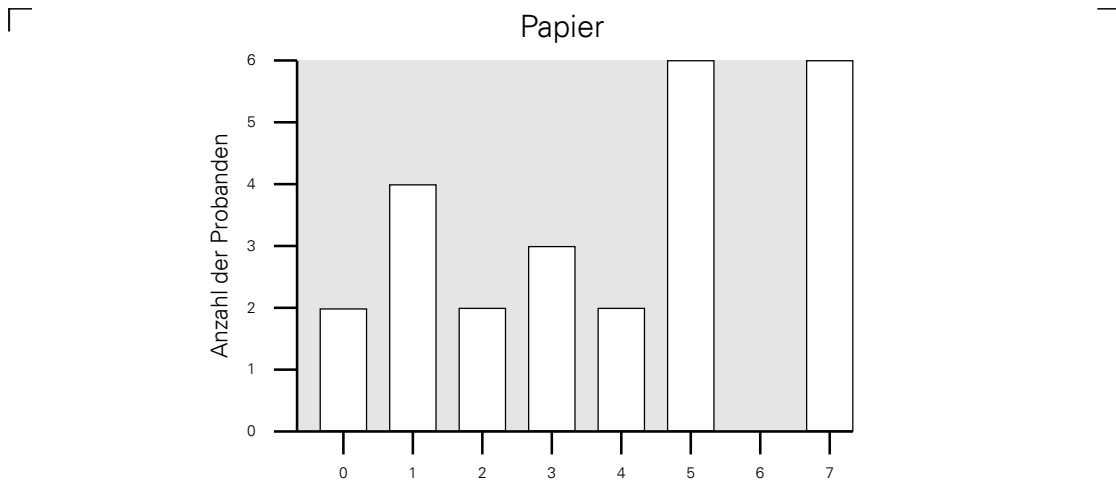
**Papier** Bei Papier nutzten Probanden in 97 Fällen (56%) bestehendes Material. Dieser Unterschied ist statistisch signifikant (Wilcoxon-Test,  $z = -3.54$   $p = .000$ ). Die interindividuelle Streuung ist bei Papier deutlich größer (vgl. Abbildung 6.4) als bei SketchViz<sup>5</sup>.

## 6.6.2 Ergebnisse bezüglich Übersicht

### [Ü1] Einschätzung des Überblicks

Gemessen mit einer Likert-Skala von 1-5 (wobei 1 „konnte gar kein Überblick behalten“ und 5 „konnte sehr gut den Überblick behalten“ bedeutet) schätzten Probanden im Durchschnitt die Übersicht bei Papier (Mittelwert: 3.60, SD: 1.12) geringer ein, als bei

<sup>5</sup>Da bei SketchViz alle Probanden bei jeder Aufgabe vorherige Inhalte wiederverwendeten, wird auf eine grafische Darstellung verzichtet.



Anzahl der Aufgaben (ohne die jeweils erste eines Fragenblocks) mit Wiederverwendung von Inhalten

Abb. 6.4: Interindividuelle Streuung von Aufgaben mit Wiederverwendung bestehender Inhalte bei Papier.

SketchViz (Mittelwert: 4.13, SD: 1.20). Dieser Unterschied zeigt einen Trend, ist statistisch jedoch nicht signifikant (Wilcoxon-Test,  $z = -1.59$ ,  $p = .112$ ).

Werden die Probanden hingegen gefragt, wie sie den Überblick einschätzen, wenn weitere 10 Fragen gestellt würden, unterscheidet sich die Einschätzung signifikant zu Gunsten von SketchViz (Wilcoxon-Test,  $z = -2.61$ ,  $p = .009$ ) in der durchschnittlichen Bewertung zwischen Papier (Mittelwert: 2.74, SD: 1.20) und SketchViz (Mittelwert: 3.77, SD: 1.45).

## [Ü2] Beobachtete Arbeitsweisen

**Papier** 18 der Probanden (72%) bildeten Stapel über oder neben dem aktuell bearbeiteten Papier (vgl. Abbildung 6.5, A, B, C)<sup>6</sup>. Sie legten dabei die Namen gesondert sichtbar hin. Sechs der Probanden (24%) verwendeten nur ein einzelnes Blatt, worauf alle Antworten eingetragen wurden. Ein Proband (4%) fertigte für jeden Namen einen eigenen, halbierten Zettel an und verband die so erstellten Namenszettel über ein weiteres Blatt hinausgehend mit Linien (vgl. Abbildung 6.5, D).

<sup>6</sup>Die niedergeschriebenen Namen von Probanden wurden in den Abbildungen durch das Wort „Name“ ersetzt, um die Anonymität der Versuchspersonen zu gewährleisten. Der Rest der Darstellungen wurde nicht verändert.

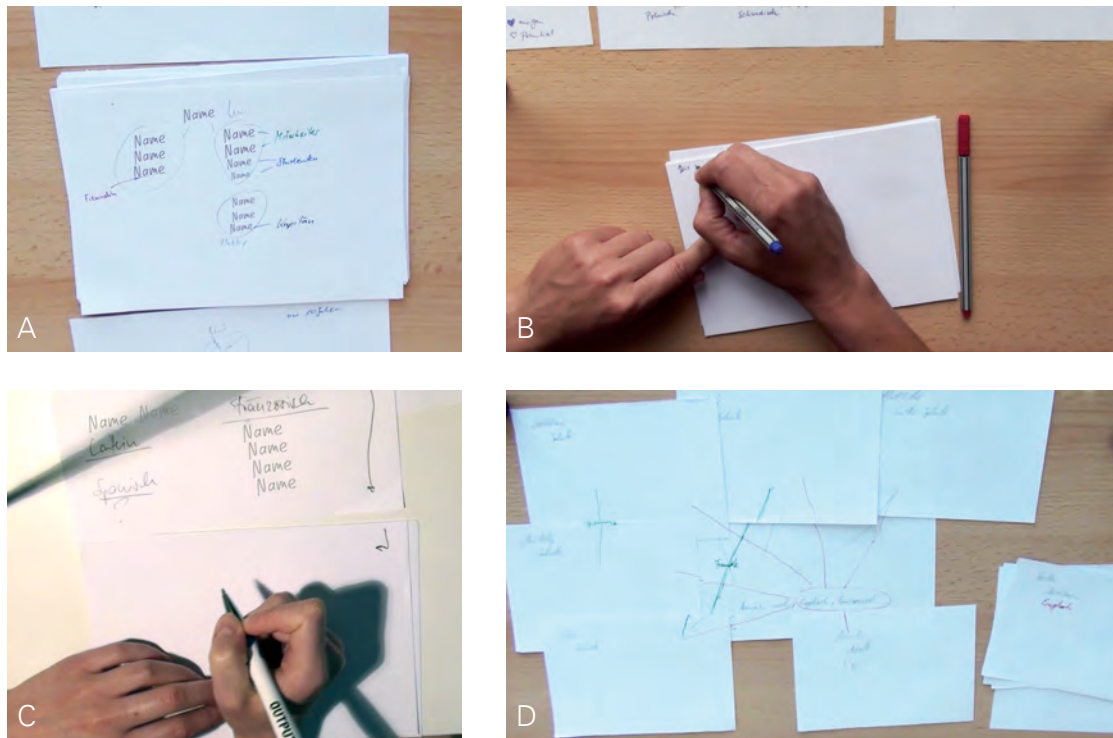


Abb. 6.5: Papierstapelung findet hauptsächlich über und neben dem aktuell bearbeiteten Papier statt (A-C). Zwei Probanden verbanden verschiedene Zettel mit übergreifenden Linien (C, D).

Dieser und ein weiterer Teilnehmer (8%) fertigten Darstellungen über mehr als ein Blatt hinweg an (vgl. Abbildung 6.5, C, D).

**SketchViz** Acht Probanden (33%) verschoben in SketchViz nicht mehr gebrauchte Notizen für eine eventuelle spätere Verwendung aus dem sichtbaren Bildausschnitt. Die so abgelegten Inhalte wurden dann bei Bedarf für eine Aufgabenbeantwortung entsprechend in den aktuell sichtbaren Bildausschnitt zurückgeschoben.

Darüber hinaus vergrößerten 23 Benutzer (92%) Wichtiges und verkleinerten Unwichtiges oder Detailwissen.

Statt Dinge neu zu zeichnen, wurden von Probanden weiterhin in 25 Teilaufgaben (15%) vorherige Arbeitsstände geladen und mit diesen weitergearbeitet.



Abb. 6.6: Beispiel zur Strategie des Überzeichnens bei Papier: Schrittweise werden ausgehend von den erstellten Namen alle Antworten auf dasselbe Papier gezeichnet (A-F).

**Gemeinsamkeiten** Sowohl bei der Verwendung von SketchViz als auch mit Papier erweiterten bzw. überzeichneten Probanden Inhalte. Beispiele dafür sind in Abbildung 6.6 und 6.7 aufgeführt.

### [Ü3] Erfragte Strategien zur Übersicht

Die Studienteilnehmer wurden nach der Verwendung von SketchViz und Papier befragt, welche Strategien sie verwendeten, um die Übersicht zu behalten (vgl. Tabelle 6.5).

**SketchViz** Die Ergebnisse der Befragung bezüglich SketchViz zeigen, dass 13 Probanden (54%) das Skalieren und Verschieben des virtuellen Sichtfeldes sowie der grafischen Objekte zur Übersicht nutzten (vgl. Tabelle 6.5). Drei Probanden (13%) nannten die Doppeltipp-Geste als Mittel zur Übersicht. Dadurch wird der Bildschirmausschnitt automatisch so angepasst, dass alle erstellten Inhalte auf einmal sichtbar sind.

Sieben Teilnehmer (29%) gaben an, Umrandungen zur Gruppierung oder Kategorisierung einzusetzen, um die Übersicht zu gewährleisten (vgl. Tabelle 6.5).

Tab. 6.5: Benutzerstrategien, um die Übersicht zu behalten.

<b>Genannte Aspekte</b>	<b>Anzahl bzw. Prozent</b>	
<b>SketchViz</b>		
Skalieren und Verschieben des Bildschirmausschnittes bzw. grafischer Objekte	13	54%
Kategorienbildung / Gruppierung mittels Umrandungen	7	29%
Beschriftungen mit Schlagworten / Fähnchen / Symbolen	3	13%
Arbeiten in der Totalen (stets alles Wichtige sichtbar)	3	13%
Doppeltippen auf den Hintergrund, um alle Inhalte zu sehen	3	13%
Verbindungen durch Linien unterschiedlicher Stärke oder Venn-Diagramme	3	13%
Farben der Umrandungen von Gruppen	1	4%
Textgröße als Bedeutungsträger	1	4%
Matrixanordnung als Grundstruktur	1	4%
Nicht benötigte Inhalte aus Sichtfeld schieben	1	4%
Erstellung komplexer grafischer Objekte	1	4%
Keine Schwierigkeit, da wenig Inhalte	1	4%
Laden der bereits erstellten Namen	1	4%
<b>Papier</b>		
Verortung, Gruppierung von Objekten zu Kategorien	7	29%
Farben	7	29%
Darstellung neu zeichnen	6	25%
Neues Blatt nehmen	6	25%
Stapelbildung von Zetteln	5	21%
Strichstärke / Linientypen / Pfeile	4	17%
Begrenzung des Blattes war hilfreich	3	13%
Tabellen	3	13%
Vorüberlegung	3	13%
Kodierung mit Ziffern und Buchstaben	2	8%
Schlagworte / Symbole	2	8%
Unterstreichungen	1	4%
Schraffuren	1	4%
Legende	1	4%
Bereiche mit besonderer Bedeutung	1	4%



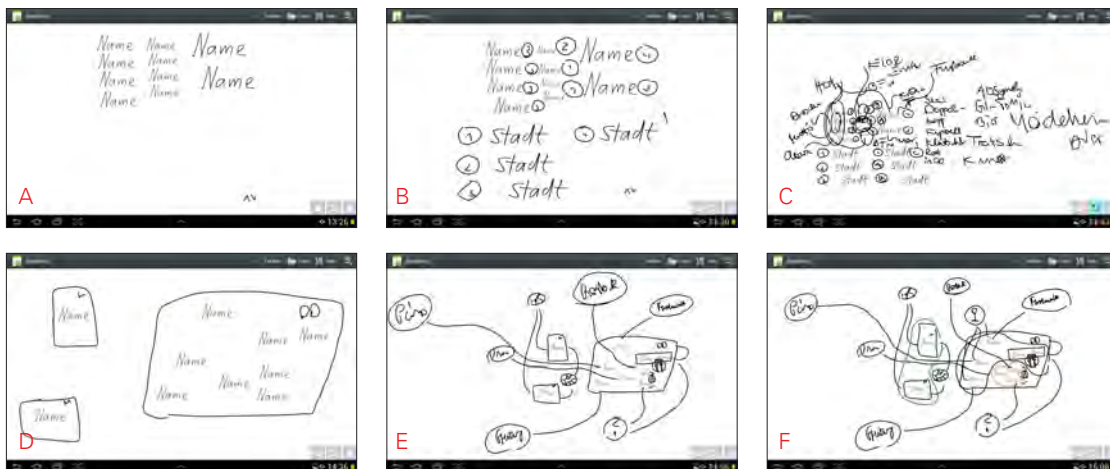


Abb. 6.7: Strategie des Überzeichnens bei SketchViz: alle Antworten werden in eine Darstellung gezeichnet, entweder ohne vorherige Inhalte zu editieren (A-C) oder durch die Anpassung bestehender Inhalte zur weiteren Verwendung (D-F).

**Papier** Bezüglich Papier wurden die Verortung und Gruppierung sowie die Verwendung von Farbe von sieben (29%) Befragten zur Übersichtsherstellung genannt (vgl. Tabelle 6.5). Von sechs (25%) wurde die Strategie, Darstellungen neu zu zeichnen oder ein neues Blatt zu verwenden, erwähnt. Die Stapelbildung von Zetteln mit erstellten Darstellungen wurde von fünf (21%) sowie die Verwendung verschiedener Linientypen und Stärken von vier Teilnehmern (17%) als Strategie zur Bewahrung der Übersichtlichkeit genannt. Darüber hinaus wurde die Begrenzung eines Blattes von drei (13%) der Probanden als hilfreich für die Übersicht angeführt.

Im Unterschied zu SketchViz gaben drei Teilnehmer (13%) an, auf Papier vor dem Zeichnen Überlegungen anzustellen, welche Art der Darstellung am hilfreichsten sein könnte. Bei SketchViz wurde ein solches Vorgehen nicht genannt.

#### [Ü4] Genannte Schwierigkeiten bei der Übersicht

Auf die Frage was beim Behalten des Überblicks Schwierigkeiten bereitete, antworteten Probanden wie folgt:

##### SketchViz

- „...ungewohnt, eigentlich Vorteil mit endlos viel Platz, wird aber zum Problem - du musst dir zu viel merken, wo was ist. Papier ist komplett beschränkt, bei SketchViz

*musst du immer wieder verschieben und zoomen. Es wäre vielleicht schön Indikatoren zu haben, wo noch Infos im 'Off' sind. Doppeltippen auf den Hintergrund ist gleichzeitig gut und schwierig, da man erst überlegen muss 'woher kam ich!'*

- *„Ein Problem taucht für mich dann auf, wenn ich den Zoom nutzen will. Dann tauche ich richtig ins Detail ein und will ein Element woanders hinbringen. Dabei verliere ich den Überblick - mir fehlt das Selektieren und dann trotzdem den Zoom der View verändern zu können, ohne das ausgewählte Element zu skalieren. Momentan sind das zu viele Schritte.“*
- *„Man hatte nur eine Stiftfarbe und damit keine Farbkodierung.“*
- *„Man ist irgendwann sehr stark bemüht, Informationen zu reduzieren, weil das mit dem Stift zu schwer war. Das reduziert die Übersicht. Farbliche Beschränkung und nur eine Strichstärke mindern die Übersicht.“*
- *„Nachteil ist, dass etwas übersehen werden kann, wenn man es aus dem Bildschirm rausgeschoben hat. Obwohl, wenn ich so darüber nachdenke: durch das Doppeltippen auf den Hintergrund findet man alles wieder.“*

### **Papier und Stift**

- *„Der Anfang ist schwieriger als bei SketchViz, da man Gezeichnetes nicht mehr so leicht verändern kann.“*
- *„Wird schnell sehr unübersichtlich. Bei größeren Sachen fängt man an, Dinge doppelt zu zeichnen.“*
- *„Aufgrund der gewachsenen Struktur wurde meine Darstellung sehr unübersichtlich.“*
- *„Mit Annotationen versucht man, mehr Informationen unterzubringen. Dies geschieht immer auf Kosten des Überblicks.“*

### **6.6.3 Ergebnisse bezüglich Interaktion**

#### **[I1] Einschätzung der Leichtigkeit der Aufgabenbearbeitung**

Im Durchschnitt bewerteten Probanden die Leichtigkeit (auf einer Likert-Skala von 1-5, wobei 1 „gar nicht leicht“ und 5 „sehr leicht“ bedeuten, vgl. Abbildung 6.8):

- bei Papier und Stift mit 4.76 (SD: .51) und
- bei SketchViz mit 3.17 (SD: 1.01).

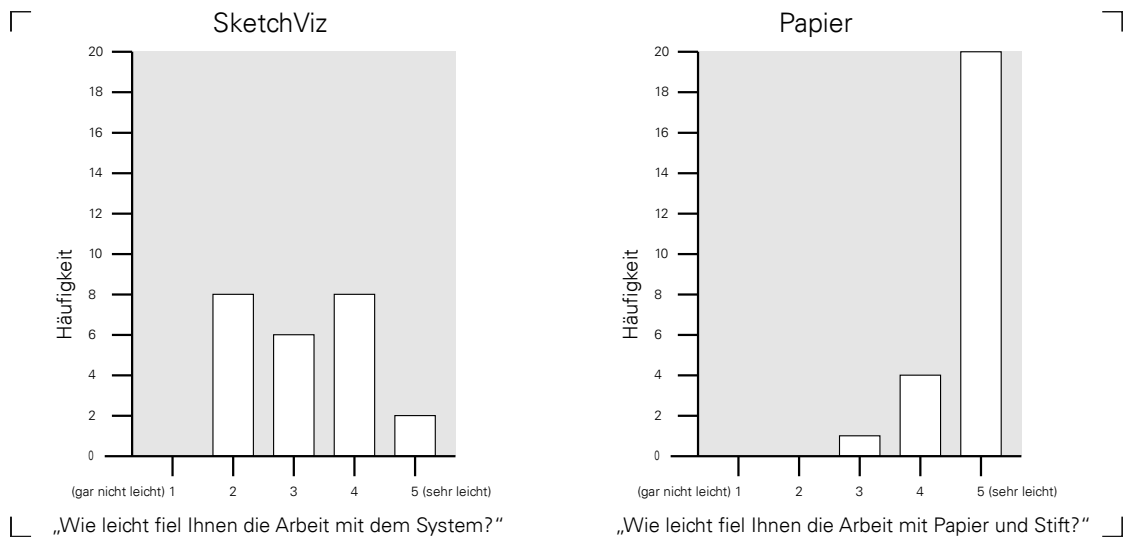


Abb. 6.8: Interindividuelle Streuung von Probandeneinschätzungen zur Leichtigkeit im Umgang mit SketchViz und Papier.

Dieser Unterschied ist statistisch signifikant (Wilcoxon-Test,  $z = -3.93$ ,  $p = .000$ ). Werden die Einschätzungen zu SketchViz betrachtet, begründeten insgesamt 16 Probanden (64%) ihre Bewertungen. 12 Teilnehmer (75%) unter ihnen begründeten ihre negative Bewertung mit der problematischen Stifteingabe bei SketchViz. Fünf (31 %) der Befragten erwähnten auftretende Softwarefehler des Prototyps als problematische Begleiterscheinung. Diese und weitere Aspekte sind in Tabelle 6.6 dargestellt.

Es besteht keine statistisch signifikante Korrelation (Kendall-Tau-b) zwischen der Einschätzung zur Leichtigkeit im Umgang mit den Untersuchungsmaterialien und den Erfahrungen, die Probanden mit der Benutzung von Tablet-PCs ( $r = .14$ ,  $p = .443$ ) oder Smartphones ( $r = -.02$ ,  $p = .928$ ) vor der Untersuchung hatten.

### [I2] Aufgabenaspekte, welche für Probanden einfacher mit SketchViz bzw. Papier und Stift zu lösen waren

**SketchViz** 14 Probanden (58%) gaben an, dass sie die Veränderbarkeit bei SketchViz als einfacher einschätzen (vgl. Tabelle 6.7). Folgende Zitate verdeutlichen die Bewertung:

- „Ich fand gut, dass man die Namen neu anordnen konnte.“
- „Die Möglichkeit herauszuzoomen und Sachen neu zu ordnen, machte das Arbeiten mit SketchViz deutlich leichter als mit Papier und Stift.“

## 6 Vergleichsstudie zwischen SketchViz und Papier

Tab. 6.6: Begründungen zur Frage, wie leicht Probanden die Arbeit mit SketchViz fiel.

<b>Genannte Begründungen</b>	<b>Anzahl bzw. Prozent der Probanden</b>	
<b>negativ</b>		
Stifteingabe wird verzögert oder nicht vollständig erkannt	12	75%
Softwarefehler	5	31%
Elementan- bzw. abwahl	2	13%
Ungewohntes Verschieben mit zwei Fingern	1	6%
Auswahl beenden durch Confirmbutton vermisst	1	6%
Kopierfunktion vermisst	1	6%
<b>neutral</b>		
Noch zu wenig Erfahrung mit SketchViz	1	6%
<b>positiv</b>		
Intuitive, einfache Bedienung	2	13%
Unbefangeneres Arbeiten als bei Papier, da Veränderungen später einfach vorgenommen werden können	1	6%

- *„Aufgaben, bei denen sich während der Bearbeitung ständig etwas ändert, also Meeting-Mitschriften oder Ähnliches, werden durch SketchViz leichter lösbar. Die Visualisierungsmethode in SketchViz finde ich noch leistungsfähiger als Mindmapping. Es gibt höhere Freiheitsgrade.“*
- *„Vor allem bei Aufgaben, bei denen man sich nicht sofort klar ist, wo die Inhalte hingehören, hilft die Veränderbarkeit. D. h. bei Aufgaben, bei welchen man im Prozess der Bearbeitung neue Entscheidungen trifft.“*

Weiterhin wurde das Gruppieren durch Umranden von Inhalten durch sechs Teilnehmer (25%) als Vorteil gegenüber Papier genannt, knapp gefolgt von der Skaliermöglichkeit (fünf Probanden, 21%). Vier der Probanden (17%) begründeten eine Erleichterung bei der Arbeit mit SketchViz durch ein unbeschwerteres Arbeiten als mit Papier. Folgende Zitate zeigen dies:

- *„Ich fand es generell einfacher, eine Aufgabe mit SketchViz zu lösen. Vielleicht war der kognitive Aufwand beim Aufgabenlösen geringer, weil ich nicht vorher schon ein Gesamtbild im Kopf haben musste. Veränderbarkeit hilft dabei deutlich.“*
- *„Mit SketchViz kann man eher einfach etwas machen und wenn man später merkt, dass es nicht so gut geklappt hat, dann verschiebt man es einfach. Das Löschen von Elementen ist auch ein Vorteil.“*

Tab. 6.7: Genannte Tätigkeiten, welche mit SketchViz einfacher zu bearbeiten waren.

Genannte Begründungen	Anzahl bzw. Prozent der Probanden	
Veränderbarkeit	14	58%
Gruppieren, Umranden	6	25%
Skaliermöglichkeit: Informationsdichte erhöhen und dennoch den Überblick behalten	5	21%
Unbeschwerteres Arbeiten als mit Papier	4	17%
Korrekturen bereits angelegter Skizzen / Dinge schnell entfernen	4	17%
Verorten von Informationen / Komposition, Layout	3	13%
Komplexität einfacher überblicken	2	8%
Übertragung von Informationen von einer Darstellung in die Folgende: bestimmte Elemente (bspw. Namen) konnten im Aufgabenverlauf beibehalten werden	2	8%
Wiederherstellen gespeicherter Zustände	1	4%
Pfeile gehen viel einfacher als in anderen Programmen. Viel besser als mit der Maus zu operieren.	1	4%
Das Erstellen von Inhalten, Erweiterungen	1	4%
Ordnen, Sortieren, Hierarchisieren	1	4%
Genügend Platz vorhanden, um alles auf einer Seite darzustellen	1	4%

**Papier** Auf die Frage, welche Aspekte der Aufgaben die Probanden mit Papier einfacher zu lösen fanden, wurde das Niederschreiben von Informationen am häufigsten genannt (14 Probanden, 58%). Dieser und weitere Aspekte sind in Tabelle 6.8 zusammengefasst.

### [I3] Bearbeitungszeit

**Analyse der Zeitmessung** Probanden benötigten für die Aufgabenbearbeitung mit Papier durchschnittlich ca. zwei Minuten (Mittelwert: 126.99 Sekunden, SD: 59.22 Sekunden), mit SketchViz ca. 4 Minuten (Mittelwert: 246.65 Sekunden, SD: 91.53 Sekunden). Dieser Unterschied ist statistisch signifikant ( $t(24) = -7.35, p = .000$ ). Die Gesamtbearbeitungszeit war signifikant länger, wenn Teilnehmer die Bearbeitung mit Papier begannen ( $F(1/21) = 5.33, p = .031$ ).

Wird die Bearbeitungszeit für die einzelnen Untersuchungsmaterialien betrachtet, waren Probanden, die Papier als erstes Untersuchungsmaterial verwendeten (Mittelwert: 163.14 Sekunden, SD: 15.76 Sekunden) in ihrer Bearbeitung mit Papier signifikant langsamer ( $p = .007$ ) als diejenigen, welche Papier als zweites Material verwendeten (Mittelwert: 97.43 Sekunden, SD: 15.09 Sekunden).

Tab. 6.8: Genannte Tätigkeiten, welche mit Papier einfacher zu bearbeiten waren.

Genannte Begründungen	Anzahl bzw. Prozent der Probanden	
Informationen niederschreiben	14	58%
Farbgebung	5	21%
Genauigkeit: kleine Icons zeichnen	2	8%
Übersicht durch nebeneinander liegende Zettel	2	8%
Tabellarische Zuordnungen	2	8%
Papier ist gewohnter	1	4%
Das Zeichnen an sich	1	4%
Aufzählungen	1	4%
Ergänzungen an bereits erstellten Skizzen	1	4%
Ästhetik der Darstellungen	1	4%
Bereitschaft zum Experimentieren	1	4%

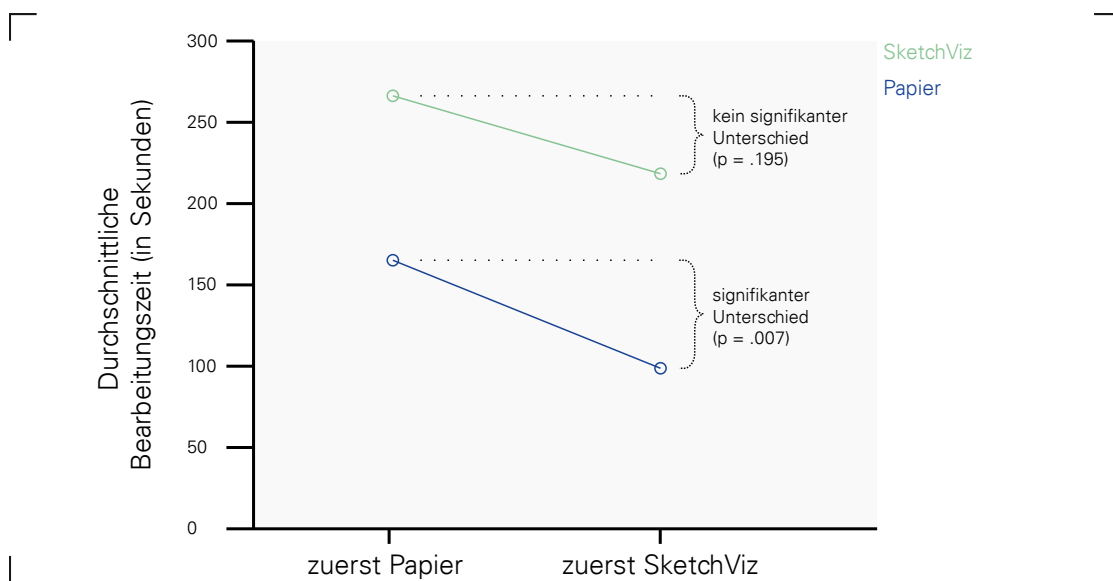


Abb. 6.9: Vergleich der durchschnittlichen Bearbeitungszeit mit Reihenfolgebetrachtung zwischen SketchViz und Papier.

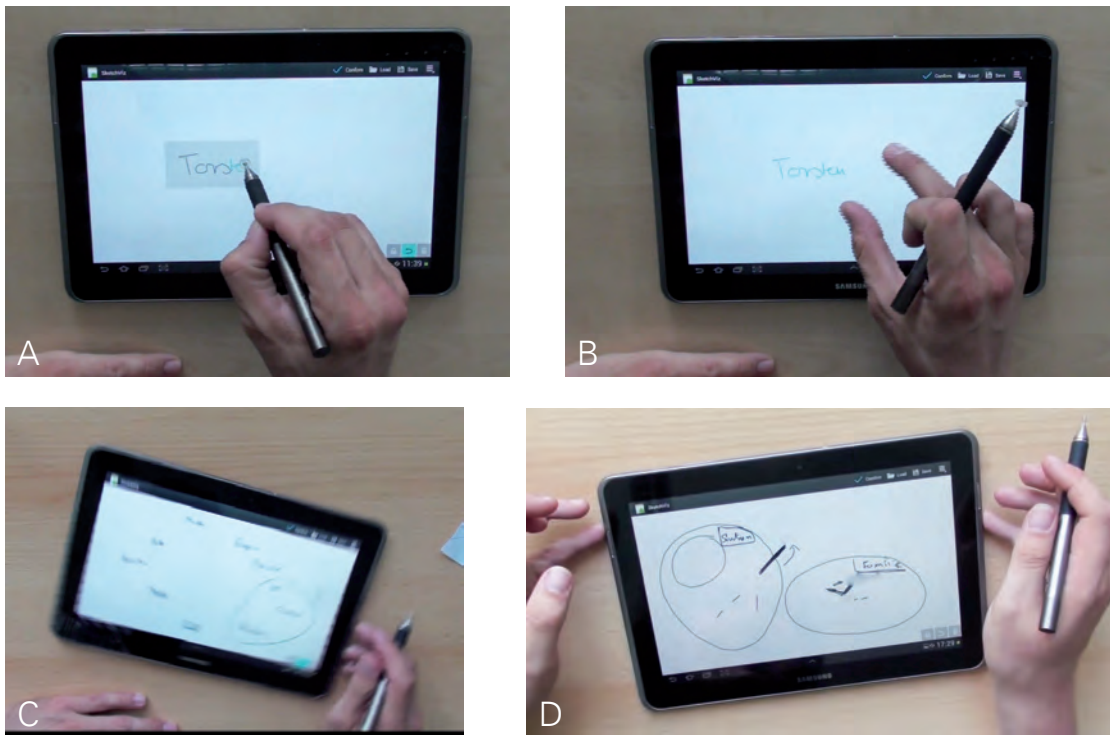


Abb. 6.10: Einhändige Interaktion mit der dominanten Hand: der Stift wird zum Schreiben und Zeichnen genutzt (A), zwei Finger zum Navigieren bzw. zur Manipulation von Objekten (B). Zur Drehung des Tablets werden entweder die dominante Hand (C), die nicht-dominante Hand oder beide Hände genutzt (D).

Für die Bearbeitungszeit mit SketchViz besteht kein signifikanter Unterschied ( $p = .195$ ) zwischen der Bearbeitungszeit von Probanden, die das System als erstes (Mittelwert: 219.36 Sekunden, SD: 22.74 Sekunden) oder als zweites (Mittelwert: 263.50 Sekunden, SD: 23.75 Sekunden) nutzten (vgl. Abbildung 6.9).

Im Gesamtdurchschnitt dauerten beide Aufgabenblöcke in Summe ca. 49 Minuten. Eine komplette Sitzung der Studie dauerte ca. 1,5 Stunden.

#### [I4] Arbeitsteilung der Hände

**Papier und Stift** Alle Probanden nutzten beide Hände zur Interaktion mit Stift und Papier. Mit der dominanten Hand wurde geschrieben, die nicht-dominante Hand fixierte und drehte das Blatt.

**SketchViz** 17 Probanden (68%) interagierten mit der Anwendung SketchViz ausschließlich einhändig, wobei der Stift mit der dominanten Hand sowohl zum Schreiben und Zeichnen (vgl. Abbildung 6.10, A), als auch zur Navigation bzw. Manipulation von Objekten (vgl. Abbildung 6.10, B) genutzt wurde. Die dominante Hand wurde dabei von sechs dieser Probanden (35%) auch zur Drehung des Tablets verwendet (vgl. Abbildung 6.10, C).

Die übrigen acht Teilnehmer (32%) nutzten stellenweise auch die nicht-dominante Hand zur Navigation bzw. Manipulation von Objekten.

Sieben Teilnehmer (28%) drehten das Tablet mit der nicht-dominanten Hand oder mit beiden Händen (vgl. Abbildung 6.10, D). 12 Probanden (48%) verschoben oder drehten das Tablet gar nicht.

### [I5] Verbesserungsvorschläge

Folgende Funktionen wurden von Probanden für eine nächste Version von SketchViz vorgeschlagen:

- Trennung von Elementen, die durch die Funktion des grauen Kastens als zusammenhängend erkannt wurden,
- Indikatoren zur Anzeige für grafische Objekte, die sich außerhalb des Sichtbereichs befinden,
- Verschiedene Zeichenebenen, um Relationen und Inhalte getrennt zu bearbeiten,
- Schieberegler zum Skalieren und direkten Auswählen von Skalierungsstufen,
- Löschfunktion für die Umrandung von Kategorien bzw. Gruppen ohne deren Inhalte zu entfernen,
- Vereinfachung des Vergrößerns oder Veränderns von Gruppenumrandungen im Verhältnis zu den Inhalten (vgl. Abbildung 6.11),
- Kopier- oder Klonfunktion,
- Farben für Striche vergeben,
- Beim Verschieben von Inhalten sollten vorhandene Verbindungslinien automatisch folgen,
- Während ein Objekt ausgewählt ist, sollte die Sicht auf die Daten ebenso skalierbar bleiben,
- Ähnlich zu Papier und Stift sollten auch Teile von Strichen wegradiert werden können.



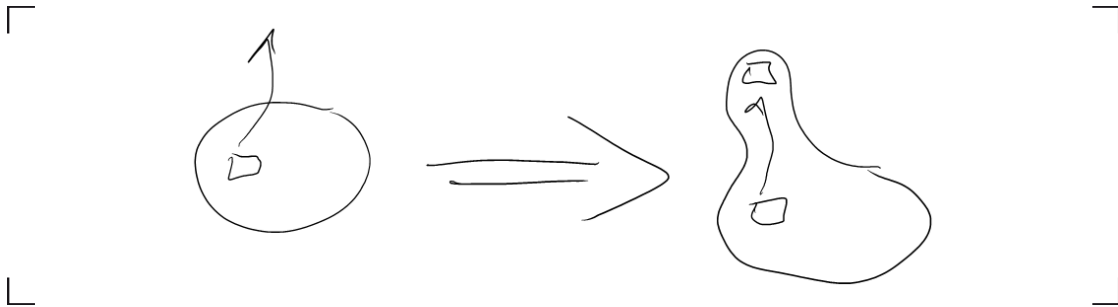


Abb. 6.11: Vorschlag eines Probanden zur Anpassung der Umrandungslinie bei der Verschiebung von Inhalten.

#### 6.6.4 Ergebnisse bezüglich Darstellungsformen

##### [D1] Typen grafischer Objekte

Zur Auswertung der Untersuchungsaufzeichnungen werden die folgenden Begriffe definiert: Probanden erstellen *grafische Repräsentationen* als Antworten auf die ihnen gestellten Fragen. Diese sind *grafische Objekte* (nach [199, S.13ff]). Jede grafische Repräsentation von Probanden besteht wiederum aus grafischen Objekten (nach [128, 199]) sowie aus *Bildbereichen* und *grafischen Relationen* (vgl. Abbildung 6.12).

In der Studie verwendeten Probanden für ihre Darstellungen verschiedene Typen grafischer Objekte. Diese wurden im Rahmen der Auswertung kategorisiert. Folgende Oberkategorien wurden dabei klassifiziert (vgl. Abbildung 6.13, fett dargestellter Text):

- implizite Gruppen,
- explizite Gruppen,
- Tabellen,
- Annotationen und Anmerkungen,
- explizite Relationen,
- gekennzeichnete Bildbereiche,
- Zeit- bzw. Ablaufdarstellungen sowie
- durchgestrichene grafische Objekte.

Zu den Oberkategorien wurden entsprechende Unterkategorien beobachtet (vgl. Abbildung 6.13, normal dargestellter Text). Abgesehen von farblichen Annotationen und Linien – welche im Prototyp von SketchViz noch nicht ermöglicht wurden – verwendeten Probanden mit SketchViz und Papier die gleichen Typen grafischer Objekte (vgl.

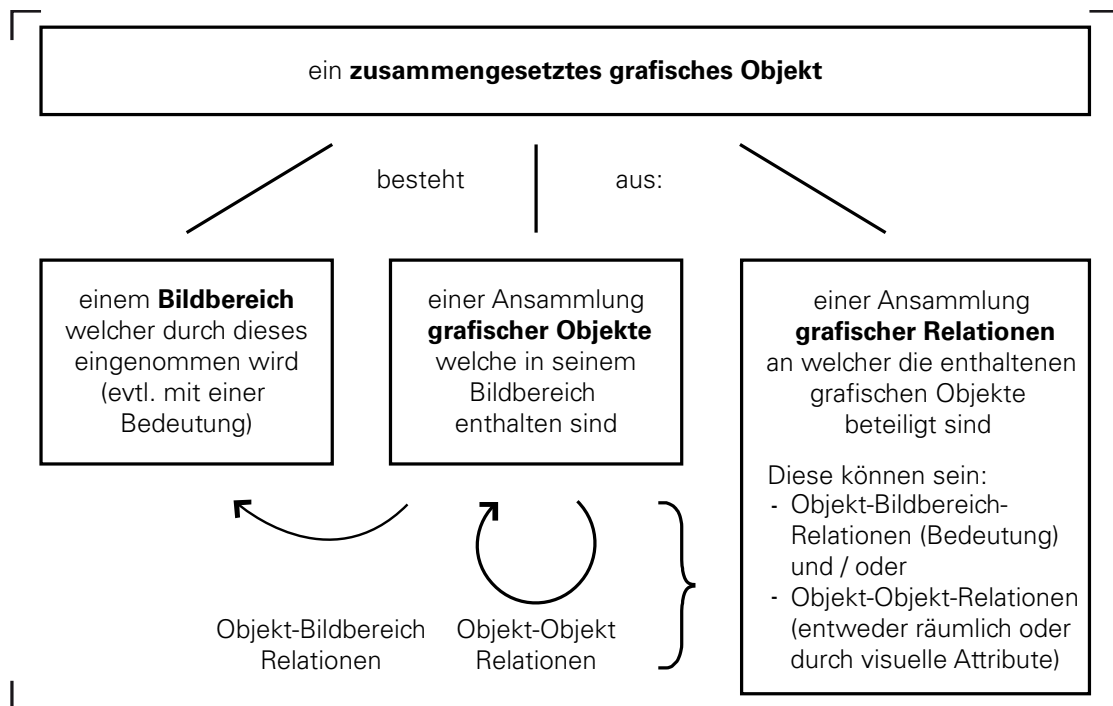


Abb. 6.12: Syntaktische Dekomposition grafischer Repräsentationen (nach [199, S.14]). Ein grafisches Objekt kann dabei selbst ein zusammengesetztes grafisches Objekt sein. Dadurch kann die Dekomposition rekursiv angewendet werden.

Ober- / Unterkategorien		SketchViz	Papier
	<b>implizite Gruppen</b>	x	x
	Wortgruppen, Listen	x	x
	<b>explizite Gruppen</b>	x	x
	Klammern oder Gruppierungslinien	x	x
	hierarchisches Beinhalten	x	x
	organische Formen	x	x
	viereckige Formen	x	x
	Formen mit (individueller) Symbolik	x	x
	explizite Gruppen mit Farbgebung	x	x
	Darstellungen mit Überschneidung	x	x
	<b>Tabellen</b>	x	x
	<b>Annotationen / Anmerkungen</b>	x	x
	Symbole	x	x
	Beschriftungen	x	x
	umrandete Annotationen	x	x
	Annotationen mit Zeiger	x	x
	farbliche Annotationen	nicht möglich	x
	unterstrichene Annotationen	x	x
	<b>explizite Verbindungen</b>	x	x
	beschriftete Linien	x	x
	gerichtete Linien	x	x
	zweiseitige Linien	x	x
	geschwungene Linien	x	x
	eckige Linien	x	x
	gestrichelte Linien	x	x
	farbige Linien	nicht möglich	x
	<b>gekennzeichnete Bildbereiche</b>	x	x
	<b>Zeit- / Ablaufdarstellungen</b>	x	x
	<b>durchgestrichene grafische Objekte</b>	x	x

Abb. 6.13: Beobachtetes Repertoire für Freiformen: Darstellung von Typen grafischer Objekte, welche durch Probanden mit SketchViz bzw. Papier erstellt wurden.

Abbildung 6.13). Dies deutet darauf hin, dass SketchViz grundsätzlich papierähnliche Darstellungen zulässt.

**Beispiele der Beschriftung bzw. Kennzeichnung von Gruppen** Bis auf einen Probanden, welcher bei Papier ohne Gruppierungen gearbeitet hat, erstellten alle Probanden Gruppen zur Kategorisierung mit beiden Untersuchungsmaterialien (vgl. Beispiele in Abbildung 6.14 und 6.15). Dieser eine Proband nutzte statt Gruppen zu bilden ausschließlich Farbe.

**Papier** Zur Beschriftung oder Kennzeichnung der Gruppen wurden folgende Darstellungen mit Papier gewählt:

- Titel (vgl. Abbildung 6.14, A, B und D-F), welche teilweise mit grafischen Relationen wie Pfeilen, Linien oder Klammern Objekten zugeordnet wurden (vgl. Abbildung 6.14, A und C),
- Symbole zur Bezeichnung von Gruppen (vgl. Abbildung 6.14, C),
- explizite Gruppen durch Umrandungslinien (vgl. Abbildung 6.14, A-C), darunter auch hierarchisch verschachtelte Teilmengendarstellungen (B) sowie Überschneidungen in Venn-Diagramm-ähnlicher Form (C),
- implizite Gruppen durch Nähe (vgl. Abbildung 6.14, D-F) und
- ein Proband wählte für jeden Namen einen eigenen Zettel und stapelte diese zur Kategorisierung (vgl. Abbildung 6.14, G).

**SketchViz** Bei SketchViz sehen die Darstellungen zur Beschriftung oder Kennzeichnung der Gruppen sehr ähnlich aus:

- Titel, welche teilweise in den Gruppen am Rand oder über den Gruppen platziert wurden (vgl. Abbildung 6.15, A-C, F), bzw. durch Verwendungen von grafischen Objekten wie beispielsweise Klammern oder Linien mit einer Gruppe verknüpft wurden (vgl. Abbildung 6.15, F),
- Symbole zur Bezeichnung von Gruppen (vgl. Abbildung 6.15, D, E),
- explizite Gruppen durch Umrandungslinien (vgl. Abbildung 6.15, A-D), darunter auch hierarchisch verschachtelte Teilmengendarstellungen (B) sowie Überschneidungen in Venn-Diagramm-ähnlicher Form (C, D) und
- implizite Gruppen durch Nähe (vgl. Abbildung 6.15, E, F).

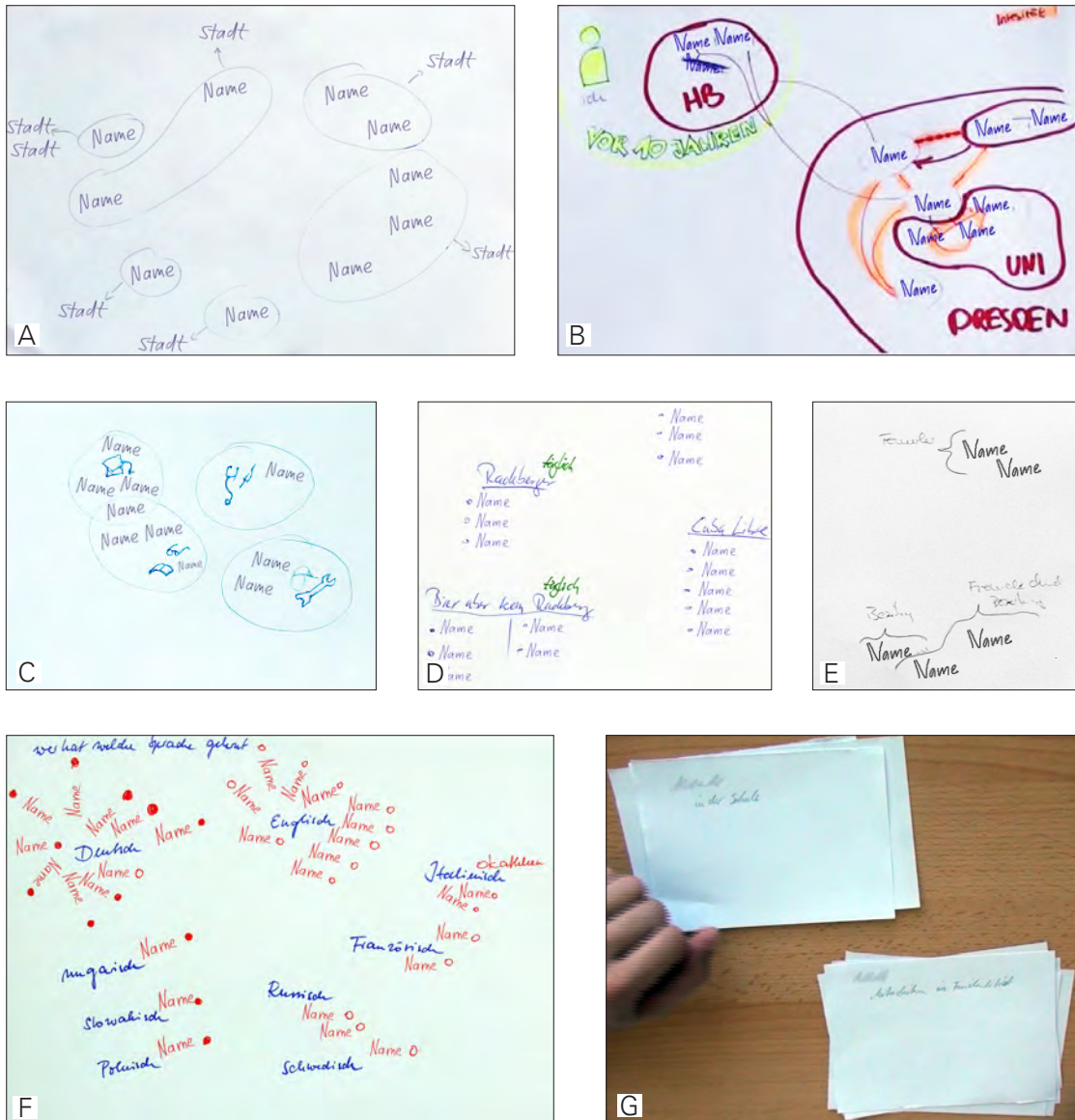


Abb. 6.14: Beispiele zur Kategorisierung durch Gruppenbildung mit Papier: explizite (A-C) und implizite (D-F) Gruppendarstellungen sowie Stapelbildung (G).

6 Vergleichsstudie zwischen SketchViz und Papier

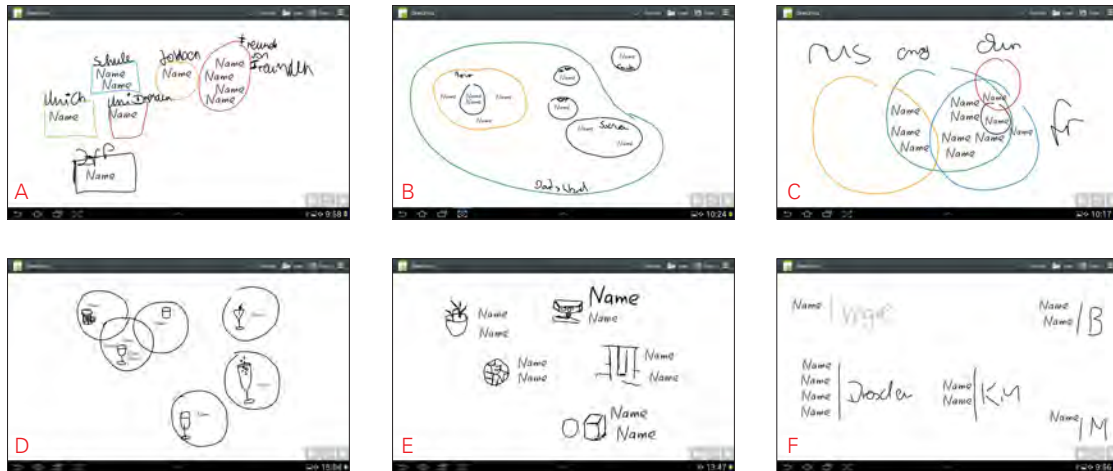


Abb. 6.15: Beispiele zur Kategorisierung durch Gruppenbildung mit SketchViz: explizite (A-D) und implizite (E, F) Gruppendarstellungen.

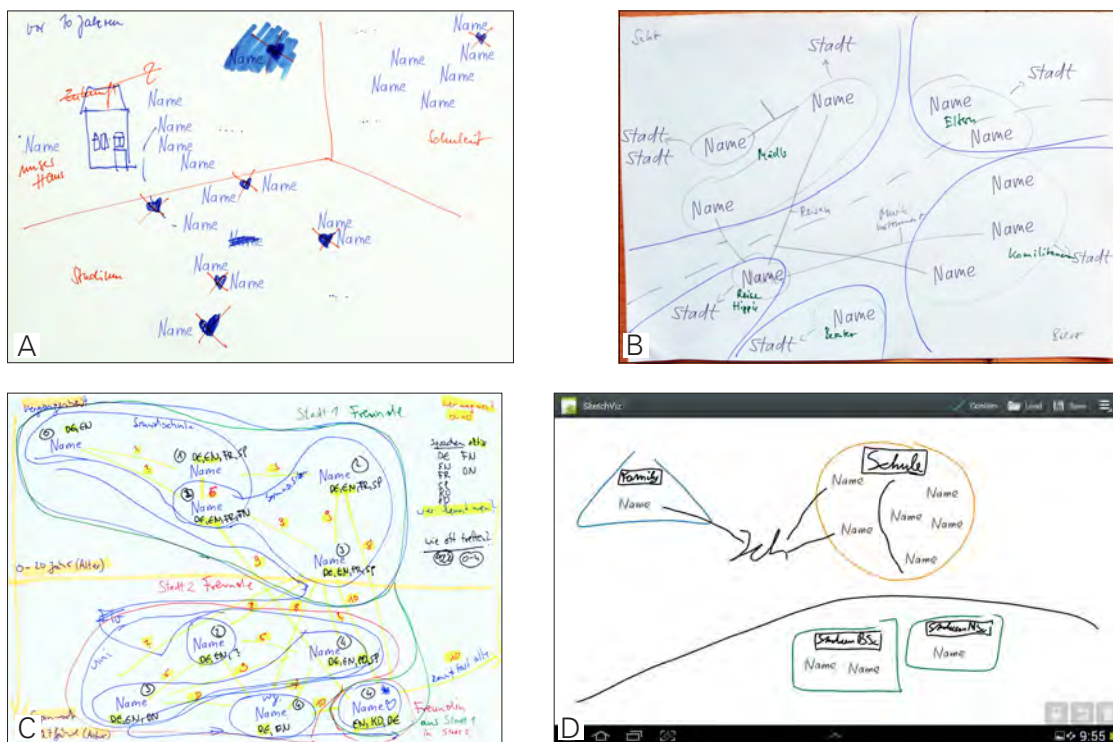


Abb. 6.16: Beispiele zur Kategorisierung durch Bereichsdefinitionen mit Papier (A-C) und SketchViz (D).

**Beispiele von Bildbereichen** Neben Gruppen wurden in Teilaufgaben auch explizite Bildbereiche zur Kategorisierung von Inhalten verwendet (vgl. Abbildung 6.16). Abgesehen von einem Probanden, der für jeden Namen einen eigenen Zettel erstellte, unterscheiden sich Darstellungen zwischen SketchViz und Papier in der Struktur nicht voneinander.

## [D2] Anzahl grafischer Objekte

**Operationalisierung** Bestimmte grafische Objekte werden im Folgenden als *Informationselemente* bezeichnet: Namen oder Symbole, welche Personen darstellen, Annotationen, Skizzen, Beschriftungen und Gruppen. Grafische Objekte zur Repräsentation, wie Informationselemente zusammenhängen, werden im Folgenden, wie bereits beschrieben, *grafische Relationen* genannt (nach [199, S.14], vgl. Abbildung 6.12). Gezählt werden dabei in der Auswertung: Darstellungen von Bedeutung durch Elementgrößen, implizite und explizite Gruppierungen, Verbindungen mittels Linien und Pfeilen, Beschriftungen und Notizen, Farbschemata und gekennzeichnete Bildbereiche (nach [199, S.14], vgl. Abbildung 6.12).

**Zählung** Informationselemente für eine grafische Antwort werden nur gezählt, wenn sie für die Beantwortung der Frage zwingend benötigt werden. Überzeichnete Elemente, welche ausschließlich zur vorherigen Fragestellung gehören und für die aktuelle Antwort nicht benötigt werden, werden nicht gezählt.

Grafische Relationen werden in folgenden Fällen gezählt:

- Eine implizite Gruppe aus Informationselementen, die durch 2-dimensionale Nähe gebildet wurde,
- Einzelne Informationselemente oder explizite Gruppen von Informationselementen, die eine Bezeichnung erhalten bzw. durch Klammern, Striche oder Umrandungen verbunden werden,
- Überschneidungsbereiche zwischen Mengen,
- Bezeichnungen, die zur Beschreibung von Zusammenhängen genutzt werden,
- Zeiger und Linien, welche von Beschreibungen auf Elemente oder Gruppen zeigen oder diese verbinden,
- Einzelne Informationselemente bzw. Gruppen von Informationselementen, welche Farben oder Symbole zugewiesen bekommen,
- Tabellen: die Tabelle wird als ein Element gezählt und zu der Anzahl der enthaltenen Eintragungen addiert.

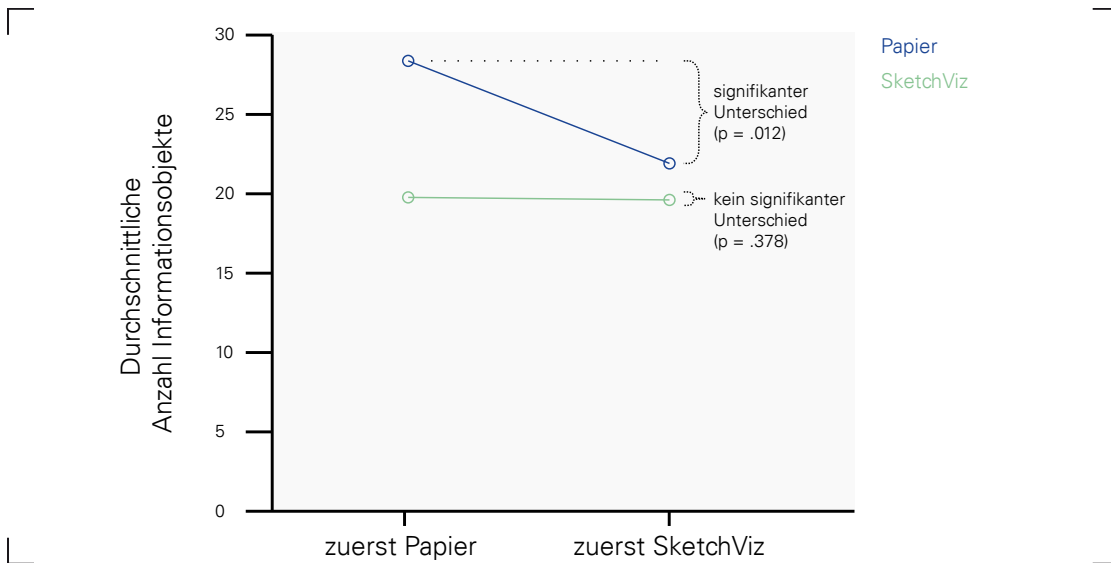


Abb. 6.17: Paarweiser Vergleich der durchschnittlichen Anzahl erstellter Informationselemente mit Reihenfolgebetrachtung zwischen SketchViz und Papier.

Grafische Relationen werden nicht gezählt, sofern es sich um überzeichnete Elemente handelt, welche ausschließlich zur vorherigen Fragestellung gehören und für die aktuelle Antwort nicht benötigt werden.

### Ergebnisse der Zählung

Mit Papier erstellten Probanden mehr Informationselemente (Mittelwert: 25, SD: 8.38) als mit SketchViz (Mittelwert: 20, SD: 4.54). Dieser Unterschied ist statistisch signifikant ( $t(24) = -2.28$ ,  $p = .032$ ). Dies ist auch als Trend bei der Anzahl grafischer Relationen zwischen Papier und SketchViz zu beobachten, jedoch besteht kein signifikanter Unterschied ( $t(24) = -1.88$ ,  $p = .070$ ). Werden die Verhältnisse zwischen der Anzahl von Informationselementen und der Anzahl grafischer Relationen für SketchViz und Papier verglichen, sind keine signifikanten Unterschiede feststellbar ( $t(24) = -.775$ ,  $p = .446$ ).

Probanden, welche zuerst mit Papier arbeiteten, erstellten signifikant ( $p = .012$ ) mehr Informationselemente mit Papier (Mittelwert: 28.32, SD: 2.45) als mit SketchViz (Mittelwert: 19.59, SD: 1.34). Dem gegenüber erstellten Probanden die SketchViz zuerst verwendeten nicht signifikant ( $p = .378$ ) mehr Informationselemente mit Papier (Mittelwert: 22.31, SD: 2.36) als mit SketchViz (Mittelwert: 19.52, SD: 1.30). Abbildung 6.17 verdeutlicht diesen Vergleich.



## 6.7 Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse

Im Rahmen der Studie wurde der praktische Einsatz des prototypischen Basis-Editors SketchViz mit der Verwendung von Papier und Stift verglichen. Da SketchViz papierähnliche Darstellungen, gepaart mit dem Vorteil einfacher Veränderbarkeit, ermöglichen soll, wurden Papier und Stift als Vergleichsmaterial gewählt. An der Studie nahmen 25 Probanden teil, die sowohl mit Papier und Stift als auch mit SketchViz, Aufgaben bewältigten, welche auf die Darstellung von Zusammenhängen zwischen bekannten Personen der Teilnehmer abzielten.

Ziel der Studie war es, Stärken und Schwächen des Prototyps für eine Weiterentwicklung zu ermitteln. Es wurde überprüft, inwieweit der Prototyp die gestellten Anforderungen bereits erfüllt. Im Folgenden werden die Ergebnisse anhand der Anforderungen diskutiert.

### 6.7.1 Eignung zur Unterstützung von Sinnerschließungsprozessen

Wie in Abschnitt 2.3.1 beschrieben, zielt ein Wissensarbeiter bei der Sinnerschließung darauf ab, in scheinbar unstrukturierten Situationen die entscheidende, wichtige Struktur zu finden (vgl. [64]). Charakteristika dieses Prozesses sind:

- lückenhaftes Wissen, welches iterativ erweitert wird,
- Mehrdeutigkeiten, die es mit der Zeit auszuräumen gilt, und
- eine häufige Veränderung von verstandenen Zusammenhängen zwischen Informationen.
- Darüber hinaus ist die Struktur und Menge benötigter Inhalte im Vorfeld nicht absehbar.

Da SketchViz zur Unterstützung von Sinnerschließungsprozessen konzipiert wurde, spielt die zügige Veränderbarkeit von Inhalten bei SketchViz eine wichtige Rolle. Von besonderem Interesse ist hierbei die Minimierung des Aufwandes grundlegender Interaktion mit dem digitalen System (nach [63, Abschnitt 2.1.2]).

**Veränderbarkeit** Die Veränderbarkeit von Inhalten wurde von Probanden im Vergleich von Papier mit SketchViz als schneller und aufwandsärmer eingeschätzt. SketchViz bietet somit bei Sinnerschließungsaufgaben einen deutlichen Vorteil gegenüber Papier und Stift. Die meistgenannten Aspekte, welche in Bezug auf SketchViz mit „schnell“ attribuiert wurden, sind das Gruppieren durch eine gezeichnete Umrandung sowie das Verschieben bzw. Neustrukturieren von Inhalten oder Gedanken (vgl. [V1]). Da diese Tätigkeiten bei Sinnerschließungsprozessen eine zentrale Rolle einnehmen, bestätigen diese

Ergebnisse die Stärke von SketchViz bei der Unterstützung von Sinnerschließungsaufgaben. Auch die Einschätzungen der Probanden, wo die Vorteile von SketchViz liegen, stützen die Schlussfolgerung, dass SketchViz Sinnerschließungsprozesse sinnvoll unterstützt (vgl. [I2]).

**Interaktion** Ein weiterer Vorteil von SketchViz gegenüber Papier ist, dass die Wiederverwendung und Anpassung bereits erstellter Inhalte einfacher und umfassender möglich ist. Diesen Vorteil nutzten alle Probanden bei der Verwendung von SketchViz (vgl. [V3]). Visuell explizite Gruppen können, wie auf Papier, von Benutzern durch einfaches Umranden erstellt werden. Die Stärke von SketchViz ist die systemseitige Erkennung der expliziten Gruppen. Durch die Anwahl der Umrandung wird automatisch die Gruppe mit allen Inhalten ausgewählt. Dies betrifft auch hierarchisch verschachtelte Gruppen. Auf diese Weise kann eine ausgewählte Gruppe mit Inhalten (auch Untergruppen) einfach verschoben und skaliert werden. Davon machten ca. 90% der Probanden Gebrauch (vgl. [V2]).

Die derzeitig konzipierte Interaktion mit Umrandungen hat jedoch gleichzeitig den Nachteil, dass die Umrandung selbst nicht unabhängig von enthaltenen Inhalten zu löschen oder zu verändern ist. Aus diesem Grund müssen Probanden erst alle Inhalte einzeln herauschieben, um dann die Umrandung zu bearbeiten. Die Hälfte der Probanden veränderten auf diese umständliche Weise Umrandungen (vgl. [V2]). Der Optimierungsbedarf der Interaktion ist somit angezeigt.

Auch das An- und Abwählen grafischer Objekte durch Doppeltippen sowie die dazugehörige Rückmeldung des Systems müssen zukünftig überdacht und optimiert werden. Grund hierfür ist, dass 75% der Probanden unbeabsichtigt Objekte verschoben, deren vorherige Anwahl sie vergaßen und übersahen (vgl. [V2]). Teilweise löschten Probanden auf diese Art auch versehentlich Inhalte.

**Mobilität** Da SketchViz für einen tragbaren Tablet-Computer entwickelt wurde, sollte die Anwendung mit einer Hand bedienbar sein. Dann kann der Benutzer mit der anderen Hand den Tablet-Computer halten. Auf diese Weise kann SketchViz in Situationen, in welchen Sinnerschließungsaufgaben anfallen – beispielsweise in Gesprächen mit Kollegen, während Meetings, Messen und dergleichen – verwendet werden. Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass das Ziel einer mobilen Einsatzmöglichkeit erreicht wurde. Alle Teilnehmer der Studie bedienten die Anwendung einhändig (vgl. [I4]). Die Arbeit auf einem Schreibtisch ist somit nicht zwingend erforderlich. Gleichzeitig interagierte etwa ein Drittel der Probanden stellenweise mit beiden Händen. Der Untersuchungsaufbau, bei dem das Tablet auf einem Schreibtisch lag, ermöglichte eine solche Interaktion. SketchViz erlaubt somit dem Nutzer, sich bei der Interaktion flexibel den Situationsbedingungen anzupassen.

**Fazit Sinnerschließung** Die Stärke von SketchViz bei der Unterstützung von Sinnerschließungsaufgaben wird durch die Ergebnisse deutlich. Der Vorteil der systemseitigen Unterstützung expliziter Gruppen und deren hierarchische Verschachtelung kann zukünftig durch eine Optimierung der Handhabung von Umrandungslinien weiter verbessert werden.

## 6.7.2 Erreichte Ähnlichkeit zwischen SketchViz und Papier

Ein weiteres Ziel von SketchViz ist – ähnlich wie auf Papier oder Whiteboards – Benutzern das Zeichnen, Schreiben und Skizzieren ohne inhaltliche Vorgaben oder Einschränkungen zu ermöglichen.

**Darstellung** Bei der Verwendung von SketchViz und Papier nutzten Probanden die gleichen Typen grafischer Objekte für ihre Darstellungen (vgl. [D1]). Dies zeigt, dass alle von Probanden in der Studie genutzten Darstellungsmöglichkeiten, die Papier bietet, auch mit SketchViz umsetzbar sind. Nur die in SketchViz nicht vorhandenen Funktionen zur Erstellung farbiger Linien und Annotationen schränkten Teilnehmer ein. Einige fragten während der Bearbeitung explizit nach einer Möglichkeit, Farben zu verändern (vgl. [V2]). Dies sollte bei Weiterentwicklungen berücksichtigt werden. Dass sich das Verhältnis zwischen Informationselementen und grafischen Relationen zwischen Papier und SketchViz nicht unterscheidet (vgl. [D2]), deutet ebenfalls auf die Ähnlichkeit der grafischen Ausdrucksmöglichkeiten zwischen Papier und SketchViz hin. Gleiches gilt für die Beobachtung, dass Probanden bei beiden Untersuchungsmaterialien mehrere Darstellungen übereinander zeichneten, ohne die darunter liegenden Informationen zu verändern (vgl. [Ü2]). Insgesamt verdeutlichen die Ergebnisse der Untersuchung, dass SketchViz bezüglich der Darstellungsarten ähnlich wie Papier und Stift verwendet werden kann. Da gerade der informelle, vorübergehende Charakter von Darstellungen bei Sinnerschließungsprozessen eine wichtige Rolle spielt, zeigt diese Ähnlichkeit, dass SketchViz hier eine leistungsfähige, computergestützte Lösung anbietet.

**Interaktion** Verschiedene Ergebnisse deuten, wie zuvor erwartet wurde, darauf hin, dass das Schreiben in SketchViz für Probanden im Vergleich zum Schreiben mit Papier und Stift noch nicht zufriedenstellend funktioniert. Das Schreiben oder Zeichnen wurde mit „nicht so schnell“ attribuiert (vgl. [V1]). Das Schreiben in SketchViz wurde von 42% der Probanden als eher mühsam betrachtet, da Geschriebenes vom System häufig verzögert oder nicht vollständig erkannt wurde (vgl. [V1]). Dabei waren insbesondere kurze Striche problematisch. Die Stifteingabe wurde auch als häufigste Begründung von Probanden für die Einschätzung angeführt, dass ihnen Papier im Umgang leichter

fiel als SketchViz (vgl. [I1]). Ein Zusammenhang zwischen der Beurteilung, wie leicht der Umgang mit SketchViz fiel, und der Erfahrung, die Probanden in der Nutzung von Tablet-Computern vorher hatten, kann ausgeschlossen werden.

Probanden benötigten für die Bearbeitung einer Aufgabe mit Papier durchschnittlich weniger Zeit als mit SketchViz. Auch dieses Ergebnis wird auf die Stifterkennung zurückgeführt. Für eine Folgeuntersuchung mit verbesserter Stifterkennung würde erwartet werden, dass sich die Bearbeitungszeit mit SketchViz verkürzt.

Zu diesem, vorab erwarteten, Effekt auf die Bearbeitungszeit wurde ein weiter unerwarteter Effekt gefunden. Die Gesamtbearbeitungszeit aller Aufgaben ist länger, wenn Probanden die Arbeit mit Papier begannen (vgl. [I3]). Bei ausschließlicher Betrachtung der Bearbeitungszeit mit Papier sind Probanden, welche als erstes mit Papier arbeiteten, langsamer und erstellen durchschnittlich mehr Informationselemente als diejenigen, die Papier als zweites verwendeten (vgl. [D2], [I3]). Aufgrund der Einschätzung von Probanden, dass die Untersuchungszeit insgesamt als lang erlebt wurde, wird folgende Hypothese zur Erklärung aufgestellt: Probanden, die die Bearbeitung mit SketchViz begannen, bemerkten, dass sie dabei viel Zeit brauchten. Anschließend versuchten diese Probanden, die Bearbeitungszeit bei der Verwendung von Papier zu minimieren.

Die gefundenen Unterschiede in der Bearbeitungszeit sind auf systemseitige Einschränkungen zurückzuführen, die wie folgt zusammengefasst werden:

- Keine hardwaretechnische Druckstufenerkennung des digitalen Stifts (wird vom System wie ein Finger behandelt). Dies führte häufig dazu, dass beim zügigen Schreiben oder dem schnellen Zeichnen bestimmte Teile der Striche nicht sofort erkannt wurden und Probanden diese erneut langsam erstellen mussten.
- Die An- und Abwahl grafischer Objekte durch jeweiliges Doppeltippen ist zeitaufwendig.
- Softwarefehler im Prototyp (Objekte springen beim Verschieben oder Skalieren ungewollt aus dem Sichtfeld oder werden unsichtbar) führten bei 39 Fragen (20%) zu Verzögerungen.

Neben den genannten Gründen spielen vermutlich weitere Aspekte eine Rolle:

- Sehr gute Vertrautheit der Probanden mit Papier und
- Mangelnde Erfahrung der Probanden mit SketchViz (kein Vorwissen).

**Übersicht** Die Möglichkeit der Stapelbildung und des Nebeneinanderlegens von Papier zur Wahrung der Übersicht gibt es bei SketchViz nicht. Hingegen bietet SketchViz die Möglichkeiten der Skalierbarkeit grafischer Objekte, um die Übersicht beim Arbeiten zu erleichtern (vgl. [Ü2], [Ü3]). Die Einschätzung, wie gut der Überblick behalten werden

kann, tendiert zwischen Papier und SketchViz zum Vorteil von SketchViz. Dies ist aber statistisch nicht signifikant. Damit wird offensichtlich, dass die skalierbare Benutzeroberfläche von SketchViz zum Behalten des Überblicks mindestens genauso gut geeignet ist, wie das Stapeln und Ausbreiten von Papier. Probanden schätzten SketchViz sogar übersichtlicher ein, wenn sie sich vorstellten, noch weitere Fragen zu erhalten (vgl. [Ü1]). Sind von einem Wissensarbeiter zahlreiche Inhalte zu verarbeiten, wird angenommen, dass die skalierbare Benutzeroberfläche Vorteile in der Übersichtlichkeit gegenüber Papier bietet. Die Ergebnisse der Studie zeigen andererseits, dass der Erhalt der Übersicht bei der Arbeit mit SketchViz verbessert werden kann, indem mehr als eine Stiftfarbe bzw. Strichstärke systemseitig unterstützt wird (vgl. [Ü4]).

**Fazit Ähnlichkeit** Insgesamt belegen die Ergebnisse, dass das Konzept von SketchViz eine hohe Ähnlichkeit zu Papier und Stift aufweist – insbesondere bezüglich der Darstellungsmöglichkeiten. Wie erwartet wurde, verlangsamten insbesondere technische Hürden noch die Bearbeitungszeit. Dies kann jedoch durch Verwendung neuer Hardware mit Druckstufenerkennung des Stiftes zukünftig verbessert werden. Konzeptuelle Verbesserungen bei der An- und Abwahl von Objekten können neben Farbwahlmöglichkeiten die Handhabung zudem vereinfachen.

### 6.7.3 Studienkritik

Bei der Recherche im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden keine Studien zum Vergleich tragbarer Computeranwendungen mit Papier und Stift gefunden. Dies überrascht, da einerseits Tablet-Computer eine zunehmende Verbreitung erfahren<sup>7</sup>. Andererseits stellen Papier und Stift etablierte und weit verbreitete Werkzeuge für Sinnerschließungsprozesse dar (vgl. Kapitel 3). Eine konzeptuelle Verbindung der Stärken von Papier und Stift mit denen digitaler Systeme wird seit den 1960er Jahren vorangetrieben (vgl. [188, 44]). Um in diesem Rahmen neue Erkenntnisse zu schaffen, wurde ein Vergleich von Papier und Tablet-Computer-Anwendungen angestrebt.

Die entwickelte und durchgeführte Vergleichsstudie zwischen SketchViz und Papier bietet in diesem Rahmen ein neues Untersuchungskonzept für zukünftige Forschungsvorhaben. Es wurde anforderungsgleitet eine Aufgabe konzipiert, welche die Charakteristika von Sinnerschließungsprozessen in Bezug auf die Veränderung von Inhalten abbildet.

<sup>7</sup>Bereits 2011 wurden von 16% befragter Unternehmen der Einsatz von Tablet-Computern mit einer steigenden Tendenz bestätigt: <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/189333/umfrage/nutzung-von-tablet-pcs-in-unternehmen-in-deutschland-in-2011/> und <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/188273/umfrage/erwartetetablet-pc-nutzung-durch-mitarbeiter-in-it-unternehmen/> (jeweils zuletzt besucht am 31.08.2014)

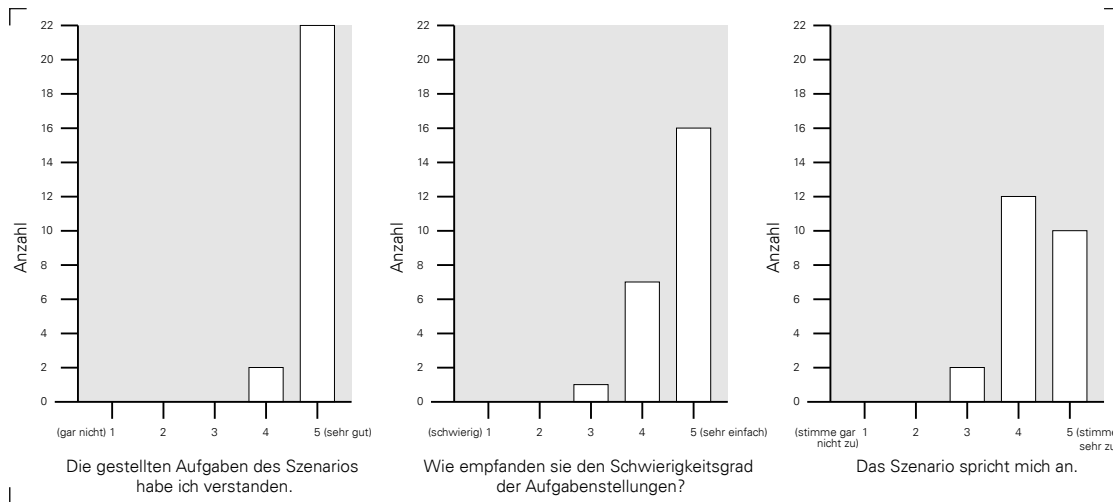


Abb. 6.18: Probandeneinschätzung zur Studie.

Zudem ist kein Vorwissen der Teilnehmer nötig, was die Vergleichbarkeit der Ergebnisse gewährleistet.

Durch die Videoaufzeichnung aller Probandeninteraktionen mit dem Untersuchungsmaterial können Fragestellungen zum Vorgehen bei der Aufgabenbearbeitung sehr genau analysiert werden.

Die für die Studie konzipierten, halbstandardisierten Interviews ermöglichten Probanden, freie Antworten zu geben, wobei der Untersuchungsleiter Nachfragen stellen konnte, um Sachverhalte zu konkretisieren. Dies erhöht die Aussagekraft gegenüber rein standardisierten Fragebögen.

Dass der Studienaufbau für Probanden klar verständlich und das Aufgabenszenario ansprechend war, wurde über folgende Fragen nach der Einschätzung von Probanden zu folgenden Aspekten sichergestellt (fünfteilige Likert-Skala, wobei 1 die negativste und 5 die positivste Ausprägung war, vgl. Abbildung 6.18):

- Die gestellten Aufgaben des Szenarios habe ich verstanden. (Mittelwert der Antworten: 4.92, SD: .282)
- Wie empfanden sie den Schwierigkeitsgrad der Aufgabenstellungen? (Mittelwert der Antworten: 4,63, SD: .576)
- Das Szenario spricht mich an. (Mittelwert der Antworten: 4.33, SD: .637)

**Fazit Studiendesign** Das experimentelle Studiendesign ist bei der Erstellung und Durchführung aufwendiger als reine Fragebogenstudien. Es bietet jedoch aufgrund der

zufälligen Zuweisung der Probanden zu den Versuchsbedingungen, den Vorteil, gefundene Unterschiede im Benutzungsverhalten auf die Manipulation des Untersuchungsmaterials zurückzuführen.

**Ausblick für Folgestudien** Um in einer zukünftigen Studie stärkere Übersichtsprobleme bei der Bearbeitung zu provozieren, könnten mehr Namen von Bekannten oder noch komplexere Fragestellungen verwendet werden. Dies würde Unterschiede und Probleme bei der Wahrung der Übersicht zwischen den Untersuchungsmaterialien stärker offenlegen. Damit komplexere Fragestellungen zur Sinnerschließung neuer Themen möglich werden, muss zukünftig der Prototyp mit den Erkenntnissen dieser Studie weiterentwickelt werden.

Bei einer Folgestudie muss allerdings darauf geachtet werden, die Untersuchungszeit nicht zu verlängern, denn die durchschnittliche Untersuchungsdauer von ca. 1,5 Stunden empfanden Probanden als lang. Für eine Folgeuntersuchung könnte die Interviewfragenanzahl durch Zusammenfassung von Fragestellungen verringert werden, was die Durchführungszeit reduzieren würde.





## **7 Weiterentwicklung SketchViz**

Um schnelle und vor allem einfache Veränderbarkeit von Bezügen zwischen Inhalten zu gewährleisten, ist eine zentrale Anforderung des im Rahmen der vorliegenden Arbeit entwickelten Ansatzes der Freiform-Wissensmodellierung (vgl. Abschnitt 3.6.3). Um dies systemseitig zu unterstützen, können Interaktionsschritte durch eine entsprechend gestaltete Visualisierungsmethode reduziert werden. Dieses Kapitel stellt ein interaktives Visualisierungskonzept vor, welches Methoden der skizzenbasierten Interaktion – aufbauend auf den Erkenntnissen der Studie des vorherigen Kapitels – mit ausgewählten Eigenschaften fluider Alltagsmaterialien, die in parallelen Studien untersucht wurden, für die Verwendung in digitalen Systemen kombiniert.

### **7.1 Anforderungen aus den Ergebnissen der Evaluation von SketchViz**

Die Ergebnisse der durchgeführten Benutzerstudie zeigen, dass insbesondere bei den nachfolgenden Tätigkeiten zu viele Interaktionsschritte benötigt werden:

- An- und Abwählen von Objekten durch Doppeltippen,
- Auflösung von Umrandungslinien (als Spezialfall auch die Auflösung oder Zusammenführung einer Untergruppe in eine Obergruppe bzw. die Verbindung zweier Gruppen zu einer Großen),
- Anpassung der Größe einer Umrandungslinie nach Entnehmen oder Hinzufügen von Objekten.

Um die Interaktionsschritte bei diesen Tätigkeiten zu verringern, wird nach einer optimierten Visualisierungsmethode gesucht.

### **7.2 Suche nach einer formalästhetisch orientierten Visualisierungsmethode**

Da Informationen an sich abstrakt und gestaltlos sind (vgl. Groh [71, S.46]), bedarf es zur Kommunikation oftmals einer Veranschaulichung (vgl. [7]). Arnheim beschreibt das

Resultat dieser Kommunikation mit dem Ausdruck: „*das Unanschauliche wird anschaulich*“ [7, S.263].

Die bei Tablet-Computern üblicherweise verwendeten, berührungsempfindlichen Monitore erlauben dem Benutzer die direkte Manipulation virtueller Daten mit seinen Fingern. Diese technische Grundlage bietet die Möglichkeit abstrakte (digitale) Informationen „begreifbar“ zu gestalten. Mit einer entsprechenden Visualisierungsmethode bietet dies eine Basis für „anschauliches Denken“ [7].

Das Ziel der Suche nach einer passenden Visualisierungsmethode ist, eine Darstellmöglichkeit zu finden, die „inhaltsoffen“ auf formalästhetischer Basis funktioniert und dabei Interaktionsschritte minimiert. Aus diesem Grunde wird nicht nach einer aufgabenbezogenen Metapher gesucht, sondern nach visuellen Formen zur Darstellung von Mengen sowie zur Interaktion mit diesen.

Im Alltag interagieren Menschen durch Berühren und Bewegen mit einer Vielzahl von Materialien und Objekten, die als Mengen betrachtet werden können. Im Lauf des Lebens lernen sie dabei, wie sich diese „Mengen“ bei der Interaktion verändern und verhalten. Menschen stimmen ihre Interaktion derart ab, dass sie ihre Ziele schnell und effizient erreichen. Dieses implizite Alltagswissen soll im Folgenden dafür genutzt werden, um die genannten komplexen Tätigkeiten während der Wissensarbeit für Benutzer zu vereinfachen.

Hurtienne und Israel erarbeiteten eine Methode namens *PIBA-DIBA* („*Physical Is Better At – Digital Is Better At*“) [87] zur Unterstützung von Designern digitaler Systeme. Diese Methode beinhaltet eine vergleichende Sammlung einzigartiger „Muster“ und interaktionsförderlicher Merkmale physischer und digitaler Domänen. Beispielsweise nennen die Autoren das bedeutungsvolle Arrangieren von Objekten als ein Vorteil des Physischen (vgl. [87]). Bezüglich digitaler Systeme stellt Norman dabei heraus, dass das Interaktionsangebot von Objekten für Benutzer auf den ersten Blick klar werden sollte (vgl. [134]). Jacob et al. erläutern, dass für dieses Ziel nicht alle Aspekte des Physischen explizit ins Digitale übertragen werden müssen (vgl. [90]). Die Autoren sprechen hierbei von „*Reality-Based Interaction*“ [90].

Im Idealfall lassen sich durch eine gute Gestaltung einer digitalen Visualisierungsmethode Teile des Erfahrungswissens von Benutzern auf die Interaktion mit einem System übertragen (vgl. *Embodiment* Abschnitt 2.4.1.2). Für die Gestaltung einer solchen Visualisierungsmethode wird auf Ergebnisse einer im Rahmen der vorliegenden Arbeit (in Anlehnung an Groh [69, 71]) entwickelten und durchgeführten Methode zur Exploration natürlicher Materialien zurückgegriffen (vgl. [25, 28, 27, 26]). Diese Methode wurde mit dem Ziel entwickelt, Experimente mit aus dem Alltag vertrauten Substanzen, hinsichtlich ihres Interaktionsverhaltens beim Strukturieren von Objekten und ihrer visuellen Anmutung, durchzuführen.

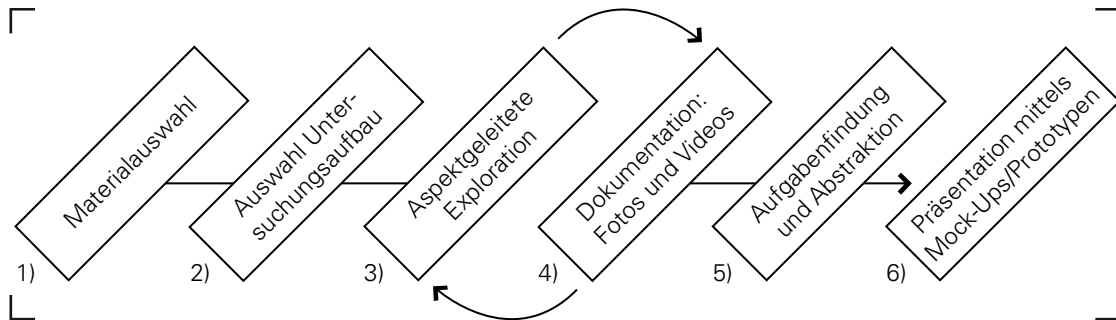


Abb. 7.1: Ablauf der Experimente zur Exploration natürlicher Materialien in sechs Teilschritten (vgl. [26])

## 7.3 Methodenbeschreibung zur Exploration natürlicher Materialien

Zunächst wird dem Leser in diesem Abschnitt die entwickelte Methode *Natural Interface Exploration* [26] (vgl. Abbildung 7.1) näher erläutert. Die mit der Methode gewonnenen Ergebnisse, welche für die Weiterentwicklung von SketchViz Verwendung finden, werden in Abschnitt 7.4 erläutert.

Zur Erprobung der Methode wurde diese in verschiedenen Seminaren und Workshops eingesetzt (vgl. [27, 26]). Dabei wurde folgender Ablauf entwickelt<sup>1</sup> (vgl. Abbildung 7.1):

### 1) Materialauswahl

Die Methode wird materialgeleitet durchgeführt, da die Stärken und Besonderheiten verschiedener Materialien bezüglich der Interaktion im Vorfeld nicht zwingend klar sind und somit wenig Anhaltspunkte für problemgeleitete Analysen vorhanden sind. Die intuitive Auswahl von Materialien durch die Teilnehmer bietet ihnen die Möglichkeit, sich im Laufe der Untersuchung mit den jeweils einzigartigen Aspekten auseinanderzusetzen. Auf diese Weise kann ein Überblick verschiedener Stärken und Besonderheiten von Materialien erstellt werden.

Gemäß diesem Vorgehen wählen die Teilnehmer zu Beginn eines Workshops oder Seminars ein für sie interessantes Material zur anschließenden Untersuchung aus. Zur Auswahl werden den Teilnehmern sämtliche Materialien zur Verfügung gestellt, damit diese zur besseren Entscheidung ausprobiert werden können (vgl. Abbildung 7.2). Dabei machen sich die Teilnehmer spielerisch und informell mit den Materialien vertraut.

<sup>1</sup>Die Nummerierung der folgenden Abschnitte entspricht den Teilschritten, welche in Abbildung 7.1 dargestellt sind.



Abb. 7.2: Materialauswahl bei einem durchgeführten Workshop (vgl. [27])

## 2) Auswahl Untersuchungsaufbau

Nachdem die Teilnehmer sich für bestimmte Materialien entschieden haben – zum Beispiel für Eier – wird ein entsprechender Untersuchungsaufbau zur Analyse benötigt.

Hierzu kann der entwickelte Versuchsaufbau namens „*eXplore-Table*“ [25] genutzt werden. Bei diesem wird die Interaktion auf einer Acrylglasplatte durch zwei Kameras aufgezeichnet (vgl. Abbildung 7.3 sowie 7.4, A).

Neben diesem können die Teilnehmer auch Tageslichtprojektoren (vgl. Abbildung 7.4, B, nach Groh [69]), Aquarien oder andere Aufbauten verwenden. Entscheidend hierbei ist, dass die Interaktion und die Reaktion des Materials gut beobachtet und dokumentiert werden können.

## 3) Aspektgeleitete Exploration

Nachdem Material und Untersuchungsaufbau gewählt sind, gilt es das Material entsprechend zu analysieren. Um die Teilnehmer hierbei zu unterstützen, wurden im Rahmen von Workshops (z.B. [27]) Handouts entwickelt (vgl. Anhang A.4, Phase 1: Material Analysis). Diese Handouts geben Anregungen, auf welche Aspekte Teilnehmer bei der Beobachtung und Analyse der Materialien achten sollten. Beispielsweise spielen dabei

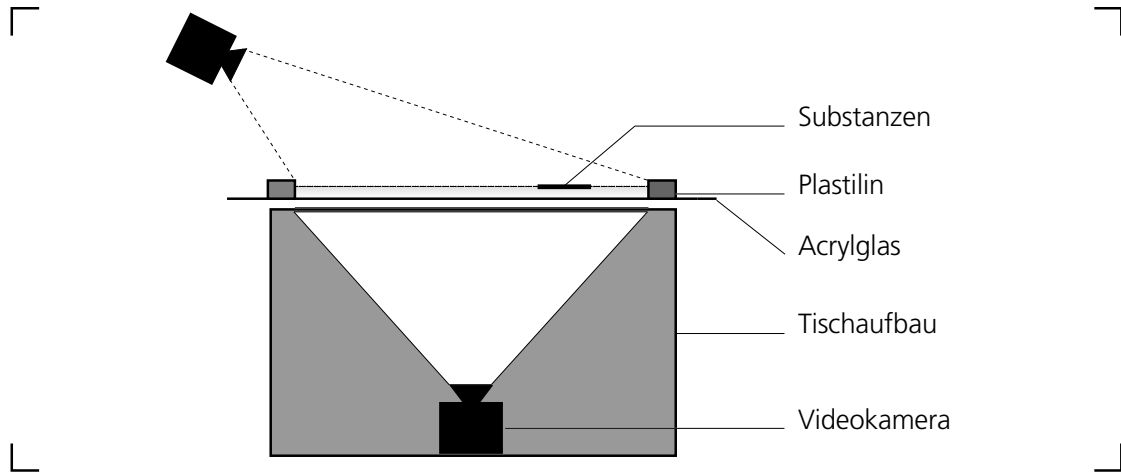


Abb. 7.3: eXplore-Table - Versuchsaufbau mit Glasplatte auf welcher die Experimente mit Materialien durchgeführt wurden. Zwei Kameras, eine oberhalb und eine unterhalb der Acrylglasplatte, filmen die Experimente (Abbildung nach [25]).

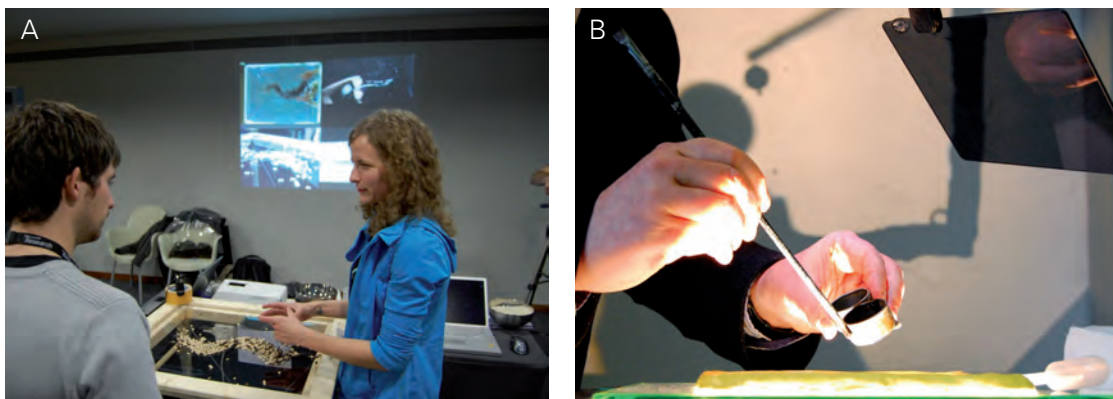


Abb. 7.4: Untersuchungsaufbauten im Einsatz: eXplore-Table (A), Tageslichtprojektor (B, Foto aus [26])

visuelle, interaktive, kinästhetische und emotionale Aspekte eine Rolle. Die Teilnehmer dokumentieren nun anhand des Handouts ihre Beobachtung im Umgang mit dem Material. Zum Beispiel beantworten sie die Fragen „Was ist Ihre erste Intention, wenn sie dieses Material sehen?“ oder „Betrachten sie die visuelle Anmutung des Materials, wenn sie damit interagieren. Wie reagiert es?“

### 4) Dokumentation

Weiterhin werden sämtliche Beobachtungen von Teilnehmern auch in Form von Fotos (vgl. Abbildung 7.5) und Videos festgehalten.

Grundlegend lassen sich bei verwendeten Materialien vier Typen identifizieren:

- fluide,
- granulare,
- deformierbare und
- elastische Materialien.

### 5) Aufgabenfindung und Abstraktion

Um die untersuchten Materialien auf ihre Anwendbarkeit im digitalen Kontext zu überprüfen, können sich die Teilnehmer in diesem Schritt eine Aufgabe suchen, die sie mit einer neuartigen Benutzeroberfläche lösen möchten. Diese Aufgabe wird von den Teilnehmern hinsichtlich verschiedener Aspekte analysiert, um Tätigkeiten zur Lösung der Aufgabe zu spezifizieren. Diese Aspekte sind unter anderen: Unteraufgaben, Strategien oder Struktur der Aufgabe.

Betrachtet man folgendes Beispiel: Ein Teilnehmer wählt die Aufgabe nach bestimmten Arten von Fotos in einer Datenbank zu recherchieren. Er unterteilt die Aufgabe in die Schritte:

1. Ein Motiv, zu welchem Fotos mit ähnlicher Stimmung gefunden werden sollen, wird ausgewählt.
2. Im Anschluss soll eine Datenbank geöffnet werden, welche relevante Bilder enthält, um zu überprüfen, ob die Ähnlichkeiten zutreffen.
3. Einzelne Fotos sollen daraufhin ausgewählt werden.

Zur Unterstützung wurde auch hierfür (im Rahmen des Workshops [27]) ein Handout entwickelt (vgl. Anhang A.4, Phase 2: Task Analysis). Ein verwendetes Hilfsmittel für diesen Teilprozess ist das Storyboard (vgl. Abbildung 7.6).

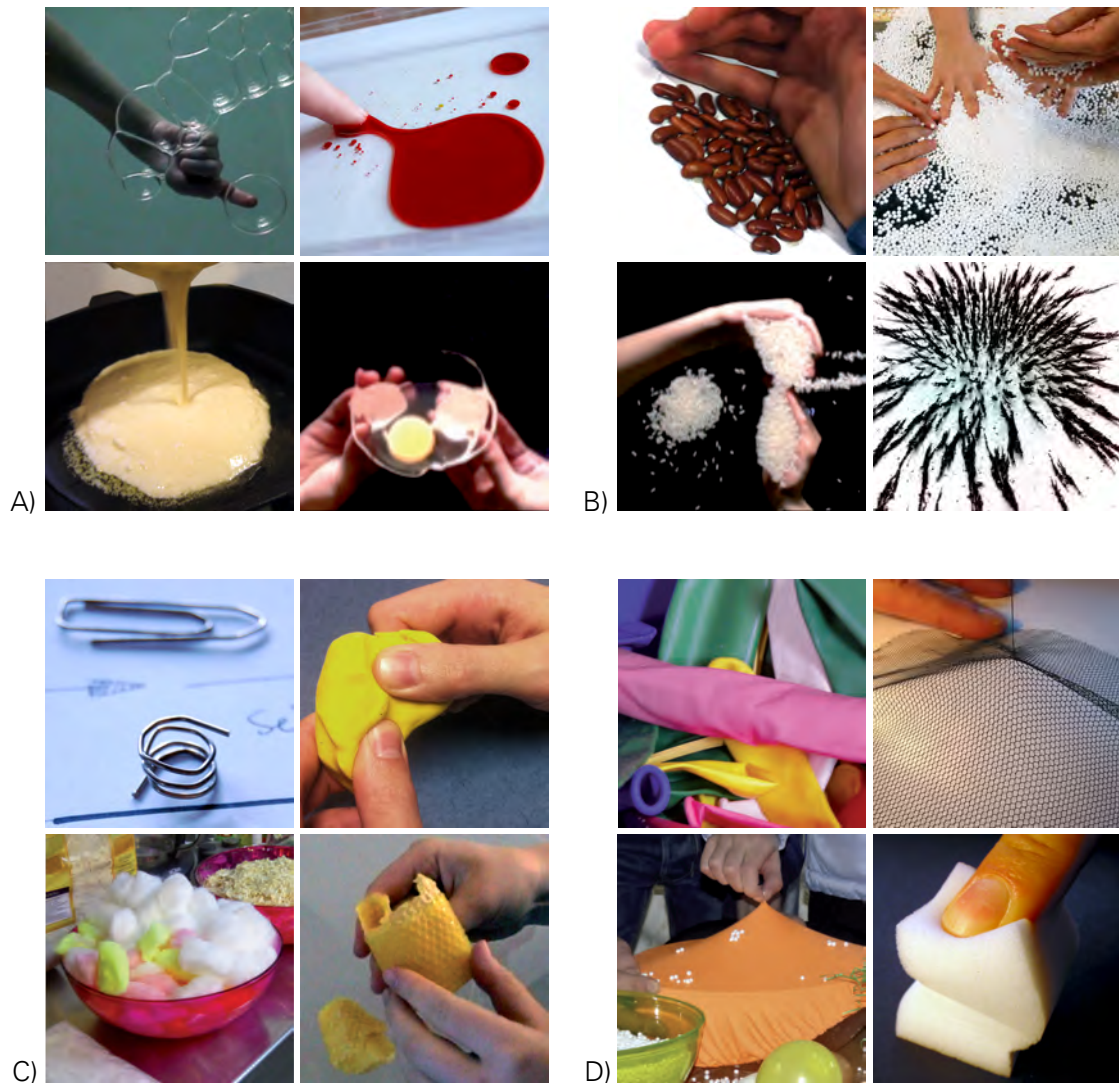


Abb. 7.5: Materialtypen: fluid (A), granular (B), deformierbar (C), elastisch (D) (Abbildung nach [26])



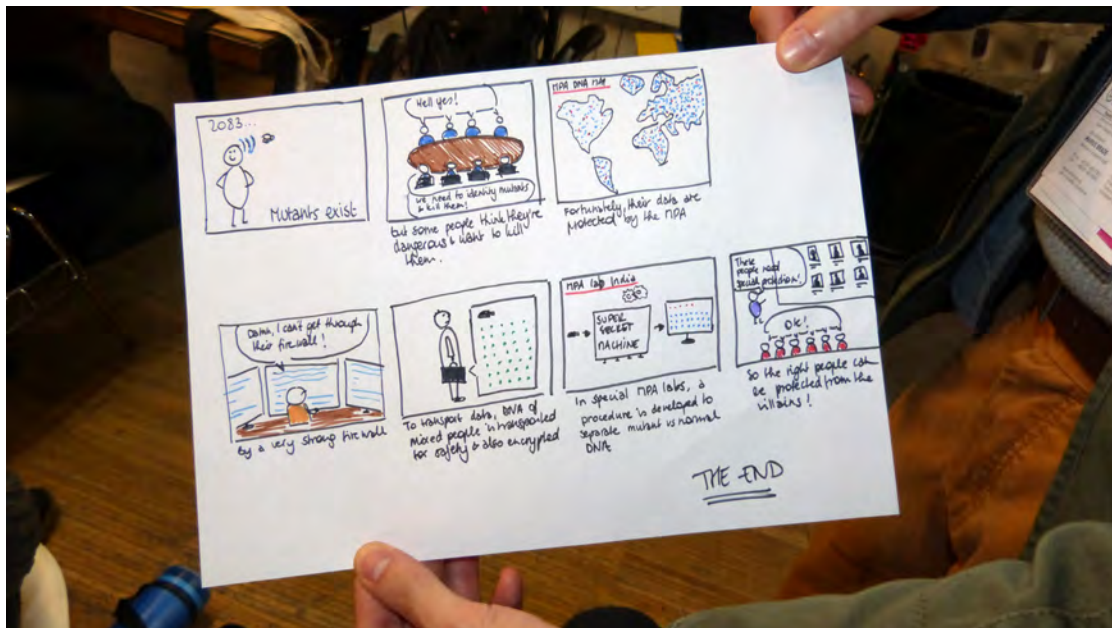


Abb. 7.6: Aufgabenanalyse mit Storyboard (Foto erstellt während eines Workshops [27])

Nachdem die gewählte Aufgabe entsprechend analysiert wurde, gilt es Verhaltensprinzipien aus den Beobachtungen der Materialien in Form von Skizzen und Modellen abzuleiten und den ermittelten Tätigkeiten zur Aufgabenlösung zuzuordnen. Zur Gegenüberstellung von Tätigkeiten und Materialverhalten wurde (im Rahmen des Workshops [27]) ein weiteres Handout entwickelt, welches hierfür ein Grundschema zur Verfügung stellt (vgl. Anhang A.4, Phase 3: Fusion).

Bei dem gewählten Beispiel der Bildrecherche wäre dies beispielsweise dem Öffnen einer Datenbank, das Zerdrücken eines Eigelbs zuzuordnen (vgl. Abbildung 7.7<sup>2</sup>).

## 6) Präsentation mittels Mock-Ups / Prototypen

Auf Basis der Gegenüberstellung von Aufgabentätigkeiten und Materialverhalten erstellen Workshopteilnehmer einen Stop-Motion-Film. Dieser zeigt als Mock-Up die Lösung der gewählten Aufgabe sowie den Materialeinsatz (vgl. Abbildung 7.7).

<sup>2</sup>Die Bilder A-C basieren auf Fotos von Thomas Härder, Matthias Tuschl und Frank Greis. Diese wurden während eines studentischen Workshops im Rahmen der vorliegenden Arbeit erstellt.





Abb. 7.7: Stop-Motion-Mock-Up: hier wird eine "haptische" Bilder-Datenbank durch Drücken (A) und Ausführen einer beidhändigen Geste (B) geöffnet, um die enthaltenen Bilder mit einem Suchbild zu vergleichen (C).

## 7.4 Analyse der Experimentergebnisse mit fluiden Materialien

Aufgrund der Beobachtungen aus der Anwendung der Methode *Natural Interface Exploration* scheinen für Interaktionen mit Informationsobjekten und Gruppen von Freiform-Objekten besonders fluide Materialien geeignet, da diese von der Umrandung her den bisher verwendeten Freiformen ähneln. Vergleichbar zur den Freiformen können fluide Materialien andere Objekte einschließen.

Ein Prototyp, welcher eine fluide Metapher als Basis für die Visualisierung umsetzt und damit positive Benutzerrückmeldungen erlangt, ist *BrainDump* [24]. Dieser Prototyp wurde im Rahmen von Vorarbeiten zum Thema der vorliegenden Arbeit entwickelt. Während der Analyse fluider Materialien wurde dieser Prototyp im Laufe der vorliegenden Arbeit weiterentwickelt (vgl. [22]). Die Weiterentwicklung zeigt, dass ein Einsatz fluider Materialien in abstrahierter Form für die Interaktionsgestaltung dienlich sein kann. Verwandte Arbeiten wie beispielsweise *BubbleClusters* machen sich fluide Formen zur Organisation von Desktop-Informationen zunutze (vgl. [204]). Eine Stärke dieses Ansatzes ist beispielsweise das einfache Trennen und zusammenfügen von Informationen.

Aus diesem Grund wird der Einsatz fluider Materialien im Folgenden für eine Weiterentwicklung des Konzepts von SketchViz genutzt. Folgende Aspekte sollen dabei durch weniger benötigte Interaktionsschritte vereinfacht werden:

- Auflösung einer Untergruppe in eine Obergruppe,
- Vereinigung zweier Gruppen sowie die
- Anpassung der Gruppengröße nach Entnahme oder Hinzufügen von Objekten.

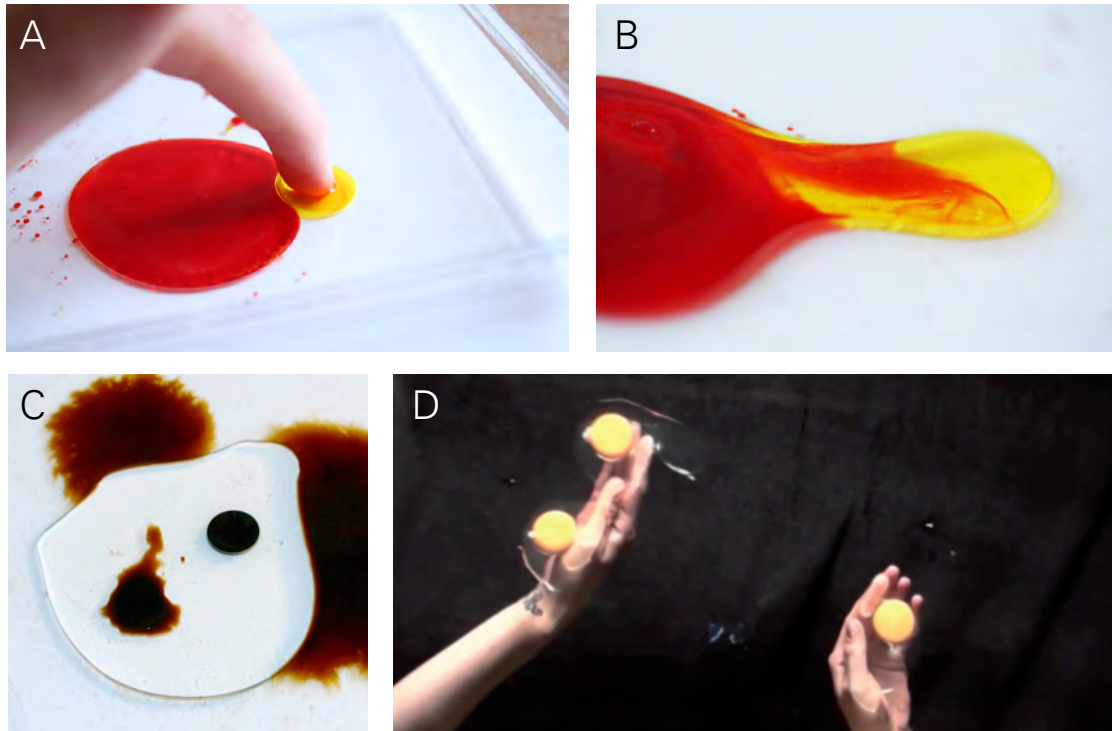


Abb. 7.8: Verhalten und Charakteristik fluider Materialien: (A-C) Öle und (D) Eier.

### 7.4.1 Interaktion mit fluiden Materialien

Betrachtet man die Materialien, während ein Benutzer mit ihnen interagiert, fällt auf, dass die Reaktion träge ist und dem angefassten Punkt in der Regel folgt. Dies lässt sich auch auf die Teilmengenverschiebung anwenden. Je nach Viskosität des Materials reagiert es schneller oder langsamer auf die Manipulation. Bei Ölen oder ähnlichen Flüssigkeiten folgt die Substanz dem Finger. Bevor sie sich mit einer anderen verbindet, muss ein Widerstand überwunden werden (vgl. Abbildung 7.8<sup>3</sup>, A, B). Mischt man Flüssigkeiten verschiedener Viskosität, können auch Einschlüsse entstehen (vgl. Abbildung 7.8, C).

Bei Eiern bildet das Eigelb per se einen Einschluss im Eiweiß. Ein Eigelb kann nur bewegt werden, wenn es direkt angefasst oder Eigelb und Eiweiß mit der Handkante komplett verschoben werden (vgl. Abbildung 7.8, D). Grundsätzlich folgt das Eiweiß der Bewegung des Eigelbs, wenn dieses verschoben wird.

<sup>3</sup>Die Bilder A-C basieren auf Fotos von Tristan Heinig und Ines Reiche, das Bild D auf den Arbeiten von Deborah Schmidt, Hannes Leitner sowie Brian Eschrich. Die Fotos wurden während eines studentischen Workshops im Rahmen der vorliegenden Arbeit erstellt.

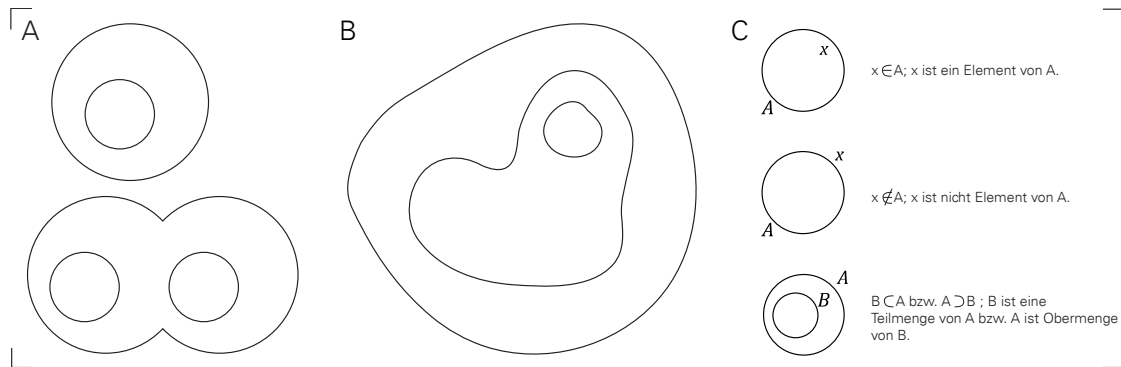


Abb. 7.9: Visuelle Struktur von Eiern (A) und Ölen (B) im Vergleich zur Struktur von Eulerdiagrammen (C, diese Teilabbildungen stammen von [59])

## 7.4.2 Visuelle Eigenschaften fluider Materialien

Wird die visuelle Struktur der gezeigten Materialien betrachtet, kann eine abstrahierte Darstellung bei der Analyse von Funktionszuweisungen helfen (vgl. Abbildung 7.9, A, B). Bei Eiern besteht eine Einschließung von (maximal) einer Hierarchieebene – das Eigelb im Eiweiß. Verbindet man zwei oder mehrere Eier, so verbindet sich nur das Eiweiß, die verschiedenen Eigelbe bleiben eigenständig erhalten. Bei Ölen können mehrere Hierarchieebenen durch Einschlüsse erstellt werden, wobei die Grenzen dabei scharf oder verschwommen aussehen können. Eine Auflösung der eingeschlossenen Flüssigkeit in der umschließenden Flüssigkeit ist durch entsprechende Manipulation möglich.

## 7.5 Übertragung physischer Eigenschaften fluider Materialien ins Digitale

Die beobachteten Charakteristika fluider Materialien können für die Interaktion mit visuellen Gruppen hilfreich sein. Im Grundprinzip der Datenorganisation lassen sich durch Verwendung fluider Darstellungsprinzipien Mengen von Objekten ähnlich Eulerdiagrammen (vgl. [18, 47]) abbilden (vgl. Abbildung 7.9, C). Der Mehrwert gegenüber Eulerdiagrammen ist jedoch das mögliche Verhalten der Umrandungslinien bei der Veränderung von Mengen sowie bei Mengenzuordnungen von Objekten. Komplexe Tätigkeiten, welche mehrere Teilschritte beinhalten, können auf diese Weise bei entsprechender Konzeption für Benutzer vereinfacht werden. Ein Anwendungsbeispiel dafür ist das Hinzufügen und Entfernen von Objekten aus einer umrandeten Gruppe mit anschließender Veränderung der Größe der Umrandungslinie.

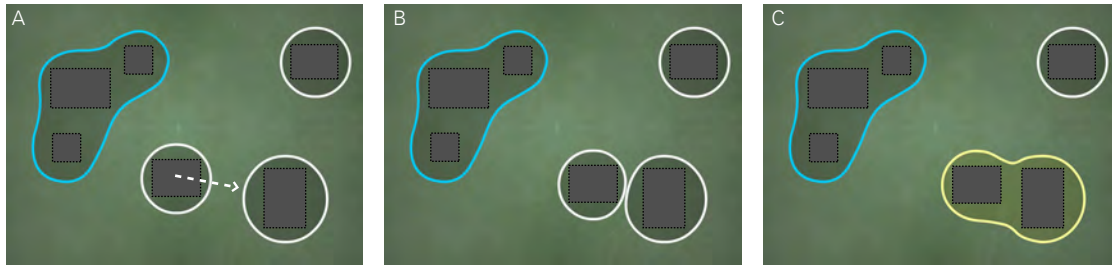


Abb. 7.10: Themenerstellung mit einem Interaktionsschritt – am Beispiel der Gruppierung digitaler Inhalte (zeitliche Abfolge der Bewegung dargestellt in drei Teilen: A, B, C).

Furnas et al. zeigen, wie bereits erwähnt, dass die Kosten basaler Interaktionen in bisherigen Systemen zur Sinnerschließung oft unterschätzt werden (vgl. [63]). Entscheidend bei der Übertragung physischer Eigenschaften auf digitale Systeme ist eine visuelle Rückmeldung des interaktiven Systems in Echtzeit sowie das Ermöglichen direkter Manipulation von Inhalten.

### 7.5.1 Themenzuordnung

In bisherigen Systemen müssen visuelle Container – wie beispielsweise Ordner in Desktopsystemen oder visuelle Gruppen in SketchViz – explizit mit mindestens einem Interaktionsschritt erstellt werden. Dieser Interaktionsschritt kann eingespart werden, wenn dafür entsprechende Eigenschaften fluider Materialien genutzt werden. Eigenschaften von Eiern kommen dabei zum Einsatz, indem Informationen digital an die Stelle des Eigelbs „treten“ und eine Außenlinie erstellt wird, die sich wie Eiweiß „verhält“. Im hier vorgestellten Konzept ist diese Außenlinie bei einzelnen Objekten weiß, wird aber eingefärbt, sobald zwei Objekte miteinander verbunden werden (vgl. zeitliche Abfolge in Abbildung 7.10 von A – C). Wird ein einzelnes Objekt zu einem anderen verschoben, stößt es während der Operation erst auf einen Widerstand (B), bevor es eine neu eingefärbte Einheit – ein Thema – mit dem Zielobjekt bildet (C). Fügt ein Benutzer danach weitere Objekte zur Gruppierung hinzu, wird die Farbe der bestehenden Gruppe beibehalten. Dies erlaubt eine basale, visuelle Themenerstellung schon beim Gruppieren von Elementen ohne zusätzlich notwendige Interaktionsschritte.

### 7.5.2 Hierarchiebildung

Durch eine skizzierte Umrandung werden Gruppen und Objekte einer übergeordneten Gruppe zugeordnet, die durch diese Linie gleichzeitig erstellt wird (vgl. Abbildung 7.11,

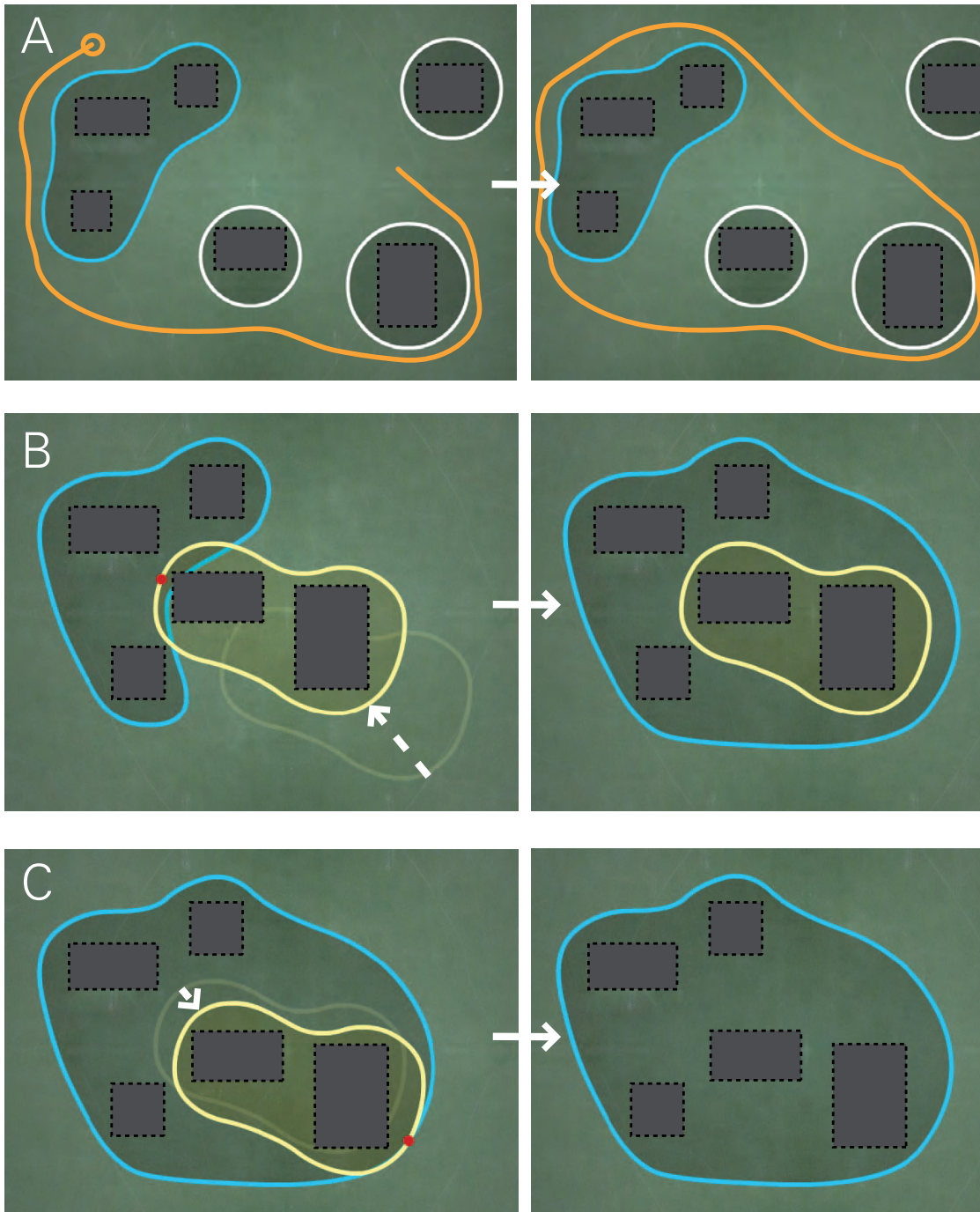


Abb. 7.11: Visuell explizite Hierarchiebildung durch Umrandung (A) bzw. Verschiebung von Gruppen (B) sowie Hierarchieauflösung (C).

A). Alternativ kann eine Gruppe in eine andere verschoben werden (vgl. Abbildung 7.11, B) und dadurch als Teilmenge fungieren. Eine Auflösung der Untergruppe in die übergeordnete Gruppe wird durch Verschieben und Loslassen der Untergruppe an den Rand der übergeordneten Gruppe erreicht (vgl. Abbildung 7.11, C).

### 7.5.3 Veränderbarkeit

Sämtliche Außenlinien reagieren in Echtzeit und interaktiv auf Interaktionen des Benutzers. Verschiebt ein Benutzer beispielsweise eine Gruppe oder ein Objekt in eine andere Gruppe, so bildet die Außenlinie der Zielgruppe einen physisch anmutenden Widerstand (vgl. Abbildung 7.8, A; Abbildung 7.10, B und Abbildung 7.11, B). Der Vorteil dieser interaktiven Visualisierung ist die implizite Klarheit für den Benutzer, welche Mengenzuordnung das System durch seine Eingabe „versteht“. Dies geschieht durch die visuelle Rückmeldung des Systems. Schon während der Verschiebung eines Objekts über eine Menge sieht der Benutzer, dass das gewählte Objekt nun in der Zielmenge enthalten wäre, wenn er es losließe. Dabei besteht visuell kein Zweifel, ob ein Objekt über oder unter einem anderen liegt. Darüber hinaus wächst eine visuell explizite Gruppe automatisch beim Hinzufügen von Objekten - ohne dass vom Benutzer zusätzliche Eingaben zur Anpassung der Umrandung notwendig werden.

## 7.6 Fazit des weiterentwickelten Konzepts

Durch die Verbindung von stiftbasierter Interaktion mit abstrahierten, fluiden Darstellungen wird das Ziel der Minimierung von Interaktionsschritten konzeptuell erreicht.

**An- und Abwählen von Objekten** Mit dem neuen Konzept ist ein explizites An- oder Abwählen von Objekten nicht mehr nötig. Dies wird durch die Verwendung von aktuellen Tablet-PCs mit nativem Stift gelöst: bei Annäherung des Stiftes an das Gerät wird der Skizziermodus aktiviert und bei Verwendung des Fingers wird der Modus zum Verschieben sowie Modifizieren aktiviert.

**Auflösung einer Untergruppe in eine Obergruppe** Die Interaktionsschritte, welche bisher notwendig waren, um eine Untergruppe in einer Obergruppe aufzulösen, sind:

- Elemente der Gruppe auswählen und
- hinauschieben sowie
- im Anschluss die Gruppenlinie auswählen und löschen.

Mit dem vorliegenden Konzept wird eine Untergruppe einfach an den Rand der Obergruppe geschoben und losgelassen, um diese darin aufzulösen.

Soll nur die Umrandung einer Gruppe gelöscht werden, so kann ein Benutzer mit einer Zick-Zack-Geste des Stifts die Linie löschen.

**Verbindung zweier Gruppen zu einer großen Gruppe** Durch das erstellte Konzept entfällt der Interaktionsschritt der Umrandung. Wenn ein Benutzer zwei Objekte zueinander schiebt, verbinden sich diese automatisch zu einer visuell umrandeten Gruppe.

**Anpassung der Gruppengröße nach der Entnahme oder beim Hinzufügen von Objekten** Mit dem vorliegenden Konzept passt sich die Gruppenumrandung automatisch an die Inhalte an. Wird ein Objekt an den Rand einer Gruppe geschoben, so dehnt sich dieser aus. Werden Objekte aus der Gruppe entfernt, verkleinert sich die Umrandungslinie entsprechend.





## 8 Formalisierungs-Editor

Dieses Kapitel zeigt einen ersten Versuch, die Wissensformalisierung auch für Laien auf dem Gebiet der Formalisierung zu ermöglichen. Der hier vorgestellte Lösungsansatz bietet eine Grundlage für zukünftige Arbeiten.

Aufbauend auf der Praxisanalyse (vgl. Kapitel 3) sowie dem Basis-Editor (vgl. Kapitel 5) wird in diesem Kapitel der Arbeitsablauf der Wissensformalisierung analysiert. Dazu wird der bereits in Abschnitt 3.3.2 dargestellte Arbeitsprozess um verwendete Arbeitsmittel erweitert. Anschließend werden Ontologien und deren Herausforderungen für Benutzer dieser Technologie beleuchtet und die Motivation einer auf SketchViz basierenden Lösung vorgestellt. Nachfolgend wird der im Rahmen einer betreuten Diplomarbeit entwickelte Formalisierungs-Editor namens OntoSketch vorgestellt. Da dieser parallel zur Weiterentwicklung des SketchViz-Konzepts aus dem vorherigen Kapitel entwickelt wurde, baut das Konzept auf der ersten Version von SketchViz auf.

### 8.1 Analyse des Arbeitsablaufs der Wissensformalisierung

Der Prozess der Formalisierung ist derzeit ein Spezialfall der Wissensarbeit, welcher nahezu ausschließlich bestimmten Experten zugänglich ist. Gegenstand der Wissensformalisierung ist es, für bestimmte Zwecke, Wissen durch Computer lesbar zu speichern und damit berechnen- oder messbar vorzuhalten. Beispiele dafür sind unter Anderem Wissensbasen zur Informationssuche in der Medizin, Biologie, Rundfunk und Nachrichten. Ziel dabei ist es, komplexes Wissen nachhaltig zu speichern und persistent zu halten. Zwei wesentliche Nachteile bisheriger formaler Wissensrepräsentation sind dabei die Kosten für:

- die aufwendige Dateneingabe durch Benutzer sowie
- die aufwendigen Prozesse der Wissensformalisierung und -pflege.

Um die zunehmende Komplexität moderner Produkte und Dienstleistungen zu beherrschen, ist eine Computerunterstützung essenziell. Diese erfordert eine entsprechende Abbildung von (Produkt-)Strukturen in technischen Repräsentationen.

Hierfür kommen in der Regel semantische Technologien zur formalen Wissensrepräsentation zum Einsatz (vgl. [177]). Firmen sind dabei besonders an der Zusammenführung verschiedener Begriffswelten auf Datenhaltungsebene interessiert.

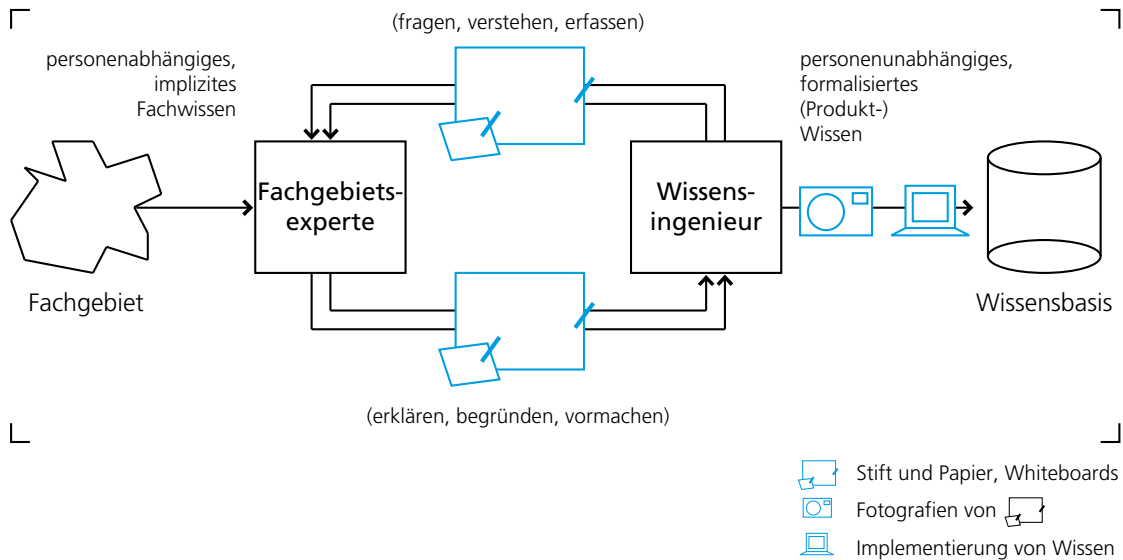


Abb. 8.1: Ergänzung der bereits beschriebenen Arbeitsprozesse (vgl. Abbildung 3.1) mit weiteren Aspekten (in Anlehnung an [205, S.153] sowie [117, S.43])

Der bisherige Arbeitsprozess der Wissensmodellierung (vgl. Abschnitt 3.2) ist in Abbildung 8.1 schematisch dargestellt und um verwendete Arbeitsmittel erweitert. Der Wissensingenieur ist oftmals der einzige, welcher explizites Wissen maschinenlesbar implementieren kann. Er muss dieses Wissen aus Gesprächen mit Fachgebietsexperten ermitteln. Während dieser Sinnerschließung diskutiert ein Wissensingenieur mit Fachgebietsexperten, um ein gemeinsames Verständnis des (noch impliziten) Produkt- oder Prozesswissens aufzubauen. Als Hilfsmittel werden dabei Stift und Papier sowie Whiteboards eingesetzt. Software wird in der Regel nicht eingesetzt (vgl. Abschnitt 3.5). Nach diesen Diskussionstreffen werden papierbasierte Inhalte abfotografiert und vom Wissensingenieur manuell in Softwaresysteme geschrieben.

## 8.2 Ontologien und deren Herausforderungen

### 8.2.1 Beispiel einer formalisierten Organisationsstruktur

Zum Implementieren von Wissen in einer Wissensbasis sind Ontologien verbreitet (vgl. [177]). Eine Beispiel-Ontologie einer Miniatur-Universität ist in Abbildung 8.2 dargestellt. In dieser Ontologie werden Begriffshierarchien definiert und in Relation gesetzt. Die Darstellung erfolgt in der Regel in Text- oder Diagrammform (vgl. Abbildung 8.2).

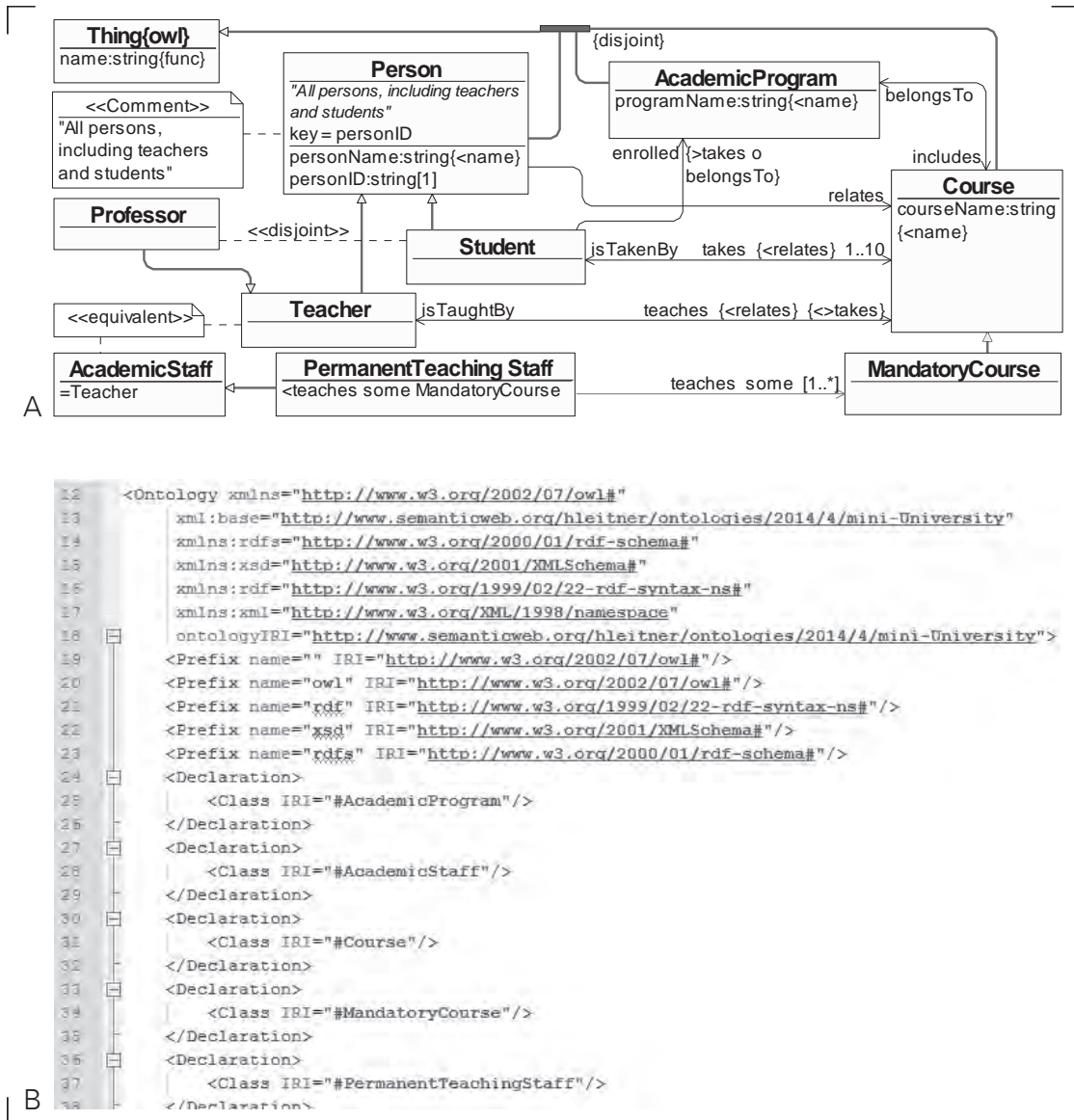


Abb. 8.2: Beispiel einer Ontologie mit Begriffen und Relationen für Teile der Organisationsstruktur einer Universität. A: dargestellt in einer UML-ähnlichen Notation (Abbildung aus [111]). B: Repräsentation in Textform.

Ein typisches Beispiel von Diagrammen ist eine UML-verwandte Notation, welche eher für Informatiker als für andere Fachgebietsexperten geeignet ist (vgl. Abbildung 8.2, A).

Der Arbeitsprozess der Wissensmodellierung erfordert das Abstrahieren von Fachwissen auf einer Meta-Ebene in formaler Sprache. Diese Meta-Ebene während eines Sinnerschließungsprozesses einzunehmen, ist für einen Fachgebietsexperten kognitiv sehr fordernd. Er muss parallel während der Explizierung seiner Gedanken (d.h. von implizitem Wissen) in einem „Selbstgespräch“ wiederkehrende Muster von Zusammenhängen erkennen und formell festhalten. Dabei hinterfragt er sein Vorgehen: „Wieso baue ich das Konstrukt auf diese bestimmte Art? Was mache ich dabei eigentlich genau?“. Die parallele Erstellung von formellen Diagrammen oder Textbausteinen erhöht seinen kognitiven Arbeitsaufwand (vgl. Abbildung 8.2). Dies ist eine weitere Belastung, die in der Praxis überfordern und somit zur Ablehnung digitaler Systeme führen kann.

Entsprechende Erfahrung und Vertrautheit im Umgang mit formalisierten Sprachen sowie eine detailgenaue Kenntnis des Ontologie-Konzepts mitsamt den zugehörigen Werkzeugen können diese Belastung senken. In der Regel benötigen Fachgebietsexperten dazu jedoch ein zusätzliches Informatikstudium oder eine vergleichbare Ausbildung mit Bezug auf semantische Technologien. Im Fall von Wissensingenieuren genügt das ausschließliche Spezialwissen über die Wissensmodellierung nicht, um noch unstrukturiertes Prozess- oder Produktwissen von Fachgebietsexperten zu verstehen.

### 8.2.2 Herausforderungen bei der Verwendung von Ontologien

Neben den Stärken formaler Wissensrepräsentation (vgl. Abschnitt 2.3.2.2) bringt deren Verwendung derzeit folgende Nachteile mit sich (vgl. [150, S.3]):

- *„Kosten (1): aufwendiger Prozess der Wissensformalisierung & -pflege*
- *Kosten (2): aufwendige Dateneingabe durch Benutzer.“*

Puppe bemängelt außerdem, dass sich digitale Systeme bisher schwerlich an verschiedene Benutzer (vom Laien bis zum Experten) anpassen lassen (vgl. [150]).

## 8.3 Ein Formalisierungs-Editor basierend auf SketchViz

### 8.3.1 Arbeitsablauf mit Formalisierungs-Editor

Die Stärken von SketchViz sind unter anderem:

- Flexibilität (verwendbar durch Benutzer mit unterschiedlichen Arbeitsweisen, vom Laien bis hin zum Experten) sowie

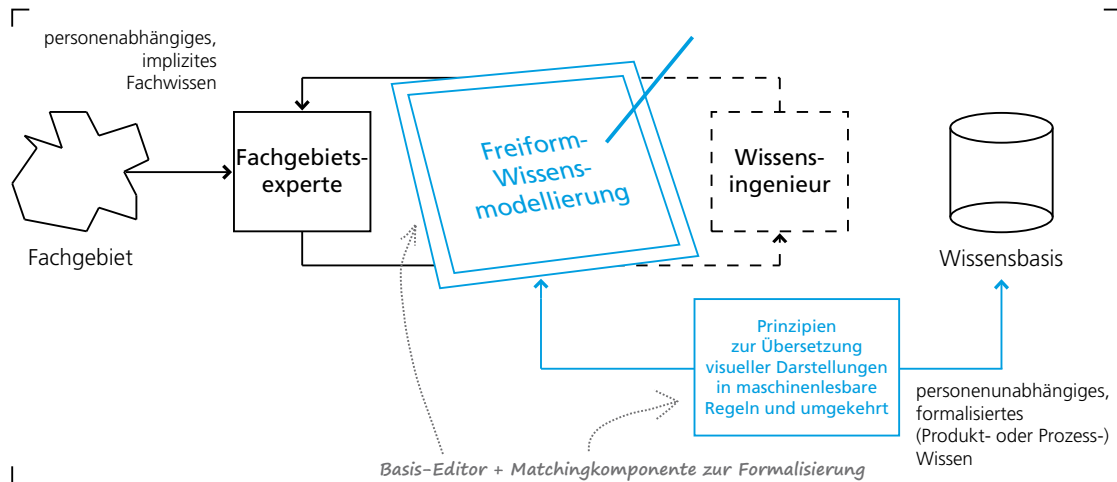


Abb. 8.3: Die Erweiterung des Basis-Editors um eine Matchingkomponente zur Formalisierung ergibt ein System zur Freiform-Wissensmodellierung von semantischen Daten. Ziel dabei ist es, die Kosten der Dateneingabe und Formalisierung zu senken.

- einfachere Dateneingabe gegenüber bisherigen digitalen Werkzeugen zur Ontologieerstellung.

Durch den Einsatz von SketchViz und dessen Erweiterung um Übersetzungsprinzipien visueller Darstellungen in formalisiertes Wissen (vgl. Abbildung 8.3) soll den beschriebenen Nachteilen formaler Wissensrepräsentationen begegnet werden. Mit der Verwendung eines derartigen Systems wird eine Vereinfachung der beschriebenen Arbeitsprozesse auf folgende Weise angestrebt:

- Da der Formalisierungs-Editor auf SketchViz basiert, erlaubt er eine schnelle und einfache Veränderung von Inhalten und Beziehungen. Dies ermöglicht neben vergleichbarem Arbeiten wie mit Stift und Papier die Daten stets digital und veränderbar vorzuhalten.
- Ein Fachgebietsexperte kann mit dem System auf dem Tablet-Computer nun unabhängig vom Wissensingenieur einen Entwurf seiner Wissensmodellierung vornehmen. Er skizziert (ähnlich wie in SketchViz) und stellt für ihn relevante Inhalte mithilfe von Freiformen dar.
- Durch Verwendung einer Matchingkomponente, welche Prinzipien zur Übersetzung visueller Darstellungen in maschinenlesbare Regeln und umgekehrt enthält (vgl. Abbildung 8.3), ist die Visualisierung gleichzeitig die semantische Dokumentation (vgl. Abbildung 8.3, Wissensbasis). Jede Veränderung auf visueller Ebene

bewirkt synchron eine Veränderung der Daten in der semantischen Dokumentation. Somit liegt zu jedem Zeitpunkt der Arbeit des Fachgebietsexperten eine vergleichsweise aufwandsarme digitale Dokumentation der Überlegungen vor. Diese kann auch für das Zurückgreifen auf frühere Arbeitszustände und Überlegungen vorteilhaft sein.

- Die erstellten Inhalte kann der Fachgebietsexperte dem Wissensingenieur im semantischen Format zusenden. Im Anschluss daran nimmt der Wissensingenieur den Feinschliff vor.
- Der Wissensingenieur wird vom Digitalisierungsprozess befreit, da statt auf Papier direkt auf einem Tablet-Computer gearbeitet werden kann.
- Eine Weiterverwendung und Ausarbeitung der Daten mit etablierten Expertensystemen für Wissensingenieure (vgl. Abschnitt 8.5) wird durch diesen Prozess ermöglicht, da die Daten durch die Exportfunktion in standardisierten Formaten vorliegen. Bei einfacheren Anpassungen von Strukturen ist vermutlich durch den Einsatz des Werkzeugs kein Wissensingenieur nötig. Dies muss jedoch durch eine entsprechende Untersuchung zukünftig analysiert und verifiziert werden.
- Hat der Wissensingenieur Fragen an den Fachgebietsexperten, kann er seine bereits bearbeitete Version wieder auf dem Tablet-Computer im Formalisierungs-Editor laden und seine Fragen mit dem Fachgebietsexperten klären. In diesem Fall fungiert das System zur Freiform-Wissensmodellierung als Übersetzungsmechanismus von im Standardformat vorliegenden Wissensbasen in eine vom Fachgebietsexperten gewohnte visuelle Darstellung (vgl. Abbildung 8.3). Es ist damit nicht mehr notwendig, dass der Wissensingenieur seine Überlegungen – die in formaler Sprache vorliegen – wieder in einer für Laien der Formalisierung verständlichen Form aufbereiten muss.

### 8.3.2 Systemaufbau Formalisierungs-Editor

Da der Prototyp SketchViz eine grundlegende Mappingkomponente mit universeller Bedeutungsstruktur verwendet, welche noch keine semantischen Technologien unterstützt (vgl. Abschnitt 5.2.1), wird diese beim Formalisierungs-Editor durch eine semantische Mappingkomponente ersetzt (vgl. Abbildung 8.4).

Die Eingabe- und Erkennungsmechanismen (Formen, Handschrift) bleiben bestehen und die so entstehenden Daten werden vom Formalisierungs-Editor genutzt und mittels der semantischen Matchingkomponente weiterverarbeitet. Da das Anwendungsgebiet der Modellierung von Ontologien mit dem Formalisierungs-Editor adressiert wird, müssen zu den Anforderungen an den Basis-Editor (vgl. Kapitel 4) weitere Anforderungen bezüglich der Wissensformalisierung hinzugefügt werden.

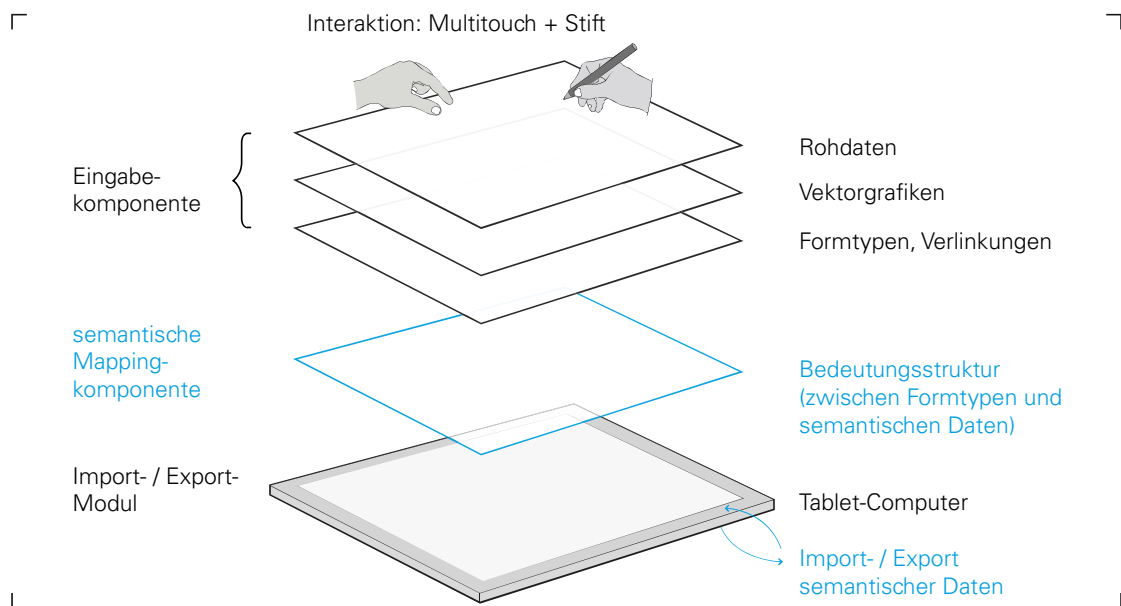


Abb. 8.4: Der Basis-Editor bildet zusammen mit der semantischen Mappingkomponente (blau dargestellt) einen Formalisierungs-Editor.

## 8.4 Erweiterte Anforderungen bezüglich des Formalisierungs-Editors

### 8.4.1 Übersicht bestehender und erweiterter Anforderungen

Zur Übersicht werden die Anforderungen des Basis-Editors (vgl. Abschnitt 4.1, 4.2) nochmal zusammengefasst dargestellt und durch *kursiv geschriebene Anforderungen* bezüglich des Formalisierungs-Editors ergänzt (vgl. [AB5.4], [AS6]) bzw. im Fall von [AB8] durch [AB8s] ersetzt.

#### Anforderungen aus Benutzersicht

**[AB1]** Freies Skizzieren und Editieren

**[AB2]** Verortung und Umsortierung grafischer Objekte

**[AB3]** Freie Kategorisierung grafischer Objekte

**[AB4]** Einfache Veränderung temporärer Arbeitsstrukturen und Inkonsistenzen

**[AB5]** Verbindungen zwischen grafischen Objekten mit schrittweiser Konkretisierung

**[AB5.1]** Implizite, unbeschriftete Relationen

**[AB5.2]** Explizite, unbeschriftete Relationen

**[AB5.3]** Implizite und explizite, informell beschriftete Relationen

**[AB5.4]** *Formalisierte, standardisiert beschriebene Relationen*

**[AB6]** Annotationen - Festhalten flüchtiger Gedanken

**[AB7]** Übersicht und Abstraktion

**[AB8s]** *Import und Export semantischer Inhalte*

### **Anforderungen aus softwaretechnischer Sicht**

**[AS1]** Erkennung und Rückmeldung von Finger- und Stifteingaben ohne Verzögerung

**[AS2]** Manipulation von einzelnen oder mehreren grafischen Objekten

**[AS3]** Manipulation der aktuellen Sicht auf die Daten

**[AS4]** Modusfreie Unterscheidung von Benutzereingaben zwischen Skizzier- und Editieroperationen

**[AS5]** Erkennung von visuellen Sinneinheiten

**[AS6]** *Inferenzmechanismen*

## **8.4.2 Beschreibung der erweiterten Anforderungen**

### **[AB5.4] Formalisierte, standardisiert beschriebene Relationen**

Neben dem informellen Arbeiten im Basis-Editor soll es durch die semantische Matchingkomponente möglich werden, Informationen semantisch zu verbinden. Dazu müssen formell definierte Relationstypen von Benutzern erstellt werden können. Da eine Ontologie (wie in Abschnitt 2.3.2.1 beschrieben wurde) durch ein vorgeschriebenes Vokabular eines Wissensbereichs definiert ist, welches Definitionen von *Begriffen* (engl. concepts), *Relationen* (engl. properties) und *Instanzen* (engl. individuals) enthält, müssen diese durch den Benutzer kenntlich gemacht werden können. Auf diese Weise wird die Maschinenlesbarkeit gewährleistet.

Da die ausschließliche Verwendung formalisierter Relationen jedoch die Ausdrucksvielfalt von Benutzern zu stark einschränkt, sollen informelle [AB5.1-5.3] und formale visuelle Verbindungen parallel im System verwendbar sein. Auf diese Weise wird dem



Benutzer die Sinnerschließung ermöglicht - d.h. ein schrittweises Erarbeiten und Spezifizieren seines Wissens, um in unstrukturierten Situationen die entscheidende, wichtige Struktur zu finden.

### **[AB8s] Import und Export semantischer Inhalte**

Zur semantischen Wissensmodellierung wird häufig auf bereits bestehende Daten zurückgegriffen. Für ein effizientes Arbeiten müssen demnach existierende semantische Datensätze, wie beispielsweise Ontologien, in das System zur Freiform-Wissensmodellierung importiert werden können. Entsprechend erweiterte oder neu erstellte Datensätze müssen wieder exportierbar sein. Durch Verwendung der Standardformate *OWL*<sup>1</sup> und *RDF*<sup>2</sup> soll eine Interoperabilität mit gängigen anderen Softwarelösungen erreicht werden.

### **[AS6] Inferenzmechanismen**

Durch sogenannte *Inferenzmechanismen* (logische Schlussfolgerungen) werden semantisch verkettete Sprachterme vielfältig in Beziehungen gesetzt und können dadurch automatisch wieder verwendet werden. Dieses Inferenzieren wird durch sogenannte *Reasoner*<sup>3</sup> durchgeführt, welche unter anderem die Formate OWL und RDF verarbeiten können. Diese Schlussfolgerungen sind im System notwendig, um vom Benutzer erstellte Wissenskonstrukte auf ihre Zulässigkeit zu überprüfen.

## **8.5 Verwandte Arbeiten zur Wissensformalisierung**

In diesem Abschnitt werden Arbeiten aus Forschung und Industrie vorgestellt, welche einen Bezug zur Wissensformalisierung aufweisen. Die Darstellung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Sie dient dazu, einen Überblick über die Vielfalt der Werkzeuge auf Basis der ermittelten Anforderungen zu geben.

Bis auf iMapping basieren die im Rahmen der Recherche analysierten Werkzeuge (vgl. Tabelle 8.1 und 8.2, ausgefüllte Vierecke bedeuten dabei: „trifft voll zu“, halb gefüllte: „trifft teilweise zu“ und leere: „trifft nicht zu“) auf Steuerung durch Menüs. Auch diagrammbasierte Editoren, wie beispielsweise OWLGrEd (vgl. [111]), verwenden Menüs, um dem Benutzer die verschiedenen Diagrammelemente zur Auswahl bereit zu stellen.

<sup>1</sup> *Web Ontology Language (OWL) ist eine Spezifikation, um Ontologien anhand einer formalen Beschreibungssprache erstellen, publizieren und verteilen zu können.* <http://www.w3.org/2001/sw/wiki/OWL>

<sup>2</sup> *Resource Description Framework (RDF) bezeichnet eine technische Herangehensweise im Internet zur Formulierung logischer Aussagen über beliebige Dinge (Ressourcen).* <http://www.w3.org/RDF/>

<sup>3</sup> <http://www.w3.org/2001/sw/wiki/OWL/Implementations> (zuletzt besucht am 31.08.2014)

Tab. 8.1: Vergleich verwandter Arbeiten zur Wissensformalisierung bezüglich der Anforderungen aus Benutzersicht

	Protégé	IsaViz	iMapping	OWLGrEd
[AB0] Mobile Verwendbarkeit	■	□	□	□
[AB1] Freies Skizzieren und Editieren	□	□	□	□
[AB2] Verortung und Umsortierung grafischer Objekte	□	■	■	■
[AB3] Freie Kategorisierung grafischer Objekte	□	□	■	□
[AB4] Einfache Veränderung temporärer Arbeitsstrukturen und Inkonsistenzen	□	□	■	□
[AB5] Verbindungen zwischen grafischen Objekten mit schrittweiser Konkretisierung				
[AB5.1] Implizite, unbeschriftete Relationen	■	■	■	■
[AB5.2] Explizite, unbeschriftete Relationen	□	□	■	■
[AB5.3] Implizite und explizite, informell beschriftete Relationen	□	□	■	■
[AB5.4] Formalisierte, standardisiert beschriebene Relationen	■	■	■	■
[AB6] Annotationen - Festhalten flüchtiger Gedanken	■	□	■	■
[AB7] Übersicht und Abstraktion	□	■	■	■
[AB8] Import und Export semantischer Inhalte	■	■	□	■

Tab. 8.2: Vergleich verwandter Arbeiten zur Wissensformalisierung bezüglich software-technischer Anforderungen

	Protégé	IsaViz	iMapping	OWLGrEd
[AS1] Erkennung und Rückmeldung von Finger- und Stifteingaben ohne Verzögerung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
[AS2] Manipulation von einzelnen oder mehreren grafischen Objekten	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
[AS3] Manipulation der aktuellen Sicht auf die Daten	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
[AS4] Modusfreie Unterscheidung von Benutzereingaben zwischen Skizzier- und Editieroperationen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
[AS5] Erkennung von visuellen Sinneinheiten				
• Handschrift	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• geometrische Primitive	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Gruppen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Hierarchien, Verschachtelungen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Annotationen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
[AS6] Inferenzmechanismen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Da in diesen Fällen Fachworte oder Symbole als Beschriftungen für die Menüeinträge dienen, müssen Benutzer für eine produktive Verwendung der Software entsprechende Begriffe und Konzepte von Ontologien lernen. Dies erschwert den Zugang von Laien auf dem Gebiet der Ontologien. Darüber hinaus ist kein System speziell für mobile Plattformen vorgesehen. Von Protégé (vgl. [184]) gibt es eine Webversion, welche auch in einem Browser auf Tablet-PCs aufgerufen werden kann. Diese ist jedoch, wie die Desktopvariante, menügesteuert verwendbar. Bei Protégé und IsaViz (vgl. [144]) liegt der Schwerpunkt auf der formalen systemseitigen Abbildung der Wissens Elemente. Diese Systeme sind weniger für Laien geeignet, sie adressieren eher Experten der Wissensformalisierung (Wissensingenieure). Hierunter fallen auch weitere Anwendungen (u.a. TopBraid Composer<sup>TM</sup> [193]), welche aufgrund der Ähnlichkeit zu menübasierten Anwendungen, nicht einzeln aufgelistet werden. Eine Darstellung impliziter Relationen ist bei den Werkzeugen möglich, kann aber nur bei IsaViz räumlich angeordnet werden. Das Werkzeug iMapping bietet darüber hinaus Möglichkeiten zur informellen Arbeit. Es erlaubt, Wissens Elemente in einem virtuellen unendlichen Raum frei auf der Arbeitsoberfläche zu platzieren. Dies können Stichpunkte, Paragraphen, Bilder, Webseiten oder auch Kontaktinformationen sein. Import und Nutzung semantischer Datensätze oder freies Skizzieren sind jedoch nicht möglich. OWLGrEd wird als Werkzeug beworben, welches auch für „*non-ontologists*“ geeignet sei. Da jedoch der komplette Funktionsumfang von Ontologien in Form von Werkzeugleisten mit Symbolen im Programm erscheint, ist der Lernaufwand vergleichbar mit anderen menübasierten Anwendungen und der Zugang für Laien auf dem Gebiet vermutlich eher schwierig. Zwangloses Arbeiten abseits von Formalisierungsregeln und der Vollständigkeit von Datensätzen ist mit dem System nicht vorgesehen, denn bei jedem erstellten Objekt erscheint ein Eingabefenster für Text, welches den Arbeitsfluss unterbricht.

Kein bisheriges System verfügt über die Möglichkeit der skizzenbasierten Eingaben und der Handschrifterkennung. Beide Kriterien sind jedoch für den vorliegenden Anwendungsfall zwingend erforderlich.

## 8.6 Prototypische Umsetzung des Formalisierungs-Editors

Zur Realisierung eines verwendbaren Demonstrators wurde eine Diplomarbeit ausgeschrieben und betreut<sup>4</sup>. Im Rahmen dieser Arbeit [163] erweiterte Schneider den bestehenden Prototyp SketchViz technisch um eine semantische Matchingkomponente, die die oben genannten Anforderungen erfüllt.

---

<sup>4</sup>Die Betreuung fand durch Brade (Konzept, Methodik), Salmen (Industriesicht) und Groh (verantwortlicher Hochschullehrer) statt.

Als Test-Anwendungsfall diente dabei das EU-Forschungsprojekt *ComVantage*<sup>5</sup>, in dessen Innovationsgedanken die Diplomarbeit eingebettet wurde.

Ziel des Projektes war, Firmen mit Hilfe von semantischen Technologien zu virtuellen, produktzentrischen Netzwerken zusammenschließen können. Ein ausgewählter Anwendungsfall betrachtet einen Verbund von kleinen und mittelständischen Firmen, die sich zu einem virtuellen Produktionsnetzwerk zusammenschließen und über einen Webshop individuelle, von Kunden personalisierte, Hemden vertreiben (vgl. [40]). Das virtuelle Kollaborationsnetzwerk wird als Ontologie beschrieben und von einem Experten gepflegt, welcher als Wissensingenieur bezeichnet werden kann. Die teilnehmenden Firmenpartner sind kleine und mittelständische Unternehmen. Die dort arbeitenden Personen können als Fachgebietsexperten betrachtet werden. Insofern entspricht der Anwendungsfall der in dieser Arbeit beschriebenen Art der Wissensmodellierung und wurde als Beispielszenario für die Diplomarbeit von *Schneider* gewählt.

Der auf diese Art erstellte Prototyp wurde unter dem Namen *OntoSketch* veröffentlicht (vgl. [30]).

### 8.6.1 Modularer Aufbau von *OntoSketch*

Der grundlegende modulare Aufbau von *OntoSketch* mit semantischer Matchingkomponente ist in Abbildung 8.5 dargestellt. Die Ebenen 1-3 bleiben im Wesentlichen identisch zu *SketchViz* (vgl. Abschnitt 5.2.1).

Die Ebene 4 der Bedeutungsstruktur (Matching) wurde angepasst: Die Bedeutungsstruktur von Formtypen und Verlinkungen wird, anders als bei *SketchViz*, nach folgenden Regeln erkannt: Vierecke stehen für Instanzen, runde Formen für Begriffe sowie Linien für Relationen. Die Art der Relation wird vom System automatisch durch Inferenzmechanismen erkannt. Relationstypen definieren sich aufgrund der gezeichneten Richtung und je nachdem, welche Objektarten (Formtypen) damit verbunden werden. Durch diese automatisierte Zuweisung der Verbindungsart reduziert sich im Vergleich zu bestehenden Anwendungen die Komplexität der Verwendung für den Benutzer. Er kann ohne weiteres technisches Vorwissen arbeiten. Der Lernaufwand reduziert sich für Benutzer auf die semantische Bedeutung bestimmter Formen für das System.

Auf der Ebene 5 des Tablet-Computers (Speicherung) werden sämtliche Inhalte sowie deren Bedeutungsstruktur lokal gespeichert. Darüber hinaus können diese semantisch gespeicherten Daten in Form von RDF/ OWL Dateien exportiert und importiert werden.

<sup>5</sup>[www.comvantage.eu](http://www.comvantage.eu) (zuletzt besucht: 15.09.2014)

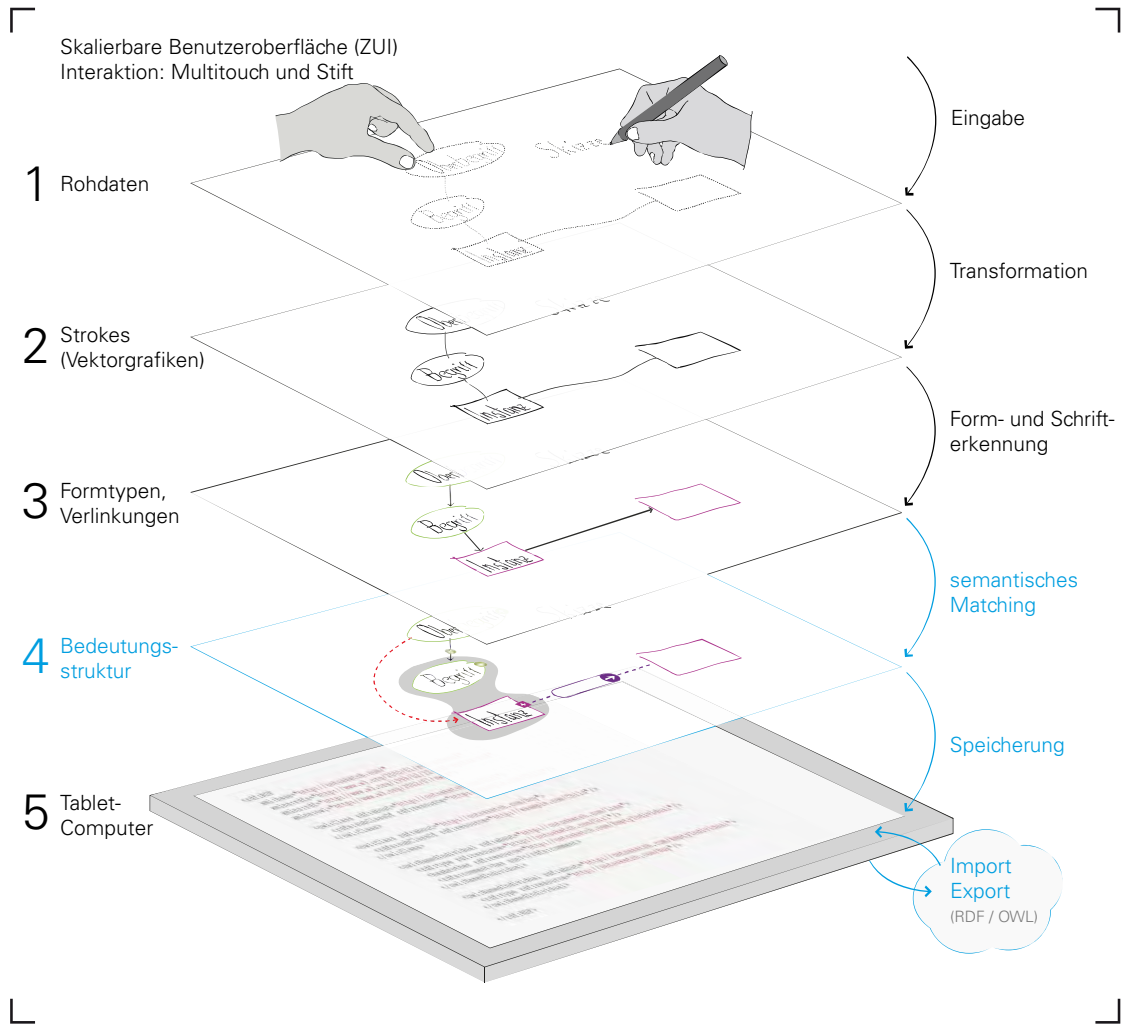


Abb. 8.5: Modularer Aufbau von OntoSketch mit semantischer Matchingkomponente (blau dargestellt).

### 8.6.2 Anforderungen zur Umsetzung

Die Anforderungen, welche an das System gestellt werden und gleichzeitig die Aufgabenstellung für Schneider darstellten, sind die folgenden (vgl. auch Annotationen in Abbildung 8.6, A - D):

1. Neben der Verwendung des Prototyps als Basis-Editor zur Sinnerschließung (vgl. Abbildung 8.6, A),
2. soll ein Fachgebietsexperte durch einfache Formen schrittweise Inhalte formalisieren können. Es werden Formen benötigt, welche Instanzen (z.B. Bauteile oder Prozessschritte) und Begriffe (z.B. Typen oder Klassen von Bauteilen oder Prozessen) darstellen.
3. Um das schrittweise Ausarbeiten einer formalisierten Darstellung zu ermöglichen ist es notwendig, dass Benutzer leere Formen erstellen und diese später mit Inhalten ergänzen können.
4. Darüber hinaus müssen Relationen zwischen Formen vom System erkannt und dem Benutzer gemeldet werden können (vgl. Abbildung 8.6, B).
5. Während der Arbeit der Wissensmodellierung soll mit dem System auch auf bestehendes Wissen zugegriffen und Inhalte daraus einbezogen werden können (vgl. Abbildung 8.6, C).
6. Erstellte Darstellungen müssen als formales Wissen in einem standardisierten Datenformat exportiert werden können (vgl. Abbildung 8.6, D).

Die erste Anforderung wird durch die Verwendung des SketchViz-Prototyps erfüllt.

### 8.6.3 Realisierung von OntoSketch durch Schneider

Auf Basis der bereits beschriebenen Anwendungsfälle und bisherigen Arbeitsabläufe erarbeitete Schneider unter Anleitung von Brade und Salmen eine Lösung für die Benutzeroberfläche von OntoSketch, welche in diesem Abschnitt beschrieben wird.

Zur Realisierung der Formsprache entschied sich Schneider *Vierecke* für Instanzen und *runde Formen* für Begriffe zu verwenden. Zieht ein Benutzer Linien zwischen diesen grafischen Objekten, erkennt das System automatisch durch Inferenzmechanismen welche Art von semantischem Zusammenhang erlaubt ist. Dem entsprechend wird ein bestimmter Verbindungstyp angezeigt und die Daten entsprechend semantisch gespeichert (vgl. Abbildung 8.7). Eine Verbalisierung der vom System verstandenen semantischen Zusammenhänge wird über entsprechende Textfelder vorgenommen (vgl. Abbildung 8.7, D, F).

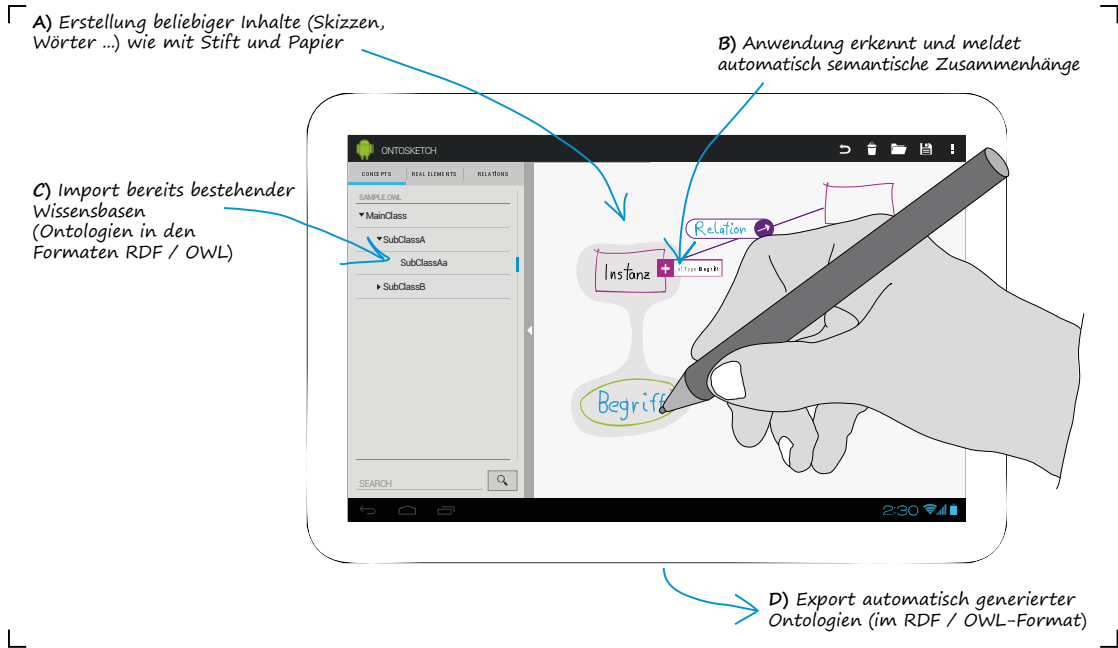


Abb. 8.6: Benutzeroberfläche des Prototyps OntoSketch (Abbildung in Anlehnung an [30, 163]).

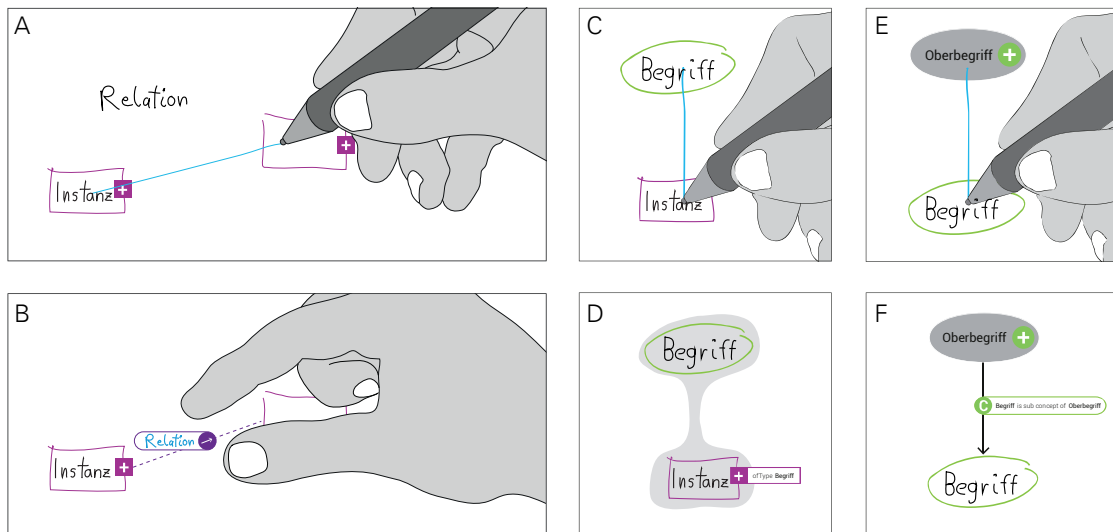


Abb. 8.7: Darstellung von Relationstypen in OntoSketch: (links) Relationen, (mittig) Typisierungen sowie (rechts) Ober- und Unterklassenbeziehungen (Abbildung nach [30, S.6], [163, S.87f]).



Der semantische Funktionsumfang von Ontologien wurde auf die Definition von Relationen zwischen Instanzen (vgl. Abbildung 8.7, A und B), die Typisierung von Instanzen durch Zuordnung zu Begriffen (vgl. Abbildung 8.7, C und D) und die Definition von Oberbegriffen (vgl. Abbildung 8.7, E und F) begrenzt. Dieser spezialisierte Funktionsumfang wurde durch Rücksprache mit Experten aus dem ComVantage Projekt auf deren Bedürfnisse angepasst.

Die Einbeziehung von bestehendem Wissen wurde von Schneider durch Verwendung einer hierarchischen Liste realisiert (vgl. Abbildung 8.6, C). Gewünschte Elemente werden aus dieser entsprechend auf die Zeichenoberfläche verschoben. Auf diese Weise importierte Inhalte werden im Gegensatz zu selbst erstellten Elementen formal mit grauem Hintergrund dargestellt (vgl. Abbildung 8.7, Element „Oberbegriff“, E und F).

## 8.7 Fazit **OntoSketch**

### 8.7.1 Übergang zwischen Sinnerschließung und Wissensformalisierung

Da *OntoSketch*, die Interaktion betreffend, im Wesentlichen auf *SketchViz* beruht, kann das System auch zur Sinnerschließung verwendet werden. Ein fließender Übergang zur Wissensformalisierung ist möglich.

Zur Sinnerschließung können Benutzer:

- wie auf Papier, frei zeichnen und schreiben sowie
- Objekte auswählen, skalieren und umsortieren.

Bei Bedarf können Benutzer zur Wissensformalisierung:

- die Formen (Vierecke, Ellipsen) nutzen, um Geschriebenes entsprechend zu formalisieren.

Auf diese Weise können Benutzer in ihren Darstellungen freie Inhalte mit formalisierten Inhalten mischen, diese austauschen und verändern.

### 8.7.2 Gegenüberstellung von **SketchViz** und **OntoSketch**

In *OntoSketch* gibt es keine Gruppenbildung, wie sie in *SketchViz* möglich war, da die Formerkennung für die Formalisierung von Inhalten verwendet wird. Zur Verdeutlichung der Unterschiede zwischen den Darstellungsmöglichkeiten der Systeme werden Beispiele in Abbildung 8.8 gezeigt.

Zur Erstellung dieser Beispiele wurden je zwei Kollegen gebeten, mit *SketchViz* (vgl. Abbildung 8.8, A) bzw. *OntoSketch* (vgl. Abbildung 8.8, B) die Organisationsstruktur

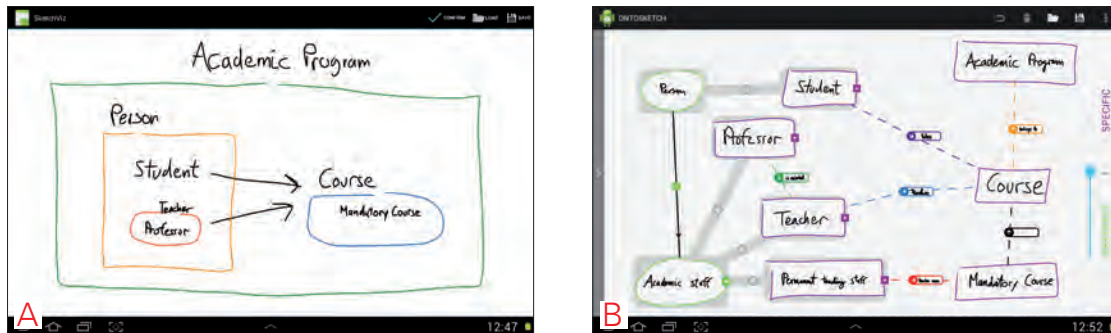


Abb. 8.8: Beispielhafte Darstellungen der bereits in Abbildung 8.2 gezeigten Miniatur-Universität mit SketchViz (A) und OntoSketch (B).

der bereits in Abbildung 8.2 gezeigten Miniatur-Universität abzubilden. Dabei wurde ihnen eine Textdatei mit einer Beschreibung der Organisationsstruktur einer modellhaften Miniatur-Universität zur Verfügung gestellt. Sie sollten eine Darstellung mit möglichst genauer Annäherung an die Inhalte der Textdatei erstellen.

Darstellungen mit SketchViz (vgl. Abbildung 8.8, A) enthalten:

- Formen mit Überschriften, welche zugehörige Elemente beinhalten (bspw. enthält „Teacher“ das Wort „Professor“ oder „Academic Program“ beinhaltet „Person“ und „Course“) sowie
- Pfeile oder Linien zwischen Objekten (bspw. von „Student“ bzw. „Teacher“ oder „Professor“ zu „Course“).

Darstellungen mit OntoSketch (vgl. Abbildung 8.8, B) enthalten:

- Schlagworte, die als Instanzen oder Begriffe definiert wurden und
- Relationen, die mit oder ohne Beschriftung verwendet wurden.

Der Unterschied der beiden Darstellungsformen liegt in der Maschinenlesbarkeit der Inhalte. Aus der Darstellung mit SketchViz (vgl. Abbildung 8.8, A) kann ein System beispielsweise erkennen, dass verschiedene Schlagworte zu anderen in hierarchischer Beziehung stehen. Weiterhin bilden Linien oder Pfeile Verbindungen über Kategoriengrenzen hinweg ab. Welche genauere Bedeutung eine hierarchische Verschachtelung oder eine Verbindung mittels Linien für Probanden hatte, wird für das System jedoch nicht ersichtlich. Aus der Darstellung mit OntoSketch (vgl. Abbildung 8.8, B) kann systemseitig ermittelt werden, welche spezifische Art von Verbindung zwischen Schlagworten besteht und welchen Inhaltstyp ein Schlagwort symbolisiert. Dieser höhere Formalisierungsgrad von Darstellungen in OntoSketch führte jedoch dazu, dass Probanden mehr Zeit und Überlegungen in der Erstellung brauchten als bei SketchViz.

Die befragten vier Probanden stellen keine repräsentative Stichprobe aller Wissensarbeiter dar. Ihre Darstellungen geben jedoch die genannten Anhaltspunkte zur Leistungsfähigkeit der Darstellungsmöglichkeiten von SketchViz bzw. OntoSketch. Eine zukünftige Studie mit einer größeren Stichprobe kann hierzu weiterführende Erkenntnisse liefern. Darüber hinaus sollte zukünftig ermittelt werden, inwiefern die Gruppenbildung von SketchViz durch Freiformen in Kombination mit der Formalisierung von OntoSketch zum Einsatz kommen kann. Da OntoSketch auf der ersten Version von SketchViz basiert, kann eine Weiterentwicklung des Formalisierungs-Editors durch Verwendung der in Kapitel 7 dargestellten Verbesserungen weiter optimiert werden.

### 8.7.3 Gegenüberstellung zwischen OntoSketch und bisherigen menügesteuerten Werkzeugen

Da Protégé einer der meistgenutzten Ontologie-Editoren ist (vgl. [197]), wird diese Software im Folgenden als Beispiel verwendet. Die Erstellung einer Relation zwischen zwei Instanzen wird am Beispiel von Protégé beschrieben und die benötigten Interaktionsschritte mit denen von OntoSketch verglichen. Als Beispiel dient die bereits in Abbildung 8.2 gezeigte Ontologie einer Miniatur-Universität.

Zur Formalisierung dieses einfachen Zusammenhangs mit Protégé, ist folgendes Vorwissen notwendig:

- Eine Relation zwischen zwei Elementen wird in der Benutzeroberfläche als „Property“ bezeichnet und muss über den Reiter „Object properties“ angelegt werden.
- Die Organisation von Relationen in einer Klassenhierarchie muss klar sein.
- Die Bedeutung von „Domain“ und „Range“ muss klar sein.

Dieses Vorwissen braucht ein Nutzer, um die Relation zwischen zwei Instanzen anlegen zu können. Zur Durchführung werden mindestens zehn Interaktionsschritte benötigt (vgl. Abbildung 8.9, A sowie Tabelle 8.3). Dazu wird er durch mehrere modale Dialogboxen geführt (siehe Abbildung 8.9, A) und muss stets Bezeichnungen angeben.

Mit OntoSketch muss ein Benutzer nur wissen, dass viereckige Formen Instanzen darstellen und runde Formen Begriffe. Dann kann er eine Relation zwischen zwei Instanzen durch das Verbinden dieser mittels einer Linie erstellen (der Typ der Relation wird vom System automatisch erkannt, wie bereits in Abbildung 8.7 gezeigt). Entsprechende Domain- und Range-Festlegungen erstellt das System automatisch im Hintergrund. Die Anzahl der Interaktionsschritte (vgl. Abbildung 8.9, B) werden folglich auf 1-3 reduziert (je nachdem, ob ein Benutzer eine Beschriftung eingibt oder nicht). Dieses Beispiel zeigt, dass bis zu zwei Drittel oder mehr der bisher notwendigen Schritte durch den Einsatz von OntoSketch eingespart werden können.

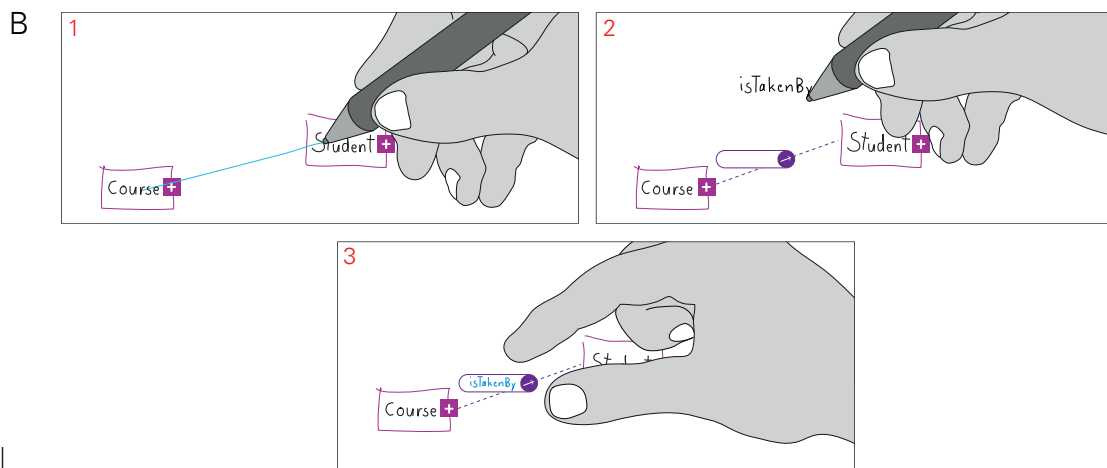
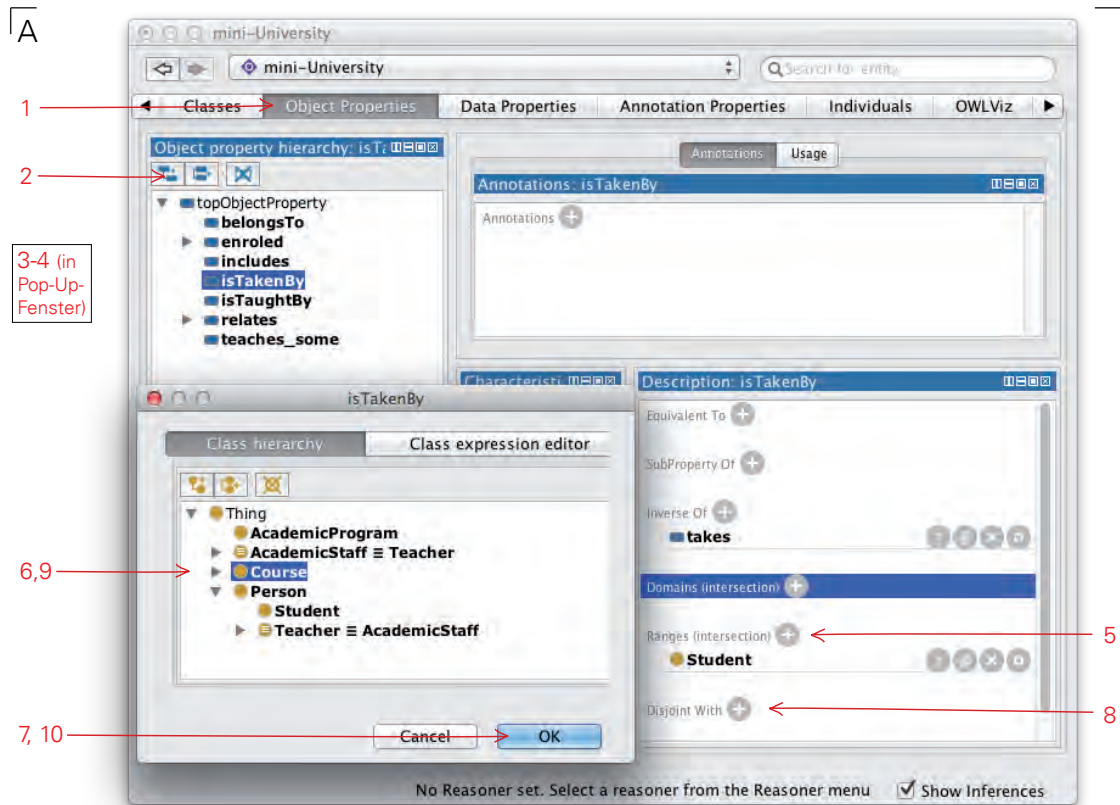


Abb. 8.9: Gegenüberstellung der Interaktionsschritte (vgl. rote Ziffern) zwischen von Protégé (A) und OntoSketch (B) bei der Erstellung einer Relation (hier „is-TakenBy“) zwischen zwei Elementen (hier „Course“ und „Student“ aus dem Beispiel der bereits in Abbildung 8.2 gezeigten Miniatur-Universität).

Tab. 8.3: Gegenüberstellung der Anzahl an Interaktionsschritten zur Erstellung einer Relation.

Interaktions- schritte	Protégé	OntoSketch
1	Reiter „Object Properties“ auswählen	mit dem Digitalisierstift eine Linie zwischen zwei Elementen ziehen
2	Schaltfläche „Unterklasseneigenschaft hinzufügen“ anwählen	<i>optional</i> einen Namen in die Relation schreiben
3	Namen festlegen (darf nicht leer sein)	falls der Name nicht direkt in die Relation geschrieben wurde: den Namen auf der Relation platzieren
4	Bestätigen	
5	Schaltfläche „Domain hinzufügen“ anwählen	
6	Domain auswählen	
7	Domain bestätigen	
8	Schaltfläche „Range hinzufügen“ anwählen	
9	Range auswählen	
10	Range bestätigen	

Der Prototyp von OntoSketch wurde auf der internationalen Konferenz i-KNOW 2013 in Graz vorgestellt (vgl. [30]) und gewann als innovativste Anwendung den *Best Demo Award 2013* (vgl. Anhang A.2). Dieser Preis wurde durch Abstimmung der ca. 450 Konferenzteilnehmer aus Industrie und Forschung<sup>6</sup> vergeben. Die Besucher testeten die auf der Konferenz vorgestellten Prototypen live vor Ort, um im Anschluss ihre Stimme für den besten abzugeben. Die Kommentare der Teilnehmer bestätigen, dass das stiftbasierte Konzept gegenüber menübasierten Anwendungen zum Editieren von Ontologien für Benutzer eine deutliche Innovation darstellt. Aufgrund der Rückmeldungen von Fachexperten aus Forschung und Praxis ist anzunehmen, dass mit dem Einsatz eines derartigen Formalisierungs-Editors auf Basis der Freiform-Wissensmodellierung Qualitätsverbesserungen (wie in der Norm EN ISO 9241 genannt [1]):

- *„durch die Steigerung der Produktivität der Benutzer und der Wirtschaftlichkeit von Organisationen;*
- *dadurch, dass sie leichter zu verstehen und zu benutzen sind, wodurch die Kosten für Schulung und Betreuung verringert werden;*
- *durch Erhöhung der Gebrauchstauglichkeit für Menschen mit einer größeren Bandbreite von Fähigkeiten und der dadurch erhöhten Zugänglichkeit;*

<sup>6</sup>Besucherzahlen der i-KNOW 2013 sind hier zu finden: <http://i-know.tugraz.at/i-know-2013-a-great-success> (zuletzt besucht am 24.6.2014)

## 8 Formalisierungs-Editor

---

- *durch Verbesserung der User Experience;*
- *durch Reduzierung von Unbehagen und Stress...” [1, S.8]*

zu erwarten sind.

Jedoch ist es zukünftig notwendig dies durch Benutzerstudien entsprechend zu belegen. Weiterhin sollte getestet werden, ob der spezialisierte Funktionsumfang in der bisher konzipierten Form auch für den produktiven Alltagseinsatz ausreichend ist.

Für den praktischen Einsatz des Formalisierungs-Editors sind außerdem technologisch noch signifikante Performanzoptimierungen erforderlich, denn bei umfangreichen Ontologien verlangsamte sich die Reaktion des Tablet-Computers bei Benutzereingaben erheblich.

# 9 Zusammenfassung und Ausblick

## 9.1 Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, Visualisierungsmethoden für das interaktive Erfassen und Strukturieren von Informationen im Kontext der Wissensmodellierung zu entwickeln und zu bewerten, um Wissensarbeiter bei Ihrer Arbeit zu unterstützen. Neben den Wissensarbeitern selbst, haben auch Unternehmen und Institutionen großes Interesse daran, die Effizienz der Arbeitsprozesse zu steigern, um Kosten zu sparen und vorhandenes unstrukturiertes (Prozess-)Wissen zu erfassen sowie intern für Mitarbeiter zur Verfügung zu stellen. Das Problem dabei ist branchenunabhängig und fächerübergreifend: Wie kann dieses sich kontinuierlich verändernde Wissen effizient und aufwandsarm modelliert werden, sodass es am Ende im besten Falle durch Computer lesbar gespeichert ist? Wie können Wissensarbeiter bei ihren Aufgaben bestmöglich unterstützt werden?

Um diesen Herausforderungen zu begegnen, wurde das Thema methodisch in drei Schritten bearbeitet.

Zuerst wurden Analysen zu aktuellen Arbeitsprozessen der Wissensmodellierung und zu verwendeten Hilfsmitteln durchgeführt. Es zeigte sich, dass gegenwärtig in der Praxis zu Beginn der Wissensmodellierung hauptsächlich Papier und Stift sowie Whiteboards verwendet werden, da digitale Systeme für diesen Zweck häufig als zu inflexibel eingeschätzt werden. Erst später im Prozess kommen digitale Systeme zum Einsatz, die dann häufig nur von ausgebildeten Experten der Wissensformalisierung bedienbar sind. Die zwei wesentlichen Nachteile dieses Wissensmodellierungsprozesses sind zum einen die aufwendige Dateneingabe und zum anderen die komplizierte Veränderung von bestehenden Daten durch Benutzer.

Basierend auf dem ermittelten Istzustand wurde die theoretische Lösung der *Freiform-Wissensmodellierung* entwickelt. Die zugrunde liegende Visualisierungsmethode orientiert sich an den in der Praxis auf Papier und Whiteboards erstellten Darstellungen. Das digitale stiftbasierte Konzept der *Freiform-Wissensmodellierung* bietet eine Alternative sowohl zur Papierverwendung als auch zu bisherigen digitalen Systemen. Diese Lösung kombiniert die Art und Weise, wie Darstellungen auf Papier und Stift erstellt werden, mit den Vorteilen der Veränderbarkeit und Datenspeicherung digitaler Systeme. Das

Konzept besteht aus einem *Basis-Editor* namens *SketchViz*, welcher das papierähnliche Interaktionskonzept zur Eingabe und Modifikation von Inhalten sowie eine Form- und Handschrifterkennung enthält. Der Fokus von *SketchViz* liegt dabei auf der Unterstützung von Arbeitsprozessen zur Sinnerschließung neuer Sachverhalte. Erarbeitete Inhalte können mit diesem Ansatz in einer hierarchischen Form digitalisiert und mit wenigen Interaktionsschritten verändert werden. Das entwickelte Konzept *SketchViz* wurde durch eine im Rahmen der vorliegenden Arbeit betreute Diplomarbeit implementiert.

In bestimmten Fällen haben Wissensarbeiter das Ziel, Wissen in standardisierte Formate zu überführen. Dies bedingt einen aufwendigen Prozess der Wissensformalisierung. Aufbauend auf *SketchViz* wurde für diese Fälle ein *Formalisierungs-Editor* als Lösungsansatz vorgeschlagen. Der *Formalisierungs-Editor* gleicht im Wesentlichen *SketchViz*, ermöglicht aber mittels einer semantischen Matchingkomponente eine Übersetzung von Skizzen in strukturierte semantische Daten. Durch eine im Rahmen der vorliegenden Arbeit betreute Diplomarbeit wurde diese Idee als Prototyp namens *OntoSketch* praktisch umgesetzt. Durch den Einsatz von *OntoSketch* können Interaktionsschritte gegenüber bisherigen Anwendungen um ca. zwei Drittel verringert werden. Da hier, statt zunächst auf Papier zu arbeiten, direkt auf einem Tablet-Computer gearbeitet werden kann, entfällt zudem der Aufwand der Digitalisierung beim Arbeitsprozess der Wissensmodellierung. Benutzer können auf diese Weise Zeit und Aufwand bei der Erstellung semantischer Datensätze sparen. Für einen praxistauglichen Einsatz muss zukünftig jedoch die Performanz von *OntoSketch* optimiert werden, da die Anwendung derzeit bei großen Datenbeständen verlangsamt reagiert. Gegenwärtig ist dieser Lösungsansatz daher eher als Ausblick und Grundlage für zukünftige Forschungsarbeiten gedacht, deren Ziel es ist, Werkzeuge zur Wissensformalisierung zu entwickeln, die insbesondere für Laien auf dem Gebiet der Wissensformalisierung geeignet sind.

Einen weiteren Schwerpunkt der Arbeit stellt die Durchführung einer experimentellen Nutzerstudie dar. Deren Ziele bestanden darin, die entwickelte Visualisierungsmethode von *SketchViz* zu testen und mit Papier zu vergleichen. Dazu wurde *SketchViz* auf einem Tablet-Computer installiert. Anschließend wurden die durchgeführten Interaktionen von Probanden mit dem System mit denen bei der Verwendung von Papier und Stift verglichen. Da trotz umfangreicher Recherche keine Studie gefunden wurde, welche die Verwendung von Papier und Tablet-Computer vergleicht, wurde anforderungsgeleitet ein spezieller Studienaufbau entwickelt. Dazu wurden, entsprechend der Evaluationsziele, Aufgabenstellungen und Interviewfragen konzipiert und die Benutzung von Papier und Tablet-Computer durch die Probanden auf Video aufgezeichnet.

Anhand der Ergebnisse dieser Studie konnte gezeigt werden, dass *SketchViz* insbesondere in den Darstellungsmöglichkeiten das Ziel der Ähnlichkeit zu Papier und Stift erfüllt. Probanden schätzten außerdem die Veränderbarkeit von Inhalten bei *SketchViz* als flexibler und weniger aufwendig gegenüber Papier und Stift ein. Damit wurde das Ziel erreicht, ein System zu entwickeln, welches Unterstützung in frühen Phasen der



Wissensmodellierung bietet, in denen vielfache Veränderungen von Inhalten und Zusammenhängen nötig sind.

Das entwickelte Konzept der *Freiform-Wissensmodellierung* ermöglicht jedem Benutzer (egal ob Laie oder Experte in grafischer Gestaltung oder technischer Repräsentation) seine Gedanken visuell zu strukturieren und diese synchron in einem passenden Datenmodell abzulegen. Durch die Visualisierungsmethode der Freiformen wird die Struktur der Daten und der Aufbau der Informationen bereits durch die visuelle Oberfläche für den Benutzer und das System gleichermaßen „ersichtlich“. Das System erkennt die hierarchische Verschachtelung und Gruppierung von Informationen. Der darunterliegende Aufbau sowie die Struktur der Daten werden vom System grafisch explizit gezeigt, sodass ein Anwender zu jederzeit sieht, welche Struktur das System „verstanden“ hat. So kann diese Struktur der Inhalte auch von anderen Benutzern nachvollzogen werden, was ein grundlegendes kooperatives Arbeiten erlaubt. Das Konzept der *Freiform-Wissensmodellierung* ist dabei (ähnlich wie Whiteboards oder Papier und Stift) vom Anwendungsfall unabhängig einsetzbar.

Wie bereits im Vorfeld erwartet und durch die Studie nachgewiesen wurde, verlangsamten jedoch insbesondere technische Hürden des Prototyps noch die Bearbeitungs geschwindigkeit der Benutzer. Konzeptuelle Kritikpunkte gab es bei der Handhabung von Objektgruppen. Hier wurden laut den Probanden bei der Verwendung von SketchViz noch zu viele Interaktionsschritte benötigt, um diese zu verändern. Eine Weiterentwicklung des Konzepts von SketchViz wurde daher anschließend verfolgt. Zur Optimierung der Visualisierungsmethode wurden Ergebnisse der Analyse fluider Alltagsmaterialien hinsichtlich ihrer Interaktionsmöglichkeiten genutzt. Diese Ergebnisse wurden im Rahmen der Untersuchung natürlicher Materialien des Alltages auf ihre Interaktionsmöglichkeiten gewonnen. Ziel dieses Ansatzes ist, das intuitive Wissen, welches Menschen im Laufe ihres Lebens über den Umgang mit Materialien des Alltags entwickelt haben, für das Interaktionsdesign nutzbar zu machen. Für diese Untersuchung wurde die Methode *Natural Interface Exploration* entwickelt und in Workshops erprobt. Das resultierende Konzept bietet eine optimierte Handhabung von Objektgruppen mit weniger Interaktionsschritten.

Das Ergebnis der vorliegenden Arbeit ist ein bereits in der Praxis auf Tablet-Computern anwendbares Konzept zur Wissensmodellierung, welches zukünftig in ermittelten Teilbereichen durch Weiterentwicklungen zu verbessern und zu vervollständigen ist.

SketchViz und OntoSketch wurden mit internationalen Preisen ausgezeichnet. Das im Rahmen der Arbeit entwickelte Studienkonzept der Nutzerstudie sowie die Untersuchungsmethode von Alltagsmaterialien können zukünftig für weitere Forschungsvorhaben verwendet und modifiziert werden.

Mit der *Freiform-Wissensmodellierung* wird ein Ansatz verfolgt, Wissen und Informationen als Freiformen zu „begreifen“ und das Ordnungsprinzip der Informationen als

zentrales Element in den Vordergrund der Betrachtung zu stellen. Bezüglich der Entwicklung von Werkzeugen zur Unterstützung von Wissensmodellierung zeigt sich, dass ein Umdenken für Systementwickler hilfreich sein kann: Nicht alle Informationen, welche ein Benutzer festhalten möchte, müssen vom System als „dauerhafte“ Informationen „verstanden“ werden. Es scheint ebenso wichtig, vorübergehende Informationen, Ungenauigkeit und „Unschärfe“ von Gedanken systemseitig visuell abbildbar machen zu können. Diese Informationen müssen nicht zwingend vom System semantisch erkannt werden. Es kann für Benutzer bereits einen Mehrwert bieten, wenn digital erfasste Informationen später weiterverarbeitet, exportiert und mit anderen Personen oder Programmen weiterentwickelt werden können.

Zusammenfassend bietet die vorliegende Arbeit einen neuartigen Ansatz, temporäre Informationen bereits während der Wissensmodellierung digital festzuhalten und schrittweise weiterzuentwickeln. Da in der durchgeführten Studie sämtliche Typen grafischer Objekte ermittelt wurden, welche Benutzer erstellten, können zukünftige Forschungsarbeiten darauf aufbauen und diese für eine softwareseitige Erkennung und Verarbeitung weiter analysieren. Somit bietet die vorliegende Arbeit eine Grundlage, um davon ausgehend eine neue Generation unterstützender digitaler Werkzeuge für Wissensarbeiter zu entwickeln.

## 9.2 Ausblick

Die Freiform-Wissensmodellierung bildet eine Grundlage für weitere Forschungsarbeiten zur Entwicklung von Werkzeugen zur Wissensmodellierung. Das entwickelte Konzept ist ähnlich wie Whiteboards oder Papier und Stift vom Anwendungsfall unabhängig einsetzbar. Dies wird durch eine Form- und Handschrifterkennung sowie durch das Prüfen, ob Objekte innerhalb von Freiformen liegen, ermöglicht, da hierbei unwichtig ist, welche Arten von Informationen ein Benutzer erstellt. Die durchgeführte Nutzerstudie zeigte, dass das Konzept eine einfache und zügige Veränderbarkeit von Inhalten gewährleistet. Bei der durchgeführten Aufgabe lag der Fokus auf der Veränderbarkeit von Inhalten, da dies ein wichtiges Kriterium während der Wissensarbeit darstellt. Um jedoch weitere Erkenntnisse über die Stärken und Schwächen des Konzepts zu erlangen, sollten zukünftig verschiedene Anwendungsfälle getestet werden. Dazu sollten Aufgaben gewählt werden, welche auch inhaltlich auf das Erschließen von neuem Wissen abzielen. Dadurch kann auch ermittelt werden, ob für bestimmte Anwendungsfälle oder Aufgaben weitere Erkennungsalgorithmen hilfreich sind.

Da Tablet-Computer mit nativer Digitalisierstiftunterstützung inzwischen Marktreife erlangt haben, sollte zur Weiterentwicklung der aktuellen Umsetzung der Freiform-Wissensmodellierung eine solche Hardware gewählt werden. Auf diese Weise werden die

in der Benutzerstudie ermittelten Schwierigkeiten von Benutzern erheblich gesenkt. Eine Folgestudie mit einer derartigen Implementierung könnte weitere interessante Ergebnisse beim Vergleich von Papier und Tablet-Computer-Anwendung liefern. Zudem kann die höhere Rechenleistung aktueller Tablet-Computer bei der Optimierung des Formalisierungs-Editors dienlich sein, um zukünftig eine bessere Performanz bei der Arbeit mit komplexen Ontologien zu gewährleisten.

Aufgrund des Potentials des vorgestellten Konzepts der Freiform-Wissensmodellierung scheint es zudem vielversprechend, dieses auch für digitale Whiteboards weiterzuentwickeln. Hierfür muss das Interaktionskonzept entsprechend überarbeitet und auf die Dimensionen der vertikalen Anzeigefläche angepasst werden.

Unabhängig von der verwendeten Hardware können die ermittelten Typen verwendeter grafischer Objekte im Hinblick auf eine softwareseitige Erkennung tiefgründiger untersucht werden. Wenn diese in zukünftigen Anwendungen computergestützt erkannt werden, bietet sich die Möglichkeit, automatisiert weitergehende Schlüsse über Zusammenhänge und Struktur der erstellten Inhalte zu ziehen als dies gegenwärtig realisierbar ist. Dies würde auch die Wissensformalisierung für Novizen auf diesem Gebiet noch deutlicher erleichtern.



# A Anhang

## A.1 Publikationsliste

**Marius Brade**, Florian Schneider, Angelika Salmen, and Rainer Groh. *OntoSketch: Towards Digital Sketching as a Tool for Creating and Extending Ontologies for Non-experts*. In Proceedings of the 13th International Conference on Knowledge Management and Knowledge Technologies, i-Know '13, pages 9:1-9:8, New York, NY, USA, 2013. ACM.

**Marius Brade**, Mandy Keck, Thomas Gruender, Dietrich Kammer, and Rainer Groh. *Exploring Natural Interaction: Using Real-world Materials to Inspire Interaction Design*. In ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems - Workshop: Blended Interaction - Envisioning Future Collaborative Interactive Spaces, Paris - France, 2013.

**Marius Brade**, Mandy Keck, Thomas Gründer, Mathias Müller, and Rainer Groh. *Natural Interface Exploration*. In Proceedings of the 7th International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction, TEI '13, pages 427-430, New York, NY, USA, 2013. ACM.

**Marius Brade**, Christian Brändel, Angelika Salmen, and Rainer Groh. *SketchViz: a Sketching Interface for Domain Comprehension Tasks Illustrated by an Industrial Network Use Case*. In Proceedings of the 12th International Conference on Knowledge Management and Knowledge Technologies, i-KNOW '12, pages 30:1–30:4, New York, NY, USA, 2012. ACM.

**Marius Brade**, Christian Brändel, and Rainer Groh. *Using the Power of Associations: Braindump - a Revised Nature Inspired Visual Interface for Sensemaking*. In Proceedings of the International Working Conference on Advanced Visual Interfaces, AVI '12, pages 373-376, New York, NY, USA, 2012. ACM.

**Marius Brade**. *Getting a Picture of your Thoughts: Interactive Visualization for Creative Work*. In Proceedings of the 8th ACM conference on Creativity and cognition (C&C '11), pages 453-454, New York, NY, USA, 2011. ACM.

**Marius Brade**, Dietrich Kammer, Mandy Keck, and Rainer Groh. *Immersive Data Grasping Using the eXplore Table*. In Proceedings of the Fifth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction, TEI '11, pages 419–420, New York, NY, USA, 2011. ACM.

**Marius Brade**, Mandy Keck, Dietrich Kammer und Rainer Groh. *Es gibt reis! - Untersuchung der bildhaften Mischung von Substanzen aus dem Alltag für die Interfacegestaltung*. In Computer als Medium - Hyperkult 20, Leuphana Universität Lüneburg, 2011.

**Marius Brade**, Mandy Keck, Dietrich Kammer, Angelika Salmen, and Rainer Groh. *Nutzung inhärenter Interaktionsangebote von Substanzen des Alltags*. Mensch & Computer, 2011.

Horst Werner, Markus Latzina, and **Marius Brade**. *Symbik - a new Medium for Collaborative Knowledge-Intensive Work*. In The International Conference on Education, Informatics, and Cybernetics (icEIC), Orlando, Florida, Nov 29 - Dec 2 2011. International Institute of Informatics and Systemics (IIS).

**Marius Brade**, Jörg Heseler, and Rainer Groh. *An interface for Visual Information-gathering during Web Browsing Sessions: Braindump - a Versatile Visual Workspace for Memorizing and Organizing Information*. In Proceedings of the Fourth International Conference on Advances in Computer-Human Interactions, pages 112-119, Le Gosier - France, February 2011. ISBN 978-1-61208-003-1.

## A.2 Preisauszeichnungen

Auf den folgenden zwei Seiten sind die Urkunden für die Preisauszeichnungen der im Rahmen der Arbeit entstandenen Prototypen *SketchViz* [23] und *OntoSketch* [30] abgebildet.

*SketchViz* wurde auf der internationalen Konferenz i-KNOW 2012 in Graz präsentiert (vgl. [23]) und das Konzept gewann als innovativste Anwendung den *Best Demo Award 2012*. Dieser Preis wurde durch Abstimmung der knapp 500 Konferenzteilnehmer aus Forschung und Industrie<sup>1</sup> vergeben. Die Besucher hatten an einem Nachmittag der Konferenz mehrere Stunden Zeit die auf der Konferenz vorgestellten Prototypen live und eigenhändig zu testen, um im Anschluss ihre Stimme abzugeben.

Auf ähnliche Weise – nur mit dem Unterschied, dass diesmal ca. 450 Besucher anwesend waren – wurde *OntoSketch* (vgl. [30]) auf der internationalen Konferenz i-KNOW 2013 mit dem *Best Demo Award 2013* ausgezeichnet.

---

<sup>1</sup>Besucherzahlen der i-KNOW 2012 sind hier zu finden: <http://i-know.tugraz.at/?p=8257> (zuletzt besucht am 17.6.2014)

# Best Demo Award

SketchViz: A Sketching Interface for Domain Comprehension

Tasks Illustrated by an Industrial Network Use Case

Marius Brade, Christian Brändel, Angelika Salmen, Rainer Groh

At this year's conference, your demo was voted the most innovative!  
Congratulations!



Prof. Dr. Stefanie Lindstaedt

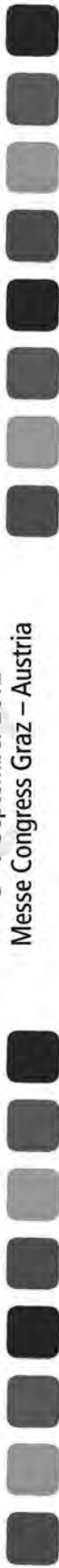
Prof. Dr. Michael Granitzer



Prof. Dr. Tassilo Pellegrini



Prof. Dr. Harald Sack







# Best Demo Award

Onto Sketch: Towards Digital Sketching as a Tool for Creating and Extending  
Ontologies for Non-Experts

Maxius Brade, Florian Schneider, Angelika Salmen, Rainer Groh

**i-KNOW 2013** I-SEMANTICS

Prof. Dr. Stefanie Lindstaedt



Dr. Harald Sack

Prof. Dr. Michael Granitzer



Dr. Jörg Schönbacher

Dr. Tassilo Pellegrini



Mag. Alexander Schwarz

13<sup>th</sup> International Conference on Knowledge Management and Knowledge Technologies  
4-6 September 2013 - Messe Congress Graz - Austria



## **A.3 Dokumente und Fragebögen zur SketchViz Evaluation**



## STUDIE SKETCHVIZ

### Einwilligungserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich insbesondere über die Ziele, den Ablauf samt Dauer und den Nutzen der Studie aufgeklärt wurde.

Die Probandeninformation habe ich gelesen und verstanden. Ich bin durch Herrn Marius Brade über den Zweck, den Ablauf, die Bedeutung sowie die Vorteile und Risiken, die damit verbunden sein können, auch ausführlich und verständlich mündlich aufgeklärt worden. Alle meine Fragen sind zu meiner Zufriedenheit beantwortet worden. Ich habe eine Kopie der Probandeninformation und Einwilligungserklärung ausgehändigt bekommen. Ich hatte genügend Zeit, um meine Entscheidung zur Studienteilnahme zu überdenken und frei zu treffen.

Mir ist bekannt, dass ich jederzeit und ohne Angabe von Gründen meine Einwilligung zur Teilnahme an der Studie zurückziehen kann (mündlich oder schriftlich), ohne dass mir daraus Nachteile entstehen.

**Ich erkläre mich bereit, an der o. g. Studie freiwillig teilzunehmen.**

**Vereinbarung zum Haftungsausschluss:**

Eine Haftung wird lediglich für vorsätzliches und grob fahrlässiges Fehlverhalten übernommen. Für höhere Gewalt und von dem Probanden selbst verschuldete Unfälle innerhalb und außerhalb der Räumlichkeiten, auch auf den Zugängen und Zuwegen, haftet weder die Technische Universität Dresden noch die von ihr mit der Aufsicht beauftragten Personen. Dies gilt auch für sonstige Gefahren, die trotz Einhaltung der üblichen Sorgfalt nicht sofort erkannt werden können.

*Die Benutzung von den Versuchsgeräten, an die ich zuvor eingewiesen wurde, erfolgt auf eigene Gefahr, unbeschadet der Verpflichtung der Technischen Universität Dresden, diese in einem benutzungssicheren Zustand zu erhalten.*

Ich bin darauf hingewiesen worden, dass ich auf dem Weg von und zur Prüfstelle nicht unfallversichert bin.

\_\_\_\_\_  
Proband/in (Name, Vorname in Druckbuchstaben)

\_\_ \_\_ . \_\_ \_\_ . \_\_ \_\_ \_\_ \_\_  
Geb.-Datum

\_\_\_\_\_  
Ort, Datum

\_\_\_\_\_  
Unterschrift

**Ich habe das Aufklärungsgespräch geführt und die Einwilligung des Probanden eingeholt.**

Projektleiter (Name in Druckbuchstaben): \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Ort, Datum

\_\_\_\_\_  
Unterschrift



***Datenschutzrechtliche Einwilligungserklärung***

*Mir ist bekannt, dass bei der Studie personenbezogene Daten von mir erhoben, gespeichert und ausgewertet werden sollen. Ich bin damit einverstanden, dass der Projektleiter sowie mit der Studie betraute Mitarbeiter Marius Brade Einblick in meine personenbezogenen Daten nehmen. Ich stimme zu, dass Daten, die meine Person betreffen, unter der Verantwortung des Projektleiters in verschlüsselter Form für Studien mit einer wissenschaftlich in Betracht kommenden Fragestellung gespeichert und verarbeitet werden. Die Einwilligung zur Erhebung und zur Verarbeitung meiner personenbezogenen Daten ist unwiderruflich. Ich bin aber bereits darüber aufgeklärt worden, dass ich jederzeit die Teilnahme an der Studie beenden kann. Im Falle eines solchen Widerrufs meiner Einwilligung, an der Studie teilzunehmen, erkläre ich mich damit einverstanden, dass die bis zu diesem Zeitpunkt gespeicherten Daten weiterhin verwendet werden dürfen, soweit dies erforderlich ist. Insbesondere bin ich damit einverstanden, dass meine Daten zu Kontrollzwecken weiterhin gespeichert bleiben. Ich habe jedoch das Recht, deren Löschung zu verlangen, sofern gesetzliche Bestimmungen der Löschung nicht entgegenstehen. Ich bin mir bewusst, dass im Falle einer anonymisierten Speicherung meiner Daten deren Löschung auf meinen Wunsch hin nicht möglich ist. Unabhängig davon müssen alle Stellen, die meine personenbezogenen Daten gespeichert haben, unverzüglich prüfen, inwieweit die gespeicherten Daten noch erforderlich sind, falls ich meine Einwilligung, an der Studie teilzunehmen, widerrufe. Nicht mehr benötigte Daten sind unverzüglich zu löschen.*

*Die Einhaltung der datenschutzrechtlichen Vorschriften wurde mir ausdrücklich zugesichert, insbesondere des Sondertatbestandes des § 36 SächsDSG zur Verarbeitung personenbezogener Daten zu Zwecken der wissenschaftlichen Forschung.*

*Die Weitergabe der erhobenen Daten an Dritte (das heißt Personen, die nicht an der Technischen Universität Dresden zur Geheimhaltung verpflichtet sind), die Auswertung sowie die Veröffentlichung der Daten erfolgt ausschließlich in pseudonymisierter Form (das heißt, dass ein Personenbezug allein anhand dieser Daten nicht hergestellt werden kann).*

Proband (Name in Druckbuchstaben): .....

Geburtsdatum: .....

Ort, Datum: .....

Unterschrift: .....

## STUDIE SKETCHVIZ

### Probandeninformation

#### Einleitung

Diese Studie vergleicht die Benutzung einer prototypischen Tablet-Applikation (SketchViz) mit Papier und Stift hinsichtlich der Darstellung von Zusammenhängen.

#### Zielsetzung der Studie

Ziel dieser Untersuchung ist es, herauszufinden, wie Menschen Aufgaben bearbeiten, bei denen es um die Darstellung sozialer Strukturen und Zusammenhänge geht. Die Inhalte sind dabei nicht Gegenstand der Untersuchung, es geht darum, zu erforschen, wie derartige Aufgaben bearbeitet werden.

#### Untersuchungsablauf

Im Folgenden werden Ihnen Fragen gestellt. Wir bitten Sie, auf diese visuell bzw. schriftlich zu antworten. Beim Beantworten der gestellten Fragen bitten wir Sie, darauf zu achten, dass Ihre Darstellung möglichst ohne Erklärung verstanden werden kann.

Der Ablauf der Untersuchung ist wie folgt:

Kurzes Einstiegsinterview
Beantwortung von Fragen mit Papier und Stift
Kurzes Interview zur Benutzung von Papier und Stift
Einführung in SketchViz
Beantwortung von Fragen mit SketchViz
Kurzes Interview zur Benutzung von SketchViz

Zur Auswertung werden Ihre Interaktionen mit SketchViz bzw. Papier und Stift mit einer Kamera aufgezeichnet. Die Kamera ist senkrecht auf den Tisch gerichtet. Es werden ausschließlich Ihre Hände und Interaktionen bei der Bearbeitung der Aufgaben gefilmt.

Dauer der Untersuchung: Die Gesamtdauer der Untersuchung beträgt etwa 1 Std.

### **Vor- und Nachteile für ProbandInnen / Risiko:**

Vorteile: Erfahrung mit einem neuartigen Prototyp zur interaktiven Visualisierung.

Nachteile: Zeitlicher Aufwand: ca. 60 Minuten.

Mit der Messung sind keine erkennbaren Risiken verbunden.

*Die Art der zu bearbeitenden Aufgaben sowie die Erhebung durch eine Kamera führen dazu, dass persönliche Daten (z.B. Namen von Freunden, Bekannten) erfasst und aufgezeichnet werden.*

*Der Inhalt Ihrer Aufgabenbearbeitung (also z.B. die Namen von Freunden) ist nicht Gegenstand der Studie. Die Auswertungen beziehen sich ausschließlich auf die verwendeten Formen der Darstellung sowie die Interaktionen. Um Ihre persönlichen Daten zu verfremden, werden bei der Auswertung und Weiterverwendung sämtliche Namen geändert. Eine Zuordnung von Personen und bearbeiteten Aufgaben ist nur dem Versuchsleiter Marius Brade möglich. Im Anschluss an die Studiendurchführung, werden die Daten anonymisiert (Namen werden ersetzt, keine Speicherung von Tonspuren, ausschließliche Aufzeichnung von Händen), d.h. eine Zuordnung von Daten zu Personen, die die Aufgabe bearbeitet haben, ist nicht möglich.*

### **Art der Finanzierung des Projektes:**

Das der Untersuchung zugrundeliegende Projekt (Projekt-Nr. 080951799) wird vollständig aus Mitteln des Europäischen Sozialfonds, des Freistaates Sachsen und SAP AG finanziert.

### **Hinweis auf Rücktrittsrecht:**

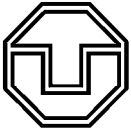
Es ist gewährleistet, dass Sie sich jederzeit ohne Angaben von Gründen und ohne, dass ein Nachteil für Sie entsteht, von der Studie zurück ziehen können.

### **Hinweis auf Datenschutz:**

Alle persönlichen Informationen werden streng vertraulich behandelt. Nur an der Studie direkt beteiligte Mitarbeiter (namentlich Marius Brade) haben Einsicht in die persönlichen Daten. Diese werden ausschließlich für statistische Analysen und für wissenschaftliche Zwecke in pseudonymisierter Form weiter verwendet.

### **Angabe über Kontaktpersonen bei Fragen und beim Auftreten von Schwierigkeiten:**

Bei Fragen oder auftretenden Schwierigkeiten können Sie jederzeit Kontakt mit dem Versuchsleiter Marius Brade aufnehmen.



## STUDIE SKETCHVIZ

### Probandeninformation

#### Einleitung

Diese Studie vergleicht die Benutzung einer prototypischen Tablet-Applikation (SketchViz) mit Papier und Stift hinsichtlich der Darstellung von Zusammenhängen.

#### Zielsetzung der Studie

Ziel dieser Untersuchung ist es, herauszufinden, wie Menschen Aufgaben bearbeiten, bei denen es um die Darstellung sozialer Strukturen und Zusammenhänge geht. Die Inhalte sind dabei nicht Gegenstand der Untersuchung, es geht darum, zu erforschen, wie derartige Aufgaben bearbeitet werden.

#### Untersuchungsablauf

Im Folgenden werden Ihnen Fragen gestellt. Wir bitten Sie, auf diese visuell bzw. schriftlich zu antworten. Beim Beantworten der gestellten Fragen bitten wir Sie, darauf zu achten, dass Ihre Darstellung möglichst ohne Erklärung verstanden werden kann.

Der Ablauf der Untersuchung ist wie folgt:

Kurzes Einstiegsinterview
Einführung in SketchViz
Beantwortung von Fragen mit SketchViz
Kurzes Interview zur Benutzung von SketchViz
Beantwortung von Fragen mit Papier und Stift
Kurzes Interview zur Benutzung von Papier und Stift

Zur Auswertung werden Ihre Interaktionen mit SketchViz bzw. Papier und Stift mit einer Kamera aufgezeichnet. Die Kamera ist senkrecht auf den Tisch gerichtet. Es werden ausschließlich Ihre Hände und Interaktionen bei der Bearbeitung der Aufgaben gefilmt.

Dauer der Untersuchung: Die Gesamtdauer der Untersuchung beträgt etwa 1 Std.





### **Vor- und Nachteile für ProbandInnen / Risiko:**

Vorteile: Erfahrung mit einem neuartigen Prototyp zur interaktiven Visualisierung.

Nachteile: Zeitlicher Aufwand: ca. 60 Minuten.

Mit der Messung sind keine erkennbaren Risiken verbunden.

*Die Art der zu bearbeitenden Aufgaben sowie die Erhebung durch eine Kamera führen dazu, dass persönliche Daten (z.B. Namen von Freunden, Bekannten) erfasst und aufgezeichnet werden.*

*Der Inhalt Ihrer Aufgabenbearbeitung (also z.B. die Namen von Freunden) ist nicht Gegenstand der Studie. Die Auswertungen beziehen sich ausschließlich auf die verwendeten Formen der Darstellung sowie die Interaktionen. Um Ihre persönlichen Daten zu verfremden, werden bei der Auswertung und Weiterverwendung sämtliche Namen geändert. Eine Zuordnung von Personen und bearbeiteten Aufgaben ist nur dem Versuchsleiter Marius Brade möglich. Im Anschluss an die Studiendurchführung, werden die Daten anonymisiert (Namen werden ersetzt, keine Speicherung von Tonspuren, ausschließliche Aufzeichnung von Händen), d.h. eine Zuordnung von Daten zu Personen, die die Aufgabe bearbeitet haben, ist nicht möglich.*

### **Art der Finanzierung des Projektes:**

Das der Untersuchung zugrundeliegende Projekt (Projekt-Nr. 080951799) wird vollständig aus Mitteln des Europäischen Sozialfonds, des Freistaates Sachsen und SAP AG finanziert.

### **Hinweis auf Rücktrittsrecht:**

Es ist gewährleistet, dass Sie sich jederzeit ohne Angaben von Gründen und ohne, dass ein Nachteil für Sie entsteht, von der Studie zurück ziehen können.

### **Hinweis auf Datenschutz:**

Alle persönlichen Informationen werden streng vertraulich behandelt. Nur an der Studie direkt beteiligte Mitarbeiter (namentlich Marius Brade) haben Einsicht in die persönlichen Daten. Diese werden ausschließlich für statistische Analysen und für wissenschaftliche Zwecke in pseudonymisierter Form weiter verwendet.

### **Angabe über Kontaktpersonen bei Fragen und beim Auftreten von Schwierigkeiten:**

Bei Fragen oder auftretenden Schwierigkeiten können Sie jederzeit Kontakt mit dem Versuchsleiter Marius Brade aufnehmen.

## Einführungsfragebogen zur SketchViz-Studie

Liebe Probandinnen und Probanden,  
 bitte lesen Sie die folgenden Fragen/ Aussagen aufmerksam durch. Bei den Aussagen mit einer Skala  
 schätzen Sie bitte ein, inwieweit diese auf Sie zutreffen. Ihre Teilnahme ist vollständig anonym und  
 Ihre Angaben werden vertraulich behandelt.

### Persönliche Angaben

Geschlecht	weiblich <input type="checkbox"/>	männlich <input type="checkbox"/>
Alter		
Beruf		
Studienfach		
Abschluss		

Bewerten Sie bitte zutreffendes von "gar nicht " bis " sehr viel"!

	<i>gar nicht</i>	<i>etwas</i>	<i>moderat</i>	<i>eher viel</i>	<i>sehr viel</i>
Veränderung im sozialen Netzwerk in letzten 10 Jahren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Erfahrung mit Mindmapping o.ä. Techniken	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Erfahrung im Skizzieren/Zeichnen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wie schätzen Sie Ihre Aktivität in Sozialen Online-Netzwerken ein	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wie vertraut ist Ihnen der Umgang mit Smartphones	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
wenn ja mit welchem Betriebssystem (oder mehreren)?					
Wie vertraut ist Ihnen der Umgang mit Tablets	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
wenn ja mit welchem Betriebssystem (oder mehreren)?					

# Leitfaden zur Einführung mit SketchViz

(Hinweis: dem Probanden immer genug Zeit lassen zum ausprobieren und Verstehen)

Also es gibt erstmal diese Zeichenfläche, das ist das weiße, Du hast den Stift der funktioniert wie ein normaler Stift auch. Man kann mit den Fingern oder dem Stift interagieren.

## **Stift / Schreiben**

Der Unterschied zwischen diesem und einem normalen Stift: dieser Stift schreibt immer mit der gleichen Dicke. Er hat nur zwei Erkennungsmodi: entweder er berührt die Oberfläche oder nicht. Das ist beim Schreiben etwas ungewohnt. Darum empfiehlt es sich Schreibschrift zu verwenden, dann muss man weniger absetzen und es geht einfacher.

Ein weiterer Unterschied zum normalen Umgang mit Stift und Papier ist der, dass man hier mit dem Handballen aufpassen muss. Setzt man diesen parallel zum Schreiben auf, so erkennt das System zwei Berührungspunkte (Stift + Ballen) und denkt, dass Du zoomen willst.

Ok, üben wir mal Schreiben mit dem System: schreibe „Hallo Welt“, „Tom“, „Erwin ist toll“.

Um die Worte herum siehst Du eine graue Box, diese zeigt an, welche Striche oder Buchstaben das System als eine Einheit - also als zusammengehörig erkennt. Fängst Du einen Strich innerhalb der Box an, so erweitert sich die Box um das nächste gezeichnete Element. Fängst Du einen Strich außerhalb der Box an, so schließt das System die vorherige Box ab und erstellt eine neue. Damit ist alles, was in der vorherigen Box war als ein zusammenhängendes Element erkannt und kann beispielsweise verschoben und skaliert werden.

Alternativ kannst Du auch selbst entscheiden eine Box abzuschließen, indem Du den Button "Confirm" nutzt.

## **Kommen wir zur Interaktion mit den Inhalten.**

In SketchViz kannst Du beliebige Elemente mit einem Doppeltap auswählen und abwählen.

*(Probieren lassen)*

Ist ein Element ausgewählt, so können weitere hinzugewählt werden *(Probieren lassen)*.

Tippt man dann doppelt auf den Hintergrund, so werden alle wieder abgewählt.

Ausgewählte Elemente können mit zwei Fingern verschoben und skaliert werden. *(Probieren lassen)*

Es empfiehlt sich, die beiden Finger nicht zu nah zusammen zu nehmen, sonst kann es vorkommen, dass ein Finger die Fläche kurzzeitig nicht mehr berührt und das Element außerhalb des Bildschirms springt. Wenn das passiert ist es kein Problem, dann kann zum Beispiel der Doppeltap auf den Hintergrund genutzt werden um die Ansicht mit allen Elementen zu zentrieren. Zum Verschieben/Skalieren eines ausgewählten Elementes können die Finger irgendwo auf der Oberfläche aufgesetzt werden, dies hat den Vorteil, dass das Element nicht verdeckt wird, sondern "ferngesteuert".

## **Kommen wir zum Navigieren und Orientieren.**


Ein Doppeltap auf einem Element wählt dieses aus, das haben wir schon gelernt. Ist es ausgewählt, kann man - wie bereits getestet - auf den Hintergrund doppelt tippen um es wieder abzuwählen. Tippt man bei keinem ausgewählten Element auf den Hintergrund, so springt die Ansicht auf die Zoomstufe, wo alle Elemente gleichzeitig sichtbar sind. Das kann zum Beispiel hilfreich sein, wenn ein Element versehentlich aus dem Bildschirm geschoben wird, oder man nicht mehr weiß wo man ist oder ob man alle Elemente vor sich sieht.

Zur Navigation kann man bei keinem ausgewählten Element auch die Sicht mit beiden Fingern skalieren und verschieben. *(Probieren lassen)*

Es ist möglich beidhändig zu Arbeiten, d.h. in der einen Hand den Stift zu nutzen und mit der anderen ausschließlich mit zwei Fingern zu arbeiten. Dabei muss man nur aufpassen, dass das System nicht zwischen Fingern und Stift unterscheiden kann: wenn also Stift und zwei Finger das Tablet berühren kann es zu unerwarteten Ergebnissen kommen. *(Probieren lassen: Wort schreiben, auswählen, verschieben, fernsteuern - in ein Ziel schieben und verkleinern)*

Interaktion mit nur einer Hand geht natürlich auch, je nachdem was Du bevorzugst. *(Probieren lassen)*

Kommen wir zu **weiteren Funktionen der Oberfläche:**

 Das Schloss-Symbol. Werden zwei verschiedene Elemente ausgewählt, so können diese dauerhaft durch antippen des Schlosses verbunden werden. So sind sie auch nach dem abwählen und anwählen wieder eins. *(Probieren lassen)*

Man kann sie wieder über das offene Schloss trennen *(Probieren lassen)*.

*(Dann Skizzen machen lassen. Blume auf der Wiese, Haus + Baum + Schaf)*

Über das Löschen Symbol können ausgewählte Objekte gelöscht werden.

[Dann Speichern / Laden zeigen und als eine mögliche Alternativstrategie zur Nutzung einer einzigen Canvas einführen]

### **Kategorien erstellen**

Freiformen (Viereckig, rund, dreieckig...)

Nach Erstellung möglich Schnellauswahl von 3 Farben

Alternativ 4. Button zur Selbst-Definition (Name derzeit nicht Einsehbar von der Oberfläche aus, ist nur für die Wiederwahl einer gleichen Farbe die selbst gewählt wurde)

*(Probieren lassen)*

Einer Kategorie muss keine Farbe gegeben werden, man kann auch einfach weitermachen ohne die Auswahl zu beachten, dann bleibt sie schwarz.

Erwähnen wozu eine Kategorie erstellt werden kann:

- Farbe
- Alle Elemente die innerhalb sind werden automatisch mit ausgewählt, wenn die Kategorie ausgewählt wird (eignet sich daher auch gut um Gruppen zu skalieren und zu verschieben)

# Interviewleitfaden Evaluation SketchViz

Fragen nach SketchViz	Fragen nach Papier	Fragen am Ende
Wie gut konnten Sie den Überblick über Ihre Inhalte behalten? ( <i>gar nicht, etwas, moderat, eher gut, sehr gut 1-5</i> )	Wie gut konnten Sie den Überblick über Ihre Inhalte behalten? ( <i>gar nicht, etwas, moderat, eher gut, sehr gut 1-5</i> )	Die gestellten Aufgaben des Szenarios habe ich verstanden. ( <i>gar nicht, etwas, moderat, eher gut, sehr gut 1-5</i> )
Wie haben Sie versucht den Überblick zu behalten?	Wie haben Sie versucht den Überblick zu behalten?	Wie empfanden sie den Schwierigkeitsgrad der Aufgabenstellungen? ( <i>sehr schwer, eher schwer, moderat, eher einfach, sehr einfach 1-5</i> )
Wie gut konnten sie sich orientieren, wo Ihre Informationen stehen? ( <i>gar nicht, etwas, moderat, eher gut, sehr gut 1-5</i> )	Wie gut konnten sie sich orientieren, wo Ihre Informationen stehen? ( <i>gar nicht, etwas, moderat, eher gut, sehr gut 1-5</i> )	Inwiefern stimmen Sie zu: Das Szenario spricht mich an. ( <i>gar nicht, etwas, moderat, eher stark, sehr stark 1-5</i> )
Wie haben Sie versucht die Orientierung zu behalten?	Wie haben Sie versucht die Orientierung zu behalten?	Wenn sie eine ähnliche Aufgabe erneut bearbeiten würden, würden sie für diese Aufgabe bevorzugt mit dem System SketchViz oder Papier arbeiten? (Bitte begründen Sie Ihre Antwort)
Angenommen ich hätte noch 10 weitere Fragen gestellt, wie gut würden Sie dann Ihre Orientierung / Übersicht einschätzen?	Angenommen ich hätte noch 10 weitere Fragen gestellt, wie gut würden Sie dann Ihre Orientierung / Übersicht einschätzen?	Welche Aspekte der Aufgaben fanden sie einfacher mit SketchViz zu lösen?
Wie leicht fiel Ihnen die Arbeit mit dem System? ( <i>gar nicht, etwas, moderat, eher leicht, sehr leicht 1-5</i> )	Wie leicht fiel Ihnen die Arbeit mit Papier und Stift? ( <i>gar nicht, etwas, moderat, eher leicht, sehr leicht 1-5</i> )	Welche mit Papier und Stift?
Die Software zwingt mich, Arbeitsschritte durchzuführen, die nichts mit meinem Arbeitsziel zu tun haben. ( <i>gar nicht, etwas, moderat, eher häufig, sehr häufig 1-5</i> )	Papier und Stift zwingt mich, Arbeitsschritte durchzuführen, die nichts mit meinem Arbeitsziel zu tun haben ( <i>gar nicht, etwas, moderat, eher häufig, sehr häufig 1-5</i> )	Haben Sie weitere Hinweise?
Wenn ja welche?	Wenn ja welche?	

Veränderungen am Inhalt können im System schnell vorgenommen werden. ( <i>gar nicht, etwas, moderat, eher schnell, sehr schnell 1-5</i> )	Veränderungen am Inhalt können mit Papier und Stift schnell vorgenommen werden ( <i>gar nicht, etwas, moderat, eher schnell, sehr schnell 1-5</i> )	
Was geht nicht so schnell?	Was geht nicht so schnell?	
Was geht schnell?	Was geht schnell?	
Wie aufwändig ist die Veränderungen von Inhalten im System ( <i>gar nicht, etwas, moderat, eher aufwendig, sehr aufwendig 1-5</i> )	Wie aufwändig ist die Veränderungen von Inhalten mit Papier und Stift ( <i>gar nicht, etwas, moderat, eher aufwendig, sehr aufwendig 1-5</i> )	
Für meine Arbeit wichtige Befehle werden von der Software so dargeboten, dass sie sich leicht auffinden lassen. ( <i>Grad der Zustimmung: gar nicht, etwas, moderat, eher stark, sehr stark 1-5</i> )		
Inwieweit ist die Handhabung der Inhalte flüssig? ( <i>gar nicht, etwas, moderat, eher flüssig, sehr flüssig 1-5</i> )		
Haben Sie Funktionen vermisst? Wenn ja welche?		
Bitte nennen sie die 3 positivsten Aspekte des Prototypen		
Bitte nennen sie die 3 negativsten Aspekte des Prototypen		
Haben Sie weitere Hinweise?		

## **A.4 Handouts Natural Interface Exploration**

Für einen internationalen Workshop wurden gemeinsam mit Kollegen Handouts entwickelt (vgl. [27]). Diese werden auf den folgenden Seiten aufgeführt, um die Erläuterungen der in Kapitel 7 beschriebenen Methode zur Exploration natürlicher Materialien, zu unterstützen.

# Phase 1: Material Analysis

Your task in this phase is to analyse the chosen material regarding interaction capabilities, affordances and visualization aspects. Therefore the scheme provided here serves as inspiration for the analysis and documentation of material properties. Additionally, we encourage you to add your own notes and sketches to visualize your observations. Try to work with pictorial descriptions, like sketches and schemes, as often as you can.

## Visual Aspects:

<b>Colour</b> (lightness (dark - light), black/white - coloured, saturation)	
<b>Transparency / Translucence / Reflection Properties</b>	
<b>Size in Relation to the Hand</b> (large - small)	
<b>Visual Appearance when Moving</b> (fast – slow, deforming - rigid)	
<b>Position Relative to the Hand or the Room</b>	
<b>Arrangement in Groups</b> (relative to other parts of the material)	
<b>Outline, Shape, Silhouette</b>	
<b>Part-whole Relationship</b> (what is the material made of?)	



# Phase 1: Material Analysis

## Aspects of Interaction:

<p><b>What is your intention regarding interaction when seeing the material for the first time?</b></p>	
<p><b>Manipulation</b> (which forms of manipulations are possible? Are they direct, indirect, tool-based?)</p>	
<p><b>Chracteristics</b> (inactivity / rigidity)</p>	
<p><b>Manageability: Size, Surface Shape</b> (regarding finger, one hand, two hands)</p>	
<p><b>Deformability</b> (flexible - rigid)</p>	
<p><b>State Transitions</b> (aggregate state – final state)</p>	
<p><b>Reversibility</b> (reversible, irreversible)</p>	
<p><b>Interactions with groups of objects</b></p>	

# Phase 1: Material Analysis

## Kinaesthetic Aspects:

<b>Intensity</b> (strong - weak)	
<b>Area, Dimensions</b> (large – small – relative to the hand)	
<b>Texture</b> (rough - soft)	
<b>Persistence</b> (constant - intermittent)	
<b>Temperature</b> (warm - cold)	
<b>Weight</b> (heavy - light)	
<b>Density</b>	
<b>Does the material produce typical sounds when being touched? Where do these sounds come from? What triggers these sounds?</b>	

# Phase 1: Material Analysis

## Emotional Aspects:

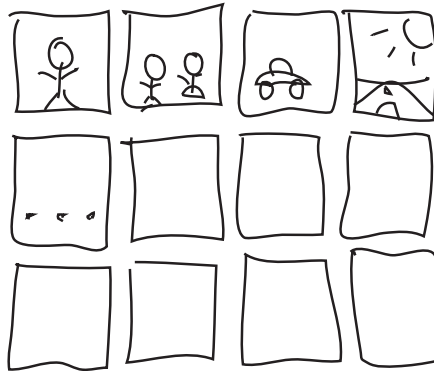
Try to find descriptive adjectives which describe your experiences with the material.  
Try to link these experiences with specific situations of interaction.

What is the material, what could it be or what could it represent?

# Phase 2: Task Analysis

Your task in this phase is to analyse a specific task regarding different aspects.  
The following questions are supposed to help you to identify and explore various aspects of the task.

To find relations between identified aspects of the task, you can use techniques like charts, storyboards or personas:



1.) Which approach or strategy do you choose to solve the task ? (prioritize, create hierarchies, find organization schemes, etc)

2.) How is the data structured (hierarchies, sequences, clusters, etc.)?

3.) Which aspects and facets are part of the task?

4.) What part of the task do you want to visualize?

(Task structure, underlying data structure, visual feedback when interacting, affordances)

5.) Which interactions seem to be suitable? (use verbs to describe the interaction and nouns for the structure)

# Phase 3: Fusion

The main goal of this phase is to merge the findings from the previous phases into an interface mock-up. One approach is to systematically find matches between the identified aspects from phase two and the material properties which have been identified in phase one.

Example:

Combination of Material Properties and Task Aspects	Sewing Thread	Net	Textiles
<b>manipulate</b>	align, interlace, cut	Pull, push, cut	Pull, push, cut
<b>collect</b>	thread, tear off	by pushing the web down	by pushing the web down (items fall into deeper area)
<b>filter</b>	interlace and separate threads	with holes in the net	separating deeper and higher areas by pushing/pulling

Explore these aspects:

- What could the chosen material illustrate?
- Which proportion can be used?
- Which (atomic) operations can be expressed by which properties of the material?

## Phase 3: Fusion - Morphological box

Task	Material				





# Abbildungsverzeichnis

1.1	Verarbeitungsmodell der Freiform-Wissensmodellierung: Benutzereingabe und Datenanzeige finden durch Verwendung eines Tablet-Computers an gleicher Stelle statt. . . . .	3
1.2	Wechselseitige Abhängigkeit menschenzentrierter Gestaltungsaktivitäten (Abbildung nach [1, S.15]) mit Verweis auf entsprechende Kapitel der vorliegenden Arbeit. . . . .	5
1.3	Ebenen bei der Gestaltung von menschenzentrierten Informationssystemen nach Garrett (Abbildung nach [66, S.24]). . . . .	6
1.4	Das Konzept der Freiform-Wissensmodellierung ermöglicht durch eine entsprechende Visualisierungsmethode eine visuelle Zusammenführung von Oberfläche, Aufbau und Struktur (Abbildung in Anlehnung an [66, S.24]).	7
1.5	Übersicht der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit. . . . .	8
2.1	Zusammenhang von Grundlagen und Begriffen im Kontext der Wissensmodellierung. . . . .	12
2.2	Piktogramme zur Veranschaulichung des Bezugs zur Mensch- bzw. Systemsicht (dargestellt in Abbildung 2.1) von entsprechend gekennzeichneten Abschnitten im vorliegenden Kapitel. . . . .	12
2.3	Sinnerschließung nach Russell et al. bedeutet, Repräsentationen zur Informationsorganisation zu finden, welche Interaktionsschritte und kognitive Last bei der Aufgabenbearbeitung reduzieren (Abbildung nach [159]).	22
2.4	Gedächtnistheater oder Repositorium (Abbildung angelehnt an [213] aus dem Jahr 1618). . . . .	30
2.5	Pinnwandprinzip (Abbildung nach [172, S.3], bzw. [75, S.13]). . . . .	38
2.6	Beispiel einer Concept-Map zur Beschreibung selbiger (Abbildung nach [137, S.2]). . . . .	40
2.7	Beispiel eines Strukturdiagramms (UML-Klassendiagramm, aus [73]). . . . .	40
2.8	Beispiel einer Mind-Map (Abbildung nach [74], erstellt mit der Software <i>iMindMap Basic</i> [191]). . . . .	41
2.9	Darstellung der Verzeichnisstruktur in Windows® 7. . . . .	42

3.1	Die Rollen von Fachgebietsexperte und Wissensingenieur (in Anlehnung an [205, S.153] sowie [117, S.43]), wobei bisherige computergestützte Systeme (Magenta dargestellt) ausschließlich die Eingabe von bereits strukturiertem und formalisiertem (Produkt-) Wissen erlauben. . . . .	47
3.2	Beispiel einer Darstellung auf Papier (A) zum Thema „Visualisierung“ (vgl. [97, S.53]), mit formalästhetisch orientierter Beschreibung erstellter Freiformgruppen (B). . . . .	50
3.3	Skizze eines Dialogs zwischen Mensch und seiner Skizze (Abbildung nach [192, S.106]). . . . .	53
3.4	Kontextabhängige Bedeutung und Mehrdeutigkeit (Abbildung nach [95, S.14]). . . . .	54
3.5	Entstehender Aufwand und Kosten bei der Wissensmodellierung. . . . .	56
3.6	Schematisches Modell eines Freiform-Wissensmodellierungssystems. . . . .	59
3.7	Einordnung des Basis-Editors mit Freiform-Wissensmodellierung zur Erleichterung der Kommunikation zwischen Fachgebietsexperte und Wissensingenieur (in Anlehnung an [205, S.153] sowie [117, S.43]). . . . .	60
3.8	Der Basis-Editor wird durch Kopplung mit einer Matchingkomponente zum Formalisierungs-Editor und gliedert sich in bisherige Arbeitsabläufe ein (in Anlehnung an [205, S.153] sowie [117, S.43]). . . . .	60
4.1	InkSeine Benutzeroberfläche: Stiftbasierte Interaktion mit radialen Menüs (Abbildungen nach [126]). . . . .	69
4.2	OneNote Benutzeroberfläche: hier kann mit Tastatur oder Stift gearbeitet werden (Screenshot erstellt mit OneNote 2010). . . . .	70
4.3	Concept-Map-Erstellung mit der Software <i>ConceptSketch</i> [94] (Abbildungen nach [94]; Knotenauswahl mit automatischer Selektion der verlinkten Knoten (A); Geste des Umkreisens zur Auswahl bestimmter grafischer Objekte (B); Geste zum Löschen ausgewählter Objekte (C)). . . . .	71
4.4	Beispiele der Software <i>DrawExpress</i> [52] zur Erstellung von UML-Diagrammen (vgl. [139]) und anderen Netzwerkdarstellungen (Abbildungen nach [52]). . . . .	72
4.5	Mind-Map-Beispiele von <i>Intelligent Mind Mapper</i> (A, Abbildung aus [195], B-C Abbildung nach [39, S.59]) sowie <i>MindBoardFree</i> (Abbildung nach [140]). . . . .	73
4.6	Benutzeroberflächen von <i>iMapping</i> (A, Abbildung aus [76]) und <i>Symbik</i> (C, Abbildung nach [209]), wobei Symbik die Eingabe am digitalen Whiteboard mit Finger oder Stift erlaubt (B, Abbildung aus [209]). . . . .	73
5.1	Papierprototyp zur Konzeption von SketchViz. . . . .	78

5.2	A: Schema eines der ersten Grafik-PC-Tablets mit getrennter Ein- und Ausgabe aus dem Jahr 1964. B: Tablet-PC aus dem Jahr 2011 mit Digitalisierstift (Testgerät zur Umsetzung von SketchViz). . . . .	80
5.3	Grundlegendes Konzept des Basis-Editors: A) Skizzieren und Schreiben, B) Kategorisieren, Zusammenhänge explizieren, C) Import von Inhalten, D) Speicherung / Export. . . . .	81
5.4	Skizzier- (A) und Editieroperationen (B) in SketchViz. . . . .	81
5.5	Beispiel einer hierarchischen Umsortierung von Kategorien 1 und 2 durch Benutzerinteraktion (A: Ursprungszustand, B: nach Vergrößerung von Freiform 2). . . . .	83
5.6	Annotationsmodus zur Erstellung und Anzeige von Annotationen. . . . .	84
5.7	Abstraktion und Übersicht: vergrößerter Ausschnitt der Inhalte (A) sowie entsprechend verkleinerter Ausschnitt, sodass alle Elemente sichtbar sind (B). . . . .	85
5.8	Beschreibung der Benutzeroberfläche von SketchViz. . . . .	86
5.9	Im Managementmodus kann eine Umrandung ausgewählt werden (1), um zugehörige Attribute zu editieren (2). . . . .	87
5.10	Nach einer Umrandung kann eine Kategorisierung über ein Kreismenü mit Farbzweisung vorgenommen werden. . . . .	87
5.11	Modularer technischer Aufbau von SketchViz. . . . .	89
5.12	Grundlegender Aufbau der Implementierung von SketchViz (nach [31, S.64]). . . . .	91
6.1	Untersuchungsaufbau: Schreibtisch mit einer auf einem Stativ sitzenden, nach unten gerichteten Videokamera (A), welche die Aktionen der Probanden aufzeichnet (B). . . . .	98
6.2	Ergebnisse der Einschätzung von Probanden zur Schnelligkeit von Veränderungen. . . . .	106
6.3	Ergebnisse der Einschätzung von Probanden zum Aufwand von Veränderungen. . . . .	106
6.4	Interindividuelle Streuung von Aufgaben mit Wiederverwendung bestehender Inhalte bei Papier. . . . .	111
6.5	Papierstapelung findet hauptsächlich über und neben dem aktuell bearbeiteten Papier statt (A-C). Zwei Probanden verbanden verschiedene Zettel mit übergreifenden Linien (C, D). . . . .	112
6.6	Beispiel zur Strategie des Überzeichnens bei Papier: Schrittweise werden ausgehend von den erstellten Namen alle Antworten auf dasselbe Papier gezeichnet (A-F). . . . .	113

6.7	Strategie des Überzeichnens bei SketchViz: alle Antworten werden in eine Darstellung gezeichnet, entweder ohne vorherige Inhalte zu editieren (A-C) oder durch die Anpassung bestehender Inhalte zur weiteren Verwendung (D-F).	115
6.8	Interindividuelle Streuung von Probandeneinschätzungen zur Leichtigkeit im Umgang mit SketchViz und Papier.	117
6.9	Vergleich der durchschnittlichen Bearbeitungszeit mit Reihenfolgebetrachtung zwischen SketchViz und Papier.	120
6.10	Einhändige Interaktion mit der dominanten Hand: der Stift wird zum Schreiben und Zeichnen genutzt (A), zwei Finger zum Navigieren bzw. zur Manipulation von Objekten (B). Zur Drehung des Tablets werden entweder die dominante Hand (C), die nicht-dominante Hand oder beide Hände genutzt (D).	121
6.11	Vorschlag eines Probanden zur Anpassung der Umrandungslinie bei der Verschiebung von Inhalten.	123
6.12	Syntaktische Dekomposition grafischer Repräsentationen (nach [199, S.14]). Ein grafisches Objekt kann dabei selbst ein zusammengesetztes grafisches Objekt sein. Dadurch kann die Dekomposition rekursiv angewendet werden.	124
6.13	Beobachtetes Repertoire für Freiformen: Darstellung von Typen grafischer Objekte, welche durch Probanden mit SketchViz bzw. Papier erstellt wurden.	125
6.14	Beispiele zur Kategorisierung durch Gruppenbildung mit Papier: explizite (A-C) und implizite (D-F) Gruppendarstellungen sowie Stapelbildung (G).	127
6.15	Beispiele zur Kategorisierung durch Gruppenbildung mit SketchViz: explizite (A-D) und implizite (E, F) Gruppendarstellungen.	128
6.16	Beispiele zur Kategorisierung durch Bereichsdefinitionen mit Papier (A-C) und SketchViz (D).	128
6.17	Paarweiser Vergleich der durchschnittlichen Anzahl erstellter Informationselemente mit Reihenfolgebetrachtung zwischen SketchViz und Papier.	130
6.18	Probandeneinschätzung zur Studie.	136
7.1	Ablauf der Experimente zur Exploration natürlicher Materialien in sechs Teilschritten (vgl. [26])	141
7.2	Materialauswahl bei einem durchgeführten Workshop (vgl. [27])	142
7.3	eXplore-Table - Versuchsaufbau mit Glasplatte auf welcher die Experimente mit Materialien durchgeführt wurden. Zwei Kameras, eine oberhalb und eine unterhalb der Acrylglasplatte, filmen die Experimente (Abbildung nach [25]).	143
7.4	Untersuchungsaufbauten im Einsatz: eXplore-Table (A), Tageslichtprojektor (B, Foto aus [26])	143

7.5	Materialtypen: fluid (A), granular (B), deformierbar (C), elastisch (D) (Abbildung nach [26]) . . . . .	145
7.6	Aufgabenanalyse mit Storyboard (Foto erstellt während eines Workshops [27]) . . . . .	146
7.7	Stop-Motion-Mock-Up: hier wird eine "haptische" Bilder-Datenbank durch Drücken (A) und Ausführen einer beidhändigen Geste (B) geöffnet, um die enthaltenen Bilder mit einem Suchbild zu vergleichen (C). . . . .	147
7.8	Verhalten und Charakteristik fluider Materialien: (A-C) Öle und (D) Eier. . .	148
7.9	Visuelle Struktur von Eiern (A) und Ölen (B) im Vergleich zur Struktur von Eulerdiagrammen (C, diese Teilabbildungen stammen von [59]) . . . . .	149
7.10	Themenerstellung mit einem Interaktionsschritt – am Beispiel der Gruppierung digitaler Inhalte (zeitliche Abfolge der Bewegung dargestellt in drei Teilen: A, B, C). . . . .	150
7.11	Visuell explizite Hierarchiebildung durch Umrandung (A) bzw. Verschiebung von Gruppen (B) sowie Hierarchieauflösung (C). . . . .	151
8.1	Ergänzung der bereits beschriebenen Arbeitsprozesse (vgl. Abbildung 3.1) mit weiteren Aspekten (in Anlehnung an [205, S.153] sowie [117, S.43]) . . . . .	156
8.2	Beispiel einer Ontologie mit Begriffen und Relationen für Teile der Organisationsstruktur einer Universität. A: dargestellt in einer UML-ähnlichen Notation (Abbildung aus [111]). B: Repräsentation in Textform. . . . .	157
8.3	Die Erweiterung des Basis-Editors um eine Matchingkomponente zur Formalisierung ergibt ein System zur Freiform-Wissensmodellierung von semantischen Daten. Ziel dabei ist es, die Kosten der Dateneingabe und Formalisierung zu senken. . . . .	159
8.4	Der Basis-Editor bildet zusammen mit der semantischen Mappingkomponente (blau dargestellt) einen Formalisierungs-Editor. . . . .	161
8.5	Modularer Aufbau von OntoSketch mit semantischer Matchingkomponente (blau dargestellt). . . . .	168
8.6	Benutzeroberfläche des Prototyps OntoSketch (Abbildung in Anlehnung an [30, 163]). . . . .	170
8.7	Darstellung von Relationstypen in OntoSketch: (links) Relationen, (mittig) Typisierungen sowie (rechts) Ober- und Unterklassenbeziehungen (Abbildung nach [30, S.6], [163, S.87f]). . . . .	170
8.8	Beispielhafte Darstellungen der bereits in Abbildung 8.2 gezeigten Miniatur-Universität mit SketchViz (A) und OntoSketch (B). . . . .	172

---

8.9 Gegenüberstellung der Interaktionsschritte (vgl. rote Ziffern) zwischen von Protégé (A) und OntoSketch (B) bei der Erstellung einer Relation (hier „isTakenBy“) zwischen zwei Elementen (hier „Course“ und „Student“ aus dem Beispiel der bereits in Abbildung 8.2 gezeigten Miniatur-Universität). . . . . 174

# Tabellenverzeichnis

2.1	Vergleich verschiedener Arten von Wissen (Erweiterung der Arbeit von [167, S.16]). . . . .	16
2.2	Vergleich planarer Anordnung, Vernetzung und Hierarchisierung (Tabelle aus [74, S.67]). . . . .	43
4.1	Vergleich verwandter Arbeiten bezüglich der Anforderungen aus Benutzersicht. . . . .	75
4.2	Vergleich verwandter Arbeiten bezüglich softwaretechnischer Anforderungen. . . . .	76
6.1	Verwandte Aufgabenstellungen . . . . .	96
6.2	Varianten des Untersuchungsablaufs (zufällig an die Probanden verteilt). . . . .	99
6.3	Im Interview genannte Aspekte der Veränderbarkeit, die mit SketchViz als schnell eingeschätzt werden. . . . .	107
6.4	Im Interview genannte Aspekte der Veränderbarkeit, die mit SketchViz als nicht so schnell eingeschätzt werden. . . . .	108
6.5	Benutzerstrategien, um die Übersicht zu behalten. . . . .	114
6.6	Begründungen zur Frage, wie leicht Probanden die Arbeit mit SketchViz fiel. . . . .	118
6.7	Genannte Tätigkeiten, welche mit SketchViz einfacher zu bearbeiten waren. . . . .	119
6.8	Genannte Tätigkeiten, welche mit Papier einfacher zu bearbeiten waren. . . . .	120
8.1	Vergleich verwandter Arbeiten zur Wissensformalisierung bezüglich der Anforderungen aus Benutzersicht . . . . .	164
8.2	Vergleich verwandter Arbeiten zur Wissensformalisierung bezüglich softwaretechnischer Anforderungen . . . . .	165
8.3	Gegenüberstellung der Anzahl an Interaktionsschritten zur Erstellung einer Relation. . . . .	175





## Literaturverzeichnis

- [1] DIN Deutsches Institut für Normung e. V.: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 210: Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme. Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin, Januar 2011.
- [2] Abraham, A., Petre, M., and Sharp, H. Information Seeking: Sensemaking and Interactions. In *CHI 2008 Workshop on Sensemaking* (2008).
- [3] Alvarado, C. Sketch Recognition User Interfaces: Guidelines for Design and Development. In *Proceedings of AAAI Fall Symposium on Intelligent Pen-based Interfaces* (2004), vol. 1.
- [4] Alvesson, M., and Kärreman, D. Odd Couple: Making Sense of the Curious Concept of Knowledge Management. *Journal of Management Studies* 38, 7 (2001), 995–1018.
- [5] Anderson, J. R. Automaticity and the ACT Theory. *The American journal of psychology* (1992), 165–180.
- [6] Apple Inc. Apple - OS X Mavericks - Do even more with new apps and features., zuletzt besucht am 04.08.2014. <https://www.apple.com/osx/>.
- [7] Arnheim, R. *Anschauliches Denken - Zur Einheit von Bild und Begriff*. Dumont, 1996.
- [8] Ausburn, L., and Ausburn, F. Cognitive Styles: Some Information and Implications for Instructional Design. *ECTJ* 26, 4 (1978), 337–354.
- [9] Bargh, J. A., Chen, M., and Burrows, L. Automaticity of Aocial Behavior: Direct Effects of Trait Construct and Stereotype Activation on Action. *Journal of personality and social psychology* 71, 2 (1996), 230.
- [10] Bargh, J. A., Gollwitzer, P. M., Lee-Chai, A., Barndollar, K., and Trötschel, R. The Automated Will: Nonconscious Activation and Pursuit of Behavioral Goals. *Journal of personality and social psychology* 81, 6 (2001), 1014.
- [11] Barreau, D., and Nardi, B. A. Finding and Reminding: File Organization from the Desktop. *SIGCHI Bull.* 27, 3 (July 1995), 39–43.
- [12] Barsalou, L. Ad Hoc Categories. *Memory & Cognition* 11, 3 (1983), 211–227.

- [13] Barsalou, L. W. The Instability of Graded Structure: Implications for the Nature of Concepts. In *Concepts and conceptual development: Ecological and intellectual factors in categorization*, U. Neisser, Ed. Cambridge University Press, Cambridge, 1987, pp. 101–140.
- [14] Barsalou, L. W. Grounded Cognition. *Annu. Rev. Psychol.* 59 (2008), 617–645.
- [15] Bartlett, F. C. Remembering: An Experimental and Social Study. *Cambridge: Cambridge University* (1932).
- [16] Bauer, D., Fastrez, P., and Hollan, J. Spatial Tools for Managing Personal Information Collections. In *Proceedings of the 38th Annual Hawaii International Conference on System Sciences, HICSS 05* (2005), IEEE.
- [17] Bederson, B. B. The Promise of Zoomable User Interfaces. In *Proceedings of the 3rd International Symposium on Visual Information Communication* (New York, NY, USA, 2010), VINCI '10, ACM, pp. 2:1–2:1.
- [18] Bernhard, P. *Euler-Diagramme: Zur Morphologie einer Repräsentationsform in der Logik*. Mentis, Paderborn, 2001.
- [19] Bertin, J. *Graphische Semiologie: Diagramme, Netze, Karten*. Walter de Gruyter, 1974. Übersetzt von Georg Jensch, Dieter Schade, Wolfgang Scharfe.
- [20] Bibliographisches Institut GmbH. Duden | formalästhetisch | Rechtschreibung, Bedeutung, Definition, Herkunft, zuletzt besucht am 18.09.2014. <http://www.duden.de/rechtschreibung/formalaesthetisch>.
- [21] Blackler, F. Knowledge, Knowledge Work and Organizations: An Overview and Interpretation. *Organization Studies* 16, 6 (1995), 1021–1046.
- [22] Brade, M., Brändel, C., and Groh, R. Using the Power of Associations: BrainDump - a Revised Nature Inspired Visual Interface for Sensemaking. In *Proceedings of the International Working Conference on Advanced Visual Interfaces* (New York, NY, USA, 2012), AVI '12, ACM, pp. 373–376.
- [23] Brade, M., Brändel, C., Salmen, A., and Groh, R. SketchViz: a Sketching Interface for Domain Comprehension Tasks Illustrated by an Industrial Network Use Case. In *Proceedings of the 12th International Conference on Knowledge Management and Knowledge Technologies* (New York, NY, USA, 2012), i-KNOW '12, ACM, pp. 30:1–30:4.
- [24] Brade, M., Heseler, J., and Groh, R. An Interface for Visual Information-Gathering During Web Browsing Sessions: BrainDump - A Versatile Visual Workspace for Memorizing and Organizing Information. In *Proceedings of the Fourth International Conference on Advances in Computer-Human Interactions* (Le Gosier - France, February 2011), pp. 112–119. ISBN 978-1-61208-003-1.

- [25] Brade, M., Kammer, D., Keck, M., and Groh, R. Immersive Data Grasping Using the eXplore Table. In *Proceedings of the Fifth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction* (New York, NY, USA, 2011), TEI '11, ACM, pp. 419–420.
- [26] Brade, M., Keck, M., Gruender, T., Kammer, D., and Groh, R. Exploring Natural Interaction: Using Real-World Materials to Inspire Interaction Design. In *ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems - Workshop: Workshop: Blended Interaction - Envisioning Future Collaborative Interactive Spaces* (Paris - France, 2013).
- [27] Brade, M., Keck, M., Gründer, T., Müller, M., and Groh, R. Natural Interface Exploration. In *Proceedings of the 7th International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction* (New York, NY, USA, 2013), TEI '13, ACM, pp. 427–430.
- [28] Brade, M., Keck, M., Kammer, D., and Groh, R. Es gibt Reis! - Untersuchung der bildhaften Mischung von Substanzen aus dem Alltag für die Interfacegestaltung. In *Computer als Medium - Hyperkult 20* (Leuphana Universität Lüneburg, 2011).
- [29] Brade, M., Keck, M., Kammer, D., Salmen, A., and Groh, R. Nutzung inhärenter Interaktionsangebote von Substanzen des Alltags. *Mensch & Computer 1* (2011), 37.
- [30] Brade, M., Schneider, F., Salmen, A., and Groh, R. OntoSketch: Towards Digital Sketching as a Tool for Creating and Extending Ontologies for Non-Experts. In *Proceedings of the 13th International Conference on Knowledge Management and Knowledge Technologies* (New York, NY, USA, 2013), i-Know '13, ACM, pp. 9:1–9:8.
- [31] Brändel, C. Unterstützung dynamischer Konsensbildung durch interaktive Visualisierung. Diplomarbeit, 2012.
- [32] Brandl, P., Richter, C., and Haller, M. NiCEBook: Supporting Natural Note Taking. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (New York, NY, USA, 2010), CHI '10, ACM, pp. 599–608.
- [33] Buxton, B. *Sketching User Experiences: Getting the Design Right and the Right Design*. Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, CA, USA, 2007.
- [34] Buzan, T., and Buzan, B. *Das Mind-map-Buch: die beste Methode zur Steigerung Ihres geistigen Potenzials*. Train your brain. mvgverlag, 2002.
- [35] Cabeza, R., Kapur, S., Craik, F. I., McIntosh, A. R., Houle, S., and Tulving, E. Functional Neuroanatomy of Recall and Recognition: A PET Study of Episodic Memory. *Journal of Cognitive Neuroscience 9*, 2 (1997), 254–265.
- [36] Casasanto, D., and Boroditsky, L. Time in the Mind: Using Space to Think About Time. *Cognition 106*, 2 (2008), 579–593.

- [37] Cauley, K. M. Studying Knowledge Acquisition: Distinctions among Procedural, Conceptual and Logical Knowledge.
- [38] Chik, V., Plimmer, B., and Hosking, J. Intelligent Mind-mapping. In *Proceedings of the 19th Australasian Conference on Computer-Human Interaction: Entertaining User Interfaces* (New York, NY, USA, 2007), OZCHI '07, ACM, pp. 195–198.
- [39] Chik, V. C. H. Intelligent Mind-mapping. Master's thesis, University of Auckland, 2008.
- [40] Christl, C., Hladik, J., Graube, M., Willfort, R., and Urbas, L. Using Mobile Technology for Inter-organisational Collaboration and End-customer Integration. In *Proceedings of the 13th International Conference on Knowledge Management and Knowledge Technologies* (New York, NY, USA, 2013), i-Know '13, ACM, pp. 22:1–22:8.
- [41] Civan, A., Jones, W., Klasnja, P., and Bruce, H. Better to Organize Personal Information by Folders or by Tags?: The Devil is in the Details. *Proceedings of the American Society for Information Science and Technology* 45, 1 (2008), 1–13.
- [42] Craik, F. I., and Lockhart, R. S. Levels of Processing: A Framework for Memory Research. *Journal of verbal learning and verbal behavior* 11, 6 (1972), 671–684.
- [43] Davenport, T., and Prusak, L. Working Knowledge. *Harvard Business School Press, Boston* (1998).
- [44] Davis, M., and Ellis, T. The rand tablet - a man-machine graphical communications device. *Series: Research Memoranda* (1964).
- [45] Dawes, R. M. The Robust Beauty of Improper Linear Models in Decision Making. *American psychologist* 34, 7 (1979), 571.
- [46] de Almeida Madeira Clemente, M., Keck, M., and Groh, R. TagStar: ein interaktives Indexierungs-und Analysewerkzeug. *Mensch & Computer 2012: interaktiv informiert—allgegenwärtig und allumfassend!?* (2012).
- [47] Delaney, A., Plimmer, B., Stapleton, G., and Rodgers, P. Recognizing Sketches of Euler Diagrams Drawn with Ellipses. In *Sixteenth International Conference on Distributed Multimedia Systems* (2010), pp. 305–310.
- [48] Dervin, B. Sense-Making Theory and Practice: an Overview of User Interests in Knowledge Seeking and Use. *Journal of Knowledge Management* 2, 2 (1998), 36–46.
- [49] Do, E. Y.-L. *The Right Tool at the Right Time - Investigation of Freehand Drawing as an Interface to Knowledge Based Design Tools*. PhD thesis, Georgia Institute of Technology, July 1998.

- [50] Donald, M. *Origins of the Modern Mind: Three Stages in the Evolution of Culture and Cognition*. Harvard University Press, 1991.
- [51] Döring-Katerkamp, U., and Trojan, J. Motivation und Wissensmanagement - eine praktische Perspektive. In *Integriertes Knowledge Management*, Business Computing. Vieweg+Teubner Verlag, 2002, pp. 133–149.
- [52] DrawExpress Inc. DrawExpress, zuletzt besucht am 27.08.2014. <http://www.drawexpress.com>.
- [53] Ehms, K. *Persönliche Weblogs in Organisationen: Spielzeug oder Werkzeug für ein zeitgemässes Wissensmanagement?* PhD thesis, Universität Augsburg, 2010.
- [54] Eppler, M. J., and Pfister, R. Sketching as a Tool for Knowledge Management: An Interdisciplinary Literature Review on Its Benefits. In *Proceedings of the 11th International Conference on Knowledge Management and Knowledge Technologies* (New York, NY, USA, 2011), i-KNOW '11, ACM, pp. 11:1–11:6.
- [55] Evernote Corporation. Evernote, zuletzt besucht am 03.08.2014. <http://evernote.com>.
- [56] Fank, M., and Katerkamp, U.-D. Motivation und Anreizsysteme im Wissensmanagement. *Online at: [http://www.contentmanager.de/magazin/artikel\\_255\\_motivation\\_anreizsysteme\\_wissensmanagement.html](http://www.contentmanager.de/magazin/artikel_255_motivation_anreizsysteme_wissensmanagement.html)* (zuletzt aufgerufen Feb. 2012) (2002).
- [57] Fish, J., and Scrivener, S. Amplifying the Mind's Eye: Sketching and Visual Cognition. *Leonardo* (1990), 117–126.
- [58] Fisher, K., Counts, S., and Kittur, A. Distributed Sensemaking: Improving Sensemaking by Leveraging the Efforts of Previous Users. In *CHI 2012* (Austin, Texas, USA, May 5-10 2012), ACM, pp. 247–256.
- [59] Fleshgrinder. User:Fleshgrinder - Wikimedia Commons. Wikimedia Commons, zuletzt besucht am 07.09.2014. <http://http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Fleshgrinder>.
- [60] Frege, G. Über Sinn und Bedeutung. *Zeitschrift für Philosophie und philosophische Kritik* 100, 1 (1892), 25–50. Deutsches Textarchiv [http://www.deutschestextarchiv.de/frege\\_sinn\\_1892](http://www.deutschestextarchiv.de/frege_sinn_1892), abgerufen am 09.07.2014.
- [61] Frisch, M., Heydekorn, J., and Dachsel, R. Diagram Editing on Interactive Displays Using Multi-touch and Pen Gestures. In *Diagrammatic Representation and Inference*, A. Goel, M. Jamnik, and N. Narayanan, Eds., vol. 6170 of *Lecture Notes in Computer Science*. Springer Berlin Heidelberg, 2010, pp. 182–196.
- [62] Fujishiro, I., Takeshima, Y., Ichikawa, Y., and Nakamura, K. GADGET: Goal-Oriented Application Design Guidance for Modular Visualization Environments. In *Visualization'97, Proceedings* (1997), IEEE, pp. 245–252.

- [63] Furnas, G., Ackermann, M. S., and Mirel, B. ITR: Collaborative Augmentation of Knowledge Production. NSF-ITR-0325347-2005 Annual Report B, 2005.
- [64] Furnas, G. W., and Russell, D. M. Making Sense of Sensemaking. In *CHI '05 extended abstracts on Human factors in computing systems* (New York, NY, USA, 2005), CHI EA '05, ACM, pp. 2115–2116.
- [65] Gaines, B. R., and Shaw, M. L. Concept Maps as Hypermedia Components. *International Journal of Human-Computer Studies* 43, 3 (1995), 323 – 361.
- [66] Garrett, J. J. *The Elements of User Experience: User-Centered Design for the Web and Beyond*. Peachpit Press, 2002.
- [67] Geyer-Hayden, B. Wissensmodellierung im Semantic Web. In *Social Semantic Web*, A. Blumauer and T. Pellegrini, Eds., X.media.press. Springer Berlin Heidelberg, 2009, pp. 127–146.
- [68] Groh, R. *Das Interaktions-Bild: Theorie und Methodik der Interfacegestaltung*. TUDpress, 2005.
- [69] Groh, R. Was sieht die Hand? - Zur Arbeitsteilung von Auge und Hand bei der Multitouch-Interaktion. Vortrag Universität Konstanz, Juni 2010.
- [70] Groh, R. Technische Visualistik. *Informatik-Spektrum* (Juli 2014), 1–5.
- [71] Groh, R., Gründer, T., and Keck, M. Metaphernproduktion für Begreifbare Benutzerschnittstellen. *i-com* 2 (2012), 44–49.
- [72] Gruber, T. R. A Translation Approach to Portable Ontology Specifications. Tech. Rep. Technical Report KSL 92-71, Knowledge Systems Laboratory, Computer Science Department, Stanford University, Stanford, California 94305, 1993.
- [73] Gubaer. Klassendiagramm (UML2) - Beispiel 1. Wikimedia Commons, zuletzt besucht am 03.08.2014. <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Klassendiagramm-1.png?uselang=de>.
- [74] Haller, H. Mappingverfahren zur Wissensorganisation. Diplomarbeit, Freie Universität Berlin, Fachbereich Erziehungswissenschaft und Psychologie, Diplomstudiengang Psychologie, Dezember 2002.
- [75] Haller, H. *User Interfaces for Personal Knowledge Management with Semantic Technologies*. PhD thesis, Karlsruher Institut für Technologie, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften (WIWI), Institut für Angewandte Informatik und Formale Beschreibungsverfahren (AIFB), July 2011.
- [76] Haller, H. iMapping Tool Demo Video, zuletzt besucht am 23.08.2014. <http://www.imapping.info/demo-video/>.

- [77] Haller, H., and Abecker, A. Requirements for Diagrammatic Knowledge Mapping Techniques. In *In Proceedings of I-KNOW 09 and I-SEMANTICS 09* (September 2009), pp. 82–92.
- [78] Haller, H., and Abecker, A. Designing a Knowledge Mapping Tool for Knowledge Workers. In *Knowledge-Based and Intelligent Information and Engineering Systems*, R. Setchi, I. Jordanov, R. Howlett, and L. Jain, Eds., vol. 6276 of *Lecture Notes in Computer Science*. Springer Berlin Heidelberg, 2010, pp. 660–669.
- [79] Hampton, J. A. Abstraction and Context in Concept Representation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences* 358, 1435 (2003), 1251–1259.
- [80] Hanf, M. B. Mapping: A technique for translating reading into thinking. *Journal of Reading* 14, 4 (1971), 225–270.
- [81] Hayes, P. J. Naive Physics I: Ontology for Liquids. In *Readings in qualitative reasoning about physical systems* (1989), Morgan Kaufmann Publishers Inc., pp. 484–502.
- [82] Hebb, D. *The Organization of Behavior: A Neuropsychological Theory*. Science Editions, 1963.
- [83] Hesse, W. Ontologie (n). *Informatik-Spektrum* 25, 6 (2002), 477–480.
- [84] Hewlett-Packard. HP TouchPad Support Site, zuletzt besucht am 24.07.2014. [http://kb.hpwebos.com/wps/portal/kb/na/touchpad/touchpad/wifi/home/page\\_en.html](http://kb.hpwebos.com/wps/portal/kb/na/touchpad/touchpad/wifi/home/page_en.html).
- [85] Hinckley, K., Zhao, S., Sarin, R., Baudisch, P., Cutrell, E., Shilman, M., and Tan, D. InkSeine: In Situ Search for Active Note Taking. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (New York, NY, USA, 2007), CHI '07, ACM, pp. 251–260.
- [86] Hodge, G. *Systems of Knowledge Organization for Digital Libraries: Beyond Traditional Authority Files*. ERIC, 2000.
- [87] Hurtienne, J., and Israel, J. H. PIBA-DIBA or How to Blend the Digital with the Physical. In *ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems - Workshop: Workshop: Blended Interaction - Envisioning Future Collaborative Interactive Spaces* (Paris - France, 2013).
- [88] Igarashi, T. *Freeform user interfaces for graphical computing*. PhD thesis, The University of Tokyo, Graduate School of Information Engineering, December 1999.
- [89] Ijzerman, H., and Semin, G. R. The Thermometer of Social Relations Mapping Social Proximity on Temperature. *Psychological Science* 20, 10 (2009), 1214–1220.

- [90] Jacob, R. J., Girouard, A., Hirshfield, L. M., Horn, M. S., Shaer, O., Solovey, E. T., and Zigelbaum, J. Reality-based Interaction: A Framework for post-WIMP Interfaces. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (New York, NY, USA, 2008), CHI '08, ACM, pp. 201–210.
- [91] Jensen, E. Sensemaking in Military Planning: a Methodological Study of Command Teams. *Cognition, Technology & Work* 11, 2 (2009), 103–118.
- [92] Jetter, H.-C., Dachsel, R., Reiterer, H., Quigley, A., Benyon, D., and Haller, M. Blended Interaction: Envisioning Future Collaborative Interactive Spaces. In *CHI '13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems* (New York, NY, USA, 2013), CHI EA '13, ACM, pp. 3271–3274.
- [93] Jiang, Y., Tian, F., Wang, X., Zhang, X., Dai, G., and Wang, H. Structuring and Manipulating Hand-drawn Concept Maps. In *Proceedings of the 14th International Conference on Intelligent User Interfaces* (New York, NY, USA, 2009), IUI '09, ACM, pp. 457–462.
- [94] Jiang, Y., Tian, F., Zhang, X. L., Dai, G., and Wang, H. Understanding, Manipulating and Searching Hand-Drawn Concept Maps. *ACM Trans. Intell. Syst. Technol.* 3, 1 (Oct. 2011), 11:1–11:21.
- [95] Johnson, G., Gross, M. D., Hong, J., and Yi-Luen Do, E. Computational Support for Sketching in Design: A Review. *Found. Trends Hum.-Comput. Interact.* 2, 1 (Jan. 2009), 1–93.
- [96] Kagan, J. Impulsive and Reflective Children: Significance of Conceptual Tempo. *Learning and the educational process. Chicago: Rand McNally* 133 (1965), 16l.
- [97] Kammer, D., Koalick, G., Gründer, T., Kolender, J., and Groh, R. Innovationsforum Technische Visualistik. Professur für Mediengestaltung, Institut für Software- und Multimediatechnologie, Fakultät Informatik, Technische Universität Dresden, 2011.
- [98] Kandel, E. R. Cellular Basis of Behavior: An Introduction to Behavioral Neurobiology.
- [99] Karim Benammar, Marieke van Schaik, I. S. S. V. O. W. *Reflectietools*. Hogeschool van Amsterdam, 2006. translation chapter 1.
- [100] Keck, M., Kammer, D., Iwan, R., Taranko, S., and Groh, R. Delviz: Exploration of tagged information visualizations. *Informatik 2011 - Interaktion und Visualisierung im Daten-Web* (2011).
- [101] Kerne, A., Smith, S. M., Koh, E., Choi, H., and Graeber, R. An Experimental Method for Measuring the Emergence of New Ideas in Information Discovery. *International Journal of Human-Computer Interaction* 24, 5 (2008), 460–477.



- [102] Kirsh, D. The Intelligent Use of Space. *Artificial Intelligence* 73, 1-2 (Feb. 1995), 31–68.
- [103] Kirsh, D. Interaction, External Representation and Sense Making. In *Proceedings of the Thirty First Annual Conference of the Cognitive Science Society* (Austin, TX, 2009), N. Taatgen and H. van Rijn, Eds., Cognitive Science Society, pp. 1103–1108.
- [104] Klein, G., Moon, B. M., and Hoffman, R. R. Making Sense of Sensemaking 1: Alternative Perspectives. *IEEE intelligent systems* 21, 4 (2006), 70–73.
- [105] Klein, G., Moon, B. M., and Hoffman, R. R. Making Sense of Sensemaking 2: A Macrocognitive Model. *Intelligent Systems, IEEE* 21, 5 (2006), 88–92.
- [106] Koenig, M. E. D. What is KM? Knowledge Management Explained, zuletzt besucht am 24.3.2014. <http://www.kmworld.com/Articles/Editorial/What-Is-.../What-is-KM-Knowledge-Management-Explained-82405.aspx>.
- [107] Konkle, T., Brady, T. F., Alvarez, G. A., and Oliva, A. Scene Memory is More Detailed Than you Think the Role of Categories in Visual Long-Term Memory. *Psychological Science* 21, 11 (2010), 1551–1556.
- [108] Kozhevnikov, M. Cognitive Styles in the Context of Modern Psychology: Toward an Integrated Framework of Cognitive Style. *Psychological bulletin* 133, 3 (2007), 464.
- [109] Lancaster, J. S., and Barsalou, L. W. Multiple Organisations of Events in Memory. *Memory* 5, 5 (1997), 569–599.
- [110] Lange, S., Nocke, T., and Schumann, H. Visualisierungsdesign-ein systematischer Überblick. In *SimVis* (2006), pp. 113–128.
- [111] Liepins, R., Cerans, K., and Sprogis, A. Visualizing and Editing Ontology Fragments with OWLGrEd. In *Proceedings of the I-SEMANTICS 2012 Posters & Demonstrations Track* (2012), pp. 22–25.
- [112] Likert, R. A Technique for the Measurement of Attitudes. *Archives of psychology* 22 (1932), 5–55.
- [113] Lindstaedt, S., and Granitzer, M., Eds. *i-Know '13: Proceedings of the 13th International Conference on Knowledge Management and Knowledge Technologies* (New York, NY, USA, 2013), ACM.
- [114] Linux.com. What Is Linux: An Overview of the Linux Operating System, zuletzt besucht am 04.08.2014. <https://www.linux.com/learn/new-user-guides/376-linux-is-everywhere-an-overview-of-the-linux-operating-system>.
- [115] Loftus, E. *Eyewitness Testimony*. Harvard University Press, 1996.
- [116] Luhmann, N. *Die Wissenschaft der Gesellschaft*. Niklas Luhmann. Suhrkamp Verlag GmbH, 1992.

- [117] Lutz, C. *Rechnergestütztes Konfigurieren und Auslegen individualisierter Produkte. Rahmenwerk für die Konzeption und Einführung wissensbasierter Assistenzsysteme in die Konstruktion*. PhD thesis, Technische Universität Wien, 2012.
- [118] Lyotard, J.-F., Engelmann, P., and Pfersmann, O. *Das postmoderne Wissen: ein Bericht*. Passagen, 1994.
- [119] Malone, T. W. How do people organize their desks? Implications for the design of office information systems. In *Proceedings of the SIGOA conference on Office information systems* (New York, NY, USA, 1982), ACM, pp. 47–49.
- [120] Marshall, C. C., and Shipman, III, F. M. Searching for the Missing Link: Discovering Implicit Structure in Spatial Hypertext. In *Proceedings of the Fifth ACM Conference on Hypertext* (New York, NY, USA, 1993), HYPERTEXT '93, ACM, pp. 217–230.
- [121] Medin, D. L., and Wattenmaker, W. D. Category Cohesiveness, Theories, and Cognitive Archeology. *Concepts and Conceptual Development: Ecological and Intellectual Factors in Categorization 1* (1987), 25–62.
- [122] Messick, S. *Individuality in Learning*. Higher Education Series. Jossey-Bass Publishers, 1976.
- [123] Microsoft. Microsoft OneNote, zuletzt besucht am 03.08.2014. <http://www.onenote.com>.
- [124] Microsoft. Microsoft PowerPoint, zuletzt besucht am 03.08.2014. <http://office.microsoft.com/en-001/powerpoint/>.
- [125] Microsoft. Windows - Microsoft Windows, zuletzt besucht am 04.08.2014. <http://windows.microsoft.com>.
- [126] Microsoft Research. InkSeine Features: What Makes InkSeine unique?, zuletzt besucht am 06.08.2014. <http://research.microsoft.com/en-us/um/redmond/projects/inkseine/Features.html>.
- [127] Miller, G. A. The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information. *Psychological review* 63, 2 (1956), 81.
- [128] Moran, T. P., Chiu, P., van Melle, W., and Kurtenbach, G. Implicit Structure for Pen-based Systems Within a Freeform Interaction Paradigm. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (New York, NY, USA, 1995), CHI '95, ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co., pp. 487–494.
- [129] Müsseler, J., and Prinz, W. *Allgemeine Psychologie*. Spektrum, Akademischer Verlag, 2002.

- [130] Nakakoji, K., Yamamoto, Y., Takada, S., and Reeves, B. N. Two-dimensional Spatial Positioning as a Means for Reflection in Design. In *Proceedings of the 3rd conference on Designing interactive systems: processes, practices, methods, and techniques* (New York, NY, USA, 2000), DIS 2000, ACM, pp. 145–154.
- [131] Naumer, C., Fisher, K., and Dervin, B. Sense-Making: a Methodological Perspective. In *Sensemaking Workshop, CHI'08* (2008).
- [132] Nonaka, I. The Knowledge-Creating Company. *Harvard business review* 69, 6 (1991), 96–104.
- [133] Norman, D. A. *Things That Make Us Smart: Defending Human Attributes in the Age of the Machine*. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., Boston, MA, USA, 1993.
- [134] Norman, D. A., and Nielsen, J. Gestural Interfaces: A Step Backward in Usability. *interactions* 17, 5 (Sept. 2010), 46–49.
- [135] Norman, D. A., and Shallice, T. Attention to Action. In *Consciousness and Self-Regulation*, R. J. Davidson, G. E. Schwartz, and D. Shapiro, Eds. Springer US, 1986, pp. 1–18.
- [136] Novak, J. D. Concept Maps and Vee Diagrams: Two Metacognitive Tools to Facilitate Meaningful Learning. *Instructional Science* 19, 1 (1990), 29–52.
- [137] Novak, J. D., and Cañas, A. J. The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct Them. *Florida Institute for Human and Machine Cognition* 1 (2006).
- [138] Ntuen, C. A., Munya, P., Trevino, M., Leedom, D., and Schmeisser, E. An Approach to Collaborative Sensemaking Process. In *Proc. 11th International Command and Control Research and Technology Symposium* (2006).
- [139] Object Management Group (OMG). OMG Unified Modeling Language(TM) (OMG UML), Infrastructure, August 2011. OMG Document Number: formal/2011-08-05.
- [140] Oshima, T. MindBoard - MindBoard apps, zuletzt besucht am 27.08.2014. [http://www.mindboardapps.com/product-mindboard-classic\\_muji.html](http://www.mindboardapps.com/product-mindboard-classic_muji.html).
- [141] Palmer, S. E. Common region: A new principle of perceptual grouping. *Cognitive Psychology* 24, 3 (1992), 436 – 447.
- [142] Pfister, R. A., and Eppler, M. J. The Benefits of Sketching for Knowledge Management. *Journal of Knowledge Management* 16, 2 (2012), 372–382.
- [143] Picot, A., Reichwald, R., and Wigand, R. T. Die grenzenlose Unternehmung.
- [144] Pietriga, E. IsaViz: A Visual Authoring Tool for RDF, zuletzt besucht am 24.7.2014. <http://www.w3.org/2001/11/IsaViz/>.

- [145] Pirolli, P., and Card, S. The Sensemaking Process and Leverage Points for Analyst Technology as Identified Through Cognitive Task Analysis. In *Proceedings of International Conference on Intelligence Analysis (2005)*, vol. 5, pp. 2–4.
- [146] Polanyi, M. *The tacit dimension*. London, UK, 1966.
- [147] Probst, G., Raub, S., and Romhardt, K. *Wissen managen - Wie Unternehmen ihre wertvollste Ressource optimal nutzen*. Frankfurter Allgemeine, Gabler, 1997. ISBN 3-409-19317-0.
- [148] Probst, G. J. B., Raub, S. P., and Romhardt, K. *Wissen managen: wie Unternehmen ihre wertvollste Ressource optimal nutzen*. Springer Gabler, Wiesbaden, 2012.
- [149] Promethean. Promethean - Interactive Education Technology for Schools, zuletzt besucht am 04.08.2014. <http://www.prometheanworld.com>.
- [150] Puppe, F. Nutzer-gesteuerte Beratungssysteme. Vortragsfolien, zuletzt besucht am 29.5.2014. [http://ki.informatik.uni-wuerzburg.de/projects/d3web\\_apps/WissBerat-Vorgehensmodelle.pdf](http://ki.informatik.uni-wuerzburg.de/projects/d3web_apps/WissBerat-Vorgehensmodelle.pdf).
- [151] Qu, Y., and Furnas, G. W. Sources of Structure in Sensemaking. In *CHI '05 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems* (New York, NY, USA, 2005), CHI EA '05, ACM, pp. 1989–1992.
- [152] Rehäuser, J., and Krcmar, H. *Wissensmanagement in Unternehmen*. Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, Univ. Hohenheim, 1996.
- [153] Reingold, E. M., and Charness, N. Perception in Chess: Evidence from Eye Movements. In *Cognitive Processes in Eye Guidance*, G. Underwood, Ed. Oxford University Press Oxford, 2005, pp. 325–354.
- [154] Robert C. Hill, M. L. Metaphors and Mental Models: Sensemaking and Sensegiving in Innovative and Entrepreneurial Activities. *Journal of Management* 21, 6 (December 1995), 1057–1074.
- [155] Rosch, E., and Mervis, C. B. Family Resemblances: Studies in the Internal Structure of Categories. *Cognitive psychology* 7, 4 (1975), 573–605.
- [156] Ross, B. H. The Effects of Category Use on Learned Categories. *Memory & Cognition* 28, 1 (2000), 51–63.
- [157] Rumelhart, D. E. Schemata: The Building Blocks of Cognition. In *Theoretical Issues in Reading Comprehension*, R. J. Spiro, B. C. Bruce, and W. F. Brewer, Eds. Routledge, 1980.
- [158] Rumelhart, D. E., McClelland, J. L., and PDP Research Group, C. *Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructure of Cognition, Vol. 1: Foundations*. MIT Press, Cambridge, MA, USA, 1986.

- [159] Russell, D. M., Stefik, M. J., Pirolli, P., and Card, S. K. The Cost Structure of Sensemaking. In *Proceedings of the INTERACT '93 and CHI '93 Conference on Human Factors in Computing Systems* (New York, NY, USA, 1993), CHI '93, ACM, pp. 269–276.
- [160] Ryle, G. *The Concept of Mind*. London, 1949.
- [161] Sabou, M., Blomqvist, E., Noia, T. D., Sack, H., and Pellegrini, T., Eds. *I-SEMANTICS '13: Proceedings of the 9th International Conference on Semantic Systems* (New York, NY, USA, 2013), ACM.
- [162] Scheuble, S. *Wissen und Wissenssurrogate: eine Theorie der Unternehmung*; Dt. Univ. Verl., Wiesbaden (1998).
- [163] Schneider, F. *Interaktive Abbildungen von Wissensmodellen in KMUs für Nicht-Experten*. Diplomarbeit, Juli 2013.
- [164] Schoenfeld, A. Learning to Think Mathematically: Problem Solving, Metacognition, and Sense-Making in Mathematics. *Colección Digital Eudoxus*, 7 (2009).
- [165] Schön, D. A. *The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action*. Basic Books, Inc., 1983.
- [166] Schoonahd, J. W., Gould, J. D., and Miller, L. A. Studies of Visual Inspection. *Ergonomics* 16, 4 (1973), 365–379.
- [167] Schreyogg, G., and Geiger, D. Wenn alles Wissen ist, ist Wissen am Ende nichts?! *Betriebswirtschaft Stuttgart* 63, 1 (2003), 7–22.
- [168] Schumann, H., and Müller, W. *Visualisierung: Grundlagen und allgemeine Methoden*. Springer, Oktober 2000.
- [169] Sellen, A. J., Murphy, R., and Shaw, K. L. How Knowledge Workers use the Web. In *CHI '02: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (New York, NY, USA, 2002), ACM, pp. 227–234.
- [170] Sharifian, F., and Samani, R. Hierarchical Spreading of Activation. In *Proceedings of the Int'l Conference on Language, Cognition, and Interpretation* (1997), IAU Press, pp. 1–10.
- [171] Sharma, N. Sensemaking: Bringing Theories and Tools Together. *Proceedings of the American Society for Information Science and Technology* 43, 1 (2006), 1–8.
- [172] Shipman, III, F. M., Marshall, C. C., and Moran, T. P. Finding and Using Implicit Structure in Human-organized Spatial Layouts of Information. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (New York, NY, USA, 1995), CHI '95, ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co., pp. 346–353.

- [173] Shneiderman, B. The Eyes Have it: a Task by Data Type Taxonomy for Information Visualizations. In *Visual Languages, 1996. Proceedings., IEEE Symposium on* (1996), pp. 336–343.
- [174] Simon, C. *Sinnausdruck - Sinnproduktion*. No. 27 in *Anmerkungen zur Zeit*. Akademie der Künste, Berlin, 1987.
- [175] Smeulders, A. W. M., Worring, M., Santini, S., Gupta, A., and Jain, R. Content-Based Image Retrieval at the End of the Early Years. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* 22, 12 (Dec. 2000), 1349–1380.
- [176] Smith, B. Ontologiebasierte Qualitätssicherung medizinischer Terminologien. *Ta-gungsband. GMDS Innsbruck 26* (2004), 30.
- [177] Soininen, T., Juha Thiihonen, Männistö, T., and Sulonen, R. Towards a General Ontology of Configuration. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing* 12, 4 (September 1998), 357–372.
- [178] Sokal, R. R., Sneath, P. H., et al. Principles of Numerical Taxonomy. *Principles of Numerical Taxonomy*. (1963).
- [179] Solso, R. L., and Reiss, M. *Kognitive Psychologie*. Springer Medizin Verlag, Heidelberg, 2005.
- [180] Sommer, M. *Sammeln*. Suhrkamp Verlag, Frankfurt am Main, 1999.
- [181] Spender, J.-C. Organizational Knowledge, Learning and Memory: Three Concepts in Search of a Theory. *Journal of organizational change management* 9, 1 (1996), 63–78.
- [182] Spinner, H. *Die Wissensordnung: ein Leitkonzept für die dritte Grundordnung des Informationszeitalters*. Studien zur Wissensordnung. VS Verlag für Sozialwissenschaften, 1994.
- [183] Standing, L. Learning 10000 Pictures. *Quarterly Journal of Experimental Psychology* 25, 2 (1973), 207–222. PMID: 4515818.
- [184] Stanford Center for Biomedical Informatics Research. Protégé, zuletzt besucht am 19. Juni 2013. <http://protege.stanford.edu>.
- [185] Starkl, R., Wolf, R., and Hayka, H. Änderungsentscheidungen im Systems Engineering. *Tag des Systems Engineering: Zusammenhänge erkennen und gestalten* (2013), 155.
- [186] Steffen, D. *Design als Produktsprache: der Offenbacher Ansatz in Theorie und Praxis*. Form Theorie. Art Books International Limited, 2000.
- [187] Steinmüller, W. *Informationstechnologie und Gesellschaft: Einführung in die angewandte Informatik*. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 1993.

- [188] Sutherland, I. E. *Sketch Pad a Man-machine Graphical Communication System*. PhD thesis, Massachusetts Institute of Technology, Department of Electrical Engineering, January 1963.
- [189] Tanaka, J. W., and Taylor, M. Object Categories and Expertise: Is the Basic Level in the Eye of the Beholder? *Cognitive psychology* 23, 3 (1991), 457–482.
- [190] Thayer, B. *Spatial Memory: The Role of Item Size and Position*. North Carolina State University., 1989.
- [191] ThinkBuzan. ThinkBuzan (a trading name of OpenGenius Ltd), zuletzt besucht am 09.08.2014. <http://thinkbuzan.com/download/>.
- [192] Tohidi, M., Buxton, W., Baecker, R., and Sellen, A. User Sketches: a Quick, Inexpensive, and Effective Way to Elicit more Reflective User Feedback. In *Proceedings of the 4th Nordic conference on Human-computer interaction: changing roles (NordiCHI '06)* (New York, NY, USA, 2006), ACM.
- [193] TopQuadrant. TopBraid Composer Maestro Edition, zuletzt besucht am 24.7.2014. <http://www.topquadrant.com/tools/ide-topbraid-composer-maestro-edition/>.
- [194] Tversky, B., and Suwa, M. Thinking with Sketches. *Tools for Innovation: The Science Behind the Practical Methods That Drive New Ideas* (2009), 75–85.
- [195] University of Auckland, The Human Computer Interaction Lab. HCI Lab - Intelligent Mind-Maps, zuletzt besucht am 27.08.2014. [https://www.cs.auckland.ac.nz/research/hci/digital\\_ink/sketch\\_tools/mindmap.shtml](https://www.cs.auckland.ac.nz/research/hci/digital_ink/sketch_tools/mindmap.shtml).
- [196] Vigo, M., Bail, S., Jay, C., and Stevens, R. Overcoming the pitfalls of ontology authoring: Strategies and implications for tool design. *International Journal of Human-Computer Studies* 72, 12 (2014), 835 – 845.
- [197] Vigo, M., Jay, C., and Stevens, R. Design Insights for the Next Wave Ontology Authoring Tools. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (New York, NY, USA, 2014), CHI '14, ACM, pp. 1555–1558.
- [198] Vogt, S., and Magnussen, S. Expertise in pictorial perception: eye-movement patterns and visual memory in artists and laymen. *PERCEPTION-LONDON-* 36, 1 (2007), 91.
- [199] von Engelhardt, J. *The Language of Graphics: A Framework for the Analysis of Syntax and Meaning in Maps, Charts and Diagrams*. Dissertation, Universiteit van Amsterdam. Institute for Logic, Language and Computation, September 2002. ILLC dissertation series 2002-03.
- [200] von Hildebrand, A. *Das Problem der Form in der bildenden Kunst*. Verlag von J. H. Ed. Heitz (Heitz & Mündel), 1893.

- [201] von Krogh, G., and Köhne, M. Der Wissenstransfer in Unternehmen: Phasen des Wissenstransfers und wichtige Einflussfaktoren. *Die Unternehmung* 52, 5/6 (1998), 235–252.
- [202] von Krogh, G., and Roos, J. *Organizational Epistemology*, 1 ed. Macmillan, Basingstoke, 1995.
- [203] Wagner, K., and Aslanidis, S. Prozessorientierte Nutzung von Erfahrungswissen in den frühen Phasen der Produktentstehung. In *4th Conference on Application of Knowledge Management in Industry and Public Administrations–Knowtech* (2002).
- [204] Watanabe, N., Washida, M., and Igarashi, T. Bubble Clusters: an Interface for Manipulating Spatial Aggregation of Graphical Objects. In *Proceedings of the 20th annual ACM symposium on User interface software and technology* (New York, NY, USA, 2007), UIST '07, ACM, pp. 173–182.
- [205] Waterman, D. A. *A Guide to Expert Systems*. Teknowledge Series in Knowledge Engineering Series. Addison-Wesley Publishing Company, 1986.
- [206] Weber, J. *Gestalt Bewegung Farbe - Kunst und anschauliches Denken*. Henschelverlag Kunst und Gesellschaft, Berlin, 1978.
- [207] Weick, K. E. *Sensemaking in Organizations*, vol. 3. Sage, 1995.
- [208] Weick, K. E., Sutcliffe, K. M., and Obstfeld, D. Organizing and the process of sensemaking. *Organization science* 16, 4 (2005), 409–421.
- [209] Werner, H., Latzina, M., and Brade, M. Symbik - A New Medium for Collaborative Knowledge-Intensive Work. In *The International Conference on Education, Informatics, and Cybernetics (icEIC)* (Orlando, Florida, Nov 29 - Dec 2 2011), International Institute of Informatics and Systemics (IIIS).
- [210] Wertheimer, M. Untersuchungen zur Lehre von der Gestalt. II. *Psychological Research* 4, 1 (1923), 301–350.
- [211] Wexelblat, A. Giving Meaning to Place: Semantic Spaces. In *Cyberspace*, M. Benedikt, Ed. MIT Press, Cambridge, MA, USA, 1991, pp. 255–272.
- [212] Widulle, W. *Handlungsorientiert Lernen im Studium: Arbeitsbuch für soziale und pädagogische Berufe*. VS Verlag für Sozialwissenschaften, 2009.
- [213] Willis, J. *Mnemonicæ; sive, Reminiscendi ars: è puris artis naturaeque fontibus hausta, & in tres libros digesta. Nec non, De memoria naturali fovenda libellus: è varijs doctissimorum operibus sedulò collectus*. Per Humfredum Lownes, Sump-tibus Nathanaelis Browne, 1618.
- [214] Witkin, H. A., Moore, C. A., Goodenough, D. R., and Cox, P. W. Field-dependent and field-independent cognitive styles and their educational implications. *Review of educational research* (1977).



- [215] Wobbrock, J. O., Wilson, A. D., and Li, Y. Gestures Without Libraries, Toolkits or Training: A \$1 Recognizer for User Interface Prototypes. In *Proceedings of the 20th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology* (New York, NY, USA, 2007), UIST '07, ACM, pp. 159–168.
- [216] Yates, F. A. *Gedächtnis und Erinnern*. Akademie Verlag, 1966.
- [217] Zeigarnik, B. Über das Behalten von erledigten und unerledigten Handlungen. *Psychologische Forschung* 9, 1 (1927), 1–85.
- [218] Zhang, J. The Nature of External Representations in Problem Solving. *Cognitive Science* 21, 2 (1997), 179–217.



# Glossar

**Fachgebietsexperte** - besitzt in der Regel (implizites) Erfahrungswissen in einem bestimmten Fachgebiet.

**Freiform-Wissensmodellierung** Begriff für Visualisierungsmethoden, welche für den Einsatz von Digitalisierstiften in der computergestützten Wissensmodellierung optimiert sind. Das Erscheinungsbild orientiert sich an dabei Freiformen, wie sie üblicherweise auf Papier oder Whiteboards gezeichnet werden.

**Mentales Modell** Mentale Modelle sind Vorstellungen oder Konzepte, welche Menschen über Sachverhalte oder das Verhalten von Dingen kreieren (vgl. Hayes [81]).

**Ontologie** Eine Ontologie ist in der Informatik definiert als „explizite formale Spezifikation einer gemeinsamen Konzeptualisierung“ (orig.: „shared conceptualization“), die für die Wieder- und Weiterverwendbarkeit von formalisiertem Wissen entwickelt wurde (vgl. Gruber [72]).

**Semantische Lücke** Die semantische Lücke ergibt sich aus dem Bedeutungsunterschied zwischen zwei Beschreibungen eines Objekts. Sie entsteht durch Verwendung unterschiedlicher Sprachen oder Repräsentationen bei der Modellierung von Wissen. Auf der einen Seite ist dies die natürliche, gesprochene Sprache des Menschen und auf der anderen die weniger mächtige formale Sprache (z.B. Programmiersprache), welche zur Abbildung von Wissen im Computer verwendet wird (nach Smeulders [175]).

**Sinnerschließung** Der Begriff Sinnerschließung umfasst sämtliche Prozesse, welche der Mensch mental und physisch durchläuft, während er sich ein Verständnis für ihn neuer Sachverhalte aufbaut. Bei der Sinnerschließung geht es darum, in scheinbar unstrukturierten Situationen die entscheidende, wichtige Struktur zu finden (vgl. Furnas [64])

**Wissensarbeiter** Der Begriff wird in der vorliegenden Arbeit ist als Überbegriff verschiedener Akteure verwendet. Unabhängig vom spezifischen Fachgebiet oder Beruf bezeichnet er Akteure, deren bezahlte oder private Arbeit zu einem großen Teil aus dem Finden, Analysieren, Erstellen, Weiterentwickeln, Produzieren oder Archivieren von Information besteht. (nach Sellen [169]).

**Wissensformalisierung** bezeichnet die Formalisierung von Wissen mit dem Ziel der Erstellung von messbarem, maschinenlesbarem Wissen, welches unabhängig von Personen gespeichert und abgerufen werden kann.

**Wissensingenieur** Ein Wissensingenieur ist ein Spezialist der Formalisierung und Implementierung menschlichen Fachwissens in maschinenlesbarer Form.

**Wissensmodellierung** Der Begriff Wissensmodellierung beinhaltet in der vorliegenden Arbeit als Überbegriff die Prozesse Sinnerschließung und Wissensformalisierung.

# Index

- Basis-Editor, 59, 79
- Begriff (Ontologie), 27, 162
- Bildbereich, 123
- Bildbereich (Beispiele), 129
  
- Concept-Map, 39
  
- Evaluation, 20
- Explizites Wissen, 15
- externe Repräsentation, 36
  
- Fachgebietsexperte, 46, 47
- Fluide Materialien (Flüssigkeiten), 148
- Formalisierungs-Editor, 61
- Formalisierungskomponente, 155
- formalästhetische Aspekte, 36
- freies grafisches Objekt, 58
- Freiform-Interaktion, 58
- Freiform-Repräsentation, 58
- Freiform-Wissensmodellierung, 58
  
- Gedächtnisbild, 30
- Gedächtniskunst des Memorierens, 30
- Gedächtnisort, 30
- grafische Relation, 123, 129
- grafische Repräsentation, 123
- grafisches Objekt, 58, 123
  
- Implizites Wissen, 17
- Inferenzmechanismen, 163
- Informationselemente, 129
- Instanz (Ontologie), 27, 162
  
- Kategorisierung (interne Prozesse), 32
- Kategorisierung (Visualisierung), 82
  
- Klassifikation / Kategorie (formal), 25
  
- mentales Modell, 24
- Mind-Map, 41
  
- Narratives Wissen, 17
- Natural Interface Exploration, 141
  
- Ontologie, 27, 156
- Ontologie, Beispiel, 156
- Ordnungsprinzip, 36
- Ortsgedächtnis, 36
- OWL: Web Ontology Language, 163
  
- Planare Anordnung, 38
- Praxisanalyse Wissensmodellierung, 45
  
- RDF: Resource Description Framework, 163
- Reasoner, 163
- Reflexion, 19
- Relation (Ontologie), 27, 162
- Relationssysteme, 27
  
- semantische Lücke, 28
- Semantisches Netz, 27
- Sinn, 19
- Sinnerschließung, 19, 24
- Sinnerschließung (HCI), 21
- Sinnerschließung (Psychologie), 23
- Sinnerschließung, Arbeitsprozess, 47
- Sinnproduktion, 19
- SketchViz, 79
- Skizzieren, 52
- Stilles Wissen, 17

Tablet-Computer, 79  
Thesaurus, 27  
Typen grafischer Objekte, 123  
  
Unified Modeling Language (UML), 39  
  
Wissen, 13  
Wissensarbeiter, 18, 46  
Wissensarten, 15  
Wissensbasiertes System, 46, 47  
Wissensformalisierung, 19, 25  
Wissensformalisierung, Arbeitsprozess,  
48, 155  
Wissensingenieur, 46, 47  
Wissensmanagement, 45  
Wissensmodellierung, 18  
Wissensmodellierung, Arbeitsprozess, 47  
Wissensrepräsentation, 25  
Wissensrepräsentation (extern), 36  
Wissensrepräsentation (intern), 29