UNIVERSITÄT DORTMUND
FACHBEREICH INFORMATIK

LEHRSTUHL VIII
KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

Lehrstuhl für
Künstliche Intelligenz
Prof. Dr. Katharina Morik

LS–8 Report 0

Dortmund, 22. Februar 1994

Universität Dortmund
Fachbereich Informatik

University of Dortmund
Computer Science Department

Forschungsberichte des Lehrstuhls VIII (KI),
Fachbereich Informatik
der Universität Dortmund

ISSN 0943-4135

Anforderungen an:

Universität Dortmund
Fachbereich Informatik
Lehrstuhl VIII
D-44221 Dortmund

Research Reports of the unit no. VIII (AI)
Computer Science Department
of the University of Dortmund

ISSN 0943-4135

Requests to:

University of Dortmund
Fachbereich Informatik
Lehrstuhl VIII
D-44221 Dortmund

e-mail: reports@ls8.informatik.uni-dortmund.de
ftp: kimo.informatik.uni-dortmund.de:pub/Reports

Lehrstuhl für
Künstliche Intelligenz
Prof. Dr. Katharina Morik
Dr. Joachim Hertzberg
Siegfried Bell
Volker Klingspor
Anke Rieger
Steffo Weber
Andreas Greve
Heike Rapp

LS–8 Report 0

Dortmund, 22. Februar 1994

Universität Dortmund
Fachbereich Informatik

Inhaltsverzeichnis

1 Künstliche Intelligenz

Der 1991 neu eingerichtete Lehrstuhl VIII der Informatik vertritt die Künstliche Intelligenz in Lehre und Forschung. Der Gegenstand dieses Gebietes ist die operationale Beschreibung von Tätigkeiten, die beim Menschen als intelligent betrachtet werden. Solche Tätigkeiten sind etwa das Verstehen und Generieren natürlicher Sprache, das Lösen komplexer Probleme, das Planen und das Lernen. Die Künstliche Intelligenz verfolgt drei Ziele. Zum einen geht es darum, Systeme zu entwickeln, die den menschlichen Benutzer auch bei unstrukturierten und komplexen Aufgaben unterstützen können. Zum anderen erlaubt die Formalisierung von Aspekten intelligenten Verhaltens theoretische Aussagen, etwa über die Komplexität bestimmter Tätigkeiten. Schließlich wird in interdisziplinären Studien versucht, psychologische oder linguistische Modelle menschlichen Verhaltens anhand ihrer formalen Rekonstruktion als Computersystem zu überprüfen: das System ist – wie ein Buch – eine Beschreibung menschlichen Verhaltens, erlaubt aber Experimente, die mit einem Text nicht durchführbar sind. Durch diese Ziele ist die Künstliche Intelligenz innerhalb der Informatik mit dem Software Engineering und der theoretischen Informatik und außerhalb mit den Fächern Linguistik und Psychologie verbunden.

Der Forschungsschwerpunkt am Lehrstuhl VIII ist die Repräsentation von Wissen, die Wissenserhaltung und -revision sowie der Erwerb von Wissen. Insbesondere werden maschinelle Lernverfahren entwickelt und ihre Anwendungen für verschiedene Bereiche untersucht. Dabei wird ein logik-basierter Ansatz verfolgt. Dieser Ansatz geht über die klassischen Lernverfahren insofern hinaus, als er eine ausdrucksstärkere Repräsentation – nämlich eine eingeschränkte Prädikatenlogik statt einer Attribut-Werte-Repräsentation – verwendet und Hintergrundwissen in das Lernen einbezieht. Im Gegensatz zu Lernverfahren bei neuronalen Netzen wird beim logik-basierten Ansatz darauf geachtet, daß das maschinelle Lernen transparent und das Lernergebnis verständlich für die Benutzer des Lernsystems ist, so daß sie das System kontrollieren können. Der Lehrstuhl VIII arbeitet eng mit der Gruppe für maschinelles Lernen an der Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung (GMD) in St. Augustin zusammen. Bis zum Projektende im Juni 1993 vertrat Katharina Morik die Arbeiten an der GMD für das ESPRIT-Projekt „Machine Learning Toolbox“ (P 2154) nach außen. Es wurde das System MOBAL entwickelt, das verschiedene Werkzeuge zur Anwendung und Wartung von Wissensbasen integriert, darunter maschinelle Lernverfahren, Wissensrevision, die automatische Erstellung eines Verbands von Klassen von Objekten (Sorten) und die Abstraktion von Inferenzstrukturen. MOBAL wurde 1992 und 1993 auf der CeBIT gezeigt. Über anonymen File Transfer wurde MOBAL weltweit an über 30 Benutzer abgegeben.

2 Lehre

2.1 Regelmäßige Vorlesungen und Kurse

- „Künstliche Intelligenz“

Alle zwei oder drei Semester wird die Vorlesung „Künstliche Intelligenz“ mit Übungen angeboten. Die Vorlesung, zu der auch ein Skript herausgegeben wird, vermittelt Grundlagen der Künstlichen Intelligenz.

- „Prolog“

  In möglichst zweisemestrigem Turnus wird ein Prolog-Kurs angeboten, der Grundkenntnisse des logischen Programmierens und den Gebrauch von Prolog als universaler Programmiersprache vermittelt.

2.2 Seminare

- „Lernen und Logik“, WS 1991/92.
- „Abstraktion“, SS 1992.
- „Wissensrevision“, WS 1992/93.
- „Anwendungen von Lernverfahren“, SS 1993.
- „Ausgewählte Bereiche der Handlungssteuerung“, WS 1993/94 und SS 1994.

2.3 Projektgruppen

- Projektgruppe „Analyse eines Lernsystems“, SS 1992, WS 1992/93.

  Die Projektgruppe 205 „Analyse eines Lernsystems“, die von Katharina Morik und Anke Rieger mit 14 StudentInnen durchgeführt wurde, beschäftigte sich mit Problemen der Modellierung und untersuchte das System MOBAL. Während zwei Kleingruppen die einzelnen Phasen des Wissenserwerbs – von der Wissenserhebung bis zum Aufbau eines lauffähigen Beratungssystems – bearbeiteten, konzentrierten sich zwei andere Kleingruppen auf den Vergleich von MOBALs Lernverfahren RDT (rule discovery tool) mit dem Lernverfahren FOIL [1]. Ein Abschlußbericht von über 400 Seiten liegt vor.

- Projektgruppe „wie konstruiere ich eine Logik“, SS 1994, WS 1994/95.

  Mit Beginn des SS 1994 wird eine PG zum Thema „wie konstruiere ich eine Logik“ durchgeführt. Die Studierenden sollen hierbei lernen, eine Semantik zu formulieren, deren Folgerungsbegriff anschließend durch einen Kalkül zu beschreiben und mit Hilfe des generischen Theorembeweisers ISABELLE zu implementieren. Der Schwerpunkt wird hierbei auf intuitionistischer Logik und Logiken höherer Ordnung liegen.

2.4 Diplomarbeiten

Peter Brockhausen

Anwendung eines maschinellen Lernverfahrens auf relationale Datenbanken

Ziel der Arbeit ist es, einen Algorithmus in Prolog zu entwerfen und zu implementieren, der eine Datenbank und ein Datenbankschema als Eingabe bekommt – eventuell mit weiterem Hintergrundwissen – und daraus versucht, im Rahmen der Wissensentdeckung in Datenbanken neue Informationen über die Datenbank zu gewin-

[1] Quinlan, J.R. : Learning Logical Definitions from Relations; In :*Machine Learning*, Vol. 5, pp.239-266, 1990.

nen. Dies können weitere noch unbekannte funktionale oder mehrwertige Abhängigkeiten oder Integritätsbedingungen sein. Als Algorithmus wird auch eventuell ein bekanntes Verfahren verwendet, das entsprechend auf den Sachverhalt angepaßt wird. Im Rahmen der Arbeit muß auch das Problem gelöst werden, wie aus Prolog heraus SQL-Anfragen an die Datenbank gestellt werden und wie die Daten wieder zurück in Prologterme übersetzt werden können.

Guido Lindner
Anwendung eines logik–orientierten Lernverfahrens auf relationale Datenbanken

Im Rahmen der Wissensentdeckung in Datenbanken (DB) mit Hilfe von maschinellen Lernverfahren soll RDT auf relationale Datenbanken angewendet werden. Das Ziel einer solchen Anwendung ist die Gewinnung neuer Informationen und Zusammenhänge aus bestehenden DB.

RDT ist ein logik–orientiertes Verfahren, bei dem das Lernergebnis in eingeschränkter Prädikatenlogik vorliegt[2]. Das Verfahren durchsucht vollständig einen deklarativ eingeschränkten Hypothesenraum.

Schwerpunkte der Arbeit sind die Verbindung der relationalen Repräsentation der DB mit der eingeschränkten Prädikatenlogik von RDT und die algorithmische Kopplung der Systeme.

Marcus Lübbe
Datengesteuertes Lernen von syntaktischen Einschränkungen des Hypothesenraumes für modellbasiertes Lernen

Beim logik-orientierten Lernen ist es notwendig, die Komplexität des vorzunehmenden induktiven Schlusses zu reduzieren. Durch die Verwendung von Regelschemata lassen sich syntaktische Einschränkungen des zu lernenden Begriffes vorgeben. Thema der Diplomarbeit ist die Entwicklung eines Verfahrens zum Lernen von Regelschemata.

Martin Mühlenbrock
Reihenfolgeabhängigkeiten bei der Theorieentwicklung

Im Programm *Learning in Humans and Machines* der European Science Foundation wird menschliches Lernen im Rahmen des Maschinellen Lernens untersucht. Eine Arbeitsgruppe beschäftigt sich mit Reihenfolgeabhängigkeiten beim Lernen. Menschliches Lernen wird grundlegend durch bereits vorhandenes Wissen beeinflußt. Zum einen bestimmt dieses Vorwissen, welche Hypothesen bei der Begriffsbildung in Betracht gezogen werden. Zum anderen können neue Informationen zu tiefgreifenden Veränderungen in den vorhandenen Begriffsstrukturen führen.

In einer Studie[3] wurden Erklärungen von Kindern verschiedener Altersstufen für den Tag/Nacht–Zyklus untersucht. Durch die Modellierung der kindlichen Vorstellungen im System MOBAL soll die Abhängigkeit des Lernergebnisses vom Hintergrundwissen beschrieben werden. Anhand formaler und operationaler Modelle der kindlichen Erklärungen soll

[2] J.-U. Kietz, S. Wrobel: Controlling the complexity of learning in logic through syntactic and task–oriented models. In S. Muggleton, editor, *Inductive Logic Programming*, Academic Press, San Diego, CA, 1992, pages 335–359.

[3] S. Vosniadou, W. F. Brewer: Mental models of the day/night cycle. *Cognitive Science*, 1993. to appear

untersucht werden, wie die Reihenfolge von Beispielen und die bereits erfolgte Begriffsbildung das Lernergebnis beeinflussen.

Uschi Robers

Ein wissensbasierter Ansatz zur Analyse von Monte–Carlo–Studien

Die Diplomarbeit umfaßt die Entwicklung eines Assistenz– bzw. Beratungssystems, das den Benutzer bei der Analyse von Fall–Kontroll–Studien unterstützt. Ziel dieser Analyse ist die Schätzung des sog. Odds Ratios, für die eine Reihe verschiedener statistischer Methoden zur Verfügung steht. Bei dem Problem, die für die jeweilige Situation günstigste Methode auszuwählen, soll der Benutzer durch das System beraten werden. Für die Auswahl eines Schätzers sind Informationen über ihre finiten Eigenschaften aus umfangreichen Monte–Carlo–Studien erforderlich. Zur Auswertung solcher Simulationsstudien wird das System MOBAL benutzt, das mit Hilfe des Maschinellen Lernens Regeln zur Auswahl der statistischen Methoden liefern soll.

Die Diplomarbeit entsteht in Zusammenarbeit mit dem Fachbereich Statistik der Universität Dortmund.

Stefan Sklorz

Lernen wahrnehmungsorientierter Handlungsmerkmale

Das zentrale Anliegen der Dortmunder Arbeitsgruppe innerhalb des ESPRIT Projektes B-Learn II ist, eine Lösung für das Navigationsproblem autonomer, mobiler Roboter in unbekannter, veränderlicher Umgebung zu finden. Zu diesem Zweck wird eine geeignete Begriffsstruktur benötigt, deren Aufbau sich einzig auf die vom Roboter aufgenommenen Sensordaten der Umgebung in Abhängigkeit von seinen Aktionsausführungen stützen kann. Eine Begriffsrepräsentation bedarf daher sowohl bestimmter Handlungsmerkmale – diese sind wahrnehmungsorientiert – als auch entsprechender Wahrnehmungsmerkmale – diese sind handlungsorientiert. Erst mit ihrer Integration werden operationale Begriffe verfügbar, mit deren Hilfe eine Objekterkennung, eine Handlungsbestimmung zur Objekterkennung und letztlich auch eine Handlungsausführung möglich werden.

Während bereits erste erfolgversprechende Verfahren zum Lernen von Wahrnehmungsmerkmalen entwickelt wurden[4], ist die Modellierung der Handlungsseite bis dato ungelöst. Einen Beitrag zur Lösung zu liefern, ist das Ziel der Diplomarbeit.

Stephanie Wessel

Entwicklung eines Verfahrens im Bereich des Identifikationslernens : Lernen grundlegender Wahrnehmungsmerkmale von Robotern aus Sensordaten

Im Rahmen des Forschungsprojektes B-Learn II (ESPRIT P 7274) müssen Sensordaten zu einer abstrakteren Form verarbeitet werden, sogenannten Basismerkmalen. Aus diesen Basismerkmalen lernt RDT, ein logik–orientiertes Lernverfahren, Regeln für operationale Konzepte[5]. Der Lernerfolg von RDT hängt u.a. von der Qualität der Basismerkmale ab.

[4]Katharina Morik, Anke Rieger: Learning Action-Oriented Perceptual Features for Robot Navigation. *LS-8 Report Nr.3*, Univ. Dortmund, 1993.

[5]J.-U. Kietz, S. Wrobel: Controlling the complexity of learning in logic through syntactic and task–oriented models. In S. Muggleton, editor, *Inductive Logic Programming*, Academic Press, San Diego, CA, 1992, pages 335–359.

Schwerpunkt der Arbeit ist die Entwicklung eines Lernverfahrens im Bereich des Identifikationslernens, mit Hilfe dessen möglichst gute Basismerkmale gelernt werden können.

Weitere Diplomarbeiten sind in Vorbereitung.

3 Forschung

3.1 Projekte

3.1.1 I L P - Inductive Logic Programming

Das ILP-Lernproblem besteht darin, aus - möglicherweise unvollständigem - Hintergrundwissen und Beispielen Hypothesen induktiv zu folgern, so daß das Hintergrundwissen zusammen mit den Hypothesen (fast) alle positiven Beispiele ableitet, aber (fast) keine negativen.

Ziel des Projektes ist die Verbesserung der klassischen, empirischen Lerntechniken hin zu logikbasierten Methoden. Damit versucht ILP zwei der bisherigen Haupteinschränkungen zu überwinden:

1. eine Erweiterung der einfachen Wissensrepräsentationsformalismen wie etwa Attribut-Wert Paare hin zu eingeschränkter Prädikatenlogik
2. die Einbindung von Hintergrundwissen in den Lernprozeß.

Die Idee von ILP läßt sich durch ein Beispiel illustrieren :

Positive Beispiele:
member(1,[1,2,3]).
member(1,[2,1]).
member(2,[3,4,2,5]).
member(3,[3]).

Negative Beispiele:
member(3,[4,5,6]).
member(1,[]).
member(7,[1,2,3]).

Anhand dieser Beipiele wird nun induktiv etwa folgendes Programm gefolgert :

member(A,[A|_]).
member(A,[_|B]):-member(A,B).

Hauptpartner:

- Prof. M. Bruynooghe
  Dr. L. De Raedt (Koordinator)
  Katholieke Univ. Leuven (B)
- Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung (GMD), Bonn (D)
- Univ. Stuttgart (D)
- Univ. Oxford (GB)
- Univ. Paris Sud (F)
- Univ. Turin (I)

weitere Partner:

- Forschungsinstitut für Anwendungsorientierte Wissensverarbeitung (FAW) Ulm (D)
- Univ. Stockholm (S)
- Jozef Stefan Institute, Ljubljana, Slovenien
- Univ. Tilburg (NL)
- Turing Institute, Glasgow (GB)
- Univ. Dortmund (D)

Mitarbeiter der UniDo am LS VIII:
Siegfried Bell, Steffo Weber
Studenten:
Marcus Heinen, Guido Lindner

Förderung: ESPRIT P 6020
Zeitraum: 1.9.1992 - 31.8.1995

3.1.2 MLnet - Europäisches Netzwerk für Maschinelles Lernen

Ziel des Netzwerkes ist die Koordination und Förderung von Forschung und Entwicklung im Bereich des Maschinellen Lernens in Europa. Das Netzwerk sammelt Informationen und stiftet Verbindungen zwischen AnwenderInnen und EntwicklerInnen von Lernverfahren.

Dazu gibt es einige Arbeitskreise im Netzwerk:

Industrial Liaison- ein Arbeitskreis, der einen Überblick über die Arbeiten in der Industrie erstellt und Anwendungen unterstützt;
Leitung: Yves Kodratoff

Research Organisation - ein Arbeitskreis, der die verschiedenen Projektanträge und Projekte im Bereich des Maschinellen Lernens koordiniert;
Leitung: Lorenza Saitta

Training - ein Arbeitskreis, der einen Überblick über die Lehre in Europa erstellt, Empfehlungen dazu ausarbeitet, Weiterbildungsmaßnahmen organisiert und die Beschäftigung von StudentInnen mit Maschinellem Lernen fördert;
Leitung: Katharina Morik

Electronic Communication - ein Arbeitskreis für die vollständige Vernetzung aller Knoten des Netzwerkes über elektronische Post;
Leitung: Bob Wielinga

Written Communication - ein Arbeitskreis, der einen vierteljährlichen Rundbrief des Netzwerkes erstellt. Leitung: Derek Sleeman

Da das Netzwerk vor allem Informationen weitergibt, Verbindungen herstellt und Vorhaben koordiniert, ist es darauf angewiesen, daß alle, die im Bereich des Maschinellen Lernens etwas unternehmen, das Netzwerk davon unterrichten. Der Informationsfluß wird jeweils von den HauptpartnerInnen hergestellt.
Für Deutschland heißt dies: Katharina Morik sammelt die Informationen über Forschung, Entwicklung, Anwendung, Lehre in Deutschland und leitet sie an die Arbeitskreise weiter.
Dazu wurde ein ftp-Bereich auf ihrem Rechner eingerichtet, so daß die Informationen für jeden verfügbar sind.

ftp kimo.informatik.uni-dortmund.de
username: ftp
password: eigene host id oder e-mail Adresse
cd pub/MLNet

HauptpartnerInnen:

- Prof. Derek Sleeman, Univ. Aberdeen (GB)
- Dr. R. Bisio, CSELT (I)
- Prof. Maurice Bruynooghe, Katholieke Univ. Leuven (B)
- Prof. Yves Kodratoff, Univ. Paris-Sud (F)
- Prof. Ramon Lopez de Mantaras, CEAB Blanes (E)
- Prof. Katharina Morik, Univ. Dortmund (D)
- Tim Parsons, British Aerospace (GB)
- Prof. Lorenza Saitta, Univ. Turin (I)
- Dr. Marc Uszynski, Alcatel Alsthom Recherche (F)
- Prof. Bob Wielinga, Univ. Amsterdam (NL)

weitere Partner:

ARIAI, Wien (A); Univ. Bari (I); Bradford Univ. (GB); Coimbra Univ. (P); CRIM-ERA, Montpellier (F); FORTH, Kreta (H); Univ. Frankfurt (D); GMD Birlinghoven (D); Univ. Kaiserslautern (D); Univ.Karlsruhe (D); Ljubljana AI Labs (Sl); Nottingham Univ. (GB); Oporto Univ. (P); Univ. Paris VI (F); Univ. Pavia (I); Reading Univ. (GB); Savoie Univ. (F); Stockholm Univ. (S); Tilburg Univ. (NL); Trinity College, Dublin(IE); Ugo Bordoni Foundation, Rom(I); VUB, Brüssel (B); ISoft (F); Matra Marconi Space(F); Siemens (D).

Mitarbeiterin der UniDo am LS VIII:
Katharina Morik

Förderung: ESPRIT P 7115
Zeitraum: 1.10.1992 - 1.10.1995

3.1.3 B-Learn II - Behavioural Learning

Ziel dieses Projektes ist, Methoden des Maschinellen Lernens in der Robotik anzuwenden, um die langen Einrichtungs- bzw. Umrüstungszeiten bei Roboteranwendungen zu verkürzen und die Bedienung von Robotern menschengerechter zu gestalten.

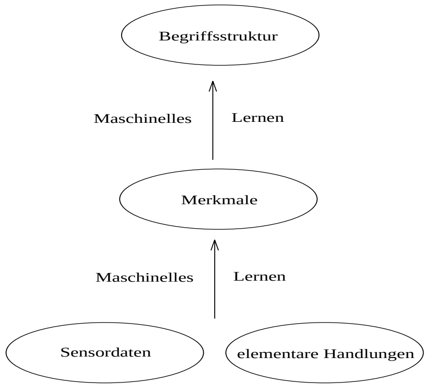
Die Forschungsaktivitäten beziehen sich auf zwei exemplarisch ausgewählte Arbeitsfelder: die Handhabung und die Navigation. Beispielsweise werden Lernverfahren für bereits existierende Handhabungssysteme und für die Navigation eines mobilen Roboters entwickelt.

Der Lehrstuhl VIII integriert logik-basiertes Maschinelles Lernen in die Navigation.

Ein Ziel dieses Arbeitsbereiches ist nun, daß einem Roboter ein Befehl gegeben werden kann wie zum Beispiel: "Geh durch die Tür, dann links, dann bis zum Schrank, dann halte an." Dazu ist es erforderlich, daß der Roboter erkennen kann, was eine Tür oder ein Schrank ist. Ebenso muß der Roboter eine Tür finden und die Bewegung nach links flexibel den unterschiedlichen Gegebenheiten anpassen können.

Es wird eine Repräsentation von Begriffen wie etwa „Tür“ oder „Schrank“ benötigt, die Wahrnehmungsinformationen und Handlungsinformationen integriert.

Eine hierarchische Konzeption von Lernschritten, die von Sensor- und Aktionsdaten ausgehend zu einer Struktur *operationaler Begriffe* führt, wurde erarbeitet.



Erste Experimente zum Maschinellen Lernen von handlungsbezogenen Wahrnehmungsmerkmalen konnten mithilfe von MOBAL* erfolgreich durchgeführt werden.

Förderung: ESPRIT P 7274, Land NRW

Zeitraum: 1.9.1992 - 1.9.1995

HauptpartnerInnen:

- Prof. Rüdiger Dillmann, Univ. Karlsruhe (D) (Koordinator)
- Prof. Carme Torras und Prof. Luis Basañez, Univ. Politecnica de Catalunya (E)
- Prof. Katharina Morik, Univ. Dortmund (D)
- Prof. Gianni Vernazza, Univ. Genua (I)
- Prof. Hendrik van Brussel, Katholieke Univ. Leuven (B)
- Prof. Adolfo Steiger-Garçao, Univ. nova de Lisboa (P)
- Prof. Attilio Giordana, Univ. Turin (I)

MitarbeiterInnen der UniDo, LS VIII:
Volker Klingspor, Katharina Morik, Anke Rieger
StudentInnen:
Stefan Sklorz, Stephanie Wessel

* MOBAL (Kap. Weitere Veröffentlichungen [24]) ist eine Entwicklung der Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung mbH, Birlinghofen

3.1.4 LHM - Learning in Humans and Machines

LHM ist das erste interdisziplinäre europäische Programm zum Thema Lernen. Der Vergleich und die Verbindung der Erforschung menschlichen Lernens mit Verfahren des Maschinellen Lernens bilden die Leitlinien des Programms.

Arbeitsbereich 1: Representation Changes in Learning
Welchen Einfluß hat die Darstellung von Informationen auf den Lernerfolg, und wie werden Darstellungen verändert?

Arbeitsbereich 2: Multiobjective Learning
Welche Anforderungen werden an die Darstellung und Verarbeitung von Wissen gestellt, wenn es gleichzeitig verschiedenen Aufgabenstellungen dienen soll?

Arbeitsbereich 3: Learning Strategies to Cope with Sequencing Effects
Welche Rolle spielt die Reihenfolge von Beispielen/Beobachtungen und das Vorhandensein bereits erworbener Begriffe für das Erlernen eines Begriffs? (hier Mitarbeit von UniDo, LS VIII)

Arbeitsbereich 4: Situated Learning and Transfer
In welchen Situationen wird gelernt, und welchen Einfluß hat der Kontext auf das Lernergebnis?

Arbeitsbereich 5: Collaborative Learning
Wie kann die Zusammenarbeit Mensch/Mensch, Mensch/Maschine und Maschine/Maschine beim Lernen wirkungsvoll unterstützt werden?

PartnerInnen:

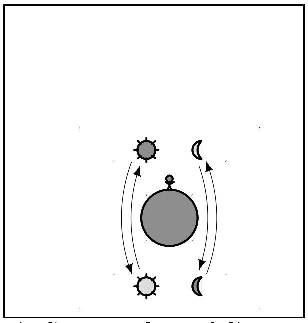
Pierre Dillenbourg, Univ. Genf (CH); Paul Light, The Open University (GB); Timothy O'Shea, The Open University (GB); Lorenza Saitta, Univ. Turin (I); Maarten van Someren, Univ. Amsterdam (NL); Hans Spada, Univ. Freiburg (D) (Koordinator)

weitere PartnerInnen:

Michael Baker (F); Agnés Blaye (F); J. Bliss (GB); Erik de Corte (B); Luc DeRaedt (B); Karl T. Eloranta (FIN); Werner Emde (D); Carl-Gustav Jansson (S); Daniel Kayser (F); Jean-Louis Lebrave (F); Erno Lehtinen (FIN); Heinz Mandl (D); Patrick Mendelsohn (CH); Katharina Morik (D); Igor Mozetic (A); Claire O'Malley (GB); Georgios Philokyprou (G); Peter Reimann (D); Alexander Renkl (D); Roger Säljö (S); Andrée Tiberghien (F); Pietro Torasso (I); Walter van de Velde (B); Gèrard Vergnaud (F); Stella Vosniadou (G)

Mitarbeiterin der UniDo, LS VIII:
Katharina Morik
Student:
Martin Mühlenbrock

Förderung: European Science Foundation
Zeitraum: 1993 - 1998

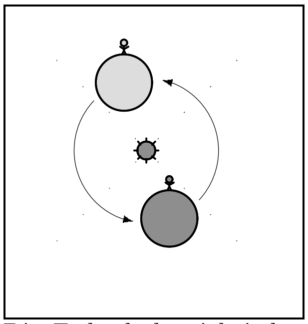


Die Sonne geht auf die andere Seite der Erde und der Mond steigt auf.

Eine Untersuchung im Arbeitsbereich 3 beschäftigt sich mit den Erklärungen von Kindern verschiedener Alterstufen für den Tag/Nacht-Zyklus.

Die Formalisierung der Erklärungsmodelle soll aufzeigen, wie der kindliche Wissenserwerb von der Verfügbarkeit wissenschaftlicher Informationen und bereits erfolgten Begriffsbildungen abhängt.

Aus den frühkindlichen Erklärungen, die auf alltäglichen Beobachtungen beruhen, ("die Erde ist flach", "Wolken verdecken oft die Sonne") entwickeln sich durch wissenschaftliche Informationen ("die Erde ist rund", "die Erde dreht sich um sich selbst") Zwischenmodelle.



Die Erde dreht sich jeden Tag um die Sonne.

3.1.5 ILPnet: Pan-European Scientific Network

Dieses Netzwerk basiert auf dem ESPRIT III Projekt Nr. 6020 „Inductive Logic Programming (ILP)“. Im Einklang mit den langfristigen Zielsetzungen des ILP-Projektes (ESPRIT P 6020) beschäftigen sich die Wissenschaftler des ILPnet mit grundlegenden theoretischen Fragen, mit dem Design und der Implementierung von prototypischen Systemen und deren empirischer Evaluierung sowie der Anwendung dieser Systeme auf praxisnahe Probleme.

Die Hauptaufgaben des Netzwerkes lassen sich wie folgt charakterisieren:

- Unterstützung und Erweiterung der existierenden Kommunikationskanäle zwischen den Partnern im Netzwerk
- Schaffung der Teilnahmemöglichkeit an speziellen Arbeitstreffen, die die Kontakte unter den Wissenschaftlern fördern sollen
- Koordinierung der ILP-Forschungsaktivitäten unter den Partnern im Netzwerk
- Veröffentlichung der Forschungsergebnisse

Mitarbeiter der UniDo, LS VIII:
Siegfried Bell, Steffo Weber

Förderung: PECO CIPA351OCT92 0044
Zeitraum: 1.7.1993 - 30.6.1996

Partner:

- Ljubljana AI Labs, Slowenien
- Katholieke Univ. Leuven, (B)
- GMD, Bonn, (D)
- Univ. Turin, (I)
- Univ. Dortmund, (D)
- Univ. Stockholm, (S)
- Univ. Stuttgart, (D)
- Univ. Porto, (P)
- Tilburg Univ., (NL)
- Univ. Paris-Sud, (F)
- Oxford Univ., (GB)
- Bulgarian Academy of Sciences, (BG)
- Czech Technical Unic, Prag, Tschechei
- Faculty of Technical Sciences, Maribor, Slowenien
- Austrian Research Institute, Wien, (A)
- Research Inst. for Informatics, Bukarest, (RO)

3.2 Doktorandenseminar

Jede Woche, abwechselnd an der Universität Dortmund und an der GMD, findet das dreistündige Doktorandenseminar statt, in dem DoktorandInnen über ihre aktuellen Probleme und Lösungsvorschläge vortragen und dann darüber detailliert und kritisch diskutiert wird. Neben den DoktorandInnen am Lehrstuhl VIII und an der GMD nehmen auch auswärtige DoktorandInnen, deren Erstbetreuerin Katharina Morik ist, und solche, für die Katharina Morik Zweitgutachterin ist, an dem Seminar teil. Außerdem kommen bereits Promovierte, aber immer noch an intensiver, offener Auseinandersetzung mit Maschinellem Lernen Interessierte zum Vortragen und Diskutieren.

Siegfried Bell
Universität Dortmund, LS VIII

Logik-basiertes Lernen

Logik-basiertes Lernen kann als ein Schluß von gegebenen positiven und negativen Beispielen und Hintergrundwissen auf eine Hypothese in einer logischen Sprache gesehen werden. Meist dient innerhalb des Gebiets induktives logisches Programmieren (ILP) dazu eine eingeschränkte Form der Prädikatenlogik erster Stufe. Bisherige Semantiken innerhalb des logischen Programmierens können hierzu nicht verwendet werden und müsssen deshalb modifiziert werden, da innerhalb des logikbasierten Lernens eine Open World Assumption im Gegensatz zu der Closed World Assumption verwendet wird. Die Open World Assumption kann beispielsweise durch die Einführung eines weiteren Wahrheitswertes adäquat berücksichtigt werden.

Weitere zu berücksichtigende Annahmen und Einschränkungen ergeben sich aus dem jeweiligen Anwendungsbereich. So kann logik-basiertes Lernens verwendet werden, um spezielle Abhängigkeiten innerhalb von Datenbanken festzustellen, die dann ein besseres Datenbankdesign und genauere Integritätsbedingungen ermöglichen. Weiterhin können diese Ergebnisse benutzt werden, um eine dynamische Anfrageoptimierung zu ermöglichen. Erste Ergebnisse sind Bericht 4 der Lehrstuhlreihe und [17] der Veröffentlichungen zu entnehmen.

Thomas Hoppe
TU Berlin

Inkrementelle Partielle Deduktion

Partielle Deduktion (PD) bezeichnet die „Partielle Evaluation von logischen Programmen". Eine Vielzahl von Einsatzmöglichkeiten wurden für PD beschrieben: Optimierung von logischen Programmen, Vorkompilierung von Prologprogrammen, Konstruktion von Programmen aus Datenstruktur- und Programmspezifikationen, Eliminierung von Sprachebenen in Meta-Ebenen-Architekturen, intensionale Fragebeantwortung in deduktiven Datenbanksystemen und Bestimmung des Ein-/Ausgabe Verhaltens von logischen Programmen. Einerseits kann auch das erklärungs-basierte Lernen als ein Spezialfall Partieller Deduktion betrachtet werden, und andererseits kann Partielle Deduktion als eine Form von abduktivem Schließen betrachtet werden.

Vom theoretischen Standpunkt aus kann Partielle Deduktion als eine generalisierte Form von SLD(NF)-Resolution beschrieben werden, bei der Anfragen nur partiell instanziiert zu sein brauchen, Ableitungen vorzeitig abgebrochen werden können und fehlende Prädikatdefinitionen durch abduzierte existenzquantifizierte Fakten vervollständigt werden können.

Partielle Deduktion wird normalerweise kompilierend angewandt, d.h. das gesamte logische Program ist zur Kompilationszeit vorhanden. Hieraus ergeben sich insbesondere dann Probleme, wenn sich das logische Programm nachträglich verändert, d.h. wenn PD in einem inkrementellen Kontext eingesetzt werden soll. Traditionelle kompilierende Verfahren können in solchen Fällen nichts anderes tun, als das logische Program von neuem zu evaluieren. Dies kann aber zu erhöhten Rechenzeiten führen, da auch die durch die Modifikation nicht beeinflußten Teile des logischen Programms von neuem verarbeitet werden müssen. Damit sind traditionelle PD Verfahren nicht besonders gut zur Einbettung in inkrementelle, interaktive Sloppy Modeling Systeme (s. Kap. Weitere Veröffentlichungen [2]) geeignet, bei denen kurze Rechenzeiten wichtig sind, um die Antwortzeiten klein zu halten.

Einen ersten Ausweg aus dieser Problematik stellt Inkrementelle Partielle Deduktion (IPD) dar. IPD kann durch eine kleine Menge von Expansions- und Kontraktionsoperatoren realisiert werden. Gegenüber einem ersten Vorschlag, welcher nur monotone Erweiterungen des logischen Programs zuließ, erlaubt der von mir entwickelte Ansatz auch die Verarbeitung von monotonen Reduktionen des logischen Programms. Hierdurch wird eine weitere Anforderung von Sloppy Modeling Systemen erfüllt: Reversibilität.

Jörg-Uwe Kietz
GMD, St. Augustin

Induktives Lernen von relationalem Wissen

Für das induktive Lernen von relationalem Wissen wird die Lernbarkeit in zwei Familien von Wissensrepräsentationssprachen untersucht, die es erlauben, relationales Wissen auszudrücken:

- Prädikatenlogik erster Stufe, insbesondere Hornlogik, die sowohl eine starke Tradition im Bereich des Maschinellen Lernens hat, als auch unter dem Begriff *Induktive Logische Programmierung* gerade ein aktuelles Thema der Lernbarkeitsforschung ist, und

- Terminologische Logiken, die eine Weiterentwicklung von semantischen Netzen und Framesprachen darstellen. Sie entsprechen dem aktuellen Stand der Kunst in der Wissensrepräsentaion.

Im Rahmen seiner Arbeit hat Jörg-Uwe Kietz bewiesen, daß das Lernen in großen Bereichen der Hornlogik nicht effizient möglich ist (NP, bzw. PSPACE-schwierig[6]). Ein Vergleich verschiedener Verfahren zur Berechnung speziellster Generalisierungen (MSG oder LGG)[7] zeigt weiterhin, daß diese Verfahren in den kritischen Bereichen exponentiell wachsende Generalisierungen produzieren, und damit praktisch nicht einsetzbar sind. Eine Möglichkeit, doch zu einem praktisch einsetzbaren Lernverfahren für Hornlogik zu kommen, wurde von Jörg-Uwe Kietz zusammen mit Stefan Wrobel (GMD, St.

[6] J.-U. Kietz: Some lower bounds for the computational complexity of inductive logic programming. In *Proc. Sixth European Conference on Machine Learning (ECML-93)*, 1993.

[7] J.-U. Kietz: A Comparative Study of Structured Most Specific Generalisation Used in Machine Learning. In Muggleton (ed.): *Proc. of the 3rd ILP '93*, Bled, Slovenia, 1993, S. 149-164

Augustin), basierend auf Ideen von Werner Emde[8], ausgearbeitet und mit dem Verfahren RDT[9] implementiert. Die Effizienz dieses Verfahrens beruht darauf, daß der Benutzer auf verschiedene Arten und Weisen spezifizieren kann, welche Bereiche der Hypothesensprache relevant für das Lernen sind (*declarative bias*).

Im Bereich der Terminologischen Logiken hat Jörg-Uwe Kietz das Lernverfahren KLUSTER (Kap. Weitere Veröffentlichungen [18]) entwickelt, das es erlaubt, terminologisches Wissen aus relationalem, assertionalem Wissen effizient zu erlernen.

Volker Klingspor
Universität Dortmund, LS VIII

Lernen von Begriffsdefinitionen autonomer mobiler Roboter

In seiner Projekt-Arbeit und der Dissertation beschäftigt sich Volker Klingspor mit dem Lernen von Begriffsdefinitionen autonomer mobiler Roboter. Diese Definitionen sind sowohl von der Wahrnehmung, das heißt den Sensormessungen, als auch den Handlungen, die der Roboter im Laufe der Messungen durchführte, abhängig. Ziel ist die Einordnung von Begriffen in eine Hierarchie von Begriffen. In diesem Rahmen betrachtet er die Repräsentation von Daten, die Verwendung bestehender und Entwicklung neuer Lernverfahren sowie die Analyse der Lernverfahren und ihre Anwendung auf reale Roboterfahrten.

Thomas Koch
Krupp Forschungsinstitut, Essen

Komplexe Datenauswertungen mit effizienten Methoden des Maschinellen Lernens

Es werden statistische Untersuchungsmethoden mit maschinellen Lernverfahren verglichen. Dabei wird besonderer Wert auf die universelle Anwendbarkeit (besonders in hochdimensionalen Räumen) und die leichte Interpretierbarkeit der Ergebnisse gelegt.

Während seines Forschungsaufenthaltes am International Computer Science Institute in Berkeley wurde das von Thomas Koch entworfene Lernverfahren RULEARN[10] auf den dort entwickelten Parallelrechner RAP (Ring Array Processor)[11] portiert. Dabei zeigte die parallele Version des Verfahrens eine annähernd lineare Zeitreduzierung mit der Anzahl der Prozessoren. Die Ergebnisse wurden anhand von Benchmarks mit konkreten industriellen Anwendungsbeispielen bestätigt. Diese Lösung verbindet die Vorteile konnektionistischer Verfahren (schnelle Auswertungszeit) mit denen symbolischer (modulare, transparente Ergebnisdarstellung).

Weiterhin wurde das Lernverfahren in eine Expertensystemshell integriert. Die

[8] W. Emde: *Modellbildung, Wissensrevision und Wissensrepräsentation im Maschinellen Lernen*. Informatik–Fachberichte 281. Springer, Berlin, New York, 1991.

[9] J.-U. Kietz, S. Wrobel: Controlling the complexity of learning in logic through syntactic and task–oriented models. In S. Muggleton, editor, *Inductive Logic Programming*, Academic Press, San Diego, CA, 1992, pages 335–359.

[10] T. Koch, B. Fehsenfeld: Automatisches Lernen von Expertensystemregeln aus Datenbanken. In *Erfolgreiche Anwendungen von Datenbanken, Expertensystemen und Simulationen in der Oberflächentechnik*. VDI–Berichte 936, VDI Verlag, Düsseldorf, 1992, S. 143–156

[11] P. Kohn, J. Bilmes: Ring Array Processor (RAP): Software Users Manual 1.0. International Computer Science Institute, Berkeley, CA, *Technical Report*, TR-90-049

automatisch erzeugten Regelvorschläge werden dem Anwender zusammen mit einer Erkärungskomponente und Konsistenztests dargestellt.

Roman Majewski
RWTH Aachen

Über die Rolle der Wissensrepräsentation in einem Analogien bildenden System

Die Bildung von Analogien in einem wissensbasierten System stellt aufgrund der wichtigen Rolle, die Analogien bei der Aufnahme und Nutzung von Wissen durch den Menschen spielen, eine sehr interessante und lohnende, allerdings auch schwierige Aufgabe dar. Vor allem die Modellierung der Analogiebildung zum Zweck des analogen Schließens kann zur Erweiterung der Lernfähigkeit eines wissensbasierten Systems verwendet werden und so dazu beitragen, den Umgang mit einem solchen System zu erleichtern und seinen Anwendungsbereich auszudehnen.

Nahezu alle bisherigen Arbeiten zum Thema Analogiebildung befassen sich jeweils mit der Entwicklung eines geeigneten Analogiebegriffs und seiner Implementierung in der Form eines Analogieschlußsystems. Dabei wird jedoch der Entwicklung eines die Analogiebildung unterstützenden Wissensrepräsentationsformalismus nur wenig Beachtung geschenkt, wenn überhaupt, so findet eine Unterstützung durch Indexierung konzeptueller Repräsentationseinheiten statt. Angesichts der Tatsache, daß die meisten Analogien auf der Grundlage struktureller Ähnlichkeit syntaktischer Repräsentationseinheiten gebildet werden, sollte ein solcher Formalismus auf jeden Fall auch dazu beitragen, die Feststellung einer solchen Ähnlichkeit zu erleichtern.

Die Arbeit stellt einen Wissensrepräsentationsformalismus vor, der die Bildung von Analogien und die Durchführung von analogen Schlußfolgerungen auf einer solchen elementaren Ebene unterstützt und sich daher von bisher verwendeten Formalismen unterscheidet. Er kann zudem leicht erweitert und an einen konkreten Analogiebegriff angepaßt werden, so daß die Bildung guter Analogien (im Sinne dieses Begriffs) noch effizienter erfolgen kann. Der Formalismus sieht die Darstellung von Wissen auf zwei Ebenen vor: Der Formulierungsebene und der Inferenzebene. Die Formulierungsebene ist diejenige Ebene, auf der ein Anwender sein Wissen formuliert und in das System eingibt. Die eingegebene Darstellung wird durch einen syntaktischen Transformationsvorgang in eine semantisch äquivalente Darstellung auf Inferenzebene überführt. Bei der letzteren handelt es sich dann um diejenige Darstellung, die vom System sowohl zu Deduktionen als auch zu analogen Schlußfolgerungen herangezogen werden kann. Die Trennung in zwei Ebenen ermöglicht es dabei, die unterschiedlichen Anforderungen durch den Anwender einerseits und die Analogieschlußkomponente andererseits besser zu berücksichtigen.

Anke Rieger
Universität Dortmund, LS VIII

Anwendung von Lernverfahren in der Robotik

Im Rahmen des B-Learn-Projekts arbeitet Anke Rieger an ihrer Dissertation über die Anwendung von Lernverfahren in der Robotik.[12] Dazu gehört die Daten-

[12]K. Morik, A. Rieger: Learning action–oriented perceptual features for robot navigation. *LS8–Report*, Nr. 3, Lehrstuhl VIII, Universität Dortmund, 1993.

Vorverarbeitung, die Auswahl einer geeigneten Repräsentation und die Beispielgenerierung für das Lernen aus großen Datenmengen. Hierdurch wird unter anderem das Lernen auf verschiedenen Abstraktionsebenen unterstützt. Ein weiterer Punkt ist die Auswertung der Lernergebnisse: Das Lernen aus Sensordaten, die mit Fehlern, Mehrdeutigkeiten und Ungenauigkeiten behaftet sind, erfordert eine Evaluierung, die diese Faktoren berücksichtigt. Es wird analysiert, inwieweit hier probabilistische Ansätze eingebracht werden können.

Edgar Sommer
GMD, St. Augustin

Regelmengen-Analyse und Regelmengen-Restrukturierung

In Edgar Sommers Arbeit geht es um die Untersuchung und Entwicklung von Methoden zur Analyse und Restrukturierung von Regeln in logischen wissensbasierten Systemen. Die Analyse betrifft Kriterien wie Redundanz, Wiedersprüchlichkeit und Unzulänglichkeit von Regeln.[13] Es werden intensionale und extensionale Methoden unterschieden. Zur Analyse gehört weiterhin das Auffinden von Gruppierungen, etwa von Regelketten oder unabhängigen Bündeln von Regeln. Dies soll der Identifizierung und Darstellung von Inferenzstrukturen einer Theorie dienen.

Restrukturierung betrifft die Modifizierung solcher Inferenzstrukturen, ohne den Bereich der Theorie zu verändern, etwa das Löschen redundanter Teile oder die (teilweise) Operationalisierung einer Theorie. Analog zur Analyse soll bei der Restrukturierung nach intensional und extensional begründeten Modifizierungen unterschieden werden. Zum Beispiel kann die Redundanz von Teilprämissen in manchen Fällen nur intensional begründet werden. Das Einführen von Zwischenkonzepten hingegen kann ohne Rückgriff auf die Extension von bestehenden Konzepten gestaltet werden, so daß es sich hier um deduktiv begründete Veränderungen handelt.

Diese Unterscheidungen sind nicht zuletzt deswegen wichtig, weil die Arbeit in einen Kontext eingebettet werden soll, der die Bereiche Maschinelles Lernen, Wissenserwerb und Knowledge Engineering verbindet.[14] Die entwickelten Methoden werden im Rahmen des MOBAL Systems implementiert und dienen dort dem Entwurf, der Entwicklung und der Wartung von wissensbasierten Systemen.

Birgit Tausend
Universität Stuttgart

Deklarative Beschreibung von Sprachbeschränkungen für die Induktive Logische Programmierung

Induktive Lernverfahren stellen ausgehend von Beispielen und dem Hintergrundwissen eine Hypothese für ein zu lernendes Konzept auf. Aus den Beispielen wird eine Hypothese gebildet, die zusammen mit dem Hintergrundwissen die Beispiele impliziert. Die Menge von Hypothesen für das neue Konzept spannt einen Suchraum auf, in dem die Hypothesen durch eine

[13] E. Sommer: Cooperation of data–driven and model–based induction methods for relational learning. In R. S. Michalski and G. Tecuci, editors, *Second International Workshop on Multistrategy Learning*, Harpers Ferry, West Virginia, USA, 1993

[14] E. Sommer, K. Morik, J. M. Andre, M. Usynski: What On–line Learning can do for Knowledge Acquisition – A Case Study. *Arbeitspapiere der GMD*, Nr. 757, GMD, 1993

genereller-als-Relation angeordnet werden. Da in der Induktiven Logischen Programmierung die Beispiele und Hypothesen in Hornklauseln ausgedrückt werden, wird der Suchraum sehr groß oder sogar unendlich.

Um diesen Suchraum zu verkleinern, werden die Hypothesen oft auf Hornklauseln einer bestimmten Form beschränkt. Solche syntaktischen Einschränkungen können auf verschiedene Arten ausgedrückt werden, z.B. durch Regelschemata, Abhängigkeitsgraphen oder durch allgemeine Beschränkungen, wie z.B. Beschränkungen für die Anzahl der Literale in der Klausel oder die von einem Literal neu eingeführten Variablen. Um diese verschiedenen Einschränkungen ausdrücken zu können, wurde eine einheitliche Repräsentation entwickelt, die die deklarative Formulierung von Sprachbeschränkungen ermöglicht. Diese Repräsentation unterstützt darüberhinaus den Suchprozeß und die Erweiterung der Hypothesensprache.

Die Implementierung, mit der Sprachbeschränkungen auf diese Art formuliert und verwendet werden können, wurde in MILES integriert. MILES ist ein Rahmenprogramm für die Induktive Logische Programmierung, das an der Universität Stuttgart von Irene Stahl, Birgit Tausend, Bernhard Jung (Diplomarbeit) und Markus Müller (Studienarbeit) entwickelt wurde. MILES enthält eine Reihe bekannter Heuristiken, Spezialisierungs- und Generalisierungsoperatoren, die einfach kombinierbar sind, so daß bekannte Systeme simuliert und neue entwickelt und getestet werden können.[15]

Steffo Weber
Universität Dortmund, LS VIII

Mehrwertige Logiken als Beschreibung und Grundlage Maschinellen Lernens

Begreift man Maschinelles Lernen als einen Prozeß, bei dem Sätzen, die einen bis dahin unbekannten Wahrheitswert haben, ein bestimmter Wahrheitswert zugewiesen werden soll, so stellt sich die Frage nach einer adäquaten Beschreibungssprache für diesen nichtmonotonen Prozeß. Insbesondere können die beim überwachten Lernen gegebenen Beispiele inkonsistent sein. Die Inkonsistenz kann zwar durch neue Ansätze der Wissensrevision behoben werden, jedoch setzen diese Ansätze immer voraus, daß der zugrunde liegende Hüllenoperator monoton sein muß.

Es stellt sich also grundsätzlich die Frage, wie der Wissensrevisionsprozeß aussieht, wenn die zugrunde liegende Logik nichtmonoton und parakonsistent ist. Ist Revision in solchen Fällen überhaupt noch notwendig? Der von Makinson gezeigte

[15]

B. Tausend, S. Bell: Analogical Reasoning for Logic Programming. In *Proc. of the European Working Session on Leaning EWSL-91*, Springer, S. 391-397, 1991.

B. Tausend, S. Bell: Analogical Reasoning for Logic Programming. In S. Muggleton, editor, *Inductive Logic Programming*, Academic Press, 397-407, 1992.

B. Tausend: Lernen von Hornklauseln mit Programmierschemata. In K. Reiss, M. Reiss, H. Spandl, *Maschinelles Lernen - Modellierung von Lernen mit Maschinen*, Springer, S. 125-142, 1992.

B. Tausend: Using and Adapting Schemes for the Induction of Horn Clauses. In *Proc. of ECAI Workshop Logical Approaches to Machine Learning*, Wien, 1992.

B. Tausend: A Unifying Representation for Language Restrictions. In Muggleton (ed.) *Procs. of the 3rd ILP Workshop*. Bled/Slowenia, S. 205-220, 1993 enge Zusammenhang zwischen nichtmonotonen Ableitungsoperatoren und Revisionsoperatoren beantwortet diese Frage negativ. Es hat sich jedoch in der Praxis gezeigt, daß es durchaus sinnvoll ist, erst einmal mit inkonsistenten Formelmengen zu leben, um sie dann zu einem späteren Zeitpunkt zu revidieren.[16] Können Revisionsoperationen in der Logik, die sie zugrundelegen, beschrieben werden? Wie sieht die Semantik dieser bezüglich Revision abgeschlossenen Logiken aus? Erste Ergebnisse sind Bericht 4 der Lehrstuhlreihe zu entnehmen.

Stefan Wrobel
GMD, St. Augustin

Concept Formation and Knowledge Revision: A Demand–Driven Approach to Representation Change

A fundamental assumption of work in Artificial Intelligence and Machine Learning is that knowledge is expressed in a computer with the help of knowledge representations. Since the proper choice of such representations is a difficult task that fundamentally affects the capabilities of a system, the problem of automatic *representation change* is an important topic in current research in Machine Learning.

In this thesis, our particular perspective on this topic is to examine representation change as a *concept formation* task. Regarding AI as an interdisciplinary field, our work draws on existing psychological results about the nature of human concepts and concept formation to determine the scope of concept formation phenomena, and to identify potential components of computational concept formation models: computational concept formation can usefully be understood as a process that is triggered in a demand-driven fashion by the representational needs of the learning system, and constrained by the particular context in which the demand for a new concept arises.[17]

As the basis for our computational approach, we have selected a first-order logical representation formalism. We formally examine the properties of our representation, which includes selected higher-order logical statements and handles inconsistencies gracefully, and show that it is a sound basis for our concept formation approach. As the relevant context for con-

[16] E. Sommer, K. Morik, J.-M. Andre, M. Uszynski: What Online Machine Learning can do for Knowledge Acquisition - A Case Study. *Arbeitspapiere der GMD*, Nr. 757, Bonn, 1993.

[17]

S. Wrobel: Concept Formation During Interactive Theory Revision. In *Machine Learning.* to appear 1994

S. Wrobel: Concept Formation and Knowledge Revision — A Demand–Driven Approach to Representation Change. *Doctoral disseration*, Universität Dortmund. June 1993

S. Wrobel: On the proper definition of minimality in specialization and theory revision. In Pavel Brazdil, editor, *Proc. Sixth European Conference on Machine Learning (ECML-93).* Springer, Berlin, pp. 65-82, 1993. Also available as Arbeitspapiere der GMD No. 730

J.-U. Kietz, S. Wrobel: Controlling the Complexity of Learning in Logic through Syntactic and Task-Oriented Models. In S. Muggleton, editor, *Inductive Logic Programming.* Academic Press, London, pp. 335-360, 1992. Also available as Arbeitspapiere der GMD No. 503

S. Wrobel: Towards a Model of Grounded Concept Formation. In *Proc. 12th International Joint Conference on Artificial Intelligence.* Morgan Kaufman, San Mateo, CA, 1991

S. Wrobel: Higher-Order Concepts in a Tractable Knowledge Representation. In K. Morik, editor, *GWAI-87 11th German Workshop on Artificial Intelligence.* Springer, Berlin, New York, pp. 129-138, 1987 cept formation, we identify the knowledge revision activities of the learning system. We present a detailed analysis of the revision problem for first-order theories including a base revision operator which we prove to be minimal. We then demonstrate how concept formation can be triggered in a demand driven fashion from within the knowledge revision process whenever the existing representation does not permit the plausible reformulation of an exception set. We demonstrate the usefulness of the approach both theoretically and empirically. The work concludes with a discussion of some fundamental criticisms of AI work, dealing with the inability of symbolic systems to form "truly new" features for concepts. We show that groundedness does not capture the essential properties required from a system's connection to the world, and propose the concept of embeddedness instead.

4 Veröffentlichungen

4.1 Lehrstuhlreihe

[1] Katharina Morik. Maschinelles Lernen, LS-8 Report Nr.1, Univ. Dortmund, 1993.

[2] Anke Rieger. Neuronale Netzwerke, LS-8 Report Nr. 2, Univ. Dortmund, 1993.

[3] Katharina Morik, Anke Rieger. Learning Action-Oriented Perceptual Features for Robot Navigation, LS-8 Report Nr.3, Univ. Dortmund, 1993.

[4] Siegfried Bell, Steffo Weber. A Three-Valued Logic for Inductive Logic Programming, LS-8 Report Nr.4, Univ. Dortmund, 1993.

[5] Volker Klingspor. GRDT: Enhancing Model-Based Learning for Its Application in Robot Navigation, LS-8 Report Nr.5, Univ. Dortmund, 1994.

[6] Guido Lindner, Ursula Robers. Experimentelle Analyse zweier logik-basierter Lernverfahren, LS-8 Report Nr.6, Univ. Dortmund, 1994.

4.2 Weitere Veröffentlichungen

[1] Katharina Morik (ed). *Knowledge Representation and Organization in Machine Learning*, Lecture Notes in Artificial Intelligence, Springer, 1989.

[2] Katharina Morik. Sloppy Modeling. In Katharina Morik (ed.): *Knowledge Representation and Organisation in Machine Learning*, S. 107-134, Springer, 1989.

[3] Katharina Morik. Integrating Manual and Automatic Knowledge Aquisition-BLIP. In Karen McGraw, Chistopher Westphal (eds.): *Readings in Knowledge Acquisition: Current Practices and Trends*, S. 213-232, Ellis Horwood, 1990.

[4] Jörg-Uwe Kietz, Katharina Morik. Constructive Induction: Learning Concepts for Learning. In *Arbeitspapier der GMD*, Nr. 543, Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung, St. Augustin, 1991.

[5] Volker Klingspor. Mobal's Predicate Structuring Tool. In *Arbeitspapiere der GMD*, Nr. 592, November 1991.

[6] Katharina Morik. Maschinelles Lernen in Deutschland. In *KI, Themenheft zu maschinellem Lernen*, Nr. 1, S.32-34, 1991

[7] Katharina Morik. Machine Learning Toolbox. In *KI, Themenheft zu maschinellem Lernen*, Nr. 1, S.34-36, 1991.

[8] KATHARINA MORIK. Underlying Assumptions of Knowledge Acquisition and Machine Learning. In *Knowledge Acquisition*, No. 3, S. 137-156,1991.

[9] KATHARINA MORIK, KARINE CAUSSE, ROBIN BOSWELL. A Common Knowledge Representation Integrating Learning Tools, In Michalski, Tecuci (eds.) *Proceedings of the First International Workshop on Multistrategy Learning*, Harper's Ferry, 1991.

[10] KATHARINA MORIK, JÖRG-UWE KIETZ. Constructive Induction of Background Knowledge. In *Procs. of the IJCAI-Workshop on Evaluating and Changing Representations in Machine Learning*, Sydney, 1991.

[11] KATHARINA MORIK, EDGAR SOMMER. MOBAL - A User Guide. In *ESPRIT Project Machine Learning Toolbox (P2154) Deliverable 4.3.1/G*, 1991.

[12] A. RIEGER. Modellbasierte Objekterkennung und neuronale Netzwerke. In *Tasso-Report Nr.9*, Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung, St. Augustin, 1991.

[13] A. RIEGER. Matching-Verfahren für die wissensbasierte Interpretation von Bildern. In *Arbeitspapiere der GMD*, Nr. 485, Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung, St. Augustin, 1991.

[14] FRANCESCO BERGADANO, YVES KODRATOFF, KATHARINA MORIK. Machine Learning and Knowledge Acquisition - Summary of research contributions presented at IJCAI'91. In *AICOM*, Vol. 5, No. 1, S. 19 - 24, 1992.

[15] KATHARINA MORIK. Applications of Machine Learning. In Wetter, Althoff, Boose, Gaines, Linster, Schmalhofer (eds): *Current Developments in Knowledge Acquisition - EKAW'92*, S. 9 - 13, Springer, Berlin, Heidelberg, 1992.

[16] BIRGIT TAUSEND, SIEGFRIED BELL. Analogical Reasoning for Logic Programming. In *Procs. of the second international Workshop of Inductive Logic Programming*, 1991. Auch in Muggleton (ed.) Inductive Logic Programming, S. 397 - 408, Academic Press, 1992.

[17] SIEGFRIED BELL, STEFFO WEBER. On the close logical relationship between FOIL and the frameworks of Helft and Plotkin. In *Proceedings of the third international Workshop of Inductive Logic Programming*, S. 1 - 10, 1993.

[18] JÖRG-UWE KIETZ, KATHARINA MORIK. A Polynomial Approach to the Constructive Induction of Structural Knowledge. *Arbeitspapiere der GMD*,Nr. 716, Sankt Augustin, 1993. Erscheint auch in *Machine Learning Journal*, 1994.

[19] KATHARINA MORIK. Balanced Cooperative Modelling. In *Machine Learning Journal*, Vol. 11, S. 217 - 235, 1993.

[20] Katharina Morik. Maschinelles Lernen. In Günther Görz (ed): *Einführung in die Künstliche Intelligenz*, S. 247 - 301, Addison Wesley, 1993.

[21] Katharina Morik, George Potamias, Vassilis Moustakis, George Charissis. Knowledgeable Learning Using MOBAL - A Case Study on a Medical Domain. In Kodratoff, Langley (eds) *Real World Applications of ML Techniques - Workshop at ECML 93.*

[22] Katharina Morik, George Potamias, Vassilis Moustakis, George Charissis. Using Model-Based Learning to Support Clinical Decision Making : A Case Study. Erscheint in 4th Conference on Artificial Intelligence in Medicine Europe 1993.

[23] Katharina Morik, Anke Rieger. Learning Action-oriented Perceptual Features for Robot Navigation. In Giordana (ed) *Learning Robots - Workshop Notes*, S. 13 - 26, April, 1993, auch in *LS-8 Reports, Univ. Dortmund*, No. 3, 1993 und *Proceedings of the Workshop BENELEARN*, 1993, Brüssel.

[24] Katharina Morik, Stefan Wrobel, Jörg-Uwe Kietz, Werner Emde. *Knowledge Acquisition and Machine Learning - Theory, Methods, and Applications.* Academic Press, 1993.

[25] Edgar Sommer, Werner Emde, Jörg-Uwe Kietz, Katharina Morik, Stefan Wrobel. MOBAL 2.2 User Guide. In *Arbeitspapiere der GMD*, Nr. 777, St. Augustin, 1993.

[26] Edgar Sommer, Katharina Morik, Jean-Michel Andre, Marc Uszynski. What Online Machine Learning can do for Knowledge Acquisition - A case Study. In *Arbeitspapiere der GMD*, Nr. 757, St. Augustin, 1993. Erscheint auch in *Knowledge Acquisition.*

[27] Stefan Wrobel. Concept Formation and Knowledge Revision - A Demand-Driven Approach to Representation Change. *Dissertation an der Universität Dortmund*, März 1993.

[28] Volker Klingspor. On the Application of ILP Techniques to Robot Navigation Tasks. In Giordana (ed) *Workshop on Learning Robots*, in press, Turin, Oktober 1993.

5 Vorträge

[1] Siegfried Bell & Steffo Weber. *On the close logical relationship between FOIL and the frameworks of Helft and Plotkin.* Vortrag auf dem 3. internationalen Workshop „Inductive Logic Programming“, ILP'93, 1. April 1993, in Bled, Slovenien.

[2] VOLKER KLINGSPOR. *Abstraktion von Inferenzstrukturen in MOBAL.* Vortrag auf dem Fachgruppentreffen Maschinelles Lernen, 31.7.91

[3] VOLKER KLINGSPOR. *Verwendung iterativer Regelschemata und Tiefensuche in RDT.* Vortrag auf der KI 93, Workshop Maschinelles Lernen, 13.9.93

[4] VOLKER KLINGSPOR. *On the Application of ILP Techniques to Robot Navigation Tasks.* Workshop on Learning Robots, Turin, 25.10.93

[5] GUIDO LINDER & USCHI ROBERS. *Experimentelle Analyse zweier logik–basierter Lernverfahren.* Vortrag auf der KI 93, Workshop Maschinelles Lernen, 13.9.93

[6] KATHARINA MORIK. *Conceptual Clustering and Constructive Induction*, eingeladener Vortrag an der Universität Turin, 9.1.91

[7] KATHARINA MORIK. *Begriffsbildung bei Mensch und Maschine - Begriffserwerb für das Lernen*, Vortrag auf der Tagung "Concept Formation in Man and Machine", Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung, Schloß Birlinghoven, 29.4.91

[8] KATHARINA MORIK. *Constructive Induction of Background Knowledge*, Vortrag auf dem Workshop 8 der 12. IJCAI, Sydney, 24.8.91

[9] KATHARINA MORIK. *Summarizing the statistics-based talks*, Vortrag auf der Sektionsabschlußsitzung zu maschinellem Lernen der 12. IJCAI, Sydney, 30.8.91

[10] KATHARINA MORIK. *Balanced Cooperative Modeling*, Vortrag auf dem 1. Workshop on Multistrategy Learning, Harper's Ferry, West Virginia, 7.11.91

[11] KATHARINA MORIK. *A Common Knowledge Representation for Integrating Learning Tools*, Vortrag auf dem 1. Workshop on Multistrategy Learning, Harper's Ferry, West Virginia, 7.11.91

[12] KATHARINA MORIK. *Logikorientiertes Maschinelles Lernen*, Vortrag im SEKI-Kolloquium, Universität Kaiserslautern, 14.2.92

[13] KATHARINA MORIK. *Applications of Machine Learning*, eingeladener Hauptvortrag des European Knowledge Acquisition Workshop, Heidelberg, 17.5.92

[14] KATHARINA MORIK. *Einführung in maschinelles Lernen für Anwendungen*, Vortrag im Kolloquium des Instituts für Informatik der Universität Mainz, 16.6.92

[15] KATHARINA MORIK. *Maschinelles Lernen für die Sprachverarbeitung*, Vortrag im Kolloquium der Universität Bielefeld, 22.6.92

[16] KATHARINA MORIK. *Anwendungen maschinellen Lernens*, eingeladener Vortrag am Forschungszentrum von ABB, Heidelberg, 12.8.92

[17] KATHARINA MORIK. *Visionen der künstlichen Intelligenz*, Präsentation im Rahmen der Trendbörse auf der ORGATEC-Messe in Köln, 26.10.92

[18] KATHARINA MORIK. *State of the Art in Machine Learning*, eingeladener Vortrag auf dem Workshop der European Science Foundation im Programm "Human and Machine Learning", St. Gallen, 4.3.93

[19] KATHARINA MORIK. *Overview of Logic-Based Learning in Germany*, eingeladener Vortrag auf dem 8. deutsch-japanischen Forum in Weimar, 4.5.93

[20] KATHARINA MORIK. *Learning Action-Oriented Perceptual Features for Robot Navigation*, Vortrag auf dem Arbeitstreffen „Learning Robots“ bei der European Conference on Machine Learning in Wien, 8.4.93

[21] KATHARINA MORIK. *A Case for Induction*, eingeladener Hauptvortrag auf dem 1. European Workshop on Cased-Based Reasoning in Otzenhausen, 3.11.93

[22] KATHARINA MORIK. *Der Beschreibungsansatz der KI*, Beitrag zum 3. Symposion der NeuroWorlds in Düsseldorf, 4.11.93

[23] MARTIN MÜHLENBROCK. *Modellieren von Erklärungen für den Tag/Nacht–Zyklus*. Vortrag auf der KI 93, Workshop Maschinelles Lernen, 14.9.93

[24] ANKE RIEGER. *Learning Action-Oriented Perceptual Features for Robot Navigation* BENELEARN 1993, Bruessel Juni 1993.

[25] STEFFO WEBER. *A non-mononotic paraconsistent logic for inductive reasoning*, Vortrag auf einem ILP Treffen in Oxford, GB, Januar 1993.

6 Gäste

- Dr. Katsuhiko Tsujino

  System4G, CRL, MITSUBISHI electric corp. 8-1-1, Tsukaguchi-Honmachi, Amagasaki, Hyogo 661 JAPAN,

  Kolloquiumsvortrag: Knowlege Acquisition Driven by Constructive and Interactive Induction,

  24.-25.5.1992.

- Prof. Dr. Lorenza Saitta, Prof. Dr. Attilio Giordana und Filippo Neri

  Universita di Torino Dipartimento di Informatica Corso Svizzera, 185 10148 Torino Italien,

  Zusammenarbeit im Rahmen des Projektes B-Learn II, 10.-12.1.1993.

- Prof. Dr. Stella Vosnidou

  National and Capodistrian University of Athens Department of Psychology 33 Ippokratus Street, Athens 10680, Greece,

  Zusammenarbeit im Rahmen des Programms Human and Machine Learning

  Kolloquiumsvortrag : Capturing and Modelling the Process of Conceptual change

  7.-8.3.1993.

- Prof. Dr. Jaime G. Carbonell

  Carnegie-Mellon University, Comp. Science Dep Schenley Park 15213 Pittsburgh, PA

  Kolloquiumsvortrag : Machine Learning for Planning Tasks

  23.-24.3.1993.

- Prof. Dr. Wolfgang Wahlster

  Universität des Saarlandes, Fachbereich Informatik

  Begutachtung einer Dissertation : Stefan Wrobel

  8.6.1993

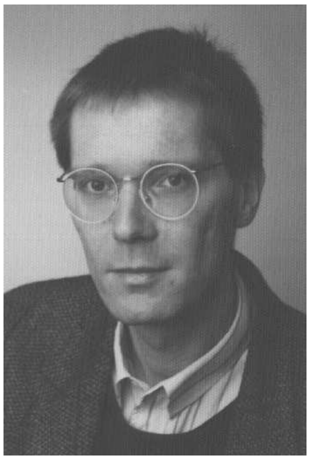
7 Die MitarbeiterInnen des Lehrstuhl VIII

Prof. Dr. Katharina Morik

Nach der Promotion 1981 an der Universität Hamburg über Überzeugungssysteme der Künstlichen Intelligenz arbeitete Katharina Morik in dem Projekt, das an der Universität Hamburg das Hamburger anwendungsorientierte natürlichsprachliche System HAM-ANS entwickelte. An der TU Berlin übernahm sie 1985 die interne Projektleitung für das Verbundprojekt LERNER, in dem das erste deutsche Wissenserwerbssystem, das maschinelles Lernen integriert, entwickelt wurde. Ihre Ausrichtung, ein solches System als Assistenten für den Wissensingenieur zu konzipieren (sloppy modeling), führte sie nach der Habilitation an der TU Berlin (1988) im Rahmen des ESPRIT-Projektes „Machine Learning Toolbox“bei der Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung in St. Augustin fort. 1991 nahm sie den Ruf auf die C4-Professur im Fachbereich Informatik der Universität Dortmund an.

Katharina Morik hat zahlreiche Arbeitstagungen organisiert, zum Beispiel 1987 den German Workshop on Artificial Intelligence und den International Workshop on Knowledge Representation and Organization in Machine Learning, 1988 die erste Europäische Sommerschule zu Maschinellem Lernen und 1989 die 4. European Working Session on Learning. Seit 1989 ist sie im Editorial Board der internationalen Fachzeitschriften Machine Learning Journal und Knowledge Acquisition Journal, seit 1992 in dem des Informatik Spektrums. Begutachtungen für andere Zeitschriften, für die EG-Kommission und das Bundesministerium für Forschung und Technologie sowie die Mitarbeit in Programmkomitees (etwa für die Algorithmic Learning Theory Konferenz) kommen hinzu. 1988 gründete sie die Fachgruppe 1.1.3 für maschinelles Lernen in der Gesellschaft für Informatik e.V., deren Sprecherin sie bis 1993 war. Vom Wintersemenster 1993/94 bis einschließlich Sommersemester 1994 kümmert sie sich vor allem um ihren neugeborenen Sohn. Dr. Joachim Hertzberg (GMD, St. Augustin) vertritt sie während dieser Zeit in der Lehre.

Dr. Joachim Hertzberg



Joachim Hertzberg, Jahrgang 1958, hat in Braunschweig und Bonn Informatik mit Nebenfach Rechtswissenschaften studiert, 1982 in Bonn das Diplom gemacht, danach als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Universität Bonn gearbeitet und dort 1986 promoviert – teilweise finanziert durch ein Stipendium der Studienstiftung des Deutschen Volkes. Seit 1986 arbeitet er bei der Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung (GMD) in Sankt Augustin. Dort leitet er den Projektbereich FLUX, innerhalb dessen Arbeiten zur Veränderung von Wissen und Wissen über Veränderung zusammengefaßt sind; er hat das Projekt `qwertz` zum Thema KI-Handlungsplanung geleitet und im BMFT-Verbundprojekt TASSO mitgearbeitet. Anfang 1993 war er im Rahmen eines Forschungspreises der GMD für fünf Monate am ICSI in Berkeley, Kalifornien. Seit Oktober 1993 ist er von der GMD beurlaubt, um die Vertretung des Lehrstuhls VIII wahrzunehmen.

Joachim Hertzbergs Haupt-Arbeitsgebiet ist KI-Handlungsplanung, wobei er gelegentliche Ausflüge macht in Nachbargebiete wie das Schließen über Raum und Zeit, *constraint*-basiertes Schließen und logisches Schließen über Ereigniseffekte und Zeit. Er ist Autor etlicher Aufsätze bei internationalen Zeitschriften und Tagungen; 1989 hat er das weltweit bislang einzige Lehrbuch über Handlungsplanung veröffentlicht. Er war Gutachter zahlreicher internationaler Zeitschriften und Programmkommiteemitglied zahlreicher Konferenzen (beispielsweise International Conference on AI Planning Systems); 1991 war er Organisator und Programmkommiteevorsitzender des ersten European Workshop on Planning. 1988 gründete er die Fachgruppe 1.5.3 für Planen und Konfigurieren der Gesellschaft für Informatik (GI), deren Sprecher er bis Oktober 1993 war.

[1] G. Brewka, J. Hertzberg. How to Do Things with Worlds: On Formalizing Actions and Plans., In *Logic and Computation Journal*, Vol.3, No. 5, S. 517-532, 1993.

[2] J. Hertzberg. KI-Handlungsplanung – Woran wir arbeiten, und woran wir arbeiten sollten. In O. Herzog, Th. Christaller, D. Schütt (eds): *Grundlagen und Anwendungen der Künstlichen Intelligenz. 17. Fachtagung für Künstliche Intelligenz (KI'93)*, S. 3-27, 1993.

[3] J. Hertzberg. *Planen. Einführung in die Planerstellungsmethoden der Künstlichen Intelligenz.*, BI Wissenschaftsverlag, Mannheim, 1989.

[4] S. Thiébaux, J. Hertzberg. A Semi-Reactive Planner Based on a Possible Models Action Formalization. In J. Hendler (ed.): *Artificial Intelligence Planning Systems: Proceedings of the First International Conference (AIPS92)*, S.228-235, Morgan Kaufmann, San Mateo, CA, 1992.

[5] E. Rutten, J. Hertzberg. Temporal Planner = Nonlinear Planner + Time Map Manager. In *AI Communications*, Vol. 6, No. 1, S. 18-26, 1993.

Siegfried Bell

Dipl.-Inform. Siegfried Bell studierte Informatik und Linguistik an der Uni Stuttgart und schloß sein Studium mit einer Arbeit über analoges Schließen und Dialoglogiken ab. Er arbeitete während seines Studiums unter anderem als Werkstudent bei IBM innerhalb des Projektes LILOG und anschließend als Dozent an der Berufsakademie Stuttgart. Seit September 1991 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl mit den Forschungsschwerpunkten maschinelles Lernen und seinen logischen Beschreibungen mit Anwendungen im Bereich relationale Datenbanken.

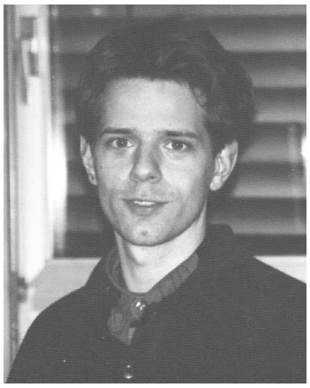
Volker Klingspor

Dipl.-Inform. Volker Klingspor studierte von 1986 bis 1991 Informatik mit Nebenfach Operations Research an der Universität Bonn. Von Januar 1990 bis zum Abschluß des Diploms war er als studentische Hilfskraft bei der Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung im ESPRIT-Projekt „Machine Learning Toolbox“ beschäftigt. Dort schrieb er seine Diplomarbeit über Abstraktion von Inferenzstrukturen. Volker Klingspor war von Oktober 1991 bis September 1992 als Software-Entwickler in der Bonner Gesellschaft für Informatik und Kommunikationssysteme beschäftigt, seit Oktober 1992 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter des Lehrstuhls im ESPRIT-Projekt B-LEARN-II. Seine Forschungsinteressen liegen in den Bereichen maschinelles Lernen und Graphentheorie.

Anke Rieger

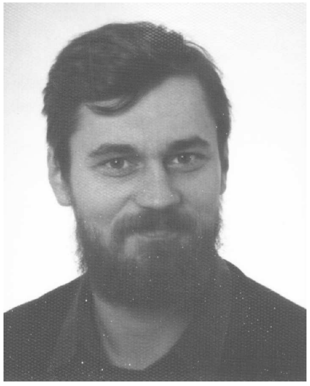
Dipl.-Inform. Med. Anke Rieger studierte Medizinische Informatik an der Universität Heidelberg. Von 1989 bis 1990 war sie studentische Hilfskraft bei der Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung in St. Augustin. Mit ihrer Diplomarbeit über Matching-Verfahren für die wissensbasierte Interpretation von Daten schloß sie ihr Studium 1990 ab. Von August 1990 bis August 1991 war sie Fulbright-Stipendiatin an der George Mason University, Fairfax, VA, USA. Seit Oktober 1991 ist sie wissenschaftliche Mitarbeiterin des Lehrstuhls. Zu ihren Forschungsinteressen gehören Maschinelles Lernen, probabilistisches Schließen und die Anwendung der Verfahren aus diesen Bereichen in der Robotik.

Steffo Weber



Dipl.-Inform. Steffo Weber wurde 1966 geboren. Er studierte von 1985 bis 1991 Informatik und Philosophie an der Universität Bonn. Während seines Studiums arbeitete er als stud. Hilfskraft bei der Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung (GMD), St. Augustin, im Projekt „qwertz“. Sein Studium schloß er mit einer Arbeit über „Opportunistisches Planen“ ab. Seit Oktober 1991 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl. Zu seinen Forschungsintressen gehört nicht–monotone–mehrwertige Logik zur Beschreibung von Lernverfahren.

Andreas Greve

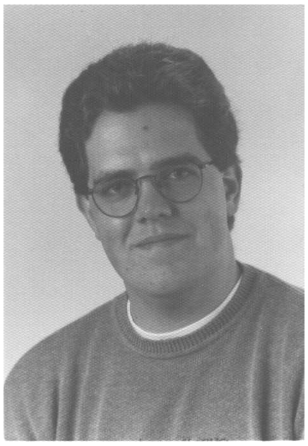


Dipl.-Inform.(FH) Andreas Greve, geb. am 16.8.1962, ist als Technischer Angestellter mit der Administration der Rechnernetze des Lehrstuhls betraut. Nach einer Ausbildung zum Werkzeugmacher absolvierte er an der Fachhochschule Dortmund ein Studium mit Fachrichtung allgemeine Informatik.

Heike Rapp

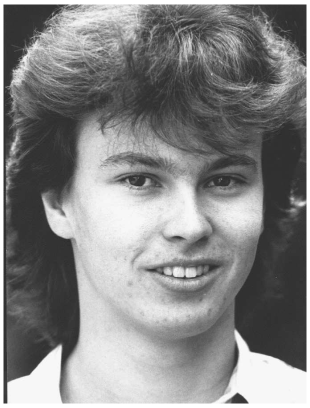
Heike Rapp, geb. am 18.7.1966, ist als Sekretärin am Lehrstuhl VIII seit dessen Gründung angestellt. Schon vorher hat sie durch ihre Ausbildung und mehrjährige Beschäftigung am Fachbereich Informatik die Verwaltung der Universität gut kennengelernt. Sie ist die direkte Anlaufstelle für MitarbeiterInnen, Studierende und BesucherInnen und steht allen gern mit Rat und Tat zur Seite.

Peter Brockhausen



Peter Brockhausen, geb. 2.8.1967, begann sein Informatikstudium an der Universität Dortmund im Wintersemester 1988/89. Als Nebenfach hat er Betriebswirtschaftslehre mit Schwerpunkt Unternehmensrechnung und Controlling gewählt. Bevor er seit August 1993 dem Lehrstuhl VIII angehört, leitete als studentische Hilfskraft Übungsgruppen in Programmierung am Fachbereich Mathematik. Zur Zeit arbeitet er an seiner Diplomarbeit „Anwendung eines maschinellen Lernverfahrens auf Datenbanken".

Thorsten Joachims



Thorsten Joachims begann sein Informatikstudium mit Nebenfach Betriebswirtschaftslehre im Wintersemester 1991/92 als Stipendiat der Studienstiftung des Deutschen Volkes. Im Jahr 1991 wurde er Bundessieger beim Bundeswettbewerb Informatik und arbeitete als freier Mitarbeiter bei der IBM innerhalb des Projektes LILOG. Seit August 1993 gehört er dem Lehrstuhl VIII als studentische Hilfskraft an.

[1] S. Bayerl, L. Cheikhrouhou, T. Joachims. The Clause Graph Module of the LILOG Inference Engine. In *IWBS Report 239*, IBM Deutschland, 1992.

Guido Lindner

Im Wintersemester 1988/89 begann Guido Lindner sein Studium der Informatik mit dem Nebenfach Betriebswirtschaftslehre, Schwerpunkt Operation Research, an der Universität Dortmund. Von 1990 bis 1991 war er als studentische Hilfskraft im Fachbereich Maschinenbau am Lehrstuhl für Förder- und Lagerwesen tätig. Seit dem 1.6.1992 ist er als studentische Hilfskraft am Lehrstuhl VIII beschäftigt. In seiner Diplomarbeit wendet er das Lernverfahren RDT auf relationale Datenbanken an.

Martin Mühlenbrock

Martin Mühlenbrock, geb. am 31.3.1968, begann sein Studium der Informatik mit Nebenfach Sprachwissenschaften (Englisch) im Wintersemester 1988/89. Von März 1990 bis Dezember 1991 arbeitete er als studentische Hilfskraft am Fraunhofer Institut für Materialfluß und Logistik (IML) in Dortmund. Seit Januar 1992 gehört er dem Lehrstuhl als studentische Hilfskraft an. In seiner Diplomarbeit untersucht er Reihenfolgeabhängigkeiten bei der Theorieentwicklung im Rahmen des Programms *Human and Machine Learning* der European Science Foundation.

Stefan Sklorz

Stefan Sklorz, geb. am 8.12.1965, studiert seit dem Wintersemester 1987/88 Informatik an der Universität Dortmund und im Nebenfach Theoretische Medizin an der Ruhr-Universität Bochum. Als studentische Hilfskraft leitete er Übungsgruppen zu verschiedenen Informatikvorlesungen des Grundstudiums. Seit Januar 1992 gehört er dem Lehrstuhl als studentische Hilfskraft an, wo er vornehmlich im Projektes B-Learn II (ESPRIT P 7274) arbeitet, über welches er auch seit September 1992 finanziert wird. Sein besonderes Interesse gilt neben den vom Lehrstuhl vertretenen Forschungsgebieten der Theorie selbstorganisierender neuronaler Netzwerkstrukturen.

Stephanie Wessel

Stephanie Wessel, geb. am 30.1.1967, begann ihr Informatikstudium mit Nebenfach Theoretische Medizin im Wintersemester 1987/88. Sie ist seit dem 1.1.1992 studentische Hilfskraft am Lehrstuhl und wird seit September 1992 im Rahmen des Projektes B-Learn II (ESPRIT P 7274) finanziert. Zur Zeit arbeitet sie hauptsächlich an ihrer Diplomarbeit

„Entwicklung eines Verfahrens im Bereich des Identifikationslernens: Lernen grundlegender Wahrnehmungsmerkmale von Robotern aus Sensordaten“. Die Arbeit zu diesem Thema ist Bestandteil der Forschung innerhalb des Projektes B-Learn II.

[1] Wolfgang Textor, Stephanie Wessel, Klaus U. Höffgen. Learning Fuzzy Rules from Artificial Neural Nets. In *Proceedings of IEEE, Int. Conf. on Computer Systems and Software Engineering*, S. 121-126, Den Haag, 1992.

8 Rechnerausstattung

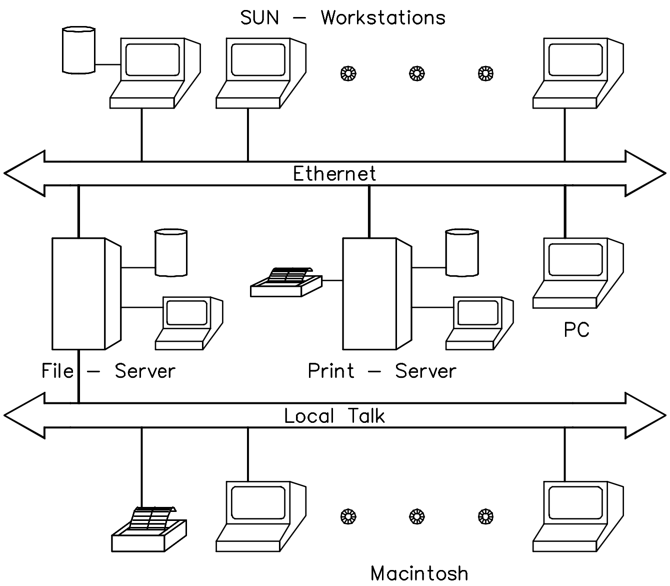


Abbildung 1: Rechner des Lehrstuhl VIII

- 1 File - Server — SPARCstation 2 SUN 4/75M SPARC-RISC-Prozessor, 28.5 MIPS, 4.3 MFlops, 32 MB Primärspeicher, 2.682 MB Sekundärspeicher, Local Talk Interface, 19“ monochrom Monitor.
- 1 Print - Server — SPARCstation 2 SUN 4/75M SPARC-RISC-Prozessor, 28.5 MIPS, 4.3 MFlops, 32 MB Primärspeicher, 404 MB Sekundärspeicher, 5 1/4“ 150 MB Streamer, 19“ monochrom Monitor.
- 1 DB - Server — SPARCstation 10 SUN S10MX-40 SPARC-RISC-Prozessor, 96.2 MIPS, 17.2 MFlops, 48 MB Primärspeicher, 1024 MB Sekundärspeicher, 19“ monochrom Monitor.

- 1 Workstation — SPARCstation IPX SUN 4/50FGX SPARC-RISC-Prozessor, 28.5 MIPS, 4.3 MFlops, 40 MB Primärspeicher, 198 MB Sekundärspeicher, 16“ color Monitor.
- 1 Worstation — SPARCclassic SUN 4/15 SPARC-RISC-Prozessor, 59.1 MIPS, 4.6 MFlops, 16 MB Primärspeicher, 198 MB Sekundärspeicher, 20“ color Monitor.
- 10 Diskless - Workstation — SPARCstation ELC SUN 4/25FM-8 SPARC-RISC-Prozessor, 22.0 MIPS, 3.0 MFlops, 40 MB Primärspeicher, 19“ monochrom Monitor.
- 1 PC — IBM PC kompatibel (ISA-BUS), INTEL CPU 80486-DX-33, 16 MB Primärspeicher, 240 MB Sekundärspeicher, 16“ color Monitor.
- 1 SPARCprinter — SUN SPRN-400, 12 Seiten / Minute, 300 oder 400 dpi Auflösung.

- 3 Apple Macintosh II.ci 5/80, 5 MB Primärspeicher, 80 MB Sekundärspeicher, 14“ monochrom Monitor.
- 1 Apple Macintosh II.si 5/40, 5 MB Primärspeicher, 120 MB Sekundärspeicher, 15“ monochrom Monitor.
- 1 Apple Macintosh II.si 5/40, 5 MB Primärspeicher, 210 MB Sekundärspeicher, 14“ monochrom Monitor.
- 2 Apple Macintosh Classic II 4/80, 4 MB Primärspeicher, 80 MB Sekundärspeicher, 9“ monochrom Monitor.
- 1 Apple Laser - Drucker NT, 4 Seiten / Minute, 300dpi Auflösung.

- 4 Apple Macintosh Powerbook 170 4/40, 4 MB Primärspeicher, 40 MB Sekundärspeicher, Gasplasma - Display.