Analoges Enkodieren

Posted on 19. April 2022 by Klaus F. Röhl

Früher berief man sich dafür auf Aristoteles. Heute zieht man es vor, die Analogiebildung mit Hilfe kognitionswissenschaftlicher Modelle und ihrer »analogen« Modellierung in Computerprogrammen[1] zu beschreiben. Diese Modellierung ist als *structure-mapping* (*Gentner*) oder analoges Enkodieren geläufig.

Vor der Ähnlichkeit kommt die Gleichheit. Analoges Denken setzt zunächst die Entwicklung von Konzepten (Mustern oder Typen) voraus, um aus Sinneseindrücken oder Rohdaten die Gleichheit von Objekten (*items*) zu erkennen.[2] Konzepte sind formalisierte Abbildungen der in den Geisteswissenschaften so genannten Begriffe. Ein solches Konzept beschreibt das Kinderlied:

- Punkt, Punkt, Komma, Strich,
- fertig ist das Mondgesicht.
- Oben kommen Haare dran,
- Ohren, dass er hören kann,
- Hals und Bauch hat er auch,
- Arme noch und Beine dran,
- fertig ist der kleine Mann!

Für das Konzept »Gesicht« genügen die ersten beiden Zeilen. Sie benennen Strukturmerkmale (Attribute, *properties*), anhand derer Menschen und Computer Gesichter als Objekte erkennen können. Punkt, Komma und Strich wären für sich genommen noch zu wenig. Erst im Kontext eines Kreises (Mond-»gesicht«) werden sie hinreichend unterscheidungskräftig. Solche mentalen Konzepte erwirbt das Gehirn selbsttätig. Dem Computer werden sie künstlich beigebracht. Ein »Konzept« wird auch als domain oder semantisches Feld bezeichnet. Aus Konzepten entstehen »Ontologien«. Sie bilden die Basis des semantic web.

Attribute als Merkmale eines Konzepts werden schlicht aufgezählt. Sie können durch (zweistellige) Relationen spezifiziert werden (die Nase sitzt zwischen Augen und Mund). Konzepte gewinnen an Trennschärfe, wenn die Merkmale vervollständigt werden (so in den weiteren Zeilen des Liedes das Gesicht durch Haare und Ohren) und wenn die Merkmale nicht an der Oberfläche (Form, Größe, Zahl) bleiben,

sondern durch Funktionen (»Ohren, dass es hören kann«) vertieft werden. Schließlich wird aus dem Konzept »Gesicht« das umfassendere eines ganzen Menschen (»fertig ist der kleine Mann«). Der »Mensch« kann wiederum von anderen Konzepten abgegrenzt werden, etwa von »Steinen«, »Tieren« und »Pflanzen«. Die Differenzierung kann aber auch in die andere Richtung gehen, wenn die Nase nicht als unselbständiges Attribut, sondern als selbständiges Objekt zum Konzept wird. Ferner lassen sich ganze Konzepte (die damit zu »Knoten« werden) durch Relationen verknüpfen. »Tiere« werden von »Menschen« »gejagt«; »Pflanzen« werden von »Tieren« »gefressen«.

Konzepte mit ihren Merkmalen verhelfen zur Mustererkennung. Mustererkennung ist auf Gleichheit ausgerichtet. Aber keine zwei Gesichter sind wirklich gleich. So funktioniert schon die Erkennung von Gleichheit mit Hilfe von Attributen, die eigentlich nur Ähnlichkeit begründen, denn sie greifen nur bestimmte Aspekte als Merkmale heraus.[3]

Man kann davon ausgehen, dass der Kognitionsprozess auf Wiederkennung angelegt ist und daher, wo zur Gleichheit etwas fehlt, Ähnlichkeit konstatiert. Das Ähnliche ist das bereits zum Teil Bekannte. Unbekannte Objekte werden als ähnlich erkannt, wenn sie etwas mit bekannten Objekten gemeinsam haben, das heißt, wenn sie einer Gattung mit weniger Merkmalen angehören. Damit ist in der Fähigkeit zur Mustererkennung eine gewisse Asymmetrie in Richtung auf Wahrnehmung von Ähnlichkeit begründet. Dieser Analogie-Bias lässt sich vielleicht damit erklären, dass der Erwerb mentaler Konzepte von grob zu fein verläuft. Im Laufe der kognitiven Entwicklung werden die mentalen Konzepte differenzierter. Aus dem Konzept »Gesicht« werden »Kindergesicht«, »Greisengesicht«, »Frauengesicht«, »Männergesicht«, »Menschengesicht«, »Tiergesicht«, und schließlich wird sogar der Mond als »Gesicht« wahrgenommen. Doch das allgemeinere Konzept »Gesicht« bleibt in Erinnerung und lässt bei Bedarf als ähnlich erscheinen, was seine Attribute erkennen lässt.

Vergleichskandidaten aus der gleichen semantischen Domäne, die sich nur in einem oder mehreren Attributen (oder Relationen) unterscheiden, sind ungleich, aber einander ähnlich. In der Terminologie mittelalterlicher Philosophen handelt es sich um eine *analogia attributiva.* Eine attributive Analogie liegt vor, wenn die Ähnlichkeit sich daraus ergibt, dass verschiedene Gegenstände gemeinsame Attribute oder Strukturmerkmale aufweisen:

$$A (a, b, c, d) \approx B (c, d, e, f).$$

Fahrräder und Motorräder sind sich insofern ähnlich, als sie beide Räder haben. *Tertium comparationis* ist hier das gemeinsame Merkmal »Räder«. Es dient dazu, die Vergleichsgegenstände als Teilmenge einer übergeordneten Gattung zuzuordnen.

Informatiker messen die attributive Ähnlichkeit mit dem Jaccard Similarity Index.

An dieser Stelle drängt sich die »Analogie« zwischen den Konzepten der Kognitionswissenschaften und der künstlichen Intelligenz auf der einen Seite und der Begriffsbildung in den Geisteswissenschaften auf. Letztere unterscheiden zwischen Begriffsbildung und Eigennamen. Im Unterschied zu Eigennamen erbringen Begriffe eine Abstraktionsleistung, indem sie Objekte einer Gattung zuweisen.

Nachtrag: Punkt, Punkt, Komma, Strich – wie unser Gehirn Strichzeichnungen erkennt, nämlichnicht anders als Bilder bzw. umgekehrt: Johannes J.D. Singer/Radoslaw M. Cichy/Martin N. Hebart, The Spatiotemporal Neural Dynamics of Object Recognition for Natural Images and Line Drawings, Journal of Neuroscience, 19 December 2022, JN-RM-1546-22. Leider verraten uns die Psychologen nicht, wie das Gehirn die Bilder speichert. Sie sind sich wohl noch immer nicht einig, nach welche ihrer drei Basistheorien (Regeltheorie, Prototypentheorie und Exemplartheorie) das Gehirn verfährt. Auf dem Gebiet des maschinellen Lernens konkurrieren sog. classification algorithms mit neuronalen Netzen, von denen man wohl immer noch nicht genau weiß, wie sie funktionieren.

[Fortsetzung hier.]

---

[1] Copycat war ein Computerprogramm, entwickelt von Douglas Hofstadter und Melanie Mitchell, das den menschlichen Kognitionsprozess nachahmen und zeigen sollte, wie Menschen in Analogien denken (The Copycat Project: A Model of Mental Fluidity and Analogy-Making).

[2] Zur Konzeptbildung Sieghard Beller/Andrea Bender, Allgemeine Psychologie – Denken und Sprache, 2010, S. 27ff.

[3] Im Detail ist der kognitive Prozess der Objekterkennung komplizierter. Er wird nicht nur durch Merkmale, sondern auch durch deren Kontext gesteuert. Dazu immer noch hilfreich John R.

Anderson, Kognitive Psychologie, 3. Aufl., 2001.

Ähnliche Themen

- Der Vergleich des Vergleichs als Weg zur Interdisziplinarität
- Ist die Analogie als juristische Methode überflüssig?
- Analogie, Casus und Regula
- Relevante Ähnlichkeit
- Analogie als Prozess
- Analogie und »Matter in Question«
- Analogie und Beispiel III: Fallvergleich und Distinguishing
- Analogie und Beispiel II: Defeasability
- Analogie und Beispiel I: Beispiele als Kontrastmittel
- Abduktion als Induktion oder Analogie