

**MIT KANT FORTSCHREITEN IN DER KI**

Gedanken zu einer neuen Methodologie  
für die KI-Forschung. Teil 2

*Marco C. Bettoni*

Alle Anschauungen, ..., beruhen auf Affektionen,  
die Begriffe also auf Funktionen.

*Immanuel Kant*

**ABSTRACT**

On the basis of the "Critique of Pure Reason", where Kant describes a **functional structure** of our concept processing faculty, I am trying to develop a new methodology for concept research in AI. To this aim I am now collecting material concerning "object functions", "concept functions" and about the relation between the two. By using the concept of "line" as an example I present some of this basic material, concerning an object model (object = physical & logical organisation) and a concept model (concept = concept operator & concept operands).

**ZUSAMMENFASSUNG**

Basierend auf der "Kritik der reinen Vernunft", wo Kant eine **Funktionsstruktur** des Begriffsverarbeitungs-Vermögen beschreibt, versuche ich eine neue Methodologie für die KI-Begriffsforschung zu entwickeln. Dafür sammle ich z.Z. Material über "Gegenstands-Funktionen", über "Begriffs-Funktionen" und über ihre Beziehung. Am Beispiel des Begriffs der "Linie" stelle ich Teile dieses Grundmaterials hier vor. Sie betreffen ein Gegenstands-Modell (Gegenstand = physische & logische Organisation) und ein Begriffs-Modell (Begriff = Begriffs-Operator & Begriffs-Operanden).

**EINLEITUNG**

Diese Arbeit enthält einige Grundgedanken zu einer neuen Methodologie, genannt "Kritische Methodologie" (KM), für die Grundlagenforschung auf dem Gebiet der Wissensbasierten Systemen insbesondere und der Künstlichen Intelligenz (KI) im allgemeinen. Mit dieser Darstellung möchte ich die Aufmerksamkeit der KI-Forscher und der KI-Anwender auf die Möglichkeit und Notwendigkeit lenken, aus Kants Theorie der Wissensverarbeitung zu lernen. Diese Theorie der Wissensverarbeitung, die Kant erstmals 1781 in seinem Hauptwerk [1], der "Kritik der reinen Vernunft" (KrV) dargestellt hat, könnte genutzt werden, um Grundfragen der heutigen KI-Forschung zu beantworten, so dass dann auch neuartige Wissensbasierte Systeme entwickelt werden könnten.

## KANT RICHTIG DEUTEN ?

Gravierende Missverständnisse über Kants Hauptwerk entstanden bereits unmittelbar nach dessen Veröffentlichung. Kant versuchte ihnen mit weiteren Veröffentlichungen entgegenzuwirken. So entstanden z.B. wenige Jahre nach der ersten Auflage der KrV [1,A] eine Einführung [2] und später eine überarbeitete Ausgabe desselben Werks [1,B]. Ein damals wie heute noch sehr verbreitetes, gravierendes Missverständnis besteht darin, zu meinen, Kant hätte die "Begriffe a priori" als angeboren betrachtet. Kant hat aber nie geschrieben, dass irgend ein "Begriff a priori" auch angeboren sei., Hingegen schreibt er unmissverständlich über den **Ursprung** der Begriffe a priori [1, B167], dass sie "selbstgedachte" Prinzipien sind (System der Epigenesis, undifferenzierte Keime) und betont dass sie **nicht** "mit unserer Existenz zugleich eingepflanzte Anlagen" sind (Praeformationssystem). Über den damaligen Streit 'Epigenesis vs. Praeformation' siehe z.B. in [3, 224-262] die Ergebnisse des Gründers der Embriologie, C. F. Wolff. Auch nach mehr als 200 Jahren Kant-Forschung bleibt also die richtige Deutung Kantischer Werke ein grosses Problem. In meiner Arbeit versuche ich deshalb nicht Kant "richtig zu deuten". Was ich brauche, ist lediglich einen Weg zu finden (von vielen möglichen), um aus dem riesigen Schatz seines Gedankensystems Ideen zu gewinnen, die mir helfen können "in der KI fortzuschreiten".

## WIESO KANT ?

Mein Versuch mit Kant in der KI fortzuschreiten hat 1988 mit einer kybernetischen Interpretation der KrV angefangen [4], die eine grobe **Funktionsstruktur** des mentalen Begriffsverarbeitungs-System ergeben hat. Eine erste Ergänzung folgte kurz danach und besteht in der Konzeption eines Forschungsprojekts [5] in dem ich mich mit dem Entwurf einer Computer-Sprache für Wissensbasierte Systeme befassen möchte, um meinen Kantischen Ansatz zu überprüfen. Die KM stellt nun eine weitere Ergänzung meines Ansatzes dar, steht aber ebenso noch am Anfang ihrer Entwicklung. Die Grundgedanken auf denen sich die KM abstützt, deuten an wieso ich gerade Kant und nicht einen anderen Denker gewählt habe (ich kann sie hier nur stichwortartig erwähnen, da eine eingehendere Behandlung mindestens einen umfangreichen Bericht je Grundgedanke erfordern würde):

- 1 Wenn wir in der KI fortschreiten wollen, dann müssen wir die Grundfragen der Wissensverarbeitung (WV) untersuchen.
- 2 Die Begriffsverarbeitung (BV) ist ein Hauptaspekt der Wissensverarbeitung.
- 3 Eine Grundfrage der BV lautet: "Wie sind Begriffe **möglich** ?" und insbesondere "Wie sind synthetische Begriffe a priori möglich ?". Man beachte, dass dies eine Frage nach den **Funktionen** (Begriffs-Funktionen) ist, denn "Funktion" bedeutet hier die "**Möglichkeit** einer Wirkung", das "**Ermöglichen** einer Wirkung".
- 4 Die obengenannte Grundfrage wird in der KI-Forschung vernachlässigt.
- 5 Die KI-Begriffsforschung beschränkt sich auf Begriffe als vorliegende Ergebnisse (Begriffs-Ergebnisse), ohne die Funktionen zu untersuchen (Begriffs-Funktionen), die es möglich machen, dass sie vorliegen (Begriffsverarbeitungs-Vermögen, Möglichkeit der Begriffe).
- 6 Die bestehende KI-Methodologien sind für die Zergliederung der Begriffs-Ergebnisse entwickelt worden; aus diesem Grunde sind sie ungeeignet um die Möglichkeit der Begriffe (Zergliederung des BV-Vermögens, Funktionsstruktur) zu erforschen.
- 7 Um die Möglichkeit der Begriffe zu erforschen muss eine neue KI-Methodologie entwickelt werden; diese muss Begriffe als Ergebnisse in Frage stellen und zeigen, dass die Zergliederung des BV-Vermögens als Voraussetzung jeder Begriffs-Forschung notwendig ist.

Von allen mir bekannten Denkern ist Kant am weitesten in den Forschungsgebieten der soeben angedeuteten Grundgedanken vorgedrungen, was sogar in der modernen KI-Forschung (z.B. in der 'Cognitive Science') zugegeben wird [6, 59]. Am Anfang seiner "Analytik der Begriffe" schreibt Kant über das Programm seiner Begriffs-Forschung [1, B90]:

*"Ich verstehe unter der Analytik der Begriffe nicht die Analysis derselben, oder das gewöhnliche Verfahren in philosophischen Untersuchungen, Begriffe, die sich darbieten, ihrem Inhalte nach zu zergliedern ..., sondern die noch wenig versuchte **Zergliederung des Verstandesvermögens selbst**, um die Möglichkeit der Begriffe a priori dadurch zu erforschen, dass wir sie im Verstande allein, als ihrem Geburtsorte, aufsuchen ..."*

Was hier Kant vor mehr als 200 Jahren erläutert ist die bisher unerkannte aber immer noch zukunftsweisende Aufgabenstellung, eine **Funktionsstruktur** des BV-Vermögens zu ermitteln.

## DIE "KRITISCHE METHODOLOGIE"

Aufgabe der Kritischen Methodologie wird sein, sowohl zu beweisen, dass die Zergliederung des BV-Vermögens als Voraussetzung jeder Begriffs-Forschung notwendig ist, als auch ein System von Anforderungen aufzustellen, die von KI-Forschungsmethoden erfüllt werden müssen, wenn diese für Grundfragen der WV und BV angewandt werden sollen. Wie bereits erwähnt befindet sich die KM zur Zeit erst am Anfang ihrer Entwicklung. Die jetzige Anfangsphase besteht darin, dass ich aus der KrV ein Grundmaterial an Ideen und Denkanstöße zu gewinnen und systematisch zu ordnen versuche.

### Beispiel: die Linie

Sowohl um die Darstellung dieses noch sehr abstrakten Grundmaterials anschaulicher zu machen, als auch um eine Brücke zum Gebiet der WV im Maschinenbau zu schlagen, werde ich in der Folge nicht allgemein vorgehen, sondern alle Überlegungen auf den konkreten Fall der Wissensseinheit "Linie" beziehen.

Der Begriff "Linie" spielt vor allem in Zusammenhang mit "räumlichem Wissen" eine Rolle und räumliches Wissen "spielt fast überall eine Rolle" [7,100], bei der Planung und Ausführung von Bewegungen (Robotics), bei der räumlichen Konfiguration technischer Systeme, (Konstruktion, CAD), beim Erkennen von Objekten (Computer Vision), usw. In einem seiner spärlichen Beispiele, aber gerade im Kernstück der KrV, schreibt Kant folgendes über die Linie als Gegenstand und als Begriff [1, B137/138]:

*"...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... Die synthetische Einheit des Bewusstseins ist also eine objektive Bedingung aller Erkenntnis ...unter der jede Anschauung stehen muss, **um für mich Objekt zu werden**,..."*

Dieser komplexe Satzteil wird am Ende ebenfalls zum Grundmaterial der KM gehören. Im Moment befasse ich mich aber noch mit elementaren, vorbereitenden Aussagen. Sie betreffen im Wesentlichen die Möglichkeit von Gegenständen (Gegenstands-Funktionen), die Möglichkeit von Begriffen (Begriffs-Funktionen) und die Beziehung zwischen Gegenständen und Begriffen.

## Physische und logische Organisation

In der Vorrede zur z. Auflage der KrV schreibt Kant [1, BXVI]: "Man versuche es daher einmal, ob wir nicht... damit besser fortkommen, dass wir annehmen, die Gegenstände müssen sich nach unserem Erkenntnis richten." Für die KM gewinne ich daraus die Aussage, dass man versuchen sollte, ob wir nicht in den Aufgaben der KI-Forschung damit besser fortkommen, dass wir annehmen, die Gegenstände müssen sich nach unserem BV-Vermögen richten. Was bedeutet aber hier "sich richten" ?

Um dies zu beantworten entwickle ich folgende Arbeitshypothese: die logische Organisation der Signale die vom kognitiven System (KS) verarbeitet werden (auch der Eingangs-Signale) ist einzig und allein Teil unserer mentalen Akte, also unserer mentalen Welt, und existiert nur im Gehirn, nicht aber in der übrigen physischen Welt. Dieser zentrale Punkt soll nun am Beispiel des Begriffs "Linie" noch ergänzt und erläutert werden. Stellen wir uns eine Situation vor, in der wir eine Linie sehen, oder folgen, oder zeichnen oder wie auch immer mental verarbeiten:

1- Jedes Eingangssignal, **das zum Gegenstand "Linie" beitragen soll und welches** Teil meines kognitiven Aktes wird, unterliegt den mentalen Operationen der Synthesis die ihn in eine logische Organisation einfügen, "in-Form" bringen (Information).

2- Die Eingangssignale des möglichen Gegenstands "Linie" sind ohne logische Organisation unbestimmt (d.h. der mögliche Gegenstand kann im KS nicht existieren), und die logische Organisation "Linie" ist ohne Eingangssignale leer (d.h. existiert, gibt aber keine Erkenntnis).

3- Die logische Organisation der Linie, die in Kants Lehre abhängig ist von "Synthesis", von "Verbindung", vor der "synthetischen Einheit der Apperzeption", usw., wird nur vom KS selbst aufgebaut; sie wird nie mit den Signalen "importiert".

4- Erst die logische Organisation macht aus einer Vielfalt (Mannigfaltige) von physisch organisierten Signalen das, was wir als Linie wahrnehmen (synthetisch erzeugte Linie).

5- Wir können keine Signale als "Linie" wahrnehmen, ohne sie mit den Funktionen der "Linien-Synthesis" logisch zu organisieren. Wenn wir sie aber logisch organisieren, dann bestimmen wir sie, dann beginnen sie in unserem Kopf zu existieren, dann **richten sie sich** nach unserem Vermögen.

6- Entgegen der naiven Vorstellung des "gesunden Menschenverstandes" und vieler KI-Forscher, betrifft der Input, den das KS, erhält lediglich die physische Organisation und ist logisch unbestimmt, d.h. ohne jeden logischen, gesetzmässigen Inhalt.

7- Die physische Organisation bestimmt die Linie nur physisch, "dem Dasein nach" [1, 8125], reicht aber nicht aus um im KS eine Linie zu erhalten (erkennen), entgegen den Prinzipien des Konnektionismus.

8- Eine Linie entsteht im KS erst dadurch, dass wir durch mentale Operationen die physische Organisation der Signale (das Mannigfaltige) durch eine logische Organisation modellieren, d.h. der physischen Bestimmtheit eine logische Bestimmtheit hinzufügen. Das KS schreibt der Natur die Naturgesetze vor [1, BXIII, B159].

9- Ist eine Linie derart bestimmt, so kann man sich ihre Weiterverarbeitung dadurch erleichtern und effizienter machen, dass man sie noch mit einem Symbol koppelt. Ein Symbol der Linie ist somit nichts anderes als der Verweis auf einer von uns begrifflich aufgebauten Linie und kann als Stellvertreter derselben benutzt werden.

10- Das Objekt "Linie" (physische & logische Organisation) und das Symbol für "Linie" bilden zusammen die kleinste Erkenntnis-Einheit "Linie".

*Triadisches* Modell eines Erkenntnis-Atoms (EA): EA = physische Organisation & logische Organisation & Symbol.

11- Die logische Organisation "Linie" und das Symbol für "Linie" bilden zusammen die kleinste Wissens-Einheit (Denkeinheit) "Linie".

*Diadisches* Modell eines Wissens-Atoms (WA): WA = logische Organisation & Symbol.

## **Begriffs-Operatoren und Begriffs-Operanden**

Für die Vertiefung des Konzepts einer "logischen Organisation" gehe ich von Sätzen aus die inhaltlich dem folgenden analog sind und versuche dabei auch eine brauchbare Bedeutung des Prädikats "a priori" zu gewinnen, da dieser an hunderten von Stellen in der KrV auftaucht (genau sind es 642 Stellen, siehe [8]):

*"Denn es könnte wohl sein, dass selbst unsere Erfahrungserkenntnis ein Zusammengesetztes aus dem sei, was wir durch Eindrücke empfangen, und dem was unser eigenes Erkenntnisvermögen ... aus sich selbst hergibt,..." [1, B1].*

Für meine Zwecke gewinne ich aus diesem Satz und aus anderen, die inhaltlich damit zusammenhängen, folgende Überlegungen:

1- Unsere Begriffe sind ein Zusammengesetztes aus dem, was wir durch Eindrücke empfangen (materieller Grundstoff) und dem was unser eigenes BV-Vermögen aus sich selbst hergibt (funktioneller Zusatz).

Beispiel:

- Begriff = (materieller Grundstoff) & (funktioneller Zusatz)

- "Linie" = (beliebige physische Organisation) & (bestimmte Linien-Funktion)

2- Um den funktionellen Zusatz eines Begriffs vom materiellen Grundstoff desselben Begriffs zu unterscheiden, d.h. um den funktionellen Zusatz zu bestimmen, braucht es lange Übung [1,B2]. Beispiel: Linien-Funktion = ? (immer noch unbekannt)

3- Der funktionelle Zusatz von "Linie" wird vom BV-Vermögen nur **aus sich selbst** hergegeben (hervorgebracht, reaktiviert), d.h. auf einer Weise die von der Erfahrung und von allen Eindrücken der Sinne unabhängig ist. Diese Modalität der Begriffs-Verarbeitung, dieses "Aus-Sich-Selbst-Hergeben" heisst "**a priori**". Damit ist klar, dass "a priori" eine Modalität ist, die auf autopoietische, selbstorganisierende Eigenschaften des BV-Vermögens hinweist. Von diesem funktionellen Zusatz des Begriffs "Linie" sagt man auch er sei nur "a priori möglich".

4- Die obengenannte "logische Organisation" einer bestimmten Linie entsteht hauptsächlich durch Anwendung des allgemeinen, funktionellen Zusatzes von "Linie" bei der Verarbeitung einer physischen Organisation für den möglichen Gegenstand "Linie".

5- Ich bezeichne die funktionelle Begriffskomponente mit "BEgriffs-OperaTor" (BET) und führe auch "BEgriffs-OperanDen" (BED) ein, als das worauf ein BET angewandt werden kann (BED = "Vorstellung", in Kants eigene Terminologie). In diesem Modell liegt die Möglichkeit des Begriffs "Linie" im Begriffsoperators "Linie"; sie wird zur Wirklichkeit durch die Anwendung desselben auf einem oder mehreren BED.

6- Begriffsoperanden sind nicht nur das, was wir durch Eindrücke empfangen, sie können auch andere Begriffe oder sogar andere Begriffsoperatoren sein (ähnlich wie in der KI-Sprache LISP, siehe [9], [10]). Damit resultieren folgende 3 Fälle:

a) BET	<angewandt auf>	Eindrücke	-->	empirischer Begriff (Erfahrung)
b) BET	<angewandt auf>	Begriffe	-->	Begriff a priori
c) BET	<angewandt auf>	BET	-->	reiner Begriff a priori

7- In der Möglichkeit Begriffs-Operatoren auf Begriffs-Operatoren anzuwenden (6 c), d.h. Funktionen durch Funktionen zu verarbeiten ("Funktionen-Regelkreis" im Gegensatz zum gewöhnlichen "Zustände-Regelkreis"), liegt der Schlüssel zur autopoietischen, selbstorganisierten Entwicklung des BV-Vermögens (dynamische Funktionsstruktur biologischer Systeme).

## AUSBLICK

In der aktuellen KI-Forschung erwartet man noch nicht, dass Grundfragen der Begriffs-Verarbeitung wie jene die in dieser Arbeit angesprochen werden zu den kritischen Themen der nächsten Zukunft gehören werden [11]. Trotzdem scheint mir eine Erneuerung der KI-Begriffsforschung dringend nötig. Bevor aber klare Grundsätze für die Führung einer erneuerten KI-Begriffsforschung mit Hilfe der KM erarbeitet werden können wird das hier vorgestellte anfängliche Grundmaterial noch erweitert, begründet, vertieft und systematisiert werden müssen. Ein langer Weg liegt vor mir, wobei ich einerseits hinsichtlich der Strecke wohl viele Unbekannte erwarte, andererseits aber hinsichtlich der Richtung immer mehr darauf vertraue, in der KI mit Kant fortschreiten zu können.

## LITERATUR

- [1] Kant, Immanuel, Kritik der reinen Vernunft. I. Heidemann (Hrsg.). Stuttgart: Philipp Reclam, 1966. [1,A]: 1. Auflage, Riga 1781. [1,B]: z. Auflage, Riga 1787.
- [2] Kant, Immanuel, Prolegomena zu einer jeden künftigen Metaphysik, die als Wissenschaft wird auftreten können. Werkausgabe, Band V, W.Weischedel (Hrsg.). Frankfurt a.M.: Suhrkamp, 3. Aufl. 1980.
- [3] Jahn, Ilse, et.al., Geschichte der Biologie. Jena: VEB G. Fischer Verlag, 1985.
- [4] Bettoni, Marco C., "Cybernetics Applied to Kant's Architecture of the Mind". In: Akten des 7. Internat. Kant-Kongress, Mainz, 1990 (in Vorbereitung).
- [5] Bettoni, Marco C., "LogSyn: A Language System for Knowledge Processing". In: Methodologia 8, Milano (in Vorbereitung).
- [6] Gardner, Howard, The mind's new science. New York: Basic Books, 1985.
- [7] Habel, Christopher, "Representation räumlichen Wissens". In: G. Rahmstorf, (Hrsg.), Wissensrepräsentation in Expertensystemen, Berlin: Springer, 1988.
- [8] Martin, Gottfried, (Hrsg.), Sachindex zu Kants Kritik der reinen Vernunft, Berlin: Walter de Gruyter, 1961.
- [9] Symbolics, Symbolics Common Lisp - Language Concepts, Vol. 2A. Cambridge, MA: Symbolics Inc.
- [10] McCarthy, John, "Recursive Functions of Symbolic Expressions and Their Computation by Machine, Communications of the ACM, Vol.3, Nr.1, 184-195.
- [11] Brachman, Ronald, J., "The Future of Knowledge Representation", In: Proc. Eighth National Conference an Artificial Intelligence, AAAI Press I MIT Press, 1990, Vol. Two, 1082-1092.