

Vorwort

Dieses Buch richtet sich vornehmlich an Studierende und Dozenten der Informatik, Informationstechnologie, Mathematik, einschließlich der zugehörigen Lehrämter, Ingenieur- und Neurowissenschaften. Es bietet einen Ansatz zur Neuromathematik und eine ins Einzelne gehende Darlegung des Aufbaus, der Eigenschaften und Programmierweisen von Assoziativmaschinen. Dieses sind frei programmierbare Maschinen, deren Programm- und Datenspeicher aus Assoziativspeichern aufgebaut sind. Da Assoziativmaschinen kein Rechenwerk sondern ein Assoziierwerk besitzen, müssen sie bei Bedarf ihre Rechenfertigkeiten erst erlernen. Das kann auf verschiedene Weise geschehen, wie die ausführlichen Erläuterungen im Kapitel über das Assoziative Rechnen zeigen. Dabei gelangt man zum Einsatz von Variablen, in denen sich Eindrücke und Begriffe sammeln und die unter anderem ein Rechnen auf natürliche Weise beschreiben lassen.

Drei Anwendungsmodelle runden die Beschreibung der Grundlagen der Assoziativmaschine und des Assoziativen Programmierens ab. Dabei erlauben es die bildhaften Ausgaben der Turtle-Modelle in anschaulicher Weise sowohl die Störfestigkeit von Assoziativmaschinen zu untersuchen, als auch die Wirkung verschiedener, absichtlich herbeigeführter Störungen auf die gezeichneten Figuren zu beobachten. Bei den sensorgeführten Anwendungsmodellen wird die Robustheit mittels Veränderungen in der Merkmalsumgebung demonstriert. Diese Toleranzeigenschaften können auch bei realen Vehikeln mit Vorteil genutzt werden, beispielsweise bei Orientierungsaufgaben. Insofern bietet die Beschäftigung mit den drei Anwendungsmodellen in mehrerlei Richtungen die Gelegenheit und Anregung für eigene praktische Versuche.

In diesem Buch geht es nicht um die Probleme und Methoden der Nachbildung physiologischer Strukturen des Gehirns, auch nicht um die vertiefte Analyse der Fähigkeiten von Teilstrukturen, wie etwa der Sehrinde. Es geht auch nicht um Fragestellungen der Neuroinformatik hinsichtlich des Aufbaus von neuromorpher Technik oder etwa der Implantation von Chips, die natürliche Nervenbahnen unterstützen oder ersetzen. Mit solchen Bereichen beschäftigen sich andere Forschergruppen, weltweit. Hier richten wir vielmehr das Augenmerk auf eine mathematische Modellierung der Eigenschaften neuronaler Verbunde, wie sie uns vornehmlich durch eine Beschreibung des Zusammenwirkens von Assoziativmatrizen möglich wird, und auf die sich daraus ergebenden Anwendungen.

Die Beweggründe für unsere Analysen und Entwicklungen waren vielgestaltig und oft auf reale Gehirnfunktionen bezogen. Dazu gehört etwa die „akademische“ Frage, ob Daten wie Prozesse im Gehirn gleichartig repräsentiert sind. So erfordert die Aufgabe **‘Übersetze Fahrrad ins Englische’** das Aufsuchen der Daten zu **Fahrrad** und **englisch** (A) und das Durchführen des Prozesses **übersetze** (B). Es interessiert, ob Daten (A) und Prozesse (B) das gleiche Format haben (können) oder nicht. Nur durch das Beobachten von Gehirnaktivitäten allein, kann es schwierig werden, so etwas sicher zu klären. Daher ergab sich das Motiv zu untersuchen, ob sich Derartiges im Modell nachbilden lässt und wie die Objekte dann aussehen. Inzwischen kann man sagen, dass (A) und (B) bei der Assoziativmaschine nicht unterscheidbar sind, mehr noch, es gilt Analoges auch für Sammlungen von Objekten, Begriffen

und Oberbegriffen, Relationen, „Abstraktionen“ und so fort: alles lässt sich durch Anordnungen von Nullen und Einsen im gleichen Format darstellen oder erzeugen.

Da die Darlegungen in diesem Buch von einer neuartigen, frei programmierbaren Maschine handeln, treten bereits bei der Simulation Probleme und Phasen auf, die an die Genese herkömmlicher Rechner erinnern. Folglich berühren die Themen häufig die Entwicklungslinien für heutige Rechner und die Gestalt jetziger Programmiersprachen. Insofern werden mit den neuartigen Inhalten auch Teile aus historisch bedeutenden Arbeiten (von zum Beispiel John von Neumann, Konrad Zuse, Karl Steinbuch, Klaus Samelson) angesprochen, allerdings ohne strenge Ansprüche an eine wissenschaftliche Vollständigkeit. Für die Lesenden erweist sich, dass die Beschäftigung mit historischen Aspekten als nutzbringend für derzeitige Entwicklungen angesehen werden kann.

Ausgangspunkt einer ausführlicheren Auseinandersetzung mit dem Thema Assoziativmaschine war deren Beschreibung und vollständige Hardware-Simulation im Jahr 2005. Dem gingen Modellierungen voraus, die bis in das Jahr 1989 zurückreichen und deren Software-Simulationen VIDAS genannt wurden. In den nachfolgenden Kapiteln beziehen wir uns ausschließlich auf die fünfte Generation von VIDAS.

Für die fruchtbaren Anregungen, die uns zum Aufbau des Buches seitens des Springer Verlags von Herrn Clemens Heine zuteil wurden, bedanken wir uns sehr. Unser herzlicher Dank geht hinsichtlich der inhaltlichen Beurteilung an die beiden Gutachter Herrn Prof. Dr. Günther Palm, Universität Ulm, und Herrn Prof. Dr. Thomas Wennekers, University of Plymouth. Als gutem und kritischem Geist unserer wöchentlichen Arbeitssitzungen bedanken wir uns bei Herrn Dr. Dipl.-Inform. Fabian Rosenschein, Universität Hildesheim. Für die zahlreichen und spannenden Fragen, Beispiele, Ausarbeitungen und hilfreichen Überlegungen zur Assoziativmaschine danken wir den Studierenden unserer Vorlesungen und Seminare der vergangenen sieben Jahre, für die wir stellvertretend die Herren Ulrich Besenfelder, Marco Janotta und Markus Kiesau nennen möchten, die sich als Ratgeber und als Durchführende der Übungen intensiv mit Problemen der Assoziativen Programmierung auseinandersetzten.

Hildesheim, April 2013

Hans-Joachim Bentz · Andreas Dierks

Neuromathematik und Assoziativmaschinen

Bentz, H.-J.; Dierks, A.

2013, X, 383 S. 300 Abb., 77 Abb. in Farbe., Softcover

ISBN: 978-3-642-37937-6