

# **Diss**

Stefan Oppl

29. Juli 2009



# Inhaltsübersicht



# Inhaltsverzeichnis

<b>I. Einführung</b>	<b>I</b>
<b>I. Grundlagen</b>	<b>3</b>
<b>2. Articulation Work</b>	<b>7</b>
2.1. Begriffsbestimmung . . . . .	7
2.2. Kontext . . . . .	10
2.3. Ausprägungen von Articulation Work . . . . .	10
2.3.1. Unterscheidung nach Fjuk, Smørdal und Nurminen . . . . .	12
2.3.2. Unterscheidung nach Hampson und Junor . . . . .	15
2.3.3. Zusammenfassung . . . . .	17
2.4. Unterstützung von Articulation Work . . . . .	20
2.4.1. Papertitel / Titel des Forschungsprojekts . . . . .	21
2.4.2. Work and the Division of Labor . . . . .	22
2.4.3. Gegenüberstellung und Zusammenfassung . . . . .	23
2.5. Fazit . . . . .	23
<b>3. Mentale Modelle</b>	<b>25</b>
3.1. Articulation Work und mentale Modelle . . . . .	25
3.1.1. Mentale Modelle nach Johnson-Laird . . . . .	27
3.2. Mentale Modelle im Gesamtzusammenhang . . . . .	27
3.2.1. Realität . . . . .	27
3.2.2. Theorien . . . . .	27
3.2.3. Experten- vs. Alltags-Modelle . . . . .	27
3.2.4. Schemata . . . . .	27
3.3. Bildung mentaler Modelle . . . . .	27
3.4. Externalisierung mentaler Modelle . . . . .	28
<b>4. Externalisierung mentaler Modelle</b>	<b>29</b>
4.1. Concept Mapping . . . . .	29
4.2. Strukturlegetechniken . . . . .	29
4.3. Herausforderungen bei der Anwendung . . . . .	29

4.3.1.	Kollaborative Anwendbarkeit . . . . .	29
4.3.2.	Nachhaltige Verwendung der Information . . . . .	29
4.3.3.	Zusammenführung . . . . .	29
<b>II.</b>	<b>Unterstützung</b>	<b>23</b>
<b>5.</b>	<b>Methodik</b>	<b>27</b>
<b>6.</b>	<b>Anforderungen an ein Werkzeug</b>	<b>29</b>
<b>7.</b>	<b>Grundlagen der Implementierung</b>	<b>31</b>
7.1.	Historische Entwicklung von Tangible Interfaces . . . . .	32
7.1.1.	Ubiquitous Computing . . . . .	32
7.1.2.	Augmented Reality . . . . .	32
7.1.3.	Metaphern . . . . .	32
7.1.4.	Tangible Output . . . . .	32
7.2.	Konzeptualisierung und Klassifikation von Tangible Interfaces . . . .	32
7.2.1.	Bricks . . . . .	34
7.2.2.	Graspable User Interfaces . . . . .	36
7.2.3.	Tangible Bits . . . . .	38
7.2.4.	Containers, Tokens und Tools . . . . .	40
7.2.5.	Tangible Objects Meaning . . . . .	42
7.2.6.	Das MCRpd Interaktions-Modell . . . . .	43
7.2.7.	Tokens und Constraints nach Ullmer . . . . .	46
7.2.8.	Degree of Coherence . . . . .	48
7.2.9.	Tokens und Constraints nach Shaer et al. . . . .	51
7.2.10.	Kategorien von TUI-Anwendungen . . . . .	52
7.2.11.	Taxonomie nach Fishkin . . . . .	53
7.2.12.	Mixed Reality . . . . .	56
7.2.13.	Tangible Bits: Beyond Pixels . . . . .	56
7.2.14.	Zusammenfassung . . . . .	60
7.3.	Tangible Interfaces in kooperativer Verwendung . . . . .	65
7.4.	Tabletop Interfaces . . . . .	66
7.4.1.	Historische Entwicklung . . . . .	66
7.5.	Tangible Interfaces zur Erstellung diagrammatische Modelle . . . . .	66
7.5.1.	Aktuelle verwandte Ansätze . . . . .	66
<b>8.</b>	<b>Eingabe und Interpretation</b>	<b>67</b>
8.1.	Möglichkeiten zur Erfassung von Benutzerinteraktion . . . . .	67
8.1.1.	In Frage kommende technologische Ansätze . . . . .	68

8.1.2.	In Frage kommende Frameworks . . . . .	75
8.1.3.	Technologieentscheidung . . . . .	84
8.2.	Konzeption und Umsetzung der Hardwarekomponenten . . . . .	90
8.2.1.	Überblick . . . . .	91
8.2.2.	Tokens und Input-Werkzeuge . . . . .	92
8.2.3.	Input auf der Tischoberfläche . . . . .	102
8.3.	Benutzerinteraktion mit dem Werkzeug . . . . .	104
8.3.1.	Hinzufügen und Verändern von Modellelementen . . . . .	105
8.3.2.	Benennen von Modellelementen . . . . .	106
8.3.3.	Verbinden von Modellelementen . . . . .	107
8.3.4.	Löschen von Elementen und Verbindungen . . . . .	109
8.3.5.	Einbettung von Zusatzinformation . . . . .	109
8.3.6.	Kontrolle der Modellierungshistorie . . . . .	111
8.4.	Erfassung der Benutzerinteraktion durch Software . . . . .	113
8.4.1.	Interpretation der Rohdaten . . . . .	113
8.4.2.	Stabilisierung der Erkennungsleistung . . . . .	116
8.4.3.	Erkennung von Markierungen und Verbindungen . . . . .	121
8.4.4.	Erkennung von geöffneten Tokens . . . . .	123
8.4.5.	Benennung von Modellelementen . . . . .	126
8.4.6.	Festlegung der Bedeutung von Modellelementen . . . . .	128
8.4.7.	Tracking des Modellzustandes . . . . .	128
8.4.8.	Verteilung des Modellzustandes . . . . .	131
8.5.	Zusammenfassung . . . . .	131
<b>9.</b>	<b>Ausgabe</b>	<b>133</b>
9.1.	Auszugebende Information . . . . .	133
9.2.	Technologische Grundlage der Ausgabe . . . . .	134
9.2.1.	Ansätze zur kohärenten Ausgabe . . . . .	135
9.2.2.	Ansätze zur entkoppelten Ausgabe . . . . .	138
9.2.3.	Technologie-Entscheidung . . . . .	140
9.2.4.	Frameworks zur Ausgabe . . . . .	142
9.3.	Ausgabe von Information . . . . .	145
9.3.1.	Konzept . . . . .	145
9.3.2.	Architektur . . . . .	147
9.3.3.	Ausgabe von Information zum Modell . . . . .	148
9.3.4.	Ausgabe zur Kontrolle des Systems . . . . .	153
9.4.	Umsetzung der Ausgabe mit Software . . . . .	158
9.4.1.	Ausgabe des Modellzustands . . . . .	160
9.4.2.	Ausgabe der Modellierungshistorie . . . . .	162
9.4.3.	Umsetzung der Wiederherstellungsunterstützung . . . . .	162
9.5.	Zusammenfassung . . . . .	164

<b>10. Persistierung</b>	<b>167</b>
10.1. Möglichkeiten der Persistenzsicherung . . . . .	167
10.2. Topic Maps . . . . .	168
10.2.1. Topics, Subjects, Topic Names und Variants . . . . .	169
10.2.2. Associations und Roles . . . . .	172
10.2.3. Occurrences und Datatypes . . . . .	173
10.2.4. Metamodellierung in Topic Maps . . . . .	173
10.2.5. Statements und Scopes . . . . .	177
10.2.6. Reification . . . . .	178
10.2.7. Merging . . . . .	179
10.3. Abbildung von Modellen auf Topic Maps . . . . .	179
10.3.1. Grundlegende Abbildung . . . . .	180
10.3.2. Abbildung des Metamodells . . . . .	181
10.3.3. Abgrenzung von Submodellen . . . . .	184
10.3.4. Flexibilisierung der Abbildung . . . . .	186
10.4. Technische Umsetzung der Persistierung von Modellen . . . . .	187
10.4.1. Topic Map Engine . . . . .	187
10.4.2. Dynamische Metamodelle . . . . .	190
10.4.3. Persistierung . . . . .	190
10.5. Export graphischer Repräsentationen . . . . .	190
10.5.1. Ausgabeformen . . . . .	190
10.5.2. Technische Umsetzung des graphischen Exports . . . . .	194
10.6. Zusammenfassung . . . . .	194
 <b>III. Evaluierung</b>	 <b>195</b>
<b>11. Konzeptionelle Einordnung</b>	<b>199</b>
11.1. Einordnung in den Bricks-Designraum . . . . .	199
11.1.1. Abbildung . . . . .	200
11.1.2. Bewertung . . . . .	201
11.2. Bestimmung der Eigenschaften des Graspable User Interfaces Ansatz	202
11.2.1. Abbildung . . . . .	202
11.2.2. Bewertung . . . . .	203
11.3. Betrachtung im Lichte des Tangible Bits Ansatzes . . . . .	203
11.3.1. Abbildung . . . . .	203
11.3.2. Bewertung . . . . .	204
11.4. Einordnung in das Ordnungssystem von Holmquist et al. . . . .	204
11.4.1. Abbildung . . . . .	205
11.4.2. Bewertung . . . . .	205
11.5. Einordnung in das Object-Meaning-Kontinuum . . . . .	206



II.5.1.	Abbildung . . . . .	206
II.5.2.	Bewertung . . . . .	207
II.6.	Betrachtung im Lichte des MCRpd-Modells . . . . .	207
II.6.1.	Abbildung . . . . .	208
II.6.2.	Bewertung . . . . .	209
II.7.	Einordnung in den Tokens+Constraints Kontext . . . . .	209
II.7.1.	Einordnung . . . . .	209
II.7.2.	Bewertung . . . . .	211
II.8.	Einordnung in das Framework nach Koleva et al. . . . .	211
II.8.1.	Abbildung . . . . .	212
II.8.2.	Bewertung . . . . .	213
II.9.	Spezifikation des TAC-Schemas nach Shaer et al. . . . .	214
II.9.1.	Abbildung . . . . .	214
II.9.2.	Bewertung . . . . .	215
II.10.	Einordnung in die Kategorien von TUI-Anwendungen . . . . .	215
II.10.1.	Abbildung . . . . .	216
II.10.2.	Bewertung . . . . .	216
II.11.	Einordnung in die Taxonomie von Fishkin . . . . .	216
II.11.1.	Abbildung . . . . .	216
II.11.2.	Bewertung . . . . .	218
II.12.	Betrachtung im Lichte der Retrospektive von Ishii . . . . .	219
II.12.1.	Einordnung . . . . .	219
II.12.2.	Bewertung . . . . .	220
II.13.	Zusammenfassung . . . . .	221
II.13.1.	Eignung der konzeptionellen Ansätze zur Beschreibung . . .	221
II.13.2.	Verbesserungspotential für das Werkzeug . . . . .	221
<b>12.</b>	<b>Überblick über die empirische Untersuchung</b>	<b>223</b>
12.1.	Untersuchungsaspekte . . . . .	223
12.1.1.	Evaluierung des Werkzeugs . . . . .	224
12.1.2.	Evaluierung der Modellrepräsentationen . . . . .	225
12.1.3.	Evaluierung der Articulation Work . . . . .	226
12.2.	Globales Untersuchungsdesign . . . . .	227
12.2.1.	Block 1: Technische Evaluierung . . . . .	228
12.2.2.	Block 2: Aushandlung von Zusammenarbeit 1 . . . . .	229
12.2.3.	Block 3: Concept Mapping 1 . . . . .	231
12.2.4.	Block 4: Aushandlung von Zusammenarbeit 2 . . . . .	234
12.2.5.	Block 5: Concept Mapping 2 . . . . .	235
12.3.	Eingesetzte Werkzeuge und Verfahren . . . . .	237
12.3.1.	Werkzeuge . . . . .	237
12.3.2.	Korrelationstests . . . . .	237

12.3.3. Signifikanztests . . . . .	237
12.4. Zusammenfassung . . . . .	237
<b>13.Evaluierung der Verwendbarkeit des Werkzeugs</b>	<b>241</b>
13.1. Hypothesen . . . . .	241
13.1.1. Konzeptionell begründete Hypothesen . . . . .	242
13.1.2. Explorativ gebildete Hypothesen . . . . .	244
13.2. Untersuchungsdesign und Durchführung . . . . .	245
13.2.1. Operationalisierung . . . . .	246
13.2.2. Datenbasis . . . . .	252
13.2.3. Durchführung . . . . .	252
13.3. Ergebnisse . . . . .	253
13.3.1. Repräsentation diagrammatischer Modelle . . . . .	253
13.3.2. Kollaboratives Arbeiten . . . . .	255
13.3.3. Herstellung von Verbindern . . . . .	257
13.3.4. Verwendung des Löschtokens . . . . .	261
<b>14.Evaluierung der erstellten Modelle</b>	<b>265</b>
14.1. Hypothesen . . . . .	265
14.1.1. Konzeptuell begründete Hypothesen . . . . .	265
14.1.2. Explorativ gebildete Hypothesen . . . . .	265
14.2. Untersuchungsdesign und Durchführung . . . . .	266
14.2.1. Grundlagen . . . . .	266
14.3. Ergebnisse . . . . .	266
14.3.1. Connectedness . . . . .	266
<b>15.Evaluierung der durchgeführten Articulation Work</b>	<b>267</b>
15.1. Hypothesen . . . . .	267
15.1.1. Konzeptuell begründete Hypothesen . . . . .	267
15.1.2. Explorativ gebildete Hypothesen . . . . .	267
15.2. Untersuchungsdesign und Durchführung . . . . .	267
15.3. Ergebnisse . . . . .	267
<b>16.Schlussbetrachtungen</b>	<b>265</b>
 <b>Verzeichnisse</b>	 <b>III</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>III</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>IV</b>

<b>Stichwortverzeichnis</b>	<b>V</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>VIII</b>
<b>Bildquellen</b>	<b>X</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>XIII</b>





# **Teil I.**

## **Grundlagen**



# Einleitung

Dieser Teil stellt die dieser Arbeit zugrundeliegenden Konzepte und deren Auswirkungen auf die Erreichung der globalen Zielsetzung vor. Ziel dieses Teil ist es, diese Konzepte umfassend darzulegen und in der existierenden Literatur Möglichkeiten bzw. Ansatzpunkte zur Unterstützung expliziter Articulation Work zu identifizieren.

AW motivieren

Mentale Modelle motivieren

Externalisierung motivieren

Aufbau des Teils beschreiben





## 2. Articulation Work

In diesem Kapitel wird das Konzept „Articulation Work“ dargestellt und in den Kontext von menschlicher Arbeit gestellt. Im ersten Teil des Kapitels wird auf die historische Entwicklung des Begriffs „Articulation Work“ und die unterschiedlichen Herangehensweise zu dessen Verständnis eingegangen. Der zweite Teil des Kapitels widmet sich den Aktivitäten, die „Articulation Work“ ausmachen, den Merkmalen, an denen sich gute „Articulation Work“ zeigt, sowie den Möglichkeiten der Unterstützung von „Articulation Work“ durch organisationale und technische Maßnahmen.

### 2.1. Begriffsbestimmung

Das Konzept der „Articulation Work“ wurde als Erklärungsmodell für eine bestimmte Art von menschlicher Arbeit Mitte der 1980er Jahre von Strauss (1985) eingeführt. Neben Strauss (1985) tragen auch die Arbeiten von Gerson und Star (1986) und Fujimura (1987) wesentlich zur Begriffsbestimmung und Konzeptbildung bei. Die vorhandene Literatur, die Bezug auf „Articulation Work“ nimmt, referenziert im Wesentlichen auf diese drei Arbeiten bzw. eine dieser drei Arbeiten. Der Kontext, in dem die Entwicklung der im folgenden vorgestellten Konzepte erfolgte, war die komplexe, von viel Interaktion an zahlreichen Schnittstellen geprägte Arbeit in Krankenhäusern (Strauss, 1985), in der Wissenschaft (Fujimura, 1987) und in Versicherungsunternehmen (Gerson und Star, 1986), die die jeweiligen Autoren in mehreren Fallstudien untersuchten.

Um in der Folge einen einheitlichen Begriffsraum aufspannen zu können, ist vorab der Begriff „Arbeit“ zu klären. Die eben genannten Autoren führen keine explizite Definition an, weshalb hier auf eine Definition zurückgegriffen wird, die im Kontext der folgenden Ausführungen zur „inneren“ Struktur von Arbeit nach „außen“ hinreichend umfassend ist<sup>1</sup>. (Semmer und Udris, 2004) definieren vor dem Hintergrund der Organisationspsychologie „Arbeit“ wie folgt: *„Arbeit ist zielgerichtete*

---

<sup>1</sup>Auf eine umfassende Literaturstudie und die Entwicklung eines darauf aufbauenden „Arbeits“-Begriffs wurde hier verzichtet, da dies über den Betrachtungsbereich und Anspruch dieser Arbeit hinausgeht

*menschliche Tätigkeit zum Zwecke der Transformation und Aneignung der Umwelt aufgrund selbst- oder fremddefinierter Aufgaben, mit gesellschaftlicher, materieller oder ideeller Bewertung, zur Realisierung oder Weiterentwicklung individueller oder kollektiver Bedürfnisse, Ansprüche und Kompetenzen.*“. Arbeit ist also ein menschliches Phänomen, Träger von Arbeit sind immer Menschen. Arbeit definiert sich außerdem durch ihre Zielgerichtetheit und findet immer in Interaktion mit der Umwelt statt. Die Ziele, auf die Arbeit ausgerichtet ist, leiten sich aus Aufgaben ab, die sich Menschen selbst setzen können oder die ihnen vorgegeben werden. Diese Aufgaben dienen der Erreichung von individuellen oder kollektiven Bedürfnissen und Ansprüchen bzw. der (Weiter-)Entwicklung von Kompetenzen. Die Bewertung der Zielerreichung muss nicht unbedingt aus materieller Perspektive erfolgen sondern kann auch ideell oder gesellschaftlich begründet sein.

„Articulation Work“ ist jener Anteil der gesamten durchgeführten Arbeit, der der Abstimmung mit anderen Individuen dient. Diese Abstimmung ist notwendig, um das eigentliche Arbeitsziel erreichen zu können. Arbeit wird von den oben angeführten Autoren als inhärent kooperativer Prozess gesehen, der immer auf Interaktion mit anderen Menschen basiert bzw. diese bedingt (Strauss formuliert diese Annahme in Bezugnahme auf Hughes (1971) prägnant mit der Aussage „*work rests ultimately on interaction*“). Diese Annahme erscheint insofern als zulässig, als dass selbst Arbeitsabläufe, die selbst keine Kooperation mit anderen Menschen mit sich bringen, zumindest auf den Ergebnissen anderer Arbeitsabläufe aufbauen oder als Grundlage weiterer Arbeitsabläufe dienen. Interaktion tritt also in jedem Arbeitsprozess zumindest zu Beginn und am Ende in unmittelbarer oder mittelbarer<sup>2</sup> Form auf.

### **Abbildung, in der kooperative Arbeitsprozesse und solche mit mittelbarer und unmittelbarer Interaktion zu Beginn oder am Ende dargestellt werden**

Jener Teil von Arbeit, der der eigentlichen Zielerreichung dient, wird im hier vorgestellten Erklärungsmodell als „Production Work“ bezeichnet (Fujimura, 1987). „Production Work“ ist komplementär zu „Articulation Work“ zu sehen und umfasst alle Aktivitäten, die der „Wertschöpfung“ im wörtlichen Sinn dienen. „Production Work“ sind also alle Tätigkeiten, die mit der Schaffung jener Werte (oder Ergebnisse) befasst sind, die durch den Arbeitsablauf erreicht werden sollen.

Teile eines Arbeitsablaufs dienen also der Zielerreichung an sich („Production Work“). Andere Teile dienen der Abstimmung zwischen den involvierten Akteuren, um ein gemeinsames Verständnis über die jeweiligen Schnittstellen – also die Berüh-

---

<sup>2</sup>Unter „mittelbar“ ist hier Interaktion zu verstehen, die nicht im direkten Kontakt zwischen Individuen abläuft sondern lediglich indirekt durch die Ergebnisse eines Arbeitsprozesses (Materialien, Dokumente, ...) vermittelt wird.

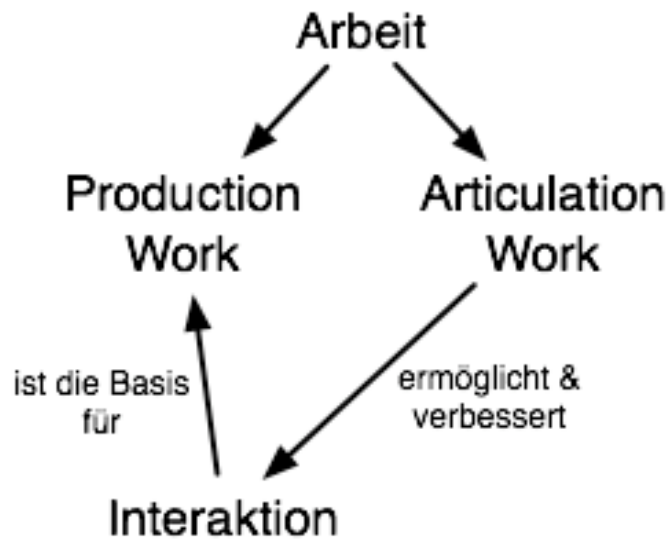


Abbildung 2.1.: Struktur von Arbeitsabläufen

ungspunkte zwischen den Tätigkeiten – zu entwickeln (siehe Abbildung 2.1). Diese Entwicklung eines gemeinsamen Verständnisses oder „Koordination“ ist kritisch für den Erfolg von kooperativer Arbeit (Strauss, 1993) und wird als „Articulation Work“ bezeichnet.<sup>3</sup>

„Articulation Work“ ist also ein Enabler für funktionierende Kommunikation und Koordination im eigentlichen Arbeitsprozess. Sie umfasst dabei konkret die gegenseitigen Offenlegung der Annahmen aller beteiligten Personen, die den individuellen Arbeitsbeiträgen zugrunde liegen, und dem jeweiligen Vorgehen<sup>4</sup> „Articulation Work“ ist keine Tätigkeit, die zu einem bestimmten Zeitpunkt im Arbeitsprozess durchgeführt wird und dann als abgeschlossen betrachtet werden kann. Vielmehr wird „Articulation Work“ immer auch begleitend zur eigentlichen produktiven Arbeit durchgeführt und umfasst neben planenden und koordinierenden Tätigkeiten auch das Erkennen von Fehlentwicklungen bzw. von Situationen, in denen eine erneute Koordination notwendig ist<sup>5</sup>.

<sup>3</sup> „Without an understanding of articulation, the gap between requirements and the actual work process in the office will remain inaccessible to analysis. That is, it will be possible to describe tasks in an idealized form but not to describe actual situations.“ (Gerson und Star, 1986)

<sup>4</sup> „Reconciling incommensurate assumptions and procedures in the absence of enforceable standards is the essence of articulation.“ (Gerson und Star, 1986)

<sup>5</sup> „Articulation consists of all the tasks involved in assembling, scheduling, monitoring, and coordinating all of the steps necessary to complete a production task.“ (Gerson und Star, 1986)

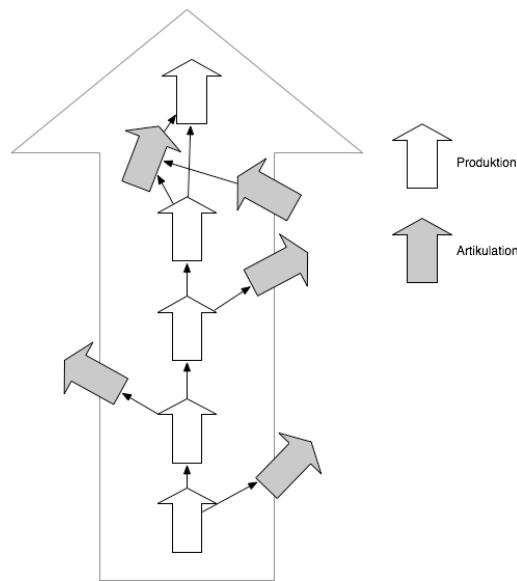


Abbildung 2.2.: Konzeptualisierung von „Arbeit“ nach (Strauss, 1985) und (Fujimura, 1987)

Der Begriff „Articulation Work“ ist im Englischen zweideutig und von Strauss auch bewusst so gewählt. Einerseits wird damit ausgedrückt, dass *Arbeit* („Work“) artikuliert wird, andererseits zeigt der Begriff, dass die *Artikulation* selbst ebenfalls Arbeit ist (also Zeit und Ressourcen in Anspruch nimmt) und auch also solche wertgeschätzt werden muss (Fujimura, 1987). „Articulation Work“ ist kein klar abgegrenztes und strukturiertes Konzept – sie tritt je nach Arbeitssituation in unterschiedlichen Spielarten auf. Die Unterscheidung dieser Arten von „Articulation Work“ ist für die Unterstützung derselben relevant und wird daher im folgenden Abschnitt genauer betrachtet.

## 2.2. Kontext

Arc of Work, Due Process, ...

## 2.3. Ausprägungen von Articulation Work

Wie bereits von Gerson und Star (1986) angeführt (siehe oben), argumentiert auch Strauss, dass Artikulation immer passieren muss (und passiert), wo Menschen zusammenarbeiten, um zu vermeiden, dass unbekannte Aspekte Probleme bei der

Durchführung der Arbeit verursachen (Strauss, 1988). „Articulation Work“ ist kein revolutionäres Konzept, sondern fasst Tätigkeiten unter einem Begriff zusammen, die seit jeher Teil jeder Zusammenarbeit zwischen Menschen sind. Grundsätzlich geht Strauss davon aus, dass Artikulation immer abläuft, egal wie einfach oder kompliziert, wie eingespielt oder neuartig eine (Zusammen-)Arbeit ist (Strauss, 1988). Sehr wohl existieren jedoch Unterschiede in der Qualität der Arbeit, die sich auf die Form der Artikulation auswirken, die zu deren Abstimmung notwendig ist: *„A useful fundamental distinction between classes of interaction is between the routine and the problematic. Problematic interactions involve 'thought', or when more than one interactant is involved then also 'discussion'.*“ (Strauss, 1993). Dieses Zitat zeigt im Übrigen auch, dass „Interaction“ im Sinne von Strauss nicht unbedingt ein kollektives Phänomen ist, sondern auch individuell (im Bezug auf die (unbelebte) Umgebung) auftreten kann.

Je komplexer („problematic“) eine Interaktion ist, desto notwendiger wird laut Strauss eine explizite Beschäftigung mit dem Vorgang der Artikulation. Bei einfachen, eingespielten („routine“) Interaktionen bleibt die Artikulation zumeist implizit, verborgen und informell (Hampson und Junor, 2005) (entsprechend der „Sozialisation“ im aus der Domäne der Wissensgenerierung und -teilung stammenden SECI-Zyklus (Nonaka und Takeuchi, 1995)). Ein grundlegendes Problem, dass Artikulation für jeden noch so einfach erscheinend Arbeitsvorgang potentiell relevant macht, spricht Strauss mit den Worten von Hughes unmittelbar nach der Definition von „problematic interaction“ an: *„[O]ne man's routine of work is made up of the emergencies of other people“* (Hughes, 1971) zitiert nach (Strauss, 1993).

„Articulation Work“ tritt also in zwei Qualitäten auf. Ist der Bedarf zur Abstimmung bekannt und werden Tätigkeiten zur Abdeckung dieses Bedarf bewusst durchgeführt, so spricht man von *expliziter* „Articulation Work“ (Strauss, 1988) (Fjuk et al., 1997). Die Abstimmung von Tätigkeiten, die ständig während der Zusammenarbeit unbewusst ausgeführt wird, bezeichnet man als *implizite* „Articulation Work“<sup>6</sup>. Letztgenannte Art ist es auch, die von den Arbeitenden „automatisch“ zur Anwendung gebracht wird, sobald Änderungen in der Arbeitsumgebung oder Probleme auftreten (Strauss, 1988). Implizite „Articulation Work“ stößt aber an ihre Grenzen, wenn die Arbeitssituation als „problematisch“ (Strauss, 1988) oder „komplex“ (Schmidt, 1990, S. 23f) wahrgenommen wird. Es wird dann notwendig, dezidierte Abstimmungs-Aktivitäten anzustoßen, also explizite „Articulation Work“ durchzuführen.

---

<sup>6</sup>The explicit articulation is thus connected to the planning and decisions regarding the salient dimensions of work – who, what, when, how – while implicit articulation is invaluable when carrying out activities in situated circumstances, in order to handle contingencies. (Fjuk et al., 1997, S.5)

Neben der Unterscheidung zwischen impliziter und expliziter Articulation Work anhand der Komplexität der zugrunde liegenden Interaktion führt Strauss keine systematische Betrachtung von Articulation Work hinsichtlich deren Ausprägungen durch. Offensichtlich wird in seinen Texten jedoch, dass es Articulation Work als beobachtbares und eindeutig also solche identifizierbares Phänomen nicht gibt. Abhängig vom betrachteten Arbeitsablauf, der Arbeitsumgebung und den beteiligten Personen zeigt sich Articulation Work in unterschiedlichen Formen.

In der Literatur existieren zwei Ansätze zur Differenzierung zwischen unterschiedlichen Arten von Articulation Work. Fjuk et al. (1997) stellen Articulation Work der Activity Theory (Leont'ev, 1978) gegenüber und unterscheiden so verschiedene Ebenen. Hampson und Junor (2005) führen ein Raster ein, das Articulation Work hinsichtlich der Art des Arbeitsprozesses unterscheidet, in dem sie zur Anwendung kommt. Beide Ansätze werden in der Folge im Detail beschrieben und bezüglich ihrer Implikationen für diese Arbeit betrachtet.

### **2.3.1. Unterscheidung nach Fjuk, Smørdal und Nurminen**

Fjuk et al. (1997) betrachten Articulation Work im Kontext von CSCW<sup>7</sup> und versuchen ein konzeptionelles Framework zu entwickeln, das die Rolle von Computersystemen im Kontext individueller und kollektiver Tätigkeiten erklärt – sie entwickeln also ein Erklärungsmodell für die Funktionsweise sozio-technischer Systeme (Emery und Trist, 1960). Während die Implikationen von „Articulation Work“ für CSCW an dieser Stelle nicht näher von Belang sind ist aber das theoretische Framework, das die Autoren ihren Ausführungen zu Grunde legen von Interesse.

Fjuk et al. (1997) beziehen sich bei ihren Überlegungen auf die „Activity Theorie“ (Tätigkeits-Theorie), die maßgeblich von (Leont'ev, 1972) geprägt wurde. Die Autoren argumentieren, dass diese einen Ansatzpunkt bietet, die von Strauss als relevant erkannten aber nicht näher behandelten „externen Faktoren“, die Arbeit beeinflussen, zu berücksichtigen. Der Begriff der „externen Faktoren“ wird mit allen Einflussfaktoren beschrieben, die nicht unmittelbar Teil des Arbeitsablaufs sind sondern technologischer, organisationaler, kultureller, wirtschaftlicher oder physiologischer Natur sind.

Ohne an dieser Stelle näher auf die „Activity Theory“<sup>8</sup> einzugehen, seien hier die drei Kernkonzepte der Theorie erwähnt:

- Activity (Tätigkeit)

---

<sup>7</sup>Computer Supported Cooperative Work

<sup>8</sup>für eine allgemein verständliche Einführung unter Berücksichtigung der praktischen Implikationen siehe Dahme und Raeithel (1997) oder Nardi und Kaptelinin (2006)

- Action (Aktion)
- Operation (Operation)

Diese drei Konzepte bilden eine Hierarchie, in denen eine „Activity“ an oberster Stelle steht. Eine „Activity“ ist eine menschliche Tätigkeit, die durch ein Motiv getrieben ist und der (vorerst) individuellen Bedürfnisbefriedigung dient. Eine „Activity“ setzt sich aus mehreren „Actions“ zusammen, die jede für sich ein aus dem Motiv heraus begründbares Ziel haben und zur Bedürfnisbefriedigung direkt oder indirekt betragen. „Actions“ setzen sich wiederum aus „Operations“ zusammen, also einzelnen, nicht mehr bewusst ausgeführten Handlungen, die durch die Bedingungen des jeweiligen Umgebungskontexts bestimmt werden. Während sie lernen, transformieren Individuen laufend „Actions“ zu „Operations“, automatisieren also deren Ausführung, sodass sich die kognitive Belastung verringert (als klassisches Beispiel kann hier das Erlernen des Autofahrens dienen).

Die „Activity Theory“ beschreibt als psychologisches Modell vorerst das Individuum und dessen Verhalten. In sozialen Systemen, die auf Interaktion basieren, stößt das Modell jedoch an die Grenzen der erklärbaren Phänomene. Engeström (1987) baut auf der klassischen „Activity Theory“ auf und erweitert diese um den Aspekt der Gemeinschaft sowie der Interaktion in dieser bzw. der Rolle von Artefakten („Objects“) in derartigen Settings. Fjuk et al. (1997) bemängeln aber in ihren Ausführungen, dass Engeström in seinen Ausführungen abstrakt bleibt und nicht den Konkretisierungsgrad der originären „Activity Theory“ erreicht, was das Zusammenspiel der unterschiedlichen Ebenen („Activity“, „Action“ und „Operation“) betrifft.

Hinsichtlich der näheren Betrachtung von *Articulation Work* unterscheiden Fjuk et al. (1997) in Bezugnahme auf Strauss (1993) vorerst zwei Ebenen („levels“) von „*Articulation Work*“, namentlich „planned“ und „situated *Articulation Work*“. Diese Unterscheidung korrespondiert den Autoren nach im Wesentlichen mit der Unterscheidung zwischen „expliziter“ und „impliziter *Articulation Work*“, da erstere geplant und zu einem zuvor bestimmten Zeitpunkt ausgeführt wird und zweitere ad-hoc, bei Bedarf, und eher informell abläuft. Diese Entsprechung steht jedoch teilweise im Konflikt mit späteren Aussagen in der Arbeit, in der auf „situated *Articulation Work*“ Bezug genommen wird, die aber ob der herausfordernden Natur des Arbeitsablaufs „expliziter“ abzulaufen habe (Fjuk et al., 1997, S. 15)

Unter Einbeziehung der „Activity Theory“ und basierend auf der Unterscheidung zwischen „Activity“, „Action“ und „Operation“ führen Fjuk et al. (1997) außerdem zwei unterschiedliche Arten von „*Articulation Work*“ ein, die sich in ihren Bezugspunkten unterscheiden und jeweils für den Fall individueller und kollektiver Tätigkeiten bzw. Aktionen betrachtet werden.

**Articulation of action within individual activity** Die Artikulation von Aktionen innerhalb einer Tätigkeit entspricht einer bewussten Planung eines



Vorgehens zur Erreichung von definierten Zielen. Diese Form von „Articulation Work“ ist per Definition geplant („planned“) und damit explizit. Sie umfasst lediglich Planungsaktivitäten eines Individuums und umfasst die Klärung der Fragen „wer“ (in diesem Zusammenhang das Individuum selbst oder andere) „was“ (im Sinne des zu erreichenden Ziels) „wo“ (im Sinne des örtlichen, zeitlichen oder organisationalen Kontexts) „wie“ (im Sinne der Operationalisierung der Aktionen zur Zielerreichung) arbeitet.

**Articulation of operation within action in individual activities** Die Auswahl und Ausführung von Operationen im Kontext einer Aktion erfolgt zu- meist nicht bewusst basierend auf Erfahrungswissen. Tatsächlich kann die Auswahl von adäquaten Operationen als ein permanenter Fluss von mit der produktiven Arbeit verwobenen („situated“) „Articulation Work“-Vorgängen gesehen werden, der implizit auch in individuellen Arbeitssituationen abläuft. In diesem Zusammenhang ist es wichtig zu erwähnen, dass Operationen in „problematischen“ Situationen (im Sinne von Strauss) zu Aktionen werden können, die nicht mehr unbewusst und automatisiert ablaufen können. Mit dieser Transformation wird auch die „Articulation Work“ explizit und muss dass individuelle Vorgehen der geänderten Situation anpassen.

**Articulation of individual action within collective activity** Die Artikulation von Aktionen innerhalb eine kollektiven Tätigkeit geht in den Gegenständen der Artikulation über die im individuellen Fall zu berücksichtigenden Planungsaspekte („wer“, „was“, „wo“, „wie“) hinaus. Zusätzlich müssen um Zuge der Artikulation die Regeln der Kommunikation und Arbeitsteilung zwischen den am Arbeitsprozess Beteiligten artikuliert werden. Die Artikulation umfasst hier auch die gegenseitige Offenlegung und Kenntnisnahme der individuellen „kognitiven Strukturen“ und existierender Annahmen über den Arbeitsablauf.

**Articulation of individual operation within action in collective activity** Im Gegensatz zur individuellen Artikulation von Operationen im Kontext von Aktionen ist diese im kollektiven Fall seltener implizit abzuwickeln. Unterschiedliche Auffassungen über Herangehensweisen oder Missverständnisse bedürfen zum Teil einer expliziten Klärung um die Zielerreichung zu gewährleisten. Operationen werden hier damit oft auf die Ebene von Aktionen gehoben und bewusst ausgehandelt.

**Articulation of collective action in collective activity** Die Kategorie der kollektiven Aktion wird von (Fjuk et al., 1997) nicht im Detail behandelt, da die „Activity Theory“ selbst diese nicht behandelt und auch keinerlei anderen diesbezüglich verwendbaren Forschungsergebnisse verwendbar wären. Jede Tätigkeit involviert auch kollektive Aktionen wie Aushandlungen, Kon-

sensfindung oder gemeinsame Problemlösung. Bei der Artikulation von kollektiven Aktionen müssen alle beteiligten Individuen ihre Perspektive, ihr Wissen und ihre Überlegungen einbringen um die gemeinschaftliche Entwicklung voranzutreiben. Fjuk et al. (1997) treffen hier keine Aussagen hinsichtlich der Implikationen für „*Articulation Work*“.

#### **Articulation of operations within collective actions in collective activity**

Bei Zusammenarbeit auf Aktionsebene kann es durch die per Definition nicht bewusst geplante Durchführung der individuellen Operationen zu Zielerreichung der kollektiven Aktion zu konfliktionären Situationen kommen. Vor allem, wenn die individuellen Vorstellungen des Arbeitsablaufs divergieren („*weak common conceptual structures*“), kann es notwendig sein, explizite „*Articulation Work*“ anzustoßen, um diese Vorstellungen offenzulegen und abzugleichen.

Innerhalb eines Arbeitsablaufs können auch mehrere der hier beschriebenen Kategorien auftreten. Teile von Arbeitsabläufen können durch Änderungen im Arbeitskontext die Kategorie wechseln und somit mehr oder weniger explizite „*Articulation Work*“ notwendig machen. Durch die Unterscheidung zwischen kollektiver Tätigkeit und Aktion wird es möglich „*Articulation Work*“ je nach Enge der Interaktion und den damit auftretenden unterschiedlichen Artikulationsbedürfnissen entsprechend auszulegen.

#### **2.3.2. Unterscheidung nach Hampson und Junor**

(Hampson und Junor, 2005) verwenden „*Articulation Work*“ als Framework zur Erklärung von „*interactive customer service*“, also dem jenen Kundenbeziehungen, bei denen die Interaktion zwischen Anbieter und Kunden im Vordergrund steht. Im Rahmen dieser Arbeit zeigen die Autoren auch die historische Entwicklung des Begriffs „*Articulation Work*“ auf und entwickeln einen Raster zur Einordnung unterschiedlicher Ausprägungen von Arbeit, die wiederum unterschiedliche Arten von „*Articulation Work*“ bedingen. Dieses Raster ist hier von Interesse.

Bezugnehmend auf (Strauss, 1993) unterschieden die Autoren einerseits zwischen Arbeitsabläufen, die *routine* sind, und solchen, die *non-routine* sind. Außerdem kann zwischen Arbeitsabläufen unterschieden werden, die *visible* oder *invisible* sind (Star und Strauss, 1999). Während *visible work* all jene Arbeitsabläufe umfasst, die als solche wahrgenommen werden, bezieht sich *invisible work* auf alle Arbeitsabläufe, die stattfinden aber nicht „offiziell“ wahrgenommen werden (also etwa nicht in einem Prozessmodell aufscheinen). Daraus ergeben sich vier zu unterscheidende Settings, in denen „*Articulation Work*“ stattfindet und die sich sowohl in der

konkret als „Articulation Work“ ausgeführten Tätigkeit als auch in der möglichen methodischen und/oder technischen Unterstützung unterscheiden.

**Visible routine work** beschreibt jene Arbeitsabläufe, die von klassischen Management-Ansätzen erfasst werden, formalisiert werden können und in Unternehmen oft normiert vorgegeben sind (etwa in Form von Prozessmodellen oder durch die Vorgaben eines Workflow-Management-Systems). „Articulation Work“ findet hier zu definierten Zeitpunkten und explizit ausgelöst statt, um die normierten Abläufe zu definieren bzw. diese an veränderte Rahmenbedingungen anzupassen.

**Visible non-routine work** beschreibt Arbeitsabläufe in Umgebungen, die so dynamisch sind, dass normierte Abläufe aufgrund der raschen, nicht absehbaren Veränderungen der Anforderungen nicht sinnvoll einsetzbar sind. „Articulation Work“ tritt hier regelmäßig implizit und explizit auf, da jede Veränderung eine – je nach Ausmaß der Veränderung implizite oder explizite – Neuabstimmung der Zusammenarbeit nach innen und außen benötigt.

**Invisible routine work** umfasst all jene Arbeitsabläufe in Unternehmen, die zwar etabliert sind, von den traditionellen Steuer- und Kontroll-Werkzeugen im Unternehmen jedoch nicht erfasst werden. Sie sind formal nicht normiert, treten jedoch so regelmäßig auf, dass sich eine routinemäßige Herangehensweise herausbildet. Articulation Work läuft hier bei Veränderungen der Rahmenbedingungen zumeist implizit ab und sorgt dafür, dass die Interaktion zwischen den Beteiligten weiter funktioniert. Explizite „Articulation Work“ unter Einbeziehung der betroffenen Personen kann hier dafür sorgen, Arbeitsabläufe dieser Kategorie in den Bereich der „visible routine work“ überzuführen.

**Invisible non-routine work** umfasst jene Arbeitsabläufe, die zur Behandlung von unvorhergesehenen Anforderungen durchgeführt werden und die nach außen hin nicht sichtbar wird. Typisch treten derartige Situationen bei Ausnahmefällen in etablierten Arbeitsabläufen auf, bei denen die Tätigkeiten zu Wiederherstellung einer „regelkonformen“ Situation oft nicht durch Steuer- und Kontrollelemente erfasst werden und durch die Einzigartigkeit der Ausnahme oder des Kontexts, in dem diese auftritt, keine etablierten Handlungsmuster existieren. „Articulation Work“ ist hier ad-hoc notwendig, um adäquat auf die Anforderungen der Umwelt reagieren zu können. Sowohl explizite und implizite „Articulation Work“ kann hier zu Anwendung kommen, wobei als Entscheidungskriterien zwischen diesen beiden Ausprägungen die wahrgenommene Komplexität der Situation sowie die zur Lösung zur Verfügung stehende Zeit zu berücksichtigen sind.

In unterschiedlichen Arbeitssituationen können diese vier Kategorien auch kombiniert auftreten. Auch hier können manche Arbeitsabläufe durch erfolgreich durch-

geführte „Articulation Work“ in eine andere Kategorie verschoben werden, wo der Bedarf an laufender ad-hoc Abstimmung geringer oder nicht vorhanden ist. Andere Arbeitsabläufe sind ihrer Natur nach nicht strukturierbar und formalisierbar, so dass „Articulation Work“ ein inhärenter Bestandteil des Ablaufs ist und trotz wiederholter Durchführung auch bleibt.

### 2.3.3. Zusammenfassung

In diesem Abschnitt wurden drei Arbeiten näher vorgestellt, die sich der Strukturierung des Konzepts „Articulation Work“ widmen. Die grundlegende Strukturierung bietet bereits Strauss (1985) (bzw. Strauss (1988) und Strauss (1993)). Die beiden übrigen Arbeiten bauen auf Strauss auf und vertiefen das Verständnis von „Articulation Work“ weiter, in dem sie vor allem den im Zuge von „Articulation Work“ behandelten Gegenstand weiter ausdefinieren und strukturieren. Die beiden Arbeiten gehen hierbei unterschiedliche Wege. Fjuk et al. (1997) setzen „Articulation Work“ in Beziehung zur aus der Psychologie stammenden „Activity Theory“ während Hampson und Junor (2005) im Kontext der Soziologie bleibt und neben den Arbeiten von Strauss z.B. auch auf (Star und Strauss, 1999) aufbaut.

Fasst man die Konzepte zur Strukturierung von „Articulation Work“ aus allen drei Arbeiten zusammen, so ergibt sich folgender Überblick:

- Art der „Articulation Work“
  - implizit vs. explizit
  - situated vs. planned
- Gegenstand der „Articulation Work“
  - routine vs. non-routine work bzw.
  - routine vs. problematic interaction (mit der belebten oder unbelebten Umwelt)
  - visible vs. invisible work
  - individual activity vs. collective activity vs. collective action
- Abstraktionsgrad des Gegenstandes der „Articulation Work“
  - activity-action vs. action-operation

Bezüglich der unterschiedlichen Arten von „Articulation Work“ sind zwei Gegensatzpaare zu identifizieren, die orthogonal zueinander stehen (auch wenn die Hauptachse „implizit – situated“ vs. „explizit – planned“ ist). „Situated Articulation Work“ tritt ungeplant während des Arbeitsablaufs auf und dient der ad-hoc-Abstimmung. Obwohl diese in den meisten Fällen implizit abläuft, sind doch Fälle vorstellbar, in

denen eine explizite, d.h. bewusst durchgeführte, „Articulation Work“ sinnvoll bzw. notwendig ist (siehe weiter unten – Gegenstand der „Articulation Work“). „Planned Articulation Work“ hingegen ist immer explizit, die Kombination von geplanter und implizit, d.h. unbewusst durchgeführter, „Articulation Work“ ist nicht sinnvoll.

Hinsichtlich des Gegenstandes von „Articulation Work“ sind vier unterschiedliche Unterscheidungskategorien zu identifizieren, die wiederum zum Teil orthogonal sind. Die Ausprägungen der jeweiligen Kategorien weisen zum Teil auf die Art der durchzuführenden Articulation Work hin.

Die Kategorie „routine – non-routine work“ bezieht sich darauf, ob der fragliche Arbeitsablauf für die beteiligten Personen alltäglich ist und unter bekannten Rahmenbedingungen stattfindet oder nicht. Je stärker der „non-routine“-Anteil in einem Arbeitsablauf zum Tragen kommt, desto expliziter muss im Allgemeinen die „Articulation Work“ sein – bei Routine-Arbeit ist der Bedarf an Articulation gering und beschränkt sich auf implizit durchführbare Detailabstimmungen zwischen den Beteiligten.

Obwohl vordergründig unterschiedlich bezieht sich die nächste Kategorie „routine – problematic interaction“ auf den gleichen Sachverhalt. Strauss (1993), von dem diese Unterscheidung stammt, bezeichnet Interaktion als die Grundlage von Arbeitsabläufen und als wesentlichen Bestandteil derselben. Der „routine“-Begriff kann deshalb mit jenem der zuvor beschriebenen Unterscheidung gleichgesetzt werden. Der Begriff der „problematic interaction“ beschreibt insofern das gleiche Phänomen wie der der „non-routine work“ als dass er sich ebenfalls auf die erhöhte kognitive Belastung der beteiligten Personen bei der Zielerreichung bezieht. Dementsprechend impliziert „problematic interaction“ eine explizite „Articulation Work“, während „routine interaction“ durch implizite „Articulation Work“ produktiv gehalten werden kann.

Die Unterscheidung zwischen „visible“ und „invisible work“ bezieht sich auf die Kenntnissnahme eines Arbeitsablaufs in seinem Durchführungskontext und dessen durch andere, vor allem auch übergeordnete Instanzen. Während „visible work“ definierten Aufgaben dient, formalisiert werden kann und durch Steuer- und Kontrollinstrumente oder organisationale Unterstützungswerkzeuge erfasst werden kann, bleibt „invisible work“ im organisationalen Kontext verborgen und ist nur für die handelnden Individuen sichtbar (und wird dementsprechend auch organisational nicht unterstützt und wertgeschätzt). Für „Articulation Work“ hat dies per se keine unmittelbaren Auswirkungen, außer dass „visible work“ immer ein Ergebnis expliziter „Articulation Work“ ist. Dies bedeutet gleichzeitig, dass explizite „Articulation Work“ (unter Einbeziehung sowohl der unmittelbar am Arbeitsablauf beteiligten Personen als auch der „übergeordneten“ Instanzen) dazu beitragen kann, „invisible work“ zu „visible work“ zu machen (siehe dazu auch (Fujimura, 1987)). „Articulation

Work“ ist somit ein Mittel, einen Abgleich zwischen dem offiziellen (organisational festgeschriebenen) Verständnis eines Arbeitsablaufs und dem tatsächlichen Ablauf, wie er in der Praxis ausgeführt wird, durchzuführen. „Articulation Work“ kann damit eine Realisierung eines organisationalen Lernschritts sein, der im Sinne von Argyris und Schön (1978) die „espoused theories“ (die offiziell veröffentlichten Theorien über Arbeit) mit den „theories-in-use“ (die tatsächlich handlungsleitenden Theorien) abgleicht bzw. im Sinne von Sachs (1995) einen „tacit organisational view“ in einen „explicit organisational view“ überführen (siehe dazu auch die Ausführungen in Kapitel XY (Einführung)).

Die Enge der notwendigen Kooperation bei der Durchführung eines Arbeitsablaufs (festgemacht an den Handlungs-Kategorien der „Activity Theorie“) ist Gegenstand der letzten Kategorie. „Individual activity“ beschreibt Arbeitsabläufe, die im Wesentlichen von einem Individuum ausgeführt werden und lediglich an den Schnittstellen zu Beginn und am Ende Interaktion benötigen. „Collective Activity“ beschreibt Arbeitsabläufe, in denen mehrere Individuen klar abgegrenzte Teile der Arbeit übernehmen und Interaktion an festgelegten Schnittstellen bzw. zu festgelegten Zeitpunkten stattfindet. Dies entspricht im Wesentlichen der klassischen Arbeitsteilung in Unternehmen. „Collective Action“ beschreibt tatsächlich kollaborative Arbeit im engeren Sinn, deren Durchführung nur durch enge Interaktion mehrerer Individuen auch in Detailspekten notwendig ist. Je enger die Kooperation, desto notwendiger wird „Articulation Work“, wobei diese in allen Fällen sowohl in ihrer impliziten als auch expliziten Ausprägung zum Einsatz kommen kann.

Zur Identifikation der im Einzelfall sinnvollen Variante von „Articulation Work“ (implizit oder explizit) ist die Berücksichtigung der letztgenannten Unterscheidung hinsichtlich des Abstraktionsgrades der „Articulation Work“ notwendig. Beschäftigt sich „Articulation Work“ mit der abstrakteren Ebene zwischen „activity“ und „action“, steht vorrangig die Betrachtungsdimension „Was?“ (also die Ziele und das generelle Vorgehen) im Zentrum. Bei Arbeitsabläufen, die „non-routine“ sind, kommt dabei sowohl „situated“ als auch „planned“ eher explizite Articulation Work zum Einsatz. Bei „routine“-Arbeitsabläufen ist Articulation Work auf dieser Ebene „situated“ nicht notwendig und kommt nur zu Anwendung, wenn der Ablauf selbst („planned“) hinterfragt werden soll (und ist dann seiner Natur nach explizit). Auf der konkreten Ebene zwischen „action“ und „operation“ (also der Frage nach dem „Wie?“) kommt in individuell abgehandelten Arbeitsabläufen vorrangig implizite „Articulation Work“ zum Einsatz. Treten unvorhergesehene Probleme auf oder erscheinen etablierte Operationen nicht mehr adäquat, kommt zur Klärung wieder explizite Articulation Work zum Einsatz. In kollektiven Arbeitsprozessen ist die Enge der Interaktion entscheidend. Bei klar separierbaren Arbeitsanteilen (also bei Interaktion auf „activity“-Ebene) bleibt die Entscheidung zur konkreten Umsetzung beim Individuum und die „Articulation Work“ im Normalfall implizit (Ausnahmen

siehe Ausführungen zur individuellen Arbeitsabläufen). Bei Arbeitsabläufen mit enger Interaktion auf Aktionsebene muss diese im Normalfall „planned“ im Vorhinein durch explizite „Articulation Work“ ausgehandelt werden. Während des Arbeitsablaufs (also „situated“) kann wiederum implizite „Articulation Work“ zurückgegriffen werden, wobei auf Grund der Anzahl der beteiligten Personen die Wahrscheinlichkeit steigt, das ein beteiligtes Individuum die Interaktion als „problematic“ empfindet und dies wiederum explizite „Articulation Work“ notwendig macht.

### **2.4. Unterstützung von Articulation Work**

Nach den ersten Arbeiten von Strauss zum Thema „Articulation Work“ wurde das Konzept rasch als Erklärungsmodell für die Vorgänge im Zuge kooperativer Arbeit aufgenommen und darauf basierend Maßnahmen zur Unterstützung derselben abgeleitet. Anhand der historischen Entwicklung von Mitte der 1980er-Jahre bis Ende des ersten Jahrzehntes des neuen Jahrtausends werden im Folgenden diese Maßnahmen beschrieben, in den jeweiligen Anwendungskontext gesetzt und auch hinsichtlich des zu unterstützenden Verständnisses von „Articulation Work“ betrachtet. Hierbei werden alle Arbeiten berücksichtigt, die sich direkt auf den von Strauss geprägten „Articulation Work“-Begriff beziehen. In der Literatursuche wurden dazu Datenbanken aus den Bereichen Informatik, Psychologie, Soziologie, den Wirtschaftswissenschaften sowie der Organisationslehre durchsucht. Nach der initialen Suche wurde jeweils auch die in den gefundenen Arbeiten referenzierte Sekundärliteratur aufgearbeitet. Des weiteren wurden mit Hilfe von rückwärts verlinkenden Datenbanken (wo vorhanden) Publikationen erfasst, die die bislang gefundenen Arbeiten referenzieren und diese hinsichtlich ihrer Relevanz überprüft. Insgesamt ergab sich so eine Sammlung von 47 Publikationen (inklusive der hier nicht nochmals behandelten grundlegenden Arbeiten, die bereits oben beschrieben wurden). Von diesen 47 Publikationen trafen XY eine Aussage zu Aspekten, die auf die Unterstützung von „Articulation Work“ abzielen. Die übrigen Arbeiten verwenden „Articulation Work“ als Erklärungs-Framework für Fallstudien und werden weiter unten zusammenfassend angeführt ohne näher auf sie einzugehen.

Zur strukturierten Umsetzung der Betrachtung der Unterstützung von „Articulation Work“ wird ein einheitlicher Raster angewandt, anhand dessen die aus unterschiedlichen Forschungsgebieten stammenden und in unterschiedlichen Anwendungsdomänen angewandten Arbeiten einander gegenüber gestellt werden können. Neben den eigentlichen Unterstützungsmaßnahmen ist zur Bewertung derselben auch Kontextinformation notwendig, die die unterschiedlichen Ansätze offenlegt. Folgende Merkmale bzw. Inhalte einer Arbeit werden dazu betrachtet:

**Kontext** Forschungsgebiet aus dem das Konstrukt „Articulation Work“ betrachtet wird bzw. in dessen Kontext es zur Anwendung gebracht wird und / oder abstraktes oder konkretes Problemfeld, in dem „Articulation Work“ als Analysedimension oder zur Ableitung von Maßnahmen angewandt wird.

**Unterstützung** Konkrete oder abstrakte Maßnahmen oder Werkzeuge, die zur Unterstützung von „Articulation Work“ vorgeschlagen und/oder umgesetzt werden. Ggf. unterschieden in

- methodische Unterstützung
- technische Unterstützung

**Auswirkungen** Tatsächliche oder vermutete Auswirkungen der Unterstützung auf die durchgeführte „Articulation Work“.

Die als relevant betrachteten Publikationen sind methodisch unterschiedlich ausgerichtet. Ein großer Anteil beschreibt rein empirisch-deskriptiv ein beobachtetes Phänomen und zieht Schlüsse hinsichtlich möglicher bzw. notwendiger Ausprägungen von „Articulation Work“ in bestimmten Anwendungsdomänen. Ein anderer Teil fokussiert auf die organisationale und/oder technische Unterstützung von „Articulation Work“, zum Teil ohne auf eigene empirische Ergebnisse aufzubauen oder diese zu erheben. Aus diesem Grund kann das oben angegebene Raster nicht immer vollständig befüllt werden. Wo hinsichtlich einer bestimmten Dimension keine Information vorhanden ist, wird explizit im Text darauf hingewiesen. Wo mehrere Publikation eines Autors oder einer Gruppe zum gleichen Forschungsgegenstand existieren, wurden diese in einem Abschnitt zusammengefasst und in der jeweiligen Einleitung auf die der Beschreibung zugrunde liegenden Publikationen verwiesen.

(Fjuk et al., 1997)

### **2.4.1. Papertitel / Titel des Forschungsprojekts**

Angabe der zugrundeliegenden Publikation sowie einer kurzen Zusammenfassung des Inhalts

**Forschungsdomäne**

**Untersuchungsdomäne**

**Verständnis von Articulation Work**

**Auftretende Phänomene**



## **Unterstützung**

## **Auftretende Effekte**

### **2.4.2. Work and the Division of Labor**

In dieser Publikation (Strauss, 1985) beschreibt Strauss zum ersten Mal sein Konzept „Articulation Work“. Er motiviert seine Forschung mit Erklärungs-Lücken, die in der Konzeptualisierung von kooperativer Arbeit bzw. Arbeitsteilung bestehen. Ziel ist es, mit den entwickelten Ansätzen nicht nur Arbeit(steilung) erklären zu können sondern auch weitergehende Forschung zu ermöglichen bzw. dieser als Leitprinzipien zugrunde zu liegen.

**Forschungsdomäne** Strauss' Hintergrund, auf Basis dessen die hier betrachtete Publikation geschrieben wurde, ist die Soziologie (im konkreten Artikel die Medizinsoziologie (vgl. Siegrist, 2005)). Methodisch wendet er den von ihm mitgeprägten „Grounded Theory“-Ansatz (Glaser und Strauss, 1977) an, mithilfe dessen aus Feldbeobachtungen und deren systematischer, qualitativer Auswertung Theorien abzuleiten, die das Verhalten und die Interaktion der beobachteten Akteure erklärt.

**Untersuchungsdomäne** Neben einer konzeptionellen Erörterung der kooperativen Arbeit zugrunde liegenden Denkmodelle und Betrachtungsmuster (siehe Abschnitt 2.2) werden

## **Verständnis von Articulation Work**

## **Auftretende Phänomene**

## **Unterstützung**

## **Auftretende Effekte**

### 2.4.3. Gegenüberstellung und Zusammenfassung

## 2.5. Fazit

**hier muss eine zusammenfassende Tabelle der in der Literatur verfügbaren Information rein**

Die Zielsetzung von „Articulation Work“ formulieren die Proponenten des Ansatzes – allen voran Strauss – klar aus. Offen bleiben jedoch bei allen Autoren direkten Aussagen zum eigentlichen Gegenstand von „Articulation Work“ – also Allem was von den beteiligten Individuen zu artikulieren ist – und den notwendigen Leistungen der Individuen im Prozess der Artikulation. Aussagen zu diesen Aspekten sind aber für die Entwicklung von Ansätzen zur Unterstützung von expliziter „Articulation Work“ notwendig.

Strauss ist sich dieser Auslassung bewusst<sup>9</sup>, und beschäftigt sich in späteren Arbeiten (Strauss, 1993) auch mit jenen kognitiven Vorgängen, die von ihm als „thought processes“ oder „mental activities“ bezeichnet werden und die untrennbar mit jeder Art von Tätigkeit und Interaktion verbunden sind<sup>10</sup> und diese beeinflussen<sup>11</sup>.

Im Kontext der Abstimmung von Tätigkeiten kommt den „thought processes“ der Individuen große Bedeutung zu, da sie den sichtbaren individuellen Handlungen zugrunde liegen bzw. diese beeinflussen. „Articulation Work“ wirkt sich also auf die „thought processes“ der beteiligten Individuen aus. „Thought processes“ umfassen *„images, imaginations, projections of scenes, [...] flashes of insight, rehearsals of action, construction and reconstruction of scenarios, the spurting up of metaphors or comparisons, the reworking and reevaluating of past scenes and one's actions within them, and so on and on“* (Strauss, 1993, S. 130) – also im Wesentlichen alle kognitiven Vorgänge, die unmittelbar oder mittelbar im Zusammenhang mit den sichtbaren Arbeitsaspekten, insbesondere den Tätigkeiten zur Zielerreichung und der wahrgenommenen Arbeitsumgebung, stehen. Strauss interessiert sich allerdings ausschließlich für die dynamischen Aspekte der Interaktion zwischen Individuen, nicht aber für die

<sup>9</sup> „[...] many social scientist pay almost no attention to interior activity: ignoring it, taking it for granted, but leaving it unexamined, or giving it the kind of abstract but not very detailed analysis [...]“ (Strauss, 1993, S. 131)

<sup>10</sup> „These [thought processes] accompany visible action, as well as precede and follow in conditional and consequential modes“ (Strauss, 1993, S. 146)

<sup>11</sup> „Even well-grooved, routine action and interaction may be accompanied by thought [...] directly relevant to the work at hand. As I vacuum the house, barely noticing my movements, still I give myself commands [...]“ (Strauss, 1993, S. 132)

Ausgangspunkte und Ergebnisse der zugrunde liegenden „thought processes“.<sup>12</sup> Wie bereits oben erwähnt sind aber die Repräsentationen, auf den „thought processes“ beruhen und operieren, für die Unterstützung von „Articulation Work“ von Interesse. Die kognitions-wissenschaftlichen Ansätze zu Schemata ((Rumelhart und Norman, 1978) (vgl. nach Hanke, 2006)) und mentalen Modellen ((vgl. Seel, 1991)) sind ein Erklärungsansatz für diese Lücke.

---

<sup>12</sup> „I use the gerund 'ing' after 'symbol' [bei der Beschreibung von 'symbolizing', Anm.] to signify that my principal interest is, again, in interaction rather than its products, for symbols are precipitates of interaction“ (Strauss, 1993, S. 149)

## 3. Mentale Modelle

In diesem Kapitel wird das Konzept der mentalen Modelle eingeführt, das in dieser Arbeit als Erklärungsansatz für jene Aspekte von "Articulation Work" verwendet wird, die die nicht sichtbaren, kognitiven Beiträge eines beteiligten Individuums betreffen. Nach einer Einführung in die Begriffswelt der mentalen Modelle wird die Argumentation aus dem letzten Kapitel nochmals aufgegriffen und die mögliche Rolle mentaler Modelle für "Articulation Work" erörtert. In der Folge werden Methoden eingeführt mit denen mentale Modelle externalisiert und kommuniziert werden können. Basierend auf diesen Beschreibungen wird im letzten Teil des Kapitels untersucht, welche Herausforderungen sich bei der Anwendung dieser Methoden im Kontext von "Articulation Work" ergeben können.

### 3.1. Articulation Work und mentale Modelle

Wie bereits im vorgehenden Kapitel beschrieben, wird in vorhandenen Arbeiten zu Articulation Work deren Auftreten, Kontext und Wirkung beschrieben, nicht aber ihre Durchführung und der eigentliche Gegenstand der Abstimmung. Die Vermeidung von konkreten Aussagen zur Durchführung liegt in der Vielfalt möglicher Ausprägungen begründet. Schon Strauss (1988) unterscheidet grob zwischen expliziter und impliziter Articulation Work, begründet die Unterscheidung aus dem Kontext des Auftretens (siehe Abschnitt 2.3), lässt aber offen, wie sich implizite und explizite Articulation Work unterscheiden bzw. was explizite Articulation Work im Gegensatz zur ständig im Arbeitsverlauf auftretenden impliziten Articulation Work ausmacht. Der eigentliche Gegenstand der Abstimmung, die im Rahmen der Articulation Work erfolgen soll, wird ebenfalls nicht konkret festgelegt. Strauss spricht von „*putting together tasks, task sequences, task clusters - even aligning larger units such as lines of work and subprojects - in the service of work flow*“ (Strauss, 1988, S. 2), und konkretisiert „*the specific questions about tasks of course include: what, where, when, how, for how long, how complex, how well defined are their boundaries, how attainable are they under current working conditions, how precisely are they defined in their operational details, and what is the expected level of performance. (Which of those are the most salient dimensions depends on the organizational work context under study, and we cannot emphasize too much that **it is the researcher who must discover***

*these saliences.*)“ (Strauss, 1985, S. 6). Strauss lässt also offen, was es exakt ist, dass abgestimmt werden muss bzw. verlagert diese Frage in den konkreten Einzelfall.

Strauss spricht diese Auslassung in einer späteren Arbeit explizit an (Strauss, 1993, S. 131) und beschäftigt sich in dieser auch mit jenen kognitiven Vorgängen, die von ihm als „thought processes“ oder „mental activities“ bezeichnet werden und die untrennbar mit jeder Art von Tätigkeit und Interaktion verbunden sind (Strauss, 1993, S. 146) und diese beeinflussen (Strauss, 1993, S. 132).

Im Kontext der Abstimmung von Tätigkeiten kommt den „thought processes“ der Individuen große Bedeutung zu, da sie den sichtbaren individuellen Handlungen zugrunde liegen bzw. diese beeinflussen. „Articulation Work“ wirkt sich also auf die „thought processes“ der beteiligten Individuen aus. „Thought processes“ umfassen *„images, imaginations, projections of scenes, [...] flashes of insight, rehearsals of action, construction and reconstruction of scenarios, the spurting up of metaphors or comparisons, the reworking and reevaluating of past scenes and one's actions within them, and so on, and on“* (Strauss, 1993, S. 130) - also im Wesentlichen alle kognitiven Vorgänge, die unmittelbar oder mittelbar im Zusammenhang mit den sichtbaren Arbeitsaspekten, insbesondere den Tätigkeiten zur Zielerreichung und der wahrgenommenen Arbeitsumgebung, stehen. Strauss interessiert sich allerdings ausschließlich für die dynamischen Aspekte der Interaktion zwischen Individuen, nicht aber für die Ausgangspunkte und Ergebnisse der zugrunde liegenden „thought processes“ (Strauss, 1993, S. 149)

## Mentale Modelle – Begriffsbestimmung

Nach der Identifikation der begrenzten Erklärungsmächtigkeit des Konzepts „Articulation Work“ wird nun die Theorie der „mental Modelle“ herangezogen, um die bei Articulation Work offen bleibenden Aspekte hinsichtlich des Gegenstandes der Abstimmung und deren Unterstützung näher zu betrachten. Dazu wird im ersten Schritt der Begriff der „mental Modelle“ in den historischen Kontext gestellt und dessen Bedeutung dargelegt.

Das Konzept der „mental Modelle“ wird grundsätzlich verwendet, um zu erklären *„wie Menschen die Welt verstehen – genauer: wie sie ihr Wissen benutzen, um sich bestimmte Phänomene der Welt subjektiv plausibel zu machen“* (Seel, 1991, S. VII). Mentale Modelle sind dabei Erklärungsmodelle der Welt, die Menschen auf Basis von Alltagserfahrungen, bisherigem Wissen und darauf basierenden Schlussfolgerungen bilden. Ein gebildetes mentales Modell wird dann als Basis verwendet, um die Welt zu verstehen und ggf. Vorhersagen über deren Verhalten zu bilden. (Seel, 1991, S. VII)

Im Wesentlichen wurde das Forschungsfeld der mentalen Modelle durch zwei Arbeiten maßgeblich beeinflusst. Johnson-Laird (1981) und ? führen den Begriff als eigenständigen Forschungsgegenstand ein und legen damit die Grundlage für einen Großteil der nachfolgenden Arbeiten in dem Gebiet. Im Kontext dieser Arbeit werden dabei zwei dieser nachfolgenden Arbeiten näher betrachtet. Zum einen stellt Norman (1983) den Begriff erstmals in den Kontext der Mensch-Maschine-Interaktion dar. Zum anderen versucht Seel (1991) die unterschiedlichen Richtungen der Forschung im Bereich der mentalen Modelle zusammenzuführen und daraus die Bedeutung von Mentalen Modellen für Lernvorgänge (unter die – im breiten Verständnis von Seel – auch die hier relevanten Abstimmungsvorgänge fallen) und Möglichkeiten zu deren Unterstützung abzuleiten.

### **3.1.1. Mentale Modelle nach Johnson-Laird**

## **3.2. Mentale Modelle im Gesamtzusammenhang**

### **3.2.1. Realität**

### **3.2.2. Theorien**

### **3.2.3. Experten- vs. Alltags-Modelle**

### **3.2.4. Schemata**

## **3.3. Bildung mentaler Modelle**

Nach (Seel, 1991) umfasst die Bildung mentaler Modelle zwei Komponenten: Eine *deklarative Komponente*, in der bereichs- bzw. domänen-spezifisches Wissen in der Form von hier nicht näher spezifizierten, strukturierten Wissensbasen abgelegt wird und eine *operative Komponente*, in der auf Grundlage dieser Wissensbasen Schlüsse gezogen und neues Wissen abgeleitet wird, die über das ursprüngliche domänenspezifische Wissen hinausgeht.

Das in den Wissensbasen repräsentierte Wissen kann auf Alltagserfahrung begründet sein oder durch Vermittlung oder Instruktion begründet werden. Im ersten Fall ist das Wissen dann als konkret und handlungsbezogen angesehen werden, im zweiten Fall ist das Wissen eher auf abstrakter, formaler Ebene anzusiedeln. Analog dazu kann auch in der operativen Komponente die Schlussfolgerung induktiv auf

Basis eines "intuitionsbegründeten" Regelsystems gezogen werden oder durch Deduktion mittels einem formal begründbaren Regelsystem gebildet werden.

Die Modifikation und Erweiterung der eigenen Wissensbasen und die (Weiter-)Entwicklung der kognitiven Fähigkeiten, die für die Ableitung von Schlussfolgerungen notwendig sind, bezeichnet Seel (1991) als "Lernen". Lernen ist *"mit der Verarbeitung individueller Erfahrungen mit sowie vermittelter Information über die Welt, ihre Struktur und Evidenz verbundene und kann als ein Prozess permanenter konzeptueller Veränderungen verstanden werden."* (Seel, 1991, S. 23). Lernen setzt damit die Fähigkeit und Bereitschaft voraus, *"vermittelte Weltauffassungen zu verstehen, zu akzeptieren und sodann den eigenen gedanklichen Konstruktionen zugrunde zu legen"* (Seel, 1991, S. 23).

#### **3.4. Externalisierung mentaler Modelle**

## **4. Externalisierung mentaler Modelle**

### **4.1. Concept Mapping**

### **4.2. Strukturlegetechniken**

Strukturlegetechniken sind Ansätze, in denen gelegte Strukturen zur Repräsentation von "Wissen" eingesetzt werden. Die gelegten Strukturen (die im Wesentlichen aus Knoten und Kanten unterschiedlicher Bedeutung bestehen) bilden dabei die Zusammenhänge einzelner Konstrukte ab, wie sie die legende Person wahrnimmt. Der Prozess des Legens ist eine *"Rekonstruktion subjektiver Theorien"* (Dann, 1992) und stellt eine *"[...] verstehende Beschreibung von Handlungen nicht aus der Perspektive eines außenstehenden Beobachters, sondern aus Sicht der handelnden Person, des Akteurs selber"* (Dann, 1992) dar.

### **4.3. Herausforderungen bei der Anwendung**

#### **4.3.1. Kollaborative Anwendbarkeit**

pro Strukturlegetechniken

#### **4.3.2. Nachhaltige Verwendung der Information**

pro Concept Mapping

#### **4.3.3. Zusammenführung**

Offenheit des Conceptmapping

Strukturlegetechniken mit IT-Unterstützung



Nicht SLT in den Computer sondern Computer zur Unterstützung von SLT

# **Verzeichnisse**



# Abbildungsverzeichnis

2.1.	Struktur von Arbeitsabläufen . . . . .	9
2.2.	Konzeptualisierung von „Arbeit“ nach (Strauss, 1985) und (Fujimura, 1987) . . . . .	10
7.1.	Bedeutung von Objekten in TUIs . . . . .	42
7.2.	Interaktionsmodelle für GUI und TUI . . . . .	44
7.3.	Arten von Tangible User Interfaces . . . . .	46
7.4.	caption . . . . .	57
8.1.	Architektur des TUIpist-Framework . . . . .	79
8.2.	Zusammenspiel der Komponenten in TUIpist . . . . .	80
8.3.	AR Toolkit Marker . . . . .	81
8.4.	Visual Codes – Aufbau und Features . . . . .	82
8.5.	ReacTIVision Code . . . . .	83
8.6.	Überblick über den Aufbau des Werkzeugs – Eingabekomponenten . . . . .	91
8.7.	An Tokens angebrachte ReacTIVision-Codes zur Identifikation . . . . .	93
8.8.	Arten von Modellierungstokens . . . . .	93
8.9.	Rückwand von Container Tokens . . . . .	94
8.10.	Geöffnetes Container Token . . . . .	95
8.11.	Modellelemente – Taxonomie . . . . .	96
8.12.	Einbettbare Tokens . . . . .	97
8.13.	Markierung-Token . . . . .	98
8.14.	Lösch-Token . . . . .	99
8.15.	Registrierungstoken . . . . .	100
8.16.	Snapshot-Token . . . . .	101
8.17.	History-Token . . . . .	101
8.18.	Softwarearchitektur zur Erkennung von Benutzerinteraktion . . . . .	114
9.1.	Überblick über den Aufbau des Werkzeugs – Ausgabekomponenten . . . . .	142
9.2.	Softwarearchitektur zur Verwaltung der Ausgabekanäle . . . . .	149
9.3.	Darstellung von Modellelementen . . . . .	150
9.4.	Darstellung von Verbindern . . . . .	151
9.5.	Darstellung gerichteter Verbinden . . . . .	151

9.6.	Darstellung von Containern und eingebetteten Elementen . . . . .	152
9.7.	Markierung von Modellelementen . . . . .	154
9.8.	Darstellung der Modellierungshistorie . . . . .	156
9.9.	Unterstützung der Wiederherstellung von Modellzuständen . . . . .	157
9.10.	Zusammenhänge der Klassen zur Ausgabebehandlung . . . . .	159
10.1.	Grundlegende Elemente einer Topic Map . . . . .	168
10.2.	Umfassende Darstellung der Elemente einer Topic Map . . . . .	170
10.3.	Abgrenzung zwischen Subject und Occurrence in Topic Maps . . . . .	171
10.4.	Benennung von Topics . . . . .	172
10.5.	Beziehungen in der Metamodellbildung in Topic Maps . . . . .	175
10.6.	Abbildung von Gültigkeitsbereichen durch Scopes . . . . .	178
10.7.	Abbildung von Modellinformation in Topic Maps . . . . .	180
10.8.	Definition des Meta-Models (ohne Kardinalitäten) . . . . .	183
10.9.	Einbindung des Meta-Meta-Modells . . . . .	185
10.10.	Ausschnitt einer mittels GraphViz visualisierten Topic Map . . . . .	189
10.11.	Modellierungshistorie als exportierte Grafik . . . . .	191
10.12.	Modell-Hierarchie als exportierte Grafik . . . . .	193
13.1.	Dauer der Werkzeugverwendung – Überblick . . . . .	253
13.2.	Dauer der Werkzeugverwendung – Concept Mapping . . . . .	254
13.3.	Dauer der Werkzeugverwendung – Aushandlung . . . . .	254
13.4.	Zeitverteilung zwischen den Teilnehmern . . . . .	256
13.5.	Connectedness in Evaluierungsblock 2 - Durchgang 1 . . . . .	257
13.6.	Connectedness in Evaluierungsblock 2 - Durchgang 2 . . . . .	258
13.7.	Connctedness in Evaluierungsblock 3 . . . . .	258

# Tabellenverzeichnis

7.1.	Kategorien von konzeptionellen Arbeiten im Gebiet Tangible User Interfaces . . . . .	61
7.2.	Gegenüberstellung der Nomenklatur zur Beschreibung der Elemente eines TUI . . . . .	63
8.1.	Gegenüberstellung der Frameworks für video-basierten Input . . . .	87
8.2.	Gegenüberstellung der generischen Frameworks . . . . .	89
11.1.	Beurteilung des Werkzeugs hinsichtlich des Degree of Coherence . .	212
11.2.	Spezifikation des Werkzeug mittels TAC-Schema . . . . .	214
11.3.	Einordnung des Systems in die Taxonomie nach Fishkin . . . . .	216
12.1.	Ursprüngliches globales Untersuchungsdesign . . . . .	238
12.2.	Einfluss der Untersuchungen auf die zu evaluierenden Aspekte . . . .	239



# Index

AR Toolkit, 81

Barcode, 68

Bluetooth, 74

Context Toolkit, 76

Positionsbestimmung, 68

- akustisch, 71

- elektromagnetisch, 70

- kapazitiv, 69

- optisch, 68

ReacTIVision, 82

RFID, 70

SmartIT, 73

Token

- aktive, 73

- passive, 72

Ultraschall, 71

Visual Codes, 81

ZigBee, 74





# Abkürzungsverzeichnis

API	Application Interface
AWT	Abstract Window Toolkit
CSCW	Computer Supported Cooperative Work
EMF	Eclipse Modeling Framework
EPK	Ereignisgesteuerte Prozesskette
GEF	Graphical Editing Framework (Eclipse-Komponente)
GIF	Graphics Interchange Format
GMF	Graphical Modeling Framework (Eclipse-Komponente)
GPS	Global Positioning System
GUI	Graphical User Interface
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IP	Internet Protocol
JPEG	Joint Photographic Experts Group (File Interchange Format)
JRE	Java Runtime Environment
LCD	Liquid Crystal Display (Flüssigkristallanzeige)
LED	Light Emitting Diode (Leuchtdiode)
MCRit	Model-Control-Representation (intangible and tangible)
MCRpd	Model-Control-Representation (physical and digital)
MVC	Model-View-Controller
OCR	Optical Character Recognition
OLED	Organic Light Emitting Diode
PNG	Portable Network Graphics

RDBMS	Relationales Datenbank Management System
RFID	Radio Frequency Identification
RMI	Remote Methode Invocation
TAC	Token and Constraint
TCP	Transport Control Protocol
TUI	Tangible User Interface
UML	Unified Modelling Language
XML	Extensible Markup Language
XTM	XML Topic Map



# Literaturverzeichnis

- Allied Vision Technologies GmbH (2008). AVT Guppy. Technical Manual V6.2.0, Allied Vision Technologies GmbH, Stadtroda, Germany. Referenziert auf S. 102
- Argyris, C. und Schön, D. (1978). *Organizational Learning: A Theory Of Action Perspective*. Addison-Wesley. Referenziert auf S. 19
- Arnold, K., Scheifler, R., Waldo, J., O'Sullivan, B., und Wollrath, A. (1999). *Jini Specification*. Addison-Wesley Longman Publishing, Boston, MA, USA. Referenziert auf S. 80, 88
- Becker, J., Rosemann, M., und von Uthmann, C. (2000). Guidelines of business process modeling. In van der Aalst, W., Sedel, J., und Oberweis, A., editors, *Business Process Management: Models, Techniques, and Empirical Studies*, number 1806 in LNCS, Seiten 241–262. Springer. Referenziert auf S. 225
- Beer, W., Christian, V., Ferscha, A., und Mehrmann, L. (2003). Modeling Context-aware Behavior by Interpreted ECA Rules. In *Proceedings of the International Conference on Parallel and Distributed Computing (EUROPAR '03)*, volume 2790 of LNCS, Seiten 1064–1073. Springer. Referenziert auf S. 77
- Bellotti, V., Back, M., Edwards, W., Grinter, R., Henderson, A., und Lopes, C. (2002). Making sense of sensing systems: five questions for designers and researchers. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems: Changing our world, changing ourselves*, Seiten 415–422. ACM New York, NY, USA. Referenziert auf S. 47, 210, 211
- Blackwell, A., Morrison, C., und Edge, D. (2007). A solid diagram metaphor for tangible interaction. In *CHI '07 extended abstracts on Human factors in computing systems*, New York, NY, USA. ACM. Referenziert auf S. 66
- Bloks, R. H. J. (1996). The IEEE-1394 high speed serial bus. *Philips Journal of Research*, 50(1-2):209–216. Referenziert auf S. 102
- Bluetooth SIG (2007). Bluetooth Specification Version 2.1 + EDR. Specification, Bluetooth SIG. Referenziert auf S. 74

- Brant, J. M. (1995). HotDraw. Master's thesis, University of Illinois at Urbana Champaign. Referenziert auf S. 143
- Budinsky, F., Brodsky, S., und Merks, E. (2003). *Eclipse modeling framework*. Pearson Education. Referenziert auf S. 143
- Cañas, A., Hill, G., Carff, R., Suri, N., Lott, J., Eskridge, T., Gómez, G., Arroyo, M., und Carvajal, R. (2004). Cmaptools: A knowledge modeling and sharing environment. In *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology, Proceedings of the 1st International Conference on Concept Mapping*. Pamplona, Spain: Universidad Pública de Navarra. Referenziert auf S. 232, 235, 236
- Carriero, N. und Gelernter, D. (1989). Linda in context. *Communications of the ACM*, 32(4):444–458. Referenziert auf S. 78
- Comiskey, B., Albert, J., Yoshizawa, H., Jacobson, J., by Michaels, C., et al. (1998). An electrophoretic ink for all-printed reflective electronic displays. *Nature*, 394:253–255. Referenziert auf S. 137
- Coutrix, C. und Nigay, L. (2006). Mixed reality: a model of mixed interaction. In *Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces*, Seiten 43–50, New York, NY, USA. ACM Press. Referenziert auf S. 34
- Curbera, F., Duftler, M., Khalaf, R., Nagy, W., Mukhi, N., und Weerawarana, S. (2002). Unraveling the Web services web: an introduction to SOAP, WSDL, and UDDI. *IEEE Internet Computing*, 6(2):86–93. Referenziert auf S. 88
- Dahme, C. und Raeithel, A. (1997). Ein tätigkeitstheoretischer Ansatz zur Entwicklung von brauchbarer Software. *Informatik-Spektrum*, 20:5–12. Referenziert auf S. 12
- Dann, H.-D. (1992). Variation von Lege-Strukturen zur Wissensrepräsentation. In Scheele, B., editor, *Struktur-Lege-Verfahren als Dialog-Konsens-Methodik. Ein Zwischenfazit zur Forschungsentwicklung bei der rekonstruktiven Erhebung subjektiver Theorien*, volume 25 of *Arbeiten zur sozialwissenschaftlichen Psychologie*, Seiten 2–41. Aschendorff. Referenziert auf S. 29
- Dey, A. K., Salber, D., und Abowd, G. D. (2001). A conceptual framework and a toolkit for supporting the rapid prototyping of context-aware applications. *Human-Computer Interaction (HCI) Journal*, 16(2-4):97–166. Referenziert auf S. 76, 78
- Downing, T. (1998). *Java RMI: remote method invocation*. IDG Books Worldwide, Inc., Foster City, CA, USA. Referenziert auf S. 88

- Ellson, J., Gansner, E., Koutsofios, L., North, S., und Woodhull, G. (2002). Graphviz-open source graph drawing tools. In *Graph Drawing*, Lecture Notes in Computer Science, Seiten 483–484. Springer. Referenziert auf S. 188
- Emery, F. und Trist, E. (1960). Socio-technical systems. *Management science, models and techniques*, 2:83–97. Referenziert auf S. 12
- Engeström, Y. (1987). *Learning by expanding*. Orienta-konsultit, Helsinki. Referenziert auf S. 13
- Feiner, T. (2008). Modelleditor auf Basis dynamischer Metamodelle zur Unterstützung partizipativer Modellerfassung und -reflexion. Master's thesis, University of Linz. Referenziert auf S. 144, 165
- Ferscha, A., Vogl, S., Emsenhuber, B., und Wally, B. (2008). Physical shortcuts for media remote controls. In *Proceedings of the 2nd international conference on INtelligent TEchnologies for interactive enterTAINment table of contents*. ICST (Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering) ICST, Brussels, Belgium, Belgium. Referenziert auf S. 74
- Fishkin, K. P. (2004). A taxonomy for and analysis of tangible interfaces. *Personal and Ubiquitous Computing*, 8(5):347–358. Referenziert auf S. 34, 50, 53, 54, 55, 61, 62, 133, 134, 135, 138, 141, 164, 213, 216, 218
- Fitzmaurice, G. (1996). *Graspable User Interfaces*. Phd-thesis, University of Toronto. Referenziert auf S. 32, 34, 36, 37, 62, 202, 220
- Fitzmaurice, G., Ishii, H., und Buxton, W. (1995). Bricks: laying the foundations for graspable user interfaces. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems (CHI)*, Seiten 442–449. ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co. New York, NY, USA. Referenziert auf S. 32, 34, 36, 62, 199, 200, 201, 220
- Fjeld, M. (2001). *Designing for tangible interaction*. PhD thesis, Swiss Federal Institute of Technology. Referenziert auf S. 66
- Fjuk, A., Nurminen, M., und Smørdal, O. (1997). Taking Articulation Work Seriously: An Activity Theoretical Approach. Technical Report TUCS TR 120, Turku Centre for Computer Science. Referenziert auf S. 11, 12, 13, 14, 15, 17, 21, 225
- Fujimura, J. (1987). Constructing 'Do-Able' Problems in Cancer Research: Articulating Alignment. *Social Studies of Science*, 17(2):257–293. Referenziert auf S. 7, 8, 10, 18, 226, III
- Furtmüller, F. (2007). Implementierung eines Frameworks für berührbare Benutzungsschnittstellen. Master's thesis, University of Linz. Referenziert auf S. 78

- Furtmüller, F. und Oppl, S. (2007). A Tuple-Space based Middleware for Collaborative Tangible User Interfaces. In *Proceedings of WETICE '07*. IEEE Press. Referenziert auf S. 78, 79, 80, 132
- Gamma, E. und Eggenschwiler, T. (1996). The JHotDraw-Framework. online <http://www.jhotdraw.org/>. Referenziert auf S. 143, 165
- Gamma, E., Helm, R., Johnson, R., und Vlissides, J. (1995). *Design patterns: elements of reusable object-oriented software*. Addison-wesley Reading, MA. Referenziert auf S. 115, 127, 131
- Gellersen, H., Kortuem, G., Schmidt, A., und Beigl, M. (2004). Physical prototyping with smart-its. *IEEE Pervasive Computing*, 3(3):74–82. Referenziert auf S. 73
- Gerson, E. und Star, S. (1986). Analyzing due process in the workplace. *ACM Transactions on Information Systems (TOIS)*, 4(3):257–270. Referenziert auf S. 7, 9, 10
- Glaser, B. und Strauss, A. (1977). *The discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research*. Aldine. Referenziert auf S. 22
- GSI (2008). Introduction to GSI DataMatrix. Guideline, GSI. Referenziert auf S. 82
- Hampson, I. und Junor, A. (2005). Invisible work, invisible skills: interactive customer service as articulation work. *New Technology, Work & Employment*, 20(2):166 – 181. Referenziert auf S. 11, 12, 15, 17
- Hanke, U. (2006). *Externale Modellbildung als Hilfe bei der Informationsverarbeitung und beim Lernen*. PhD thesis, University of Freiburg. Referenziert auf S. 24
- Herrmann, T., Hoffmann, M., Kunau, G., und Loser, K. (2004). A modelling method for the development of groupware applications as socio-technical systems. *Behaviour & Information Technology*, 23(2):119–135. Referenziert auf S. 232
- Holmquist, L., Redström, J., und Ljungstrand, P. (1999). Token-Based Access to Digital Information. In *Proceedings of the 1st international Symposium on Handheld and Ubiquitous Computing*, Seiten 234–245. Springer-Verlag London, UK. Referenziert auf S. 34, 40, 55, 62, 204, 205
- Hornecker, E. (2004). *Tangible User Interfaces als kooperationsunterstützendes Medium*. Phd-Thesis, University of Bremen. Dept. of Computing. Referenziert auf S. 65
- Hughes, F. (1971). *The Sociological Eye*. Aldine de Gruyter. Referenziert auf S. 8, 11



- Ifenthaler, D. (2006). *Diagnose lernabhängiger Veränderung mentaler Modelle - Entwicklung der SMD-Technologie als methodologisches Verfahren zur relationalen, strukturellen und semantischen Analyse individueller Modellkonstruktionen*. PhD thesis, University of Freiburg. Referenziert auf S. 226
- Ishii, H. (2008). Tangible bits: beyond pixels. In *Proceedings of the 2nd international conference on Tangible and embedded interaction*. ACM New York, NY, USA. Referenziert auf S. 34, 56, 57, 58, 59, 60, 62, 65, 219, 220
- Ishii, H. und Ullmer, B. (1997). Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems (CHI)*, Seiten 234–241. ACM Press New York, NY, USA. Referenziert auf S. 32, 34, 38, 62, 203, 204
- ISO JTC1/SC31 (2006). Information technology – automatic identification and data capture techniques – qr code 2005 bar code symbology specification. International Standard 18004:2006, ISO/IEC. Referenziert auf S. 69, 82
- ISO JTC1/SC34 (2008). Topic Maps Constraint Language. draft standard, ISO/IEC. Referenziert auf S. 176
- ISO JTC1/SC34/WG3 (2006). Information Technology - Topic Maps - Part 3: XML Syntax. International standard, ISO. Referenziert auf S. 188
- ISO JTC1/SC34/WG3 (2008). Information Technology - Topic Maps - Part 2: Data Model. International Standard 13250-2, ISO/IEC. Referenziert auf S. 168, 172, 187
- James, M. (1997). *Microcontroller Cookbook - PIC & 8051*. Butterworth-Heinemann. Referenziert auf S. 73
- Johnson-Laird, P. N. (1981). Mental models in cognitive science. *Cognitive Science*, 4(1):71–115. Referenziert auf S. 27
- Jørgensen, H. (2004). *Interactive Process Models*. PhD thesis, Department of Computer and Information Sciences, Norwegian University of Science and Technology Trondheim. Referenziert auf S. 225
- Kaltenbrunner, M. und Bencina, R. (2007). reactivation: a computer-vision framework for table-based tangible interaction. In *TEI '07: Proceedings of the 1st international conference on Tangible and embedded interaction*, Seiten 69–74, New York, NY, USA. ACM Press. Referenziert auf S. 82, 132
- Kaltenbrunner, M., Jorda, S., Alonso, M., und Geiger, G. (2006). The reactable\*: A collaborative musical instrument. In *Proceedings of WETICE '06*. IEEE Press. Referenziert auf S. 138, 140

- Kato, H., Billinghurst, M., Poupyrev, I., Imamoto, K., und Tachibana, K. (2000). Virtual object manipulation on a table-top AR environment. In *IEEE and ACM International Symposium on Augmented Reality, 2000. (ISAR 2000). Proceedings*, Seiten 111–119. Referenziert auf S. 69, 81
- Klemmer, S., Li, J., Lin, J., und Landay, J. (2004). Papier-mâché: Toolkit support for tangible input. *CHI Letters, Human Factors in Computing Systems: CHI2004.*, 6(1). Referenziert auf S. 34, 52, 77, 215, 216
- Klemmer, S., Thomsen, M., Phelps-Goodman, E., Lee, R., und Landay, J. (2002). Where do web sites come from? capturing and interacting with design history. *chi 2002. Human Factors in Computing Systems, CHI Letters*, 4(1). Referenziert auf S. 243
- Koleva, B., Benford, S., Ng, K., und Rodden, T. (2003). A Framework for Tangible User Interfaces. In *Workshop-Proceedings on Real World User Interfaces, Mobile HCI Conference 03*, Seiten 257–264. Referenziert auf S. 34, 48, 62, 211, 212, 213
- Larkin, J. und Simon, H. (1987). Why a diagram is (sometimes) worth ten thousand words. *Cognitive science*, 11(1):65–100. Referenziert auf S. 247
- Leont’ev, A. (1972). The Problem of Activity in Psychology. *Voprosy filosofii (english translation)*, (9):95–108. Referenziert auf S. 12
- Leont’ev, A. (1978). *Activity, Consciousness, and Personality*. Prentice-Hall. Referenziert auf S. 12
- McAffer, J. und Lemieux, J. (2005). *Eclipse Rich Client Platform: Designing, Coding, and Packaging Java (TM) Applications*. Addison-Wesley Professional. Referenziert auf S. 145
- Nardi, B. und Kaptelinin, V. (2006). *Acting with Technology - Activity Theory and Interaction Design*. MIT Press. Referenziert auf S. 12
- Neubauer, M. (2008). Abbildung generischer Modelle auf Topic Maps. Master’s thesis, University of Linz. Referenziert auf S. 186, 187
- Nonaka, I. und Takeuchi, H. (1995). *The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*. Oxford University Press. Referenziert auf S. 11
- Norman, D. A. (1983). Design principles for human-computer interfaces. In *CHI ’83: Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems*, Seiten 1–10, New York, NY, USA. ACM. Referenziert auf S. 27

- Novak, J. und Cañas, A. J. (2006). The theory underlying concept maps and how to construct them. Technical Report IHMC CmapTools 2006-01, Florida Institute for Human and Machine Cognition. Referenziert auf S. 226
- Oppl, S. (2004). Context-aware Group-Interaction. Master's thesis, University of Linz, Department for Pervasive Computing. Referenziert auf S. 77
- Oppl, S. (2007). Flexibility of Content for Organisational Learning - A Topic Map Approach. Master's thesis, University of Linz. Referenziert auf S. 187
- Oppl, S. und Stary, C. (2005). Towards Human-Centered Design of Diagrammatic Representation Schemes. In Dix, A. und Dittmar, A., editors, *Proceedings of the 4th International Workshop on Task Models and Diagrams for User Interface Design (TAMODIA 2005)*, Seiten 55–62. ACM Press New York, NY, USA. Referenziert auf S. 179
- Patten, J. und Ishii, H. (2007). Mechanical constraints as computational constraints in tabletop tangible interfaces. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems (CHI '07)*, Seiten 809–818, New York, NY, USA. ACM. Referenziert auf S. 32
- Patten, J., Ishii, H., Hines, J., und Pangaro, G. (2001). Sensetable: a wireless object tracking platform for tangible interfaces. In *Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems 2001 (CHI '01)*. Referenziert auf S. 66
- Pedersen, E. W. und Hornb, K. (2009). mixitui: a tangible sequencer for electronic live performances. In *TEI '09: Proceedings of the 3rd International Conference on Tangible and Embedded Interaction*, Seiten 223–230, New York, NY, USA. ACM. Referenziert auf S. 138, 140
- Pepper, S. (2000). The tao of topic maps. In *Proceedings of XML Europe*. Referenziert auf S. 168
- Rath, H. (2003). *The Topic Maps Handbook*, empolis GmbH. Referenziert auf S. 168
- Red Hat Middleware (2007). Hibernate Reference Documentation. Reference documentation, Red Hat Middleware. Referenziert auf S. 188
- Resnick, M., Martin, F., Berg, R., Borovoy, R., Colella, V., Kramer, K., und Silverman, B. (1998). Digital manipulatives: new toys to think with. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, Seiten 281–287, New York, NY, USA. ACM Press. Referenziert auf S. 32

- Rohs, M. (2005). Visual code widgets for marker-based interaction. In *25th IEEE International Conference on Distributed Computing Systems Workshops, 2005*, Seiten 506–513. IEEE Press. Referenziert auf S. 82
- Rohs, M. und Gfeller, B. (2004). Using camera-equipped mobile phones for interacting with real-world objects. In *Advances in Pervasive Computing*, Seiten 265–271. Austrian Computer Society (OCG). Referenziert auf S. 82, XI
- Rumbaugh, J., Jacobson, I., und Booch, G. (2004). *Unified Modeling Language Reference Manual, The*. Pearson Higher Education. Referenziert auf S. 180, 184, 186
- Rumelhart, D. und Norman, D. (1978). Accretion, tuning, and restructuring: Three modes of learning. In Cotton, J. und Klatzky, R., editors, *Semantic factors in cognition*, Seiten 37–53. Erlbaum, Hillsdale, N.J. Referenziert auf S. 24
- Sachs, P. (1995). Transforming work: collaboration, learning, and design. *Communications of the ACM*, 38(9):36–44. Referenziert auf S. 19
- Scheer, A. und Nuettgens, M. (2000). Aris architecture and reference models for business process management. *Business Process Management: Models, Techniques, and Empirical Studies*, Seiten 376–389. Referenziert auf S. 232
- Scheer, A.-W. (2003). *ARIS – Business Process Modeling*. Springer, 3 edition. Referenziert auf S. 186
- Schilit, B., Adams, N., und Want, R. (1994). Context-aware computing applications. In *Proceedings of the Workshop on Mobile Computing Systems and Applications*, Seiten 85–90. Referenziert auf S. 76
- Schmidt, K. (1990). Analysis of Cooperative Work. A Conceptual Framework. Technical Report Risø-M-2890, Risø National Laboratory. Referenziert auf S. 11
- Seel, N. M. (1991). *Weltwissen und mentale Modelle*. Hogrefe, Göttingen u.a. Referenziert auf S. 24, 26, 27, 28
- Semmer, N. und Udris, I. (2004). Bedeutung und Wirkung von Arbeit. In Schuler, H., editor, *Lehrbuch Organisationspsychologie*, Seiten 157–195. Huber, Bern, 3rd edition. Referenziert auf S. 7
- Shaer, O., Leland, N., Calvillo-Gamez, E., und Jacob, R. (2004). The TAC paradigm: specifying tangible user interfaces. *Personal and Ubiquitous Computing*, 8(5):359–369. Referenziert auf S. 34, 51, 61, 62, 65, 214
- Shapiro, S. und Wilk, M. (1965). An analysis of variance test for normality. *Biometrika*, 52(3):591–599. Referenziert auf S.

- Shinar, J. (2004). *Organic light-emitting devices: a survey*. Springer. Referenziert auf S. 137
- Shipman, F. und Hsieh, H. (2000). Navigable history: a reader's view of writer's time. *New review of hypermedia and multimedia*, 6(1):147–167. Referenziert auf S. 29, 243
- Siegrist, J. (2005). *Medizinische Soziologie*. Elsevier, Deutschland. Referenziert auf S. 22
- Stachowiak, H. (1973). *Allgemeine Modelltheorie*. Springer Wien. Referenziert auf S. 169
- Star, S. L. und Strauss, A. (1999). Layers of silence, arenas of voice: The ecology of visible and invisible work. *Computer Supported Cooperative Work: The Journal of Collaborative Computing*, 8(1/2):9 – 30. Referenziert auf S. 15, 17
- Stary, C. (1994). *Interaktive Systeme: Softwareentwicklung und Softwareergonomie*. Vieweg. Referenziert auf S. 80
- Strauss, A. (1985). Work and the Division of Labor. *The Sociological Quarterly*, 26(1):1–19. Referenziert auf S. 7, 10, 17, 22, 26, III
- Strauss, A. (1988). The Articulation of Project Work: An Organizational Process. *The Sociological Quarterly*, 29(2):163–178. Referenziert auf S. 10, 11, 17, 25
- Strauss, A. (1993). *Continual Permutations of Action*. Aldine de Gruyter, New York. Referenziert auf S. 9, 11, 13, 15, 17, 18, 23, 24, 26, 226, 227
- Suzuki, H. und Kato, H. (1995). Interaction-level support for collaborative learning: AlgoBlock—an open programming language. In *Proceedings of the first international conference on Computer support for collaborative learning table of contents*, Seiten 349–355, Hillsdale, NJ, USA. L. Erlbaum Associates Inc. Referenziert auf S. 32
- Ullmer, B. (2002). *Tangible interfaces for manipulating aggregates of digital information*. PhD thesis, Massachusetts Institute of Technology. Referenziert auf S. 34, 46, 51, 61, 62
- Ullmer, B. und Ishii, H. (1997). The metaDESK: models and prototypes for tangible user interfaces. In *Proceedings of the 10th annual ACM symposium on User interface software and technology*, Seiten 223–232, New York. ACM Press. Referenziert auf S. 38, 45, 203, 204
- Ullmer, B. und Ishii, H. (2000). Emerging frameworks for tangible user interfaces. *IBM Systems Journal*, 39(3):915–931. Referenziert auf S. 34, 43, 44, 48, 55, 56, 62, 63, 133, 207, XI
- Ullmer, B., Ishii, H., und Jacob, R. (2005). Token + constraint systems for tangible interaction with digital information. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 12(1):81–118. Referenziert auf S. 46, 47, 56, 58, 209, 210, 211, 220

- Underkoffler, J. und Ishii, H. (1999). Urp: A luminous-tangible workbench for urban planning and design. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems: the CHI is the limit*, Seiten 386–393. ACM New York, NY, USA. Referenziert auf S. 34, 42, 55, 62, 206
- Van Laerhoven, K., Villar, N., Schmidt, A., Gellersen, H., Hakansson, M., und Holmquist, L. (2003). Pin&Play: the surface as network medium. *IEEE Communications Magazine*, 41(4):90–95. Referenziert auf S. 73
- Vatant, B. (2004). Ontology-driven Topic Maps. In *Proceedings of XML Europe 2004*, Amsterdam. Referenziert auf S. 168
- Wagner, D. und Schmalstieg, D. (2003). ARToolKit on the PocketPC platform. In *IEEE International Augmented Reality Toolkit Workshop, 2003*, Seiten 14–15. IEEE Press. Referenziert auf S. 85
- Weiser, M. (1991). The computer for the 21st century. *Scientific American*, 265. Referenziert auf S. 38, 75
- Wellner, P. (1993). Interacting with paper on the DigitalDesk. *Communications of the ACM*, 36:87–96. Referenziert auf S. 32
- ZigBee Alliance (2007). Zigbee Specification. Specification 117, ZigBee Alliance. Referenziert auf S. 74
- Zuckerman, O., Arida, S., und Resnick, M. (2005). Extending tangible interfaces for education: digital montessori-inspired manipulatives. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems (CHI)*, Seiten 859–868. ACM Press New York, NY, USA. Referenziert auf S. 32, 137