# KOMPLEXE LERNENDE SYSTEME: DER MOBILE ROBOTER RHINO

Institut für Informatik III
Rheinische Friedrich–Wilhelms–Universität Bonn

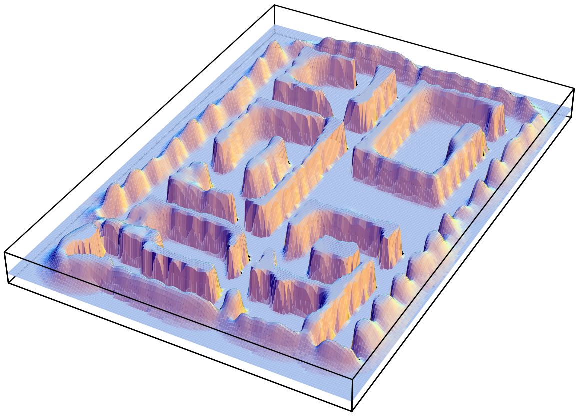
## Das RHINO Projekt

Das RHINO-Projekt des Instituts für Informatik III wurde im Januar 1994 unter der Leitung der Professoren A.B. Cremers und J. Buhmann ins Leben gerufen. Mitbegründer des Projektes ist S. Thrun. Inzwischen beschäftigt sich eine rund 15-köpfige Gruppe von Wissenschaftlern mit Fragestellungen, die um Themen lernfähiger Systeme im Bereich mobiler Service-Robotik zentriert sind. RHINO wird überdies intensiv im Bereich der Lehre (im Rahmen von Praktika und Diplomarbeiten) eingesetzt.

## Wissenschaftliche Zielsetzung

Das zentrale wissenschaftliche Anliegen des Projektes ist die Analyse und Synthese von adaptiven und lernfähigen komplexen Systemen. Software der Zukunft muß in der Lage sein, sich an neue Bedingungen und Gegebenheiten selbständig anzupassen, wenn Computer zur Problemlösung in offenen und schlecht modellierbaren Domänen eingesetzt werden sollen.

*Der mobile Roboter RHINO*



*Eine Karte – ein selbständig akquiriertes Umgebungmodell, das ein Gebäude mit einer Grundfläche von 20 × 30 Metern beschreibt.*

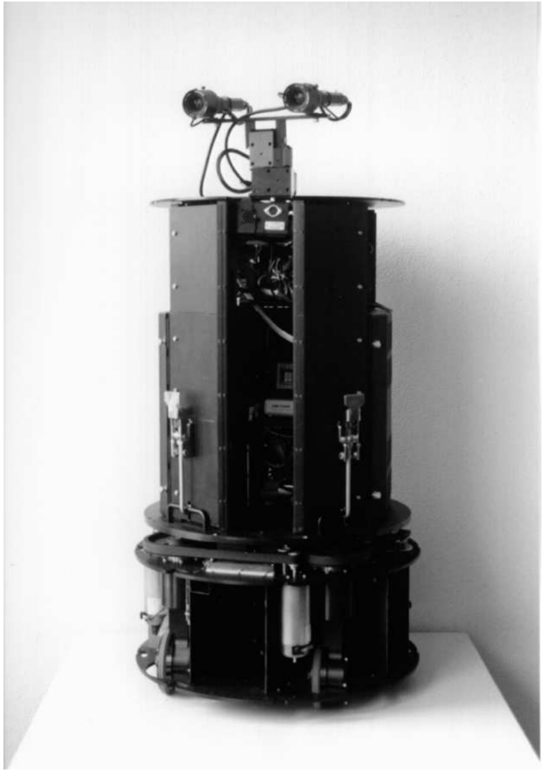
Das RHINO-Projekt, in dessen Rahmen derartige Methoden exemplarisch entwickelt und angewendet werden, hat konkret die Entwicklung lernfähiger Algorithmen im Bereich *Service-Robotik* zum Gegenstand. Mittelfristig angestrebt ist ein System, welches komplexe Indoor-Aufgaben wie beispielsweise Boten- und Transportdienste, Hausführungen, Überwachungs- und Reinigungsfunktionen sowie Inspektions- und Wartungsaufgaben übernimmt. Um dies zu bewerkstelligen, werden derzeit Prinzipien adaptiver Algorithmen, verteilter Systeme, sensorischer Datenverabreitung u.v.a.m. wissenschaftlich erarbeitet.

## Hardware

RHINOs Hardware wurde im wesentlichen von einem US-amerikanischen Anbieter namens “Real World Interface Inc.” käuflich erworben. Derzeit verfügt RHINO über drei Personalcomputer vom Typ PC 80486, die durch eine drahtlose Übertragungsstrecke mit dem Rechnernetz des Instituts verbunden sind. Ein Sensorsystem, bestehend aus 24 Ultraschall-Abstandssensoren, 56 Infrarot-Abstandssensoren, 24 taktilen Sensoren und einem CCD-Stereo-Farbkamerasystem, welches auf einem beweglichen Schwenk-Neigekopf angebracht ist, erlauben RHINO, seine Umgebung aktiv wahrzunehmen. RHINOs interne Stromversorgung bietet eine Betriebszeit von 3-6 Stunden.

## Software

RHINOs derzeitige Steuersoftware setzt sich aus rund einem Dutzend Computerprogrammen zusammen, die gleichzeitig auf einem Pool von Rechnern verteilt ausgeführt werden und dabei intensiv miteinander kommunizieren. Dabei kommen von künstlichen neuronalen Netzen bis hin zu fallbasierten Schließverfahren und Bayes’schen Schätzverfahren diverse aus den Bereichen Neu-



*RHINO zum Zeitpunkt des AAAI Roboterwettbewerbs*

roinformatik und Künstliche Intelligenz stammende Methoden zum Einsatz.

Im Unterschied zu den meisten derzeit im Einsatz befindlichen mobilen Robotersystemen ist RHINO autonom, d.h., er kann über Stunden hinweg ohne menschliche Hilfe selbständig Entscheidungen fällen und auf eine Vielzahl von unerwarteten Situationen adäquat reagieren. Er navigiert und operiert in Echtzeit und ist im begrenzten Maße auch schon lernfähig. Die Echtzeitfähigkeit, eines der zentralen Ziele im Softwaredesign, bringt es mit sich, daß sich RHINO oft mit suboptimalen Lösungen zufrieden geben muß, da Zeit zur Berechnung optimaler Lösungen in der Regel nicht verfügbar ist. RHINO's Steuersoftware ist darüber hinaus stark redundant und fehlertolerant angelegt.

Mit seiner auf dem AAAI Roboterwettbewerb (s.u.) im August 1994 vorgestellten Software ist RHINO in der Lage, unbekannte Gebäude autonom zu explorieren, zu kartieren und dabei gleichzeitig dynamischen Hindernissen auszuweichen. Darüber hinaus kann er einfache Objekte nach mehrmaliger Präsentation gezielt suchen und zuverlässig wiedererkennen. Spitzengeschwindigkeiten liegen im Bereich von einem Meter pro Sekunde – langsam für menschliche Verhältnisse, aber schnell, wenn man bedenkt, mit welch vergleichsweise spärlicher Sensorik der Roboter auskommen muß.

## Der AAAI Roboterwettbewerb

Im August 1994 nahm RHINO zusammen mit einer sechsköpfigen Delegation der Universität Bonn am internationalen Roboterwettbewerb für autonome Roboter, der im Rahmen des Kongresses "AAAI National Conference for Artificial Intelligence" alljährlich ausgetragen wird, in Seattle (USA) teil. RHINO belegte in der ersten Kategorie des Wettbewerbs, die die Navigation in einem Bürogebäude beinhaltete (*office delivery*), von rund 15 Teilnehmern den 6. Platz. In der zweiten, schwereren Sparte, die dem Reinigen von Büroräumen von auf dem Boden verstreut ligenden Objekten gewidmet war (*clean-up an office*), belegte er sogar den 2. Platz, geschlagen lediglich von einem kooperierenden Team von drei Robotern, die die Aufgabe gleichzeitig erledigten. Die Universität Bonn stellte dabei das erste nicht-amerikanische Team in der Geschichte dieses renomierten Wettbewerbs für autonome mobile Roboter dar.

## Kooperationen

Das Institut für Informatik III der Universität Bonn kooperiert im Rahmen des Projektes "Komplexe Lernende Systeme" mit dem Institut für Photogrammetrie der Universität Bonn, der Carnegie Mellon University (Pittsburgh, USA), der Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung mbH (St. Augustin), und dem TZN Forschungs- und Entwicklungszentrum Unterlüß GmbH. Enge Kontakte bestehen darüber hinaus zur Stanford University (USA), den Lawrence Livermore National Laboratories (Kalifornien, USA) und der Queensland University of Technology (Brisbane, Australien).

## Ansprechpartner

Ansprechpartner ist Sebastian Thrun (Raum A-111, Römerstr. 164, D-53117 Bonn, Tel: 0228-550-373, FAX: 0228-550-382, E-mail: thrun@carbon.informatik.uni-bonn.de)

## Weiterführende Literatur

[1] J. Buhmann, W. Burgard, A.B. Cremers, D. Fox, T. Hofmann, F. Schneider, J. Strikos, and S. Thrun. The mobile robot Rhino. *AI Magazine*, 16(1), to appear.

[2] T.J. Schult. Turnier der Autonomen. *c't Magazin für Computer Technik*, 11:70–73, November 1994.

[3] S. Thrun. An approach to learning mobile robot navigation. *Robotics and Autonomous Systems*, to appear.

[4] S. Thrun and T.M. Mitchell. Lifelong robot learning. *Robotics and Autonomous Systems*, to appear. Also appeared as Technical Report IAI-TR-93-7, University of Bonn, Dept. of Computer Science III, 1993.

*Das RHINO Team, Ende 1994. Von links nach rechts: Prof. Dr. A. B. Cremers, S. Thrun, D. Fox, P. Wallossek, Dr. W. Burgard, B. Trouvain, T. Hofmann, T. Fröhlinghaus, Prof. Dr. J. Buhmann und F. Schneider*