

Kants ‚Analytik der Begriffe‘ und ‚Künstliche Kognitive Systeme‘

Kant's 'Analytic of Concepts' (AC) and Artificial Cognitive Systems (ACS)

Marco Bettoni

1. Einleitung

Ich bin Kant für sein Leben und für sein Werk sehr dankbar! Sein Leben ist mir Vorbild und sein Werk gibt mir Hoffnung. Hoffnung, dass wir darin Unterstützung finden können für die Bewältigung der schwierigen Aufgabe aus uns selber Menschen zu machen. Was ist der Mensch?

Sartre sagte: „Der Mensch ist nichts anderes als das, was er aus sich selbst macht“ und dieses „Etwas“ das wir aus uns selbst machen, könnte mit Hilfe von Kant den Idealen der Freiheit, Gleichheit und Brüderlichkeit näher kommen als dies bisher der Fall gewesen ist, in Europa und in der Welt. Deshalb bin ich also Kant so sehr dankbar und deshalb ist es für mich eine ganz grosse Freude zum Anlass seines 200. Todestags hier in seiner Geburtsstadt mit ihnen an dieser Gedenktagung teilnehmen zu dürfen.

Ich bin Ingenieur (Maschineningenieur) und auch Informatiker, kein Berufsphilosoph jedenfalls. Warum Kant, werden sie sich vielleicht fragen. Mehr als Maschinen interessiert mich das Wissen und zwar nicht so sehr die Frage „Was“ wir wissen sondern „Wie“ wir wissen:

- womit kommt Wissen zustande?
- wie kann ich wissen?
- welche sind die Mechanismen des Wissens?

Ich entwickle also Modelle dieser Mechanismen des Wissens, System-Modelle. Da gibt es viele offene Fragen, ungelöste Probleme und diese sind durch die modernen Wissenschaften (Neurowissenschaften (neuroscience), Kognitionswissenschaften (cognitive science)) schlecht oder gar nicht oder nur scheinbar verstanden bzw. gelöst.

So kam es, dass ich (1987) anfang Kant zu lesen, in der Hoffnung von ihm zu lernen wie man diese Probleme besser lösen könnte. Den konkreten Hinweis auf Kant, den fand ich im Buch eines Computer-Wissenschaftlers, John Sowa, mit dem Titel „Conceptual Structures“, von 1985.

Um ihnen also eine Idee der genannten Fragen und Problemen sowie ihrer Ursachen und Lösungen zu geben möchte ich 3 Gründe nennen und kurz erläutern, warum die modernen Kognitionswissenschaften (insbes. die Roboter-Forschung) von Kants „Analytik der Begriffe“ lernen können, bessere Roboter¹ zu bauen.

2. Beispiele der Aktualität Kants für die Roboterforschung

Warum könnte Kant für ein Ingenieur der Roboter entwickelt interessant sein? Beispielsweise aus den folgenden drei Gründen:

1. [Empirismus-Rationalismus und/oder Dogmatismus-Skeptizismus](#),
2. [synthetic epistemology](#), (*the study of the acquisition ... of knowledge*)
3. [scanpath theory](#) (*cognitive models direct scanpath eye movements*)

2.1 Grund 1

Die Roboterforschung kann von Kant lernen, [weil der überwiegende Teil der Roboterforschung noch auf der Ebene von Empirismus-Rationalismus und/oder Dogmatismus-Skeptizismus, so wie zu den Zeiten Kants, angesiedelt ist. Sie haben die „Kopernikanische Wende“ noch nicht vollzogen.](#)

Empirismus: alle Erkenntnis ist sinnliche E.; Vernunft kann nur gegebene Vorstellungen und Begriffe verarbeiten

Rationalismus: alle unsere Erkenntnis ist Vernunftkenntnis, die Sinnlichkeit ist nur ein gemindertes Vermögen (und verleitet zu Irrtümern)

Dogmatismus: Vertrauen in die Erkennbarkeit der Dinge (Dinge sind unserer Erkenntnis zugänglich, so wie sie sind) wird vorausgesetzt, nicht überprüft.

Skeptizismus: unsere Vorstellungen (z.B. Kausalität, Substanz – siehe D. Hume) sind weder Erfahrungs- noch Vernunftbegriffe. Sie beruhen lediglich auf Einbildung und Gewohnheit.

Konsequenz: kann die Natur nicht objektiv erfassen und über Gott und Seele nichts erkennen. Es bleiben nur Meinen und Glauben.

Eine vorherrschende rationalistische Position ist z.B. der sogenannte "*strenge Innatismus*": sie impliziert, dass Kognition entscheidend von der a priori (im Sinne von vorgegebenen) Definition eines Welt-Modells bestimmt wird. Aber dies ist in der Robotik unbefriedigend, weil ein solch "*angeborenes Welt-Modell*" ein Verhalten impliziert, in dem der Roboter Wissen *anwendet*, welches losgelöst von seinen Erfahrungen spezifiziert wurde. Der Roboter kann infolgedessen nur stereotype Verhaltensweisen annehmen, nämlich jene die der Programmierer ihm sozusagen 'eingepflanzt' hat. Rodney Brooks hat die sogenannte '*subsumption architecture*' (COG Projekt) vorgeschlagen, einen dem Innatismus entgegengesetzten Ansatz, welcher ganz und gar auf Reaktionen vertraut, die durch die Antworten der Sensoren auf Zustände in der Umgebung bestimmt werden und erachtet ein Welt-Modell als überflüssig². Was in einem solchen rein "empiristischen" Roboter fehlt ist die Fähigkeit "Ordnung und Regelmäßigkeit" (A 125) höherer Ordnung in seine "Eindrücke" einzuführen. Mit Kants Worte, fehlen der Subsumptions-Architektur die "Begriffe, welche die formale Einheit der Erfahrung, und mit ihr alle objektive Gültigkeit (Wahrheit) der empirischen Erkenntnis möglich machen" (A 124). Demzufolge ist es nicht

erstaunlich, wenn reine Subsumptions-Roboter die Fähigkeit zu komplexen, wirklichen Aufgaben noch nicht vorweisen konnten.

=> *Aktualität Kants*: Kant hat diese Gegensätze in einen ganz neuem Licht gestellt und aufgezeigt, wie man ihre Schwächen überwinden sowie ihre Stärken nutzen kann.

2.2 Grund 2

Die Roboterforschung kann von Kant lernen, [weil eine Richtung der Roboterforschung \(*synthetic epistemology*, P. Verschure, Uni/ETH Zürich\) zwei Ansätze entwickelt, die mit dem Ansatz von Kant \(model of cognition\) kompatibel sind & weiterentwickelt werden könnten](#):

Ein neuer Ansatz, welcher die obengenannte Probleme (siehe Grund 1) durch die Integration (wie Kant es mehr als 200 Jahre früher tat) der brauchbaren Aspekte der rationalistischen und empiristischen Positionen zu überwinden sucht, wurde kürzlich durch Paul Verschure vom Institut für Neuroinformatik der Universität Zürich (Ref. 2, S. 622) vorgeschlagen: der Autor behauptet darin, dass

"before we can address the issue how a system *uses* its knowledge the question of how this knowledge is *acquired* and *retained* needs to be explored."³

Dies bedeutet, daß das Welt-Modell des Roboters

"cannot be fully pre-specified but need to be acquired" (Ref. 2, S. 622)

vermittels seiner Interaktionen mit der Umwelt.⁴ Dies führt zur Frage nach der Ordnung und Steuerung von Interaktionen, also nach der Erklärung von Erfahrung. Unglücklicherweise schließt Verschure, indem er gezielt Erkenntnisse a priori ausschließt, nicht nur angeborenes, vorgegebenes Wissen aus, sondern auch erfahrungsfreie (erfahrungsunabhängige) Elemente welche eine wesentliche Rolle bei der Beantwortung der Frage nach der Erfahrung spielen könnten.

- Ansatz a) nach Verschure, Uni/ETH Zürich (1998, 147-153):
 - o bevor untersucht wird, wie ein System Wissen anwendet (verarbeitet), muss die Frage untersucht werden, wie Wissen (Weltmodelle) erworben (und aufbewahrt oder ausgedrückt) wird. Dies ist die Aufgabe der sogen. "*synthetic epistemology, which is defined as the study of the acquisition ... of knowledge by biological systems*"
 - o wie Wissen erworben wird kann nur durch Systeme untersucht werden, die mit der Umwelt interagieren (,the use of knowledge can only be studied by means of systems that actually interact with the world', p. 149)
 - o in der Methodologie der 'convergent validation' werden die neuronale und die Verhaltens-Ebene integriert berücksichtigt
 - o die Untersuchung auf der Verhaltens-Ebene (behavioural) besteht darin, Roboter zu bauen, welche mit der Fähigkeit ausgestattet werden, ihre Weltmodelle zu erwerben, statt sie durch die Entwickler vorgegeben zu bekommen.

- als Verhaltens-Modell (Lern-Modell) werden die der „klassischen“ (nach Pawlow) oder „operanten“ (nach Skinner) Konditionierung verwendet
- Ansatz b) nach Verschure & Althaus (2003): Zeigt die Integration von Empirismus (embodied systems approach) und Rationalismus (knowledge level / symbol systems approach) an einem Beispiel wie Roboter dieselben Handlungen generieren, wie jene die aus der Entscheidungstheorie von Bayes (1763) abgeleitet werden.

=> *Aktualität Kants:*

- Zitat Kant (aus dem sogenannten „Streit mit Eberhard“):

“Die Kritik erlaubt schlechterdings keine anerschaffene oder angeborene Vorstellungen; alle, insgesamt, sie mögen zur Anschauung oder zu Verstandesbegriffen gehören, nimmt sie als erworben an.

... denn keine von beiden nimmt unser Erkenntnisvermögen von den Objekten, als in ihnen an sich selbst gegeben, her, sondern bringt sie aus sich selbst a priori zu Stande. “ In: I. Kant (1790 (A), 1791 (B)) „Über eine Entdeckung nach der alle neue Kritik der reinen Vernunft durch eine ältere entbehrlich gemacht werden soll“, Königsberg: Nicolovius. AA VIII:221-23.

- Konzeption eines „erworbenen Apriori“ statt derjenigen eines Apriori als Gegensatz zu erworben also nur vorgegeben (Verschure & Althaus, 2003, p. 586).
- ein Modell von Kognition, das nicht nur eine neuronale Ebene und eine Verhaltensebene berücksichtigt, sondern auch eine Ebene der Kategorisierung (insbes. Objekt-Konstitution)
- ein Modell von Lernen, das nicht nur Verstärkung (‘reinforcement’, Skinner) oder ‚bedingten Reflex‘ (Pawlow) berücksichtigt, sondern auch Reflexion und Einsicht (Einsichtslernen, ‚kognitive‘ Konditionierung) z.B. durch die Verbindung von Begriffen in Urteilen (für die Koordination von Verhalten mit anderen Subjekten => Sprache, s. H. Maturana).

2.3 Grund 3

Die Roboterforschung kann von Kant lernen, [weil ein Teil der Wahrnehmungsforschung, die ‚scanpath theory‘, den zentralen Teil von Kants Ansatz \(synthetische Einheit der Apperzeption, Par. 17\) über die vergangenen mehr als 30 Jahre empirisch bestätigt hat \(im Bereich der visuellen Wahrnehmung\)](#)

Im folgenden ein Zitat aus der Webseite des Instituts von L. Stark:

- *“The Scanpath theory (Lawrence Stark, Berkeley, from 1971 on, ‘mind’s eye research’ <ndr>) suggests that a “top-down” internal cognitive model of what we see controls not only our visual perception, but also drives the sequences of rapid eye movements, EMs, and fixations, or*

glances, that so efficiently travel over a scene or picture of interest. This internal model drives our eye movements in a repetitive, sequential set of saccades and fixations over subfeatures of the picture so as to check out and confirm the model. These sequences are idiosyncratic to the subject and to the picture” (from <http://scan.berkeley.edu/people/claudio/index.html>, Carlo Privitera.)

“Scanpath” bezeichnet hier den Abtastweg, den die Augen zurücklegen, wenn wir etwas schauen, z.B. ein Gesicht.



Abbildung 1: Scanpath (.....)

Der Abtastweg in Abb. 1 ist nur ein vereinfachter Teil des Weges, den die Augen normalerweise zurücklegen. Eindrückliche Aufzeichnungen und Studien zu diesen komplexen Abtastwegen hatte als erster der russische Forscher Yarbus in den 60'er Jahren (englisch 1967) veröffentlicht. Eine Anwendung dieser Erkenntnisse über visuelle Wahrnehmung besteht in der Entwicklung von Algorithmen für die Auswahl und Lokalisierung von „Regions-of-Interest“ (ROI's) in der computerunterstützten Bildverarbeitung. Diese Technologie wurde auf die „Mars Rovers“ angewendet, um ihre autonome Fortbewegung sicherer zu machen.

=> *Aktualität Kants:*

„New experimental evidence presented in this chapter makes clear that eye movement scanning patterns reflect changes in cognitive states. Thus we add support to the concept that cognitive models direct scanpath eye movements in active looking” (Stark and Ellis, 1981, p. 226)

Für die Interpretation der Ergebnisse wäre es nützlich, wenn man über diese ‚cognitive models‘ etwas sagen könnte: was ist das? wie könnte so was strukturiert sein? Auf diese und ähnliche Fragen könnte man mit dem Konzept der [synthetischen Einheit der Apperzeption](#) und der damit verbundenen Theorie der Erfahrung antworten.

Dadurch würde die Scanpath-Theorie weiterentwickelt werden können (z.B. im Hinblick auf Roboteranwendungen).

Kant schreibt in einem seiner berühmten (und spärlichen) Beispiele:

"Um aber irgend etwas im Raume zu erkennen, z.B. eine Linie, muß ich sie ziehen, und also eine bestimmte Verbindung des gegebenen Mannigfaltigen synthetisch zu Stande bringen, so, daß die Einheit dieser Handlung zugleich die Einheit des Bewußtseins (im Begriff einer Linie) ist, und dadurch allererst ein Objekt (ein bestimmter Raum) erkannt wird." (B 138).

Hier will Kant eine "Linie" erklären und wenn wir auf die funktionelle Seite dessen, was er schreibt schauen, dann sehen wir, daß er eine operationelle Erklärung des Begriffs „Linie“ anbietet. „Operationell“ ist diese Erklärung in dem Sinne, dass Kant hier einen "Linien-Mechanismus" beschreibt der, wenn man ihn in unserem Kopf operieren läßt, uns als Ergebnis unserer mentalen Operationen jene "Linie" gibt die er erklären möchte.

Was hier im Falle der Linie veranschaulicht wird gilt analog für alle beliebigen erfahrungsfreien (-unabhängigen) Elementen (Begriffe a priori, wie Anfang, Ende, Einzahl, Mehrzahl, Einheit, Mehrheit, Element, Menge, Teil, Ganze, Raum, Zeit, Zahl, hier, dort, jetzt, usw.): auch für sie müssen wir mit Hilfe von Kants Analytik der Begriffe generative Mechanismen suchen und entwickeln, die, wenn wir sie in unserem Kopf operieren lassen, die zu erklärenden Begriffe a priori liefern.

Worin besteht nun die Relevanz solcher Betrachtungen für die Robotik? Sie können uns helfen, die zentrale Frage nach der Erfahrung zu beantworten: Was, wenn überhaupt, sollte ein autonomer Roboter von sich aus zum Aufbau seines eigenen Wissens beitragen?" Im Lichte von Kants Erklärungen läßt sich antworten, daß was ein Roboter von sich aus beitragen könnte die Mechanismen und Operationen des Erwerbens und des Anwendens *erfahrungsunabhängiger Elemente* (reine Verstandesbegriffe a priori) sein könnten, da sie die Einheit der Erfahrung implementieren und die Bedingungen der Möglichkeit von Erfahrung darstellen.

3. Schluss

Zum Schluss möchte ich diese Betrachtungen im größeren Kontext der Globalisierung stellen. Die Globalisierung bringt uns, zusammen mit der „wirtschaftlichen“ Gleichförmigkeit auch einen Zwang zur „kulturellen“ Gleichförmigkeit. Die grosse Herausforderung sehe ich hier in der Frage, wie wir, unter Bedingungen der materiellen Gleichförmigkeit doch noch eine Vielfalt kultureller Identitäten bewahren können.

Wie?

Wir brauchen eine Auffassung von Erfahrung die zugleich „universalistisch“ ist als auch fähig, kulturelle Vielfalt zu unterstützen. Eine Auffassung, die den inter- und transkulturellen Dialog fördert. Und das ist genau, was uns Kants „Kritik der reinen Vernunft“ lehren kann, denn sie nennt die entscheidende Bedingung dafür, nämlich eine durch Erfahrung erworbene aber „erfahrungs-freie“ Voraussetzung von Erfahrung, das „synthetische Apriori“.

Literatur:

- M.C. Bettoni, "A Cybernetic Approach to Kant's Architecture of the Mind," in *Akten des 7. Internationalen Kant-Kongress*, Bouvier, Bonn, 1991, pp. 723-741.
- M.C. Bettoni, "Mit Kant fortschreiten in der Künstlichen Intelligenz (1)," *Kant Yearbook* (Kantovski sbornik, in russian, translation V.N. Bryushinkin), Russian Kant Society, Kaliningrad, **16**, 75-84, (1991), ISBN 5-230-08774-9.
- M.C. Bettoni, "Kant and the Software Crisis: Suggestions for the construction of human-oriented software systems," *Kant Yearbook* (Kantovski sbornik, in russian, translation V.N. Bryushinkin), Russian Kant Society, Kaliningrad, **19**, 131-137, (1995). English version in: *AI & Society* **9**, 396-401 (1995).
- M. Oberhausen, Kants Lehre von einer 'ursprünglichen Erwerbung' apriorischer Vorstellungen. Frommann-Holzboog, Stuttgart, 1997.
- Stark, L. & Ellis, S.R. (1981). Scanpath revisited: cognitive models direct active looking. In *Eye movements*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum.
- Verschure, P. F. M. J., (1998). Synthetic epistemology: The acquisition, retention, and expression of knowledge in natural and synthetic systems. In *Proceedings World Conference on Computational Intelligence 1998*. Anchorage (pp. 147–153). IEEE.
- Voegtlin, T., & Verschure, P. F. M. J. (1999). What can robots tell us about brains? A synthetic approach towards the study of learning and problem solving. *Reviews in the Neurosciences*, *10*(3–4), 291–310.
- Verschure, P.F.M.J. & Althaus, P. (2003) A real-world rational agent: Unifying old and new AI. *Cognitive Science*: *27*, 561-590.

Endnoten

¹ ‚robot‘ = ‚an artificial behaving system that can interact with an environment‘ (Voegtlin & Verschure, 1999, p.10 of manuscript)

² Rodney A. Brooks, Cynthia Breazeal, Matthew Marjanovic, Brian Scassellati, Matthew Williamson. *The Cog Project: Building a Humanoid Robot* (in press, see <http://www.ai.mit.edu/projects/cog/Publications/CMAA-group.pdf>)

³ „bevor wir die Art und Weise wie ein System sein Wissen *anwendet* untersuchen können, muß die Frage wie dieses Wissen *erworben* und *erhalten* wird beantwortet werden“.

⁴ Ein Problem mit diesem Ansatz könnte darin liegen - nach Roger Penrose (*Shadows of the Mind*, Vintage, 1995, 44-48) - dass der dynamische Erwerb von Wissen möglicherweise über eine computergerechte Funktion ('computable function') nicht realisierbar ist. Mit anderen Worten, sollte echtes Wissen als nicht berechenbar ('non-computable') aufgefasst werden?