

Unterstützung expliziter Articulation Work

**Ein Werkzeug für Externalisierung und Abgleich mentaler
Modelle**

Stefan Oppl

21. September 2009

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Technischen Wissenschaften
vorgelegt an der Fakultät für Informatik an der Technischen Universität Wien

Erstgutachter: o. Univ.-Prof. DI Dr. Christian Stary
Zweitgutachter: o. Univ.-Prof. DI Dr. Christian Breiteneder

Inhaltsübersicht

I. Grundlagen	1
1. Mentale Modelle	5
2. Methodik und Anwendungszenarien	27
II. Unterstützung	41
3. Persistierung	45
Anhänge	III
A. Literatur zum Themengebiet Articulation Work	V
Verzeichnisse	XXIII
Abbildungsverzeichnis	XXIII
Tabellenverzeichnis	XXIV
Stichwortverzeichnis	XXV
Abkürzungsverzeichnis	XXV
Bildquellen	XXVIII

Inhaltsübersicht

Publikationen im Kontext dieser Arbeit

XXX

Literaturverzeichnis

XXXIII

Inhaltsverzeichnis

I. Grundlagen	1
1. Mentale Modelle	5
1.1. Articulation Work und mentale Modelle	5
1.2. Begriffsbestimmung	6
1.3. Bildung und Veränderung mentaler Modelle	8
1.4. Externalisierung mentaler Modelle	13
1.4.1. Methode des lauten Denkens	15
1.4.2. Strukturlegetechniken	18
1.4.3. Concept Mapping	22
1.5. Fazit	25
2. Methodik und Anwendungszenarien	27
2.1. Durchführungsrahmen	28
2.2. Vorgehen	28
2.2.1. Einarbeitung	31
2.2.2. Konzeptsammlung	31
2.2.3. Konzeptstrukturierung	32
2.2.4. Restrukturierung	33
2.3. Anwendungsszenarien	34
2.3.1. Verfeinerung mentaler Modelle	34
2.3.2. Wissenstransfer	35
2.3.3. Abstimmung mentaler Modelle	36
2.3.4. Aushandlung mentaler Modelle	38
2.4. Zusammenfassung	38
II. Unterstützung	41
3. Persistierung	45
3.1. Topic Maps	46
3.1.1. Topics, Subjects, Topic Names und Variants	47

3.1.2. Associations und Roles	50
3.1.3. Occurrences und Datatypes	51
3.1.4. Metamodellierung in Topic Maps	52
3.1.5. Statements und Scopes	55
3.1.6. Reification	57
3.1.7. Merging	57
3.2. Abbildung von Modellen auf Topic Maps	58
3.2.1. Grundlegende Abbildung	58
3.2.2. Abbildung des Metamodells	59
3.2.3. Abgrenzung von Submodellen	62
3.2.4. Flexibilisierung der Abbildung	64
3.3. Technische Umsetzung der Persistierung von Modellen	65
3.3.1. Topic Map Engine	65
3.3.2. Dynamische Metamodelle	68
3.4. Export graphischer Repräsentationen	69
3.4.1. Ausgabeformen	69
3.4.2. Technische Umsetzung des graphischen Exports	71
3.5. Zusammenfassung	73

Anhänge III

A. Literatur zum Themengebiet Articulation Work	V
A.1. Literaturquellen	V
A.2. Relevante Literatur	VI

Verzeichnisse XXIII

Abbildungsverzeichnis	XXIII
Tabellenverzeichnis	XXIV
Stichwortverzeichnis	XXV
Abkürzungsverzeichnis	XXV
Bildquellen	XXVIII
Publikationen im Kontext dieser Arbeit	XXX
Literaturverzeichnis	XXXIII

Teil I.

Grundlagen

Einleitung

Dieser Teil stellt die dieser Arbeit zugrundeliegenden Konzepte und deren Auswirkungen auf die Erreichung der globalen Zielsetzung vor. Ziel dieses Teils 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

1. 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.

1.1. 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 die individuellen Aspekte ihrer Durchführung. 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 führt – wie im letzten Kapitel bereits erwähnt – das Konstrukt der „thought processes“ ein. 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)

1.2. Begriffsbestimmung

Das Konzept der „mentalen 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 de Kleer und Brown (1981) 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 (1983b) den Begriff erstmals im 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. Die folgenden Ausführungen basieren deshalb auf den Ausführungen von Seel und seiner Mitarbeiter (Ifenthaler (2006), Pirnay-Dummer (2006) und Hanke (2006)).

Mentale Modelle sind nach Ifenthaler (2006, S. 7) „*kognitive Konstruktionen, die abhängig von der jeweiligen Situation und vom semantischen Wissen einer Person ad hoc konstruiert werden*“. Ein mentales Modell ist also kein permanentes kognitives Konstrukt, sondern wird auf Basis vorhandenen Wissens in bestimmten Situationen ad-hoc gebildet (siehe dazu auch Abschnitt 1.3). In engem Zusammenhang mit dem Begriff der mentalen Modelle ist jener der „Schemata“ bei zu nennen. „Schemata“ unterscheiden sich ihrer Definition nach nur in Detail von „mentalen Modellen“¹ Ein „Schema“ repräsentiert nach Seel (2003, S. 57) „*das aufgrund vielfältiger Einzelerfahrungen mit Objekten, Personen, Situationen und Handlungen erworbene verallgemeinerbare und abstrakte Wissen einer Person.*“ Schemata werden benutzt um „*Wissensstrukturen zu beschreiben, welche typische Zusammenhänge eines Realitätsbereiches repräsentieren.*“ (Ifenthaler, 2006, S. 8). Auf Basis dieser „Schemata“ treffen Individuen treffen Handlungsentscheidungen in bestimmten Situationen. „Schemata“ sind dabei als „Vorlagen“ zu sehen, die adäquate Handlungen für einen bestimmten Situationstypus vorgeben (im Sinne der erwähnten „Verallgemeinerbarkeit“) und Individuen damit zur raschen, unmittelbaren Handlung befähigt, ohne ausführliche Planungstätigkeiten durchführen zu müssen. In Abgrenzung dazu werden „mentale Modelle“ ad-hoc in Situationen gebildet, wo keine Schemata vorhanden sind oder vorhandene nicht angewandt werden können.

Ifenthaler (2006) beschreibt den Zusammenhang zwischen Schemata und mentalen Modellen wie in Abbildung 1.1 dargestellt. Er bezieht sich dabei auf das „Äquilibrations“-Prinzip nach Piaget (1976). Demnach entwickelt sich das Wissen eines Individuum durch die komplementären Prozesse „Assimilation“ und „Akkommodation“

Solange eine wahrgenommene Situation auf existierende Schemata abgebildet werden kann und daraus unmittelbar Handlungen abgeleitet werden können, spricht man von „Assimilation“ der wahrgenommene Information. „Assimilation“ festigt bestehende Schemata, gestaltet diese ggf. in Details exakter aus oder um, stellt die grundlegenden Annahmen, die dem Schema zugrunde liegen, aber nicht in Frage. Kann die wahrgenommene Information nicht auf existierende Schemata abgebildet werden, kommt es zur „Akkommodation“, also der (ad-hoc) Bildung eines mentalen Modells und darauf aufbauend zur „*Restrukturierung, Veränderung und Neuorganisation*“ (Ifenthaler, 2006) der betreffenden Schemata. Schemata und mentale Modelle können damit auch als jene Strukturen interpretiert werden, die beim „Single-“ bzw. „Double-Loop-Learning“ nach Argyris und Schön (1978) zum Einsatz kommen. Im Kontext von „Articulation Work“ sind mentale Modelle in

¹Tatsächlich wird nach Ifenthaler (2006) der Begriff der „mentalen Modelle“ von manchen Autoren zugunsten von „Schemata“ als überflüssig bezeichnet, da zweitente die auftretenden kognitiven Phänomene ausreichend beschreiben würden.

1. Mentale Modelle

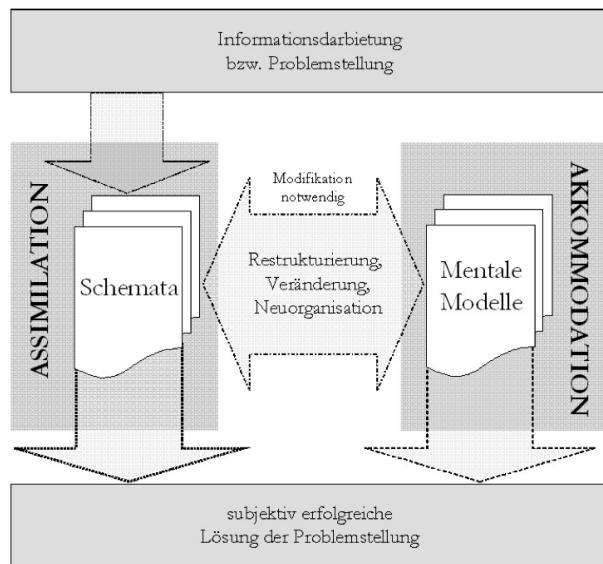


Abbildung 1.1.: Schemata und mentale Modelle (entnommen aus Ifenthaler (2006, S. 10))

jenen Situation von Interesse, die als so „problematisch“ wahrgenommen werden, dass keine Fortführung der operativen Arbeit mehr möglich ist (auf individueller Ebene also evtl. existierende „Schemata“ nicht mehr zum Einsatz gebracht werden können). In diesen Situationen muss „explizite Articulation Work“ durchgeführt werden, um auf Basis eines mentalen Modells dieses selbst zu verändern, auszustalten und soweit mit der Umwelt abzustimmen, das eine Wiederaufnahme der operativen Arbeit (bzw. die Bildung von adäquaten Schemata) möglich wird. Um auf die Durchführung von „expliziter Articulation Work“ unter Bezugnahme auf die mentalen Modelle der Individuen näher eingehen zu können, werden im nächsten Abschnitt die Bildung und Veränderung mentaler Modelle näher betrachtet.

1.3. Bildung und Veränderung 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 verbunden 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). Im Wesentlichen entspricht dies einer Verallgemeinerung jener Vorgänge die im Rahmen von nicht rein koordinierender sondern abstimmender und vor allem planender „Articulation Work“ durchgeführt werden.

In diesem Zusammenhang sind verschiedene Arten von mentalen Modellen zu unterscheiden. Seel (1991) differenziert zwischen „Novizenmodellen“ und „Expertenmodellen“ (diese Unterscheidung trifft implizit auch Norman (1983a) an). Ein „Novizenmodell“ ist ein Alltagsmodell, dass ad-hoc in einer Problemsituation gebildet wird und ist im dem Individuum, das es gebildet hat, in der aktuellen Situation plausibel (auch wenn es objektiv falsch ist). Es ist ausreichend, um adäquate Reaktionen auf die gegebene Situation abzuleiten, ohne das notwendigerweise eine Begründung der Handlungen möglich ist oder diese nicht mit dem tatsächlichen Grund der Problembewältigung übereinstimmen². Je öfter die Anwendung eines „Novizenmodells“ zum Erfolg führt, umso stabiler wird es zur Grundlage des Handelns des Individuums in der jeweiligen Situation. „Expertenmodelle“ (oder „wissenschaftliche Modelle“) sind hingegen inhaltlich vollständiger und bilden die Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge der beobachtbaren Realität ab (sind also „objektiv korrekt“). Sie sind im allgemeinen differenzierter und bedienen sich einer adäquateren mentalen Codierung als „Novizensysteme“ (die sich i.A. existierender mentale Codierungen bedienen). Auch die Kompetenz des Individuums im Umgang mit dem mentalen Modell ist in diesem Fall höher. Der Übergang von

² „[...] most people's understanding of the devices they interact with is surprisingly meager, imprecisely specified, and full of inconsistencies, gaps and idiosyncratic quirks.“(Norman, 1983a, S. 8)

1. Mentale Modelle

einem „Novizenmodell“ zu einem „Expertenmodell“ erfolgt dabei durch „Lernen“ im oben genannten Sinn. (Ifenthaler, 2006)

„Expertenmodelle“ müssen aber nicht immer den erwünschten Endzustand eines Lernprozesses darstellen. Durch die gesteigerte Komplexität des Modells wird dessen ad-hoc-Anwendung schwieriger, die Nützlichkeit des Modells ist deshalb eingeschränkt (vgl. Ifenthaler, 2006, S. 20). Hier zeigt sich wiederum eine Analogie mit dem Bereich „Articulation Work“, wo es – wie im letzten Kapitel beschrieben – ebenfalls nicht als erforderlich angesehen wird, dass jedes beteiligte Individuum eine detaillierte Gesamtsicht auf den Arbeitsablauf hat sondern es ausreichend ist, die jeweils relevanten Schnittstellen zu abzustimmen und einen groben Überblick über den Gesamtzusammenhang zu haben.

Ifenthaler (2006) erweitert deshalb die binäre Klassifikation durch „Erklärungsmodelle“, die er konzeptionell zwischen „Novizen-“ und „Expertenmodellen“ ansiedelt. Ein „Erklärungsmodell“ „beinhaltet alle notwendigen Informationen, um ein Problem bezüglich des Sachverhaltes und der Anforderungssituation richtig zu lösen. Einem Erklärungsmodell wird dabei ein hoher Grad an Nützlichkeit beigemesen, was in Bezug auf die kognitive Leistung zu einer ergonomischen Problemlösung führt. Je nach Komplexität des Sachverhaltes und der damit verbundenen Anforderungssituation kann ein Erklärungsmodell einem Novizenmodell oder einem Expertenmodell sehr ähnlich sein“ Ifenthaler (2006, S. 21). „Erklärungsmodelle“ sind also je nach Art der zugrunde liegenden Problemstellung unterschiedlich aufgebaut. Ziel eines „Erklärungsmodells“ ist es immer, bestmöglich zur Problemlösung beizutragen, diese also für das Individuum im Kontext der jeweiligen Problemstellung möglichst einfach zu gestalten. Ein „Erklärungsmodell“ gewinnt dabei durch „Lernen“ an Reifegrad, es nähert sich einem „Expertenmodell“ immer weiter an.

- ⇒ Im Kontext von „Articulation Work“ ist der Begriff des „Erklärungsmodells“ ein hilfreiches Konstrukt. Je nach Reifegrad des betreffenden mentalen Modells wird eine bestimmte Arbeitssituation als mehr oder weniger komplex wahrgenommen. Je komplexer eine Arbeitssituation wahrgenommen wird, desto größer ist der Bedarf nach expliziter „Articulation Work“, also der expliziten Beschäftigung mit dem Arbeitsprozess, dessen Reflexion und der Abstimmung der eigenen Wahrnehmung mit anderen beteiligten Individuen. Diese Beschäftigung mit dem Arbeitsprozess, also jene Tätigkeiten, die im Rahmen der „Articulation Work“ durchgeführt werden, entsprechen – wie oben bereits beschrieben – dem hier beschriebenen „Lernen“, wobei in kooperativen Arbeitssituation die Quellen „vermittelter Information“ vorrangig die anderen beteiligten Individuen oder organisationale Artefakte sind, die den Arbeitsablauf beschreiben.

Die Veränderung mentaler Modelle weist zwei grundlegende Schwierigkeiten auf. Bei bereits als nicht adäquat erkannten mentalen Modellen (wie sie bei „Articula-

tion Work“, die in „non-routine work“ bzw. „problematic work“ ausgeführt wird, auftreten), besteht grundsätzlich die Bereitschaft zur Veränderung (im Sinne einer „Akkommodation“ des mentalen Modells an die als verändert wahrgenommene Umweltbedingungen), die Herausforderung besteht aber darin, die notwendigen Informationen vermittelt zu bekommen also an diese zu gelangen und diese adäquat dargeboten zu bekommen. Eine weitere Schwierigkeit ergibt sich in Situationen, in denen nicht alle involvierten Individuen die Situation als „problematisch“ wahrnehmen und deshalb keine grundlegende Bereitschaft zeigen, ihre der Arbeit zugrunde liegenden Annahmen (also ihre mentalen Modelle) zu verändern ((Ifenthaler, 2006) spricht von „hoher Veränderungsresistenz“). Dies tritt vor allem im Situationen auf, in denen „Articulation Work“ nicht aus einer allgemein wahrgenommen Problemsituation heraus durchgeführt wird, sondern entweder mit rein planendem Charakter angestoßen wird oder nur für einzelnen beteiligte Individuen so stark „problematisch“ ist, dass eine explizite Beschäftigung mehrerer oder aller am Arbeitsablauf beteiligten notwendig ist.

Grundsätzlich müssen also aus der Theorie der mentalen Modelle heraus begründet zu erfolgreicher „expliziter Articulation Work“ drei Rahmenbedingungen gegeben sein:

1. Die Beteiligten müssen bereit sein, ihre mentalen Modelle abzustimmen und das individuelle Verständnis der Schnittstellen abzugleichen.
2. Die von den beteiligten Individuen benötigte Information über den Arbeitsablauf muss von den anderen Beteiligten zur Verfügung gestellt werden können oder in der Form organisationaler Artefakte vorliegen.
3. Die benötigte Information muss in adäquater Form dargeboten werden, um die individuellen mentalen Modellen mit diesen in Einklang zu bringen.

Anforderung 1 ist eine Frage des sozialen Verhaltens der beteiligten Personen bzw. der Organisationskultur und kann ggf. durch organisationale Maßnahmen (z.B. durch die Förderung von „Communities of Practice“ (Wenger, 1999)) unterstützt werden. Anforderung 2 kann trivial zu erfüllen sein, wenn der Kontext des Arbeitsablaufs (d.h. das Umfeld, in dem die Arbeit durchgeführt wird, u.a. inkl. aller beteiligten Individuen) bekannt ist. In komplexen, neuartigen oder unbekannten Arbeitssituationen muss auch die Erfüllung dieser Anforderung unterstützt werden. Ansatzpunkte dafür liefert im Bereich von „Articulation Work“ etwa (Grinter, 1996) oder (Fuchs et al., 2001), umfassend mit dieser Thematik beschäftigt sich der Forschungsbereich der „Organisational Memories“ (zur technischen Unterstützung siehe etwa (Abecker et al., 1998) oder (Diefenbruch et al., 2002)³).

³eine detaillierte Darstellung des Forschungsgebiets ist in (Maier, 2008) zu finden

1. Mentale Modelle

Anforderung 3 wird in der Forschung zum Thema „Articulation Work“ von Sarni und Simone (2002a) im Kontext des „alignment of meanings“ angesprochen, bei dem eine automationsgestützte Abbildung unterschiedlicher Domänenvokabulare die grundsätzliche Verständigung bzw. die Vermeidung von Missverständnissen vermeiden soll. Diese Maßnahme ermöglicht allerdings erst die Abstimmung mentaler Modelle, unterstützt diese aber noch nicht unmittelbar. Im Sinne der adäquaten Form der Darbietung argumentieren auch (Divitini und Simone, 2000), (Jørgensen, 2004) und vor allem (Herrmann et al., 2002) mit der Forderung von flexiblen bzw. an die Bedürfnisse der Benutzer anpassbaren Modellierungssprachen bei der Verwendung von externalisierten Modellen als Unterstützung der Durchführung von „Articulation Work“.

- ⇒ Hinsichtlich Anforderung 3 argumentiert Seel (1991) im Bereich der mentalen Modelle ebenfalls für die Nützlichkeit externalisierter Repräsentationen zur Verbesserung von mentalen Modellen. Er vertritt die Auffassung, dass „die Externalisierung die Konstruktion eines mentalen Modells 'vervollkommenet'“, was er darauf zurückführt, dass „erst aus der Zielsetzung heraus, sich einem anderen mitzuteilen, die Präzision einer gedanklichen Konstruktion resultiert, die für die Erklärung einer Weltergebnisheit erforderlich ist“ (Seel, 1991, S. 155). Die Bildung von Externalisierungen mentaler Modelle verbessert also einerseits das individuelle mentale Modell, indem sie Lücken und Inkonsistenzen bewusst macht, und ermöglicht andererseits die Kommunikation mit anderen Individuen und ist damit die Grundlage der Vermittlung von Information und damit des „Lernens“ und „Articulation Work“ im hier beschriebenen Sinn. Seel (1991) lässt jedoch offen, in welcher Form die Repräsentation erfolgt, um die Vermittelbarkeit bestmöglich sicherzustellen⁴. Ifenthaler (2006), Hanke (2006) und (Pirnay-Dummer, 2006) weisen an dieser Stelle jedoch auf qualitative Unterschiede der Eignung unterschiedlicher externer Repräsentationsformen mentaler Modelle zur Externalisierung und Vermittlung derselben hin. Auf diese unterschiedlichen Formen und deren Eignung wird im nächsten Abschnitt eingegangen.

Grundsätzlich konnte jedoch hier gezeigt werden, dass „Articulation Work“ in ihren komplexen Ausprägungen die mentalen Modelle der beteiligten Individuen verändert bzw. auf diesen aufbaut. In weiterer Folge wurde deutlich, dass zur expliziten Durchführung von „Articulation Work“ auch aus der Theorie der mentalen Modelle heraus die Verwendung von externalisierten Modellen (wie bereits von (Divitini und Simone, 2000), (Herrmann et al., 2002) und (Jørgensen, 2004) ohne den Hintergrund der mentalen Modelle vorgeschlagen) sinnvoll ist.

⁴ „Internalisierung von Erkenntnismitteln setzen Zeichensysteme (auditiver, visueller oder anderer Natur) für die Verschlüsselung der semantischen Gebilde voraus“ (Seel, 1991, S. 155)

Diese Forderung nach einer Externalisierung mentaler Modelle, um deren Abstimmung zu unterstützen wird auch durch die Ausführungen von Senge (1990) und (Kim, 1993) gestützt, die mentale Modelle⁵ als ein wichtiges Konzept im Kontext des organisationalen Lernens identifizieren. Mentale Modelle bilden dort die Grundlage für Handlungen von Individuen in Organisationen und müssen geteilt werden, um der Organisation selbst eine Weiterentwicklung (einen „organisationalen Lernschritt“) zu ermöglichen.

1.4. Externalisierung mentaler Modelle

Die Externalisierung von „mentalen Modellen“ ist immer ein zweistufiger Prozess (siehe Abbildung 1.2), in dem jeweils eine Transformation des Kodierungssystems stattfindet. Die wahrgenommene Realität (das „Weltwissen“) wird (ad-hoc) in ein mentales Modell abgebildet werden. Soll dieses externalisiert werden, ist dazu ein weiterer Übersetzungs- bzw. Abbildungsschritt notwendig. Gleichzeitig führt jede Modellbildung nach Stachowiak (1973) neben der „Abbildung“ auch zur „Verkürzung“, d.h. dass das Modell nicht die gesamte Information des Originals enthält, sondern nur jene Aspekte, die dem Ersteller relevant erscheinen. In diesem Sinne können sie nur in einem bestimmten (zeitlichen, personellen und operationalen) Kontext für das Original stehen („pragmatisches Merkmal“ – jedes Modells ist für einen bestimmten Zweck konstruiert).

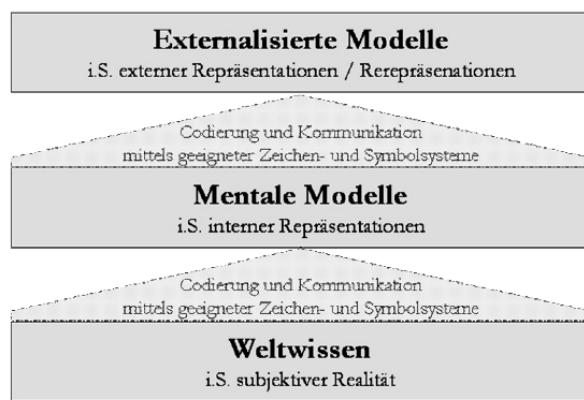


Abbildung 1.2.: Externalisierung mentaler Modelle (entnommen aus (Ifenthaler, 2006))

⁵in einem etwas breiteren Verständnis, welches im Wesentlichen auch Schemata umfasst: „[mental models are] deeply ingrained assumptions, generalizations, or even pictures and images that influence how we understand the world and how we take action.“ Senge (1990)

1. Mentale Modelle

Herausfordernd ist im Kontext von „Articulation Work“ das Abbildungsmerkmal, also die notwendige Übersetzungsleistung bei der Externalisierung eines mentalen Modells. Externalisierung umfasst nach Hanke (2006) immer die „Repräsentation“ als auch die „Kommunikation“ eines mentalen Modells. Die Relevanz dieser beiden Aspekte verschiebt sich je nach Kontext bzw. Zielsetzung der Externalisierung. Dient diese eher der individuellen Verständnisbildung, steht die „Repräsentation“ im Vordergrund (diesen Zweck erfüllt nach (Seel, 1991) auch bereits das mentale Modell selbst, die Externalisierung hat schärfenden Charakter). Die externalisierte Repräsentation soll nach Seel (1991, S. 187) in Bezug auf das repräsentierte mentale Modell

- vollständig
- konzise
- kohärent und konkret
- bedeutungshaltig und korrekt

sein. Das Kodierungssystem muss hier also so gewählt werden, dass eine möglichst unmittelbare Abbildung der mentalen Modelle auf die externalisierte Repräsentation (und vice versa) möglich ist.

In Situationen, in denen mentale Modelle zusätzlich auch anderen Individuen vermittelt werden sollen, steht „Kommunikation“ im Vordergrund. Die „Kommunizierbarkeit“ eines mentalen Modells hat Auswirkungen auf die wählbaren Kodierungssysteme zur Externalisierung. Das gewählte Kodierungssystem muss allen beteiligten Individuen verständlich sein, während dieses Kriterium bei der individuellen Verständnisbildung irrelevant ist (Hanke, 2006). Im Rahmen von „Articulation Work“ steht im Allgemeinen die „Kommunikation“ bei der Externalisierung im Vordergrund, wobei diese ohne eine adäquate „Repräsentation“ nicht möglich ist. Ziel muss es also sein, Kodierungssysteme zur Verfügung zu stellen, die

- allen beteiligten Individuen verständlich sind, und
- eine möglichst unmittelbare Abbildbarkeit der mentalen Modelle auf die externalisierte Repräsentation ermöglicht.

Kodierungssysteme können „*auditiver, visueller oder anderer Natur*“ (Seel, 1991, S. 155) sein. Das gebräuchlichste Kodierungssystem ist die natürliche Sprache. Diese ist im Sinne der ersten Anforderung oft eine gute Wahl, bietet aber aufgrund ihrer Generizität nur wenig Möglichkeiten, sowohl den Repräsentations- als auch den Kommunikationsprozess bei der Externalisierung explizit zu unterstützen. Ifenthaler (2006) stellt mehrere Methoden vor, die sich spezifisch zum Zwecke der Externalisierung mentaler Modelle eignen und zu qualitativ höherwertigen Externalisierungsergebnisse führen sollen. Dies sind im Einzelnen:

- Methode des lauten Denkens
- Strukturlegetechniken
- Concept Mapping

Auch (Huss, 2003) erwähnt diese Ansätze im Zusammenhang mit der Externalisierung „mentaler Repräsentationen“. In der Folge werden die genannten Ansätze detaillierter betrachtet. Dabei kommt folgender Raster zum Einsatz:

Konzept beschreibt die grundlegenden Konzepte des Ansatzes und die darauf aufbauende Zielvorstellung

Vorgehen beschreibt, wie die Zielerreichung methodisch sichergestellt werden soll.

Unterstützung beschreibt, welche (technischen) Unterstützungsmaßnahmen vorgeschlagen werden.

Bewertung fasst die Eigenschaften der Methode zusammen und beurteilt sie hinsichtlich ihrer Eignung für „Articulation Work“

1.4.1. Methode des lauten Denkens

Die „Methode des lauten Denkens“ (Van Someren et al., 1994) beschreibt ein Vorgehen, bei dem Individuen während ihrer operativen Tätigkeit ihre Gedanken und die Motive für ihr Handeln verbalisieren.

Konzept

Die Grundidee des „Methode des lauten Denken“ basiert darauf, alle Gedanken, die im eine Tätigkeit begleiten, laut auszusprechen ohne sich auf diese Verbalisierung explizit zu konzentrieren (und etwa über Formulierungen nachzudenken oder Interpretationen durchzuführen). Es werden keine Fragen gestellt, das externalisierende Individuum wird ggf. lediglich daran erinnert, seine Gedanken auszusprechen. Nach Van Someren et al. (1994) hat diese Form der Externalisierung keinen negativen Einfluss auf die Durchführung der eigentlichen Tätigkeit.

Die „Methode des lauten Denkens“ wird immer mit dem Ziel durchgeführt, die kognitiven Prozesse in einer bestimmten Situation offenzulegen. Dazu muss eine Problemstellung ausgewählt werden, die diese Situation auslöst und möglichst keine oder geringe Nebeneffekte aufweist. Dazu gehört etwa die kognitive Überforderung des Individuums, wenn die Aufgabe als zu schwierig wahrgenommen wird. Gleichzeitig führt eine zu einfache Aufgabe zu einer routinisierten Abarbeitung, deren kognitiven Prozesse zumeist implizit und schwer zu externalisieren sind (vgl. „Operations“ in der „Activity Theory“ (Leont'ev, 1978)). Der wahrgenommene

1. Mentale Modelle

Schwierigkeitsgrad der Aufgabe steht in direktem Bezug mit der Expertise des Individuums (als unabhängige Variable), die bei der Auswahl der Problemstellung berücksichtigt werden muss.

Die „Methode des lauten Denkens“ wird oft mit Retrospektion kombiniert. Retrospektion ist die angeleitete Reflexion über eine Tätigkeit im Nachhinein (also nach Abschluss der Tätigkeit). Im Falle der Kombination mit der „Methode des lauten Denkens“ wird diese Reflexion mit Protokollen der verbalisierten Gedanken durchgeführt, was Unklarheiten in diesen Protokollen und eine tiefergehende Reflexion ermöglichen kann.

Die Ergebnisse der „Methode des lauten Denkens“ werden auf Basis von Audio- oder Video-Aufnahmen möglichst exakt transkribiert. Die Auswertung der Protokolle erfolgt im Normalfall nicht durch das Individuum selbst sondern wird interpretativ durch Dritte durchgeführt. Von Van Someren et al. (1994) wird dazu unter anderem vorgeschlagen eine Aufgaben-Analyse durchzuführen, deren Ergebnis im Allgemeinen ein (diagrammatisches) Modell der Aufgaben und Tätigkeiten des Individuum zur Zielerreichung ist.

Vorgehen

Van Someren et al. (1994) beschreiben einen prototypischen Ablauf der „Methode des lauten Denkens“, der hier angegeben wird. Die Durchführung der Methode sollte in einer möglichst ungestörten, ruhigen Umgebung erfolgen. Das Individuum wird instruiert, bei der Problemlösung laut mitzusprechen und alles zu sagen, was ihnen durch den Kopf geht (für exakte Formulierungsvorschläge siehe (Van Someren et al., 1994, S. 43)). Bevor die eigentliche Problemstellung bekannt gegeben wird, kann bei in der Methode ungeübten Individuen eine „Aufwärmphase“ durchgeführt werden, in der etwa anhand der Lösung einer einfachen Schlussrechnung das Verbalisieren der Überlegungen zu deren Lösung geübt werden kann.

Während der Durchführung der Methode beschränkt sich der Untersuchungsleiter darauf, das Individuum an das Aussprechen seiner Gedanken zu erinnern, sobald dieses zu sprechen aufhört. Der gesamte Verlauf der Aufgabenbearbeitung wird mittels Audio- oder Video-Ausrüstung aufgezeichnet.

Nach Abschluss der Methode wird die gesamte Aufzeichnung transkribiert. Bei der Transkription muss auf höchste Exaktheit geachtet werden, auch Sprechpausen oder nichtverbale Geräusche des Individuums sind relevant. Liegt eine Videoaufzeichnung vor, so wird das Transkript um die beobachteten Tätigkeiten des Individuums ergänzt. Das fertige Transkript kann dem Individuum im Sinne der Retrospektion zur Kommentierung vorgelegt werden, bei der Kommentare oder

Erklärungen angebracht werden können (aber als solche gekennzeichnet werden müssen).

Zur Auswertung der Ergebnisse der „Methode des lauten Denkens“ werden unterschiedliche Methoden herangezogen, im im Detail in (Van Someren et al., 1994) beschrieben sind. Da hier lediglich die Externalisierung selbst von Interesse ist, wird auf diese Methode an dieser Stelle nicht näher eingegangen.

Unterstützung

Eine technische Unterstützung der „Methode des lauten Denkens“ ist von den Entwicklern der Methode (Van Someren et al., 1994) grundsätzlich nicht vorgesehen. Lediglich zur Dokumentation der artikulierten Information wird eine Aufzeichnung mittels Video- oder Audio-Ausrüstung empfohlen. Diese Dokumentation ist notwendig, um eine möglichst vollständige Auswertung der Information zu gewährleisten und eine Abbildung auf eine strukturierte Externalisierung des zugrunde liegenden mentalen Modells zu ermöglichen.

(Senge, 1990) schlägt zur verbalen Externalisierung von mentalen Modellen einen Ansatz vor, der der „Methode des lauten Denkens“ nahe kommt, die Gedanken des Individuums aber verschriftlicht. Bei Einsatz der „left-hand column“⁶ wird ein Blatt Papier in zwei Spalten geteilt, wobei in der rechten Spalte eine Transkription der Handlungen bzw. der Konversation eines Individuums eingetragen wird. In der linken Spalte werden die Gedanken und handlungsmotivierenden Überlegungen eingetragen und den sichtbaren Handlungen in der rechten Spalte zugeordnet. Ein Nachteil dieser Methode ist, dass er – auch wenn er technisch unterstützt werden würde – nur im Nachhinein durchgeführt werden kann, um den eigentlichen Arbeitsablauf nicht zu unterbrechen.

Bewertung

Die „Methode des lauten Denkens“ (Van Someren et al., 1994) ist die einzige der gängigen Methoden zur Externalisierung mentaler Modelle, welche nicht auf eine graphische Repräsentationsform zurückgreift. Die externalisierende Person muss während der Aufgabenbearbeitung unmittelbar ihre kognitiven Prozesse und Denkmuster verbalisieren. Dies ist für viele Menschen ungewohnt und führt oft zu unvollständigen Repräsentationen. Detailliertes Nachfragen ist hier deshalb notwendig. Die gewonnenen Daten (etwa aus Audio- oder Videomitschnitten des Versuchsszenarios) werden strukturiert ausgewertet, kategorisiert und interpretiert. Hier liegt auch die Schwierigkeit des Verfahrens – in der Interpretation ist eine

⁶Eine detaillierte Beschreibung der Methode ist in (Senge et al., 1994) erschienen

1. Mentale Modelle

eindeutige Zuordnung zu bestimmten kognitiven Prozessen oft nicht möglich, die Repräsentation des mentalen Modells bleibt unvollständig oder ist inkonsistent. Ifenthaler (2006, S. 28)

In einer informellen Variante ist die „Methode des lauten Denkens“ jedoch vor allem für den Einsatz in nicht komplexen Fällen von „Articulation Work“ geeignet (also etwa bei kleineren Änderungen im Arbeitskontext, die die Anpassung einzelner Tätigkeiten aber nicht die Adaption des gesamten Arbeitsablaufs benötigen). Dabei kann auf eine Aufzeichnung ggf. verzichtet werden, da die Durchführung der unmittelbaren Kommunikation dient und deren Ergebnisse nicht weiter interpretiert oder anderweitig verwendet werden müssen.

1.4.2. 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 „[...] versteckende Beschreibung von Handlungen nicht aus der Perspektive eines außenstehenden Beobachters, sondern aus Sicht der handelnden Person, des Akteurs selber“ (Dann, 1992) dar.

Konzept

Das Konzept der Strukturlegetechniken entstammt im Wesentlichen einem Forschungsprogramm zur Entwicklung von Ansätzen zur „rekonstruktiven Erhebung subjektiver Theorien“ (Dann, 1992). „Subjektive Theorien“ sind dabei im Wesentlichen den mentalen Modellen und Schemata gleichzusetzen⁷ (Kluwe, 1990) (zitiert nach (Huss, 2003)). Strukturlegetechniken sind nicht als reine Erhebungsmethoden zu sehen, sondern beeinflussen durch den Lege-Vorgang selbst die zu externalisierenden mentalen Modelle und bilden damit die Grundlage für eine mögliche Veränderung des Agierens im Arbeitskontext (Dann, 1992, S. 6). Die Grundidee von Strukturlegetechniken ist die freie Anordnung und Assoziation von Begriffen. Je nach Variante kann dies individuell oder in Gruppen, mit oder ohne Moderator bzw. Untersuchungsleiter geschehen. Der Prozess ist dann abgeschlossen, wenn

⁷ „Subjektive Theorien [...] sind nicht nur unmittelbar handlungserklärend, -rechtfertigend oder -leitend; d.h. sie beziehen sich über die unmittelbare Erklärung/Rechtfertigung etc. eigener Handlungen hinaus auf z.B. ganze Handlungskategorien [...]“ (Scheele und Groeben, 1988, S. 34)

die Beteiligten die Repräsentation als eine adäquate Abbildung ihrer Denkmodelle sehen. Vor allem in kooperativen Sitzungen ist dies mit Aushandlungs- und Abstimmungsprozessen während der Repräsentation verbunden, was Strukturlegetechniken in der Durchführung potentiell aufwändig macht.

Strukturlegetechniken sind hinsichtlich der Art und dem Umfang der vorgegebenen Konstrukte nicht einheitlich aufgebaut. Es existieren Ansätze, in denen sämtliche Strukturelemente (also Konzepte und Arten von Beziehungen) vorgeben sind und die vom Externalisierenden „lediglich“ die Anordnung dieser Strukturelemente verlangen. Dem gegenüber stehen Strukturlege-Varianten, die weder die Konzeptklassen (und dementsprechend auch keine konkreten Konzepte) noch die Beziehungsarten vorgeben und deren Festlegung dem Externalisierenden überlassen (für einen Überblick über Varianten siehe (Ifenthaler, 2006, S. 29)). Im Fall der gängigen HSLT⁸ (Scheele und Groeben, 1988) wird ein zweistufiges Vorgehen gewählt, bei dem im ersten Schritt die Konzepte durch ein vorgegebenes Frageschema erhoben werden und im zweiten Schritt die Anordnung und Assoziation durchgeführt wird. Die Strukturen, die durch den Externalisierenden gebildet werden sind im Sinne von Stachowiaks „Allgemeiner Modelltheorie“ (Stachowiak, 1973) als „diagrammatische Modelle“ einzustufen (also ein im Normalfall graphisches, jedoch nicht ikonisches Darstellungsmodell).

Vorgehen

Je nach Variante von Strukturlegetechniken werden mehr oder weniger starke Vorgaben hinsichtlich des Ablaufs der Externalisierung gemacht. Der in der Literatur (z.B. (Ifenthaler, 2006)) als am elaboriertesten und etabliertesten bezeichnete Ansatz ist die Dialog-Konsens-Methodik, die im Rahmen der Heidelberger Strukturlegetechnik (Scheele und Groeben, 1988) zur Anwendung kommt.

Die Dialog-Konsens-Methodik sichert die Adäquatheit der während des Legeprozesses entstehenden mentalen Modelle durch laufende „kommunikative Validierung“ des Verständnisses ab. Um die kognitive Last zu reduzieren, wird dem eigentlichen Strukturlegeprozess eine Erhebungs-Phase vorgelagert, in der die relevanten Strukturelemente (Konzepte und Assoziationen) identifiziert werden.

In der Erhebungsphase werden mittels einem semistrukturierten Interview (exemplarischer Aufbau siehe (Scheele und Groeben, 1988)) werden Konzepte identifiziert, die für den jeweiligen Problembereich von Interesse sind. Die Identifikation erfolgt durch den Untersuchungsleiter auf Basis des Interview-Protokolls und nicht durch das externalisierende Individuum selbst. Das Individuum bestätigt oder erweitert in der Folge im Dialog mit dem Untersuchungsleiter die identifi-

⁸Heidelberger Strukturlegetechnik

1. Mentale Modelle

zierten Konzepte. Die Strukturierung der Konzepte erfolgt mittel vorgegebenen Relationen (die so wie die Konzepte als Kärtchen vorliegen). Die HSLT definiert insgesamt 20 Relationsarten und sieht keine Erweiterung derselben vor. Die Strukturierung wird sowohl vom externalisierenden Individuum als auch von Untersuchungsleiter unabhängig voneinander vorgenommen und dann im Rahmen eines Dialog-Konsens-Prozesses gegenübergestellt und das Verständnis abgeglichen. Ziel ist hier, das der Untersuchungsleiter das mentale Modell des Indviduum versteht. Scheele und Groeben (1988) schlagen vor, bei komplexen Sachverhalten die Konsensbildung über die Konzepte in einem separaten Dialog-Konsens-Prozess durchzuführen, bevor die Strukturierung vorgenommen wird.

Auch andere Strukturlegetechniken (siehe (Dann, 1992)) bleiben beim Konzept des Dialog-Konsenses und trennen zwischen der Phase der Konzepterhebung und der der Konzeptstrukturierung. Sie unterscheiden sich in der Zielsetzung der Externalisierung (und sind zum Teil nur für bestimmte Formen von mentalen Modelle geeignet) sowie im Grad der Vorstrukturierung (als inwieweit Konzepte und/oder Beziehungen bereits vorgegeben sind). Entsprechend der jeweiligen Offenheit bzw. Eingeschränktheit der Strukturlegetechnik ist die Phase der Konzept- (bzw. Beziehungs-)Sammlung mehr oder weniger stark ausgeprägt. Gemein ist allen Strukturlegetechniken, dass zwei dedizierte Phasen der Konzeptsammlung und der Konzeptstrukturierung durchgeführt werden, die in der Folge im Dialog-Konsens iterativ solange verfeinert werden, bis alle beteiligten Personen (also der Untersuchungsleiter und das externalisierende Individuum) mit dem Ergebnis zufrieden sind.

Unterstützung

Als technologische Unterstützung von Strukturlegetechniken wird in der Literatur mehrfach (u.a. bei (Huss, 2003) und (Ifenthaler, 2006)) die Software MaNET⁹ (Eckert, 1998) erwähnt¹⁰. Von den Entwicklern dieses Produkts wird dieses aber wiederholt als Software zur computerunterstützten Generierung von „Concept Maps“ (siehe Abschnitt 1.4.3) bezeichnet. Tatsächlich verschwimmen ob der fehlenden physischen Repräsentation des Modells (es wird ausschließlich am Rechner konstruiert) und dem offenen semantischen Konzept (im Gegensatz zur HSLT) die Grenzen zu „Concept Mapping“-Werkzeugen im Sinne der Entwickler dieses Ansatzes (Novak und Cañas, 2006). Ein ähnliches Bild zeigt sich bei (Mandl und Fischer, 2000), die bei der Unterstützung von Methoden zur „Strukturdarstellung“ auf „Concept-Mapping“-Werkzeuge verweisen.

⁹Mannheimer Netzwerk-Elaborations-Technik

¹⁰<http://www.marescom.net> (Abruf am 21.08.2009)

Eine explizite Unterstützung des physischen Legeaspekts von Strukturlegetechniken wird in der Literatur nicht erwähnt. Aktuell existieren allerdings Bestrebungen, computerunterstützte „Concept Mapping“-Ansätze in den physischen Raum zu transferieren (Do-Lenh et al., 2009) (Tanenbaum und Antle, 2009). Diese Ansätze werden in Abschnitt ?? im Rahmen der Beschreibung der verwandten Arbeiten genauer betrachtet.

Bewertung

Strukturlegetechniken bedienen sich einer physischen Abbildung der mentalen Modelle durch die externalisierende Person. Sie zählen damit hinsichtlich des Ergebnisses zu den graphischen Verfahren zur Externalisierung mentaler Modelle. Konzeptuell besteht keine Einschränkung auf individuelles Externalisieren, das Verfahren kann auch in Gruppen angewandt werden. Die beteiligten Personen bilden Begriffsnetzwerke, die deren Handlungen zugrunde liegenden Annahmen und Modelle abbilden. Strukturlegetechniken werden in den gängigen Varianten durch Dialog-Konsens-Methoden unterstützt, in denen die Modelle in Interaktion zwischen dem Externalisierenden und dem Moderator bzw. Versuchsleiter entstehen. Grundsätzlich ist dies aber nicht notwendig und wird auch nicht in allen Strukturlege-Varianten angewandt.

Hinsichtlich der Auftrennung des Externalisierungsprozesses in zwei Phasen (Konzept-Sammlung und –Strukturierung) erscheint bei „Articulation Work“ eine fakultative Durchführung der ersten Phase möglich und angemessen. Durch die inhaltliche Offenheit von „Articulation Work“ sind viele Konstrukte nur in ihrem Kontext sinnvoll verständlich und müssen deshalb unmittelbar in die Struktur eingebettet werden oder werden erst aus dieser ersichtlich. Eine strikte Teilung in Sammlung und Strukturierung ist daher in diesem Anwendungsbereich fragwürdig. Bei der Modellierung komplexer Zusammenhänge scheint außerdem eine möglichst hohe Flexibilität der Repräsentationsform von Vorteil zu sein, um den Modellierungsprozess nicht zu behindern und eine Fokussierung auf den Modellierungsgegenstand zu ermöglichen (Goguen, 1993, S. 6). Dies wird im Kontext von Articulation Work als Wesentlich erachtet (Schmidt und Simone, 2000, S. 10).

Im Falle von „Articulation Work“ ist von einer wechselseitigen Abstimmung der mentalen Modelle der beteiligten Individuen auszugehen (obgleich es Szenarien geben kann, in der klassische Experten-Laien-Settings im Sinne eines unidirektionalen Wissenstransfers auftreten – diese werden hier jedoch als Spezialfall des allgemeinen, wechselseitigen Szenarios betrachtet). Dazu ist eine Auflösung der in der ursprünglichen Methode vorgesehenen strikten Trennung zwischen „Proband“ und „Untersuchendem“ hin zu einer gleichberechtigten Rolle aller Beteiligten notwendig. Zu untersuchen bleibt, ob die Rolle des Moderators und „Ermöglchers“

(im Sinne der Unterstützung bei der Werkzeugbenutzung), die ansonsten vom Untersuchungsleiter eingenommen wird, nach wie vor explizit wahrgenommen werden muss (durch eine Person, die ansonsten nicht in den Dialog-Konsens-Prozess eingebunden ist).

Kritisch betrachtet wird die lange Durchführungsdauer der Externalisierungs-Prozesse, die eine nicht unwesentliche Belastung der Teilnehmer darstellt. Auch die Komplexität mancher Ansätze (etwa der HSLT mit ihren 20 unterschiedlichen Beziehungstypen) stellt eine nicht unwesentliche kognitive Belastung der Teilnehmer dar. Neuere Ansätze empfehlen zur Reduktion des Aufwandes den Einsatz von rechnerbasierten Werkzeugen, ohne dabei jedoch spezifischer zu werden. Ifenthaler (2006, S. 29f)

1.4.3. Concept Mapping

Concept Mapping (Novak und Cañas, 2006) ist eine Methode, in der semantische offene diagrammatische Modelle graphisch erstellt werden. Sie dienen der flexiblen Abbildung von Begriffen (Konzepten) und deren Zusammenhänge. Die erstellte Struktur entspricht einem Graphen mit Knoten, die die Konzepte repräsentieren und Kanten, die gerichtet oder ungerichtet die Beziehungen zwischen den Konzepten herstellen und durch Beschriftung zusätzlich spezifiziert werden können. Concept Mapping sollte ob der potentiellen Komplexität der entstehenden Modelle nach Novak und Cañas (2006) durch rechnerbasierte Werkzeuge unterstützt werden.

Konzept

Concept Maps sind graphische Strukturen, in denen durch Knoten und Kanten Begriffe und deren Zusammenhänge dargestellt werden. Die Begriffe („Konzepte“) werden dabei anhand des Themas der Concept Map ausgewählt, die zumeist in Form einer Fokus-Frage vorliegt. Ein Konzept ist nach (Novak und Cañas, 2006, S. 1) „*a perceived regularity in events or objects, or records of events or objects, designated by a label*“. Konzepte sind also allgemeine Aussagen über Phänomene oder Objekte, die durch einen Bezeichner beschrieben werden. Diese Bezeichner sind im Allgemeinen kurz und sollten 1-2 Worte umfassen.

Die Konzepte werden untereinander mit Beziehungen verbunden, wobei die Kombination aus zwei oder mehreren Konzepten und einer Beziehung als „Proposition“ bezeichnet wird. „Propositions“ sind nach (Novak und Cañas, 2006, S. 1) „*statements about some object or event in the universe, either naturally occurring or constructed*“. Beziehungen können grundsätzlich gerichtet oder ungerichtet sein

und müssen durch eine Beschriftung ("linking word") mit beliebiger Bedeutung versehen werden. Nach (Novak und Cañas, 2006) enthalten Concept Maps meist eine hierarchische Struktur, in der die allgemeinen Konzepte am oberen Rand angeordnet sind und nach unten hin immer spezifischer werden. Daneben gibt es „cross-links“, die Beziehungen außerhalb der hierarchischen Struktur darstellen und Konzepte zueinander in Beziehung setzen, die in unterschiedlichen Bereichen der Concept Map stehen. Die grundlegende Struktur einer Concept Map ist in Abbildung 1.3 als Concept Map dargestellt.

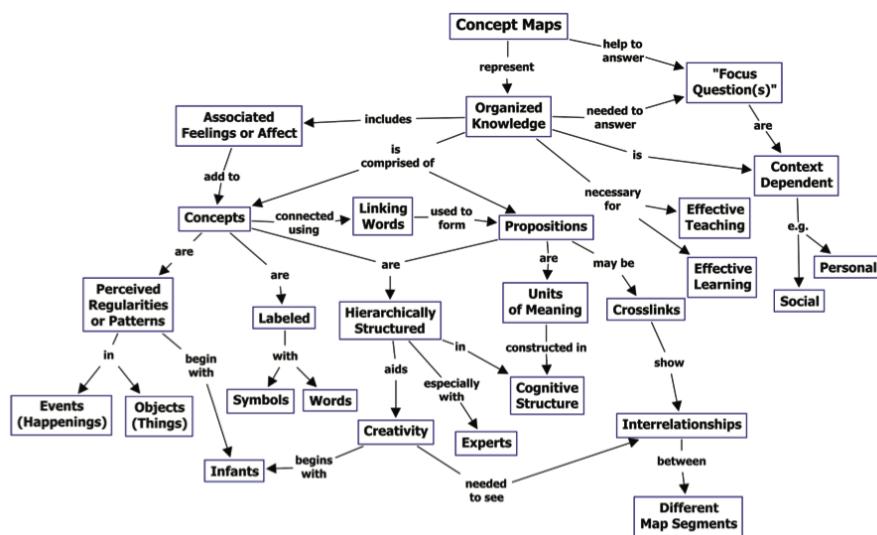


Abbildung 1.3.: Struktur einer Concept Map (entnommen aus (Novak und Cañas, 2006, S. 2))

Concept Maps werden verwendet, um exploratives Lernen zu unterstützen. In diesem Fall bilden Individuen die ihnen bewussten Zusammenhänge der Realität in der Concept Map ab und erschließen bei der individuellen oder kooperativen Erstellung den Problembereich vollständiger, was zur Entwicklung eines umfassenderen Verständnisses beiträgt. Nach (Novak und Cañas, 2006) können Concept Maps auch verwendet werden, um (implizites) Expertenwissen abzubilden (die Autoren beziehen sich hier auf (Nonaka und Takeuchi, 1995)). Im Wesentlichen ermöglichen Concept Maps damit das Externalisieren sowohl von Laien- als auch Expertenmodellen im Sinne von (Seel, 1991) und unterstützen auch die Weiterentwicklung von Laienmodellen hin zu ausgereifteren Erklärungs- oder Expertenmodellen. Damit ist eine grundsätzliche Eignung für den Einsatz im Rahmen von auf der Externalisierung von Modellen basierender „Articulation Work“ gegeben.

Vorgehen

Novak und Cañas (2006) schlagen vor, bei der Konstruktion einer Concept Map mit der Festlegung einer Fokus-Frage zu beginnen. Die Fokus-Frage muss klar formuliert sein und spezifisch auf das Problem oder den Sachverhalt eingehen, der in der Concept Map repräsentiert werden soll. Die Fokus-Frage dient nicht nur der Festlegung des Gegenstands der Concept Map sondern auch deren Abgrenzung nach außen (d.h. dass sie so spezifisch sein muss, dass Abweichungen vom intendierten Gegenstand der Concept Map erkannt werden können).

Im nächsten Schritt werden die relevanten Konzepte gesammelt. Novak und Cañas (2006) sprechen von 15-25 Konzepten, die im ersten Durchlauf maximal verwendet werden sollten. Diese Konzept können grob entsprechend ihrer Abstraktheit vorsortiert werden, um die Erstellung der Concept Map im nächsten Schritt zu erleichtern.

Die vorläufige Concept Map, die im nächsten Schritt erstellt wird, basiert auf den hierarchischen Zusammenhängen zwischen den gesammelten Konzepten. Zwischen diesen wird in der Folge nach „cross-links“ gesucht. Alle identifizierten Beziehungen müssen benannt werden. Im Zuge dieser ersten Herstellung von Beziehungen ergeben sich im Normalfall weitere Konzepte, die in die Concept Map aufgenommen werden müssen. Dies erfolgt im Zuge eines erneuten Durchlaufs durch den beschriebenen Prozess. Nach Novak und Cañas (2006) benötigt eine Concept Map mindestens drei dieser Durchläufe, um ausreichende Qualität erreichen zu können.

Unterstützung

Novak und Cañas (2006) erwähnen, dass Concept Mapping mittels Haftnotizen auf Papier oder Whiteboards durchgeführt werden kann, empfehlen aber, ein rechnerbasiertes Werkzeug – die CMapTools (Cañas et al., 2004) – einzusetzen, dass den Erstellungsprozess unterstützt und den Umgang mit der entstehenden Komplexität erleichtert.

Dieses Werkzeug ermöglicht neben der Unterstützung des Mapping-Prozesses (d.h. der Nachverfolgung des Prozesses und der Möglichkeit, einzelne Schritte rückgängig zu machen) auch eine weitere Abbildung des Concept Map selbst. Weiteres umfasst unter anderem auch die Einbindung von externen Ressourcen (Dateien am Rechner), was von Novak und Cañas (2006) als Wesentlich zur Einbettung der Concept Map in den Kontext des Problemumfelds angesehen wird.

Bewertung

Concept Mapping ist ein Ansatz zur computer-basierten Strukturierung und Visualisierung von Konzept-Netzwerken (Novak und Cañas, 2006). Durch die Rechnerunterstützung ergeben sich Vorteile hinsichtlich der Flexibilität der Darstellung und der Archivierung der Modelle. Konzeptuell werden wie bei Strukturlegetechniken Begriffsnetzwerke gebildet, wobei die methodische Hinterlegung bei Concept Mapping Ansätzen nicht so variantenreich und detailliert ausgeführt ist.

Durch die digitale Repräsentation ist eine Concept Map leichter ohne Konsequenzen zu manipulieren, da Änderungen jederzeit rückgängig gemacht werden können. Dies ermöglicht Experimente mit dem Modell und erlaubt dem Externalisierenden eine umfassendere Ergründung und Reflexion der Modelle. Kritisch wird jedoch die im Gegensatz zu Strukturlegetechniken fehlende Unmittelbarkeit der Externalisierung betrachtet – jeder Externalisierung-Prozess muss am Rechner umgesetzt werden und setzt damit Kompetenz im Umgang mit diesem Medium voraus. Ifenthaler (2006, S. 30f)

1.5. Fazit

In diesem Kapitel wurde das Konzept der "Mentalen Modelle" eingeführt und dessen Relevanz für die Durchführung expliziter "Articulation Work" beschrieben. In weiterer Folge wurden die Externalisierung mentaler Modelle, deren Rückwirkung auf die kognitiven Prozesse der Individuen sowie Methoden zu Unterstützung des Externalisierungsvorganges beschrieben.

„Mentale Modelle“ sind ein Erklärungskonzept für jene mentalen Strukturen und Vorgänge, mit Hilfe derer Individuen ihre Wahrnehmungen der realen Welt erklären und Handlungsalternativen ableiten. Durch Lernprozesse können „Mentale Modelle“ verfeinert oder grundlegend verändert werden. Quellen für neue Information, die in mentalen Modellen abgebildet wird, können die Wahrnehmung der realen Welt, dokumentarische Ressourcen oder andere Individuen sein. Ein wesentlicher Unterstützungs faktor für die Reflexion und Verfeinerung mentaler Modelle ist deren Externalisierung. Diese ist außerdem die Voraussetzung für die Kommunikation und Abstimmung verschiedener mentaler Modelle.

Während die Externalisierung auch rein verbal erfolgen kann, ist die Verwendung einer expliziten, physisch vorhandenen Repräsentation vorteilhaft. Diese wirkt vor allem in Situationen, in denen mentale Modelle offengelegt und kommuniziert werden sollen, als Ankerpunkt und Dokumentation, anhand derer eine Abstimmung der individuellen Sichten erfolgen kann. Methoden, deren Eignung zur Externalisierung mentaler Modelle empirisch belegt ist, sind unter anderem Strukturlegetechniken und Concept Mapping. Für die im Rahmen dieser Arbeit verfolgte

1. Mentale Modelle

Unterstützung von "expliziter Articulation Work" bieten beide Methoden Vorteile und Nachteile. Deswegen wird im folgenden Kapitel eine Synthese dieser beiden Methoden angestrebt, die deren Vorteile vereint und gleichzeitig die nachteilig wirkenden Faktoren zu vermeiden sucht.

2. Methodik und Anwendungszenarien

In diesem Kapitel wird die Methodik vorgestellt, die zur Externalisierung von mentalen Modellen mit dem zu entwickelnden Werkzeug zur Anwendung kommt. Die Inhalte dieses Kapitels bauen auf den Ergebnissen der Kapitel ?? und 1 auf. Die Anforderungen, die sich auf der hier vorgestellten Methodik ergeben, werden in Kapitel ?? identifiziert und in weiterer Folge in einem Werkzeug umgesetzt.

Basierend auf den Schlussfolgerungen, die Ifenthaler (2006) hinsichtlich der Eignung der beschriebenen Methoden zur Externalisierung von mentalen Modellen zieht, scheinen jene Ansätze, die auf der Bildung diagrammatischer Modelle basieren besser für die Unterstützung expliziter „Articulation Work“ geeignet zu sein als Methoden, die auf einer rein natürlichsprachlichen Repräsentation aufbauen. Dies liegt vor allem in der höheren Abstraktion begründet, die die externe Repräsentation als interindividuellen Ankerpunkt für Kommunikation besser geeignet macht. Dies deckt sich mit den Aussagen von Sarini und Simone (2002a), Herrmann et al. (2002), Raposo et al. (2004) oder Jørgensen (2004), die aus Sicht von „Articulation Work“ für die Verwendung von (diagrammatischen) Modellen zur Unterstützung argumentieren.

Betrachtet man nun die beiden Vertreter der auf diagrammatischen Modellen aufbauenden Methoden – Strukturlegetechniken und Concept Mapping –, so zeigt sich hinsichtlich der Eignung zum Unterstützung von „Articulation Work“ kein eindeutiger Vorteil für eine der beiden Methoden. Vielmehr weisen beide in diesem Kontext Vor- und Nachteile auf. Hier wird deshalb versucht, die Vorteile von Strukturlegetechniken – im Wesentlichen die Unmittelbarkeit der physischen Repräsentation – mit jenen von Concept Mapping – der Flexibilität der Modellierung sowie der Möglichkeit der Unterstützung des Modellierungsprozesses durch Computersysteme – zu vereinen.

Dabei wird auf das für „Articulation Work“ besser geeignete methodische Vorgehen von „Concept Mapping“ zurückgegriffen, während die Modellierungsumgebung an das Setting von „Strukturlegetechniken“ angepasst wird.

2.1. Durchführungsrahmen

Der Rahmen, in explizite „Articulation Work“ mit Unterstützung von externalisierten Modellen durchgeführt wird, ist an den Aufbau von Strukturlegetechniken angelehnt. Eine wesentliche Eigenschaft ist hierbei die physische Modellierungsoberfläche, auf der das Modell mittels real vorhandener und unmittelbar manipulierbaren Elementen aufgebaut wird.

Im Sinne der Abstimmung unterschiedlicher Sichten muss eine kooperative, nicht exklusive Manipulierbarkeit des Modells gewährleistet sein. Das Modell selbst ist – orientiert an der Offenheit der Repräsentation bei „Concept Mapping“ – weder in der Art der Elemente noch der Beziehungen eingeschränkt.

Hinsichtlich des Durchführungsrahmens ist auch die Notwendigkeit des Einsatzes einer Person zu diskutieren, die den Externalisierungsprozess anleitet und steuernd in diesen eingreift. Die Dialog-Konsens-Methode, die im Rahmen von Strukturlegetechniken zur Anwendung kommt, sieht die Rolle eines Untersuchungsleiters vor, der den Ablauf der Externalisierung strukturell anleitet. Inhaltlich hat der Untersuchungsleiter jedoch keine neutrale Rolle inne, sondern tritt im Rahmen des Dialog-Konsens-Prozesses in Interaktion mit der externalisierenden Person. Ziel des Untersuchungsleiters ist es, das mentale Modell der externalisierenden Person zu erschließen und zu verstehen. In kooperativen Situationen (die von der Dialog-Konsens-Methode nach (Scheele und Groeben, 1988) nicht explizit berücksichtigt werden), wo gegenseitiges Verständnis erreicht werden muss, wechselt demnach die Rolle des Untersuchungsleiters inhaltlich gesehen dynamisch.

Aus Sicht der Prozesssteuerung kann zu diesem Zeitpunkt nicht entschieden werden, ob ein Untersuchungsleiter benötigt wird oder nicht. Bei Strukturlegetechniken beschränkt sich dessen Aufgabe auf die Sicherstellung der Fokussierung der beteiligten Personen auf die jeweilige Aufgabe. Im Rahmen der Concept Mapping Methode ist ein intervenierender Untersuchungsleiter nicht vorgesehen. Im Rahmen der empirischen Erhebung (siehe Kapitel XY) wird untersucht, ob diese Rolle bei der Anwendung des hier vorgeschlagenen Werkzeugs notwendig ist oder unbesetzt bleiben kann.

2.2. Vorgehen

Sowohl im Bereich der Strukturlegetechniken als auch im „Concept Mapping“ wird vorgeschlagen, den initialen Modellierungsprozess in zwei Phasen – Konzeptsammlung und Konzeptstrukturierung – zu teilen und in der Folge das Modell iterativ solange zu verändern bzw. zu erweitern, bis alle Beteiligten mit der Lösung zu-

frieden sind (im Bereich der Strukturlegetechniken wird die als „Dialog-Konsens“ bezeichnet, im „Concept Mapping“ spricht man von „Revisions“ des Modells, die erstellt werden müssen). Beide Abläufe sind abstrahiert in Abbildung 2.1 dargestellt.

Das „Dialog-Konsens“-Vorgehen nach Scheele und Groeben (1988) ist stark reglementiert und in den einzelnen Schritten mit definierten Methoden bzw. Vorgehensvorschriften hinterlegt. Die im Rahmen von „Concept Mapping“ vorgeschlagene Methode ist hier offener und erscheint damit für die Anwendung im Rahmen von „expliziter Articulation Work“ besser geeignet. Dies liegt am eher informellen Durchführungsrahmen von „expliziter Articulation Work“ begründet, deren Ausgestaltung individuell verschieden ist und zwischen den Beteiligten (im gängigsten Fall implizit) ausgehandelt wird. Ziel ist hier, den Artikulations-Prozess zu unterstützen und nicht, ihn zu formalisieren und in vorgegebene Ablauf-Grenzen zu pressen.

Auch die zweiphasige Durchführung des Modellierungsprozesses muss unter diesem Gesichtspunkt hinterfragt werden. Die Unterteilung in zwei Phasen erscheint bei der Beschreibung von konzeptionellen Modellen sinnvoll. Begründet liegt dies in der Vielfalt möglicher Strukturierungsvarianten bei dieser Art von Modellen. Im Gegensatz dazu ist die zweistufige Abhandlung der Externalisierung bei Modellen von Abläufen nur bedingt sinnvoll, da Aktivitäts-Konzepte im Normalfall bereits in deren kausalen Abfolge externalisiert und dann bzw. parallel mit zusätzlichen Konzepten hinterlegt werden. Diese Form von Modellen ist bei der Abstimmung von Arbeit gängig, wird aber weder bei Concept Mapping noch bei Strukturlegetechniken explizit angesprochen. Insofern ist die explizite Durchführung der ersten Phase – also der Konzeptsammlung – als optional anzusehen. Im Sinne der Methode zur Erstellung von Concept Maps nach (Novak und Cañas, 2006) werden Konzeptsammlungs-Phasen in den iterativen Modellverfeinerungsprozess eingeflochten, wenn dies in der Situation als notwendig erscheint.

Die einzelnen Schritte, die bei der Anwendung der Methodik zur Anwendung kommen, sind im Einzelnen:

- Einarbeitung
- Konzeptsammlung
- Konzeptstrukturierung
- Restrukturierung

Diese Aufzählung gibt keine Reihenfolge der durchzuführenden Schritte vor. Vielmehr sind die einzelnen Blöcke als Module zu sehen, die je nach Anwendungsfall zu einem beliebigen Zeitpunkt im Externalisierungsprozess (auch mehrfach) zur Anwendung kommen oder auch entfallen können. Im Folgenden wird die Durchfüh-

2. Methodik und Anwendungszenarien

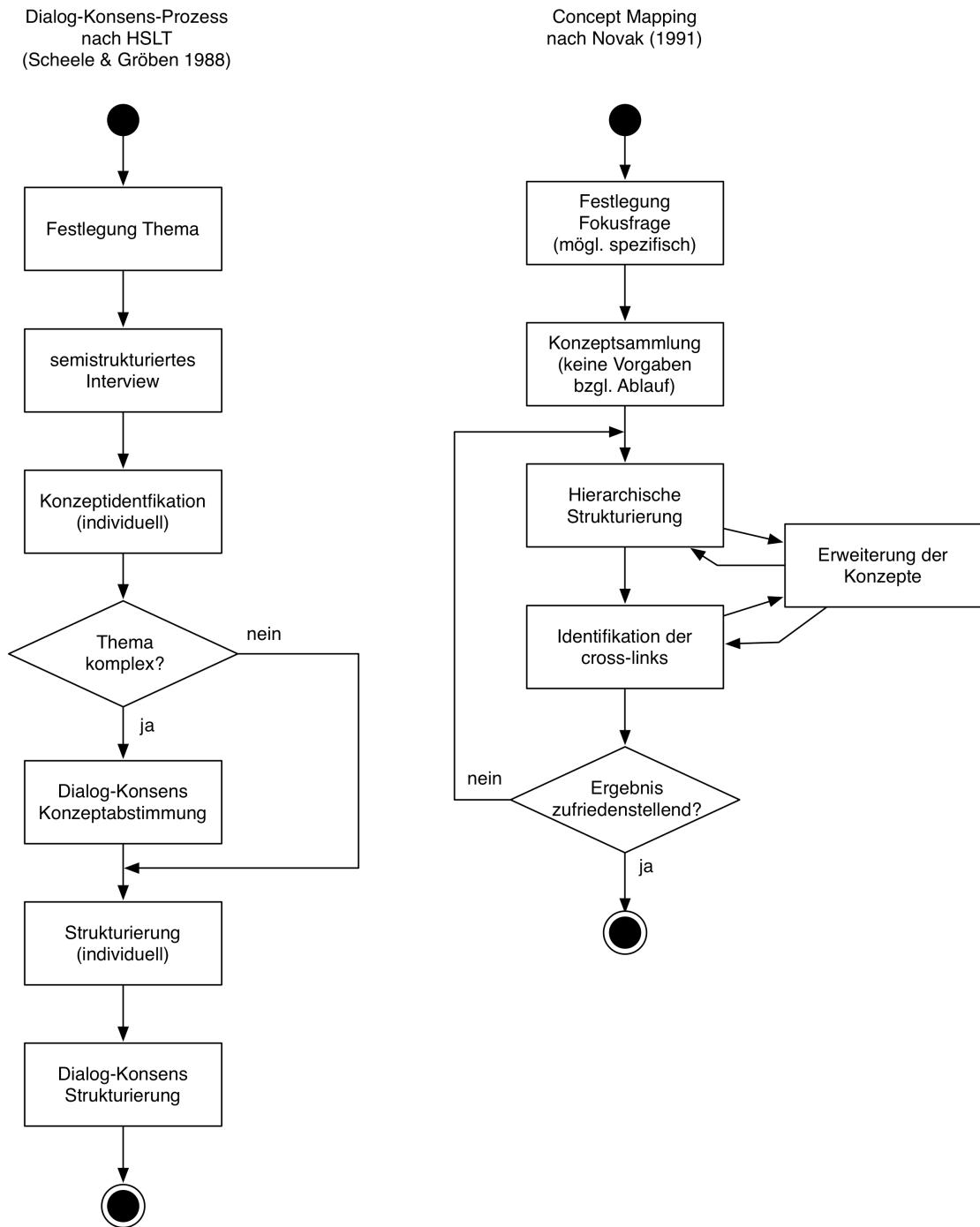


Abbildung 2.1.: Externalisierung mentaler Modelle mittels Strukturlegetechniken und Concept Mapping

rung der einzelnen Schritte kurz umrissen und angegeben, in welchen Situationen deren Einsatz angemessen bzw. notwendig erscheint.

2.2.1. Einarbeitung

Die Einarbeitung wird nach Bedarf durchgeführt, wenn zumindest eine Person nicht mit der Methodik oder dem unterstützenden Werkzeug vertraut ist. Im Rahmen einer Erklärungsphase wird den Teilnehmern die Funktionalität des Werkzeugs vorgestellt und dessen Verwendung im Rahmen der Methodik dargelegt. Dies erfolgt durch eine Person, die sowohl mit dem Werkzeug als auch der Methodik vertraut ist. Neben einem etwaigen Untersuchungsleiter kann diese Rolle auch durch einen anderen Teilnehmer wahrgenommen werden, der bereits eine Externalisierung mit Unterstützung der Methodik und des Werkzeugs teilgenommen hat.

Der Erklärungsphase kann auch eine freie Experimentier-Phase angeschlossen werden, in der die Teilnehmer die Gelegenheit haben, ohne Vorgaben das Werkzeug zu verwenden und dessen Funktionalität zu erfassen. Nach Bedarf kann dazu auch ein exemplarisches Thema vorgegeben werden, anhand dessen die Durchführung der Methodik gezeigt bzw. durchgespielt werden kann.

Zu beachten ist im Rahmen der Einarbeitung, dass die Offenheit der Methodik nicht unbeabsichtigt eingeschränkt wird, indem durch Erklärungen oder Beispiele strukturelle oder inhaltliche Vorgaben gemacht werden, an denen sich die Teilnehmer in der Folge bei der Durchführung der Externalisierung orientieren. Strukturell betrifft dies etwa Vergleiche mit unter Umständen bekannten Methoden wie „Mind Mapping“, dessen hierarchischer Aufbau jedoch nicht die Offenheit der Strukturen zulässt, die in der vorliegenden Arbeit möglich und notwendig sind. Inhaltliche Einschränkungen können etwa durch Beispiele von Konzeptklassen vorgegeben werden, die von den Teilnehmern unreflektiert übernommen werden und die dadurch die semantische Offenheit der Repräsentation einschränken.

2.2.2. Konzeptsammlung

Bei der Sammlung der Konzepte wird neben den im Rahmen von „Concept Mapping“ und Strukturlegetechniken vorgeschlagenen Vorgehen eine weitere Einschränkung vorgenommen, die aus den Erkenntnissen der Forschung im Bereich der „Articulation Work“ stammt. Sowohl „Concept Mapping“ als auch Strukturlegetechniken führen keine explizite inhaltliche Klassifizierung der gesammelten Konzepte durch – es werden keine Klassen von Konzepten gebildet, die einen gemeinsamen Aspekt oder Bezugspunkt aufweisen. Während „Concept Mapping“ eine derartige

2. Methodik und Anwendungszenarien

Strukturierung zumindest zulässt, ist diese bei Strukturlegetechniken nicht vorgesehen.

Bereits Strauss spricht von den „salient dimensions of work“ (Fjuk et al., 1997, S.5), die im Rahmen von „Articulation Work“ abgestimmt werden müssen und deren Wichtigkeit für die jeweils beteiligten Individuen von Anwendungsfall zu Anwendungsfall verschieden sein kann. Auch Sarini und Simone (2002a) unterstützen mit ihrer Arbeit die Abstimmung unterschiedlicher Perspektiven auf einen Arbeitsablauf anhand der Identifikation gemeinsamer Konzeptklassen und deren Ausprägungen. Die Ebene der Konzeptklassen scheint also im Rahmen von „Articulation Work“ eine nicht unwesentliche Rolle zu spielen. Sie werden in der hier vorgeschlagenen Methodik deshalb explizit berücksichtigt.

Dazu sind zwei Vorgehensweisen vorstellbar. Einerseits kann ein Satz an domänen- bzw. anwendungsspezifischen Konzeptklassen vorgegeben werden, der von den Benutzern verwendet werden muss. Anderseits können die Konzeptklassen selbst Gegenstand von „Articulation Work“ sein und erst während dem Externalisierungsvorgang festgelegt werden. Diese Variante erscheint im Anwendungsgebiet von „Articulation Work“ besser geeignet, da sie die Denkstrukturen der beteiligten Individuen auf mehreren Ebenen offenlegt. Unerfahrene Benutzer können mit der Offenheit des Ansatzes jedoch überfordert sein, was sich darin äußert, dass keine oder sehr allgemeine, umfassende Konzeptklassen ohne Unterscheidungskraft gebildet werden. Ein möglicher Lösungsansatz ist hier die Kombination der beiden beschriebenen Ansätze, indem eine Kernsatz an domänenspezifischen Konzeptklassen vorgegeben wird, gleichzeitig aber eine Erweiterung durch individuelle Konzeptklassen ermöglicht wird. Diese Variante, deren Durchführung und Auswirkungen sind in Oppl und Weichhart (2005) beschrieben.

2.2.3. Konzeptstrukturierung

Die Konzeptstrukturierung erfolgt in der hier beschriebenen Methodik entsprechend dem Vorgehen bei „Concept Mapping“ vollständig offen, d.h. dass keine semantisch vordefinierten Arten von Beziehungen verwendet werden. Anwender sind in der Bezeichnung der Beziehungen vollkommen frei und können diese auch explizit nicht bezeichnen, wenn ihnen dies nicht notwendig erscheint (als Abweichung zum „Concept Mapping“). Syntaktisch sind Beziehungen immer binär, haben also nur zwei Endpunkte und können ungerichtet, gerichtet oder bidirektional sein. Die Einschränkung auf binäre Beziehungen gegenüber „Concept Mapping“ wird basierend auf den Annahmen bei Strukturlegetechniken getroffen. Dort werden grundsätzlich binäre Zusammenhänge verwendet, da diese eindeutiger erfassbar

sind. Beziehungen mit mehr als zwei Endpunkten sind oft mehrdeutig und anfällig für Missinterpretation.

Vor der Festlegung von Beziehungen erfolgt in der hier beschriebenen Methode (analog zu Strukturlegetechniken) die initiale Strukturierung der Konzepte durch räumliche Anordnung derselben auf der physischen Modellierungsoberfläche. Bereits dabei kann in die Position der Konzepte Bedeutung codiert werden. So ist es möglich, rein durch die Positionierung Hierarchien oder Kausalzusammenhänge anzudeuten. Die Methodik macht hier keine Vorgaben, lässt aber diese Form der Bedeutungsfestlegung explizit zu. Für das resultierende Modell hat dies die Auswirkung, dass dessen Semantik nicht ausschließlich in dessen Netzwerkgraphen codiert ist, die Erfassung der Bedeutung der Knoten (Konzepte) und Kanten (Beziehungen) alleine also nicht ausreicht. Vielmehr muss auch die exakte Positionierung der Knoten (Konzepte) in die Repräsentation des Modells mit aufgenommen werden. Zur Rekonstruktion des Modells wäre dies ohnehin notwendig, an dieser Stelle geht die Bedeutung der Position jedoch weiter und codiert für sich stehend semantisch hinterlegte Zusammenhänge.

2.2.4. Restrukturierung

Unter Restrukturierung wird hier die Neuanordnung von bereits verwendeten Konzepten auf der Modellierungsoberfläche verstanden. Wie zuvor erwähnt ist in den Positionen der Konzepte oft Information über deren Beziehung zueinander codiert. Neben der Veränderung von explizit hergestellten Verbindungen zwischen Konzepten ist so auch durch Veränderung der Konzept-Positionen eine Änderung der Modellbedeutung möglich. Weiteres kommt im Kontext von „Articulation Work“ vor allem dann zum Tragen, wenn der wahrgenommene Kontext von Arbeitsabläufen abgebildet wird und dieser zwischen mehreren Personen ausgehandelt wird (siehe DA Wahlmüller XY). Dabei werden Konzept im Rahmen ihrer (wahrgenommen) Bedeutung für den Arbeitsablauf in bzw. um diesen an- und umgeordnet und spezifizieren so dessen Durchführungsrahmen näher aus.

Die Restrukturierung kann sich auch auf eine Veränderung der explizit angegebenen Verbindungen zwischen Konzepten beziehen. Im Gegensatz zu einer Veränderung der räumlichen Anordnung der Konzepte müssen in diesem Fall die betreffenden Verbindungen entfernt werden und entsprechend neue hinzugefügt werden. In beiden Fällen ist es in Hinblick auf eine Werkzeugunterstützung wichtig, die Durchführung experimenteller Veränderungen zu ermöglichen, die einfach rückgängig gemacht werden können. Dazu ist es notwendig, bestimmte Modellzustände als Referenz kennzeichnen zu können, die in der Folge als Bezugspunkte für eine allfällige Wiederherstellung dienen können.

2.3. Anwendungsszenarien

Die eben beschriebenen Schritte bei der Anwendung der Methodik sind, wie bereits erwähnt, als Bausteine zu verstehen, die je nach Anwendungsszenario unterschiedlich zusammengesetzt werden können oder auch wegfallen können. Außerdem ist jeweils eine individuelle oder kooperative Anwendung möglich. Auch diese Entscheidung ist vom jeweiligen Anwendungszenario abhängig.

In der Folge werden nun exemplarisch einige mögliche Anwendungsszenarien der Methodik beschrieben, die sich aus dem Einsatz derselben im Rahmen von „Articulation Work“ ableiten lassen. Neben den beschriebenen Szenarien sind aufgrund der Offenheit der Methodik auch weitere Anwendungsvarianten denkbar. Im Rahmen von „Articulation Work“ treten folgende Einsatzszenarien auf:

- Verfeinerung mentaler Modelle
- Wissenstransfer
- Abstimmung mentaler Modelle
- Aushandlung mentaler Modelle

Diese Szenarien wurden auch im Rahmen der Evaluierung in unterschiedlichen Anwendungsblöcken abgebildet (siehe Kapitel ??) und dienen als Grundlage der empirischen Überprüfung der dort formulierten Hypothesen.

2.3.1. Verfeinerung mentaler Modelle

Die Verfeinerung mentaler Modelle ist ein Anwendungsfall einer nicht kooperativen, ausschließlich individuellen Anwendung der Methodik. Die „Articulation Work“, in deren Rahmen die Externalisierung durchgeführt wird, hat reflexiven Charakter und dient der Vertiefung des Verständnisses eines realen Phänomens. Ziel ist es, die beobachteten Abläufe oder Ereignisse besser erklären zu können, um so letztendlich adäquatere Handlungsalternativen ableiten zu können. Die Aufgabenstellung lautet dementsprechend, das aktuelle Verständnis des Phänomens zu externalisieren und in der Folge anhand der externalisierten Repräsentation nach möglicherweise veränderten oder erweiterbaren Erklärungsansätzen zu suchen.

Bestehen keine Vorkenntnissen des Individuums in der Durchführung der Methodik bzw. der Verwendung der Werkzeugunterstützung, so wird die Aktivität „Einarbeitung“ durchgeführt. Dies ist in diesem Szenario der einzige Punkt, an dem eine zweite Person (also ein „Prozessbegleiter“) eingreift. In den späteren Phasen – der eigentlichen Externalisierung – ist lediglich das betreffende Individuum beteiligt.

Je nach individueller Präferenz beginnt der eigentliche Externalisierungsvorgang mit einer dedizierten Konzeptsammlungsphase oder einer bereits von Beginn an verwobenen Sammlungs- und Strukturierungsphase. Auch bei Beginn mit einer Konzeptsammlungsphase geht die darauf folgende Strukturierungsphase mit einer iterativ verwobenen Ergänzung bzw. Veränderung der Konzepte einher. Der erste Teil der Anwendung ist abgeschlossen, wenn die initiale externalisierte Repräsentation den wahrgenommenen Ist-Zustand für das Individuum abbildet.

Im zweiten Teil wird die externalisierte Repräsentation als Grundlage für eine tiefergehende Erklärung des realen Phänomens herangezogen. Im Rahmen dieses reflexiven Prozesses kann es zu Restrukturierungen im Modell kommen, um dessen Ausdrucksstärke oder Erklärungskraft zu verbessern. Dies kann Ergänzungen (wie etwa die Berücksichtigung von Ausnahme- oder Spezialfällen) umfassen aber auch zu einer grundlegenden Veränderung des ursprünglichen Erklärungsansatzes führen (siehe „Assimilation“ vs. „Akkommodation“ in Abschnitt 1.2 bzw. die Unterscheidung zwischen „single-loop learning“ und „double-loop learning“ bei Argyris (1976)).

Die Anwendung der Methodik ist abgeschlossen, wenn für das Individuum ein konsistenter mentaler Zustand erreicht ist (das Erklärungsmodell also als konsistent wahrgenommen wird). Dies kann auch der ursprüngliche Ausgangszustand sein, der durch die Externalisierung betätigt und weiter gefestigt wurde. Bei einer Veränderung des mentalen Modells muss sich dieses in der Folge in der praktischen Anwendung bei der Entwicklung von Handlungsalternativen bei der Konfrontation mit dem gegebenen Phänomen in der realen Welt bewähren (im Sinne des „assess“ im OADI¹-Zyklus des individuellen Lernens bei Kim (1993)). Die Anwendung der Methodik dient hier also der Entwicklung neuer Erklärungsansätze und Handlungsalternativen, deren Bestätigung und Festigung erfolgt erst in der praktischen Anwendung.

2.3.2. Wissenstransfer

Das Szenario „Wissenstransfer“ bezieht sich auf Situationen, in denen Wissen von einer Person an ein oder mehrere Individuen weitergegeben werden muss. Im Rahmen von „Articulation Work“ kann diese Situation auftreten, wenn ein Arbeitsablauf von manchen Beteiligten aufgrund von mangelnder Erfahrung oder Unkenntnis als problematisch wahrgenommen wird, zumindest eine Person aber das Fakten- oder Handlungswissen besitzt, um adäquate Handlungsalternativen ableiten zu können. Ziel ist hier, das relevante Wissen von der kompetenten Person zu den unerfahrenen Personen zu transferieren, diese also „lernen“ zu lassen. Die Auf-

¹Observe – Assess – Design – Implement

2. Methodik und Anwendungszenarien

gabenstellung lautet dementsprechend, die relevanten Konzepte und Beziehungen zur Erklärung der Situation und der Ableitung von Handlungsalternativen durch das kompetente Individuum zu externalisieren. Aufbauend auf der externalisierten Repräsentation wird eine kooperative Reflexionsphase durchgeführt.

Der erste Teil der Durchführung entspricht im Wesentlichen dem im ersten Szenario beschriebenen Vorgehen. Die Konzeptsammlung und -strukturierung erfolgt initial individuell, wobei die „lernenden“ Individuen an diesem Teil des Prozesses bereits beobachtend teilnehmen können. Die externalisierende Person kann den Externalisierungsprozess durch Anwendung der Prinzipien der „Methode des lauten Denkens“ (siehe Abschnitt 1.4.1) nachvollziehbar machen.

Der kooperative Teil der Durchführung beginnt mit einer Erklärungs- und Reflexionsphase, der die externalisierte Repräsentation zugrunde liegt und als Bezugs- und Ankerpunkt dient. Je nach Verlauf des Prozesses kann diese Reflexion in eine (Re-)Strukturierungsphase übergehen, in der die Repräsentation bei punktuell auftretenden Verständnisschwierigkeiten verfeinert bzw. konkretisiert werden kann.

Der Prozess ist abgeschlossen, wenn sowohl die „lernenden“ Individuen die als problematisch wahrgenommene Situation für sich auflösen können und auch das externalisierende Individuum den Eindruck gewinnt, dass die zu vermittelnden Konzepte von den „Lernenden“ akkommodiert wurden. Der tatsächliche Erfolg des Wissenstransfers zeigt sich wiederum erst in der praktischen Durchführung von Handlungen in der fraglichen Situation bzw. deren Auswirkungen in der Realität.

2.3.3. Abstimmung mentaler Modelle

Die Abstimmung mentaler Modelle ist das erste Szenario in den eine tatsächlich kooperative Externalisierung vorgenommen wird. Im Rahmen von „Articulation Work“ tritt diese Variante dann auf, wenn etablierte, individuelle bzw. lokale Arbeitsabläufe existieren, die aufgrund von neuen Anforderungen oder Rahmenbedingungen so abgestimmt werden müssen, dass sie interoperabel bzw. kooperativ durchführbar sind. Ziel ist es hier also, die individuellen Arbeitsabläufe und deren wahrgenommene Rahmenbedingungen soweit offen zu legen, dass eine Identifikation der Schnittstellen zwischen den einzelnen Teilen und die Etablierung eines kooperativen Arbeitsablaufs möglich wird. Alternativ kann dieses Szenario auch dann auftreten, wenn ein organisational spezifizierter Soll-Prozess den tatsächlichen Arbeitsabläufen gegenüber gestellt werden soll bzw. aus diesen ein Soll-Prozess entwickelt werden soll. Die Aufgabenstellung lautet in allen Fällen im ersten Schritt, die individuellen Beiträge zu dem angepeilten kooperativen Arbeitsablauf zu identifizieren und soweit zu externalisieren, dass diese für die anderen

beteiligten Individuen erfassbar werden (im Falle der Existenz eines organisationalen Soll-Prozesses wird diese durch ein die Organisation repräsentierendes Individuum eingebracht). Im zweiten Schritt erfolgt eine kooperative Abstimmung der individuellen Beiträge, im Rahmen derer der globale Ablauf ausgehandelt wird bzw. potentielle Konfliktstellen identifiziert bzw. beseitigt werden.

Das Szenario ist grundsätzlich kooperativ und baut im ersten Teil auf den beiden zuvor beschriebenen Szenarien auf. Dies bedeutet konkret, dass die Externalisierung der individuellen Beiträge wie in Szenario 2 geschildert zwar jeweils von den einzelnen Teilnehmern separat durchgeführt wird, dass zum Zwecke der Verständlichkeit die anderen beteiligten Personen beobachtend teilnehmen können. Die individuellen Beiträge müssen dabei nur soweit offengelegt werden, wie sie die möglichen Schnittstellen im zu entwickelnden gemeinsamen Arbeitsablauf betreffen - nicht jedes teilnehmende Individuum muss ein detailliertes mentales Modell der gesamten durchzuführenden Arbeit haben. In Arbeitsabläufen, in denen die möglichen Kooperations-Stellen nicht abschätzbar sind, kann eine selektive Externalisierung jedoch problematisch sein. In diesem Fall müssen die individuellen Beiträge iterativ bei der kooperativen Zusammenführung soweit detailliert werden, dass eine Festlegung der Zusammenarbeit möglich wird.

Nach der Externalisierung der individuellen Beiträge folgt im zweiten Teil eine kooperative Phase, in der aufbauend auf den individuellen Beiträgen die Konzeptsammlung und -strukturierung auf globaler Ebene durchgeführt wird. Sofern sichergestellt ist, dass die teilnehmenden Individuen in der ersten Phase ein Verständnis über die sie betreffenden Arbeitsbeiträge entwickelt haben, kann diese Abstimmung auf abstrakterer Ebene erfolgen. Dies bedeutet, dass die gemeinsame Externalisierung nicht auch die gesammelten individuellen Beiträge enthält, sondern sich lediglich auf diese bezieht und in der Repräsentation vorrangig die Schnittstellen und Interaktionsabläufe abgebildet werden. In dieser Phase können Sammlung, Strukturierung und Restrukturierung ggf. ineinander fließen bzw. nicht klar abgegrenzt werden. Durch die bereits gegebenen Repräsentationen der individuellen Beiträge ist eine Ausgangsbasis vorhanden, die im Rahmen der Abstimmung einen raschen Wechsel zwischen den einzelnen Aktivitäten ermöglicht.

Der Prozess ist abgeschlossen, wenn alle teilnehmenden Individuen ihre Sichtweisen auf den gesamten Arbeitsablauf soweit abgestimmt haben, dass eine Durchführung desselben möglich ist. Unmittelbar kann dies nur durch die Rückmeldung der persönlichen Wahrnehmung und Eindrücke der Teilnehmer überprüft werden. Die tatsächlichen Auswirkungen auf die Arbeitspraxis – im konkreten Fall die Etablierung oder Veränderung eines kooperativen Arbeitsablaufs – kann wiederum nur während der Durchführung im Rahmen der „Production Work“ beurteilt werden.

2.3.4. Aushandlung mentaler Modelle

Im Gegensatz zu den übrigen Szenarien geht das hier beschriebene Szenario nicht von etablierten, gefestigten mentalen Modellen oder existierenden Arbeitsabläufen aus. Vielmehr werden hier von Beginn an kooperativ mentale Modelle zu einer gegebenen Fragestellung entwickelt und reflektiert. Im Rahmen von „Articulation Work“ treten diese Situation vor allem dann auf, wenn ein kooperativer Arbeitsablauf neu geplant werden muss, ohne dass dieser zuvor von den beteiligten Personen als Ganzes oder in Teilen durchgeführt wurde. Ziel ist es, auf Basis der individuellen Vorkenntnisse und Erfahrungen einen kooperativen Arbeitsablauf bzw. dessen Durchführungskontext auszuhandeln. Die Aufgabenstellung lautet dementsprechend, eine Externalisierung zu entwickeln, die den kooperativen Ablauf, die benötigten Rahmenbedingungen und ggf. den Aspekt der Arbeitsteilung abbildet.

Dieses Szenario ist in der Durchführung der Methodik flexibel. Im Vergleich zu den anderen beschriebenen Szenarien sind keine zwingenden individuellen Externalisierungsphasen vorgesehen. Die gesamte Entwicklung beginnend mit der Festlegung der Konzeptklassen über die Sammlung der Konzepte sowie deren Strukturierung und Restrukturierung erfolgt kooperativ. Jede Aktivität kann dabei iterativ während des Prozesses mehrfach zum Einsatz kommen. Während in Szenario 3 ein „bottom-up“-Ansatz zur Entwicklung der gemeinsamen Sicht verwendet wird (ausgehend von den individuellen Beiträgen wird ein übergreifender, globaler Ablauf auf abstrakterer Ebene entwickelt), kommt hier tendenziell ein „top-down“-Ansatz zum Einsatz, bei dem zuerst im Überblick der kooperative Arbeitsablauf ausgehandelt wird und erst in einem fakultativen zweiten Schritt die individuellen Beiträge detailliert externalisiert werden können (wobei dies nicht unmittelbar und nicht kooperativ erfolgen muss).

Wie in Szenario 3 ist die Durchführung der Methodik dann abgeschlossen, wenn alle beteiligten Personen ihre Sichtweise auf den globalen Arbeitsablauf bzw. dessen Kontext als ausreichend repräsentiert wahrnehmen. Wiederum zeigt sich die Adäquatheit der erstellten Externalisierung zur realen Welt erst im praktischen Einsatz der durch die Aushandlung entwickelten mentalen Modelle.

2.4. Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurde die Methodik zur Externalisierung von mentalen Modellen im Rahmen von „Articulation Work“ entwickelt. Als Grundlage dafür dienen die in Kapitel 1 beschriebenen Methoden „Concept Mapping“ und „Strukturlegetechniken“. Diese wurden hinsichtlich ihrer Eignung für „Articulation Work“ beschrieben und beurteilt. Unter Berücksichtigung der dadurch festgelegten Rahmenbedingun-

gen (kooperative Umgebung, geringe zur Verfügung stehende Einarbeitungszeit, ggf. stark heterogene mentale Modelle der teilnehmenden Individuen) wurden aus beiden Methoden jene Aspekte extrahiert und kombiniert, die zur Unterstützung geeignet erschienen. Die Ableitung der Methodik mündet in der Beschreibung der notwendigen Rahmenbedingungen sowie der im Rahmen der Durchführung auftretenden Aktivitäten.

Aufgrund der unterschiedlichen Ausprägungen von „Articulation Work“ ist die Beschreibung eines idealtypischen Ablaufs der Methodik nicht möglich. Deshalb wurden exemplarisch vier mögliche Ausprägungen herangezogen und hinsichtlich ihrer Durchführung beschrieben. Diese Ausprägungen bilden auch die Grundlage für die Ableitung jener Anwendungen, die der Evaluierung zugrunde liegen (siehe Kapitel ??).

Die hier beschriebene Methodik bedingt eine technische Unterstützung der Durchführung. Basierend auf den hier beschriebenen Aktivitäten, die im Rahmen der Methodik auftreten, werden im nächsten Kapitel die Anforderungen an ein den Externalisierungs-Prozess unterstützendes Werkzeug abgeleitet. Diese bilden die Grundlage für die Umsetzung des Werkzeugs, die in den Kapiteln ?? bis 3 beschrieben ist.

Teil II.

Unterstützung

Einleitung

Basierend auf den diese Arbeit motivierenden Grundlagen, die in den letzten Kapiteln beschrieben wurden, wird in diesem Teil auf die konkreten Maßnahmen zur Unterstützung von Articulation Work eingegangen. Ziel dieses Teils ist es, sowohl das hier vorgeschlagene Vorgehen bei der Unterstützung expliziter Articulation Work als auch die Unterstützung, die ein Werkzeug dabei leisten kann, umfassend dazustellen.

Auf Grundlage der Methodik, die im Kontext von Concept Mapping und Strukturlegetechniken vorgeschlagen wird und unter Berücksichtigung der Anforderungen, die aus dem inhärent kollaborativen Anwendungsszenario abgeleitet werden können, muss das Vorgehen zur Durchführung von expliziter Articulation Work festgelegt werden.

In Rahmen der Festlegung des Vorgehens werden auch jene Aspekte identifiziert, in denen Unterstützung durch technische Werkzeuge sinnvoll und notwendig ist. Die Anforderungen, die sich aus diesen Aspekten ableiten lassen, bilden die Grundlage für die Konzeption und Umsetzung eines Werkzeugs, das diese Unterstützung bietet. Die technischen Details der Implementierung dieses Werkzeugs und die zugrunde liegenden konzeptionellen und technologischen Grundlagen bilden den Kern dieser Arbeit.

Der Aufbau dieses Teils folgt dem eben umrissenen inhaltlichen Vorgehen. Am Ende des Kapitels 1 wurde die Methodik zur Unterstützung expliziter Artikulation Work beschrieben. Aus diesem werden im folgenden Kapitel ?? jene Bereiche identifiziert, in denen eine technologische Unterstützung notwendig ist und die Anforderungen an ein Werkzeug abgeleitet, das diese Unterstützung bietet. Die vier folgenden Kapitel beschäftigen sich mit der Umsetzung des Werkzeugs. Dabei wurde der Implementierungsstand beschrieben, mit dem das Werkzeug im Großteil der Evaluierungen eingesetzt wurde. Jene Weiterentwicklungen, die in den letzten Phasen der Evaluierung umgesetzt wurden, betreffen ausschließlich die Interaktion mit dem Werkzeug und hatten keinen Einfluss auf die technische Realisierung. Die Veränderungen gründeten jeweils auf aus vorhergehenden Anwendungen gebildeten Hypothesen und wurde zur Überprüfung derselben prototypisch umgesetzt. Die Beschreibung der Veränderung zum in der Folge beschriebenen Referenzstand wird dementsprechend im Rahmen der Beschreibung der Evaluierungsergebnisse in den Kapiteln ?? bis ?? vorgenommen.

Kapitel ?? beschäftigt sich mit den konzeptionellen Grundlagen des Forschungsgebiets "Tangible Interfaces", das die Basis für die technische Umsetzung bildet. Kapitel ?? beschäftigt sich mit jenen Technologien und Softwarekomponenten, die für die Informationseingabe in das technische System verwendet werden. Dabei

2. Methodik und Anwendungszenarien

wird auch auf die konkrete Interaktion der Benutzer mit dem System eingegangen. Kapitel ?? beschreibt die Ausgabeseite des technischen Systems und behandelt die Umsetzung des Informationsflusses vom System zu den Benutzern. Letztendlich wird in Kapitel 3 beschrieben, welche Maßnahmen zu Sicherung der Ergebnisse der expliziten Articulation Work getroffen werden müssen und welche Möglichkeiten der technischen Umsetzung bestehen bzw. gewählt wurden.

3. Persistierung

In den vorangegangen drei Kapiteln wurde die Umsetzung des eigentlichen Werkzeugs beschrieben. Neben der Unterstützung des Modellierungsvorgangs ist aber auch die persistente Speicherung der erstellten Modelle zum Zwecke der Weiterverarbeitung ein hier zu beleuchtender Aspekt. Auf die Persistierung wirken vor allem zwei der in Kapitel ?? identifizierten Anforderungen ein. Zum ersten ist die Nachvollziehbarkeit des Modellierungsvorganges sicherzustellen – dies gilt nicht nur während des Vorgangs selbst, sondern auch danach. Dementsprechend ist sämtliche Information zu persistieren, die zur Wiederherstellung nicht nur des Modells selbst sondern auch der gesamten Modellierungshistorie notwendig ist. Zum zweiten hat die Forderung nach semantischer Offenheit bei der Modellierung auch unmittelbare Auswirkungen auf die Persistierung. Neben dem Modell selbst muss aufgrund dieser Anforderung auch die Bedeutung der verwendeten Modellierungselemente miterfasst undpersistiert werden, so dass diese bei der Weiterverarbeitung der Modelle verwendet werden kann.

Die Frage nach einem für diese Anforderungen geeigneten Datenformat kann nicht ausschließlich auf Ebene der syntaktischen Strukturierung der Daten behandelt werden. Vielmehr ist es notwendig, Datenformate zu identifizieren, die explizit eine Flexibilisierung und dynamische Festlegung der Semantik der Repräsentation erlauben. Konkret bedeutet dies, dass hier nicht die Codierung der Daten (z.B. in einer relationalen Datenbank, in XML oder anderen, proprietären Datenformaten) von Interesse ist, sondern Technologien betrachtet werden müssen, die konzeptuell einen Umgang mit semantisch angereicherten Daten erlauben. Aktuell dafür verfügbare Ansätze sind RDF¹/OWL² sowie ISO Topic Maps. Bei RDF/OWL steht die Angabe von semantischen Metadaten zu einzelnen Informationseinheiten im Zentrum, die Verknüpfung der Information ist implizit in diese Metadaten codiert. Topic Maps stellen behandeln Informationseinheiten und Verknüpfungen gleichrangig und legen stärkeren Fokus auf den Vernetzungsaspekt des gesamten Modells. Sie erscheinen deshalb für die in dieser Arbeit erzeugte Art von Information besser geeignet und werden in der Folge für die Persistierung herangezogen. Eine umfassende Darstellung sowohl von RDF/OWL als auch Topic Maps sowie

¹Ressource Description Framework

²Ontology Web Language

eine tiefergehende Beschreibung der jeweiligen Vor- und Nachteile im Kontext des hier verfolgten Verwendungszwecks ist in (Oppl, 2007a) verfügbar.

In diesem Kapitel werden nun zu Beginn Topic Maps auf konzeptioneller Ebene beschrieben. Die Abbildung der Modelle und der ebenfalls zu persistierenden zusätzlichen Information in ein geeignetes Datenmodell ist Gegenstand des darauf folgenden Abschnitts. Schließlich wird die konkrete technische Umsetzung der Persistierung dargelegt und die dazu notwendigen Software-Infrastrukut im Detail beschrieben.

3.1. Topic Maps

Topic Maps (ISO JTC1/SC34/WG3, 2008) sind wie bereits in Abschnitt XY beschrieben ein Mittel zur Abbildung von semantischen Netzen. In Topic Maps können beliebige Daten strukturiert aufbereitet und zueinander in Beziehung gesetzt werden. Die Art der zu repräsentierenden Daten ist dabei irrelevant, eine Topic Map trifft keine Aussage über ein den repräsentierten Daten zugrundeliegendes Begriffssystem (sie ist „ontology-agnostic“ (Vatant, 2004)).

Historisch stammen Topic Maps aus dem Bereich der technischen Repräsentation von Thesauri und Indizes (Pepper, 2000) (Rath, 2003). Aus diesen Bereichen motivieren sich auch die Bausteine einer Topic Map, wenngleich der Verwendung durch diesen Ursprung nicht eingeschränkt wird. Die grundlegenden Elemente einer Topic Map sind „Topics“, „Associations“ und „Occurrences“ (siehe Abbildung 3.1).

„Topics“ sind stellen Begriffe dar und bilden die Knoten des semantischen Netzes. Ein Topic kann beliebige Information darstellen, repräsentiert aber immer genau ein Phänomen der realen Welt (d.h. zu einem Topic muss es eine Entsprechung außerhalb der Topic Maps geben, die beobachtbar oder beschreibbar ist und auf die die modellierende Person Bezug nehmen will³). Eine Topic Map ist damit im Sinne von Stachowiak (1973) ein diagrammatisches Modell, das einen bestimmten, für den Modellersteller relevanten Ausschnitt der Realität abbildet.

„Associations“ bilden die Beziehungen zwischen Topics ab und stellen damit die Kanten des semantischen Netzes dar. Eine Association verknüpft Topics semantisch miteinander und kann frei mit Bedeutung belegt werden. Die Art der Beziehungen ist also nicht festgelegt und wird wie die Bedeutung der Topics frei

³ „A subject can be anything whatsoever, regardless of whether it exists or has any other specific characteristics, about which anything whatsoever may be asserted by any means whatsoever. In particular, it is anything about which the creator of a topic map chooses to discourse.“ (ISO JTC1/SC34/WG3, 2008, S.8)

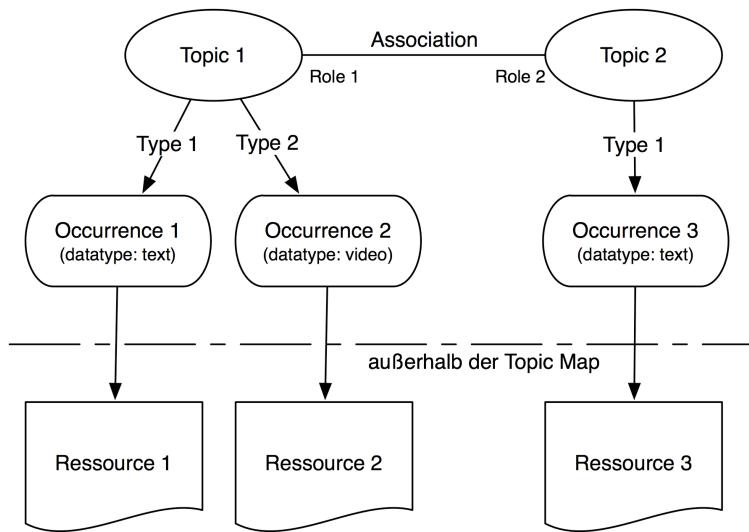


Abbildung 3.1.: Grundlegende Elemente einer Topic Map

gewählt werden. Topics und Associations decken historisch den Bereich der Darstellung von Thesauri ab, in denen Begriffe definiert und zueinander in Beziehung gesetzt werden.

Der zweite historische Ursprung von Topic Maps, die Indizes, werden durch das Konstrukt der „Occurrences“ abgedeckt. Occurrences (“Auftreten”) sind Referenzen aus der Topic Map in die reale Welt. Sie setzen die Topics einer Topic Map in Bezug zu beliebiger referenzierbarer Information (z.B. Dokumente). Im Kontext der eben genannten Indizes, kann eine Topic Map als der mit Querverweisen versehene Index eines Buches verstanden werden, in dem durch die Angabe von Seitenzahlen auf den Text des Buches verwiesen wird. Diese Verweise durch Angabe der Seitenzahlen sind in diesem Zusammenhang die Occurrences.

Die Ansammlung von durch Associations verknüpften und mit Occurrences versehenen Topics bilden eine Topic Map. Darüber hinaus kann in Topic Maps jedoch noch weiterführende Information repräsentiert werden (siehe Abbildung 3.2), die Gegenstand der folgenden Abschnitte sein werden.

3.1.1. Topics, Subjects, Topic Names und Variants

Wie oben bereits beschrieben, repräsentiert ein Topic ein Phänomen der realen Welt in einer Topic Map. Dieses Phänomen der realen Welt, das durch das Topic repräsentiert wird, wird als „Subject“ bezeichnet. In einer Topic Map darf es zu einem Subject nur exakt ein Topic geben, umgekehrt kann ein Topic auch nicht

3. Persistierung

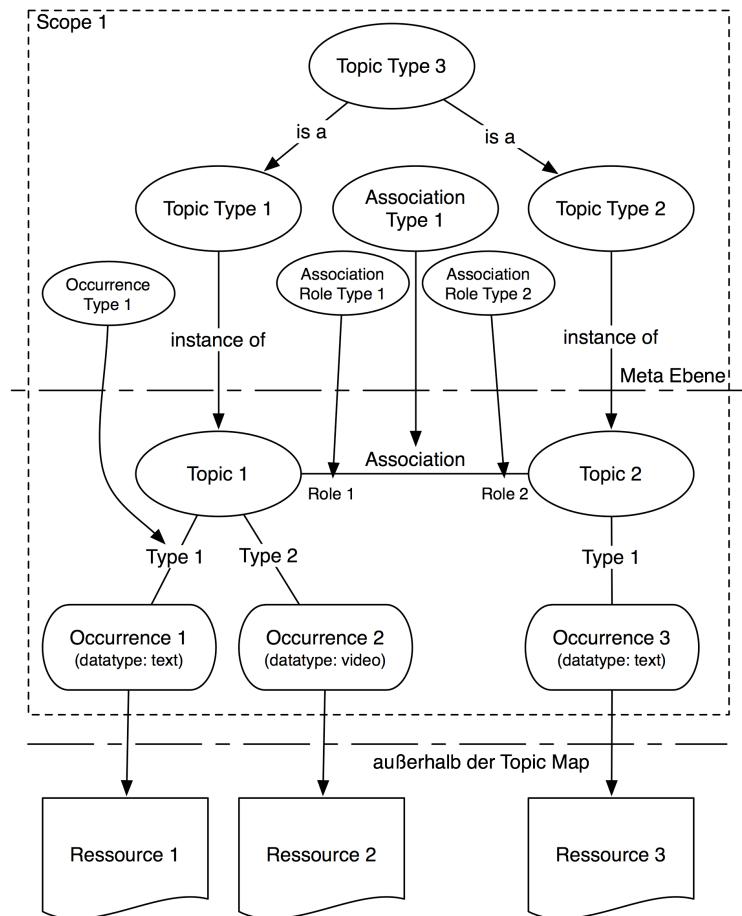


Abbildung 3.2.: Umfassende Darstellung der Elemente einer Topic Map

mehrere Subjects repräsentieren, die Zuordnung zwischen Subject und Topic ist also eineindeutig (bijektiv). Im Topic wird dazu exakt ein „Subject Identifier“ registriert, der auf eine Informationsressource verweist, die das Subject für Menschen eindeutig identifizierbar macht (diese Ressource wird als „Subject Indicator“ bezeichnet). Zusätzlich kann ein „Subject Locator“ angegeben werden, der auf das tatsächlich in der realen Welt vorhandene Subject verweist. In Abgrenzung dazu kann es bei der anderen Brücke zwischen realer Welt und Topic Map, den Occurrences, für jeden Topic beliebig viele Zuordnungen geben. Eine Occurrence referenziert auch auf die reale Welt, zeigt aber dort nicht auf das Subject selbst, sondern auf ein dieses Subject beschreibendes Objekt in der realen Welt. Beispielsweise ist dazu in Abbildung 3.3 dieser Zusammenhang anhand des Topics „Tasse“ dargestellt. Ein anderes Beispiel ist ein Topic „London“, das als Subject die reale Stadt London repräsentiert und dem eine Occurrence zugeordnet werden könnte, die auf eine Landkarte (als in der Realität vorhandene Beschreibung der realen Stadt London) referenziert.

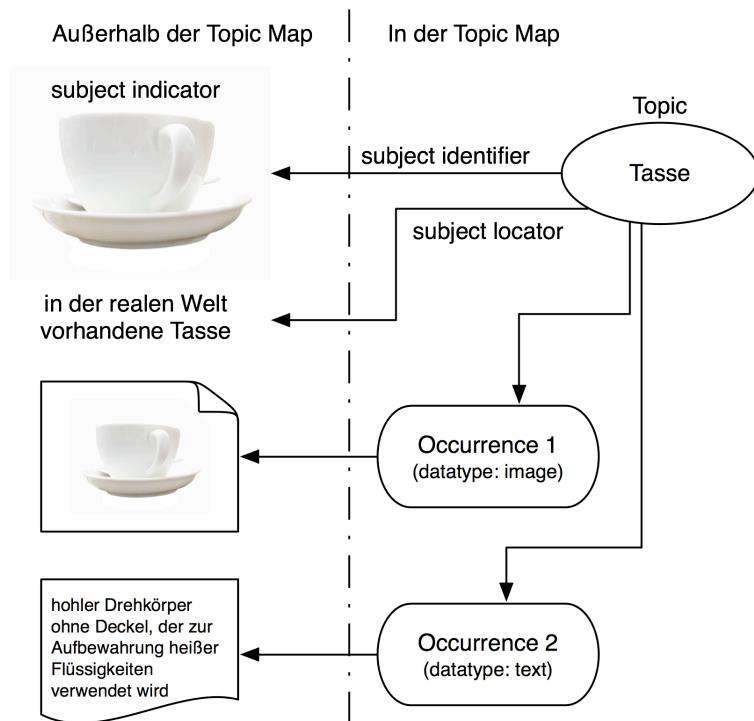


Abbildung 3.3.: Abgrenzung zwischen Subject und Occurrence in Topic Maps

Bislang wurde vereinfacht ein Topic immer mit einem direkt zugeordneten Namen dargestellt. In einer Topic Map besitzt ein Topic jedoch keinen eindeutigen Namen. Es wird vielmehr durch seinen Subject Identifier eindeutig gekennzeichnet.

3. Persistierung

Dieser ist jedoch nicht unbedingt für Menschen les- und/oder interpretierbar – der Subject Identifier hat das Ziel, ein Subject für die Verarbeitung durch Software eindeutig zuordnenbar zu machen. Für die Bezeichnung eines Topics in einer für Menschen interpretierbaren Form ist die Verwendung von „Topic Names“ vorgesehen (siehe Abbildung 3.4). Topic Names werden immer textuell angegeben und beschreiben das Subject, das durch das betreffende Topic referenziert wird. Durch einen Topic Name soll das Subject für Menschen erkennbar sein, wobei die Zuordnung nicht notwendigerweise eindeutig sein muss (Beispiel: der Topic Name „Jaguar“ kann ein Fahrzeug oder eine Großkatze bezeichnen und ist dementsprechend ein zulässiger Name für zwei unterschiedliche Topics). Einem Topic können beliebig viele Topic Names zugewiesen werden – es ist so zum Beispiel möglich, eine mehrsprachige Topic Map zu realisieren, in der zu jedem Topic Topic Names in unterschiedlichen Sprachen angegeben werden.

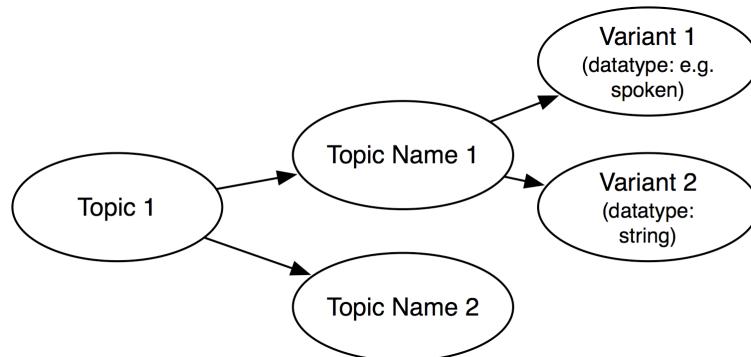


Abbildung 3.4.: Benennung von Topics

Als weitere Detaillierungsstufe können zu jedem Topic Name „Variants“ angegeben werden. Wie durch den Namen angedeutet, handelt es sich dabei um Varianten eines Topic Names, die in bestimmten Zusammenhängen oder für gewisse Anwendungszwecke besser geeignet sein können als der eigentlich Topic Name. Ein Beispiel für eine mögliche Variante ist die Angabe einer gesprochenen Version des Topic Names. Ein weiteres Anwendungsgebiet für Varianten ist die im Standard explizit vorgesehene Angabe eines „Sort Name“ (ISO JTC1/SC34/WG3, 2008, S. 18), der es erlauben soll, Topic Maps in eine durch diesen Namen vorgegebene Ordnung bringen zu können. Varianten werden durch die Angabe eines dezidiert dafür gewidmeten Topics in deren Scope (siehe Abschnitt 3.1.5) als Sort Names gekennzeichnet.

3.1.2. Associations und Roles

“Associations“ stellen Verbindungen zwischen den einzelnen Topics einer Topic Map her. Associations haben beliebig viele Endpunkte, mindestens jedoch einen (sind also nicht von vorneherein immer binär sondern können auch unär sein oder mehr als zwei Topics verknüpfen). Eine Associations enthält wie ein Topic nicht unmittelbar einen für Menschen lesbaren Namen. Diese wird durch ein Topic festgelegt, das die Kategorie festlegt, der die Association zuzuordnen sind (siehe Abschnitt 3.1.4). Diesem Topic kann wiederum mindestens ein Topic Name zugeordnet werden, welcher letztendlich die Benennung der Association festlegt.

Associations werden jedoch nicht direkt mit Topics verknüpft. Um ausdrucksstärkere Verknüpfungen realisieren zu können, agieren „Roles“ als Verknüpfung zwischen Association und den betreffenden Topics. Roles legen die „Rolle“ – also die Bedeutung – eines Topics in exakt der betrachteten Association fest. Diese Bedeutung kann generisch sein und zum Beispiel dazu verwendet werden, die per se ungerichteten Associations unabhängig von ihrer konkreten Bedeutung mit einer Richtung zu versehen (zum Beispiel durch die Zuordnung von Roles „Anfang“ und „Ende“) aber auch um die Beziehung semantisch anzureichern (zum Beispiel durch die Zuordnung von Roles „Verantwortlicher“, „Ausführender“ und „Prozessschritt“ in einer Association „durchzuführen“). Die Anzahl der in einer Association referenzierten Roles gibt damit auch die Kardinalität der Association (also die Anzahl ihrer Endpunkte) an. Aus den konkreten Roles wird dann auf die Topics verwiesen, die diese Roles einnehmen bzw. „spielen“ (tatsächlich heißt die betreffende Eigenschaft einer Role „player“). Genau wie Associations werden Roles nicht direkt benannt sondern über ein Topic, das ihre Kategorie bestimmt, mit einer Benennung versehen (Detail wiederum in Abschnitt 3.1.4).

3.1.3. Occurrences und Datatypes

Wie zu Beginn dieses Abschnitts bereits beschrieben und in den Erläuterungen zur Thematik der Subjects (siehe Abschnitt 3.1.1) angedeutet, bilden „Occurrences“ die Brücke aus der Topic Map in die reale Welt, indem sie auf Ressourcen referenzieren, die in einem beliebigen Zusammenhang mit den jeweiligen Topic stehen. Ein Topic kann beliebig viele Occurrences haben. Anders als bei Associations existieren für Occurrences keine Roles (was auch nur bedingt sinnvoll wäre, da jede Occurrence nur zu exakt einem Topic gehören kann). Die Bedeutung der Occurrence für das Topic kann wie bei Associations über die Kategorie der Occurrence festgelegt werden, die wiederum durch ein separates Topic repräsentiert wird (siehe dazu auch Abschnitt 3.1.4). Beispielsweise kann eine Occurrence zur Kategorie „Karte“ gehören und so angeben, dass die so klassifizierte Occurrence zum Topic „London“ auf eine Karte des Stadtgebiets verweist.

3. Persistierung

Zusätzlich zu der Kategorie wird in einer Occurrence auch der Datentyp der Information angegeben, in dem die referenzierte Information vorliegt. Dabei können beliebige URI (Uniform Resource Identifiers⁴) verwendet werden. Da URIs beliebigen Inhalt haben können, wäre es in obigen Beispiel möglich durch den Datentyp einer Occurrence festzulegen, ob es sich bei der Karte um eine Rastergrafik oder eine Vektorgrafik handelt und so Information über deren möglich Einsatzgebiete zu einzubetten.

3.1.4. Metamodellierung in Topic Maps

Wie oben bereits mehrmals angedeutet kann in einer Topic Map neben den eigentlichen zu repräsentierenden Informationen (Topics, Associations, Roles und Occurrences) auch Information über die Topic Map selbst eingebettet werden (neben dem Model also auch das Meta-Modell abgebildet werden kann). Die Information umfasst Angaben über die in der jeweiligen Topic Map existierenden Kategorien von Topics, Topic Names, Associations, Roles und Occurrences. Hinsichtlich der Repräsentation dieser Information sind zwei Ansätze zu unterscheiden, von denen der erste bei Kategorieangaben von Topics zum Einsatz kommt, der andere bei Kategorieangaben jeder anderen Art von Information. Allen Kategorien ist gemein, dass sie selbst wiederum als Topics repräsentiert werden und auch als solche verwendet werden können. Es ist also möglich, zu einem Topic, das als Kategorie verwendet wird, selbst wiederum eine Kategorie anzugeben, wodurch die Einführung beliebig vieler Meta-Ebenen möglich ist. Außerdem können als Kategorien verwendete Topics ebenfalls wieder mit Associations verknüpft und mit Occurrences versehen werden. Hinsichtlich der Nomenklatur ist noch darauf hinzuweisen, dass Kategorien im Allgemeinen als „Types“ bezeichnet werden, man also von „Topic Types“, „Topic Name Types“, „Association Types“, „Role Types“ und „Occurrence Types“ spricht.

Topic Types

Topic Types werden in einer Topic Map durch ein spezielle, im Standard festgelegte Association definiert. Soll einem Topic ein Type zugewiesen werden, muss eine Association der Kategorie „type-instance“ eingefügt werden, bei der das Topic selbst die Role „instance“ einnimmt und dem Topic, das die Kategorie repräsentiert, die Role „type“ zugewiesen wird. Diese Beziehung entspricht einer Konkretisierung einer (abstrakten) Kategorie oder Klasse von Topics auf eine bestimmte Instanz, die die Merkmale dieser Klasse trägt. In Abbildung 3.5 besteht eine type-instance-

⁴wie in RFC 3986 definiert und unter <http://www.ietf.org/rfc/rfc3986.txt> abzurufen

Beziehung (dort als „instance-of“ bezeichnet) zwischen der Kategorie „VW Golf“ und der konkreten Instanz „SR-174 AU“ (also einem Topic, bei dem das amtliche Kennzeichen als Topic Name verwendet wurde). „VW Golf“ fungiert hier also als Topic Type, wobei es selbst ein Topic ist, das sich durch nichts als die eingenomme „type“-Rolle von einem anderen Topic unterscheidet und dementsprechend behandelt werden kann.

Einem Topic können beliebig viele Topic Types zugewiesen werden, indem es in mehr als einer Association die Role „instance“ einnimmt. Es wird so als mehreren Kategorien zugehörig gekennzeichnet. Umgekehrt kann ein Topic Type mehr als einem Topic zugewiesen werden, indem das betreffende den Topic Type repräsentierende Topic die Role „type“ mehrfach einnimmt.

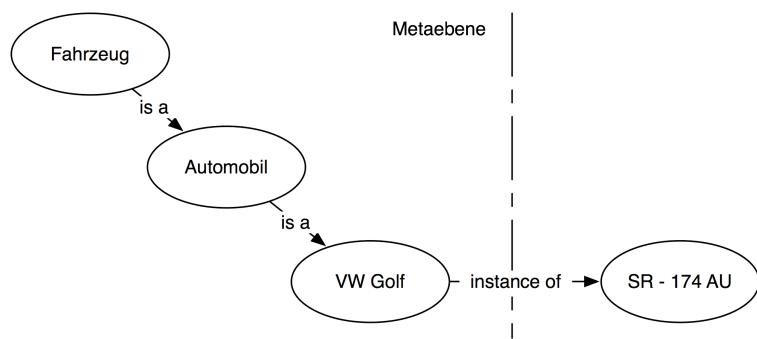


Abbildung 3.5.: Beziehungen in der Metamodellbildung in Topic Maps

Auch ist es möglich, Hierarchien von Types zu bilden, in dem einem Topic, das als Topic Type fungiert, selbst wieder ein Topic Type zugewiesen wird. Dieses Konstrukt ist jedoch mit Vorsicht zu gebrauchen, da zur Abbildung der Struktur einer Domäne ein semantisch ähnliches, bei näherer Betrachtung aber eine unterschiedliche Bedeutung tragendes Konstrukt zum Einsatz kommt. Grundsätzlich muss unterschieden werden, ob ein Topic eine konkrete Instanz eines anderen ist oder lediglich eine Spezialisierung darstellt. Im ersten Fall kommt eine „type-instance“ zum Einsatz, das übergeordnete Topic befindet sich semantisch auf einer anderen, abstrakteren Ebene und stellt eine Kategorie (also einen Topic Type) dar. Im Falle einer Spezialisierung kommt eine „supertype-subtype“-Association zum Einsatz, deren Rollen „supertype“ vom übergeordneten, allgemeineren bzw. „subtype“ vom untergeordneten, spezielleren Topic eingenommen wird. Hier befinden sich beide Topics semantisch auf einer Ebene, keines ist abstrakter als das andere. Der Unterschied liegt vielmehr in der mehr oder weniger konkreten Festlegung der durch die Topics repräsentierten Subjects. So ist wie in Abbildung 3.5 dargestellt das Topic „VW Golf“ ein Subtype des Topics „Automobil“ welches wiederum ein Subtype des Topics „Fahrzeug“ ist. Hier ist erkennbar, dass „Automobil“

3. Persistierung

insofern eine Spezialisierung von „Fahrzeug“ ist, als dass es im Allgemeinen motorisiert ist und vier Räder besitzt. „VW Golf“ ist wiederum eine Spezialisierung von Fahrzeug, die hinsichtlich der Form der Karosserie, der Anzahl der Türen und anderen Merkmalen mehr spezialisiert. Zwischen keinem der Topics findet jedoch eine Konkretisierung in dem Sinne statt, als dass auf der untergeordneten Seite von einem konkreten, real existierenden Fahrzeug die Rede wäre – dazu ist die „type-instance“-Beziehung zu verwenden. Die „subtype-supertype“-Beziehung ist transitiv, d.h. dass ein „VW Golf“ nicht nur ein „Automobil“ ist, sondern auch ein „Fahrzeug“. Für „type-instance“-Beziehungen ist diese Eigenschaft nicht gegeben.

Andere Types

Bei allen anderen Types (konkret also Topic Name Types, Association Types, Role Types und Occurrence Types) wird die Kategorie nicht durch eine separate Association abgebildet sondern durch eine im jeweiligen Informationselement enthaltene Referenz auf ein Topic, das als Type fungiert. Die Darstellung der Kategorie-Information ist damit nicht so explizit wie bei Topic Types, wo sich direkt in der Repräsentation der eigentlichen Nutzinformation niederschlägt. Auch semantisch ist sind die hier behandelten Types gegenüber Topic Types insofern eingeschränkt, als das jedem Element exakt ein Type zugeordnet sein muss (der Type kann also nicht leer sein, auch können nicht mehrere Types zugeordnet werden). Wie oben bereits erwähnt sind Topic Types hier flexibler, einem Topic können beliebig viele oder auch keine Topic Types zugeordnet werden. Dies ist aber nur vordergründig eine Einschränkung. Topics dürfen wie oben beschrieben für jedes Subjekt nur einmal existieren. Hat aber ein Subject und damit ein Topic in unterschiedlichen Domänen unterschiedliche Bedeutungen, muss dies über mehrere Topic Types (in Verbindung mit Scopes, siehe Abschnitt 3.1.5) abgebildet werden. Alle anderen Informationskategorien in der Topic Map unterliegen nicht dieser Eineindeutigkeitsregel und können bzw. müssen, sollten sie unterschiedlichen Kategorien zuzuordnen sein, auch mehrfach vorhanden sein. Eine Assoziation, die einen anderen Namen trägt (also einer anderen Kategorie angehört) ist beispielsweise nicht identisch mit der ursprünglichen Assoziation, deren Name ebenfalls bereits durch die Zuordnung zu einer Kategorie festgelegt wurde.

Modellieren von Einschränkungen

Der Topic Map Standard erlaubt zwar die Angabe von Metamodellelementen (Types), ermöglicht es aber nicht Regeln anzugeben, anhand derer der semantisch korrekte Aufbau einer Topic Map geprüft werden. Ed ist beispielsweise möglich, einen Association-Type „hat Mitglieder“ zu definieren, der mittels den Roles „Or-

ganisationseinheit“ und „Mitarbeiter“ die Zuordnung von Mitarbeitern zu den Organisationseinheiten eines Unternehmens zuzuordnen. Es ist jedoch in der Topic Map nicht möglich zu spezifizieren, das beispielsweise mindestens drei Mitarbeiter zugeordnet werden müssen oder das es in dieser Beziehung nur eine Organisationseinheit geben darf. Weiters kann nicht spezifiziert werden, durch Topics welchen Types die jeweiligen Roles eingenommen werden dürfen – beispielsweise ist eine Zuordnung von Produktionsmitteln in der Role „Mitarbeiter“ zulässig bzw. kann sie nicht als unzulässig gekennzeichnet werden.

Ist eine derartige semantische Einschränkung bei der Topic Map Erstellung und die Einführung verbindlicher Strukturvorgaben notwendig, so muss dies außerhalb der Topic Map oder durch externe Interpretation spezifischer Topic Map Elemente geschehen. In ersterem Fall kann die noch nicht in finalem Zustand vorliegende TM-CL (Topic Map Constraint Language, (ISO JTC1/SC34, 2008)), eine Regelsprache zur Einschränkung der Repräsentationsmöglichkeiten in einer Topic Map, verwendet werden. Im zweiten Fall können die Metamodell-Elemente (also alle Topics, die als Types verwendet werden) durch zusätzliche Associations verknüpft werden, die semantisch so interpretiert werden, dass sie eine zulässige Kombination von Topics der jeweiligen Kategorie anzeigen.

3.1.5. Statements und Scopes

Topic Maps bieten die Möglichkeit, Gültigkeitsbereiche für die in ihnen abgebildeten Informationen zu spezifizieren. Ein Gültigkeitsbereich definiert, in welchem Kontext eine Information gültig ist. Außerhalb dieses Kontext kann über die Gültigkeit keine Aussage getroffen werden. Der Gültigkeitsbereich wird als „Scope“ bezeichnet. Ein Scope kann für jedes „Statement“ in der Topic Map gesetzt werden. Statements sind alle „Aussagen“ über Topics, die in der Topic Map abgebildet werden, nicht aber Topics selbst. Als Statement werden Topic Names, Associations und Occurrences betrachtet. Roles und Variants besitzen keinen Scope, da sie keine direkte Aussage über Topics treffen, sondern nur im Zusammenhang mit Associations bzw. Topic Names existieren, deren Scope sich quasi auf sie vererbt.

Ein Scope für ein Statement wird durch die Angabe eines oder mehrerer Topics festgelegt. Wird kein Topic angegeben, so gilt der „unconstrained scope“, das Statement ist unbeschränkt gültig. Topics zur Abbildung von Scopes können explizit angelegt werden (z.B. Topics „Deutsch“ und „Englisch“, die Sprach-Scopes ermöglichen, Topics „Tierwelt“ und „Transportwesen“ zur Domänenabgrenzung – siehe Abbildung 3.6), es ist jedoch grundsätzlich auch möglich, die Gesamtheit der Topics einer Domäne zur Definition eines betreffenden Scopes heranzuziehen (also alle in der Topic Map vorhandenen Topics, die Tiere repräsentieren, als Scope zu

3. Persistierung

verwenden, um den Gültigkeitsbereich „Tierwelt“ abzubilden). Obwohl der Topic Map Standard hier explizit offen bleibt, erscheint jedoch erstere Variante hinsichtlich der Verwaltbarkeit aber auch der semantischen Vollständigkeit wegen als ratsamer (das Konzept „Tierwelt“ käme ansonsten z.B. nicht notwendigerweise vor, sondern wäre nur implizit vorhanden, was eine Auswertung schwierig macht).

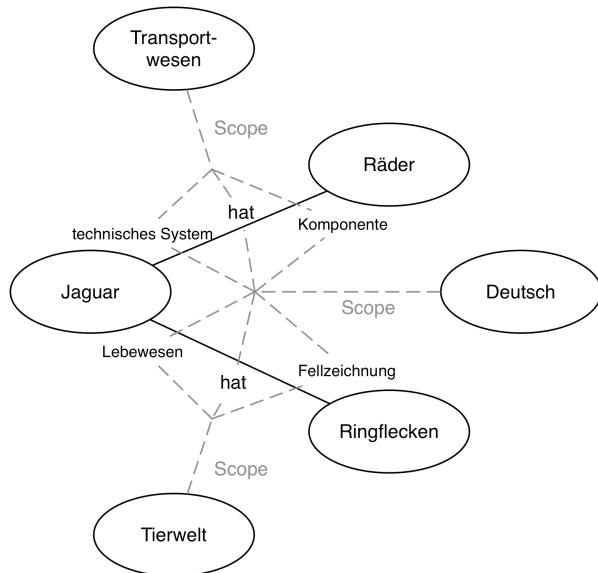


Abbildung 3.6.: Abbildung von Gültigkeitsbereichen durch Scopes

Wird mehr als ein Topic angegeben, so bilden alle Topics gemeinsam den Kontext, indem das Statement gültig ist. Bei der Auswertung des Gültigkeitsbereichs müssen also alle angegebenen Topics zutreffen, damit ein Statement gültig ist. Ein Statement dessen Scope die Topics „Tierwelt“ und „Deutsch“ enthält, ist also nur gültig, wenn beide Topics zutreffen (also z.B. zur Filterung ausgewählt wurden). Die gültigen Statements sind also die Schnittmenge jener der Statements, die im Scope „Tierwelt“ und im Scope „Deutsch“ gültig sind (siehe Abbildung 3.6). Die Angabe eines Scopes zu einem Statement, das in beiden Scopes (unabhängig voneinander gesehen) gültig sein soll, ist nicht direkt möglich. In diesem Fall muss das Statement zweimal jeweils unter Angabe eines der beiden Scopes eingefügt werden.

Für Topics selbst kann kein Scope angegeben werden. Das ist hinsichtlich des Topic Maps zugrunde liegenden Konzepts auch nicht sinnvoll, da Topics immer ein Phänomen der realen Welt, das Subject, repräsentieren, das selbst immer vorhanden ist und dessen Gültigkeit bzw. Existenz nicht von anderen Rahmenbedingungen wie anderen Subjects abhängt. Dementsprechend existiert ein Topic immer,

lediglich seine Bezeichnung, die Beziehungen zu anderen Topics oder seine Occurrences können abhängig vom einem Scope unterschiedlich sein.

3.1.6. Reification

Wie bereits zu Beginn angeführt, können in einer Topic Map beliebige Inhalte abgebildet werden, jegliche Phänomene der realen Welt können durch Topics repräsentiert werden. Konsequenterweise können nun auch Elemente der Topic Map selbst oder sogar die Topic Map ansich durch ein Topic dargestellt werden. Eine derartige selbstbezügliche Abbildung wird als „Reification“ bezeichnet. Der Ausgangspunkt für eine Reification kann ein Statement sein oder eine Topic Map selbst. Topics können nicht verwendet werden, da ein sie repräsentierendes Topic semantisch äquivalent mit dem Ausgangspunkt wäre und damit zwei Topics vorhanden wären, die das gleiche Subject referenzieren. Nachdem die Abbildung zwischen Subject und Topic eineindeutig sein muss, ist ein derartiges Konstrukt nicht erlaubt.

In Abgrenzung zur Types (Association Types, Occurrence Types, ...) repräsentiert ein reifizierendes Topic nicht die Kategorie eines Elements sondern das konkrete Element selbst. Es ist so möglich, einem konkreten Element wie einer Association zusätzliche Information hinzuzufügen (etwa eine Occurrence) oder auch eine bestehende Topic Map als Ganzes zu kapseln und durch das sie reifizierende Topic Bezug zu nehmen.

3.1.7. Merging

Unter „Merging“ versteht man die Vereinigung zweier voneinander getrennter Topic Maps zu einer gemeinsamen Map. Dabei ist vor allem die Eineindeutigkeitsregel zu beachten, für ein Subject darf also in der resultierenden Topic Map nur ein Topic existieren. Strukturell nicht kritisch, jedoch die Verwendbarkeit einschränkend sind mehrfach auftretende semantisch identische Statements. Soweit möglich, sollten auch diese Duplikate im Merging-Prozess entfernt werden.

Der Topic Map Standard definiert für jede Art von Element Regeln, anhand der festgestellt werden kann, ob zwei Elemente dieser Art identisch sind oder nicht. Ausgangspunkt sind immer die Topics, wobei beim Vergleich ausschließlich vom abgebildeten Subject ausgegangen werden muss. Sind die Subjects identisch, sind im Wesentlichen auch die beiden Topics identisch und können durch eine gemeinsame Topic ersetzt werden. Auf Basis der vereinigten Topic Menge werden nun die enthaltenen Statements verglichen. Damit Statements als identisch erkannt werden, müssen nicht nur ihr eigentlicher Inhalt sondern auch ihre Kategorie (Type), ihr

Gültigkeitsbereich (Scope) und das/die ihnen zugeordnete(n) anderen Element(e) identisch sein. Eine Role ist also nur dann mit einer anderen Role identisch, wenn ihr Type, ihr Scope, die Association, der sie angehört und das referenzierte Topic identisch ist. Daraus folgt, das in der Merging-Reihenfolge zuerst die Topics, dann die eigenständigen Statements wie Topic Names, Associations und Occurrences und letztendlich die abgängigen Statements wie Roles und Variants behandelt werden müssen.

3.2. Abbildung von Modellen auf Topic Maps

Diagrammatische Modelle (Oppl und Stary, 2005) können direkt ohne zusätzliche Transformationen auf Topic Maps abgebildet werden. Derartige Modelle bestehen aus Knoten und Kanten, die Verwendung dieser im konkreten Anwendungskontext ist durch die Modellierungssprache festgelegt. In den folgenden Abschnitten wird nun beschrieben, wie die einzelnen Aspekte eines diagrammatischen Modells auf eine Topic Map abgebildet werden können.

3.2.1. Grundlegende Abbildung

Der nahe liegendste Ansatz, um diagrammatische Modelle auf Topic Maps abzubilden, werden nun die Knoten auf Topics, die Kanten auf Associations abzubilden (siehe Abbildung 3.7, Variante 1). Ist in den Kanten mehr Information als die bloße Anzeige der Verbindung von zwei Knoten abgebildet (wie z.B. in UML⁵ State Charts (Rumbaugh et al., 2004), bei denen die zu einem Zustandsübergang führenden Ereignisse inkl. Bedingungen und ablaufende Aktionen in den Kanten repräsentiert werden), so kann es sinnvoll sein, auch die Kanten auf Topics abzubilden, da diesen auf dem Wege der Occurrences zusätzliche Information zugewiesen werden kann (siehe Abbildung 3.7, Variante 2). Associations würden in diesem Fall verwendet, um die Knoten und Kanten des Modells zu verbinden, spielen also in der Repräsentation der Information nur noch eine untergeordnete Rolle. Ein Weg, die direkte Abbildung beizubehalten (indem Knoten auf Topics und Kanten auf Associations abgebildet werden) ist, zur Repräsentation der zusätzlich in den Kanten liegenden Information die Möglichkeit der Reification zu nutzen, den Associations also Topics zuzuweisen, die genutzt werden können, um diese zusätzliche Information zu verwalten (siehe Abbildung 3.7, Variante 3).

Die Bedeutung der Knoten des abzubildenden Modells im Kontext einer bestimmten Kante muss in den direkt abbildenden Varianten (in denen Kanten auf

⁵Unified Modelling Language

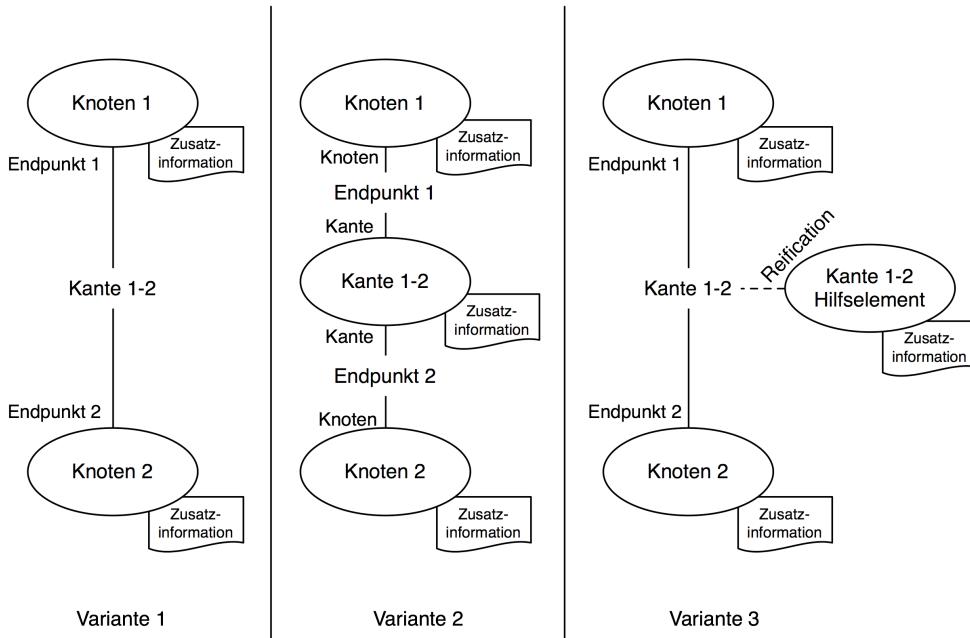


Abbildung 3.7.: Abbildung von Modellinformation in Topic Maps

Associations abgebildet werden) durch Roles dargestellt werden. In der indirekten Abbildung (bei der Kanten auf Topics abgebildet werden), kann diese Information auch in den Associations repräsentiert werden, die die Topics die Knoten darstellen und jene die Kanten darstellen miteinander verbinden.

3.2.2. Abbildung des Metamodells

Da Topic Maps von vorne herein nicht auf eine bestimmte semantische Bedeutung der Topics und Associations festgelegt sind, muss auch das Meta-Model der abgebildeten Modellierungssprache mit eingebettet werden. Dies wird in Topic Maps durch die Einbindung von Types ermöglicht. In den nun folgenden Ausführungen wird nur noch auf die direkt abbildende Variante Bezug genommen, da deren Ausdrucksstärke durch die Möglichkeit zur Reification gegenüber dem indirekt abbildenden Ansatz nicht eingeschränkt ist und die unmittelbare Abbildung zu insgesamt kleineren, einfacher zu verwaltenden Topic Maps führt (für eine Kanten wird nur eine Association benötigt, im Gegensatz dazu benötigt der alternative Ansatz ein Topic und mindestens zwei Associations zu Abbildung einer Kante).

Die in der Modellierungssprache festgelegten Arten von Knotentypen (also den eigentlichen Modellierungselementen) werden auf Topic Types abgebildet. Durch

3. Persistierung

die Referenzierung eines einen Knoten repräsentierenden Topics auf diesen Topic Type wird die Bedeutung zugewiesen.

Ebenso wird mit Kanten verfahren. Durch die Einführung von Topics die als Association Types und Role Types fungieren, kann die Bedeutung einer Kante im abzubildenden Modell definiert werden. Dazu wird ein Association Type festgelegt, der die eigentliche Bedeutung der Kante festlegt, die zugehörigen Role Types definieren, wie viele Endpunkte existieren und welche Bedeutung diese haben. Für eine konkrete Kante wird dann eine Association und eine der Anzahl der Endpunkte entsprechende Nummer an Roles erstellt, denen der jeweilige Association bzw. Role Type zugewiesen wird.

Die Verwendung von Occurrences und dementsprechend die Erstellung von Occurrence Types ist zur reinen Abbildung von diagrammatischen Modellen nicht notwendig. Die Verwendung von Occurrences kann aber sinnvoll sein, wenn aus dem ursprünglichen Modell ebenfalls Ressourcen referenziert werden, die für die weitere Verarbeitung des Modells notwendig sind. Occurrences werden dann im Sinne der Topic Map zur Referenzierung dieser Ressourcen verwendet, wobei sich die zu verwendenden Occurrence Types an der Bedeutung der Ressourcen im abzubildenden Modell orientiert.

Wie in Abschnitt 3.1.4 bereits beschrieben, bietet die Topic Map selbst jedoch keine Möglichkeit, eine explizite Zuordnung zwischen Topic Types, Association Types und Role Types zu definieren, so dass ein in einer Topic Map repräsentiertes Modell auf semantische Korrektheit hin überprüft werden kann. Die einzige ohne zusätzliche Information überprüfbarer Bedingungen sind die Prüfungen, ob alle Knoten und Kanten (also Topics, Associations und Roles) einer Kategorie (also einem Type) zugewiesen wurden.

Zusätzlich muss also eine externe Möglichkeit geschaffen werden, semantische Korrektheits-Bedingungen zu formulieren und zu überprüfen:

1. Zulässige Kategorien von Knoten (Topic Types)
2. Zulässige Kategorien von Kanten (Association Types, Role Types und eine Zuordnung zwischen diesen, die eine Aussage über die Anzahl und Bedeutung der Endpunkte der Kante zulässt)
3. Zulässige Verbindungen zwischen Knoten und Kanten (Zuordnung zwischen Endpunkten einer Kantenkategorie und den Knotenkategorien, die diese Endpunkte belegen dürfen – also eine Zuordnung zwischen Role Types und Topic Types)

Wie bereits oben beschrieben, können derartige Bedingungen innerhalb oder außerhalb der Topic Map formuliert werden. Die Interpretation der formulierten Bedingungen und deren Anwendung auf konkrete Anwendungsfälle muss immer

3.2. Abbildung von Modellen auf Topic Maps

von außerhalb der Topic Map durchgeführt werden. Hier wird der Ansatz der Repräsentation der Bedingungen innerhalb der Topic Map verfolgt, um durch die Übermittlung einer Topic Map nicht nur ein Modell an sich zu übertragen sondern auch jene Information zu liefern, die zur Interpretation derselben notwendig ist.

Die Formulierung der Bedingungen erfolgt auf Ebene der als Types eingesetzten Topics und vervollständigt so das in der Topic Map enthaltene Meta-Modell der Sprache in der das zu repräsentierende Modell erstellt wurde. Die Information über zulässige Knoten und Kanten wird über die Festlegung von entsprechenden Types definiert. Für jeden Typen wird ein Topic eingeführt, das aus dem auf die Topic Map abgebildeten Modell referenziert werden kann. Alle oben notwendigen Zuordnungen zwischen diesen Types werden über Associations abgebildet, die die als Types verwendeten Topics verbinden (siehe Abbildung 3.8).

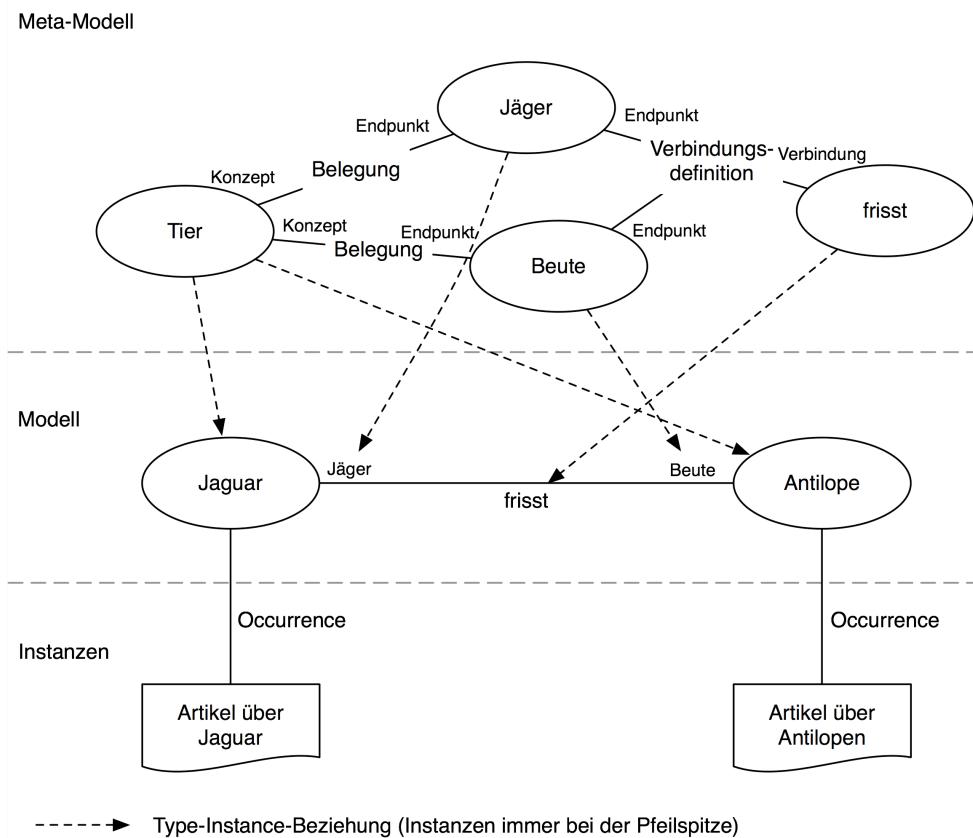


Abbildung 3.8.: Definition des Meta-Models (ohne Kardinalitäten)

Die Definition der Kantentypen erfolgt über eine Association mit mindestens drei Roles. Eine dieser Roles referenziert den Association Type, die anderen Roles verweisen auf die zu verwendenden Role Types, die zur Beschreibung der Endpunk-

te der Kante verwendet werden (wovon mindestens zwei vorhanden sein müssen). Die Angabe der Kardinalität (d.h. wie oft ein bestimmter Endpunkt im konkreten Modell auftreten darf) wird durch eine die jeweilige Role reifizierendes Topic festgelegt.

Ähnlich wird die Zuordnung zwischen Endpunkten und Knotenkategorien realisiert. Zwischen den entsprechenden Topic Types und Role Types werden Associations erstellt, die festlegen, ob eine bestimmte Knotenkategorie einen Endpunkt einnehmen darf oder nicht. Dazu enthält die betreffende Association mindestens zwei Roles, von denen eine auf den Role Type verweist, der den Endpunkt realisiert und eine entsprechende Anzahl von Roles, an die die zulässigen Topic Types (also Knotenkategorien) angebunden werden.

Die eben beschriebenen Abbildungsvorschriften selbst werden ebenfalls in der Topic Map abgebildet. Die Topic Map enthält damit auch das Meta-Meta-Modell das die Elemente die zur Festlegung eines Meta-Models und deren Zusammenspiel festlegt. Eine so definierte Topic Map ist also semantisch vollständig definiert und ermöglicht eine Rekonstruktion eines Modells, das in einer im Vorfeld unbekannten Sprache modelliert wurde, sofern lediglich das Meta-Meta-Modell bekannt ist, dass zur Interpretation der Sprachbeschreibung (Meta-Modell) notwendig ist (siehe Abbildung 3.9).

3.2.3. Abgrenzung von Submodellen

In einem Modell kann es sinnvoll oder notwendig sein, unterschiedliche Modellbereiche voneinander abzugrenzen. Der Grund für die Abgrenzung kann ein inhaltlicher sein (z.B. eine Partitionierung nach Akteuren bei Aktivitätsdiagrammen (Rumbaugh et al., 2004)) oder aus dem Modellierungsvorgang heraus motiviert sein (etwa bei der Abgrenzung von Teilmodellen, die durch verschiedene Personen erstellt wurden). Außerdem ist es möglich, in einer Topic Map mehrere Modelle zu repräsentieren, die ebenfalls voneinander abgrenzt werden müssen.

Für diese Abgrenzung bietet sich die Verwendung von Scopes an. Scopes haben zwar keinen Einfluss auf die vorhandenen Topics, wirken jedoch auf die Statements und – hier relevant – vor allem auf die die Topics verbindenden Associations. Werden also Scopes eingesetzt, um Teilmodelle voneinander zu unterscheiden bzw. zu trennen, so können die im Moment nicht relevanten Teilmodelle zwar nicht „ausgeblendet“ werden (im Sinne von „temporär vollkommen entfernt“, durch die Entfernung der nicht relevanten Statements sind jedoch nur noch jene Topics untereinander verbunden, die dem aktuell betrachteten Submodell angehören. Ausgehend von einer beliebigen, im Scope gültigen Association oder einem Topic, das

3.2. Abbildung von Modellen auf Topic Maps

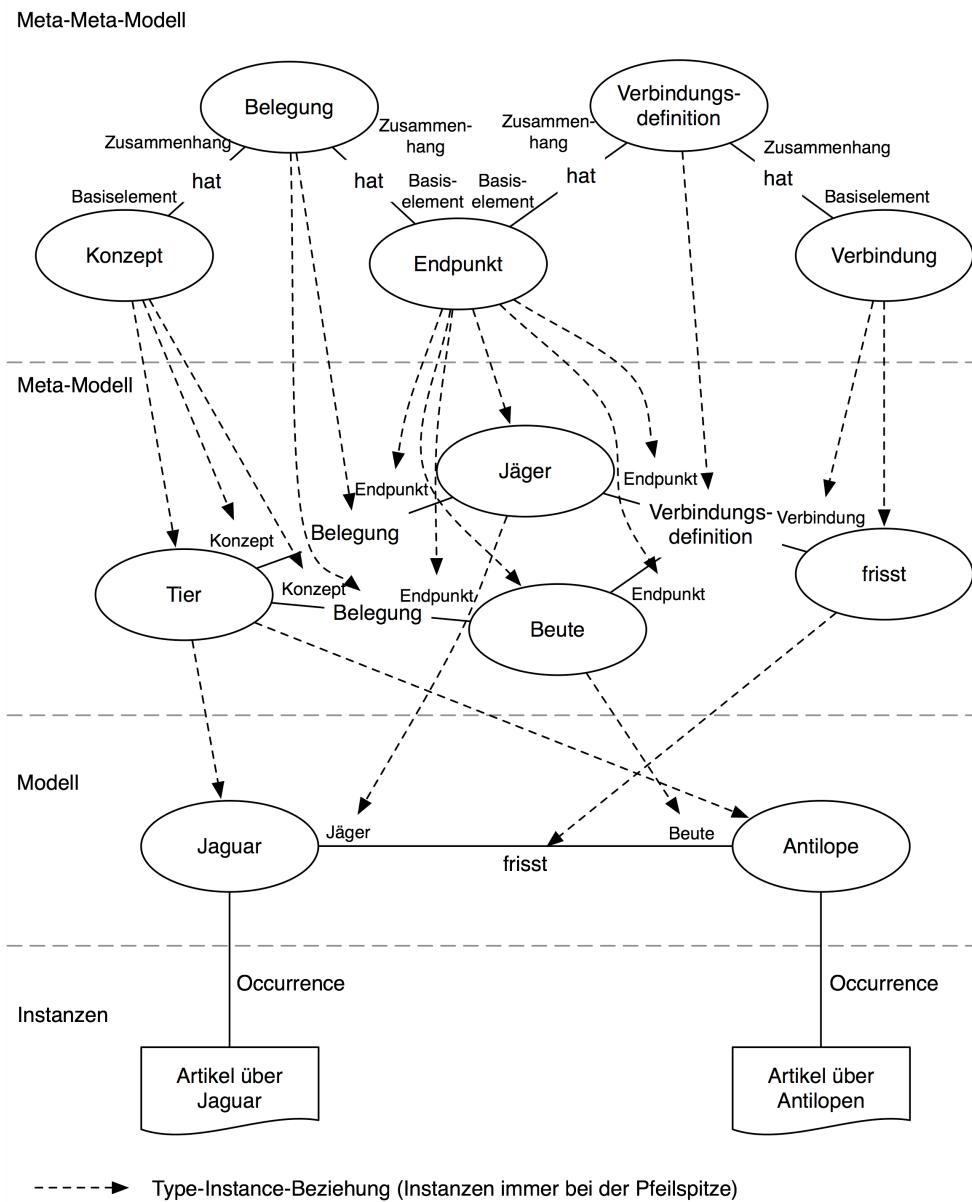


Abbildung 3.9.: Einbindung des Meta-Meta-Modells

3. Persistierung

bekannterweise dem aktuellen Teilmodell angehört kann so der gesamte relevante Teil der Topic Map erschlossen werden.

Die Realisierung der Trennung zwischen Teilmodellen durch das Ausblenden irrelevanter Verbindungen zwischen Topics birgt einen weiteren potentiellen Vorteil. Werden in einer Topic Map mehrere untereinander zusammenhängende Modelle abgebildet, so wird – der Grundforderung einer Topic Map nach Eineindeutigkeit entsprechend – jedes Element nur einmal abgebildet, egal ob es in nur einem Modell verwendet wird oder in mehreren. Durch den Einsatz von Scopes bilden in mehreren Modellen verwendete Elemente automatisch eine Schnittstelle, an der zwischen den Modellen navigiert werden kann. Dieser Vorteil muss in herkömmlichen Modellierungsansätzen mit mehreren untereinander verknüpften Modellen wie der UML (Rumbaugh et al., 2004) oder ARIS (Scheer, 2003) technisch durch explizite Verknüpfung bzw. Referenzierung der äquivalenten Modellelemente in den unterschiedlichen Modellen erzeugt werden.

Zur Kennzeichnung des Scopes muss zumindest ein Topic verwendet werden. Im Meta-Modell muss festgelegt werden, ob dazu ein Topic eines bestehenden Types verwendet wird oder ein neuer Type eingeführt werden, dessen Topics ausschließlich zum Aufspannen eines Scopes verwendet werden. Dazu wird im Meta-Meta-Modell ein Type „Partition“ eingeführt, der für alle Elemente des Meta-Modells verwendet werden muss, deren konkrete Instanzen einen Scope im Modell kennzeichnen sollen.

3.2.4. Flexibilisierung der Abbildung

Wie in Kapitel ?? beschrieben, ist das Meta-Modell von Modellen die im vorgestellten Ansatz entstehen, nicht im vorhinein festgelegt. Die Modellierungssprache – also das Meta-Modell – wird während der Modellbildung semantisch definiert und ist damit erst zur Modellierungszeit bekannt. Das Metamodell kann außerdem während der Modellierung erweitert werden, es ist auch möglich, dass sich die Bedeutung bereits existierender Meta-Modell-Elemente ändert.

Für die Persistierung bedeutet dies, dass das Meta-Modell nicht im Vorhin ein sondern erst zum Zeitpunkt der Speicherung festgeschrieben werden kann. Außerdem kann die Prüfung auf semantische Korrektheit des Modells ebenfalls nur durchgeführt werden, sobald das Modell definiert ist.

Um die geforderte Flexibilität bei der Sprachdefinition in Form und Zeitpunkt zu gewährleisten, wurde von Neubauer (2008) ein System entwickelt, dass es erlaubt, dynamisch zur Laufzeit Modellelemente zu definieren, die Regeln zu deren Verwendung festzulegen und diese ohne Unterbrechung des Modellierungsvorgangs unmittelbar zu verwenden (wobei auch die Prüfung der semantischen Korrektheit

zur Laufzeit adaptiert wird). Die technische Umsetzung dieses Ansatzes wird in Abschnitt 3.3.2 beschrieben.

3.3. Technische Umsetzung der Persistierung von Modellen

Die oben beschriebenen Konzepte zur Persistierung von Modellen wurden wie die übrigen Software-Komponenten des Systems in Java implementiert. Die Basis der Persistenz-Komponente bildet eine Topic Map Engine, die im Rahmen einer Arbeit über flexible Content-Repräsentation vom Autor entwickelt wurde (Oppl, 2007a). Das in (Neubauer, 2008) entwickelte System zur Generierung und Verwendung dynamischer Metamodelle, das bereits in Abschnitt 3.2.4 konzeptionell beschrieben wurde, wird in der Folge hinsichtlich seiner technischen Umsetzung betrachtet. Basierend auf diesen beiden Komponenten wurde die eigentlichen Persistierung implementiert. Der dort verfolgte Ansatz ist Thema des letzten Teils dieses Abschnitts.

3.3.1. Topic Map Engine

Als Topic Map Engine bezeichnet man ein Software-Modul, mit dessen Hilfe Topic Maps verwaltet werden können und das im Normalfall auch Funktionalität zur Persistierung der Topic Map anbietet. Für den Topic Map Standard (ISO JTC1/SC34/WG3, 2008), der dieser Arbeit zugrunde liegt, war zum Zeitpunkt der Erstellung der Software nur eine derartige Engine vertrieben, die von Ontopia⁶ kommerziell vertrieben wird und keine offenen Schnittstellen bietet. Zu diesem Zeitpunkt noch nicht für den verwendeten Topic Map Standard verfügbar war die Open-Source-Engine TinyTIM⁷, die auf Basis der ebenfalls erst seit einigen Monaten verfügbaren Topic Map API⁸ eine offene Schnittstelle zur Verwaltung von Topic Maps in Java anbietet und unterschiedliche Formate zur Persistierung und zum Import unterstützt.

Für diese Arbeit wurde mangels verfügbarer Alternativen eine eigene Topic Map Engine erstellt. Deren Funktionalität hier nur kurz umrissen werden soll. Die detaillierte Beschreibung der Implementierung und die allgemeine Verwendung der Engine sind in (Oppl, 2007a) beschrieben.

⁶<http://www.ontopia.com>

⁷<http://tinytim.sourceforge.net/>

⁸Application Interface

3. Persistierung

Die Topic Map Engine bildet die Komponenten einer Topic Map direkt auf Java Klassen ab. Zusätzlich zu den Klassen, die Topics und Statements repräsentieren, wird eine Management-Klasse verwendet, deren Instanzen jeweils für die Verwaltung einer abgeschlossenen Topic Map zuständig sind. Diese Management-Klasse ermöglicht das Hinzufügen und Entfernen von Topics und Statements sowie die Suche nach einzelnen Topics oder definierten Teilstrukturen (z.B.: alle Topics die mittels einer bestimmten Assoziation mit einem gegebenen Topic in Beziehung stehen). Um die Suche zu beschleunigen, verwalten Management-Objekte Indizes bestimmter speziell verwendeter Topics, wie etwa Topics, die als Topic Types oder Association Types verwendet wurden.

Die Topic Map Engine bietet zur Persistierung ein einfaches Interface an, über welches Topic Maps auf der Engine exportiert werden können bzw. in die Engine geladen werden. Das Interface abstrahiert dabei von der konkreten Persistierungs-Technologie und erlaubt die Einbindung unterschiedlicher Ansätze zur Speicherung von Topic Maps.

Konkret wurden drei Implementierungen des Persistenz-Interfaces erstellt. Die erste Implementierung liest und schreibt Topic Maps von bzw. in im XTM⁹-Format (ISO JTC1/SC34/WG3, 2006) abgelegten XML¹⁰-Dateien. So wird ein standardkonformer Datenaustausch zwischen Topic Map Engines ermöglicht. Die zweite Implementierung bindet die Topic Map Engine via Hibernate (Red Hat Middleware, 2007) an eine relationale Datenbank an. Im Gegensatz zur Speicherung in XML-Files ermöglicht die Ablage der Daten in einem RDBMS¹¹ einen effizienteren, selektiven Zugriff, sodass nicht unter allen Umständen die gesamte Datenbasis einer Topic Map im Arbeitsspeicher gehalten werden muss.

Die dritte Implementierung des Persistenz-Interfaces ermöglicht lediglich den Export einer Topic Map in ein von GraphViz (Ellson et al., 2002) interpretierbares Format, das eine graphische Darstellung der Topic Map mit automatischer Anordnung der Topics ermöglicht. Da das GraphViz-Format jedoch nicht so ausdrucksstark ist wie der Topic Map Ansatz, geht beim Export Information verloren. Dadurch ist es nicht möglich, eine Topic Map aus einem GraphViz-File zu rekonstruieren, der Import in die Engine ist also nicht möglich.

Zusätzlich zur Ausgabe der gesamten Topic Map ist das GraphViz-Export-Modul auch in der Lage eine mittels HTML Imagemaps navigierbare Version der Topic Map zu exportieren, in der jeweils immer nur ein Topic mit dessen Kontext (also allen Topics, die mit dem zentralen Topic verbunden sind) dargestellt wird (siehe Abbildung XY). Durch die Imagemap werden die Kontext-Topics mit jenen An-

⁹XML Topic Map

¹⁰Extensible Markup Language

¹¹Relationales Datenbank Management System

3.3. Technische Umsetzung der Persistierung von Modellen



Abbildung 3.10.: Ausschnitt einer mittels GraphViz visualisierten Topic Map

sichten verknüpft, wo jeweils diese im Fokus der Betrachtung stehen. Damit ist eine schrittweise Navigation durch die Topic Map möglich.

3.3.2. Dynamische Metamodelle

Wie oben bereits beschrieben, ermöglichen Topic Maps die Einführung und Erweiterung von Meta-Modellen ohne besonders dafür ausgezeichnete Elemente. Dies ist einerseits hinsichtlich der Flexibilität der Verwendung ein Vorteil, andererseits ist die Handhabbarkeit von Topic Maps mit integrierten Metamodellen bereits auf Ebene der Softwareentwicklung nur bedingt gegeben, auf Ebene der Benutzer ist die Struktur kaum zu vermitteln.

Aus diesem Grund wurde bereits in Oppl (2007a) eine Abstraktionsschicht eingeführt, in der die Elemente des Metamodells auf Java-Klassen abgebildet wurden. Diese Klassen abstrahieren von der darunter liegenden Topic Map und zeigen zum Benutzer hin eine vom Metamodell abhängige, domänen spezifische Schnittstelle (inkludieren z.B. Methoden, die zur Verknüpfung zweier Konzepte verwendet werden können, die im Metamodell festgelegt wurden). Auch auf dieser Ebene wurde wiederum eine Management-Klasse zur Verwaltung der (nun) domänen spezifischen Modelle eingeführt.

In der vorliegenden Arbeit ist jedoch aufgrund der dynamischen Herausbildung des Metamodells während des Modellierungsvorgangs die Verwendung von statischen Meta-Modellen bzw. deren Java-Repräsentationen nicht möglich. In Neubauer (2008) wurde das zugrundeliegende System deshalb so erweitert, dass eine Veränderung der Meta-Modelle zur Laufzeit vorgenommen werden kann, wobei die Änderungen direkt und unmittelbar auf die verfügbaren Java-Klassen wirken. Zu diesem Zwecke wurde eine XML-basierte Beschreibungssprache definiert, mit der Meta-Modelle spezifiziert werden können. In einer weiteren Ausbaustufe ist angedacht, diese Repräsentation so in eine graphische Benutzungsschnittstelle zu kapseln, dass sie auch von Endanwendern benutzt werden kann. Aus dieser XML-Repräsentation werden mittels Code-Generierung Java-Klassen erzeugt, die jenen entsprechen, die in der zugrundeliegenden Implementierung die Abstraktion auf Metamodell-Elemente abbilden. Diese Klassen werden wiederum zur Laufzeit mittels einem dafür implementierten Java-Classloader geladen und stehen damit der verwendenden Applikation zur Verfügung. Die Managementklassen wurden dementsprechend so erweitert und angepasst, dass sie mit dynamischen Metamodellen betrieben werden können und die zur Verwendung notwendige Meta-Information an höher liegende Software-Module weitergeben können.

3.4. Export graphischer Repräsentationen

Neben der Persistierung der Modelle in Form einer Topic Map ist es auch sinnvoll, die Modelle in deren graphischer Form als Referenz abzulegen. Das hier entwickelte Werkzeug bedient sich der graphischen Ausgabefunktionalitäten, die der Java Klassenbibliothek mit der Version 1.4 hinzugefügt wurden, um das aktuelle Modell in unterschiedlichen Formen als Grafik auszugeben und zur späteren Referenz zu speichern.

3.4.1. Ausgabeformen

Zur Speicherung der graphischen Repräsentation eines Modells wird grundsätzlich die Visualisierung verwendet, die auf dem sekundären Ausgabekanal (also dem Bildschirm) zur Anwendung kommt. Beim Export sind nun unterschiedliche Modellaspekte zu berücksichtigen, die je nach intendiertem Verwendungszweck einzeln oder in Kombination in die Ausgabe eingehen können. Diese Aspekte sind im Einzelnen

- der aktuell auf der Oberfläche befindliche Modellzustand
- die hierarchisch in diesen eingebetteten Submodelle
- die Modellierungshistorie, also die Entwicklung des Modells über die Zeit

Die Darstellung dieser Aspekte in einer graphischen Repräsentation ist (außer im erstgenannten Fall) insofern komplex, als dass eine beliebig lange zeitliche Abfolge bzw. eine beliebig tief verschachtelte Hierarchie in den zweidimensionalen Raum abgebildet werden muss. Im Falle einer Kombination des zweit- und drittgenannten Aspektes müssen zwei Dimensionen zugleich abgebildet werden, was die Darstellung zusätzlich erschwert.

Der aktuell auf der Oberfläche befindliche Modellzustand wird exakt wie dargestellt in eine Grafik transformiert und als Bild abgespeichert. Zur Abbildung der Modellierungshistorie bietet sich an, die einzelnen gespeicherten Modellzustände chronologisch anzutragen. Der sich so ergebende Zeitstrahl beginnt links oben und setzt sich von links nach rechts und oben nach unten bis in die rechte untere Ecke fort, wo wiederum der aktuelle Modellzustand dargestellt wird. Die zweidimensionale Abbildung des Zeitstrahls erfolgt dabei derart, dass sowohl die horizontale als auch die vertikale Ausdehnung des resultierenden Bildes minimal sind (siehe Abbildung 3.11).

Bei der Darstellung eines Modells mit hierarchisch geschachtelten Teilmodellen bietet sich eine baumartige Darstellung mit dem aktuellen Modellzustand als Wurzelknoten an. Diese ist aufgrund der notwendigen Detaildarstellung der einzel-

3. Persistierung



Abbildung 3.11.: Modellierungshistorie als exportierte Grafik

nen Modelle jedoch platzintensiv und kann nur schwer als physisches Dokument abgelegt werden. Deshalb wurde alternativ die hierarchische Struktur auf eine der Darstellung der zeitlichen Modellentwicklung ähnliche Darstellungsform abgebildet. Dabei wird die Hierarchie flach ausgerollt, die Einbettungen zeigen sich durch einen graduell dunkler werdenden Modellhintergrund für tiefere verschachtelte Ebenen. Zusätzlich wird in jedes Submodell farblich abgesetzt auch das jeweilige Containerelement eingebettet. Die Abfolge der einzelnen Modelle startet mit dem aktuellen Modellzustand als erstem Knoten. Dahinter wird das erste im aktuellen Modell eingebettete Teilmodell angezeigt. Besitzt dieses Teilmodell wiederum eingebettete Teilmodelle, so werden diese in der Folge mit erneut abgedunkeltem Hintergrund dargestellt. Diese Form der Darstellung wird fortgesetzt bis keine weiteren eingebetteten Modelle mehr vorhanden sind. Es folgt (sofern vorhanden) das zweite Submodelle des aktuellen Modellzustandes (mit dem abgedunkelten Hintergrund der ersten Einbettungsebene). Diese Hierarchie wird wiederum bis zu den Endpunkten nach unten verfolgt, es folgt ggf. das dritte Submodell auf der ersten Einbettungsebene. Die sich so ergebende Linie an Modellzuständen wird wie der chronologischen Darstellung der Modellierungshistorie so umgebrochen dass sich sowohl in horizontaler als auch in vertikaler Richtung eine minimale Ausdehnung ergibt (siehe Abbildung 3.12).

In der komplexesten Ausprägung der Darstellung eines Modells als graphische Repräsentation werden sowohl die Historie der Modellentstehung als auch die Hierarchie der eingebetteten Submodelle zugleich dargestellt. Dies erfolgt hier durch die Kombination der beiden eben beschriebenen Ansätze. Die Darstellung der Modellierungshistorie bildet die oberste Ebene der Modelldarstellung. Beginnend mit dem ältesten gespeicherten Modellzustand werden die einzelnen Modelle in der Reihenfolge ihrer Entstehung abgebildet, wobei zu jedem Modellzustand unmittelbar folgend dessen eingebetteten Submodelle ausgegeben werden (deren Entstehung nicht mehr separat dargestellt wird). So ergibt sich eine kombinierte Linie aus chronologischer Modellentwicklung und eingebetteten Teilmodellen. Diese wird wie schon oben mit minimaler Ausdehnung in horizontaler wie vertikaler Richtung auf eine Grafik abgebildet. Die Entwicklung des Modells ist dabei wie gehabt von links oben nach rechts unten zu verfolgen, wobei nur jene Modellzustände mit weißem Hintergrund auf oberster Ebene der Zeitlinie angehören. Alle dunkler hinterlegten Modelle sind Teilmodelle und sind dem nach vorne nächstgelegenen weiß hinterlegten Modell zuzuordnen.

3.4.2. Technische Umsetzung des graphischen Exports

Zur Umsetzung des graphischen Exports wird auf die mit der Java Plattform in der Version 1.4 eingeführten Klassen zu Verarbeitung von Grafikformaten zurück-

3. Persistierung

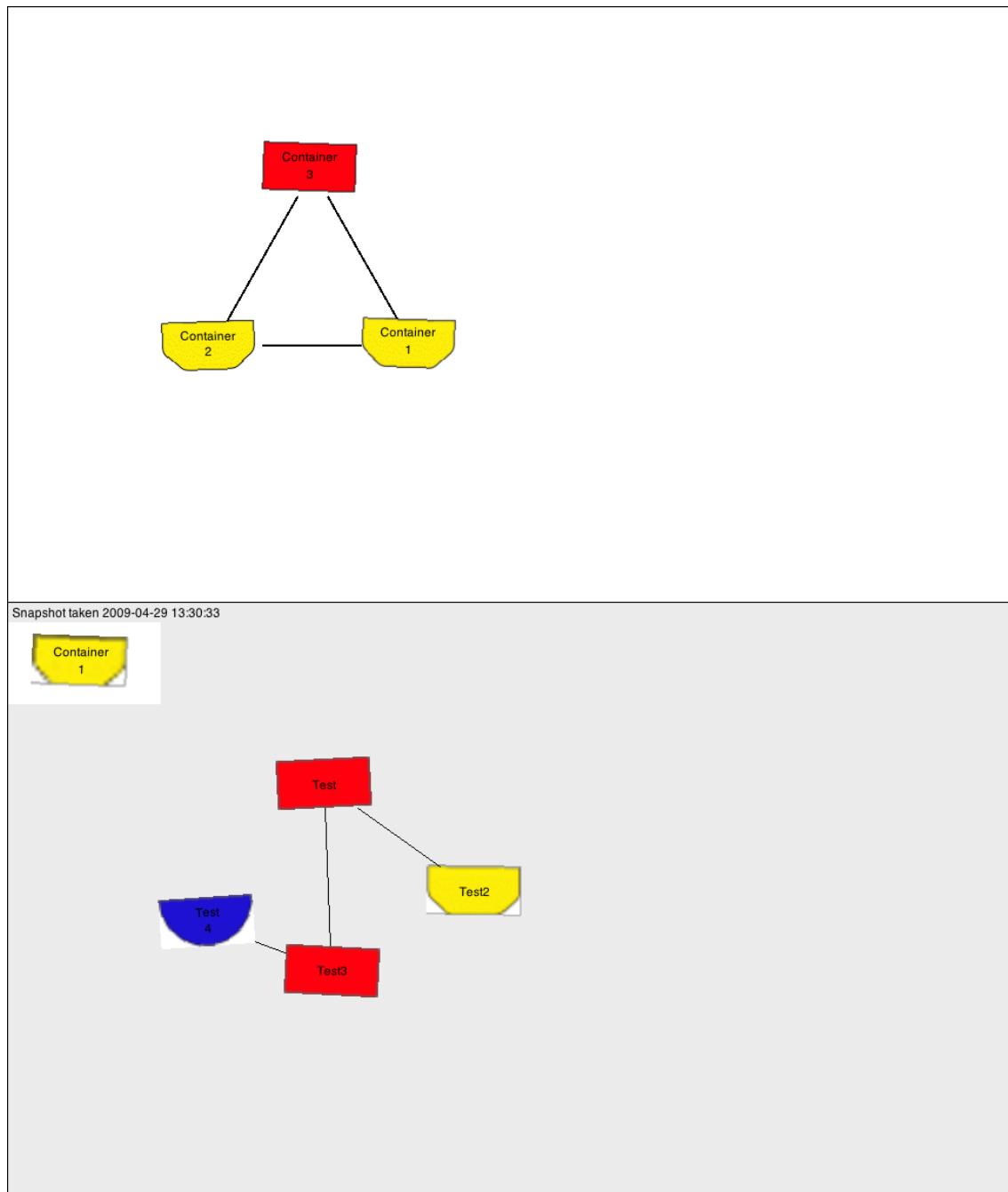


Abbildung 3.12.: Modell-Hierarchie als exportierte Grafik

gegriffen. Diese unterstützen standardmäßig gängige Grafikformate wie JPEG¹², GIF¹³ oder PNG¹⁴. Im konkreten Fall wurde ein verlustfrei komprimierendes Format gewählt, verlustbehaftete Verfahren wie JPEG sind für die hier abzubildenden feinen Strukturen nicht geeignet, da es durch Kompressionsartefakte zu Qualitätsminderungen in der Darstellung von Details kommt.

Die Ausgabe einer Datei im gewählten Grafikformat wird vollständig von der Klasse `ImageIO` übernommen. Der Schnittstellen-Methode `write` sind als Parameter der Dateiname, das Grafikformat sowie ein Objekt der Klasse `BufferedImage` (allgemeiner: einer Klasse, die das Interface `RenderedImage` implementiert) zu übergeben, dass die eigentlichen Bilddaten enthält.

Das `BufferedImage`-Objekt kann durch einen Methoden-Aufruf mit der graphischen Repräsentation einer Klasse, die von der Java AWT¹⁵-Klasse `Component` abgeleitet ist, befüllt werden. Da alle graphischen Komponenten des JHotDraw-Frameworks Subklassen eben dieser Klasse sind (inklusive der Zeichenoberfläche selbst), können diese durch einen Aufruf ihrer `paint`-Methode in ein ausreichend großes `BufferedImage` (bzw. dessen `Graphics`-Objekt) geschrieben werden.

In den aus mehr als einem Teilmodell bestehenden Ausgaben (also der Historie, der hierarchischen Darstellung der Teilmodelle oder der Kombination dieser beiden Fälle) muss das Bild aus den graphischen Repräsentationen der einzelnen Teilmodelle zusammengesetzt werden. Dazu werden (im Falle der hierarchischen Teilmodelle rekursiv) die logischen Modelle erzeugt und bereits in der korrekten linearisierten Darstellungsform in einem `Vektor` gespeichert. Die einzelnen logischen Modelle werden dann in graphische Repräsentationen umgewandelt und in je einem `BufferedImage` gespeichert. Diese werden in der Folge so zusammengesetzt, dass die horizontale und vertikale Ausdehnung der Gesamtfläche minimal ist.

3.5. Zusammenfassung

In diesem Abschnitt wurde auf die Umsetzung der Forderung nach persistenter Ablage der erstellten Modelle eingegangen. Um eine vollständige Abbildung der flexibel strukturierten Information gewährleisten zu können, wurde eine auf ISO Topic Maps basierende Speicherung verwendet. Da sich deren Handhabung bereits bei wenig komplexen Modell-Strukturen als sehr aufwändig erweist, wurden zusätzlich Werkzeuge zur Generierung und Verwaltung implementiert. Diese gehen

¹²Joint Photographic Experts Group (File Interchange Format)

¹³Graphics Interchange Format

¹⁴Portable Network Graphics

¹⁵Abstract Window Toolkit

3. Persistierung

auch speziell auf die Herausforderung der dynamisch veränderliche Meta-Modelle ein und lösen diese durch den Einsatz von Codegenerierung und -deployment zur Laufzeit der Modellierungsapplikation.

Zusätzlich zur der vollständigen und automatisiert weiterverarbeitbaren Repräsentation durch Topic Maps kann auch eine graphische, für Anwender erfassbare Darstellung des erstellten Modells bzw. wahlweise auch dessen Entstehungsgeschichte erstellt werden. Diese entspricht im Wesentlichen der Darstellung auf der sekundären Oberfläche und wird als Grafikdatei ausgegeben.

Mittels dieser beiden Werkzeuge ist die weitere Verarbeitbarkeit der erstellten Modelle inklusive der Entstehungsgeschichte und aller zusätzlich festgelegter semantische Information gewährleistet, während gleichzeitig eine unmittelbare Dokumentation des Modellierungsergebnisses und -prozesses für Benutzer erfassbar ausgegeben werden kann.

Anhang

abc

Anhang A.

Literatur zum Themengebiet Articulation Work

A.1. Literaturquellen

In der Literatursuche wurden 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.

Die in der Suche berücksichtigten Datenbanken bzw. Meta-Suchmaschinen sind:

Domänenspezifische Datenbanken

- INSPEC¹ (Naturwissenschaften)
- Business Source Premier² (Wirtschaftswissenschaften)
- PsycINFO³ (Psychologie)
- PSYNDEXplus⁴ (Psychologie)
- SocINDEX⁵ (Soziologie)
- ERIC⁶ (Pädagogik)
- ACM Digital Library⁷ (Informatik)

¹via <http://ovidsp.ovid.com>

²via <http://search.ebscohost.com/>

³via <http://ovidsp.ovid.com>

⁴via <http://ovidsp.ovid.com>

⁵via <http://search.ebscohost.com/>

⁶<http://www.eric.ed.gov/>

⁷<http://portal.acm.org/dl.cfm>

- IEEE Xplore⁸ (Informatik)

Verlags-Datenbanken

- ACM Digital Library⁹ (Informatik)
- IEEE Xplore¹⁰ (Informatik)
- SpringerLink¹¹ (fächerübergreifend)
- ScienceDirect¹² (fächerübergreifend)
- Emerald¹³ (Wirtschaftswissenschaften)
- Wiley Interscience¹⁴ (fächerübergreifend)

Meta-Suchmaschinen

- Google Scholar¹⁵ (fächerübergreifend)
- CiteSeerX¹⁶ (Naturwissenschaften und Informatik)

A.2. Relevante Literatur

Die im Folgenden genannten Arbeiten beziehen sich auf „Articulation Work“, treffen jedoch keine Aussage hinsichtlich einer etwaigen Unterstützung derselben. Die hier behandelten Arbeiten wurden in vier Kategorien gruppiert:

- (I) Arbeiten, die sich mit der grundlegenden Konzeption von „Articulation Work“ beschäftigen (und in den ersten Abschnitten dieses Kapitels bereits behandelt wurden) und keine Aussage zu deren Unterstützung machen.
- (II) Arbeiten, in denen „Articulation Work“ als erklärendes Rahmenwerk für beobachtete Phänomene verwendet wird, und in der Folge das Hauptaugenmerk auf diese Phänomene gelegt wird, ohne nochmals näher auf „Articulation Work“ einzugehen.
- (III) Arbeiten, die auf die Unterstützung von Articulation Work eingehen.
- (IV) Arbeiten, in denen „Articulation Work“ lediglich erwähnt wird, allerdings nicht näher darauf Bezug genommen wird.

⁸<http://ieeexplore.ieee.org>

⁹<http://portal.acm.org/dl.cfm>

¹⁰<http://ieeexplore.ieee.org>

¹¹<http://www.springerlink.de>

¹²<http://www.sciencedirect.com>

¹³www.emeraldinsight.com

¹⁴www3.interscience.wiley.com

¹⁵<http://scholar.google.com/>

¹⁶<http://citeseerx.ist.psu.edu/>

In chronologischer Reihenfolge des Erscheinens sind die folgenden Arbeiten einer oder mehreren der genannten Kategorien zuzuordnen (Kategorie jeweils in Klammer angeführt):

Strauss (1985) (I) prägt in dieser Arbeit den Begriff „Articulation Work“ und beschreibt dieses auf konzeptioneller Ebene ohne eine unmittelbaren Praxis- bzw. Umsetzungsbezug herzustellen.

Gasser (1986) (I) beschreibt die Integration von Computerunterstützung in alltägliche Arbeitsabläufe und die Anpassungsleistung der arbeitenden Individuen, wenn die aktuelle Arbeitssituation nicht mehr mit dem der Computerunterstützung zugrunde liegenden Modell übereinstimmt. Er identifiziert dabei spezifische Aktivitäten, die im Rahmen der ablaufenden „Articulation Work“ auftreten können.

Gerson und Star (1986) (I, II) zeigen die konkrete Manifestation von Articulation Work in einer Fallstudie aus einem Versicherungskonzern und identifizieren daraus die organisationalen Rahmenbedingungen, die zu jenen Problemen führen, die „Articulation Work“ notwendig machen.

Bendifallah und Scacchi (1987) (II) untersuchen bezugnehmend auf Gasser (1986) „Articulation Work“ im Kontext von IT-Support-Arbeit in Unternehmen anhand von zwei Fallstudien und identifizieren dabei zwei unterschiedliche Strategien bei der Durchführung derselben. Im Detail gehen sie jedoch nicht auf die konkret zu setzenden Maßnahmen ein.

Fujimura (1987) (I) leitet die grundlegende Unterscheidung zwischen „Production Work“ und „Articulation Work“ anhand einer Fallstudie aus dem wissenschaftlich-medizinischen Forschungsbetrieb ab. Sie bleibt dabei auf konzeptueller Ebene und beschreibt die auftretenden Phänomene, geht jedoch nicht auf unterstützende Maßnahmen ein.

Strauss (1988) (I) detailliert und erweitert seine Konzepte und setzt diese in den Kontext organisationaler Projektarbeit (im dort beschrieben Verständnis im Wesentlichen identisch mit „non-routine“ „collective activity“). Anhand einer Fallstudie aus dem Krankenhaus-Organisations-Bereich zeigt er das Auftreten in der Praxis, beschäftigt sich jedoch nicht mit möglicherweise unterstützenden Interventionen.

Schmidt (1990) (I) beschreibt ein Framework für die Analyse kooperativer Arbeit und erwähnt dabei „Articulation Work“ als ein zu berücksichtigendes Konzept. Diese Arbeit bildet die Grundlage für die im Hinblick auf die Unterstützung von „Articulation Work“ relevantere Arbeit von Schmidt und Bannon (1992).

Mi und Scacchi (1991) (III) betrachten „Articulation Work“ im Kontext der Softwareentwicklung und argumentieren für deren explizite Berücksichtigung in Software Engineering Prozessen. Sie schlagen einen formalisierten Prozess zur Durchführung von „Articulation Work“ vor und führen einen Satz von regelbasierten Heuristiken zur konkreten Durchführung ein. Sie sind damit die ersten, die sich explizit mit der Unterstützung von „Articulation Work“ beschäftigen.

Schmidt und Bannon (1992) (I, III) begründen mit dieser Arbeit eine Entwicklungsrichtung der CSCW¹⁷, die neben der Unterstützung der eigentlichen produktiven Arbeit auch auf die Unterstützung von „Articulation Work“ fokussiert. Sie beschreiben damit erstmals Anforderungen an die und Möglichkeiten der technische Unterstützung von „Articulation Work“.

Bannon und Schmidt (1993) (II) zeigen in diesem Sammelwerk die ersten Ergebnisse des COMIC-Projektes (Rodden, 1995) und erwähnen dabei in einzelnen Beiträgen „Articulation Work“ als ein im Bereich der CSCW zu berücksichtigendes Konzept.

Corbin und Strauss (1993) (I) beschäftigen sich mit der Festlegung von Interaktionsmodalitäten in kooperativer Arbeit durch „Articulation Work“ und detaillieren dabei das Verständnis von expliziter „Articulation Work“, indem sie mögliche Zeitpunkte des Auftretens sowie Schritte bei deren Durchführung nennen.

Strauss (1993) (I) fasst im Rahmen einer umfassenderen Arbeit zur Entwicklung einer „Theory of Action“ seine Überlegungen zur Rolle und Ausgestaltung von „Articulation Work“ zusammen und würdigt diese kritisch. Konkrete Maßnahmen zur Unterstützung oder Ermöglichung von Articulation Work sind aber auch hier nicht vorhanden.

(Bowers, 1994) (III) ist Editor eines COMIC-Deliverables, in dem zum ersten Mal auf die in (Schmidt und Simone, 1996) ausformulierten Anforderungen zur technischen Unterstützung von „Articulation Work“ eingegangen wird.

Lenoir (1994) (IV) erwähnt „Articulation Work“ (konkret die Arbeit von Fujimura (1987)) als Beispiel der Verknüpfung unterschiedlicher wissenschaftlicher Arbeitskontexte, geht aber dann nicht näher auf „Articulation Work“ ein.

Schmidt (1994) (III) rephrasiert im Wesentlichen (Schmidt, 1990) mit Fokus auf den Aspekt der kooperativen Arbeit (und nicht der Computerunterstützung derselben). Er detailliert darin die Artikulationsnotwendigkeiten bei kooperativer Arbeit, führt jedoch hinsichtlich der Unterstützung von Articulation Work keine zusätzlichen Anforderungen ein.

¹⁷Computer Supported Cooperative Work

Schmidt et al. (1995) (III) basiert wie (Schmidt, 1994) auf (Schmidt, 1990), leitet jedoch inhaltlich bereits zu der oben im Detail behandelten Arbeit von Schmidt und Simone (1996) über.

Grinter (1995) (II) beschreibt die Verwendung von Konfigurations-Management-Systemen zur Koordination von Softwareentwicklungs-Prozessen. Sie bezieht sich dabei am Rand auf „Articulation Work“ (via (Schmidt und Bannon, 1992)), führt diesen Aspekt aber nicht näher aus. Diese Arbeit bildet jedoch die Grundlage für die hinsichtlich der Unterstützung von „Articulation Work“ relevantere Arbeit derselben Autorin (Grinter, 1996).

Simone et al. (1995) (III) konkretisieren die in Schmidt und Simone (1996) beschriebene Notation zur Spezifikation von Koordinationsmechanismen in CSCW-Systemen und bereiten damit den Weg zur technischen Unterstützung von „coordinating predefined work“, die in (Divitini und Simone, 2000) umfassend beschrieben ist.

Grinter (1996) (III) betrachtet die Rolle von „Articulation Work“ im Kontext der Softwareentwicklung und zeigt anhand zweier qualitativer empirischer Studien die Auswirkungen eines computerbasierten Configuration Management Systems bei der kooperativen Erstellung von Software.

Schmidt und Simone (1996) (I, III) entwickeln in ihrer Arbeit ein generisches Vorgehen zur Konzeption von technischer Unterstützung von „Articulation Work“. Aufbauend auf früheren Arbeiten der Autoren (z.B. (Schmidt, 1990) und (Schmidt und Bannon, 1992)) formulieren die Autoren eine Spezifikationsnotation für CSCW-Systeme, die auf der Unterstützung von „Articulation Work“ aufbauen.

Bannon und Bødker (1997) (II) beschreibt die Verwendung von „Common Information Spaces“ im Kontext von CSCW und identifiziert die Artikulations-Bedürfnisse, die im Rahmen der Verwendung derselben auftreten können. Die Autoren gehen nicht näher auf die Umsetzung oder Unterstützung dieser konkreten Ausprägungen von „Articulation Work“ ein.

Fjuk et al. (1997) (I, III) versuchen die Konzepte von „Articulation Work“ durch eine Abbildung auf die Konzepte der „Activity Theory“ zu konkretisieren. Die Autoren geben dabei neben der Erweiterung der konzeptionellen Grundlagen auch mögliche Ansatzpunkte für die Unterstützung durch rechnerbasierte Werkzeuge an.

Fjuk und Dirckinck-Holmfeld (1997) (II) verwendet die Ansätze von Strauss (1993), um die Interaktion in computerbasierten kooperativen Lernumgebungen (also in CSCL¹⁸-Systemen) zu betrachten. Sie verwendet dabei „Ar-

¹⁸Computer Supported Cooperative Learning

ticulation Work“ als Analysedimension (als jener Teil des Arbeitsablaufs, in dem Interaktion zwischen den Lernenden vorrangig auftritt), geht jedoch nicht näher auf deren Unterstützung ein.

(Simone und Bandini, 1997) (IV) beschreiben ein System zur Generierung von Awareness in kooperativen Anwendungen und erwähnen dabei am Rande „Articulation Work“, als einen Aspekt, bei dessen Unterstützung das System interessant sein könnte.

Simone und Divitini (1997) (III) berichten über den aktuellen Stand der Entwicklung bei der technischen Unterstützung von Koordinationsmechanismen in CSCW-Systemen. Sämtliche hier enthaltenen Ergebnisse werden umfassender in (Divitini und Simone, 2000) dargestellt.

Kling und Star (1998) (II) beschreiben „Articulation Work“ als einen Aspekt, dessen Unterstützung bei der Gestaltung von „human centered (computer) systems“ zu berücksichtigen ist. Sie gehen jedoch nicht unmittelbar auf die mögliche Form der Unterstützung ein.

Carstensen und Schmidt (1999) (III) führen Aspekte von (Schmidt und Simone, 1996) genauer oder aus einem anderen Betrachtungswinkel aus, fügen aber dem Verständnis von „Articulation Work“ bzw. deren Unterstützung keine neuen Aspekte hinzu.

Schmidt und Simone (1999) (III) betonen basierend auf (Schmidt und Simone, 1996) den dynamischen Charakter von „Articulation Work“, die in einem Arbeitsablauf je nach Kontext unterschiedliche Ausprägungen annehmen kann. Sie fordern eine Berücksichtigung dieser Dynamik in technischen Werkzeugen zur Unterstützung von „Articulation Work“, fügen aber den Ausführungen von (Schmidt und Simone, 1996) keine fundamental neuen Anforderungen hinzu. Die Autoren leiten mit dieser Arbeit über zu der erstmals in Simone et al. (1999) vorgestellten technischen Implementierung des in den vorgegangenen Publikationen konzipierten Werkzeugs.

Simone et al. (1999) (III) stellen als Umsetzung der in (Schmidt und Simone, 1996) aufgestellten Forderungen zur Unterstützung von „Articulation Work“ durch CSCW-Systeme den „Reconciler“ vor, ein auf Java und CORBA¹⁹ basierendes Software-Modul, dass den globalen Kontext und Zustand eines (digitalen) Arbeitsobjektes bei dessen Bearbeitung durch ein Individuum offenlegt und dadurch die Entwicklung einer gemeinsamen Sicht auf geteilt benutzte Objekte ermöglicht und die Vermeidung von Konflikten unterstützt. Der „Reconciler“ ist damit ein technisches Werkzeug zur Unterstützung von „situated Articulation Work“, die Arbeit detailliert jedoch lediglich die in

¹⁹Common Object Request Broker Architecture

(Schmidt und Simone, 1996) genannten Unterstützungsaspekte um diese technisch implementierbar zu machen.

Suchman (1999) (II) beschäftigt sich mit „invisible work“ in denen Arbeitsartefakte an die tatsächlichen Erfordernisse des jeweiligen Arbeitskontext angepasst werden („design-for-use“). Sie argumentiert für die Anerkennung (also Sichtbarmachung) dieser Arbeit durch die Entwicklung expliziter Design-Praktiken, geht aber nicht näher auf deren Ausgestaltung ein.

Star und Strauss (1999) (III) verfassen die einzige Arbeit, in der Strauss selbst Stellung zur Unterstützung von „Articulation Work“ im Generellen und der Unterstützung durch Computersysteme im Speziellen Stellung nimmt. Die Autoren würdigen die Argumente und Forderungen aus (Schmidt und Simone, 1996) kritisch und argumentieren gegen „Sichtbarkeit von Arbeit um jeden Preis“. „Articulation Work“ bedingt nicht notwendigerweise die vollständige Offenlegung aller Arbeitsaspekte sondern geht immer nur soweit wie für eine Wiederaufnahme bzw. Aufrechterhaltung der produktiven Arbeit notwendig. Als Konsequenz fordern sie CSCW-Systeme, die – zusätzlich zu den Anforderungen aus (Schmidt und Simone, 1996) – die Kontrolle über die Sichtbarkeit der eigenen Arbeit bei den arbeitenden Individuen belassen (und stärken damit die Anforderung, die bereits in (Schmidt und Bannon, 1992) aufgestellt wurde, in (Schmidt und Simone, 1996) jedoch nicht explizit berücksichtigt wurde).

Berg und Timmermans (2000) (II) beschreiben „Articulation Work“ im Kontext von „order and disorder“ in kooperativen Arbeitssituationen (konkret im medizinischen Sektor). „Articulation Work“ ist dabei eine Ausprägung von „disordered work“, im Sinne, dass sie nicht vorgegebenen Regeln gehorcht bzw. zur Anwendung kommt, wenn spezifizierte, routinierte Arbeit („ordered work“) nicht mehr funktioniert. Die Autoren gehen jedoch nicht auf eine mögliche Unterstützung von „Articulation Work“ oder „ordered work“ ein.

Davitini und Simone (2000) (III) stellen ein System zur Unterstützung von etablierter kooperativer Arbeit in Form eines adaptiven Workflow-Systems vor, dessen Verhalten durch die Durchführung von „Articulation Work“ beeinflusst werden kann bzw. die Durchführung derselben unterstützt.

Schmidt und Simone (2000) (III) führen im Kontext von CSCW die bereits in (Schmidt und Simone, 1996) entwickelten Konzepte nochmals weiter und zeigen dass bei Articulation Work die Grenze zwischen der Herstellung von „mutual awareness“ (als Bezeichnung einer ad-hoc durchgeführten Abstimmung) und der Verwendung „coordinative artifacts and protocols“ (als Ausprägung einer Koordination von etablierten Arbeitsprozessen) fließend ist. So fordern

als Folge, dass eine technische Unterstützung beide Arten von „Articulation Work“ unterstützen muss, detaillieren oder verändern aber die konkreten Anforderungen aus (Schmidt und Simone, 1996) nicht weiter.

Simone (2000) (II) beschreibt die Rolle von „classification schemes“ für CSCW, die der Klassifikation von Domänenkonzepten zugrunde liegen. Anhand mehrerer Fallstudien beschreibt die Autorin die lokale, informelle und emergente Bildung von Klassifikations-Schemata in Gruppen. Sie argumentiert letztlich dafür, dass diese Schema-Bildung Teil von „Articulation Work“ ist und unterstützt werden muss, um eventuell auftretende Inkonsistenzen zwischen den Schemata einzelner Gruppen oder Individuen zu vermeiden. Letztlich beschreibt die Autorin, dass das in (Simone et al., 1999) vorgestellte System diese Anforderung erfüllen kann.

Christensen (2001) (II) beschäftigt sich mit „Articulation Work“ in Arbeitssituationen, in die mobil arbeitende Individuen involviert sind und konzentriert sich auf jene Arbeits-Aspekte, die spezifisch für derartige Situationen zusätzlich zu artikulieren sind. Er identifiziert diese Aspekte im Rahmen einer Studie und beschreibt ausschließlich den Status quo ohne konkrete Unterstützung-Maßnahmen anzuführen. Weiterführende Arbeiten zu diesem Ansatz sind nicht publiziert.

Fuchs et al. (2001) beschreiben die technische Unterstützung von „Articulation Work“ in (verteilten) Gruppen mittels CSCW-Technologie. Die Autoren präsentieren ein konkret umgesetztes System, das eine Reihe von Werkzeugen zur Unterstützung von „Articulation Work“ bietet.

Raposo et al. (2001) (III) stellen ein konzeptionelles Framework vor, das die Koordination von voneinander abhängigen Aufgaben in Gruppen erlauben soll und damit „Articulation Work“ mit dem Ziel „coordination of predefined work“ unterstützen soll. Dabei schlagen die Autoren eine Struktur vor, die es erlaubt, für eine Abhängigkeit zwischen Aufgaben unterschiedliche Koordinationsstrategien festzulegen, die dann kontextabhängig ausgewählt werden können. Das Framework wird in (Raposo und Hugo, 2002) weiter konkretisiert. In (Raposo und Hugo, 2002) wird dessen Umsetzung in einem technischen System beschrieben.

Simone und Sarini (2001) (II, III) entwickeln die Ansätze hinsichtlich der Unterstützung der Bildung von „classification schemes“ aus (Simone, 2000) weiter und konzentrieren sich dabei auf deren Adaptierung an konkrete Arbeitssituationen. Sie führen dabei aber keine neuen Aspekte hinsichtlich der Unterstützung von „Articulation Work“ ein.

Bosser (2002) (II) baut auf der Arbeit von (Bannon und Bødker, 1997) zu „Common Information Spaces“ auf und identifiziert im Rahmen einer Fallstudie

im medizinischen Bereich Gestaltungsparameter, in deren Rahmen auch „Articulation Work“ als in unterschiedlichen Ausprägungen zu unterstützendes Phänomen genannt wird, ohne näher auf die Implikationen dieser Forderung einzugehen.

Davenport (2002) (II, III) beschreibt „Articulation Work“ als eine Form von „alltäglichem Wissensmanagement“, mit Hilfe dessen beteiligte Individuen im Arbeitsprozess lernen und ihre Kompetenzen erweitern („situated learning“). Anhand einer Fallstudie zeigt sie, dass das Konzept der „Communities of Practice“ (Wenger, 1998) und deren Methoden geeignet sind, diese Form von „Articulation Work“ zu unterstützen. Die Autorin deutet die Möglichkeit einer Unterstützung durch rechnerbasierte Werkzeuge an, führt diese Idee aber nur am Rande aus.

Herrmann et al. (2002) (II, III) beschäftigen sich mit Modellen von soziotechnischen Arbeitsprozessen und zeigen auf, dass zu deren (kooperativen Erstellung) „Articulation Work“ notwendig ist.

Mark et al. (2002b) (II) stellen eine Kurzfassung des in (Mark et al., 2002a) ausführlich beschriebenen Tests des „Reconciler“-Systems vor.

Mark et al. (2002a) (II) beschreiben einen ersten Test des „Reconciler“-Systems und zeigen, dass das Werkzeug tatsächlich bei der Entwicklung eines gemeinsamen Sichtweisen über die Arbeitsdomäne betragen kann.

Raposo und Hugo (2002) beschäftigen sich aufbauend auf (Raposo et al., 2001) mit der Konkretisierung des Frameworks zur Unterstützung der Koordination von Aufgaben, die in gegenseitiger Abhängigkeit stehen. Die Autoren bereiten damit das Feld für die technische Umsetzung des Frameworks, die in (Raposo et al., 2004) beschrieben wird.

Sarini und Simone (2002a) (III) beschäftigen sich mit „recursive Articulation Work“, also jener Form, deren Gegenstand selbst wiederum „Articulation Work“ ist. Die Autoren leiten Anforderungen an die Unterstützung dieser Form von „Articulation Work“ ab und zeigen die konkrete Umsetzung als Teil des „Reconciler“-Systems.

Sarini und Simone (2002b) beschreiben in Form einer Kurzfassung die wesentlichen Konzepte und Implementierungsansätze des „Reconciler“-Systems.

Schmidt (2002) (IV) beschäftigt sich konzeptionell mit der Unterstützung von Awareness in CSCW-Systemen und erwähnt dabei am Rande, dass Awareness oft ein wichtiger Aspekt von „Articulation Work“ ist.

Simone (2002) (IV) beschreibt die im Rahmen des „Reconciler“-Projektes durchgeführte Arbeit im Kontext von Wissensmanagement und „Organizational

Memories“²⁰. Sie zeigt, in welchen Aspekten Berührungspunkte zwischen Wissensmanagement und CSCW bestehen und weißt auf mögliche Unterstützungsleistungen hin. Auf „Articulation Work“ wird nur im Zusammenhang mit dem im Wissensmanagement relevanten Abgleich von Ontologien verwiesen, der als „Articulation Work“ gesehen werden kann.

Eschenfelder (2003) (II) beschreibt eine qualitative Studie über das Management von content-zentrierten Websites und zieht „Articulation Work“ (wie in (Corbin und Strauss, 1993) beschrieben) als das der Analyse zugrundeliegende Framework heran. Die Autorin zeigt im zweiten Teil der Arbeit auf, wie Content Management Systeme den Verwaltungsprozess unterstützen können, geht aber nicht weiter auf „Articulation Work“ ein.

Olesen und Markussen (2003) (IV) beschreiben die Veränderung des Arbeitsablaufs der Rezeptausstellung in einem Krankenhaus durch Einführung eines technischen Systems, dass die elektronische Verschreibung von Medikamenten erlaubt. Die Autoren verfolgen dabei einen kulturwissenschaftlichen Ansatz und weisen lediglich in der Einleitung auf „Articulation Work“ als eine bei der Umstellung des Arbeitsablaufs notwendige Tätigkeit hin.

Sarini (2003) (III) fasst die konzeptuellen Grundlagen, die Implementierung und den Test des „Reconciler“-Systems in Form seiner Dissertation zusammen. Er führt dabei jedoch keine nicht bereits in früheren Publikationen veröffentlichten Argumente oder Anforderungen ein.

Gerson (2004) (III) beschreibt die Verwendung von „Reconciliation Mechanisms“ zur Auflösung von Problemen in der Zusammenarbeit bei räumlich verteilt durchgeföhrter Arbeit. Diese „Reconciliation Mechanisms“ sind vorrangig organisationale oder soziale Maßnahmen, die die Zusammenarbeit verbessern bzw. wieder möglich machen. Ein expliziter Bezug zu „Articulation Work“ wird nicht hergestellt, ausgehend von der Beschreibung scheinen „Reconciliation Mechanisms“ aber ein Mittel zur Durchführung von „Articulation Work“ zu sein. Gerson gibt exemplarisch vier dieser Mechanismen an (z.B. „shared resource pools“ oder „participant review“), ohne jedoch deren detaillierte Ausgestaltung einzugehen.

Jørgensen (2004) (III) beschreibt die Verwendung von „interaktiven“ Prozessmodellen in organisationalen Arbeitsprozessen und die Veränderung dieser Prozesse durch Modellierungsvorgänge. Dabei bezeichnet er den Modellierungsvorgang als „Articulation Work“. „Interaktive“ Prozesse sind dabei solche, die wissensintensiv sind, im Vorhinein spezifiziert werden können und deren konkreter Ablauf erst zum Zeitpunkt der Ausführung festgelegt wird (was jenen Arbeitsabläufen entspricht, die als „problematic“ oder

²⁰für einen Überblick zu diesem Themengebiet siehe (Maier, 2008)

„non-routine“ bezeichnet werden). Der Autor entwickelt im Rahmen der Arbeit eine Methodik zur Modellierung derartiger Prozesse und ein technisches Werkzeug, dass die Erstellung und Instanzierung dieser Modelle ermöglicht unterstützt bzw. ermöglicht.

Raposo et al. (2004) decken in ihrer Arbeit zur (technischen) Unterstützung kooperativer Arbeit explizit alle Zeitpunkte, in denen „Articulation Work“ auftreten kann, ab („pre-articulation“, „coordination“, „post-articulation“). Sie schlagen zur Koordination formalisiert festgeschriebene „Commitments“ vor, die in der „pre-articulation“-Phase definiert werden und während der „post-articulation“ evaluiert werden. Damit decken die Autoren auch „recursive Articulation Work“ Sarini und Simone (2002a) ab. In der Arbeit wird im wesentlichen der vorgeschlagene Formalismus und dessen konzeptionelle Anwendung dargestellt.

Færgemann et al. (2005) (I, II) beschreiben „Articulation Work“ in Arbeitsprozessen, die unterschiedliche große Personenkreise umfassen, die verschieden stark miteinander vertraut sind. Die Autoren leiten auf ihren empirischen Beobachtungen vier unterschiedliche Arten von „Articulation Work“ ab, die sich jeweils in der Größe ihres Durchführungskontexts (d.h. des Teilnehmerkreises) unterscheiden. Sie beschreiben die Charakteristika dieser Arten von „Articulation Work“, gehen aber nicht auf deren Unterstützung ein (wobei sie andeuten, dass eine technische Unterstützung jeweils unterschiedlich ausfallen muss, bezeichnen dies jedoch als eine offene Forschungsfrage).

Hasu (2005) (II, IV) beschreibt die Einbindung neuer (computer-basierter) Werkzeuge in Arbeitsabläufe durch technische Laien (konkret die Verwendung eines neuen, komplexen medizinischen Gerätes durch Neurologen). Sie klassifiziert die im Zuge dessen anfallenden Aktivitäten als „invisible Articulation Work“. Sie geht im Übrigen darauf ein, wie derartige Prozesse durch ethnographische Forschung erfasst werden können, die Unterstützung von „Articulation Work“ selbst wird aber nicht weiter thematisiert.

Hampson und Junor (2005) (II) beschreiben die Arbeit im interaktiven (d.h. hier telemediengestützten) Kundenservice als „Articulation Work“. Die Autoren führen eine Klassifikation von unterschiedlichen Arten von Arbeitsabläufen ein, um ihren Fokus abzugrenzen. In der Folge beschreiben sie die im Rahmen des „interactive customer service“ auftretende Phänomene, deren konkrete Ausprägungen und die Reaktionen der Kundenbetreuer. Sie legen dar, welche Rolle „Articulation Work“ in diesem Kontext spielt, gehen dabei aber nicht darauf ein, wie diese Abläufe unterstützt werden können.

Cabitza et al. (2006) (III) entwickeln den „Reconciler“-Ansatz weiter und wenden ihn unter Bezugnahme auf Færgemann et al. (2005) auf „globale Arti-

culation Work“ an. Sie entwickeln dabei ein konzeptionelles Framework, das (wie im Falle des „Reconciler“-Ansatzes) auf Artefakten als Artikulations-Objekten beruht und geben eine Methodik an, wie derartige Artefakte entwickelt werden können (im Sinne der „recursive Articulation Work“). Die vollständige Umsetzung sowie eine Evaluierung des Konzepts stand zum Zeitpunkt der Publikation der Arbeit noch aus.

Crabtree et al. (2006) (II, III) zeigen die Relevanz von „Articulation Work“ in Situationen, in denen Personen einander Hilfestellungen geben. Die Autoren beschreiben dabei Situationen, in denen die Hilfestellung „remote“ (d.h. aus der Entfernung) erfolgt. Sie zeigen, welche Artikulationsprozesse dabei regelmäßig auftreten und leiten Anforderungen an eine mögliche Unterstützung für derartige Arbeitsprozesse ab. Obwohl grundsätzlich relevant für die Unterstützung von „Articulation Work“, bleibt diese Arbeit hinsichtlich der Anforderungen jedoch relativ abstrakt und unspezifisch.

Kaghan und Lounsbury (2006) (II, III) (bzw. der ebenfalls vorliegende ausführlichere Preprint Kaghan und Lounsbury (2004)) zeigen mit kulturwissenschaftlichem Hintergrund, wie organisationale Artefakte (also Ergebnisse bzw. Gegenstände von Arbeit) kooperativ erstellt, verwendet und angepasst werden und in der Folge die mit ihnen verbundene Arbeit wiederspiegeln. Die Autoren bedienen sich dabei einer Fallstudie aus dem Bereich des Technologietransfers zwischen Universitäten und Wirtschaft, wo Verträge als Artefakte bzw. die Vertragsverhandlung als relevanter Arbeitsablauf im Detail betrachtet werden. „Articulation Work“ kommt dabei im Rahmen der Vertragsanbahnung („arranging deals“) zum Einsatz. Allgemein hat „Articulation Work“ hier das Ziel ein erreichtes gemeinsames Verständnis so in einem Artefakt abzubilden, dass dieses von den Beteiligten als Repräsentant der vereinbarten Zusammenarbeit akzeptiert wird. Die Autoren nehmen wie Davenport (2002) Bezug auf „Communities of Practice“ als wesentliches Konzept bei der Entwicklung dieser Artefakte.

Baker und Millerand (2007) (I, II) beschreiben, wie „Articulation Work“ im Rahmen des Designs von „information infrastructure“ (als Bezeichnung von Systemen, die die Verwaltung und strukturierte Manipulation von Information erlauben) zur Anwendung kommt. Die Autoren beziehen sich auf eine von ihnen durchgeführte empirische Studie und fassen aufgrund ihrer Erkenntnisse den Begriff „Articulation Work“ so breit, dass er nicht nur die Abstimmung der eigentlichen Arbeitsabläufe umfasst sondern etwa auch die Aushandlung eines gemeinsamen Verständnisses über den Aufbau der Arbeitsdomäne.

Cabitza und Sarini (2007) (IV) beschreiben die Verwendung von „dokumentatischen Artefakten“ und deren Computer-Unterstützung im medizinischen

Bereich. Die Autoren gehen dabei nur in einem Nebensatz explizit auf „Articulation Work“ ein, die Arbeit dient aber gemeinsam mit Cabitza et al. (2006) als Grundlage der weiteren Entwicklungen zur Unterstützung von „Articulation Work“, die in (Cabitza und Simone, 2009a) beschrieben wird.

Convertino et al. (2008) (IV) beschreiben, wie in kooperativen Arbeitsprozessen ein gemeinsames Verständnis der Arbeitsdomäne („common ground“) entwickelt werden kann und in weiterer Folge eine einfachere Zusammenarbeit zwischen den beteiligten Individuen ermöglicht. Im Rahmen der in der Arbeit beschriebenen empirischen Studie beziehen sich die Autoren aber nur am Rande auf „Articulation Work“.

Larsen und Bardram (2008) (II) beschreiben, wie in kooperativen Arbeitsprozessen Information über die Kompetenzen und Verantwortlichkeiten der beteiligten Individuen ausgetauscht wird. Aus der vorgestellten empirischen Studie leiten die Autoren ab, dass – trotz fortgeschritten technischer Möglichkeiten – die Abstimmung von Kompetenzen und Verantwortlichkeiten in kooperativer Arbeit in synchronen zu einem besseren Ergebnis führt als in asynchronen Settings.

Cabitza et al. (2008) (IV) betrachtet die Ausführungen aus Cabitza und Sariani (2007) aus Perspektive des Wissensmanagement und bildet damit ebenso die Grundlage für die in (Cabitza und Simone, 2009a) vorgestellte technische Lösung vor. „Articulation Work“ als Konzept wird hier nicht explizit angesprochen.

Cabitza und Simone (2009a) (III) schlagen „active artifacts“ als Mittel zur Unterstützung von „Articulation Work“ zwischen „Communities“ im Arbeitsablauf (im Sinne von „coordinating predefined work“) vor. „Active artifacts“ können dabei nicht nur Information tragen, sondern auch auf ihren aktuellen Kontext reagieren und selbstständig aktiv Information vermitteln. Dabei führen die Autoren auch ein Konzept an, wie das Verhalten derartiger „active artifacts“ spezifiziert werden können. Hinsichtlich der Unterstützung von „Articulation Work“ ist die Arbeit als technische Detaillierung und Verfeinerung der in Cabitza et al. (2006) bereits vorgestellten Konzepte zu sehen.

Cabitza und Simone (2009b) (III) stellen die in Cabitza et al. (2006) vorgeschlagene und in (Cabitza und Simone, 2009a) eingesetzte Sprache zur Spezifikation von Koordinations-Artefakten in „global Articulation Work“ im Detail vor. Diese basiert im Wesentlichen auf der Formulierung von ECA²¹-Regeln, die im operativen Betrieb die Grundlage der Koordinations-Unterstützung bilden.

²¹Event-Condition-Action

Cabitza et al. (2009) (II) stellen eine empirische Studie zur Motivation des in (Cabitza und Simone, 2009a) vorgestellten Systems vor und zeigen dessen unterstützende Wirkung bei der Durchführung von „Articulation Work“.

Betrachtet man diese Arbeiten in ihrer Gesamtheit, so zeigt sich die historische Entwicklung der Forschung zum Thema „Articulation Work“ oder unter Verwendung derselben. Vor allem wird ein starker Bezug zur Konzeption von CSCW-Systemen sichtbar, in deren Kontext ein Großteil der verfügbaren Arbeiten verfasst wurden. Zudem sind auch Gruppen von Publikationen zu erkennen, die im gleichen Kontext publiziert wurden und sich nur in Einzelaspekten unterscheiden. Abbildung A.1 auf Seite XIX zeigt diese Zusammenhänge.

Beginnend mit den Arbeiten von Strauss in der linken oberen Ecke ist vertikal die zeitliche Dimension der Publikation von Arbeiten zu Artikulation Work aufgetragen. Die Seitenbreite wird zur thematischen Gruppierung der Publikationen verwendet. Die Pfeile zwischen Publikationen bzw. Publikationsgruppen stellen einen inhaltlichen Bezug dar. Die Publikationen am Endpunkt des Pfeils nehmen dabei Bezug auf jene, die sich am Ausgangspunkt des Pfeils befinden.

Am linken Rand der Darstellung sind die Arbeiten zu finden, die im soziologischen Kontext verfasst wurden. Die meisten der dort angesiedelten Publikationen sind Grundlagenarbeiten, die den Begriff „Articulation Work“ und dessen konzeptionellen Kontext erörtern oder anhand von Fallstudien das Auftreten von „Articulation Work“ zeigen.

Im Zentrum der Darstellung steht die größte Gruppe von Arbeiten, die im Kontext von CSCW verfasst wurde. Die Arbeiten, die sich auf CSCW beziehen, haben dabei zum Teil die Ableitung für Anforderungen an eine technische Unterstützung von „Articulation Work“ zum Ziel, der Rest der Arbeiten beschäftigt sich eher mit der technischen Umsetzung der Unterstützung. Jene Publikationen, die eher einer Gruppe zuzuordnen sind, sind eher links angeordnet, die technisch orientierten Publikationen befinden sich eher rechts. Die Entfernung zur Mittelachse hat dabei keine Aussagekraft sondern ist nur einer übersichtlichen Anordnung geschuldet. Innerhalb der CSCW-Gruppe gibt es zwei bedeutende Sub-Gruppen, die untereinander in Beziehung stehen. Einerseits ist die Gruppe von Publikationen zu nennen, die im Rahmen des COMIC-Projektes 1992-1995 entstanden sind (Rodden, 1995). In diesem Projekt wurde die Grundlage der Berücksichtigung von „Articulation Work“ als Thema von CSCW gelegt. Bereits im Rahmen des COMIC-Projektes beginnend, publiziert die Gruppe um Simone Arbeiten zur konkreten technischen Umsetzung der Unterstützung durch computerbasierte Werkzeuge. Die Implementierungen, auf die dabei immer wieder Bezug genommen wird, werden als „Ariadne“ (für den Koordinierungsaspekt von „Articulation Work“) „Reconciler“ (für den



Abbildung A.1.: Literatur zu Articulation Work im Kontext

Awareness-Aspekt von „Articulation Work“) bezeichnet, was auch als Namensgeber dieser Gruppe von Arbeiten herangezogen wurde.

Weiter rechts am oberen Rand der Abbildung befinden sich Arbeiten, die Articulation Work im Kontext der Software-Entwicklung betrachten. Dies sind die ersten Arbeiten, die eine konkrete Anwendung der Konzepte um „Articulation Work“ außerhalb der Soziologie bzw. der Community um Strauss zeigen. Die Unterstützung von Articulation Work ist hier nur teilweise Gegenstand der Betrachtung, wo sie aber angesprochen wird ist sie entsprechend der Anwendungsdomäne eher technisch orientiert.

Ganz rechts sind jene Arbeiten zu finden, die auf „Articulation Work“ Bezug nehmen, jedoch nicht einer der bisher beschriebenen Gruppen zuzuordnen sind. Hier finden sich Publikationen die vor philosophischem, organisationswissenschaftlichem Hintergrund oder mit Bezug zum Wissensmanagement verfasst wurden. Herauszugreifen ist hier die Arbeit von Jørgensen (2004), der die Rolle von Modellen (konkret konzeptionellen Modellen von Arbeit) bei der Durchführung von „Articulation Work“ betrachtet und damit erstmals einen konkreten Unterstützungsbezug zwischen „Artikulation Work“ und der Domäne der Organisationswissenschaften herstellt (was wiederum für die Betrachtung von „Articulation Work“ im organisationalen Kontext von Interesse ist).

Insgesamt ist in der Abbildung ein starker Schwerpunkt auf die technische Unterstützung von Arbeit, konkret „Articulation Work“, zu erkennen. Dieser Schwerpunkt wurde sowohl konzeptionell als auch technisch ab Beginn der 90er-Jahre des 20. Jahrhunderts bis etwa 2005 ausführlich bearbeitet. In den letzten Jahren treten verstärkt Fallstudien auf, die einen Bezug zu „Articulation Work“ herstellen, jedoch nur bedingt auf deren Unterstützung eignen.

Verzeichnisse

Abbildungsverzeichnis

1.1.	Schemata und mentale Modelle	8
1.2.	Externalisierung mentaler Modelle	13
1.3.	Struktur einer Concept Map	23
2.1.	Externalisierung mentaler Modelle mittels Strukturlegetechniken und Concept Mapping	30
3.1.	Grundlegende Elemente einer Topic Map	47
3.2.	Umfassende Darstellung der Elemente einer Topic Map	48
3.3.	Abgrenzung zwischen Subject und Occurrence in Topic Maps	49
3.4.	Benennung von Topics	50
3.5.	Beziehungen in der Metamodellbildung in Topic Maps	53
3.6.	Abbildung von Gültigkeitsbereichen durch Scopes	56
3.7.	Abbildung von Modellinformation in Topic Maps	59
3.8.	Definition des Meta-Models (ohne Kardinalitäten)	61
3.9.	Einbindung des Meta-Meta-Modells	63
3.10.	Ausschnitt einer mittels GraphViz visualisierten Topic Map	67
3.11.	Modellierungshistorie als exportierte Grafik	70
3.12.	Modell-Hierarchie als exportierte Grafik	72
A.1.	Literatur zu Articulation Work im Kontext	XIX

Tabellenverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis

API	Application Interface
AWT	Abstract Window Toolkit
CORBA	Common Object Request Broker Architecture
CSCL	Computer Supported Cooperative Learning
CSCW	Computer Supported Cooperative Work
EAN	European Article Number
ECA	Event-Condition-Action
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
HSLT	Heidelberger Strukturlegetechnik
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)
MaNET	Mannheimer Netzwerk-Elaborations-Technik

Acronyms

MCRit	Model-Control-Representation (intangible and tangible)
MCRpd	Model-Control-Representation (physical and digital)
MVC	Model-View-Controller
OADI	Observe – Assess – Design – Implement
OCR	Optical Character Recognition
OLED	Organic Light Emitting Diode
OWL	Ontology Web Language
PNG	Portable Network Graphics
RDBMS	Relationales Datenbank Management System
RDF	Ressource Description Framework
RFID	Radio Frequency Identification
RMI	Remote Methode Invocation
TAC	Token and Constraint
TCP	Transport Control Protocol
TUI	Tangible User Interface
UML	Unified Modelling Language
WfMS	Workflow-Management-System
XML	Extensible Markup Language
XTM	XML Topic Map

Abbildungsquellen

Dieser Anhang enthält Quellenangaben für alle in dieser Arbeit verwendeten Abbildungen, sofern sie nicht vom Autor erstellt wurden. Sofern nicht anders angegeben sind alle Abbildungen und Fotos Werke des Autors und dürfen nicht ohne ausdrückliche Zustimmung verwendet werden.

Abbildung ?? Bild des MVC- und MCRpd-Modells entnommen aus (Ullmer und Ishii, 2000)

Abbildung ?? Bild des AR Toolkit Markers entnommen von www.hitl.washington.edu/ar toolkit/ (Website der Entwickler)

Abbildung ?? Bild des Visual Code Markers entnommen aus (Rohs und Gfeller, 2004)

Abbildung 3.3 Foto der Tasse lizenfrei unter <http://www.oldskoolman.de/bilder/freigestellte-bilder/essen-trinken/kaffee-tasse-freigestellt/>, übrige Abbildung eigene Darstellung

Grafiken aus ImplementierungInput fehlen noch

Publikationen im Kontext dieser Arbeit

Oppl und Stary (2005) description

Oppl (2006) description

Oppl et al. (2006) description

Oppl (2007b) description

Oppl (2007a) description

Oppl und Peherstorfer (2007) description

Furtmüller und Oppl (2007) description

Oppl (2008b) description

Oppl (2008a) description

Oppl und Stary (2009) description

Oppl (2009d) description

Oppl (2009c) description

Oppl (2009a) description

Oppl (2009b) description

Literaturverzeichnis

- Abecker, A., Bernardi, A., Hinkelmann, K., Kühn, O., und Sintek, M. (1998). Toward a Technology for Organizational Memories. *IEEE Intelligent Systems*, 13(3):40–48. Referenziert auf S. 11
- Allied Vision Technologies GmbH (2008). AVT Guppy. Technical Manual V6.2.0, Allied Vision Technologies GmbH, Stadtroda, Germany. Referenziert auf S.
- Argyris, C. (1976). Single-loop and double-loop models in research on decision making. *Administrative Science Quarterly*, Seiten 363–375. Referenziert auf S. 35
- Argyris, C. und Schön, D. (1978). *Organizational Learning: A Theory Of Action Perspective*. Addison-Wesley. Referenziert auf S. 7
- 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.
- Azuma, R. (1997). A survey of augmented reality. *Presence-Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4):355–385. Referenziert auf S.
- Baker, K. und Millerand, F. (2007). Articulation work supporting information infrastructure design: Coordination, categorization, and assessment in practice. *Proceedings of HICSS 2007*, Seite 242a. Referenziert auf S. XVI
- Bannon, L. und Bødker, S. (1997). Constructing common information spaces. In *Proceedings of the fifth conference on European Conference on Computer-Supported Cooperative Work*, Seiten 81–96. Kluwer Academic Publishers Norwell, MA, USA. Referenziert auf S. IX, XII
- Bannon, L. und Schmidt, K. (1993). Issues of Supporting Organizational Context in CSCW Systems. Deliverable D1.1, The COMIC Project (Esprit Basic Research Action 6225). Referenziert auf S. VIII
- 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.

- Bederson, B., Grosjean, J., und Meyer, J. (2004). Toolkit design for interactive structured graphics. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 30(8):535–546. Referenziert auf S.
- 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.
- 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.
- Bendifallah, S. und Scacchi, W. (1987). Understanding software maintenance work. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 13(3):311–323. Referenziert auf S. VII
- Berg, M. und Timmermans, S. (2000). Order and their others: On the constitution of universalities in medical work. *Configurations*, 8(1):31–61. Referenziert auf S. XI
- Bloks, R. H. J. (1996). The IEEE-1394 high speed serial bus. *Philips Journal of Research*, 50(1-2):209–216. Referenziert auf S.
- Bluetooth SIG (2007). Bluetooth Specification Version 2.1 + EDR. Specification, Bluetooth SIG. Referenziert auf S.
- Bossen, C. (2002). The parameters of common information spaces: the heterogeneity of cooperative work at a hospital ward. In *Proceedings of the 2002 ACM conference on Computer supported cooperative work*, Seiten 176–185. ACM Press New York, NY, USA. Referenziert auf S. XII
- Bowers, J. (1994). A Conceptual Framework for Describing Organizations. Deliverable D1.2, The COMIC Project (Esprit Basic Research Action 6225). Referenziert auf S. VIII
- Brant, J. M. (1995). HotDraw. Master's thesis, University of Illinois at Urbana Champaign. Referenziert auf S.
- Budinsky, F., Brodsky, S., und Merks, E. (2003). *Eclipse modeling framework*. Pearson Education. Referenziert auf S.

- Cabitza, F. und Sarini, M. (2007). On the pathway towards ICT-support for a better and sustainable healthcare. In *Proceedings of the second European Conference on eHealth (ECEH07)*, Seiten 89–100. Springer. Referenziert auf S. XVI, XVII
- Cabitza, F., Sarini, M., Simone, C., und Telaro, M. (2006). Torres, a Conceptual Framework for Articulation Work across Boundaries. In Hassanaly, P., Herrmann, T., Kunau, G., und Zacklad, M., editors, *Cooperative Systems Design: Seamless Integration of Artifacts and Conversations: Enhanced Concepts of Infrastructure for Communication*, volume 137 of *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*, Seiten 102–119. IOS Press. Referenziert auf S. XV, XVII
- Cabitza, F. und Simone, C. (2009a). Active artifacts as bridges between context and community knowledge sources. In *C&T '09: Proceedings of the fourth international conference on Communities and technologies*, Seiten 115–124, New York, NY, USA. ACM. Referenziert auf S. XVII, XVIII
- Cabitza, F. und Simone, C. (2009b). LWOAD: A Specification Language to Enable the End-User Development of Coordinative Functionalities. In *Proceedings of End User Development: 2nd International Symposium, IS-EUD 2009, Siegen, Germany, March 2-4, 2009. Proceedings*, Seite 146. Springer. Referenziert auf S. XVII
- Cabitza, F., Simone, C., und Sarini, M. (2008). Knowledge Artifacts as Bridges between Theory and Practice: The Clinical Pathway Case. In *Proceedings of IFIP 20th World Computer Congress, Conference on Knowledge Management in Action*, Seite 37. Springer. Referenziert auf S. XVII
- Cabitza, F., Simone, C., und Sarini, M. (2009). Leveraging Coordinative Conventions to Promote Collaboration Awareness. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, 18(4):301–330. Referenziert auf S. XVIII
- 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. 24
- Carriero, N. und Gelernter, D. (1989). Linda in context. *Communications of the ACM*, 32(4):444–458. Referenziert auf S.
- Carstensen, P. und Schmidt, K. (1999). Computer supported cooperative work: new challenges to systems design. preprint, to appear in: Itoh, k. (ed.): Handbook

- of human factors, Center for Tele-Information, Danmarks Tekniske Universite. Referenziert auf S. X
- Christensen, U. (2001). Conventions and articulation work in a mobile workplace. *ACM SIGGROUP Bulletin*, 22(3):16–21. Referenziert auf S. XII
- 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.
- Convertino, G., Mentis, H. M., Rosson, M. B., Carroll, J. M., Slavkovic, A., und Ganoe, C. H. (2008). Articulating common ground in cooperative work: content and process. In *CHI '08: Proceeding of the twenty-sixth annual SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, Seiten 1637–1646, New York, NY, USA. ACM. Referenziert auf S. XVII
- Corbin, J. und Strauss, A. (1993). The Articulation of Work through Interaction. *The Sociological Quarterly*, 34(1):71–83. Referenziert auf S. VIII, XIV
- Crabtree, A., O'Neill, J., Tolmie, P., Castellani, S., Colombino, T., und Grasso, A. (2006). The practical indispensability of articulation work to immediate and remote help-giving. In *CSCW '06: Proceedings of the 2006 20th anniversary conference on Computer supported cooperative work*, Seiten 219–228, New York, NY, USA. ACM. Referenziert auf S. XVI
- 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.
- Dahme, C. und Raeithel, A. (1997). Ein tätigkeitstheoretischer Ansatz zur Entwicklung von brauchbarer Software. *Informatik-Spektrum*, 20:5–12. Referenziert auf S.
- 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. 18, 20
- Davenport, E. (2002). Mundane knowledge management and microlevel organizational learning: An ethological approach. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 53(12):1038–1046. Referenziert auf S. XIII, XVI

- de Kleer, J. und Brown, J. (1981). Mental models of physical mechanisms and their acquisition. In Anderson, J., editor, *Cognitive skills and their acquisition*, Seiten 285–309. Erlbaum. Referenziert auf S. 6
- 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.
- Diefenbruch, M., Goesmann, T., Herrmann, T., und Hoffmann, M. (2002). KontextNavigator und ExperKnowledge - Zwei Wege zur Unterstützung des Prozesswissens in Unternehmen. In Abecker, A., Hinkelmann, K., Maus, H., und Müller, H., editors, *Geschäftsprozessorientiertes Wissensmanagement*, Seiten 275–292. Springer. Referenziert auf S. 11
- Divitini, M. und Simone, C. (2000). Supporting different dimensions of adaptability in workflow modeling. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, 9(3):365–397. Referenziert auf S. 12, IX, X, XI
- Do-Lenh, S., Kaplan, F., Sharma, A., und Dillenbourg, P. (2009). Multi-finger interactions with papers on augmented tabletops. In *TEI '09: Proceedings of the 3rd International Conference on Tangible and Embedded Interaction*, Seiten 267–274, New York, NY, USA. ACM. Referenziert auf S. 21
- Dourish, P. und Bellotti, V. (1992). Awareness and coordination in shared workspaces. In *CSCW '92: Proceedings of the 1992 ACM conference on Computer-supported cooperative work*, Seiten 107–114, New York, NY, USA. ACM. Referenziert auf S.
- Downing, T. (1998). *Java RMI: remote method invocation*. IDG Books Worldwide, Inc., Foster City, CA, USA. Referenziert auf S.
- Eckert, A. (1998). *Kognition und Wissensdiagnose. Die Entwicklung und empirische Überprüfung des computerunterstützten wissensdiagnostischen Instrumentariums Netzwerk-Elaborierungs-Technik (NET)*. Pabst Science Publishers. Referenziert auf S. 20
- Eclipse Foundation (2009). GMF Documentation. online reference manual (<http://wiki.eclipse.org/gmf/documentation>), EclipseFoundation. Referenziert auf S.
- 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. 66

- Emery, F. und Trist, E. (1960). Socio-technical systems. *Management science, models and techniques*, 2:83–97. Referenziert auf S.
- Engeström, Y. (1987). *Learning by expanding*. Orienta-konsultit, Helsinki. Referenziert auf S.
- Engeström, Y. (2000). Activity theory as a framework for analyzing and redesigning work. *Ergonomics*, 43(7):940–974. Referenziert auf S.
- Eschenfelder, K. R. (2003). The importance of articulation work to agency content management: Balancing publication and control. In *Proceedings of the Hawaii International Conference on System Sciences*, volume 5, Seite 135b, Los Alamitos, CA, USA. IEEE Computer Society. Referenziert auf S. XIV
- Færgemann, L., Schilder-Knudsen, T., und Carstensen, P. H. (2005). The duality of articulation work in large heterogenous settings - a study in health care. In Schmidt, K., Gellersen, H., Mackay, W., und Beaudouin-Lafon, M., editors, *Proceedings of the 9th European Conference on Computer-Supported Cooperative Work*, Seiten 163–183. Springer. Referenziert auf S. XV
- Feiner, T. (2008). Modelleditor auf Basis dynamischer Metamodelle zur Unterstützung partizipativer Modellerfassung und -reflexion. Master's thesis, University of Linz. Referenziert auf S.
- 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.
- Firestone, J. und McElroy, M. (2003). *Key Issues in the new Knowledge Management*. Butterworth-Heinemann. Referenziert auf S.
- Fishkin, K. P. (2004). A taxonomy for and analysis of tangible interfaces. *Personal and Ubiquitous Computing*, 8(5):347–358. Referenziert auf S.
- Fitzmaurice, G. (1996). *Graspable User Interfaces*. Phd-thesis, University of Toronto. Referenziert auf S.
- 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.

- Fjeld, M. (2001). *Designing for tangible interaction*. PhD thesis, Swiss Federal Institute of Technology. Referenziert auf S.
- Fjuk, A. und Dirckinck-Holmfeld, L. (1997). Articulation of Actions in Distributed Collaborative Learning. *Scandinavian Journal of Information Systems*, 9(2):3–24. Referenziert auf S. IX
- 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. 32, IX
- Fuchs, L., Poltrack, S., und Wetzel, I. (2001). TeamSpace: an environment for team articulation work and virtual meetings. In *Proceedings of the 12th International Workshop on Database and Expert Systems Applications*, Seiten 527–531. IEEE Press. Referenziert auf S. 11, XII
- Fujimura, J. (1987). Constructing 'Do-Able' Problems in Cancer Research: Articulating Alignment. *Social Studies of Science*, 17(2):257–293. Referenziert auf S. VII, VIII, XXIII
- Furtmüller, F. (2007). Implementierung eines Frameworks für berührbare Benutzungsschnittstellen. Master's thesis, University of Linz. Referenziert auf S.
- 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. XXXI
- Gamma, E. und Eggenschwiler, T. (1996). The JHotDraw-Framework. online <http://www.jhotdraw.org/>. Referenziert auf S.
- 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.
- Gasser, L. (1986). The integration of computing and routine work. *ACM Transactions on Office Information Systems*, 4(3):205–225. Referenziert auf S. VII
- 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.
- Gerson, E. (2004). The organization of reconciliation in distributed work. position paper for workshop "Distributed Collective Practices" at CSCW 04. Referenziert auf S. XIV

Literaturverzeichnis

- 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. VII
- Goguen, J. (1993). On Notation. Revised version of a paper in TOOLS 10: Technology of Object-Oriented Languages and Systems, edited by Boris Magnusson, Bertrand Meyer and Jean-Francois Perrot (Prentice-Hall, 1993), Department of Computer Science and Engineering, University of California at San Diego. Referenziert auf S. 21
- Grinter, R. (1995). Using a configuration management tool to coordinate software development. In *Proceedings of conference on Organizational computing systems*, Seiten 168–177. ACM Press. Referenziert auf S. IX
- Grinter, R. (1996). Supporting articulation work using software configuration management systems. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, 5(4):447–465. Referenziert auf S. 11, IX
- Gross, T. (2003). Ambient Interfaces: Design Challenges and Recommendations. *Human Factors and Ergonomics*, Seite 68. Referenziert auf S.
- GS1 (2008). Introduction to GS1 DataMatrix. Guideline, GS1. Referenziert auf S.
- 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. XV
- Hanke, U. (2006). *Externe Modellbildung als Hilfe bei der Informationsverarbeitung und beim Lernen*. PhD thesis, University of Freiburg. Referenziert auf S. 6, 12, 14
- Hasu, M. (2005). In search of sensitive ethnography of change: Tracing the invisible handoffs from technology developers to users. *Mind, Culture, and Activity*, 12(2):90 – 112. Referenziert auf S. XV
- Herrmann, T., Hoffmann, M., Kunau, G., und Loser, K. (2002). Modelling cooperative work: Chances and risks of structuring. In *Cooperative Systems Design, A Challenge of the Mobility Age. Proceedings of COOP 2002*, Seiten 53–70. IOS press. Referenziert auf S. 12, 27, XIII
- Herrmann, T., Hoffmann, M., Kunau, G., und Loser, K. (2004a). A modelling method for the development of groupware applications as socio-technical systems. *Behaviour & Information Technology*, 23(2):119–135. Referenziert auf S.
- Herrmann, T., Hoffmann, M., Loser, K., und Moysich, K. (2000). Semistructured models are surprisingly useful for user-centered design. In Dieng, R., Giboin,

- A., Karsenty, L., und De Michelis, G., editors, *Designing Cooperative Systems. Proceedings of COOP 2000*, Seiten 159–174, Amsterdam. IOS press. Referenziert auf S.
- Herrmann, T., Kunau, G., Loser, K., und Menold, N. (2004b). Socio-technical walk-through: designing technology along work processes. In *Artful integration: interweaving media, materials and practices. Proceedings of the eighth Conference on Participatory design.*, Seiten 132–141. ACM Press New York, NY, USA. Referenziert auf S.
- Holmquist, L., Redström, J., und Ljungstrand, P. (1999). Token-Based Acces 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.
- Holzner, S. (2004). *Eclipse*. O'Reilly Germany. Referenziert auf S.
- Hornecker, E. (2001). Graspable interfaces as tool for cooperative modelling. In *Proceedings of IRIS*, volume 24, Seiten 215–228. Referenziert auf S.
- Hornecker, E. (2004). *Tangible User Interfaces als kooperationsunterstützendes Medium*. Phd-Thesis, University of Bremen. Dept. of Computing. Referenziert auf S.
- Hughes, F. (1971). *The Sociological Eye*. Aldine de Gruyter. Referenziert auf S.
- Huss, J. (2003). Diagnose und Unterstützung mentaler Wissensrepräsentationen in Projektteams - Eine Fallstudie. Master's thesis, Technical University of Berlin. Referenziert auf S. 15, 18, 20
- 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. 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 18, 19, 20, 22, 25, 27
- 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.
- 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.

Literaturverzeichnis

- ISO (2000). Iso 9001:2000 - quality management systems - requirements. International standard, ISO. Referenziert auf S.
- ISO (2005). Iso 9000:2005 - quality management systems - fundamentals and vocabulary. International standard, ISO. Referenziert auf S.
- 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.
- ISO JTC1/SC34 (2008). Topic Maps Constraint Language. draft standard, ISO/IEC. Referenziert auf S. 55
- ISO JTC1/SC34/WG3 (2006). Information Technology - Topic Maps - Part 3: XML Syntax. International standard, ISO. Referenziert auf S. 66
- ISO JTC1/SC34/WG3 (2008). Information Technology - Topic Maps - Part 2: Data Model. International Standard 13250-2, ISO/IEC. Referenziert auf S. 46, 50, 65
- James, M. (1997). *Microcontroller Cookbook - PIC & 8051*. Butterworth-Heinemann. Referenziert auf S.
- Johnson-Laird, P. N. (1981). Mental models in cognitive science. *Cognitive Science*, 4(1):71–115. Referenziert auf S. 6
- Jørgensen, H. (2004). *Interactive Process Models*. PhD thesis, Department of Computer and Information Sciences, Norwegian University of Science and Technology Trondheim. Referenziert auf S. 12, 27, XIV, XX
- Kaghan, W. und Lounsbury, M. (2004). Articulation Work and the Institutional Elements of Organizational Artifacts: The Case of Contracts and Contracting. preprint, to appear in: Rafaeli, a. & pratt, m.: *Artifacts and organizations*, Cornell University. Referenziert auf S. XVI
- Kaghan, W. N. und Lounsbury, M. (2006). Artifacts, articulation work, and institutional residue. In Rafaeli, A. und Pratt, M. G., editors, *Artifacts and organizations: Beyond mere symbolism.*, Seiten 259 – 275. Lawrence Erlbaum Associates Publishers. Referenziert auf S. XVI
- Kaltenbrunner, M. und Bencina, R. (2007). reacTIVision: 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.

- 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.
- 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.
- Kim, D. (1993). *A Framework and Methodology for Linked Individual and Organisational Learning: Applications in TQM and Product Development*. PhD thesis, Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology. Referenziert auf S. 13, 35
- 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.
- Klemmer, S., Newman, M., Farrell, R., Bilezikjian, M., und Landay, J. (2001). The designers' outpost: a tangible interface for collaborative web site. In *Proceedings of the 14th annual ACM symposium on User interface software and technology*, Seiten 1–10. ACM Press New York, NY, USA. Referenziert auf S.
- 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. *Human Factors in Computing Systems, CHI Letters*, 4(1). Referenziert auf S.
- Kling, R. und Star, S. (1998). Human centered systems in the perspective of organizational and social informatics. *ACM SIGCAS Computers and Society*, 28(1):22–29. Referenziert auf S. X
- Kluwe, R. H. (1990). Wissen. In Sarges, W., editor, *Management-Diagnostik*, Seiten 174–181. Hogrefe, Göttingen. Referenziert auf S. 18
- 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.
- Krasner, G. und Pope, S. (1988). A cookbook for using the model-view controller user interface paradigm in Smalltalk-80. *Journal of Object-oriented programming*, 1(3):26–49. Referenziert auf S.
- Larkin, J. und Simon, H. (1987). Why a diagram is (sometimes) worth ten thousand words. *Cognitive science*, 11(1):65–100. Referenziert auf S.

- Larsen, S. B. und Bardram, J. E. (2008). Competence articulation: alignment of competences and responsibilities in synchronous telemedical collaboration. In *CHI '08: Proceeding of the twenty-sixth annual SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, Seiten 553–562, New York, NY, USA. ACM. Referenziert auf S. XVII
- Lave, J. und Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge University Press. Referenziert auf S.
- Lenoir, T. (1994). Was the last turn the right turn? the semiotic turn and a. j. greimas. *Configurations*, 2(1):119–136. Referenziert auf S. VIII
- Leont'ev, A. (1972). The Problem of Activity in Psychology. *Voprosy filosofii (english translation)*, (9):95–108. Referenziert auf S.
- Leont'ev, A. (1978). *Activity, Consciousness, and Personality*. Prentice-Hall. Referenziert auf S. 15
- Maier, M. (2008). Organizational Memories - Konzepte und Realisierungen. Master's thesis, University of Linz. Referenziert auf S. 11, XIV
- Mandl, H. und Fischer, F. (2000). Mapping-Techniken und Begriffsnetze in Lern- und Kooperationsprozessen. In Mandl, H. und Fischer, F., editors, *Wissen sichtbar machen*. Hogrefe. Referenziert auf S. 20
- Mark, G., Gonzalez, V. M., Sarini, M., und Simone, C. (2002a). Reconciling Different Perspectives: An Experiment on Technology Support for Articulation. In Blay-Fornarino, M., Pinna-Dery, A., Schmidt, K., und Zaraté, P., editors, *Proceedings of COOP 2002: Cooperative Systems Design: A Challenge of the Mobility Age*, Fontiers in Artificial Intelligence and Applications, Seiten 23–37. IOS Press. Referenziert auf S. XIII
- Mark, G., Gonzalez, V. M., Sarini, M., und Simone, C. (2002b). Supporting articulation with the reconciler. In *CHI Extended Abstracts 2002*, Seiten 814–815. Referenziert auf S. XIII
- Marshall, P. (2007). Do tangible interfaces enhance learning? In *TEI '07: Proceedings of the 1st international conference on Tangible and embedded interaction*, Seiten 163–170, New York, NY, USA. ACM Press. Referenziert auf S.
- McAffer, J. und Lemieux, J. (2005). *Eclipse Rich Client Platform: Designing, Coding, and Packaging Java (TM) Applications*. Addison-Wesley Professional. Referenziert auf S.

- Mi, P. und Scacchi, W. (1991). Modeling Articulation Work in Software Engineering Processes. In *Proceedings of the First International Conference on the Software Process*, Seiten 188–201. IEEE Press. Referenziert auf S. VIII
- Montessori, M. (2005). *The Montessori Method*. Kessinger Publishing. Referenziert auf S.
- Moore, B., Dean, D., Gerber, A., Wagenknecht, G., und Vanderheyden, P. (2004). Eclipse Development using the Graphical Editing Framework and the Eclipse Modeling Framework. Ibm redbooks, IBM. Referenziert auf S.
- Mori, R., Toda, N., Wada, Y., Ogawa, T., Kenmotsu, A., Nakamura, M., Eguchi, M., Yamamoto, T., Kobayashi, K., Narita, A., Hirano, M., Nakanishi, H., Tanaka, K., Kase, I., und Ishii, H. (2004). Tangible business process analyzer. project description. Referenziert auf S.
- Nardi, B. und Kapteinin, V. (2006). *Acting with Technology - Activity Theory and Interaction Design*. MIT Press. Referenziert auf S.
- Neubauer, M. (2008). Abbildung generischer Modelle auf Topic Maps. Master's thesis, University of Linz. Referenziert auf S. 64, 65, 68
- Nonaka, I. und Takeuchi, H. (1995). *The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*. Oxford University Press. Referenziert auf S. 23
- Norman, D. (1983a). Some observations on mental models. In Gentner, D. und Stevens, A., editors, *Mental models*, Seiten 7–14. Lawrence Erlbaum Associates. Referenziert auf S. 9
- Norman, D. A. (1983b). 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. 6
- 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. 20, 22, 23, 24, 25, 29
- Olesen, F. und Markussen, R. (2003). Reconfigured medication: Writing medicine in a sociotechnical practice. *Configurations*, 11(3):351–381. Referenziert auf S. XIV
- Oppl, S. (2004). Context-aware Group-Interaction. Master's thesis, University of Linz, Department for Pervasive Computing. Referenziert auf S.

- Oppl, S. (2006). Towards Intuitive Work Modeling with a Tangible Collaboration Interface Approach. In *Proceedings of WETICE '06*. IEEE Press. Referenziert auf S. XXXI
- Oppl, S. (2007a). Flexibility of Content for Organisational Learning - A Topic Map Approach. Master's thesis, University of Linz. Referenziert auf S. 46, 65, 68, XXXI
- Oppl, S. (2007b). Spielen Sie noch? - Bausteine im Unternehmenskontext. In Paul-Stueve, T., editor, *Workshop-Proceedings der 7. fachübergreifenden Konferenz Mensch und Computer 2007*. Verlag der Bauhaus-Universität Weimar. Referenziert auf S. XXXI
- Oppl, S. (2008a). Begreifbare Modellierung von Arbeit. In *Workshop-Proceedings der 8. fachübergreifenden Konferenz Mensch und Computer 2008*. logos Verlag. Referenziert auf S. XXXI
- Oppl, S. (2008b). Graspable work modeling. In *Proceedings of Mensch und Computer 2008*. Oldenbourg Verlag. Referenziert auf S. XXXI
- Oppl, S. (2009a). A Tabletop Interface to support Concept Mapping. In *Proceedings of EduMedia 2009*. Salzburg Research. Referenziert auf S. XXXI
- Oppl, S. (2009b). Konsistente Verwendung von Metaphern als Erfolgskriterium für komplexe Tangible User Interfaces. In *Workshop-Proceedings der 9. fachübergreifenden Konferenz Mensch und Computer 2009*. Referenziert auf S. XXXI
- Oppl, S. (2009c). Unterstützung expliziter Articulation Work – Statement of Interest for Participation in the Session on disruptive or seamless HCI in eLearning. In *Proceedings of IATEL (Interdisciplinary approaches to technology-enhanced learning)*. TU Darmstadt. Referenziert auf S. XXXI
- Oppl, S. (2009d). Unterstützung expliziter Articulation Work durch Externalisierung von Arbeitswissen. In Peschl, M. und Risku, H., editors, *Kognitive und technologische Konzepte für kooperatives Lernen*. Vienna University Press. Referenziert auf S. XXXI
- Oppl, S. und Peherstorfer, P. (2007). Human Intervention in cross-organizational Process Development. In *Proceedings of the 4th International Conference on Knowledge Management (ICKM 2007)*. Referenziert auf S. XXXI
- 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. 58, XXXI

- Oppl, S. und Stary, C. (2009). Tabletop concept mapping. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Tangible and Embedded Interaction (TEI '09)*. ACM Press. Referenziert auf S. XXXI
- Oppl, S., Stary, C., und Auinger, A. (2006). Towards Tangible Work Modeling. In *Proceedings of Mensch und Computer 2006*, Seiten 400–405. Oldenburg Wissenschaftsverlag. Referenziert auf S. XXXI
- Oppl, S. und Weichhart, G. (2005). Requirements for Collaborative Process Design. In Auinger, A., editor, *Workshop-Proceedings der 5. fachuebergreifenden Konferenz Mensch und Computer 2005*, volume 197 of *books@ocg.at*, Seiten 15–22. OCG. Referenziert auf S. 32
- Papert, S. (2000). What's the Big Idea: Towards a Pedagogy of Idea Power. *IBM Systems Journal*, 39(3-4):720–729. Referenziert auf S.
- 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.
- Patten, J., Ishii, H., Hines, J., und Pangaro, G. (2001). Senstable: 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.
- 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.
- Pepper, S. (2000). The tao of topic maps. In *Proceedings of XML Europe*. Referenziert auf S. 46
- Piaget, J. (1976). *Die Äquilibrium der kognitiven Strukturen*. Klett-Cotta. Referenziert auf S. 7
- Pirnay-Dummer, P. N. (2006). *Expertise und Modellbildung - MITOCAR*. PhD thesis, University of Freiburg. Referenziert auf S. 6, 12
- Price, S., Rogers, Y., Scaife, M., Stanton, D., und Neale, H. (2003). Using ‘tangibles’ to promote novel forms of playful learning. *Interacting with Computers*, 15(2):169–185. Referenziert auf S.

- Raposo, A., Gerosa, M., und Fuks, H. (2004). Combining Communication and Coordination Toward Articulation of Collaborative Activities. In *Proceedings of Groupware: Design, Implementation, and Use: 10th International Workshop, CRIWG 2004*. Springer. Referenziert auf S. 27, XIII, XV
- Raposo, A. und Hugo, F. (2002). Defining task interdependencies and coordination mechanisms for collaborative systems. In *Proceedings of COOP 2002*, Seiten 88–113. IOS Press. Referenziert auf S. XII, XIII
- Raposo, A., Magalhães, L., Ricarte, I., und Fuks, H. (2001). Coordination of collaborative activities: A framework for the definition of tasks interdependencies. In *Proceeding of the 7th International Workshop on Groupware-CRIWG*. Referenziert auf S. XII, XIII
- Rath, H. (2003). *The Topic Maps Handbook*. empolis GmbH. Referenziert auf S. 46
- Red Hat Middleware (2007). Hibernate Reference Documentation. Reference documentation, Red Hat Middleware. Referenziert auf S. 66
- 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.
- Rodden, T. (1995). The COMIC Project - Computer-based Mechanisms of Interaction in Cooperative Work. online: <http://www.comp.lancs.ac.uk/computing/research/softeng/comic/>, *ESPRIT Basic research Project*
- 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.
- 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. XXIX
- Rumbaugh, J., Jacobson, I., und Booch, G. (2004). *Unified Modeling Language Reference Manual, The*. Pearson Higher Education. Referenziert auf S. 58, 62, 64
- 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.
- Sachs, P. (1995). Transforming work: collaboration, learning, and design. *Communications of the ACM*, 38(9):36–44. Referenziert auf S.

- Sarini, M. (2003). *Alignment of meanings and of protocols as a form of articulation work in cooperation*. PhD thesis, University of Torino. Referenziert auf S. XIV
- Sarini, M. und Simone, C. (2002a). Recursive articulation work in ariadne: The alignment of meanings. In *Proceedings of COOP 2002*, Seiten 191–206. Referenziert auf S. 12, 27, 32, XIII, XV
- Sarini, M. und Simone, C. (2002b). The Reconciler: supporting actors in meaning negotiation. In *Proceedings of the Workshop on Meaning Negotiation (MeaN-02) at AAAI-02*. Referenziert auf S. XIII
- Scheele, B. und Groeben, N. (1988). *Dialog-Konsens-Methoden zur Rekonstruktion Subjektiver Theorien Die Heidelberger Struktur-Lege-Technik (SLT), konsensuale Ziel-Mittel-Argumentation und kommunikative Flussdiagramm-Beschreibung von Handlungen*. Francke, Tuebingen. Referenziert auf S. 18, 19, 20, 28, 29
- 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.
- Scheer, A.-W. (2003). *ARIS – Business Process Modeling*. Springer, 3 edition. Referenziert auf S. 64
- 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.
- Schmidt, K. (1990). Analysis of Cooperative Work. A Conceptual Framework. Technical Report Risø-M-2890, Risø National Laboratory. Referenziert auf S. VII, VIII, IX
- Schmidt, K. (1994). Cooperative Work and its Articulation. *Travail Humain*, 57(4):345–366. Referenziert auf S. VIII, IX
- Schmidt, K. (2002). The problem with ‘awareness’. *Computer Supported Cooperative Work*, 11(3):285–298. Referenziert auf S. XIII
- Schmidt, K. und Bannon, L. (1992). Taking CSCW seriously: Supporting Articulation Work. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, 1(1):7–40. Referenziert auf S. VII, VIII, IX, XI
- Schmidt, K. und Simone, C. (1996). Coordination mechanisms: Towards a conceptual foundation of CSCW systems design. *Computer Supported Cooperative Work*, 5(2/3):155–200. Referenziert auf S. VIII, IX, X, XI, XII

Literaturverzeichnis

- Schmidt, K. und Simone, C. (1999). Cooperative work is seamless: Integrating the support of the many modalities of articulation work. Working paper 52, Center for Tele-Information. Referenziert auf S. X
- Schmidt, K. und Simone, C. (2000). Mind the Gap!: Towards a unified view of CSCW. In *Proceedings of COOP2000: The Fourth International Conference on the Design of Cooperative Systems*, Sophia Antipolis, France. INRIA. Referenziert auf S. 21, XI
- Schmidt, K., Simone, C., Divitini, M., Carstensen, P., und Sørensen, C. (1995). A ‘contrat sociale’ for cscw systems. Working paper, Roskilde University. Referenziert auf S. IX
- Schön, D. (1984). *The Reflective Practitioner: How Professionals Think In Action*. Basic Books. Referenziert auf S.
- Seel, N. (2003). *Psychologie des Lernens*. Ernst Reinhardt Verlag, München Basel, 2nd edition. Referenziert auf S. 7
- Seel, N. M. (1991). *Weltwissen und mentale Modelle*. Hogrefe, Göttingen u.a. Referenziert auf S. 6, 8, 9, 12, 14, 23
- Seiringer, G. (2008). Entwicklung eines Editors für die Erstellung und Visualisierung von Topic Maps. Master’s thesis, University of Linz. Referenziert auf S.
- 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.
- Senge, P. (1990). *The Fifth Discipline: The Art and Practice of the Learning Organization*. Doubleday/Currency. Referenziert auf S. 13, 17
- Senge, P., Kleiner, A., Roberts, C., und Smith, B. (1994). *The fifth discipline field-book: Strategies and tools for building a learning organization*. Broadway Business. Referenziert auf S. 17
- 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.
- 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.

- 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.
- Simone, C. (2000). Making classification schemes a first class notion in cscw. In *Proceedings of the 1st CISCPH workshop on Cooperative Organization of Common Information Spaces*. Referenziert auf S. XII, XVIII
- Simone, C. (2002). Unifying or reconciling when constructing organizational memory? some open issues. In *Knowledge management and organizational memories*, Seiten 137–143. Kluwer Academic Publishers. Referenziert auf S. XIII
- Simone, C. und Bandini, S. (1997). Compositional features for promoting awareness within and across cooperative applications. In *Proceedings of GROUP '97*, Seiten 358–367, New York, NY, USA. ACM. Referenziert auf S. X
- Simone, C. und Divitini, M. (1997). Ariadne: Supporting Coordination through a Flexible Use of the Knowledge on Work Processes. *Journal of Universal Computer Science*, 3(8):865–898. Referenziert auf S. X
- Simone, C., Divitini, M., und Schmidt, K. (1995). A notation for malleable and interoperable coordination mechanisms for CSCW systems. In *Proceedings of conference on Organizational computing systems*, Seiten 44–54. ACM New York, NY, USA. Referenziert auf S. IX
- Simone, C., Mark, G., und Giubilei, D. (1999). Interoperability as a means of articulation work. *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes*, 24(2):39–48. Referenziert auf S. X, XII
- Simone, C. und Sarini, M. (2001). Adaptability of classification schemes in cooperation: what does it mean? In *Proceedings of the 2nd CISCPH workshop on Cooperative Organization of Common Information Spaces*. Referenziert auf S. XII
- Stachowiak, H. (1973). *Allgemeine Modelltheorie*. Springer Wien. Referenziert auf S. 13, 19, 46
- Star, S. L. (1989). The structure of ill-structured solutions: boundary objects and heterogeneous distributed problem solving. Seiten 37–54. Referenziert auf S.
- 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. XI
- Stary, C. (1994). *Interaktive Systeme: Softwareentwicklung und Softwareergonomie*. Vieweg. Referenziert auf S.

Literaturverzeichnis

- Strauss, A. (1985). Work and the Division of Labor. *The Sociological Quarterly*, 26(1):1–19. Referenziert auf S. 5, VII, XXIII
- Strauss, A. (1988). The Articulation of Project Work: An Organizational Process. *The Sociological Quarterly*, 29(2):163–178. Referenziert auf S. 5, VII
- Strauss, A. (1993). *Continual Permutations of Action*. Aldine de Gruyter, New York. Referenziert auf S. 5, 6, VIII, IX
- Suchman, L. (1987). *Plans and Situated Actions: The Problem of Human-Machine Communication*. Cambridge University Press. Referenziert auf S.
- Suchman, L. (1995). Making work visible. *Communications of the ACM*, 38(9):56–64. Referenziert auf S.
- Suchman, L. (1999). Supporting articulation work: Aspects of a feminist practice of office technology production. In Kling, R., editor, *Computerization and Controversy - value conflicts and social choices*, Seiten 407–423. Academic Press, Inc. Orlando, FL, USA. Referenziert auf S. XI
- 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.
- Tanenbaum, K. und Antle, A. N. (2009). A tangible approach to concept mapping. In Ao, S.-I., editor, *IAENG TRANSACTIONS ON ENGINEERING TECHNOLOGIES VOLUME 2: Special Edition of the World Congress on Engineering and Computer Science*, volume 1127, Seiten 121–132. AIP. Referenziert auf S. 21
- The LEGO Group (2002). Die Wissenschaft von LEGO SERIOUS PLAY. brochure, The LEGO Group. Referenziert auf S.
- Ullmer, B. (2002). *Tangible interfaces for manipulating aggregates of digital information*. PhD thesis, Massachusetts Institute of Technology. Referenziert auf S.
- 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.
- Ullmer, B. und Ishii, H. (2000). Emerging frameworks for tangible user interfaces. *IBM Systems Journal*, 39(3):915–931. Referenziert auf S. XXIX

- 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.
- 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.
- 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.
- Van Someren, M., Barnard, Y., und Sandberg, J. (1994). *The think aloud method: A practical guide to modelling cognitive processes*. Academic Press. Referenziert auf S. 15, 16, 17
- Vatant, B. (2004). Ontology-driven Topic Maps. In *Proceedings of XML Europe 2004*, Amsterdam. Referenziert auf S. 46
- von Krogh, G., Nonaka, I., und Ichijo, K. (2000). *Enabling Knowledge Creation: How to Unlock the Mystery of Tacit Knowledge and Release the Power of Innovation*. Oxford University Press US. Referenziert auf S.
- 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.
- Weiser, M. (1991). The computer for the 21st century. *Scientific American*, 265. Referenziert auf S.
- Wellner, P. (1993). Interacting with paper on the DigitalDesk. *Communications of the ACM*, 36:87–96. Referenziert auf S.
- Wellner, P., Mackay, W., und Gold, R. (1993). Computer-augmented environments. back to the real world. *Communications of the ACM*, 36(7):24–26. Referenziert auf S.
- Wenger, E. (1998). Communities of practice - learning as a social system. *The Systems Thinker*, 9(5). Referenziert auf S. XIII
- Wenger, E. (1999). *Communities of Practice: Learning, Meaning, and Identity*. Cambridge University Press. Referenziert auf S. 11

Literaturverzeichnis

ZigBee Alliance (2007). Zigbee Specification. Specification r17, ZigBee Alliance. Referenziert auf S.

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.