



Zu der verdienstvollerweise von Philipps angeregten Münchner Tagung über neuronale Netze und mögliche Anwendungen dieser Technologie im Recht, von der im folgenden berichtet wird, hatten die Veranstalter mit einem Text eingeladen, der die folgende Begriffsklärung enthielt:

„Neuronale Netze unterscheiden sich von klassischer Computertechnologie dadurch, daß sie nicht mit einem Prozessor arbeiten (oder einigen wenigen Prozessoren, deren Zusammenarbeit dann genau abgestimmt werden muß), sondern auf Grund der Wechselwirkung einer Vielzahl einfacher Neuronen. Sie werden nicht programmiert, sondern man 'trainiert' ihnen Beispiele an, nach deren Vorbild sie entscheiden. Besonders geeignet sind sie für Aufgaben der Mustererkennung, und zwar speziell wenn es darum geht, auf Grund von unvollständigen oder undeutlichen Daten zu entscheiden: sie konstruieren oder rekonstruieren dann den Einzelfall nach dem Muster' des ihnen Bekannten. Die Netze können auch generalisieren, d.h. in unterschiedlichen Einzelfällen ein gemeinsames Muster erkennen.

Bis jetzt werden neuronale Netze praktisch nur in technischen Bereichen eingesetzt, beispielsweise zur Unterscheidung von Motorengeräuschen. Trotzdem ist der Gedanke, sie auf juristische Gegenstände anzuwenden, keineswegs weit hergeholt, sondern liegt geradezu auf der Hand. Denn was die Netze leisten, wird typischerweise auch von der Jurisprudenz verlangt: Entscheidungen nach Ähnlichkeit, und auf Grund des ganzheitlichen Zusammenspiels einer Vielzahl von Gesichtspunkten, die schon von der Definition her wenig bestimmt sind, und dabei im Einzelnen in einer nicht genau meßbaren Weise mehr oder weniger stark ausgeprägt sein können.“

Neuronale Computer – Philosophie und Praxis

Friedrich Albrecht

Das Institut für Rechtsphilosophie und Rechtsinformatik der Ludwig-Maximilians-Universität veranstaltete am 16./17. März 1990 in München zusammen mit dem italienischen Kulturinstitut München und dem Lehrstuhl für Rechtstheorie der Staatlichen Universität Mailand einen Workshop zum Thema „Neuronale Computer“.

Brass: Grundlagen neuronaler Netze

An den Anfang zu stellen sind hier die Erläuterungen von Harald Brass zu den Grundlagen neuronaler Netze. Wie bei der Gehirnstruktur handle es sich dabei um eine Vielzahl von im Prozesselement nachgebildeten Zellen, die hochgradig miteinander verknüpft seien. Die Information selbst sei nicht in den Zellen, sondern in den Verknüpfungen gespeichert. Deshalb gebe es auch keine meßbare Speicherkapazität neuronaler Netze. Während Ein- und Ausgabeschichten erkennbar sind, arbeiten weitere Schichten verborgen (hidden). In neuronalen Netzen erfolgen viele Arbeitsgänge parallel, nicht mehr sequentiell.

Die Eingabe von Daten fülle nicht etwa ein System auf, sondern sie verändere das Netz in der Struktur der Verknüpfungen. Dies führe zu dem Effekt, daß jedes Lernen auch ein Vergessen (früherer Strukturen) sei.

Fehlertoleranz neuronaler Netze

Im Gegensatz zur herkömmlichen Programmierung seien neuronale Netze fehlertoleranter. Falsche Befehle oder fehlende Eingaben führten nicht zum Absturz des Programms, sondern würden vom Netz verarbeitet oder ersetzt. Ein nachteiliger Ausfluß dieses Verhaltens seien sehr komplexe Strukturen, wobei das Ergebnis nie hundertprozentig vorhersehbar sei. Das Verhalten sei nicht analysierbar und das Ergebnis werde nicht begründet.

Nach der Begrüßung und Einführung durch Prof. Mario G. Losano von der Università Statale di Milano gab Dr. phil. Dipl. Math. Gerhard Dirlich vom Max-Planck-Institut für Psychiatrie München einen Überblick von den Anfängen des Konnektionismus bis zum konkreten Projekt.

Losano: Entwicklungsphasen neuronaler Computer

Losano wies darauf hin, daß man drei bei neuronalen Computern Entwicklungsphasen unterscheiden müsse. Bis etwa 1960 sei die Programmierung von Einzelfällen erfolgt. Danach habe bis etwa 1982 ein analoges Schema das binäre ersetzt. In der heutigen Phase würden Unternetze und Unterprozesse zu ersten Erfolgen neuronaler Netze in der Technik führen. Bei der Fehlerdiagnose an Automobilen und bei der Spracherkennung seien solche ersten Erfolge realisiert worden.

Friedrich Albrecht war Richter am Verwaltungsgericht München und EDV-Beauftragter des Gerichts. Er ist jetzt Richter am Bundespatentgericht.

Dirlich steht nach eigener Bekundung dem neuronalen Computer eher skeptisch gegenüber. Kritik äußerte er auch an dem am gleichen Tag erschienenen Aufsatz „Computer, die so verschlungen wie ein menschliches Gehirn denken“ in P.M. Magazin 4/1990, weil dort zu euphorisch dargestellt werde, daß neuronale Netze „lernen“, sich an neue Situationen „anpassen“ und „kreativ“, „eigeninitiativ“ arbeiten könnten.

Der Entwicklung des neuen Konnektionismus stand nach Dirlich lange Zeit der digital arbeitende Computer entgegen. Das wachsende Unbehagen am digitalen System führte im Jahr 1979 zu einem Paradigmenwechsel. Ein im Jahr 1982 in den USA ausgeschriebener Forschungswettbewerb hatte den Computer als Medium zum Ziel, aus dem sich ein Modell des menschlichen Gehirns erarbeiten läßt, das dann wiederum untersucht werden kann.

Die ausschlaggebende Idee für den konnektionistischen Ansatz der achtziger Jahre war die der wechselwirksamen Aktivität. Der technische Fortschritt der digitalen Computer und die Möglichkeit, Netze mit sehr komplexen Strukturen zu schaffen, schufen die technischen Voraussetzungen, wobei der Rechner mit der alten digitalen Schicht Träger der Simulation ist. Auf einer PC-Steckkarte können heute bereits 3 Millionen künstliche Neuronen untergebracht werden. Laut P.M. Magazin (a.a.O.) werden 74 künstliche Neuronen benötigt, um einen Geländewagen autonom zu steuern.

Am Max-Planck-Institut in München begann man, mit neuronalen Netzen im Bereich der Raumtiefe Sehstörungen zu arbeiten. Dirlich zeigte an Beispielen, daß der Abstand der beiden Augen (Stereodisparität) die Raumtiefe vermittelt. Im Bereich der Photographie kann dies durch zwei in einem Abstand voneinander stehende Kameras erzielt werden, wobei zwischen der Intensität des Raumtiefe-Eindrucks und dem Abstand der Kameras voneinander ein Zusammenhang besteht. Mittels der bekannten Rot-Grün-Brille kann der Betrachter die Raumtiefe dann nachvollziehen. Dreht man die Rot-Grün-Brille um, bringt dies unser Sehsystem in einen Konflikt. Auch anhand normaler, eindimensionaler Photographien können Konflikte des Sehsystems deutlich gemacht werden. Hinsichtlich der Licht- und Schattenverteilung geht das menschliche Sehsystem nämlich davon aus, daß Sonne und Licht von oben kommen. Zur Fähigkeit der Tiefenwahrnehmung gehört daher neben den optischen Sinnesorganen ein bestimmtes Wissen. Letzteres macht konnektionistische Modelle so schwierig.

In der Diskussion zu dem Vortrag Dirlichs wurde darauf hingewiesen, daß neuronale Netze nur Konzepte sein könnten. Da das Programmieren Symbolverarbeitung sei, also nicht konnektionistisch, könne allein durch Programmieren keine künstliche Intelligenz hergestellt werden.

Prof. Renato Boeri vom Instituto Neurologico Nazionale Carlo Besta, Mailand, führte im Anschluß daran in die Organisation des Denkens – vom Standpunkt eines Neurologen aus gesehen – ein. Der Vortrag baute auf klinischen Erfahrungen auf, die sich aber auf theoretische Ansätze stützten. Geist und Gehirn sieht Boeri dabei als Synonyme an. Die Position der Spiritualisten, Geist als eine nicht-physische Kraft anzusehen, die auf das Gehirn und über dieses auf die physische Welt einwirken könne, hält Boeri für unnützlich und schädlich, weil ihr die jahrhundertelange Verspätung beim Erforschen der Gehirntätigkeit zuzuschreiben sei. Boeri sieht demgegenüber den Geist als einen besonderen biologischen Prozeß und eine Funktion des Gehirns.

Die Erforschung der Gehirnfunktion müsse interdisziplinär erfolgen. Studien über künstliche Intelligenz dürften physische Qualitäten nicht außer acht lassen. Wissen sei, nach Mountcastle, die innere und kontinuierliche Umsetzung der Information. Es sei gut nachvollziehbar, wie Schallwellen als Input in elektrischen Impulsen oder neurochemischen Übertragungen bis zur Hirnrinde drängen. Die perzeptorische Erkennung und reizabhängige Bedeutungszuweisung im Gedächtnis lasse sich damit nicht verstehen. Allein mit den Mitteln der Neurologen sei nicht aufzuklären, durch welchen Mechanismus beim Anblick eines Gesichts sofort z.B. eine befreundete Person erkannt werde. Hier müsse der Neurologe Hinweise der Informatiker akzeptieren, um die anatomisch-psychologische Schnittstelle verstehen zu können. Wahrnehmungen würden offenbar aus Modulen, also anatomischen und psychologischen „Schnittstellen“, gebildet, die absolut spezifisch und autonom seien. Demnach seien Input-Systeme Module; die Wahrnehmungsverarbeitung schreite von unten nach oben fort. Der Input berechne; das Zentralsystem glaube.

Als bemerkenswertes Phänomen schilderte Boeri, daß manche Menschen in der Lage

Dirlich: Ein Schuß Skepsis wider „neuronale Euphorie“



Die Forschungen am MPI.

Diskussion zum Vortrag von Dirlich

Boeri: Denken neurologisch betrachtet

Der Input berechnet – das Zentralsystem glaubt.



seien, eine fremde Rede ohne jegliche Verständniseinbuße in kürzester Zeit, ähnlich einem Simultandolmetscher, zu wiederholen. Dies sei möglich, weil die Analysatoren Phonetik, Semiotik, Syntax, Logik und Melodie einer Rede auswerten könnten, ohne sie mit den Engrammen des Gedächtnisses zu vergleichen oder zu verifizieren. Der Hirnrinden-Analysator vereine alles in sich. Damit werde die Organisation der Psyche allmählich klarer. Die Korrelation zwischen Neurologie und der Konnektionismus-Theorie neuronaler Netze scheint Boeri die beste interdisziplinäre Korrelation zu sein.

Konnektionismus: Grundannahmen

Der Konnektionismus gehe davon aus, daß die physischen Eigenschaften der Gehirnmaschine fundamental seien, und versuche, „Geist“ sowie „Intelligenz“ auf künstliche Systeme zu reproduzieren. Diese Systeme bauten auf den strukturellen Prinzipien des Gehirns auf. Zwei Untersuchungsthemata böten sich hier an: Erfindungsgabe und Intelligenz. Die Erfindungsgabe müsse aus einem neuronalen Netz extremster Ausdehnung kommen, wobei das Netz konstant offen gegenüber neuen gedanklichen Explorationen sein müsse. Aufmerksamkeit, Erinnerung und Emotion müßten miteinander kooperieren. Boeri hält die Definition der Intelligenz als Ausdruck der Anpassungsfähigkeit an die Umwelt für akzeptabel – vorausgesetzt, daß zur Umwelt Natur, Menschen und Tiere gehörten. Der Konnektionismus sei der geeignetste Weg zur Untersuchung des Gehirns. Neuronale Rechner, die hochgradig parallel arbeiten könnten, wären hierfür ideale Geräte.

Brass: Ein neuronales Netz zur Schmerzensgeldrechtsprechung

Nach dem theoretischen Vortrag von Prof. Boeri zeigte Harald Brass vom Institut für Rechtsphilosophie und Rechtsinformatik der Ludwig-Maximilians-Universität München Wege und Aufgabenstellungen in der Praxis am Beispiel der deutschen Schmerzensgeldrechtsprechung, wobei ein Netzwerk zur Harmonisierung und Weiterführung von Präjudizien angelegt war.

Ausgehend von der eingangs erwähnten These, Ergebnisse neuronaler Netze seien weder vorhersehbar noch begründet, kam Brass zu der Ausgangs-Annahme, neuronale Netze, die ja kein geschlossenes Regelsystem voraussetzten, seien für die juristische Arbeit eigentlich ungeeignet, da die Rechtsordnung im Normalfall regelgebunden sei. Erst wenn man in den Bereich von Ausnahmen (etwa § 1923 Abs. 2 BGB) oder des unbestimmten Rechtsbegriffs (§ 142 StGB) komme, ergäben sich Einsatzbereiche für neuronale Netze.

Aus der bisherigen Rechtsprechung könnte ein neuronales Netz Lösungen für weitere Fälle finden.

Am Institut für Rechtsphilosophie und Rechtsinformatik der Ludwig-Maximilians-Universität München habe man ein neuronales Netz anhand einer Datenbasis (Schmerzensgeldtabelle gemäß § 847 BGB) trainiert. Der erste Versuch habe zu unbefriedigenden Ergebnissen geführt. Die Rechenmenge sei zu groß gewesen, und daher sei das Zeitverhalten unbefriedigend geworden. Erst die Reduzierung der Eingabekriterien (Art und Umfang der Verletzung unter bestimmten Umständen) habe zu brauchbareren Ergebnissen geführt. Daraus leitete Brass folgende Thesen ab:

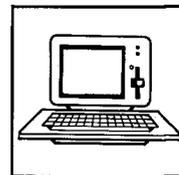
Thesen zur Leistungsfähigkeit neuronaler Netze

- Neuronale Netze versprechen im juristischen Bereich eine enorme Anwendungsmöglichkeit.
- Neuronale Netze sind als Teil eines Regelsystems nutzbar, wenn im ersten Schritt (asoziativ) das Ergebnis gefunden wird, das in einem zweiten Schritt (durch ein Expertensystem) begründet wird.
- Ein Tendenzwandel wird von neuronalen Netzen nur langsam akzeptiert und umgesetzt.

Als Schwäche aller case law-Systeme bezeichnete Brass, daß sie sehr viele Urteile benötigten. Dies gelte auch für den Trainingsbedarf bei neuronalen Netzen (back-propagation). Dabei werden dem neuronalen Netz Aufgaben gestellt und rückgemeldet, ob die Lösung richtig war, bis die Fehlerrate hinnehmbar erscheint.

Diskussion: Eber Skepsis

In der Diskussion hierzu gab Prof. Traunmüller aus Linz zu bedenken, daß sich neuronale Netze bei dem vorgestellten Anwendungsbereich von statistischen Methoden kaum unterscheiden. Stefan Bischoff von der Dokumentationsstelle des Bundesverfassungsgerichts gab zu bedenken, daß mit dem Input bereits ein Zusammenhang, d.h. eine Verknüpfung, vorgegeben werde. Allgemein wurde in der Diskussion, z.T. informell am Rande der Tagung, die Ansicht vertreten, daß richterliche Entscheidungsfindung we-



sentlich mehr Kriterien (bewußt und unbewußt) berücksichtige, als dies in den derzeit Einsatzfähigen neuronalen Netzen möglich sei. Als besonders schwierig wurde es empfunden, dem System die unbewußten Kriterien vorzugeben. Dabei wurde befürchtet, daß das System nicht immer erkennen könne, ob eine Verknüpfung zwischen zwei vorgegebenen Kriterien unsinnig sein könnte. Diese Gefahr ist um so größer, je mehr Neuronen in verborgenen Schichten vorhanden sind, da das Netz dann jede denkbare Verknüpfung herstellt und „speichert“. Hier scheint die Vorauswahl dessen, der dem neuronalen Netz die Anknüpfungspunkte gibt, von entscheidender Bedeutung. Zwischen dem Aussterben von Störchen und dem Rückgang der Geburtenquote würde ein neuronales Netz, wenn man ihm beide Kriterien vorgeben würde, unschwer einen Zusammenhang herstellen, der allenfalls einem unaufgeklärten Kleinkind nachvollziehbar wäre. Daher wurde allgemein bezweifelt, ob über neuronale Netze für den Richter Entscheidungsunterstützung erzielt werden kann. Hingegen versprachen sich einige Diskussionsteilnehmer neue und aufschlußreiche Erkenntnisse über den Entscheidungsvorgang an sich, da die Arbeit mit neuronalen Netzen ein Hinterfragen juristischer Methoden notwendig macht.

Weniger mit der juristischen Arbeit befaßte sich Dr. Hans-Georg Zimmermann von der Siemens AG in seinem Vortrag zur Planungs- und Entscheidungsunterstützung mit neuronalen Netzwerken. Für den Bereich der Risikoanalyse und der Verhaltensforschung zeigte Zimmermann, daß der Weg über das Modell und die Strukturanalyse zur Prognose führe. Die daraus resultierende Szenarienanalyse könnte Entscheidungsfindung optimieren.

Die Teilnehmer der Veranstaltung im italienischen Kulturinstitut München konnten sich außerhalb der Vorträge ein neuronales Netz auf einem PC vorführen lassen. Helmut Steinecker von der ECN Neurocomputing GmbH Ismaning stellte dieses System vor. Der Frage naheliegender Anwendungen neuronaler Netze in der Rechtswissenschaft ging Prof. Dr. Lothar Philipps in seinem Vortrag nach.

Das Problem der „unsinnigen Verknüpfungen“

Bedeutung für die juristische Methodenforschung?

*Zimmermann:
Planungsunterstützung durch neuronale Netze*