

## Proseminar SS 06: Einführung in die Kognitionswissenschaft – 11. Sitzung [04.07.06]: **Die lebensweltlich-semantische Kritik des symbolisch-informationsverarbeitenden Paradigmas der Kognitionswissenschaft**

### Thesenübersicht zu: Gärdenfors, P. (2000) *Conceptual Spaces. The Geometry of Thought*, Cambridge, Mass.

- (1) Kognitionswissenschaft hat v.a. zwei Ziele: (i) Theoretische biologische, psychologische, phänomenologische *Erklärung* durch Untersuchung der kognitiven Aktivitäten biologischer Systeme. Dies geschieht durch Theorienformulierungen für die unterschiedlichen Gesichtspunkte der Kognition und durch Theorienüberprüfung in Experimenten oder Computersimulationen. (ii) Prognostische, wissenschaftlich-technische *Konstruktion* durch Bau von intelligenten Artefakten oder Systemen für unterschiedliche kognitive Leistungen: Roboter, Animationen, Schachprogramme ... (1).
- (2) Das Schlüsselproblem für beide Ziele ist die *Modellierung der Repräsentationen*. Es existieren zwei große Ansätze: *Symbolische* Repräsentation und *konnektionistische*, assoziative Repräsentation in neuronalen Netzwerken. Beide sind komplementäre Methodologien, welche unterschiedliche Ebenen ansprechen. Aber: Die Kernprobleme des Begriffserwerbs und der Begriffsbildung + die Begriffsemantik und Begriffsanalyse + das induktive Schließen werden von beiden Ansätzen nicht bewältigt (1). Dazu wird ein drittes *konzeptuelles* Repräsentationsformat benötigt, das sowohl begrifflich wie mathematisch ist, da unser Denken in geometrisch-topologischen Strukturen verläuft: „There is a single level of mental representation, conceptual structure, at which linguistic, sensory, and motor information are compatible.“ (4) Es gilt also „geometrical structures on the conceptual level“ zu bewältigen (3). So strukturieren sich die Form- und Farbklassen der Wahrnehmung nach Gemeinsamkeiten und Unterschieden und einer „resemblance order based upon their intrinsic nature“. Dies entspricht, so Gärdenfors, in etwa den drei transzendentalen Vernunftprinzipien der Kantischen Kognitionstheorie: Homogenität (Gattungen) – Spezifikation (Art) – Kontinuität der Formen [vgl. KrV B 686] (4).
- (3) Die Konzeptrepräsentation folgt Domänen oder Kategorien (sensorischen und abstrakten „domains“) + „quality dimensions“ (Temperatur – Gewicht – Helligkeit – Tonhöhe – Höhe – Breite – Tiefe) in diesen Domänen + „distances along the dimensions“ (5–6). Farbwahrnehmung hat z. B. drei Dimensionen: *Sättigung* und *Helligkeit*, welche eine lineare Struktur aufweisen, sowie *Farbton*, welcher eine zirkuläre Struktur, ein polares Koordinatensystem auf dem Farbkreis aufweist (9). Die Dimension der Zeit ist vielschichtig (7).
- (4) Die Qualitätsdimensionen (*quality dimensions*) können auf zwei Ebenen interpretiert werden: (i) phänomenal-psychologisch und (ii) mathematisch-naturwissenschaftlich (vgl. Jackendoff, R.: *Semantics and Cognition*, Cambridge, Mass. 1983). Der Sehraum ist z.B. kein perfekter dreidimensionaler, euklidischer, unter allen linearen Koordinatentransformationen invarianter Raum (8). Und „psychological color terms like red, green, and blue“ have no „straightforward translation into physical reality“: Die psychologische Repräsentation des Farbspektrums ist nicht identisch mit der physikalischen Zusammensetzung des Spektrums (8).
- (5) Kognitionswissenschaft als biologische, psychologische, phänomenologische, theoretische Erklärung der kognitiven Aktivitäten biologischer Systeme hat die intrinsische, *phänomenal-psychologische* und psycho-physikalische Ebene zum Gebiet. Kognitionswissenschaft als wissenschaftlich-technische Konstruktion von intelligenten Artefakten hat die extrinsische, *mathematisch-physikalische* Ebene zum Gebiet (9).
- (6) Der entscheidende Isomorphismus der mentalen Geometrie bezieht sich auf Relationen zwischen mentalen Repräsentationen, nicht auf Relationen zwischen mentalen Repräsentationen und äußeren Objekten (12).
- (7) Aber es gibt auch Beziehungen zwischen Physik und Psychologie. So entspricht der (zirkuläre) Farbton auf der psychologischen Farbspindel einer linearen physikalischen Wellenlänge. Und die psychologische Farbe ist das Mischungsverhältnis von physikalischen Farbsensoren: bei Menschen drei Sensoren (trichromatisch), bei vielen Säugern zwei (dichromatisch), bei Fischen und Reptilien

- vier (tetrachromatisch) und bei Vögeln wie Tauben und Enten fünf (pentachromatisch) (12–13).
- (8) Ein der Diskussion zugrunde liegendes geometrisches axiomatisches System benötigt zwei Relationen: *Zwischenheit* [B (a,b,c)] und *Abstandsgleichheit* (Äquidistanz) [E (a,b,c,d)] auf einem Punktraum S mit einer *Distanzfunktion* [d (a,b)] zur Erzeugung des metrischen Raums und einer dynamischen Skalengewichtung zur Streckung und Stauchung (15–20). Vgl. hierzu Borsuk, K. / Sznielew, W.: *Foundation of Geometry*, Amsterdam 1960.
- (9) Multidimensionale Skalierung hat die Relationen zwischen Qualitätsdimensionen zum Gegenstand. Diese können interagierende, integrale Qualitätsdimensionen sein, also miteinander verschränkt wie Farbe und Helligkeit. Oder sie sind separable Dimensionen (24). Eine Domäne (*domain*) ist ein „set of integral dimensions that are separable from all other dimensions“, z. B. die Farbdomäne (drei Dimensionen: Sättigung, Farbton, Helligkeit) oder die Tondomäne (zwei Dimensionen: Tonhöhe und Lautstärke) (26). Ein Begriffsraum (*conceptual space*) ist eine „correlated collection of one or more domains“. Eigenschaften (*properties*) sind eine „region of a domain“. Und ein mögliches Objekt ist „a point in a space“ (26). Topographische und metrische Qualitätsdimensionen sind angeboren und früh entwickelt wie die sensorischen Dimensionen oder der Raum. Selbst Quine hat postuliert, dass das „spacing of qualities [...] must be innate“ (Quine, W. V. O.: *Natural Kinds*. In: *Ontological Relativity and Other Essays*, New York 1969, 123) (27). Ohne eine anfängliche Struktur wäre die Welterfahrung ein wucherndes, undurchschaubares Durcheinander (27). Im Laufe der kognitiven Entwicklung werden diese Anlagen weiter differenziert und konkretisiert, wie Piaget zeigte (28). Manche Dimensionen sind auch kulturell relativ wie eine reflektierte Zeitdimension mit einer vollen metrischen Struktur oder die Funktionen von Artefakten oder soziale Rollen in einer Gesellschaft; andere sind theorie-relativ wie die Unterscheidung von Gewicht und Masse in Newtons Mechanik (29).
- (10) Die Theorie der konzeptuellen Räume oder der Struktur mentaler Repräsentationen ist ein empirisches und technisches „framework for cognitive representations“ und eine Brücke zwischen dem symbolischen und konnektionistischen Ansatz (29). Mentale Repräsentation und Informationsverarbeitung kann mit den Bewegungen und der Orientierung von Menschen in einer Urwaldwelt verglichen werden. Neuronale assoziative Netzwerke entsprechen lokalen und praktisch eingeübten Trajektorien oder Pfaden durch den Urwald. Die geometrische, konzeptionelle Repräsentation entspricht einer Karte des Pfadsystems mit den Raumdimensionen und Distanzangaben. Die symbolische Repräsentation entspricht der Namensgebung für markante Orte und Straßenkennzeichnungen mit Wegschildern (34).
- (11) Symbolische Repräsentation (Newell, Fodor, Pylyshyn) ist eine psychologische *large-scale*-Theorie und hat Stärken im logischen Schließen und grammatischer, syntaktischer Analyse (*parsing*). Schwächen sind
- (i) das *Rahmenproblem*, also die Selektion relevanter Information, weil die endlose Fülle von Informationen in keine Domänen strukturiert ist;
  - (ii) das *genetische Problem* der fehlenden Theorie des Erwerbs der symbolischen Repräsentationen;
  - (iii) das *Problem der Wissensdynamik*, also der epistemischen Plastizität und zeitlichen Modifizierung von Repräsentationen;
  - (iv) das *semantische Problem*, da die symbolische Sprache des Geistes *per definitionem* nicht extensional, referentiell ist;
  - (v) das *Problem des induktiven Schließens*, da nur die konzeptionelle Analyse natürlicher Arteigenschaften die empirischen Basisprädikate induktiven Schließens liefert und nicht eine rein logische, linguistische Analyse (37).
- (12) Der Konnektionismus (Assoziationismus) (Locke, Hume, James, PDP) ist eine sensorische und neurologische *small-scale*-Theorie. Trotz interessanter Leistungen und naturnaher Modellierung hat auch dieser Ansatz Schwächen wie
- (i) die extrem lange und *unplausible Lerndauer* der Systeme;
  - (ii) die *fehlende Beschreibungsmöglichkeit* der impliziten Netzwerke;
  - (iii) die *stillschweigende Voraussetzung einer gegebenen definierten Domäne* für die Rezeptoren des Netzwerkes;
  - (iv) die *mangelhafte domänenübergreifende Generalisierung* von Lerninhalten (40–41).
- (13) Konzeptionelle Repräsentation ist eine *medium-scale*-Theorie. Sie ist unabhängig von symbolischer

- Repräsentation und grundlegender und die Lösung für das *symbol-grounding-problem*, also für die wahrnehmungsgestützte Zuordnung und Erdung der Symbole in der Realität: „To become meaningful, the symbolic level depends on the conceptual“ (43–44). Sie geht nicht von einer isomorphen Korrespondenztheorie aus, sondern von konstruktivistischer *Viabilität*.
- (14) Primitive Organismen und frühe Verarbeitungsstufen höherer Lebensformen folgen der assoziativen Lerntheorie. Säuger und Vögel haben (inter)modale topographische Projektionen (Abbildungen, retinotopie, somatotopie, tonotope topographische Karten) und siedeln auf der Ebene des Konzeptualismus. Menschen verfügen darüber hinaus über das sprachliche, symbolische, regelgeleitete Repräsentationsformat (46).
- (15) Konzeptionelle Repräsentation thematisiert die Zentren und Verbindungen im Gehirn und Geist, d.h. die angeborenen Strukturen: (inter)modale *topographische Projektionen* (Abbildungen, retinotopie, somatotopie, tonotope topographische Karten) und *Vektorräume* zur Repräsentation der Inhalte sensorischer und distaler Reize und motorischer Aktionen. Sie sind physikalisch realisiert durch Orte neuronaler Aktivität in anatomischen Vektorräumen (Projektionsfelder, Raumschemata), deren Dimensionen oder Achsen den deskriptiven Dimensionen des Reizes entsprechen (vgl. Gallistel, C. R.: *The Organization of Learning*, Cambridge, Mass. 1990) (48–53). Das Gehirn ist ein geometrisches Objekt (52).
- (16) Analoge Einsichten finden sich in Harnod, S. (ed.): *Categorical Perception*, Cambridge 1987. Dort wird eine *three-level-theory* vorgestellt aus (i) *iconic representation* (kontinuierliche, analoge Abbildung), (ii) *categorical representation* (invariante Merkmale und diskrete Objekte), (iii) *symbolic representation* (53). Oder bei Mandler, J.: How to Build a Baby: II. Conceptual Primitives. In: *Psychological Review* 99 (1992), 587–604, der (i) *perception* (Säuger und Vögel) mit *parsing* und Kategorisierung von Objekten und Objektbewegungen unterscheidet, (ii) *image schemata* (Primaten) als analoge Raumrepräsentation mit bewusstem Zugang, (iii) *language* (Menschen). Oder auch bei Rademacher, F. J.: Cognition in Systems. In: *Cybernetics and Systems* 27 (1996); 1–41. Er unterscheidet den (i) *signal level* sensorischer Systeme mit Merkmalsextraktion, (ii) den *feature level* der Merkmalsintegration, (iii) den *knowledge-processing level* mit symbolischen Begriffen, und (iv) den *theory level* formaler Theorien und formalontologischer Modelle.
- (17) Es gibt keine Passepartout-Perspektive für das Verstehen des Gehirns und des Geistes: „All three levels are needed“. Denn: „The emergent dynamics of cognitive systems“ ist keine Funktion der „details of lower levels“ (57), sondern die hochstufige Organisation ist eine Funktion der topographischen Gehirnkarten, und die höchststufige Organisation ist eine Funktion der symbolischen Informationsverarbeitung (Sprachverarbeitung und logisches Denken) (57).
- (18) Die konzeptualistische Theorie der Eigenschaften (*properties*) ist eine Korrektur der realistischen Theorie der extensionalen (Tarski-Semantik) und pseudo-intensionalen (Kripke, Hintikka, Montague) Mögliche-Welten-Semantik, wo Eigenschaften Relationen oder Funktionen zwischen Objekten und Möglichen Welten sind (eine Eigenschaft ist eine Untermenge möglicher Welten) (60). Diese Semantiken leisten keine echte Erfassung von Bedeutungen (genuine Intensionen, *meanings*) in abduktiv-induktivem Schließen und sie können nicht zwischen notwendigen, wesentlichen und akzidentellen, empirischen Eigenschaften unterscheiden (63): „What the standard semantics lacks is an account of properties that defines them independently of possible worlds and individuals [...] A property must be not just a rule for grouping individuals but a feature of individuals in virtue of which they may be grouped“ (Stalnaker, R.: Indexical belief. In: *Synthese* 49 (1981), 147). Im selben Sinn äußert sich H. Putnam: *Reason, Truth, and History*, Cambridge 1981: „There are always infinitely many different interpretations of the properties of a language which assign the 'correct' truth-values to the sentences in all possible worlds“ (1981, 35). Die „standard model-theoretic definition of 'property' ... does not work as a theory of *meaning* of properties“. Denn „Truth-conditions for whole sentences undetermine reference.“ (65) Gärdenfors: „There is something rotten in the kingdom of semantics.“ (66) Ähnlich O. K. Lewis: *On the plurality of worlds*, Oxford 1986, 59–60, der diese Art Semantik als nutzlos und absurd charakterisiert.
- (19) Eigenschaften (*properties*) entsprechen Regionen und primitive reflexive und symmetrische Relationen (*connections*) derselben sind die Teil-Relation, die Überlappungs-Relation, die Teilüberlappungs-Relation und die äußere Verbindungs-Relation. Die drei Kriterien für eine Region sind: *connectedness* – *betweenness* – *central/prototypical point* und die *convexity*. Dann gilt die notwendige Bedingung oder das Eigenschaftskriterium: „A natural property is a convex region of a

domain in a conceptual space.“ (71) Dies erlaubt eine „mathematical epistemology“ fußend auf spezifischen, topologischen und geometrischen *frameworks*. Sie kommt auch mit der Prototypentheorie des Begriffserwerbs und -gebrauchs überein, welche als Zusammenspiel von „convex subregions with focal regions“ beschrieben werden kann (81). Und sie kommt mit der sog. *Convex geometry* (Voronoi Tessalation) der Dynamik von Attraktoren überein.

- (20) Hochstufige Gestalteigenschaften (*shape space*) sind supervenient auf den räumlichen Dimensionen (cartesische Koordinaten) und Winkeldimensionen (polare Koordinaten) (95).
- (21) Dynamische Eigenschaften (= Inhalt von Verben und Aktionen) entsprechen Kräften oder Kraftdimensionen des konzeptuellen Raums.
- (22) Artefakten entsprechen Funktionen oder Aktionsdispositionen (97).
- (23) Logik hat Eigenschaften und Begriffe zum Inhalt, welche quer durch unterschiedliche grammatische Kategorien (Nomen, Verben, Adjektive) in der Prädikatenlogik 1. Stufe durch Prädikate repräsentiert werden (101). Die konzeptionelle Geometrie erlaubt hier die präzise referentielle Bestimmung: „A natural concept is represented as a set of regions in a number of domains“, mit kontextabhängiger Kerndomäne und Korrelation von Regionen unterschiedlicher Domänen (105). Beispiel Apfel:

<i>Domäne</i>	<i>Region</i>
Farbe	rot-gelb-grün
Form	rundlich
Textur	glatt
Geschmack	Süß- und Sauerregionen
Frucht	spezifische Samenstruktur, Fruchtfleisch, Schalentyp
Nährgehalt	Zucker-, Vitamin-, Ballaststoffwerte

- (24) Dabei gilt ein *psychologischer Essentialismus*: Unterscheidung von Kerneigenschaften, welche die Bedeutung *resp.* das Wesen bestimmen und von begrifflichem Denken identifiziert werden und peripheren Eigenschaften, welche zur Identifizierung in der Wahrnehmung dienen (106). Dem entspricht auch eine *essentielle Heuristik*: Wahrnehmungsähnlichkeit ist ein Hinweis auf tiefere, begriffliche Ähnlichkeit. Gärdenfors legt hier Wert auf die instrumentalistische Relativierung dieser Heuristik: „Human categorizations are based on how we represent things mentally, not on what ultimate physical properties they have.“ (106)
- (25) Ferner ist die Einbettung des Begriffserwerbs in Wissen oder Theorien über die Welt, über die Ursprünge und Ursachen der Kategorienmitgliedschaft wichtig, welches Wissen oft ebenfalls als essentieller Kern von Begriffen bzw. Objekten / Eigenschaften gefasst ist (= Theorie-Theorie der Begriffe von Medin & Keil) (107).
- (26) Hochstufige abstrakte Begriffe verdanken sich einem *metaphoric mapping*: Sie werden von ähnlichen wahrnehmungsgestützten Begriffen in abstrakte Domänen übertragen (108).
- (27) Nichtgegenständliche theoretische Begriffe und Entitäten entsprechen theoretischen Domänen (109).
- (28) Ähnlichkeit zwischen Konzepten hängt nicht von der Zahl gemeinsamer Eigenschaften ab, sondern ist eine Funktion der Distanz in einem konzeptionellen Raum (110–111).
- (29) Die hier verteidigte konzeptionelle Semantik hat einen Vorläufer in Aristoteles' *De Interpretatione*, wo dieser unterscheidet (i) sprachliche Symbole, (ii) mentale Erfahrungen / Repräsentationen, (iii) Dinge (151).
- (30) Gärdenfors verteidigt ferner eine konstruktionistische Epistemologie der Viabilität: Pragmatisch-praktische Bewährung und Referenz in der Realität statt korrespondenztheoretische Isomorphie zur Realität (156). Aber auch hier ist die Repräsentation des Raumes essentiell, welche die abstrakte, amodale Struktur der Umgebung extrahiert (157). Diese Repräsentation enthält die *lexikalische Bedeutung* und ein *abstraktes bildliches Schema*, das aus elementaren topologischen und geometrischen Strukturen konstruiert ist – als gemeinsame Basis für Wahrnehmung, Gedächtnis, Begriff (108).
- (31) „A cognitive approach to semantics requires that meaning (words) be separated from truth conditions (sentences)“ (158). Gärdenfors hat dazu die folgenden Argumente:

(i) „Meaning is a conceptual structure in a cognitive system (not truth conditions in possible worlds).“ (160) – „Meanings are in the head“ (160) – „Meaning comes before truth“ (160). Die Wahrheitswertsemantik ist eine Relation zwischen einer (vorgängigen) kognitiven Struktur und der Welt.

(ii): „Conceptual structures are embodied“ – „Meaning is not independent of perception or of bodily experience“ (160).

(iii): „Semantic elements are constructed from *geometrical* or *topological* [or force-dynamic] structures (not symbols that can be composed according to some system of rules).“ (161) Vgl. Langacker, R. W.: *Foundation of Cognitive Grammar*, I, Stanford 1987, der ebenfalls *basic domains* annimmt, die kognitiv irreduzible kognitive Repräsentationsfelder sind, wie Zeit, Raumdimensionen, Farbraum und visuelles Feld, Tonskala, emotionale Domänen.

(iv): „Cognitive models are primarily image-schematic (not propositional). Image-schemas are transformed by metaphoric and metonymic [pars pro toto, totum pro parte] operations“ (162). Sie haben eine innere räumliche Struktur und hängen mit der kinästhetischen Erfahrung zusammen. Vgl. Lakoff, G.: *Women, Fire, and Dangerous Things*, Chicago 1987: Bedeutungen linguistischer Ausdrücke sind „spatial image schemas plus metaphorical mappings“.

(v): „Semantics is primary to syntax and partly determines it (syntax cannot be described independently of semantics).“ (165) Dies richtet sich namentlich gegen die Chomsky-Schule der unabhängigen Tiefengrammatik. – „There exists in syntax a deep iconicity“ (165). Der konzeptionalistische Ansatz enthält jedoch selbst durchaus Apriorisches und Analytisches: „If the meanings of the properties are determined by mapping onto regions of a conceptual space S, it follows from the geometrical structure of different domains that certain statements will become analytically true in the sense that they are independent of empirical considerations“ (166). Beispiel: Die Feststellung der Transitivität der Relation 'früher als' in der Zeitstruktur ist eine analytische Aussage. Oder die analytische Aussage: Grün ist eine Farbe. Oder die Aussage: Kein Ding, das grün ist, kann zugleich rot sein.

(vi): „Concepts share prototype effects (instead of following the Aristotelian paradigm based on meaning and sufficient conditions).“ (166) Vgl. Jackendoffs neurolinguistisches Fazit zweier kognitiver Systeme: Einmal ein nominales '*what*'-System für Objekte, das der formalen Logik gehorcht. Zum anderen ein räumliches '*where*'-System für Orte, das einer transzendentalen Logik gehorcht. So hat man auch geometrische Semantiken für Ortspräpositionen, interaktive Prozesse, Ausführungsschemata und die Kräfterdynamik entwickelt.

[Wir beschränken uns auf die hiermit abgeschlossene Nachzeichnung des ersten Teils des Werkes, der alle uns interessierenden grundlegenden Begriffe und Argumente des Gärdenfors'schen Ansatzes enthält.]