

JENS GULDEN

Semantik in visuellen Modellen

Räumliche Regularitäten und körperliche Erfahrungsmuster als Bedeutungsträger visueller Modelle

Visuelle Modelle verkörpern in besonderer Weise den Eindruck von »Korrektheit«, »Klarheit« und »direkter Verständlichkeit«. Dies gilt insbesondere in informationswissenschaftlichen Aufgabenfeldern, wie beispielsweise der Informatik und Wirtschaftsinformatik. Allerdings liegen bisher keine Untersuchungen darüber vor, warum Modelle unterschiedlicher Art über diese Eigenschaften verfügen. Der vorliegende Beitrag stellt einen theoretischen Ansatz vor, durch den visuelle Modelle und Tätigkeiten des Modellierens in Termini räumlicher Konstellationen und Operationen des Navigierens rekonstruiert werden. Auf Basis dieser theoretischen Grundlagen wird eine Metamodellierungsmethode skizziert, die die Ergebnisse für die formale konzeptuelle Modellierung in den Informationswissenschaften fruchtbar macht.

Gesucht: eine Semantiktheorie für visuelle Modelle

»Semantik« ist der Fachbegriff für die Bedeutung von etwas. Dabei ist klassischerweise vor allem die Bedeutung gesprochener oder geschriebener Sprache gemeint. Diese sprachliche Semantik wird im Rahmen von Untersuchungen der Linguistik wissenschaftlich detailliert untersucht. Es ist offensichtlich, dass wir beim Sprechen oder Hören von Sprache, und auch beim Schreiben oder Lesen, Worten eine Bedeutung zuordnen. Andernfalls könnten wir Sprache nicht verstehen, und wir könnten nicht auf die Nachfrage »Wie hast du das gemeint?« mit anderen Worten und Sätzen ein Verständnis von einem Sachverhalt vermitteln, den wir bereits zuvor ausgedrückt hatten. Es ist also generell sinnvoll, von sprachlicher Semantik zu sprechen, ohne sich im Detail auf die Art und Weise der Bedeutungsvermittlung festzulegen.

Aber nicht nur bei Worten in der Sprache können wir Bedeutung ausmachen, und nicht nur Gesprochenes oder Geschriebenes kann Verständnis von etwas vermitteln. Auch Bilder, Gesten, Symbole oder bestimmte Arten von Abläufen und Muster können bedeutungstragend sein. Beispielsweise kann Musik als Untermalung eines Spielfilms mit Mitteln wie grollenden Trommeln oder stakkatohaft lauter werdenden Streichern bereits vor dem Erscheinen des Mörders andeuten, dass es jetzt im Handlungsverlauf gefährlich wird. In diesem Fall wird Bedeutung musikalisch vermittelt. Auch Phänomene in der Natur, zum Beispiel Lichtungen im Wald, erscheinen uns als hervorgehobene besondere Orte, wodurch räumliche Konstellationen von Bäumen in einem weiten Sinn zu bedeutungstragenden Zeichen

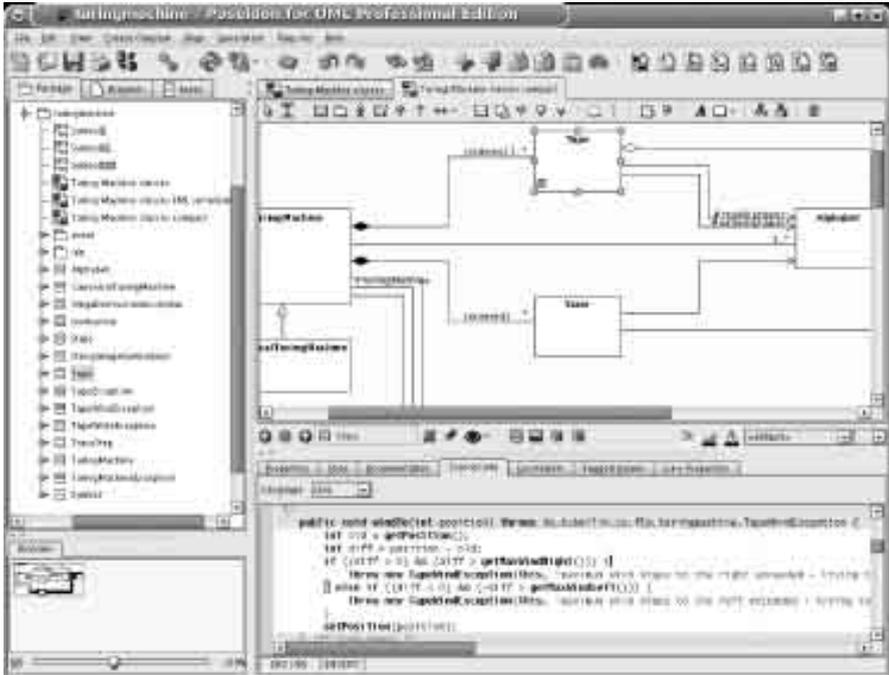


Abb. 1: Visuelles Modell in der Software-Entwicklung.

werden.¹ Es gibt also neben dem Umgang mit Sprache weitere Arten von Eindrücken und Abläufen, die Bedeutung vermitteln und die Menschen als Angehörige einer gemeinsamen Kultur zur Kommunikation nutzen können. Für den Anspruch einer Semantiktheorie, die über Bedeutung allgemein reflektiert, wäre es daher zu kurz gegriffen, den Begriff der Semantik allein auf sprachliche Gebilde zu beschränken.

Verschiedene einzelwissenschaftliche Anwendungsfelder sehen zunehmend den Bedarf nach einem erweiterten Verständnis von Bedeutung bei der methodischen Reflexion ihrer eigenen Darstellungs- und Konstruktionsmittel. Dies gilt insbesondere wenn diese Mittel zu weiten Teilen visuelle Modelle in Diagrammform sind, denn Diagramme und schematische Visualisierungen spielen gerade in formalen Wissenschaften und bei informations- wie organisationswissenschaftlichen Praxistätigkeiten eine tragende Rolle. Visuelle Modelle werden dabei in erster Linie als Kommunikationsmittel zur Vermittlung eines gemeinsamen Verständnisses von Sachverhalten verwendet.

1 Siehe Günter Abel: »Zeichen- und Interpretationsphilosophie der Bilder«. In: Bildwelten des Wissens 1.1 (2003), S. 89–102; hier S. 89: »Zeichen im weiten Sinne meint jedes Gebilde, das explizit als bedeutungstragend empfunden wird, an dem es etwas zu verstehen gibt. Dieser weite Sinn trifft nicht nur auf sprachliche Ausdrücke oder Bilder zu. Er kann von jedem Objekt realisiert werden.«

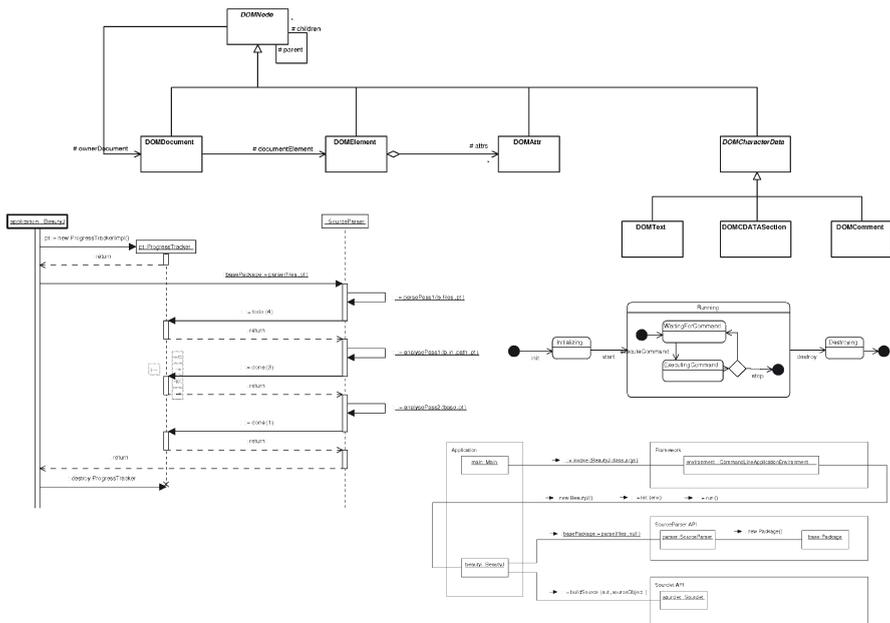


Abb. 2: Modelltypen der Unified Modeling Language (UML), Beispiele.

In wachsendem Maß tritt darüber hinaus die Rolle von Diagrammen als Konstruktionswerkzeuge hervor. Als solche Werkzeuge, die beispielsweise zum Entwurf des konzeptuellen Modells eines Softwaresystems dienen, nehmen formale Diagramme nicht nur Bezug auf getrennte Arbeitsprozesse und dokumentieren diese begleitend, sondern der Prozess der Erstellung des Diagramms ist selbst Teil eines Arbeits- oder Forschungsprozesses zur Konstruktion immaterieller Artefakte. In den informationswissenschaftlichen Aufgabenbereichen umfasst dies das breite Spektrum von der Organisations- und Geschäftsprozessmodellierung mit semi-formalen Modellierungsmethoden bis hin zu vollständig formalen Modellierungsverfahren zur Erstellung von Softwaresystemen im Rahmen eines *Model-Driven-Development/Model-Driven-Architecture (MDD/MDA)*-Ansatzes. Abbildung 1 zeigt das Beispiel einer Software-Entwicklungsumgebung, innerhalb derer parallel zur konzeptuellen Modellierung des Systems in Form eines Diagramms (im oberen Bereich des Bildschirms) auch die technische Umsetzung durch Eingabe von Programmcode (im unteren Bereich des Bildschirms) erfolgt.

Eine Besonderheit bei konzeptuellen Modellen der Informationswissenschaften ist in der Notation zu beobachten: Konzeptuelle Modelle werden oft als grafische Visualisierungen in Diagrammform dargestellt. Der Nexus zwischen Modell und Diagramm ist dabei je nach fachspezifischem Kontext so eng, dass die Begriffe »Modell« und »Diagramm« oft auch synonym verwendet werden. Abbildung 2 gibt

einen collagenhaften Überblick über die Art von visuellen Modellen, wie sie im vorliegenden Artikel betrachtet werden. Visuelle Modelle der Informationswissenschaften erinnern durch die verwendeten grafischen Elemente entfernt an technische Blockschaltbilder. Der wesentliche Unterschied zu jenen besteht darin, dass in konzeptuellen Modellen üblicherweise keine physikalisch-realen Objekte in abstrahierter Form dargestellt werden, sondern begriffliche Konzepte in einen gemeinsamen Kontext gestellt werden. Zu Kontextualisierungen dieser Art zählen unter anderem die Angabe von Strukturbeziehungen (das heißt Aussagen darüber, welche Konzepte sinnlogisch andere voraussetzen, auf sie verweisen oder begrifflich aus ihnen hervorgehen) sowie die Betrachtung von Vorgehensweisen und Prozessen im Umgang mit den beschriebenen Konzepten.

Gerade in den Feldern, in denen die Anwendung diagrammbasierter Modellierungsverfahren selbst aktiver Teil eines Konstruktions- oder Entscheidungsprozesses ist, ist es wissenschaftlich wünschenswert zu hinterfragen, auf welche Weise Diagramme und andere formale visuelle Modelle Bedeutung tragen und Verständnis vermitteln können. Praktische Modellierungsprojekte können mit hohem wirtschaftlichem Aufwand und weit reichenden existenziellen Konsequenzen für beteiligte Unternehmen und ihre Mitarbeiter verbunden sein, hinzu treten in Abhängigkeit von der Größe eines Projekts in zunehmendem Maß soziopragmatische Implikationen des Modellierens, insbesondere bei der Organisations- und Geschäftsprozessmodellierung.² Es besteht ein deutliches Ungleichgewicht einerseits zwischen dem hohen Stellenwert diagrammatischer Darstellungen als methodische Werkzeuge in praktischen Anwendungsfeldern der Informations- und Organisationswissenschaften, andererseits der nur gering ausgeprägten theoretischen Untersuchung von Diagrammen durch die Forschung. Wissenschaftliche Reflexion über Diagramme verspricht die Identifikation fundierter Kriterien zur Beurteilung der Qualität von Diagrammen und zur Formulierung von Heuristiken für die Erstellung »guter« Diagramme. Bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt stellen die Verfügbarkeit theoretisch begründeter Qualitätskriterien für Diagramme, Gestaltungsempfehlungen für neue Modellierungssprachen und -werkzeuge sowie Methoden zur bedeutungserhaltenden Transformation zwischen verschiedenen Modellen zentrale Desiderate der Forschung zur konzeptuellen Modellierung dar.³ Die Ausarbeitung einer Semantiktheorie auch für nicht-sprachliche Zeichen ist daher neben der philosophisch-kognitionswissenschaftlichen Relevanz auch genuiner Bestandteil informationswissenschaftlichen Forschungsinteresses.

2 Siehe Boris Wyssusek: *Methodologische Aspekte der Organisationsmodellierung in der Wirtschaftsinformatik – ein soziopragmatisch-konstruktivistischer Ansatz*, Dissertation, Technische Universität Berlin 2004; zu wirtschaftlichen Auswirkungen der frühen Auswahl geeigneter Modellierungsverfahren insbesondere S. 13f.

3 Bisher sind heuristische Ansätze mit Gestaltungsempfehlungen für Diagramme verfügbar, siehe Jörg Becker, Michael Rosemann, Reinhard Schütte: »Grundsätze ordnungsmäßiger Modellierung«. In: *Wirtschaftsinformatik* 5 (1995), S. 435–445.

Der vorliegende Artikel betrachtet prototypische visuelle Modelle der Informationswissenschaften und schlägt einen Ansatz zur Formulierung einer Semantiktheorie vor, die den Begriff der Bedeutung auf Diagramme und visuelle Modelle des vorgestellten Typs anwendbar macht. Im folgenden Abschnitt wird zunächst ein Beispiel eines visuellen Modells vorgestellt und Aspekte eines nicht-sprachlichen, musterhaften Semantikverständnisses daran verdeutlicht. Der dritte Abschnitt führt den theoretischen Terminus »*Image Schema*« ein und erläutert dessen philosophisch-kognitionswissenschaftliche Implikationen zur Formulierung einer Semantiktheorie. Diese theoretischen Grundlagen werden im vierten Abschnitt auf visuelle Modelle der Informationswissenschaften angewendet und als neue formale Grundbegrifflichkeiten zur methodischen Reflexion auf der Meta²-Ebene vorgeschlagen. Die Formalisierung dieser Begriffe macht sie anwendbar für die Entwicklung unterstützender Softwaresysteme. Der letzte Abschnitt zieht ein kurzes Fazit und gibt einen Ausblick auf mögliche zukünftige Forschungen.

Beispiel: Visuelles Modell einer Turing-Maschine

Diagramme der Informationswissenschaften können explizit so konstruiert werden, dass musterhafte Anordnungen und Konstellationen bedeutungstragend sind. Dieser Abschnitt stellt ein Beispiel in der gegenwärtig weit verbreiteten Diagrammsprache *Unified Modeling Language (UML)*⁴ vor, das als so genanntes Klassendiagramm (*Class Diagram*) die Struktur eines Softwaresystems zur Simulation einer *Turing-Maschine* darstellt. Abbildung 3 zeigt die laufende Turing-Maschinen-Software.⁵ Eine Turing-Maschine besteht, entsprechend der Konstruktion Alan Turings,⁶ aus einem oder mehreren *Bändern (Tapes)*, auf denen jeweils distinkte *Symbole*, das heißt maschinell voneinander unterscheidbare Elemente eines gemeinsamen *Alphabets*, geschrieben oder gelesen werden können. Darüber hinaus besitzt eine Turing-Maschine eine oder mehrere Speicherstellen für *Zustände (States)*, die ebenfalls jeweils mit genau einem wählbaren Symbol aus einem Alphabet belegt sind. Eine so konstruierte Maschine kann über *Instruktionen (Instructions)* so gesteuert werden, dass durch den passenden Austausch von Symbolen auf den Bändern und in den Zustandsspeichern,

4 Siehe Gary Booch, Ivar Jacobson, James Rumbaugh: *The Unified Modeling Language Reference Manual*, Reading, Mass. 1999.

5 Das Programm TuringIDE ist frei erhältlich unter <http://www2.hu-berlin.de/hzk/bsz.php?show=turingide>. Siehe Jens Gulden: »A Laboratory for Computer Scientists. Turing Machines for Experiments on Human Symbol Allocation Processes«. In: Sebastian Bab et al. (Hg.): *Models and Human Reasoning*, Berlin 2005.

6 Siehe Alan Turing: »On Computable Numbers, With an Application to the Entscheidungsproblem«. In: *Proceedings of the London Mathematical Society* 2 (1936), S. 230–265.

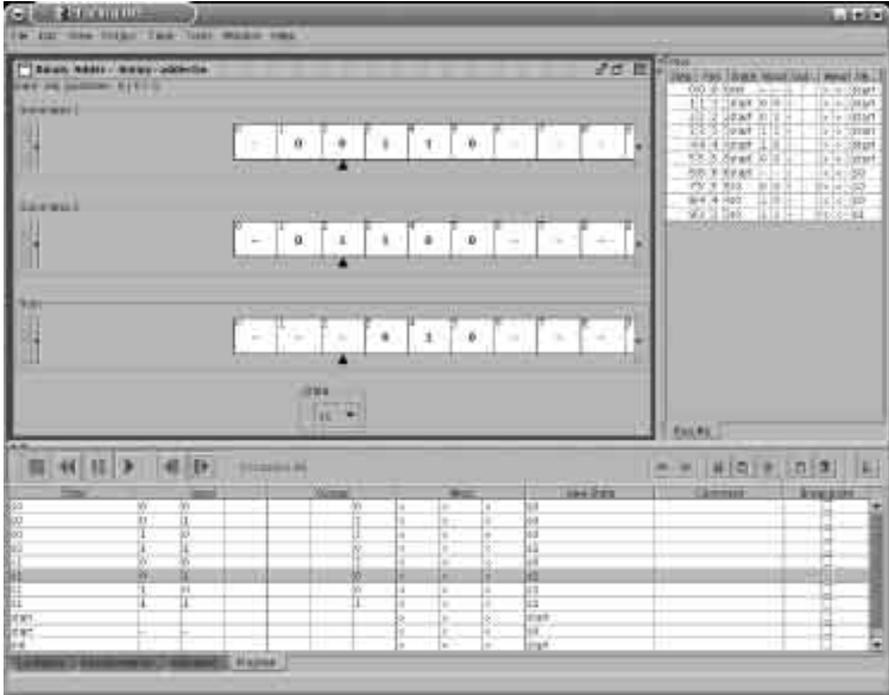


Abb. 3: TuringIDE Software.

zusammen mit dem Bewegen der Bänder, beliebige Berechnungen durchgeführt werden können.⁷

Abbildung 4 gibt das zugehörige visuelle Modell der Software wieder. Das Diagramm repräsentiert die Turing-Maschine selbst und ihre Elemente als begriffliche Konzepte, visuell dargestellt in Form miteinander verbundener Rechtecke. Die so zu Elementen eines konzeptuellen Modells erklärten Begriffe, also sprachliche Bedeutungsträger, sind durch die Visualisierung im Diagramm eingebunden in einen nicht-sprachlichen Kontext, der im visuellen Modell mittels Raumbelegung und musterhaften Konstellationen Bedeutung konstituiert. In der reflektierten Betrachtung des visuellen Modells ist es möglich, diese Muster zu benennen und sie sprachlich zu deuten. So erlaubt zum Beispiel die Betrachtung

⁷ In der Tat ist es kein Zufall, dass eine derart konstruierte Maschine sämtliche denkbaren mathematischen Berechnungen durchführen kann und somit – theoretisch – auch jede Berechnung, die heutige Computer tätigen können. Alan Turing hat dieses mechanische Konzept entworfen, um im Rahmen theoretischer Forschungen zum Prinzip der »intuitiven Berechenbarkeit« ein objektives Beschreibungsmittel für sein Konzept der Berechenbarkeit zu haben. Siehe Turing 1936 (wie Anm. 6). Andrew Hodges: Alan Turing – Enigma, übers. von Rolf Herken und Eva Lack, Wien 1992.

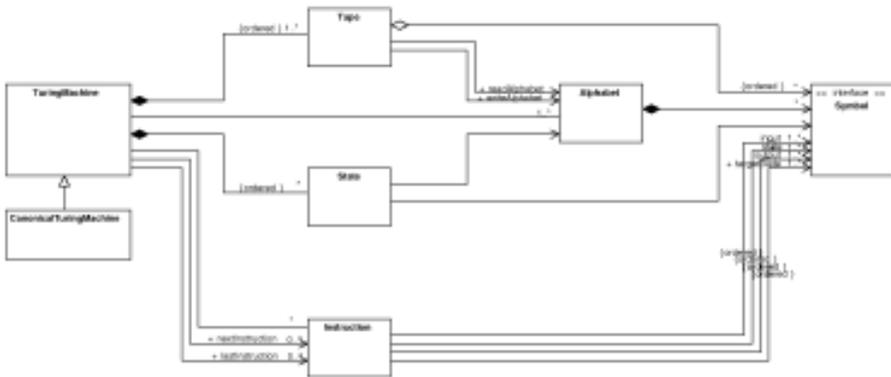


Abb. 4: Klassendiagramm der TuringIDE Software.

einer Symmetrieachse im dargestellten Diagramm, die horizontal zwischen den mit »Tape« und »State« benannten Elementen verläuft, die Unterscheidung in einen oberen Bereich für das Konzept »Band«, und einen unteren Bereich für »Zustandsspeicher«. Diese Symmetrie drückt – so wurde das vorliegende Diagramm explizit konstruiert – die Gleichrangigkeit von Bändern und Zustandsspeichern sowohl in Bezug auf die Gesamtkonstruktion der Turing-Maschine als auch im Hinblick auf die gemeinsam verwendeten distinkten Symbole aus. Der gemeinsame Bezug auf Symbole wird durch das Zusammenführen der Symmetrieachse zwischen Band und Zustand hin zum Konzept »Alphabet« deutlich.

Ein weiteres Beispiel bedeutungstragender räumlicher Konstellationen ist die im Verhältnis zu anderen Teilen des Modells geringe Distanz zwischen »Turing-Machine« und »CanonicalTuringMachine«, die den allgemeinen Fall einer mehrbändigen und mit mehreren Zustandsspeichern ausgestatteten Turing-Maschine zusammen mit dem kanonischen Spezialfall einer Maschine mit genau einem Band und genau einem Zustandsspeicher zu einer Einheit zusammenrückt. Auf diese Weise wird eine weniger scharfe begriffliche Trennung von allgemeinem Fall und Spezialfall im Vergleich zur Trennung voneinander gänzlich verschiedener Konzepte nahe gelegt. Über die Modell-Elemente »Tape«, »State« und »Instruction« wird außerdem durch ihre Ausrichtung entlang einer gemeinsamen vertikalen Achse Bedeutung vermittelt. Dies drückt unter anderem die Vergleichbarkeit aller drei Konzepte in Bezug auf ihren hohen modularen Abstraktionsgrad im Vergleich zu den grundlegenden Konzepten »Symbol« und »Alphabet« aus.

Die beschriebene horizontale Symmetrieachse zwischen Band und Zustandsspeicher, die räumliche Nähe zwischen dem Konzept der Turing Maschine und seiner kanonischen Spezialisierung sowie die vertikale Achse zwischen »Tape«, »State« und »Instruction« sind in Abbildung 5 im Diagramm markiert.

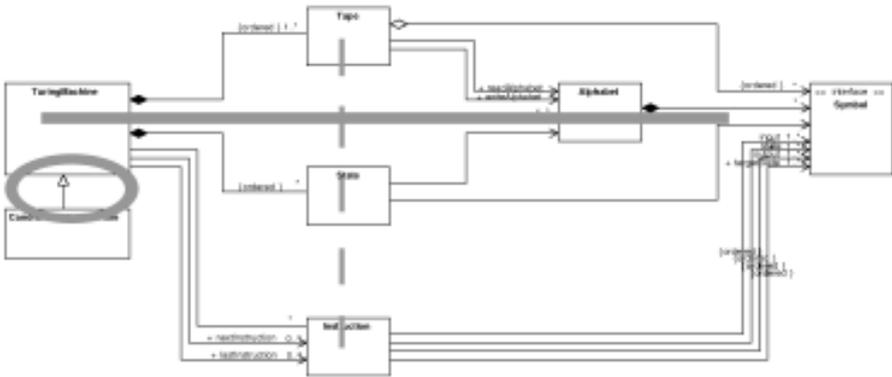


Abb. 5: Klassendiagramm der TuringIDE Software mit markierten musterhaften Bedeutungsträgern.

Die obigen aufwändigen sprachlichen Umschreibungen der bedeutungstragenden räumlichen Konstellationen im Diagramm geben nur wenige Aspekte wieder, die durch musterhafte Semantik Ausdruck finden und viel direkter als Sprache verstanden werden können. Es ist offensichtlich nicht möglich, die Semantik visuell-räumlicher Bedeutungsträger präzise und abschließend in Worte zu fassen. Die Symmetriebeziehung zwischen Band und Zustandsspeicher ist beispielsweise zusätzlich überlagert vom Muster einer Balance, bedingt durch die einrahmenden Elemente am jeweils linken und rechten Ende der Symmetrieachse. Diese Parallelität und Gleichzeitigkeit verschiedener unscharfer Bedeutungsträger, die im Fall visueller Modelle der Regelfall sind, zeigen, dass mit sprachlicher Reflexion die musterhafte Semantik und bedeutungstragenden räumlichen Konstellationen nur gedeutet und auf einer Meta-Ebene thematisiert werden können. Ersetzen kann Sprache die musterhaften Ausdrucksmittel nicht. Umgekehrt bedeutet dies, dass Visualisierungen konzeptueller Modelle den inhärenten Vorzug gegenüber rein sprachlichen Darstellungsmethoden bergen, ein breiteres Spektrum an Semantik ausdrücken zu können. Durch visuelle Modelle erschließt sich ein kategoriell neuer Typus semantiktragender Elemente, deren Ausdrucksmächtigkeit orthogonal zur sprachlichen Semantik ist. In Kombination mit sprachlicher Semantik, die ebenfalls wesentlich an der Bedeutungsvermittlung konzeptueller Modelle beteiligt ist (schon die sprachliche Benennung visueller Elemente des Diagramms ist in hohem Maß bedeutungstragend), vereinen visuelle konzeptuelle Modelle somit semantische Ausdrucksmittel, die der hohen Komplexität und Interdependenz der Komponenten immaterieller konzeptueller Modelle besser gewachsen sind als rein formalsprachliche Beschreibungen. Konzeptuelle Modelle können Modelle physischer Entitäten prinzipiell unbegrenzt an Komplexität und Kompliziertheit übersteigen. Die Einbeziehung

eines auf körperlichen Erfahrungsmustern und räumlichen Regularitäten basierenden Semantikverständnisses lässt erwarten, diese Komplexität in der Reflexion über die verwendeten Darstellungsmethoden besser als mit einem rein sprachlich begründeten Semantikverständnis erfassen zu können.

Image Schemata als Grundelemente einer formalen Modellierungstheorie

Insbesondere kognitionswissenschaftliche und philosophische Forschungen der letzten Jahrzehnte stellen zunehmend die Rolle körperlicher Interaktion im Raum in den Mittelpunkt von Untersuchungen über menschliches Denken und die Konstitution von Bedeutung. Räumlichkeit wird im Rahmen dieser Theorien die Grundlage eines Erklärungsmodells, in dem *Verstehen* nicht mehr als metaphysisch-transzendente Relation zwischen Welt, Bedeutung und Konzepten aufgefasst wird, sondern auf körperlich erfahrbare und damit auch theoretisch untersuchbare Handlungen zurückgeht. Demzufolge beeinflussen empirisch-reale⁸ Eigenschaften des Raums und physische Interaktionen im Raum in besonderer Weise unser Denken und die kognitiven Operationen, die wir metaphorisch auf den Umgang mit begrifflichen Konzepten übertragen.⁹ Diesen Ansätzen ist gemein, dass musterhafte Konstellationen im Raum und basale räumliche Navigations- und Transformations-Operationen als Grundelemente in Theorien zur Erklärung menschlichen Denkens und Verstehens von Zeichen auftreten. Solche musterhaften Anordnungen und Abläufe werden *Image Schemata*¹⁰ genannt. Dieser Terminus wurde von Vertretern der philosophisch-kognitionswissenschaftlichen Position der *Embodied Cognition*¹¹ geprägt und bezeichnet beispielsweise

8 Für Immanuel Kant ist jede sinnliche Wahrnehmung immanent durch Raum und Zeit strukturiert. Äußere Erscheinungen über Sinnesreize werden demnach grundsätzlich erst vermittelt der sinnlichen Formen Raum und Zeit als Gegenstände fassbar. Kant schreibt Raum und Zeit daher eine »empirische Realität« zu. Siehe Immanuel Kant: Kritik der reinen Vernunft, hg. von Wilhelm Weischedel, Frankfurt am Main 1974; B44.

9 Ein prominentes Beispiel für das metaphorische Übertragen des Umgangs mit räumlichen Anordnungen und Mustern auf abstrakte begriffliche Systeme ist die formale Logik mit Operationen wie Schlussfolgern, der Durchführung boolescher Verknüpfungen oder der Negation. Diese lassen sich spekulativ aus räumlichen Grundmustern metaphorisch herleiten. Siehe George Lakoff: *Women, Fire, and Dangerous Things*, Chicago 1987, S. 272 f.

10 Siehe Mark Johnson: *The Body in the Mind*, Chicago 1987, S. XIV: »An image schema is a recurring, dynamic pattern of our perceptual interactions and motor programs that gives coherence and structure to our experience.«; S. 29: »These patterns emerge as meaningful structures for us chiefly at the level of our bodily movements through space, our manipulation of objects, and our perceptual interactions.«

11 Siehe exemplarisch als Vertreter der Position der Embodied Cognition: Mark Johnson, George Lakoff: *Metaphors We Live By*, Chicago 1980. Johnson 1987 (wie Anm. 10). Lakoff 1987 (wie Anm. 9). Shaun Gallagher: *How the Body Shapes the Mind*, Oxford 2005.

Erfahrungen von Symmetrien und Balancen,¹² Innen-Außen-Beziehungen,¹³ Blockaden und deren Auflösung,¹⁴ oder das Erleben von zyklischen Abläufen und sich regelmäßig wiederholenden Eindrücken.¹⁵ Theorien aus der Perspektive der Embodied Cognition gehen davon aus, dass sich die körperlich erlebten Muster und Abläufe kognitiv vorbegrifflich im Denken manifestieren. Nachdem Erlebnisse von musterhaften Konstellationen und Abläufen dieser Art durch wiederholtes Erfahren internalisiert wurden, sind es basale kognitive Operationen des Ergänzens, Tilgens, Ausfüllens, Kombinierens, Aufteilens etc.,¹⁶ mit deren Hilfe aus den manifestierten Image Schemata höher stehende Abstraktionen und natursprachliche wie formale Begrifflichkeiten metaphorisch entwickelt werden können.

Beispiele für Benennungen von Image Schemata, so wie sie von Vertretern des Programms der Embodied Cognition diskutiert werden, sind unter anderem »Container«, »Path«, »Center-Periphery«, »Cycle«, »Blockage«, »Removal of Restraint«, »Diversion«, »Link«, »Axis-Balance«, »Full-Empty«, »Near-Far«, »Process«, »Iteration«, »Object«, »Part-Whole«, »Collection«.¹⁷ Diese Worte bezeichnen basale Grundmuster und Abläufe, die uns als vorbegriffliche Elemente des Denkens kontinuierlich in mannigfaltigen Ausprägungen und großer Zahl als empirisch-reale Strukturen der Welt begegnen. Interessanterweise stimmen die gewählten Benennungen zum Teil wörtlich mit informationswissenschaftlichen Fachtermini überein wie zum Beispiel »Link«, »Object«, »Iteration«, »Process«. Wenn auch die so benannten Image Schemata gerade nicht abstrakt-hochstehende Konzepte wie die im informationswissenschaftlichen Kontext mit gleichen Termini bezeichneten Gegenstände darstellen, so bietet die Parallelität in der Wortwahl dennoch Anlass zur Annahme, dass derart gewählte Grundbegrifflichkeiten ein solides terminologisches Fundament für die methodische Reflexion über informationswissenschaftliche Betrachtungsgegenstände bereitstellt (die Markierung der homonymen Verwendung vorausgesetzt).

Als körperliche Lebewesen in einer räumlichen Umwelt erleben wir Raum und Bewegung auf einer grundlegenden vorbegrifflichen Ebene unseres Daseins. Unsere Körper erlauben uns bestimmte Bewegungsabläufe und Handlungsmuster des

12 Zu »Axis Balance«-, »Twin-Pan Balance«- und »Point Balance«-Schemata siehe Johnson 1987 (wie Anm. 10), S. 86.

13 Zu »Containment«/»Container«-Schema, siehe ebd., S. 23. Ders., George Lakoff: *Philosophy in the Flesh. The Embodied Mind and Its Challenge to Western Thought*, New York 1999, S. 20 und S. 31f.

14 Zu »Blockage«- und »Removal of Restraint«-Schemata siehe Johnson 1987 (Anm. 10), S. 46f.

15 Zu »Cycle«- und »Cyclic Climax«-Schemata siehe ebd., S. 120.

16 Kognitive Grundoperationen des Imaginierens wie beispielsweise »Zerlegen«, »Synthetisieren«, »Abgrenzen«, »Unterscheiden« werden auch außerhalb des philosophischen Programms der Embodied Cognition als tragende imaginative Elemente des menschlichen Denkens modelliert. Siehe Günter Abel: *Sprache, Zeichen, Interpretation*, Frankfurt am Main 1999, S. 148f.

17 Siehe insbesondere Johnson 1987 (wie Anm. 10), S. 126.

räumlichen Navigierens, während andere Bewegungsmöglichkeiten ausgeschlossen sind. Alle körperlichen Lebewesen sind daher per se in einen Kontext aus Bedingungen und Möglichkeiten eingebunden, der ihnen die Ausführung bestimmter Handlungen erlaubt und andere verbietet. Hinzu kommen physikalische Bedingungen und Möglichkeiten unbelebter Körper im Raum, deren Eigenschaften sich sowohl auf die Interaktion von Lebewesen untereinander als auch auf den Umgang von Lebewesen mit unbelebten Objekten vererben. Zu solchen kontextuellen Constraints zählt beispielsweise die Tatsache, dass nicht zwei oder mehr Gegenstände zeitgleich den selben Ort einnehmen können, dass Gegenstände, die über keine Unterlage verfügen, solange herab fallen, bis sie auf eine Unterlage treffen, oder dass nach Konstruktion einer festen Verbindung zwischen zwei Gegenständen diese nicht mehr unabhängig voneinander bewegt werden können. Erfahrungen dieser Konstellationen und Abläufe, die körperlich und physikalisch bedingt elementare Bestandteile des Lebens körperlicher Wesen sind, wirken sich kognitiv auf die erlebenden Lebewesen aus. Raumkognition ist daher nicht nur ein isolierter Teil menschlichen Denkens, in dem es ausschließlich um physische Motorik geht. Die Fähigkeiten, Raum wahrzunehmen und kognitiv mit Raum umzugehen, dienen nicht allein der Kontrolle körperlicher Bewegung und dem Verlagern der eigenen Position im Raum. Stattdessen bilden räumliche Orientierung und physische Navigation, neben möglichen weiteren transzendentalen Bedingungen und Möglichkeiten des Denkens, unabdingbare Grundlagen höher stehender kognitiver Operationen, insbesondere Fähigkeiten der Abstraktion und des Zeichengebrauchs.

Wodurch ist die enge Verknüpfung zwischen *konzeptuellen Modellen* und der Darstellung als *visuelle Modelle* begründet? Eine Erklärung besteht darin, dass sowohl der grafischen Visualisierung als Diagramm als auch dem Verständnis der Semantik des in Modellen ausgedrückten Wissens inhärent gleichartige Prinzipien zu Grunde liegen. Menschen interagieren als körperliche Lebewesen in und mit einer räumlichen Umwelt. Die sich dabei ausprägenden kognitiven Muster und Schemata bilden sowohl eine Grundlage zur Beschreibung visueller Diagramme als auch zur Erfassung der komplexen interdependenten Semantik konzeptueller Modelle. Eine Erklärung für die zu beobachtende »Klarheit«, »Verständlichkeit« und inhärente Konsistenz visueller Modelle liegt darin, dass die Regularitäten des physikalischen Raums ein widerspruchsfreies und konsistentes System bilden. Diese positiv gegebenen Regularitäten prägen sich in unserem Denken auf grundlegende Weise ein und werden sowohl bei der visuellen Darstellung von Diagrammen als auch beim Umgang mit konzeptuellen Modellen auf abstrakte Konzepte metaphorisch übertragen.

Die Theorie der Image Schemata bietet einen ausgearbeiteten Fundus an Grundbegriffen, die bedeutungskonstituierende Muster und Konstellationen benennen. Nach dem Anspruch der Vertreter der Embodied Cognition tragen diese generell zur Konstitution der Semantik von Zeichen bei. Als *gemeinsame* Grundlage begrifflicher wie diagrammatischer Bedeutungskonstitution kann die Theorie der Image Schemata gerade an dem Nexus ansetzen, der die Verwendung visueller

Modelle in den Informationswissenschaften einerseits durch erweiterte semantische Ausdrucksmöglichkeiten so attraktiv erscheinen lässt, dem andererseits aber auch die »Mystik« des visuellen konzeptuellen Modells als scheinbares Zwitterwesen zwischen Sprache und Bild zugeschrieben wird. Ein gegenwärtiges Desiderat der informationswissenschaftlichen Forschung ist es, Grundbegriffe zu finden, die formale visuelle Modelle auf dieser grundlegenden Ebene beschreibbar machen. Diese Aufgabe findet in der Theorie der Image Schemata einen fruchtbaren Ansatzpunkt.

Eine erweiterte Perspektive auf formale konzeptuelle Modellierung

Auf den ersten Blick erscheint es so, als würde mit der Einbeziehung nicht-sprachlicher Bedeutungskonstituenten der Anspruch der Formalisierbarkeit, der in den Informationswissenschaften fundamental ist, aufgegeben. Denn Formalisierung ist eng gebunden an Sprache, und tatsächlich ist es so, dass Prozesse des Formalisierens im Resultat zu sprachlichen Artefakten führen. Die so geschaffenen künstlich-sprachlichen Begriffssysteme verfügen sogar über eine unnatürlich trennscharfe Semantik. Aber Formalisierung setzt nicht notwendigerweise voraus, dass das Betrachtungsobjekt, über das mittels Formalisierung reflektiert wird, in sprachlicher Form gegeben ist. Erst durch die Einführung formaler Termini auf einer Meta-Ebene, die das formalisierte Phänomen beschreiben, wird zwangsläufig und wunschgemäß die begriffliche Ebene erreicht. Wir können also *über* Muster wie zum Beispiel Image Schemata sprechen, können ihnen Namen geben wie »*Balance-Schema*«, »*Axis-Schema*«, »*Figure-Ground-Schema*« et cetera und können auch die Gleichzeitigkeit ihres kognitiven Wirkens und ihr gegenseitiges Überlagern thematisieren. Damit wird nicht der Anspruch erhoben, musterhafte Semantik eins-zu-eins in sprachlichen Zeichen ausdrücken zu können, und dies ist auch weder für die theoretische Reflexion noch für daraus abgeleitete praktische Anwendungen wie die Entwicklung neuer Modellierungsmethoden und unterstützender Softwarewerkzeuge erforderlich.

Durch die Anwendung der Theorie der Image Schemata als Semantiktheorie für visuelle Modelle findet eine inhaltliche Beschränkung statt, die die ursprüngliche philosophisch-kognitionswissenschaftliche Konzeption auf einen von vielen Aspekten des originären Gegenstandsbereichs fokussiert. Auch eine terminologische Reduktion findet statt, wenn die als semantiktheoretische Grundbegriffe interpretierten Termini der Theorie der Image Schemata in eine formale Notation überführt werden. Für das konkrete Ziel des Entwurfs eines formal beschriebenen Modellierungsverfahrens oder die Entwicklung eines unterstützenden Softwaresystems ist dies methodisch selbstverständlich legitim und notwendig. Das Resultat der Formalisierung lässt aber keine Rückschlüsse mehr auf die Reichhaltigkeit des ursprünglichen philosophischen Gedankengebäudes zu und kann nicht als stellvertretender Betrachtungsgegenstand zur Gewinnung von Erkenntnissen über die Theorie der Image Schemata herangezogen werden.

Die klassischen Grundbegriffe, mit denen formale Modelle bei sprachbasierter Metaisierung¹⁸ formal auf höchster Ebene beschrieben werden, sind »Element« und »Relation«. Diese beiden Grundbegriffe verbleiben, wenn man nach einem ersten Metaisierungsschritt Metakonzepte wie »Entität«, »Eigenschaft«, »Beziehung« et cetera, die in gegenwärtigen Modellierungssprachen klassischerweise verwendet werden, erneut sprachbasiert metaisiert. So lässt sich beispielsweise die Zuordnung einer Eigenschaft zu einer Entität selbst wieder beschreiben als eine Relation zwischen zwei Elementen mit den Namen »Entität« und »Eigenschaft«. Diese so gewonnene Meta²-Terminologie, die nur aus »Element« und »Relation« besteht, minimiert zwar die strukturelle Kompliziertheit formaler Meta²-Modelle, verlagert aber ansonsten alle Semantik in die natursprachlichen Benennungen ihrer Elemente. Dies ist gerade nicht das Instrumentarium, das eine formale Wissenschaft als Reflexionsverfahren idealerweise erfordert. Selbst unter der Annahme, dass der Verweis auf natursprachliche Begriffe im Rahmen einer Semantiktheorie auf dieser grundlegenden Ebene ausreichend ist, ohne dass die Semantiktheorie damit ihren Zweck verfehlt und keine Erklärungskraft mehr besäße, reicht dennoch die Abstützung auf Grundelemente mit rein sprachlicher Bedeutung für den Entwurf einer Semantiktheorie für *visuelle* Modelle nicht aus. Stattdessen ist die Explikation eines begrifflichen Instrumentariums wünschenswert, das Bedeutungskonstitution durch räumliche Muster und Abläufe präziser theoretisch beschreibbar macht. Dazu bietet sich die Theorie der Image Schemata an, die mit der Benennung konkreter Image Schemata einen Vorrat an theoretisch reflektierten Basistermini bereitstellt. Diese Begriffe können im Rahmen einer Modellierungsmethode statt »Element« und »Relation« die Rollen der Meta²-Termini übernehmen, mit denen formale Metamodelle beschrieben werden.

Ein weit verbreiteter Ansatz zur formalen Notation ist die Verwendung eines XML-Dialekts.¹⁹ Die Termini zur Benennung der Image Schemata können auf diese Weise genutzt werden, um als Elemente in die Deklaration einer formalen Sprache einzufließen. Benennungen der Image Schemata werden dazu in spitzen Klammern »<<« und »>>« notiert und können innerhalb dieser Klammern um weitere Angaben, wie zum Beispiel Namensattribute, ergänzt werden. Ein zur vollständigen Beschreibung des XML-Dialekts außerdem anzugebendes Syntaxschema

18 Unter sprachbasierter Metaisierung versteht man die Beschreibung einer Sprache mit Hilfe von Sprache. So beschreibt zum Beispiel der Satz »Im Deutschen besteht ein Hauptsatz aus Subjekt, Prädikat und Objekt.« einen Aspekt der deutschen Sprache selbst wieder in deutscher Sprache und ist somit das Ergebnis einer echten Metaisierung. In einem weiteren Sinn kann auch von sprachbasierter Metaisierung gesprochen werden, wenn zur Beschreibung einer Sprache eine andere formale Sprache mit endlichem Wortschatz und trennscharfer Semantik herangezogen wird. Diese formalen Sprachen können dann selbst wieder mittels formaler Sprachen beschrieben werden. Sprachbasierte Metaisierung lässt sich also mehrfach selbstbezüglich durchführen. Nach einer traditionellen Vorgehensweise konstruiert man auf diese Weise nach zwei sprachbasierten Metaisierungsschritten eine Sprache, deren Vokabular nur noch aus »Element« und »Relation« besteht.

19 XML steht für »Extensible Markup Language«.

```

<role name="UML-Class-Model-Example">
  <multitude>
    <role name="Class">
      <unit>
        <role name="Name"/>
        <multitude>
          <role name="Attribute">
            <unit>
              <role name="Name"/>
              <!-- ... -->
            </unit>
          </role>
        </multitude>
        <multitude>
          <role name="Operation">
            <unit>
              <role name="Name"/>
              <!-- ... -->
            </unit>
          </role>
        </multitude>
      </unit>
    </role>
  </multitude>
  <multitude>
    <role name="Relationship">
      <zoom>
        <path>
          <role name="From">
            <unit>
              <role-ref name="Class"/>
              <role name="Multiplicity">
                <zoom>
                  <nothing/>
                  <!-- or -->
                  <role-ref name="Class">
                    <!-- or -->
                    <multitude>
                      <role-ref name="Class">
                    </multitude>
                  </zoom>
                </zoom>
              </role>
            </unit>
          </role>
          <one-way/>
          <role name="To">
            <role-ref name="Class"/>
          </role>
        </path>
        <path>
          <role name="From">
            <role-ref name="Class"/>
          </role>
          <role name="To">
            <role-ref name="Class"/>
          </role>
        </path>
      </zoom>
    </role>
  </multitude>
  <multitude>
    <role name="Inheritance">
      <path>
        <role name="Superclass">
          <role-ref name="Class"/>
        </role>
        <one-way/>
        <role name="Subclass">
          <role-ref name="Class"/>
        </role>
      </path>
    </role>
  </multitude>
</role>

```

Abb. 6: Beispiel einer XML-Notation.

deklariert die möglichen Verknüpfungen und Verschachtelungen der Sprach-elemente untereinander. Die so gewonnene formale Sprache übernimmt die Rolle eines Meta²-Modells, durch dessen Anwendung Metamodelle, das heißt Sprach-beschreibungen formaler Modelle, notiert werden können. Um eine initiale Vor-stellung von der Anwendung image-schematischer Grundbegriffe im Rahmen einer formalisierten, softwaregestützten Modellierungsmethode zu geben, sei das Beispiel einer XML-Notation gezeigt, das einen kleinen Teil des Metamodels von UML-Strukturmodellen prototypisch mit formalisierten Image-Schemata skiz-ziert (Abb. 6). Auch ohne Verständnis der technischen Details zeigt dieses Beispiel, wie terminologische Benennungen von Image Schemata als Sprachkonstrukte in eine formale Metamodellierungssprache einfließen.

Bei der Wahl der Sprachkonstrukte ist zu berücksichtigen, dass die Entscheidung für einen XML-Dialekt bereits implizit die Verfügbarkeit der Strukturierungsleistungen von zwei Image Schemata beinhaltet: Das »Container«-Schema findet eine Entsprechung durch die Innen-/Außen-Verschachtelung von notierten XML-Sprachelementen und die sequentielle Anordnung von Elementen auf gleicher Verschachtelungsebene impliziert ein »Path«-Schema. Allein aus dieser syntaktischen Konstellation heraus liegt die Einführung zweier expliziter Sprachkonstrukte nah, die jeweils diese impliziten syntaktischen Eigenschaften kompensieren. Dies ist erstens das *<multitude>*-Element, das eine Menge an enthaltenen Elementen explizit als ungeordnete, nicht-sequenzielle Ansammlung behandelt und beliebige Wiederholungen seiner enthaltenen Elemente in der Instanzbildung zulässt. Zweitens können Ambiguitäten in der Notation von Innen-/Außen-Beziehungen mittels Rollen-Referenzen *<role-ref>* aufgelöst werden. Ein *<role>*-Element benennt allgemein Bereiche des Metamodels und macht sie über *<role-ref>*-Elemente referenzierbar. Über ein *<zoom>*-Element wird ein einzelnes untergeordnetes Element ausgewählt und fokussiert. Mittels *<unit>* wird eine Gruppe von Elementen als Einheit markiert, und ein *<path>*-Element kann explizit eine Abfolge von Elementen als sequentiell kennzeichnen.

Die vorangegangenen Untersuchungen haben den Bedarf nach einem erweiteren Semantikverständnis in informationswissenschaftlichen Forschungs- und Anwendungsbereichen aufgezeigt, das nicht nur auf sprachliche Zeichen als Bedeutungsträger gestützt ist, sondern auch körperlich erfahrbare, räumliche Regularitäten und musterhafte Konstellationen als Konstituenden von Semantik zulässt. Gerade in den Informationswissenschaften ist ein erweiterter semantik-theoretischer Fokus zur Reflexion über visuelle Modelle wünschenswert, da die Komplexität und der Umfang informationswissenschaftlicher Betrachtungs-gegenstände weiterhin dramatisch zunimmt und im Vergleich zu den Betrachtungsgegenständen materiell-physikalischer Modelle informationswissenschaftliche Gegenstände nicht an prinzipielle Grenzen der Komplexität und Kompliziertheit gebunden sind. Es ist gezeigt worden, dass der philosophisch-kognitionswissen-schaftliche Ansatz der Embodied Cognition mit dem Konzept des Image Schemas einen theoretischen Grundbegriff anbietet, auf dessen Basis eine Semantiktheorie formulierbar wird, mit der räumliche und musterhafte Bedeutungsträger in visuellen

Modellen wissenschaftlich untersuchbar werden. Die Formalisierung eines solchen Ansatzes ist partiell möglich, so dass die gewonnenen Ergebnisse auch als Ausgangspunkt für die Entwicklung neuer Modellierungsmethoden und unterstützender Softwarewerkzeuge genutzt werden können.

Ingeborg Reichle, Steffen Siegel, Achim Spelten (Hg.)

Visuelle Modelle

Wilhelm Fink

INHALT

INGEBORG REICHLER, STEFFEN SIEGEL, ACHIM SPELTEN Die Wirklichkeit visueller Modelle	9
--	---

I. BEGRIFF UND METAPHER

BERND MAHR Cargo. Zum Verhältnis von Bild und Modell	17
--	----

ACHIM SPELTEN Visuelle Aspekte von Modellen	41
--	----

SAMUEL STREHLE Evidenzkraft und Beherrschungsmacht. Bildwissenschaftliche und soziologische Zugänge zur Modellfunktion von Bildern	57
---	----

TOBIAS SCHLECHTRIEMEN Metaphern als Modelle. Zur Organismus-Metaphorik in der Soziologie	71
--	----

PHILIPP EKARDT Benjamins Bekleidungsmodelle. Strumpf und Rüsche als Topologien der Bildtheorie	85
--	----

II. EXPERIMENT UND WISSEN

REINHARD WENDLER Das Spiel mit Modellen. Eine methodische Verwandtschaft künstlerischer Werk- und molekularbiologischer Erkenntnisprozesse	101
---	-----

SEBASTIAN VINCENT GREVSMÜHL
Das modellierte Antlitz der Erde.
Zur Geschichte der Modellierungsstrategien
der Kontinentalverschiebung 117

CAROLIN ARTZ
Das Fotogramm als visuelles Modell?
Die Visualisierung nichtsichtbarer Strahlen
in wissenschaftlichen Fotografien um 1900 137

INGEBORG REICHLE
Lebendige Kunst oder Biologische Plastik?
Reiner Maria Matysiks Prototypenmodelle
postevolutionärer Organismen 155

FARBTAFLN

III. MAß UND RAUM

CATHARINA MANCHANDA
Modelle und Prototypen.
Ein Überblick 179

STEFFEN SIEGEL
Modell-Räume.
Architektur, Photographie, Topoklasmus 197

DER BLICK INS MODELL
Ein Gespräch mit Damaris Odenbach 215

KATRIN KÄTHE WENZEL
Brot und Bauten.
Drei künstlerische Experimente zu
verformbarer Architektur 225

STEFAN RIEKELES
Ikodynamische Kreuzfahrt.
Sichtbarkeit und Tarnung in einer Arbeit
von Knowbotic Research 241

IV. ZEIT UND STRUKTUR

ANNEMIEKE R. VERBOON

Einen alten Baum verpflanzt man nicht.

Die Metapher des Porphyrianischen

Baums im Mittelalter 251

SEBASTIAN GIEßMANN

Graphen können alles.

Visuelle Modellierung und Netzwerktheorie vor 1900 269

JENS GULDEN

Semantik in visuellen Modellen.

Räumliche Regularitäten und körperliche

Erfahrungsmuster als Bedeutungsträger visueller Modelle 285

INGE HINTERWALDNER

Simulationsmodelle.

Zur Verhältnisbestimmung von Modellierung und

Bildgebung in interaktiven Echtzeitsimulationen 301

Bildnachweise 317

Autorinnen und Autoren 319