

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Inform.

Udo Frese

Ricarda-Huch-Straße 7
28215 Bremen

<http://www.informatik.uni-bremen.de/agebv/UdoFreseCV2011> *
eMail: ufrese@informatik.uni-bremen.de, udo.frese@dfki.de
Tel.: +49-421-3780999

* mit **Schnellüberblick**, Artikeln, Videos, Folien und Skripte.



Geboren 19. Dezember 1972 in Minden (Westf.), verheiratet, eine Tochter

Forschungsschwerpunkt Echtzeitbildverarbeitung

Themen: (Visuelles) Simultaneous Localization and Mapping (SLAM), Sichere Sensoralgorithmen, Kontextbasierte Bildverarbeitung

Methoden: Mathematische Strukturanalyse, Probabilistische Sensorfusion, Effiziente Algorithmen

Tätigkeiten

- 2008- Juniorprofessor für Echtzeitbildverarbeitung, Universität Bremen, im Rahmen einer Kooperationsprofessur mit dem DFKI
- 2007- Senior Researcher im Bereich Sichere Kognitive Systeme, am DFKI Labor Bremen, Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz, Bremen
- 2005- Mitglied im Sonderforschungsbereich SFB/TR 8 Raumkognition (Bremen), seit 2007 Teilprojektleiter
- 2004-2006 Wissenschaftlicher Mitarbeiter (PostDoc)
AG Krieg-Brückner (Universität Bremen)
- 1998-2003 Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Institut für Robotik und Mechatronik (Prof. Hirzinger)
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR),
Oberpfaffenhofen

Akademischer Werdegang

- 2008 Ruf auf die Juniorprofessur Echtzeitbildverarbeitung der Universität Bremen
- 2006 Ruf auf die Juniorprofessur Robotic/Vision der Universität des Saarlandes, abgelehnt
- 2004 Promotion (Dr.-Ing.) Friedrich Alexander Universität Erlangen-Nürnberg, Dissertation über 'An $O(\log n)$ Algorithm for Simultaneous Localization and Mapping of Mobile Robots in Indoor Environments' [53]
- 1997 Diplom in Informatik (Nebenfach Mathematik) an der Universität-GH Paderborn
- 1995 Vordiplom in Mathematik an der Universität-GH Paderborn
- 1995 Aufnahme in die Studienstiftung des Deutschen Volkes
- 1992 Abitur am Herdergymnasium in Minden (Westf.)
- 1983 Grundschule Dankersen (Minden, Westf.)

Schwerpunkte Forschungsaktivitäten in der Echtzeitbildverarbeitung: Themen und Methoden

Themen
Methoden

Visuelles SLAM

- Wie setzt man unsichere lokale Ansichten zu einer globalen 3D-Karte zusammen?
- Wie lokalisiert man sich in unbekannter Umgebung?

Sichere Sensoralgorithmen

- Welche beweisbaren Aussagen kann man unter welchen Annahmen treffen?

Kontextbasierte Bildverarbeitung

- Wie kann bottom-up Erkennung durch top-down Kontext festgelegt werden?

Lehre

Informatik für Gestalter und GS

Mathematische Strukturanalyse

- Wie verhält sich die mathematische Darstellung zur anschaulichen Realität?

Unsicherheitsstruktur

- Struktur sicherer und unsicherer Aspekte einer Karte

Ambiguous-Space

- Probabilistische Behandlung mehrdeutiger Merkmale

SAMS

Sicherheitskomponente für Autonome Mobile Serviceroboter

- Beweis der Implementierung einer Kollisionsvermeidung
- Vom TÜV als Sicherheitsgerät zertifiziert (EN 61508)

Vision for 2050

- Heimkamera für Fußballspieler
- Ziel: Informationen berechnen, die ein humanoider Roboter an Stelle des Spielers bräuchte, um mitzuspielden

Theorie der Sensorfusion

- Optimale Kombination unsicherer Messungen
- Schätzen in Mannigfaltigkeiten, z.B. räumliche Orientierung

Probabilistische Sensorfusion

- Wie schätzt man Größen durch Kombination unsicherer Information?
- Wie modelliert man unterschiedliche Informationen probabilistisch?

Treemap

- Topologie nutzen für gigantische Karten in Echtzeit
- Weltrekord 10⁶ Merkmale
- SLoM als axiomatisierter Rahmen zur einfachen Definition von Problemen der Ausgleichsrechnung
- In Arbeit: open-source-library für inkrementelles Bundleadjustment (Visual-SLAM)

Free-Perspective

- Verfolgen der Bewegung einer Kamera in natürlichen Szenen
- Renderbares 3D-Modell der Umgebung berechnen
- Suche im Trümmerhaufen nach Verschütteten mit einem aktuellen Endoskop

ETCS

Sichere Lokalisation im European Train Control System [40]

B-Catch DFG

- Zweiarmer Fang mit bewegenden humanoiden Roboter, trotz wackelnder Kameras
- Minimalistischer Ballspielroboter als Eventmodul

Navigation im Aussenraum

Effiziente Algorithmen

- Wie rechnet man das gewünschte Ergebnis *schnell* aus?

Echtzeitbildverarbeitung

- Erkennung einfacher Objekte
- Effizientes Rechnen für bewegte Bilder
- Berechnen von 3D-Welt Koordinaten aus 2D-Bildkoordinaten
- Gespür für Probleme

SAMS-3D

- Echtzeitvermeidung von Eigenkollision humanoider Roboter bei schnellen Bewegungen

Graspy

Altagsmanipulation mit dem humanoiden Nao und Stereobildverarbeitung

Navigation im Aussenraum

Forschungsprofil von Udo Frese

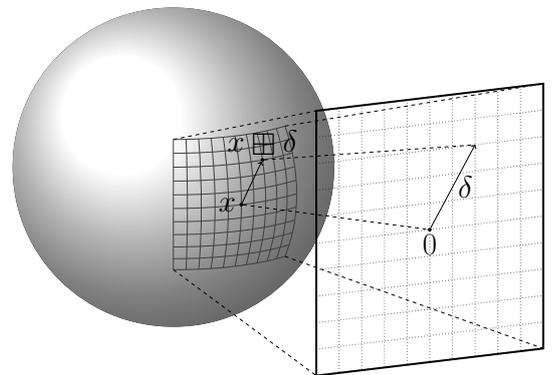
Die vorangegangene Tabelle zeigt meine Forschungsaktivitäten und die meiner Arbeitsgruppe in der Echtzeitbildverarbeitung.

(Visuelles) Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) ist mein Hauptarbeitsgebiet [10, 5] und auch der Schwerpunkt meiner internationalen Bekanntheit [6, 3] (vgl. Publikationsliste). Es geht dabei ganz allgemein darum, aus Daten eines sich bewegenden Sensors sowohl die Bewegung des Sensors selbst als auch die Geometrie der Umgebung zu bestimmen. Bei einer Kamera als Sensor entspricht SLAM daher dem Structure-from-Motion-Problem der Bildverarbeitung bzw. dem Bündelausgleich in der Photogrammetrie. Historisch entstanden Bündelausgleich und Structure from Motion vor der SLAM-Formulierung in der Robotik, jedoch hat diese den Fokus auf Echtzeitfähigkeit und inkrementellem Rechnen gelenkt.

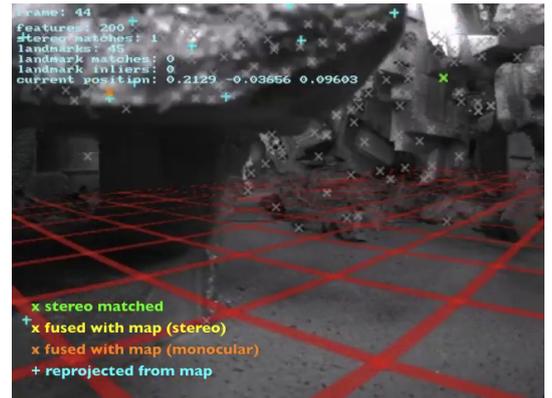
Mein Schwerpunkt innerhalb von Structure from Motion bzw. SLAM ist die hocheffiziente und inkrementelle quadratische Ausgleichsrechnung mit Methoden aus der Numerik. Mein meistzitiertes Papier [11] ist eine Anwendung von Mehrgitterverfahren auf dieses Problem. Der Treemap-Algorithmus [34][9] ist ein inkrementeller Algorithmus basierend auf multi-frontal sparse-QR Methoden. Er verwaltet eine hierarchische Unterteilung der Umgebung in einem Baum und propagiert niedrigdimensionale Wahrscheinlichkeitsverteilungen von Kindern zu Eltern und zurück. Die Baumstruktur ermöglicht allerdings, in Echtzeit zu aktualisieren, weil im Idealfall nur von einem Blatt zur Wurzel neu gerechnet werden muss. Der Baum wird automatisch erstellt und so optimiert, dass diese Aktualisierung effizient ist. Außerdem erlaubt die Sichtweise als Wahrscheinlichkeitsverteilungen anstelle der Sichtweise als dünnbesetzte Matrix, die Nichtlinearitäten unmittelbar im Baum zu berücksichtigen [52].

Mit dem Sparse Least Squares on Manifolds (SLoM)-Framework [4][21][17][13] versuchen wir, dem Anwender die Definition von Problemen der quadratischen Ausgleichsrechnung zu vereinfachen („Nur die Messgleichung hinschreiben.“). Dies ist besonders dann nötig, wenn die zu schätzenden Größen Mannigfaltigkeiten sind (z.B. 3D-Orientierung) und deren topologische Struktur berücksichtigt werden muss. Wir haben dieser Vorgehensweise einen axiomatischen Rahmen als sogenannte \boxplus -Mannigfaltigkeit („boxplus“) gegeben [4]. Eine solche verfügt über Operatoren \boxplus (Bild rechts) um eine als Vektor dargestellte Änderung auf ein Element der Mannigfaltigkeit anzuwenden und deren Umkehroperation \boxminus . Dadurch können viele Schätzalgorithmen, u.a. quadratische Ausgleichsrechnung und Kalman Filter, auf \boxplus -Mannigfaltigkeiten arbeiten, indem man im wesentlichen $+$ durch \boxplus und $-$ durch \boxminus ersetzt. Die topologische Struktur der Mannigfaltigkeit wird im \boxplus -Operator verkapselt.

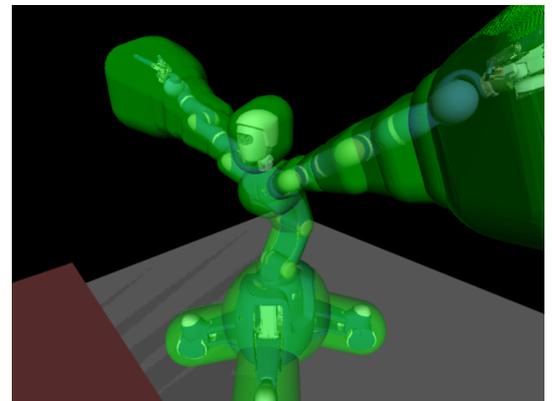
Mittelfristiges Ziel ist, SLoM und die oben erwähnten effizienten Algorithmen zu kombinieren. Eine Zielanwendung könnte die visuelle Lokalisation eines kleinen autonomen Fluggerätes mit beschränkter Rechenkapazität in unbekannter Umgebung sein. Visuelles SLAM in Echtzeit ist aber eine Aufgabe in der Bildverarbeitung mit vielen Anwendungen. Bei dieser Problemstellung liefert die Kamera die große Masse an Daten, die mit einer speziell darauf abgestimmten Implementierung verarbeitet werden soll. SLoM als allgemeines Rahmenwerk ermöglicht aber, zusätzliche Sensoren (z.B. Inertialsensor) flexibel zu integrieren. Als Ansatz soll problemspezifisch vorkonditioniertes nichtlineares CG verwendet werden, um das Aufstellen einer Jacobi- oder Normalenmatrix zu vermeiden, welches nach Modellrechnungen bei der grossen Menge an Daten ein Flaschenhals ist.



Das laufende Anwendungsprojekt FreePerspective verfolgt eine wichtige SLAM-Anwendung im Rettungswesen: Mit photogrammetrischen Methoden (und einer 3D-Kamera) soll der Trümmerhaufen eines vom Erdbeben zerstörten Gebäudes von innen vermessen werden, um das Rettungspersonal bei der Suche nach Verschütteten zu unterstützen (Bild rechts). Ein derartiges 3D-Modell kann dann einem Foto von außen überlagert werden, um z.B. den Zugang zu einem Verschütteten zu planen.



Sichere Sensoralgorithmen Hierbei geht es um Algorithmen, die Daten von Sensoren zu einem sicherheitsgerichteten Zwecke auswerten, so dass sie vor Gebrauch zertifiziert werden müssen, z.B. vom TÜV nach EN 61508. Ein Beispiel ist die Kollisionsvermeidung für Fahrzeuge in der Industrie (Projekt Sicherheitskomponente für Autonome Mobile Systeme (SAMS), BMBF-Initiative Servicerobotik) [1] und für Roboterarme humanoider Roboter (Projekt SAMS-3D, Bild rechts). In dem Projekt spielt mathematische Modellierung eine herausragende Rolle. Wir haben das Bremsverhalten des Fahrzeuges sowie den geometrischen Sachverhalt, was Kollision bedeutet, in Logik höherer Stufe mit dem Computer Aided Theoremprover Isabelle definiert. Dadurch konnten wir die Sicherheitsfunktionalität der Kollisionsvermeidung direkt spezifizieren (“Die berechnete Teilmenge der Ebene enthält alle Punkte, die das Fahrzeug bei einem möglichen Bremsmanöver berühren könnte.”). Zusammen mit einer Spezifikation der Programmiersprache C ebenfalls in Isabelle konnten wir die Korrektheit der Implementierung beweisen. Dies, nicht Tests, war die Grundlage des erteilten TÜV Zertifikats.



Diese erwähnten Arbeiten sind sehr industrienah. SAMS und iGEL sind Projekte mit Industriebeteiligung. In SAMS-3D bin ich Ko-Erfinder eines zum Patent angemeldeten Verfahrens [43]. Das Projekt European Train Control System (ETCS) war ein Gutachten im Industrienauftrag [44].

Sicherheitsgerichtete Anwendungen in der Bildverarbeitung sind eher selten, aber durchaus denkbar. In der Sicherheitstechnik dominieren andere Sensoren, wie Laserentfernungsmesser (z.B. bei SAMS). Mein Ansatz ist, den Sensor oder die Kombination von Sensoren nicht dogmatisch sondern nach der Aufgabenstellung zu wählen.

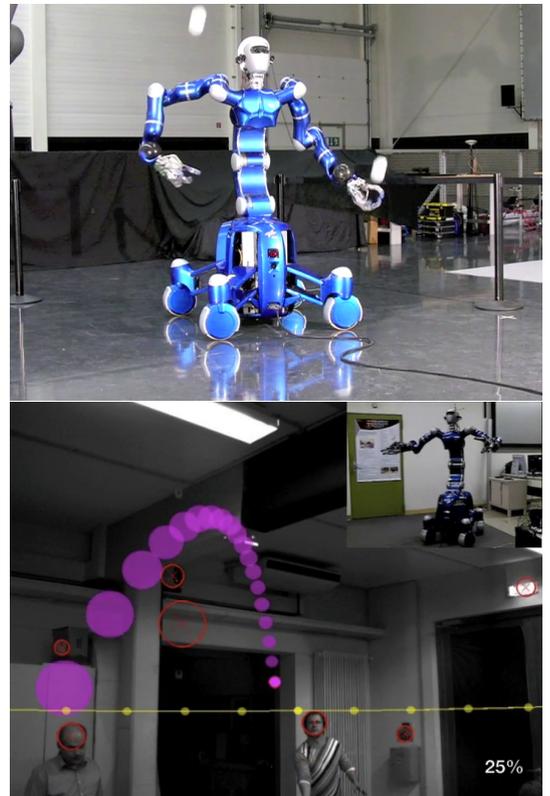
Kontextbasierte Bildverarbeitung Der photogrammetrische Ansatz in der Bildverarbeitung erlaubt, aus im Bild zweidimensional erkannten Merkmalen dreidimensionale Information zu erschließen, z.B. die Position eines markanten Punktes in einem Gebäude, die Flugbahn eines Balles [23] oder die Position und Orientierung der Kamera selbst [33].

Im Projekt B-Catch beschäftigen wir uns mit der Ballflugbahnvorhersage. Ziel ist, dass ein Zuschauer dem humanoiden Roboter unserer Projektpartner (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Bild rechts oben) zwei Bälle zuwirft und dieser sie mit beiden Händen fängt [18, 22]. Wie bei SLAM kommt es auf die probabilistische Modellierung von Unsicherheit und einen effizienten Inferenzalgorithmus in diesem Modell an. Anders als bei SLAM kommt zu der kontinuierlichen Messunsicherheit noch die diskrete Unsicherheit, ob der beobachtete Kreis im Bild wirklich von einem Ball stammt (Bild rechts unten). Beide Unsicherheiten zusammen führen zu einer mixture-of-Gaussian Verteilung [16, 19] anstelle einer, wenn auch sehr hochdimensionalen, einzelnen

Gaußglocke wie für SLAM. Bemerkenswert ist auch erneut die Sensorfusion mit einem Inertialsensor, da die Kameras am Kopf des Roboters wackeln, sobald sich dieser bewegt und nur durch den Inertialsensor Eigenbewegung von Ballbewegung unterschieden werden kann. Ein derartig komplexes System erfordert außerdem umfangreiche Kalibrierung von Kameras, Inertialsensor und Roboter zueinander, dies haben wir mit Hilfe des SLoM Frameworks [13] erledigt.

Die Demonstration des ballfangenden Roboters (Video auf unserer Webseite) ist spektakulär und kommt auch sehr beim fachfremden Publikum an. Wir arbeiten gerade an einer Version mit einem minimalistischen Zweiachsroboter [14], die die Technologie als interaktives Eventmodul in die Anwendung bringen soll.

Bei dem bisher realisierten Bildverarbeitungssystem zur Ballverfolgung fließt die Information von einer bildnahen 2D-Ebene zu einer abstrakteren 3D-Szenenebene. Aber durch probabilistische Modellierung kann der Informationsfluss auch umgekehrt werden, um durch Kontext aus der Szene die Robustheit der bildnahen Erkennungsalgorithmen zu erhöhen. Beispielsweise erzeugt die dreidimensionale Flugbahn eines Balles zusammen mit der perspektivischen Abbildung der Kamera eine „Erwartungshaltung“, wo etwas im Bild erscheinen müsste. Dadurch würde man dort etwas als Ball akzeptieren, weil es zum Kontext der restlichen Information passt, selbst wenn es so undeutlich ist, dass man es woanders im Bild nicht akzeptieren würde. Dieser Mechanismus ist in der Psychologie als Priming bekannt. In ihm steckt nach meiner Einschätzung ein großes Potential, um die Robustheit von Bildverarbeitung zu verbessern und die Lücke in der Leistungsfähigkeit zur menschlichen visuellen Wahrnehmung zu verkleinern [24][2]. Zur Zeit arbeiten wir gerade daran, dieses Konzept mathematisch zu modellieren und algorithmisch effizient umzusetzen. Die Grundidee ist, mit Wahrscheinlichkeitsverteilungen zu arbeiten, die direkt für jede potentielle Ballposition davon abhängen, wie „kreisig“ es an dieser Stelle im Bild aussieht, anstatt zuerst Kreise zu suchen und um die gefunden Positionen Gaussglocken zu legen.



Orthogonal zu den **Themen** zeigt die linke Spalte der Tabelle übergreifende **Methoden**, die sich quer durch die verschiedenen Themen in unseren Projekten ziehen:

Mathematische Strukturanalyse In meinem wissenschaftlichen Werdegang war immer eine Schlüsselfähigkeit, mathematisch-formale Repräsentation und Anschauung miteinander zu verknüpfen und leicht zwischen beiden Seiten wechseln zu können. Deshalb habe ich als Informatiker auch Mathematik bis zum Vordiplom studiert und gelte in meinem eher praktisch orientierten Anwendungsgebiet der Robotik als „gut verständlicher Theoretiker“.

Diese Fähigkeit zur intuitiven Strukturanalyse ist enorm hilfreich, weil sie erlaubt, Ideen für Algorithmen zu entdecken, schwer aufzuspürende Fehler in Implementierungen zu finden und komplexe Zusammenhänge so darzustellen, dass der Zuhörer die Botschaft versteht. Beispielsweise war mein erstes Konferenzpapier [41] eine theoretische Auseinandersetzung mit dem SLAM-Problem im Wechselspiel zwischen mathematisch-formale Repräsentation und Anschauung und wird eben wegen dieses Wechselspiels häufig zitiert. Das Papier weist auch als erstes auf die entscheidende Dünnbesetztheit der auftretenden Matrizen hin. Diese war zu dem Zeitpunkt zwar schon in der Bildverarbeitung, nicht aber in dem damals noch getrennten SLAM-Feld bekannt.

Probabilistische Sensorfusion Sensorfusion ist die Verknüpfung von unsicherer Information aus verschiedenen Quellen, um eine möglichst genaue Gesamtinformation daraus zu erhalten. Die Faszination an sensorischen Daten liegt darin, dass sie an der Grenze zwischen der „realen Welt“ und der „Welt im Rechner“ liegen und die reale Welt eine Vielzahl an Phänomenen hat, die Sensordaten unsicher machen. Dieses gilt für Bilder in besonderem Maße.

Effiziente Algorithmen Die Motivation für effiziente Algorithmen speist sich aus zwei Gedanken. Zum einen beschäftige ich mich mit Bildverarbeitung bei bewegten Vorgängen und da muss die Rechnung mit der Bewegung mithalten können (Echtzeit). Zum anderen ist Effizienz ein spannendes Forschungsziel an sich mit einem sehr klaren, weil gut messbarem Erfolgskriterium, der Rechenzeit. Daher übt Effizienz auf mich als Informatiker eine ähnliche Faszination aus wie Schubkraft auf einen Raketenentwickler.

Im Inneren der Tabelle finden sich Projekte und ihr Bezug zu den Themen und Methoden. AmbiguousSpace und FreePerspective sind von mir geleitete Projekte im SFB/TR 8, B-Catch ist ein DFG-Einzelprojekt, SAMS ist ein von mir mitgeleitetes Projekt in der BMBF-Initiative Servicerobotik und iGEL ein von mir mitgeleitetes Projekt im BMBF-Programm KMU Innovativ.

Veranstaltung	Teilnehmer*	Scheine	Interesse geweckt	viel gelernt	Spaß gehabt	Aufbau	gut vorbereitet	gut erklärt	Note Vorlesung	Note Tutorium
EBV (SS08,09,10)	13	23	1.7	1.8	1.9	1.2	1.2	1.7	1.6	1.9
IFG (WS09)	8	5	3.0	2.7	2.7	2.0	1.0	3.0	2.7	2.3
IFG (WS10)	13	11								
TdS (WS08)	3	12	1.8	1.5	2.3	1.9	1.6	2.0	1.9	1.6
TdS (WS10)	18	15								

Tabelle 1: Auszug aus der Lehrevaluation meiner verschiedenen Veranstaltungen. Die rechte Spalte sind Bewertungen auf einer Skala von 1 (sehr gut) bis 6 (sehr schlecht). Alle Zahlen sind Durchschnittswerte pro Semester. *Die Teilnehmerzahl bezieht sich auf die Evaluation, die gegen Ende des Semesters deutlich unter der mittleren Teilnehmerzahl im Laufe des Semesters liegt.

Drittmittelprojekte

- 2010-11 Ko-Projektleiter im EU-Teilprojekt Stereovision for Grasping by Humanoid Robots (GRASPY)
- 2010-12 Projektleiter im DFG-Projekt Echtzeitbildverarbeitung und -bewegungsplanung für einen ballfangenden humanoiden Roboter (B-Catch)
- 2010-12 Ko-Projektleiter im BMBF-Projekt (KMU Innovativ) Sicherer KeGELscanner.
- 2007- Ko-Projektleiter des SFB/TR 8 Teilprojekt A7-[FreePerspective]: Aggregation of spatial perceptions into a renderable 3D-representation (U. Frese, T. Röfer)
- 2009-10 Ko-Projektleiter des SFB/TR 8 Teilprojekt T2-[Rolland]: A safe wheelchair with route assistance (T. Röfer, U. Frese, B. Krieg-Brückner)
- 2006-09 Ko-Projektleiter des Projektes SAMS: Sicherheitskomponente für autonome mobile Systeme gefördert durch die BMBF-Initiative Servicerobotik

Schwerpunkte der Lehrveranstaltungen

Folien und Skripte zu meinen Veranstaltungen finden sich auf meiner Homepage.

- Echtzeitbildverarbeitung (V2Ü2)
- Informatik für Gestalter und General Studies (V2Ü2)
- Theorie der Sensorfusion (V2Ü2), mit L. Schröder
- Autonome Navigation im Außenraum (P4)
- 2005-07 Studentisches Projekt Rettungsrobotik, mit F. Kirchner, D. Spenneberg, M. Eich

Gremientätigkeiten

- 2010 Gastherausgeber des Sonderheftes "SLAM" der KI-Zeitschrift [3]
- 2009 Gastherausgeber des Sonderheftes "Inside Data Association" von Robotics and Autonomous Systems [6]
- 2008 Mitorganisator der Workshops "Inside Data-Association" auf der Robotics Science and Systems Konferenz, Zürich
- 2007- Mitglied im Editorial Board der Zeitschrift Foundation and Trends in Robotics, Now Publishers, Ersterscheinung 2009
- 2007 Workshop Chair der Robotics Science and Systems (RSS), Atlanta
- 2006,7 Associate Editor im Robotics and Automation Society Conference Editorial Board, das die Begutachtung der Papiere für die IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA) durchführt
- 2005- Gutachter für eingereichte Artikel für die Zeitschriften Electronics and Telecommunications Research Institute Journal, Robotics and Autonomous Systems, Journal of Field Robotics, Neural Networks, Autonomous Robots, Informatica, International Journal of Robotics and Automation, IEEE Transactions on Robotics, IEEE Robotics and Automation Magazine, Journal of Intelligent and Robotic Systems
- 2005- Mitglied im Programmkomitee von KI 2011, RoboCup Symposium 11, AAMAS10, KI09, RoboCup Symposium 07, ECMR07, IJCAI07, RSS06, ECMR05
- 2005- Gutachter für eingereichte Konferenzpapiere für die ICRA11, Humanoids 10, ECMR09, IROS09, ICRA09, AAAI08, ICRA08, IROS07, Spatial Cognition 06, ICRA05, IROS05, IJCAI05, RSS05, RoboCup Symposium 05

Aufenthalte als Gastwissenschaftler

- 2007 Universität Zaragoza, Robotics and Real Time Group, Gastgeber: Prof. J. Neira, Prof. D. Tardos, Datenassoziation in bearing-only SLAM, (1 Woche)
- 2005 Massachusetts Institute of Technology, Computer Science and Artificial Intelligence Lab (CSAIL), Gastgeber: Prof. John Leonard, Stochastische Relaxationsverfahren für SLAM, (3 Wochen)
- 2005 Universität Freiburg, Autonomous Intelligent Systems, Gastgeber: Prof. W. Burgard, Probabilistische Datenassoziation (2 Wochen)
- 2003 Universität Orebro, Schweden, Center for Applied Autonomous Sensor Systems (AASS), Gastgeber: Prof. Tom Duckett, SLAM mit Mehrebenenverfahren [11][39], (3 Monate)

Preise

- 1999 Preis für den besten Beitrag beim 15. Fachgespräch Autonome Mobile Systeme (AMS99) [55]

(Ko-)Betreute Dissertationen

- 2010- René Wagner: (Thema in Vorbereitung)
- 2009- Gutachter bzw. Prüfer für 4 Promotionen in der Elektrotechnik, 5 Promotionen in der Informatik, 1 an der Jacobs University
- 2008- Christoph Hertzberg: A Generic Algorithm and Software Architecture for incremental Least Square Problems (SFB-TR 8, Teilprojekt A7, Arbeitstitel)
- 2008- Oliver Birbach: Robust tracking and exact prediction of ballistic objects (Arbeitstitel)
- 2007- Holger Täubig: Systematische, sicherheitsgerichtete und beweisorientierte Betrachtung von Algorithmen der mobilen Robotik (Arbeitstitel)
- 2007 Zhan Wang: Sparse information filters for SLAM (Externer Gutachter für diese an der University of Technology Sydney eingereichte Dissertation, Betreuer: G. Dissanayake, S. Huang)
- 2004-06 Kai Hübner: Symmetriesignaturen für bildbasierte Anwendungen in der Robotik
- 2004-07 Christian Mandel: Navigation of the Smart Wheelchair Rolland

(Ko-)Betreute Diplomarbeiten

- 2010 M. Wirkus: Terrainrekonstruktion aus Stereodaten von unterschiedlichen Posen
- 2010 R. Stein: A robust method for visual pose tracking with LEDs
- 2010 R. Wagner: Autonomous Outdoor Navigation with a Robotic R/C Car
- 2009 A. Garbarde: Untersuchung zur Parallellisierung von Algorithmen für eingebettete Multicore-Systeme
- 2008 C. Hertzberg: A Framework for Sparse, Non-Linear Least Squares Problems on Manifolds
- 2008 S. Plasswich: Kollisionsvermeidung und Fahrzeugführung per Laserscanner auf einem schnellen Modellauto
- 2008 O. Birbach: Accuracy analysis of camera-inertial sensor based ball-trajectory prediction
- 2008 F. Penquitt: Robust Recognition of a Flying Ball with a Moving Camera-Inertial Sensor
- 2007 P. Kraetsch: Entwicklung einer reaktiven Steuerung für mobile Roboter auf Basis der Nearness-Diagram-Methode für Navigation in Innenräumen
- 2007 J. Gollub: Umsetzung und Evaluation des Autonomen Rollstuhls Rolland als Interaktives Museumsexponat
- 2007 J. Kurlbaum: Verfolgung von Ballflugbahnen mit einem frei beweglichen Kamera-Inertialsensor
- 2006 S. Planthaber: Portierung und Test von libsift - Evaluierung des Einsatzes zur Roboternavigation
- 2006 R. Borchers: Verfolgung kreisförmiger Objekte in Stereobildsequenzen
- 2000 M. Hörmann: Automatische Erstellung von Netzen von Koordinatensystemen mit Modellierung von Unsicherheiten

Veröffentlichungen

Im folgenden ist die Liste meiner Veröffentlichung gruppiert und chronologisch geordnet. Als “Leseprobe” empfehle ich [4] (noch nicht im Web, bitte anfragen) und [36] für ein mathematisch orientiertes Papier, sowie [34] für ein algorithmisches Papier. Alle akzeptierten Artikel und Begleitvideos lassen sich von meiner Webseite laden.

Die Zitierungsangaben bei den Artikeln basieren auf google scholar und enthalten daher nur Zitate aus dort geführten Veröffentlichungen. Alle wurden überprüft und sind keine Selbstzitate. Diese Zitierungszahlen ergeben einen h-Index von **13**.

Zeitschriftenartikel

- [1] H. Täubig, U. Frese, C. Hertzberg, C. Lüth, S. Mohr, E. Vorobev, and D. Walter. Guaranteeing functional safety: Design for provability and computer-aided verification. *Autonomous Robots, Special Issue on Guaranteeing Motion Safety*, 2011. (**under review**).
- [2] U. Frese, T. Laue, O. Birbach, and T. Röfer. (a) vision for 2050 – context-based image understanding for a human-robot soccer match. *Electronic Communications of the EASST: Specification, Transformation, Navigation; Special Issue dedicated to Bernd Krieg-Brückner u on the Occasion of his 60th Birthday*, 2011. (**to appear**).
- [3] U. Frese, editor. *KI-Zeitschrift Themenheft Simultaneous Localization and Mapping*, volume 24. Springer, 2010. (Gastherausgeber).
- [4] C. Hertzberg, R. Wagner, U. Frese, and L. Schröder. Integrating generic sensor fusion algorithms with sound state representations through encapsulation of manifolds. *Information Fusion*, 2010. (**to appear**).
- [5] U. Frese, R. Wagner, and T. Röfer. A SLAM overview from a user’s perspective. *KI-Zeitschrift*, 24(3), 2010.
- [6] U. Frese and J. Neira, editors. *Robotics and Autonomous Systems, Special Issue Inside Data Association*. Elsevier, 2009. 57(12), (Guest Editors).
- [7] S. Huang, Z. Wang, G. Dissanayake, and U. Frese. Iterated D-SLAM map joining – evaluating its performance in terms of consistency, accuracy and efficiency. *Autonomous Robots, special issue on Characterizing Mobile Robot Localization and Mapping*, 27(4):409–429, 2009.
- [8] S. Haddadin, T. Laue, U. Frese, S. Wolf, A. Albu-Schäffer, and G. Hirzinger. Kick it with elasticity: Safety and performance in human-robot soccer. *Robotics and Autonomous Systems, Special Issue on Humanoid Soccer Robots*, 57(8):761–775, 2009.
- [9] U. Frese. Treemap: An $O(\log n)$ algorithm for indoor simultaneous localization and mapping. *Autonomous Robots*, 21(2):103–122, 2006. (**93** citations).
- [10] U. Frese. A discussion of simultaneous localization and mapping. *Autonomous Robots*, 20(1):25–42, 2006. (**74** citations).
- [11] U. Frese, P. Larsson, and T. Duckett. A multilevel relaxation algorithm for simultaneous localization and mapping. *IEEE Transactions on Robotics*, 21(2):1–12, 2004. (**159** citations).
- [12] U. Frese, M. Hörmann, B. Bäuml, and G. Hirzinger. Globally consistent visual localization without a-priori map (german). *Automatisierungstechnik*, 3:273 – 280, 2000.

Begutachtete Konferenzartikel

- [13] R. Wagner, O. Birbach, and U. Frese. Rapid development of manifold-based graph optimization for multi-sensor calibration and slam. In *Proceedings of the International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, 2011. (**under review**).
- [14] T. Laue, O. Birbach, T. Hammer, and U. Frese. An entertainment robot for playing interactive ball games. In *Proceedings of the International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, 2011. (**under review**).
- [15] H. Täubig, B. Bäuml, and U. Frese. Real-time swept volume and distance computation for self collision detection. In *Proceedings of the International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, 2011. (**under review**).
- [16] O. Birbach and U. Frese. Estimation and prediction of multiple flying balls using probability hypothesis density filtering. In *Proceedings of the International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, 2011. (**under review**).
- [17] C. Hertzberg, R. Wagner, O. Birbach, T. Hammer, and Udo Frese. Experiences in building a visual SLAM system from open source components. In *Proceedings of the 2011 International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, 2011. (**to appear**).
- [18] B. Bäuml, F. Schmidt, T. Wimböck, O. Birbach, A. Dietrich, M. Fuchs, W. Friedl, O. Eiberger, M. Grebenstein, Ch. Borst, U. Frese, and G. Hirzinger. Catching flying balls and preparing coffee: Humanoid rolling justin performs dynamic and sensitive tasks. In *Proc. of the 2011 IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation (ICRA 2011)*, 2011. (Video, **to appear**).
- [19] O. Birbach, U. Frese, and B. Bäuml. Realtime perception for catching a flying ball with a mobile humanoid. In *Proceedings of the 2011 International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, 2011. (**to appear**).
- [20] S. Huang, Y. Lai, U. Frese, and G. Dissanayake. How far is SLAM from a linear least squares problem? In *Proceedings of the International Conference on Intelligent Robots and Systems, (IROS) Taipei*, 2010.
- [21] G. Grisetti, R. Kümmerle, C. Stachniss, U. Frese, and C. Hertzberg. A lazy, online, and hierarchical optimization approach for 2D and 3D pose-graphs operating on manifolds. In *Proceedings of the International Conference on Robotics and Automation (ICRA), Anchorage*, 2010. (1 citation).
- [22] O. Birbach and U. Frese. A multiple hypothesis approach for a ball tracking system. In *Proceedings of the Computer Vision Systems (ICVS)*, volume 5815, pages 435–444, 2009.
- [23] O. Birbach, J. Kurlbaum, T. Laue, and U. Frese. Tracking of ball trajectories with a free moving camera-inertial sensor. In *Proceedings of the RoboCup International Symposium, Suzhou*, 2008.
- [24] U. Frese and T. Laue. (A) vision for 2050: The road towards image understanding for a human-robot soccer match. In *Proceedings of the 5th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics (ICINCO)*, 2008.
- [25] S. Huang, Z. Wang, G. Dissanayake, and U. Frese. Iterated SLSJF: A sparse local submap joining algorithm with improved consistency. In *Proceedings of the Australasian Conference on Robotics and Automation (ACRA), Canberra*, 2008. (1 citation).

- [26] U. Frese, D. Hausmann, C. Lüth, H. Täubig, and D. Walter. The importance of being formal. In Hardi Hungar, editor, *Proceedings of SoftCert'08, Electronic Notes in Theoretical Computer Science*, 2008. (4 citations).
- [27] U. Frese, D. Hausmann, C. Lüth, H. Täubig, and D. Walter. Zertifizierung einer Sicherungskomponente mittels durchgängig formaler Modellierung. In *Software Engineering 2008, Lecture Notes in Informatics*. GI, 2008.
- [28] M. Gissler, U. Frese, and M. Teschner. Exact distance computation for deformable objects. In *Proc. Computer Animation and Social Agents*, 2008.
- [29] C. Lüth, U. Frese, H. Täubig, D. Walter, and D. Hausmann. SAMS Sicherheitskomponente für Autonome Mobile Serviceroboter. In *Proceedings der Robotik 2008*, volume 2012. VDI-Verlag, 2008.
- [30] S. Haddadin, T. Laue, and U. Frese. Foul 2050: Thoughts on physical human-robot interaction. In *Proceedings of the International Conference on Intelligent Robots and Systems, San Diego (IROS)*, 2007.
- [31] C. Mandel and U. Frese. Comparison of wheelchair user interfaces for the paralysed: Headjoystick vs. verbal path selection from an offered route-set. In *Proceedings of the 3rd European Conference on Mobile Robots*, 2007. (4 citations).
- [32] C. Mandel, T. Röfer, and U. Frese. Applying a 3DOF orientation tracker as a human-robot interface for autonomous wheelchairs. In *Proceedings of the IEEE Intl. Conf. on Rehabilitation Robotics (ICORR)*, 2007. (3 citations).
- [33] U. Frese. Efficient 6-DOF SLAM with treemap as a generic backend. In *Proceedings of International Conference on Robotics and Automation, Rome (ICRA)*, 2007. (15 citations).
- [34] U. Frese and L. Schröder. Closing a million-landmarks loop. In *Proceedings of the IEEE/RSJ Intern. Conf. on Intelligent Robots and Systems, Beijing (IROS)*, pages 5032–5039, 2006. (25 citations).
- [35] C. Mandel, U. Frese, and T. Röfer. Robot navigation based on the mapping of coarse qualitative route descriptions to route graphs. In *Proceedings of the IEEE/RSJ Intern. Conf. on Intelligent Robots and Systems, Beijing (IROS)*, pages 205–210, 2006. (8 citations).
- [36] U. Frese. A proof for the approximate sparsity of SLAM information matrices. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation, Barcelona (ICRA)*, pages 331–337, 2005. (25 citations).
- [37] U. Frese. Treemap: An $O(\log n)$ algorithm for simultaneous localization and mapping. In C. Freksa, editor, *Spatial Cognition IV*, pages 456 – 478. Springer Verlag, New York, 2005. (32 citations).
- [38] B. Krieg-Brückner, U. Frese, K. Lüttich, C. Mandel, T. Mossakowski, and R. Ross. Specification of an ontology for route graphs. In C. Freksa, M. Knauff, B. Krieg-Brückner, B. Nebel, and T. Barkowsky, editors, *Spatial Cognition IV, Lecture Notes in Artificial Intelligence*. Springer-Verlag, 2004. (20 citations).
- [39] U. Frese and T. Duckett. A multigrid approach for accelerating relaxation-based SLAM. In *Proceedings of the IJCAI Workshop Reasoning with Uncertainty in Robotics, Acapulco*, pages 39–46, 2003. (34 citations).

- [40] A. Albu-Schäffer, Ch. Ott, U. Frese, and G. Hirzinger. Cartesian impedance control of redundant robots: Recent results with the DLR-light-weight-arms. In *Proceedings of the International Conference on Robotics and Automation, Taipei (ICRA)*, pages 3704–3709, 2003. (27 citations).
- [41] U. Frese and G. Hirzinger. Simultaneous localization and mapping - a discussion. In *Proceedings of the IJCAI Workshop on Reasoning with Uncertainty in Robotics, Seattle*, pages 17 – 26, 2001. (66 citations).
- [42] U. Frese, B. Bäuml, S. Haidacher, G. Schreiber, I. Schaefer, M. Hähnle, and G. Hirzinger. Off-the-shelf vision for a robotic ball catcher. In *Proceedings of the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, Maui (IROS)*, pages 1623 – 1629, 2001. (28 citations).

Patente und Industriegutachten

- [43] U. Frese and H. Täubig. Verfahren zur Vermeidung von Kollisionen gesteuert bewegter Anlagenteile, insbesondere von Roboterarmen und Fahrzeugen, 2009. (Patentanmeldung beim Deutschen Patentamt unter 102009006256.4-32, **eingereicht**).
- [44] U. Frese. Gutachten zur Spezifikation des Odometriealgorithmus. Technical report, Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz, Robert-Hooke-Straße 5, 28359 Bremen, 2009. (Gutachten im Industrienauftrag).

Workshops und nicht begutachtete Veröffentlichungen

- [45] T. Röfer, C. Mandel, A. Lankenau, B. Gersdorf, and U. Frese. 15 years of rolland. In B. Hoffmann, C. Lüth, T. Mossakowski, and L. Schröder, editors, *Festschrift Dedicated to Bernd Krieg-Brückner on the Occasion of his 60th Birthday*, 2009.
- [46] U. Frese and O. Birbach. A paradox in estimating uncertainty. In *Festschrift Dedicated to Bernd Krieg-Brückner on the Occasion of his 60th Birthday*, 2009.
- [47] U. Frese, T. Laue, O. Birbach, J. Kurlbaum, and T. Röfer. (a) vision for 2050 - context-based image understanding for a human-robot soccer match. In *Festschrift Dedicated to Bernd Krieg-Brückner on the Occasion of his 60th Birthday*, 2009. (extended version of [24]).
- [48] U. Frese and H. Täubig. Verfahren zur Vermeidung von Kollisionen gesteuert beweglicher Teile einer Anlage. Technical Report RR-09-01, Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz, Robert-Hooke-Straße 5, 28359 Bremen, 2009. (2 citations).
- [49] J. Kurlbaum and U. Frese. A benchmark dataset for data association. Technical Report SFB/TR 8 Technical Report 017-02/2009, SFB/TR 8 Spatial Cognition, 2009. (4 citations).
- [50] C. Mandel, U. Frese, and T. Röfer. Design improvements for proportional control of autonomous wheelchairs via 3DOF orientation tracker. In *Proceedings of the International Workshop Conference on Artificial Neural Networks (IWANN)*, Lecture Notes in Computer Science, 2007. (1 citation).
- [51] U. Frese. Using treemap as a generic least square backend for 6-DOF SLAM. In *Proceedings of the Spatial Cognition V Workshop Robotic 3D Environment Cognition*, pages 4814–4819, 2006.
- [52] U. Frese. Treemap: An $O(\log n)$ algorithm for indoor simultaneous localization and mapping. Technical Report 006-03/2006, Universität Bremen, SFB/TR 8 Spatial Cognition, 2006. Companion report to the Autonomous Robots article with the same title.

- [53] U. Frese. *An $O(\log n)$ Algorithm for Simultaneous Localization and Mapping of Mobile Robots in Indoor Environments*. PhD thesis, University of Erlangen-Nürnberg, 2004. (23 citations).
- [54] U. Frese and T. Duckett. A multigrid approach for accelerating relaxation-based SLAM. In *18. Fachgespräch Autonome mobile Systeme, Karlsruhe, 2003*.
- [55] U. Frese, M. Hörmann, B. Bäuml, and G. Hirzinger. Global konsistente visuelle lokalisation ohne vorgegebene karte. In *15. Fachgespräch Autonome Mobile Systeme (AMS99), 1999*.

**Im Namen
der
Freien Hansestadt Bremen**

ernenne ich

Herrn

Dr.-Ing. Udo Frese

unter Berufung in das Beamtenverhältnis auf Zeit

mit Wirkung vom 1. Juni 2008

für die Dauer von 3 Jahren

zum Juniorprofessor

Bremen, den 14. Mai 2008

Universität Bremen



A handwritten signature in black ink, reading 'Wilfried Müller'.

Prof. Dr. Wilfried Müller

Rektor



UNIVERSITÄT DES SAARLANDES

Die
Universitätspräsidentin

Universität des Saarlandes, Die Universitätspräsidentin, Postfach 15 11 50, 66041 Saarbrücken

Herrn
Dr. Udo Frese
Hohe Straße 30

27232 Sulingen

Sachbearbeiter:
Frau Kauth

Gebäude 4
66123 Saarbrücken

Telefon (0681) 302-6642
Telefax (0681) 302-2649

Az.: SG2

Datum 28.07.2006

Betreff Berufung zum Juniorprofessor

Anlage Personalbogen, Übersicht über Hochschulausbildung und praktische
Ausbildung

Sehr geehrter Herr Dr. Frese,

auf Vorschlag der Naturwissenschaftlich-Technischen Fakultät I erteile ich Ihnen den Ruf auf eine Planstelle der Besoldungsgruppe W1 für Vision/Robotics an der Universität des Saarlandes.

Ich beabsichtige, Sie in ein Beamtenverhältnis auf Zeit zu berufen und zum Juniorprofessor zu ernennen, sofern die hierzu erforderlichen beamtenrechtlichen Voraussetzungen vorliegen. Anliegende Formulare erbitte ich möglichst umgehend zurück.

Ich bitte Sie mir mitzuteilen, ob Sie den Ruf grundsätzlich annehmen und sich mit mir wegen der Einstellungsmodalitäten und eines Ernennungstermins in Verbindung zu setzen. Gespräche über die Ausstattung Ihres Arbeitsgebietes führen Sie bitte mit dem/der Dekan/Dekanin der Naturwissenschaftlich-Technischen Fakultät I.

Für eine baldige Rückmeldung wäre ich Ihnen sehr dankbar.

Mit freundlichen Grüßen
In Vertretung

Univ.-Prof. Dr. R. Hartmann
Vizepräsident für Forschung und Technologietransfer

Gleitende Arbeitszeit:
Kernarbeitszeit
von 8.30 - 11.45
und 13.30 - 15.30 Uhr

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Promotionsurkunde

Die Technische Fakultät

verleiht nach einem ordnungsgemäßen Promotionsverfahren
sowie einer mündlichen Prüfung

Herrn

Dipl.-Inf. Udo Frese

geboren am 19.12.1972 in Minden
den akademischen Grad

**Doktor der Ingenieurwissenschaften
(Dr.-Ing.)**

Thema der Dissertation:

**An $O(\log n)$ Algorithm for Simultaneous Localization and Mapping of
Mobile Robots in Indoor Environments**

Berichterstatter: Professor Dr.-Ing. H. Niemann
Professor Dr.-Ing. G. Hirzinger

Das Gesamturteil lautet:

SEHR GUT BESTANDEN

Erlangen, den 28.05.2004



Prof. Dr. rer. pol. K.-D. Gröske
Rektor



Prof. Dr. rer. nat. A. Winnacker
Dekan

Diplom

Herr Udo F r e s e

geboren am 19.12.1972 in Minden

hat am 02. Oktober 1997 die Diplom-Informatik-Hauptprüfung
gemäß der Prüfungsordnung für den integrierten Studiengang Informatik
(Regelstudienzeit 9 Semester) mit dem Gesamturteil

- mit Auszeichnung -

an der Universität - Gesamthochschule Paderborn bestanden.

Auf Grund dieser Prüfung wird ihm hiermit der akademische Grad

Diplom-Informatiker

verliehen.

Paderborn, den 02. Oktober 19 97



Der Dekan des Fachbereichs
Mathematik - Informatik

Diplom-Vorprüfung

Prüfungszeugnis

Der/Die Studierende

Udo F r e s e

geboren am 19.12.1972 in Minden

hat sich am 16. Oktober 1995 gemäß der Prüfungsordnung der
Diplom-Vorprüfung II für den integrierten Studiengang Mathematik (Regelstudienzeit 9
Semester) an der Universität-Gesamthochschule-Paderborn unterzogen und die Prüfung mit

- sehr gut -

bestanden.

Einzelbewertung

Analysis - sehr gut -*

Lineare Algebra - sehr gut -*

Angewandte Mathematik - sehr gut -

Nebenfach Informatik - sehr gut -*

Ergänzungsprüfung - sehr gut -*

*angerechnete Prüfungsleistung aus dem integrierten Studien-
gang Informatik an der Universität - GH Paderborn

Paderborn, den 16. Oktober 1995



Prüfungsausschuß
Der Vorsitzende



Studienstiftung des deutschen Volkes

Die Studienstiftung des deutschen Volkes fördert Studierende an Universitäten, wissenschaftlichen und technischen Hochschulen, Kunsthochschulen, Musikhochschulen und Fachhochschulen.

Ihr Auswahlverfahren gründet sich auf die Kriterien fachliche Exzellenz, Weite des Horizonts und soziale Verantwortung.

Mit ihrer Förderung des besonders qualifizierten Nachwuchses für Wissenschaft, Wirtschaft, Kunst und öffentliches Leben steht sie im Dienst der Allgemeinheit.

Udo Frese

wurde im Februar 1995 in die Studienstiftung des deutschen Volkes aufgenommen.

Bonn, den 30. September 1996

Prof. Dr. Helmut Altner
Präsident der Studienstiftung
des deutschen Volkes

Dr. Gerhard Teufel
Generalsekretär der Studienstiftung
des deutschen Volkes



Herder-Gymnasium der Stadt Minden
mit Caroline-von-Humboldt-Gymnasium, gegr. 1826
(Sekundarstufe I und II)

Zeugnis
der allgemeinen Hochschulreife

Udo Frese

geboren am 19. 12. 1972 in Minden

wohnhaft in 4950 Minden ¹⁾

hat sich nach dem Besuch der gymnasialen Oberstufe der Abiturprüfung unterzogen.

Dem Zeugnis liegen zugrunde:

Die Vereinbarung zur Neugestaltung der gymnasialen Oberstufe in der Sekundarstufe II (Beschluß der Kultusministerkonferenz vom 7. Juli 1972 in der jeweils geltenden Fassung).

Die Vereinbarung über die Abiturprüfung der neugestalteten gymnasialen Oberstufe in der Sekundarstufe II gemäß Vereinbarung der Kultusministerkonferenz vom 7. Juli 1972 (Beschluß der Kultusministerkonferenz vom 13. Dezember 1973 in der jeweils geltenden Fassung).

Die Vereinbarungen über die einheitlichen Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung (Beschlüsse der Kultusministerkonferenz in der jeweils geltenden Fassung).

Verordnung über die Bildungsgänge und die Abiturprüfung in der gymnasialen Oberstufe – APO-GOST – vom 28. März 1979 in der jeweils geltenden Fassung (SGV. NW. 223/BASS 13 – 32 Nr. 3.1).

¹⁾ Auf Wunsch der Schülerin/des Schülers wird hinter dem Wohnort das Religionsbekenntnis vermerkt.

2. Seite des Zeugnisses der allgemeinen Hochschulreife

für Udo Frese

I. Leistungen in den Jahrgangsstufen 12 und 13 (Qualifikationsphase)

Fach ²⁾	Bewertung ¹⁾			
	12/I	12/II	13/I	13/II
Sprachlich-literarisch-künstlerisches Aufgabenfeld				
Deutsch	10	10	11	11
Englisch	09	09	11	11
Musik	11	11		
Gesellschaftswissenschaftliches Aufgabenfeld				
Sozialwissenschaften	12	13	13	15
Geschichte			11	10
Mathematisch-naturwissenschaftlich-technisches Aufgabenfeld				
Mathematik (Leistungsfach)	15	15	15	15
Physik	15	15	15	15
Informatik (Leistungsfach)	15	15	15	15
Religionslehre	10	11	11	11
Sport				

¹⁾ Für die Umsetzung der Noten in Punkte gilt:

Noten	sehr gut			gut			befriedigend			ausreichend			mangelhaft			ungenügend
	+	1	-	+	2	-	+	3	-	+	4	-	+	5	-	6
Punkte	15	14	13	12	11	10	09	08	07	06	05	04	03	02	01	00

Die Punktzahlen in Klammern sind nicht in die Gesamtqualifikation einbezogen worden. Punktzahlen werden in einfacher Wertung und stets zweistellig angegeben.

²⁾ Leistungsfächer werden mit dem Klammerzusatz (Leistungsfach) gekennzeichnet. Grundkurse bleiben ohne besondere Kennzeichnung.

3. Seite des Zeugnisses der allgemeinen Hochschulreife

für Udo Frese

II. Leistungen in der Abiturprüfung

Prüfungsfach	Prüfungsergebnis in einfacher Wertung	
	schriftlich	mündlich
1. Leistungsfach <u>Mathematik</u>	<u>14</u>	
2. Leistungsfach <u>Informatik</u>	<u>15</u>	
3. <u>Deutsch</u>	<u>12</u>	
4. <u>Sozialwissenschaften</u>		<u>14</u>

III. Berechnung der Gesamtqualifikation und der Durchschnittsnote

Punktsumme aus 22 Grundkursen
in einfacher Wertung: 255 mindestens 110,
höchstens 330 Punkte

Punktsumme aus 6 Leistungskursen
in zweifacher Wertung und der
Ausgleichsregelung: 210 mindestens 70,
höchstens 210 Punkte

Punktsumme aus den Prüfungen in
vierfacher Wertung¹⁾ und den Kursen
der Prüfungsfächer im Abschlußhalbjahr
(13/II) in einfacher Wertung: 276 mindestens 100,
höchstens 300 Punkte

Gesamtpunktzahl: 741 mindestens 280,
höchstens 840 Punkte

Durchschnittsnote: 1,2 lims 2,25²⁾

¹⁾ Die Ergebnisse der schriftlichen und mündlichen Prüfung sind hierbei im Verhältnis 2 : 1 gewichtet.

²⁾ Wiederholung der Durchschnittsnote in Buchstaben

4. Seite des Zeugnisses der allgemeinen Hochschulreife

für Udo Frese

IV. Fremdsprachen

In der ersten Fremdsprache Englisch

und in der zweiten Fremdsprache Latein

ist Unterricht in dem für den Erwerb der allgemeinen Hochschulreife erforderlichen Umfang besucht worden¹⁾.

Dieses Zeugnis schließt das Latinum/~~Graecum~~ (Nachweis von Lateinkenntnissen ~~bzw. von Griechisch-~~~~kenntnissen~~ gemäß Vereinbarung der Kultusministerkonferenz vom 26. Oktober 1979)/~~das Hebraicum~~ ein²⁾.

V. Bemerkungen³⁾

VI. Frau/Herr Udo Frese

hat die Abiturprüfung bestanden und damit die Befähigung zum Studium an einer Hochschule in der Bundesrepublik Deutschland erworben.

Minden, den 16.06.1992

Ort, Datum

Kunze, U.H.

Vorsitzende/r des Zentralen Abiturausschusses



Kunze, U.H.

Schulleiter/in

Pöpel, S. O.

Beratungslehrer/in

Vertreter/in des Schulträgers

Heidenreich, S.H.

Tutor/in

¹⁾ Zugrunde liegen:
Abkommen zwischen den Ländern der Bundesrepublik zur Vereinheitlichung auf dem Gebiete des Schulwesens vom 28. Oktober 1964 i. d. F. vom 14. Oktober 1971.
Die Vereinbarung zur Neugestaltung der gymnasialen Oberstufe in der Sekundarstufe II (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 7. Juli 1972 in der jeweils geltenden Fassung).
²⁾ Nichtzutreffendes streichen.
³⁾ Auf Wunsch der Schülerin/des Schülers kann hier die Teilnahme an Arbeitsgemeinschaften der Jahrgangsstufen 12/13 oder die erfolgreiche Teilnahme an Landes- oder Bundeswettbewerben vermerkt werden.