

Die empathische Maschine

Die Vorstellung, menschliche Lehrer - zumindest in Teilen – durch Maschinen zu ersetzen, beflügelt seit Jahrzehnten die Fantasie sowohl von Philosophen als auch von Computerwissenschaftlern. Wir werden dabei an die ersten Schritte erinnert, wie sie etwa von Skinner[1] und Pressey[2] unternommen wurden. Ihre „Lernmaschinen“ waren zu jener Zeit noch rein mechanische Geräte aus Holz und Metall. Der technische Fortschritt – insbesondere das Aufkommen der künstlichen Intelligenz – nährten die Vorstellung intelligenter Maschinen, die in der Lage wären, sich in ein menschliches Gegenüber gewissermaßen einzufühlen. Tatsächlich ist es die menschliche Fähigkeit zur Empathie, die es einem Lehrer ermöglicht, die Perspektive seines Schülers einzunehmen. Dieses besondere Vermögen zur Perspektivenübernahme ist die Grundvoraussetzung, die wir benötigen, um anderen Dinge zu erklären und sie anleiten zu können.

Wie und wann sich diese Fähigkeit bei Menschen ausgestaltet, erklären uns die Forschungen Jean Piagets. Er beobachtete, wie Kinder im Alter von drei bis sechs Jahren die Fähigkeit entwickeln, sich in die Perspektive eines Gegenübers hineinzusetzen. Gemäß Piaget wissen wir ebenso, dass es zur Perspektivenübernahme eines Bewusstseins bedarf. Wollen wir die Perspektive eines Gegenübers nachahmen, so müssen wir uns zuerst unserer selbst in Abgrenzung und in Differenz zu Anderen bewusst sein. Wer also eine empathische Maschine konstruieren möchte, der müsste zunächst ein Bewusstsein emulieren und begibt sich zwangsläufig auf waghalsiges Terrain. Die Frage, ob wir Maschinen mit Bewusstsein bauen können mündet in ein philosophisches Problem: Was ist Bewusstsein? Wie erkennen wir, ob eine Maschine Bewusstsein hat?

Alan Turing schlug hierfür eine Definition vor, die heute unter dem Namen „Turing Test“ bekannt ist[3]. Dabei führt ein Proband über ein Terminal eine Unterhaltung mit einem Menschen und einer Maschine, ohne Kenntnis darüber, welcher von beiden der menschliche Vertreter ist. Ist der Proband unfähig, zwischen Mensch und Maschine zu unterscheiden, so darf der Maschine Intelligenz respektive eine Art Bewusstsein zugestanden werden. Das Besondere an der Turingschen Definition ist, dass sie ihr Urteil einzig nach der Frage bemisst, ob eine Maschine in der Lage ist, eine empathische Unterhaltung zu führen. Empathisch ist eine solche Kommunikation insofern, als die Maschine in der Lage scheint, durch die Unterhaltung unsere Perspektive aufzugreifen und darauf die weitere Kommunikation aufzubauen. Für unser Ziel, Computer als tutorielle Systeme einzusetzen, bedarf es dieser hohen Hürde jedoch nicht. Es genügt das bescheidenere

Konzept der „Adaptivität“. Dieses beschreibt zumindest die Fähigkeit eines Systems, sich an Bedürfnisse, Veränderungen sowie Fort- und Rückschritte eines Benutzers anzupassen. Hierfür muss eine Maschine oder ein Algorithmus in der Lage sein, Verhalten und Fortschritt eines Benutzers zu beobachten und mit einer eigenen Wissensbasis in Übereinstimmung zu bringen. Wie nun muss ein solches adaptives System aufgebaut sein?

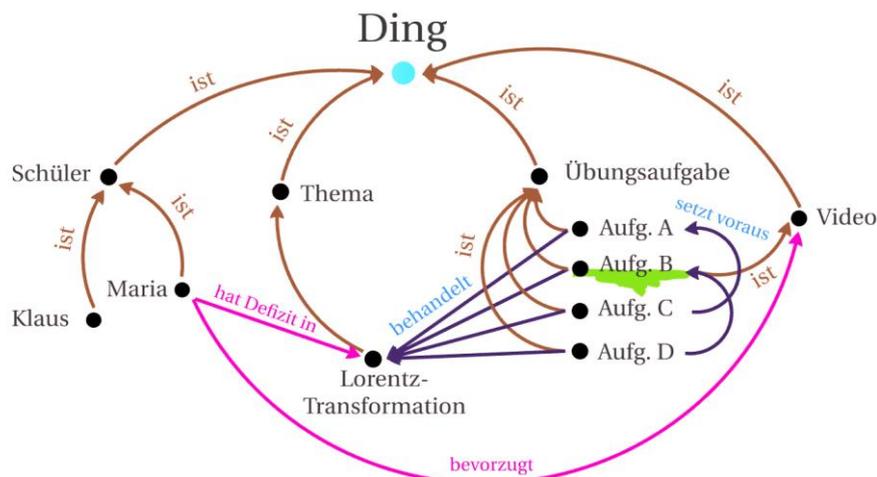
Ebenfalls mit Hilfe von Alan Turing kann diese Frage ebenso elegant wie universell beantwortet werden. Die Turing-Maschine ist das bis heute stärkste Modell einer universellen Zustands-basierten Maschine[4]. Jeder Algorithmus lässt sich in letzter Konsequenz als Turing-Maschine abbilden. Sollten wir also eine Aussage darüber treffen können, wie mit Hilfe einer Turing-Maschine ein adaptiver Algorithmus gebildet werden kann, so ist damit eine universelle Aussage für jedwede Form eines adaptiven Systems getroffen.

Turings Universalmaschine erhält von außen kommende Eingaben, die sie jeweils in einen definierten inneren Zustand überführt. Der Eingabestrom wird meist durch ein endloses Band symbolisiert, auf das Eingabesymbole geschrieben werden, welche die Turingmaschine wiederum einliest. Welche Eingabefolge zu welchem Zustandswechsel führt, ist durch ein Regelwerk im Innern der Maschine bestimmt. Die Besonderheit der Turing-Maschine besteht in ihrer Möglichkeit, Ausgabesymbole auf eben jenes Eingabeband zu schreiben, das sie selbst einliest. Auf diesem Wege kann sich die Maschine ihren geänderten Zustand wieder selbst zuführen. Anders ausgedrückt, verfügt die Turingmaschine über die Fähigkeit, auf sich selbst zurückzuwirken. Und tatsächlich erweist sich diese Selbstrückwirkung als der einzige aber gleichsam vollkommen ausreichende Mechanismus zur Realisierung eines adaptiven Algorithmus.

Wollen wir folglich adaptive Lernumgebungen entwickeln, so müssen diese – ungeachtet ihrer technologischen Umsetzung – wie folgt aufgebaut sein. Der innere Zustand eines solchen Systems muss eine Wissensrepräsentation enthalten, die sowohl die Lerninhalte als auch den Lernenden umfasst. Durch äußere Ereignisse getrieben – wie etwa bestimmte Handlungen des Lernenden – wird diese Wissensrepräsentation modifiziert. Die Modifikation der Wissensrepräsentation entspricht dabei einem Zustandsübergang der Turingmaschine. Das System speist nun eine Repräsentation dieses neuen internen Zustands in sich selbst zurück um daraufhin entsprechende Instruktionen und Empfehlungen für den Lernenden zu generieren. Dieser Prozess wiederholt sich zyklisch mit jeder erneuten Änderung der Wissensrepräsentation, also mit jeder erneuten Handlung des Lernenden.

Für eine konkrete Umsetzung eröffnen sich zwei Felder: Die Art der Wissensrepräsentation und die Inferenz auf eben dieser. Das Forschungsprojekt INTUITEL[5] der Hochschule Karlsruhe hat sich mit dieser Frage befasst. INTUITEL ist ein Akronym für „Intelligent Tutoring Interface for Technology Enhanced Learning“ und ist in erster Linie als Entwurfsmodell für adaptive Lernsysteme zu verstehen. In zweiter Linie entstand innerhalb des Projekts auch ein prototypisches System. Anhand des INTUITEL-Modells sei nun erläutert, wie die oben ausgeführte Turingmaschine in ein konkretes System überführt werden kann.

Die Wissensrepräsentation erfolgt in INTUITEL anhand ontologischer Beschreibungen. Mittels Ontologiesprachen wie OWL lassen sich semantische Beziehungen in maschinenlesbarer Form formulieren. Wie eine solche Ontologie aussehen kann und wie daraus eine Wissensbasis konstruiert wird, erläutert die nachfolgende Beispielontologie.



Die Schülerin Maria hat Defizite bzgl. des Themas „Lorentz-Transformation“. Die Aufgaben A bis D behandeln dieses Thema. Die Aufgaben C und D setzen A und B didaktisch voraus. Somit kommen nur noch Aufgabe A und B in Frage, falls Maria diese noch nicht bearbeitet hat. Da Maria videobasierte Lernmaterialien bevorzugt, ist Aufgabe B der geeignete Kandidat.

Der hier aufgezeigte Vorgang beschreibt nichts weiter als eine auf Schlussfolgerungen basierte Mengenreduktion. Ein adaptives, tutorielles System hat nichts weiter zu tun, als diese Schlussfolgerung maschinell durchzuführen. Ermöglicht wird dies durch einen sogenannten „Reasoner“, - eine spezialisierte Software, die eben solche Schlussfolgerungen anhand einer Ontologie durchführt. Voraussetzung hierfür ist eine klar formulierte Grammatik, die vorgibt, welche semantischen Annotationen in welcher Form verwendet werden. Im obigen Beispiel müssen etwa die Beziehungen

„hat Defizit in“, „behandelt“ oder „bevorzugt“ im Vorhinein fest vereinbart sein, damit sie von einer Maschine als solche erkannt werden können.

Ein solches Regelwerk stellt im Falle von INTUITEL eine pädagogische Ontologie[6] dar, welche an die Webdidaktik nach Norbert Meder angelehnt ist[7]. Dies ist als Grundvokabular semantischer Beziehungen zu verstehen, anhand dessen beliebige Wissensdomänen semantisch annotiert werden können. Dabei werden Lernmaterialien gemäß ihrer sachlogischen Zusammenhänge sowie ihrer didaktischen Funktion semantisch verknüpft. Diese pädagogische Ontologie wird zusätzlich mit einer Lerner-Ontologie vermengt. Diese beinhaltet zusätzliche Informationen über den individuellen Lerner wie durch obiges Beispiel der Schülerin Maria illustriert. Anhand beider Ontologien wird mit jeder Handlung des Lernenden seine Position innerhalb der Lernumgebung bestimmt und ein neuer Schlussfolgerungsprozess initiiert. Auf diese Weise entsteht ein Adaptionszyklus wie wir ihn zuvor anhand der Turingmaschine gefordert haben. Der hier beschriebene Ansatz ermöglicht die Entwicklung universeller adaptiver Lernumgebungen. Universell ist dieser Ansatz in vielerlei Hinsicht: Erstens leitet er sich aus der Turingschen Definition einer universellen Maschine ab und gilt somit für jedwede Form einer Zustandsmaschine – ungeachtet jeder Technologie. Zweitens ist er für beliebige Wissensbereiche verwendbar. Ferner ist er nicht auf Lernumgebungen beschränkt, sondern gilt für jedwede Form eines adaptiven Systems.

Literatur

- [1] B. E. Skinner. Teaching machines. *Science*, 128:969–977, 1958
- [2] S. L. Pressey. A machine for automatic teaching of drill material. *School and Society*, (25):549–552, 1927
- [3] A.M Turing. (1950). Computing machinery and intelligence. *Mind*, 59, 433-460
- [4] A.M. Turing: On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem (1937)
- [5] K. Fuchs, P.A. Henning: Computer-Driven Instructional Design with Intuitel: An Intelligent Tutoring Interface for Technology-Enhanced Learning. River Publishers (2017)
- [6] P. A. Henning et al.: Learning Pathway Recommendation based on a Pedagogical Ontology and its Implementation in Moodle In: Proceedings der DeLFI (2014) 39-50
- [7] N. Meder. Web-Didaktik. Eine neue Didaktik webbasierten, vernetzten Lernens. Bertelsmann: Bielefeld, 2006