

2c

> A d a W i s s e n : I n f o r m a t i o n e n v e r a r b e i t e n

Das menschliche Gehirn ist ein komplexes neuronales Netzwerk. Seiner Dynamik verdanken wir unsere Fähigkeiten zur Wahrnehmung, Bewegung und Emotion sowie unser Denken und unser Bewusstsein.

Sie finden in diesem Kapitel:

- Informationen über Informationsverarbeitung im menschlichen Gehirn und bei Ada
- Illustrationen
- Empfehlungen für den Unterricht
- Arbeitsblatt

A: Sachinformationen

Informationen nach den Prinzipien neuronaler Netzwerke verarbeiten

Bei Ada werden die über die künstlichen Sinnesorgane gewonnenen Daten nicht mittels herkömmlicher Software verarbeitet, sondern nach einem ähnlichen Prinzip wie im menschlichen Nervensystem.

Technische Geräte, die einzelnen Sinnesorganen nachgeahmt sind, wie etwa Kameras oder Mikrofone, wurden schon vor langer Zeit entwickelt, und ihre Leistungsfähigkeit wurde immer weiter erhöht. Das Neue am Projekt «Ada» liegt darin, die Komponenten sinnvoll miteinander zu verbinden. Ada ist somit mehr als nur ihre Einzelteile. Die Daten, die Ada über ihre künstlichen Sinnesorgane gewinnt, werden nicht mittels herkömmlicher Software verarbeitet, sondern ähnlich wie im menschlichen Nervensystem. Ada besteht zwar aus normalen Computern mit gebräuchlichen Betriebssystemen, aber deren Organisation und Vernetzung und die Art und Weise, wie die Informationen verarbeitet werden, sind neu: Ada wurde in Anlehnung an die Funktionsweise biologischer Nervensysteme als hybrides Netzwerk programmiert, das in einem Rechner-system neuronale und digitale Berechnungen ausführt.

Ada ist das erste derart grosse neuromorphe System dieser Art. Viele der verwendeten Technologien sind noch nie in einem gemeinsamen System integriert worden. Die Software, die Ada zu Grunde liegt, vereinfacht nicht nur das Entwickeln neuronaler Netze, sondern auch das Einbinden von externen Geräten, wie Kameras, Lautsprechern, Mikrofone usw. Darüber hinaus ist es möglich, die neuronalen Netze in Echtzeit zu untersuchen, das heisst, Daten gleichzeitig aufzuzeichnen und auszuwerten und die Ergebnisse ohne Zeitverzögerung darstellen zu können.

Neuronales Netzwerk

Im neuronalen Netzwerk gibt es keine übergeordnete Instanz, die allen Funktionseinheiten gleichzeitig Befehle gibt, sondern die Funktionseinheiten, die direkt nebeneinander liegen, kommunizieren viel ausgiebiger miteinander als solche, die weiter auseinander liegen. Die Kommunikation geschieht also weitgehend lokal. Im Gegensatz dazu ist der herkömmliche Computer hierarchisch organisiert: Eine übergeordnete Instanz kann gleichzeitig an alle Punkte herangehen.

Im neuronalen Netzwerk funktioniert die Kommunikation von Funktionseinheit zu Funktionseinheit, wie im Nervensystem von Nervenzelle zu Nervenzelle. Man kann sich das vorstellen wie Dominosteine, die beim Umfallen das Signal an den nächsten Stein weitertragen.

Lernfähige Technik

Neuronale Netzwerke sind lernfähige Informationsverarbeitungssysteme. Aufgrund von Beispielen können sie lernen, der Situation gemäss die bestmögliche Lösung zu wählen und diese entsprechend auch immer weiter zu verfeinern. Wie ein Gehirn ist ein technisches neuronales Netz ein komplexes System von autonomen Teilen, so genannten Neuronen oder Units, deren lokale Wechselwirkungen globale Aktivitätsmuster («Antworten») erzeugen. Ihre Dynamik ist nicht wie bei Computern durch Programme zentral gesteuert, sondern organisiert sich selber. Wie Gehirne sind technische neuronale Netze lernfähig, flexibel, tolerieren Abweichungen von der Norm und haben eine parallele Signalverarbeitung.

Die neuronalen Netze, die für Ada entwickelt werden, basieren auf Modellen, die die Funktionsweise echter Gehirne beschreiben. Es gibt unzählige Modelle, die erklären, wie in spezifischen Gehirnregionen die Nervenzellen miteinander kommunizieren. Alle Modelle machen dabei Annahmen, wie diese spezifische Gehirnregion mit anderen Regionen des Gehirns Informationen austauscht. Wir wissen heute aber noch sehr wenig darüber, wie die verschiedenen Regionen des Gehirns zusammenarbeiten. Noch weniger weiss man, wie man die verschiedenen vorhandenen Modelle miteinander verknüpfen könnte, so dass das Ganze als Einheit funktionieren kann. Ada ist ein erster Schritt in diese Richtung.

Arbeitet das Gehirn wie ein Computer?

Das Spezifische an neuronalen Netzen ist besonders gut erkennbar, wenn man die Arbeitsweise von herkömmlichen Computern mit derjenigen eines menschlichen Gehirns vergleicht. Wie eingangs erwähnt, herrscht heute die bildhafte Vorstellung des Gehirns als Computer vor.

Zwischen den Prozessen im Gehirn und in einem Computer gibt es jedoch einige wichtige Unterschiede:

- Der Computer kann sich zu jedem Zeitpunkt nur mit wenigen Informationseinheiten beschäftigen, während das Gehirn mehr als eine Milliarde Informationseinheiten gleichzeitig verarbeiten kann (hoch parallele Datenverarbeitung).
- Das Gehirn verarbeitet Daten mehrheitlich analog, der herkömmliche Computer kann jedoch nur digitale Daten verarbeiten; die Informationen müssen also alle in einen Code von 0 oder 1 umgewandelt werden.
- Das Gehirn kann viel besser als ein Computer eine Abbildung auch dann erkennen, wenn Einzelteile fehlen oder fehlerhaft sind.
- Beim herkömmlichen Computer sind Datenverarbeitung und Datenspeicherung räumlich getrennt, so dass die Daten im Arbeitsprozess immer hin und her geschoben werden müssen. Im Gehirn sind aber Informationsverarbeitung und -speicherung sehr eng verknüpft; an jedem Ort, wo Datenverarbeitung geschieht, können auch Daten gespeichert werden.



Adas neuronales Netzwerk

Lernen

Eine zentrale Fähigkeit des Menschen ist das Lernen, denn sie ermöglicht eine Anpassung des Verhaltens an die jeweiligen Umweltgegebenheiten. Von Geburt an bis zu seinem Tod lernt der Mensch über sich und seine Umgebung. Lernen bedeutet einen ständigen Erwerb von Kenntnissen, was eine Änderung von Einstellungen und Verhaltensweisen zur Folge haben kann. Lernen kann bewusst oder unbewusst geschehen.

Das Lernen verläuft in zwei Phasen: Ein Lebewesen nimmt in einer Reizsituation die Informationen auf und speichert diese im Gedächtnis (Lernphase). In passenden Situationen wird die gespeicherte Information abgerufen und bewirkt – bedingt durch die Erfahrung – ein geändertes Verhalten (Kannphase).

Lernen ist aber nicht nur ein rein rationaler Prozess, auch Gefühle spielen dabei eine wichtige Rolle.

Lernen bei Ada

Wie der Mensch lernt Ada aus Erfahrung: Sie kann eine Begebenheit speichern und später darauf aufbauen. Ada kann ausserdem verschiedene Informationen verknüpfen und daraus Schlüsse ziehen. Zum Beispiel schliesst sie aus einer länger andauernden geringen Distanz zweier Personen, dass diese zusammengehören. Ada lernt ebenso ihre vielen Komponenten, wie die Bodenplatten, die beweglichen Augen und die Lichtfinger, aufeinander abzustimmen. Diesen Vorgang könnte man vergleichen mit einem Kind, das lernen muss, einen Gegenstand zu ergreifen. Ada lernt auch aus den Verhaltensmustern einzelner Besucher etwas über deren Charakter, zum Beispiel über deren Spielfreude oder Verhalten in Gruppen. Diese «Erlebnisse» bestimmen die weitere Verhaltensweise von Ada und regulieren längerfristig ihre Werteskala.

Gedächtnis

Die Fähigkeit, Informationen abrufbar zu speichern, wird Gedächtnis genannt. Das Einspeichern selbst ist das Einprägen, das Abrufen wird Erinnern genannt. Ohne Gedächtnis wäre Lernen nicht möglich. Stoffliche Grundlage des Gedächtnisses ist die Gesamtheit aller Nervenzellen bzw. das Gehirn.

Das Gedächtnis arbeitet nicht wie ein elektronischer Speicher, der einmal aufgenommene Informationen dauerhaft enthält. Wie die Informationsspeicherung im Einzelnen erfolgt, ist noch weitgehend unklar.

Beim Menschen lassen sich drei Gedächtnis-Arten unterscheiden. Das Ultrakurzzeit-Gedächtnis bewahrt Informationen bis etwa 20 Sekunden lang auf. Das Kurzzeit-Gedächtnis speichert Informationen maximal ein bis zwei Stunden und ist in seiner Speicherkapazität jedoch begrenzt. Im Langzeit-Gedächtnis werden Informationen teilweise lebenslang behalten.

Ada kann sich im Sinne der Informationsspeicherung an die Besucher erinnern, mit denen sie gespielt und deren Gesten, Bewegungen und Laute sie wahrgenommen hat.

Träumen

Träume sind spontan auftretende Fantasieerlebnisse während des Schlafes. Alle Menschen und höher entwickelten Tiere träumen. Träume zeichnen sich zum Beispiel dadurch aus, dass in ihnen Emotionen vorherrschen, dass die Vorstellungen von Zeit und Raum unklar sind, und häufig kommen nicht reale Bilder als Traum Inhalte vor. Erlebnisse des Tages, so genannte Tagesreste, können ebenfalls Bestandteil von Träumen sein.

Der Zweck des Träumens

Es bestehen verschiedene Ansichten, welchen Zweck das Träumen beim Menschen hat. Einige Forscher vertreten die Ansicht, der Traum diene der Verarbeitung tagsüber aufgenommener Informationen. Dies geschehe durch das Aufgreifen von Tagesresten und durch die Verbindung dieser Tagesreste mit älteren, ähnlichen Erlebnissen des Träumers. Gedächtnisforscher meinen dagegen, dass der Traum dazu diene, tagsüber aufgenommene unnötige Informationen zu löschen. Physiologen glauben, dass die Träume eine Begleiterscheinung neuronaler Entladungssequenzen des Hirnstamms sind, und verneinen eine eigenständige Funktion.

Wenn Ada schläft, dann sind die Klänge und das Licht ruhig und sanft. Plötzlich auftauchende abrupte und akzentuierte Lichteffekte und Klänge sind ein Zeichen dafür, dass Ada träumt. Ada träumt in Bildern von Besuchern, die aus irgendeinem Grund für sie interessant gewesen sind.

Begriffserklärungen

•Neuronales Netzwerk

Ein neuronales Netzwerk besteht aus idealisierten Neuronen, den so genannten «Units». Die Units sind parallel durch ein Netzwerk miteinander verbunden und erhalten von anderen Units Signale (Inputs), die aufaddiert werden und daraus einen Output mit einfachen mathematischen Funktionen berechnen. Die Signale werden durch das Produkt aus Gewicht und Stärke der Verbindung zwischen den Units bestimmt.

Künstliche neuronale Netze sind, motiviert durch das biologische Vorbild (die Nervensysteme/Gehirne von Tieren), ein Rechenmodell für Informationsverarbeitung.

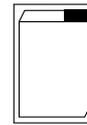
•neuromorph

Der Struktur von Nervenzellen nachempfunden.

•hybrid

Durch Kreuzung oder Mischung entstanden, gemischt.

B: Empfehlungen für den Unterricht



Blätter mit Rahmen können kopiert und den SchülerInnen abgegeben werden.

Erläuterungen zum Arbeitsblatt 2c.8

Das Arbeitsblatt befasst sich mit der Informationsverarbeitung von herkömmlichen Computern und vergleicht diese mit der menschlichen Informationsverarbeitung.

Textübersetzungsprogramme (vgl. Aufgabe 1) sind eine Möglichkeit, sich mit dieser Frage auseinander zu setzen. Hier geht es um Probleme der Wahrnehmung und der Brauchbarkeit solcher Textübersetzungsprogramme. Dabei zeigt sich, dass dies die eigentliche Knacknuss der künstlichen Intelligenz ist.

Informationsverarbeitung kann auch an diversen Informatikproblemen erprobt werden. Eines davon sind die Spielprogramme. Zum Beispiel kann ein Spielbaum (zu Bäumen in der Informatik vgl. Goldschlager 1990) für das einfache Nimm-Spiel erstellt und durchgespielt werden (Aufgabe 3). Bei diesem Spiel geht es darum, dass fünf Streichhölzer auf dem Tisch liegen und jeder der beiden Spieler eines oder zwei davon wegnehmen darf. Der Spieler, der das letzte Streichholz wegnehmen muss, hat verloren.

Ein Spielbaum ist eine Darstellung, die die Konsequenz aller möglichen Spielzüge eines Spiels aufzeigt. Jeder Knoten stellt einen möglichen Zug dar, während die «Blätter» die möglichen Spielabschlüsse aufzeigen. Diese Darstellung ist die Grundlage, auf der ein herkömmlicher Computer die Entscheidungen für seine Spielzüge fällt. Nur für ganz einfache Spiele, wie das Nimm-Spiel, ist ein vollständiger Spielbaum darstellbar.

Lösungen

1. Einfache Übersetzungsprogramme haben den Haken, dass sie zwar die Grammatik (Syntax) eines Satzes recht gut analysieren können, die Bedeutung (Semantik) allerdings nicht verstehen. Der Satz «Aschenputtel besuchte den Ball» ist grammatikalisch nicht vom Satz «Aschenputtel warf den Ball» zu unterscheiden, sie haben aber ganz andere Bedeutungen. Gleich verhält es sich mit den Autobahn-Sätzen.

Die Problematik liegt in der Auflösung von Mehrdeutigkeiten, die dem Computer grosse Schwierigkeiten bereitet. Ein Mensch kann sofort aus der Bedeutung von «werfen» und «besuchen» auf die Bedeutung von »Ball« schliessen. Das Erkennen der Bedeutung eines Wortes setzt ein Vorstellungsvermögen voraus, das dem Computer fehlt.

2. Bild a

A B C
I2 B I4

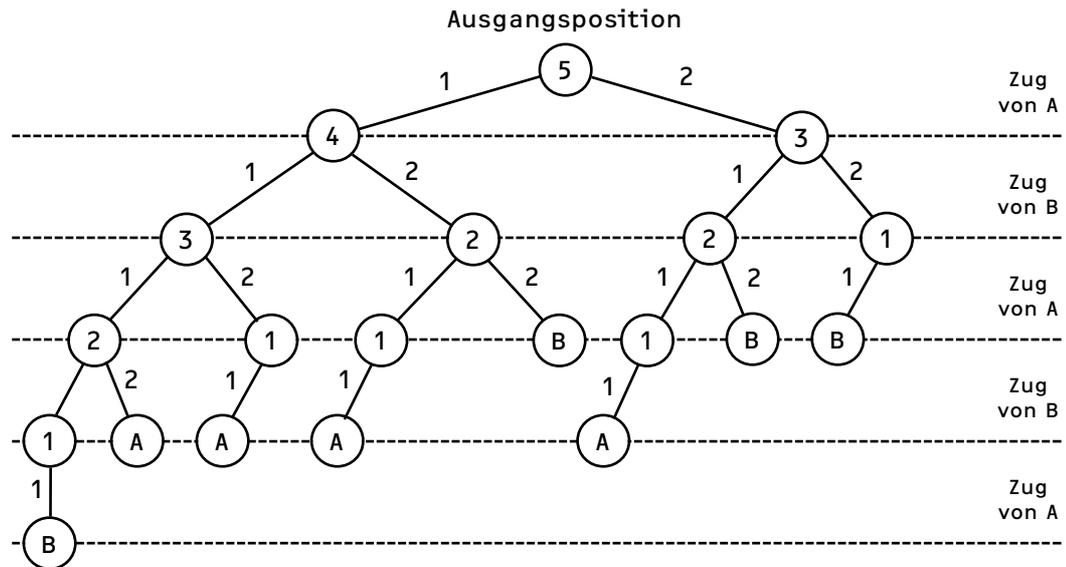
Unsere Wahrnehmung ist nicht immer eindeutig: Einmal interpretieren wir das mittlere Schriftzeichen als die Zahl 13, das andere Mal als den Buchstaben B, je nach Kontext.

Bild b



Menschen, die sich wenig in Räumen aufhalten, nehmen hier eher eine Menschengruppe im Freien wahr (eine Frau trägt einen Kanister auf dem Kopf). Hingegen sehen Menschen, die meistens in Räumen sind, eine Menschengruppe unter einem Fenster.

Unsere Erfahrungen und der Kontext, in dem etwas steht, beeinflussen also unsere Wahrnehmung.



Spielbaum für das Nimm-Spiel: Die Zahlen an den Zweigen bedeuten die Anzahl der entfernten Streichhölzer, die Zahlen in den Knoten geben die Anzahl der verbleibenden Hölzer an. Die Buchstaben in den Endknoten bezeichnen den Gewinner. (nach •Goldschlager 1990, S. 298)

Links

Neuronale Netze

www.mantik.de/de/netze.html
www.gc.ssr.upm.es/inves/neural/ann3/anntutor.htm
www.genesis-sim.org

Tutorial zur Programmierung eines neuronalen Netzes

www.imagination-engines.com/anntut.htm

Übersetzungsprogramm Babelfish

<http://de.altavista.com/pos/babelfish/trns/>

Literaturhinweise

- Mainzer, Klaus: **Gehirn, Computer, Komplexität.** Berlin, Heidelberg 1997.
- Goldschlager, Les/Lister, Andrew: **Informatik. Eine moderne Einführung.** München 1990.

>Ada Wissen: Informationen verarbeiten (Arbeitsblatt)

1. Vergleiche die unten stehenden Sätze und die französischen Übersetzungen, die das Internet-Übersetzungsprogramm BabelFish dazu liefert. Auf welche Schwierigkeiten stösst das Übersetzungsprogramm?

Aschenputtel besuchte den Ball
Le Aschenputtel a visité la boule

Aschenputtel warf den Ball
Le Aschenputtel a jeté la boule

Die Autobahn wurde durch einen Baumeister gebaut
L'autoroute a été construite par un architecte

Die Autobahn wurde durch ein Waldgebiet gebaut
L'autoroute a été construite par un secteur de forêt

2. Zwei verblüffende Beispiele unterschiedlicher Wahrnehmung. Wovon hängt es ab, dass nicht alle Menschen auf diesen Bildern das Gleiche sehen?

A B C
I2 B I4



3. Zeichne einen Spielbaum für das Nimm-Spiel auf.