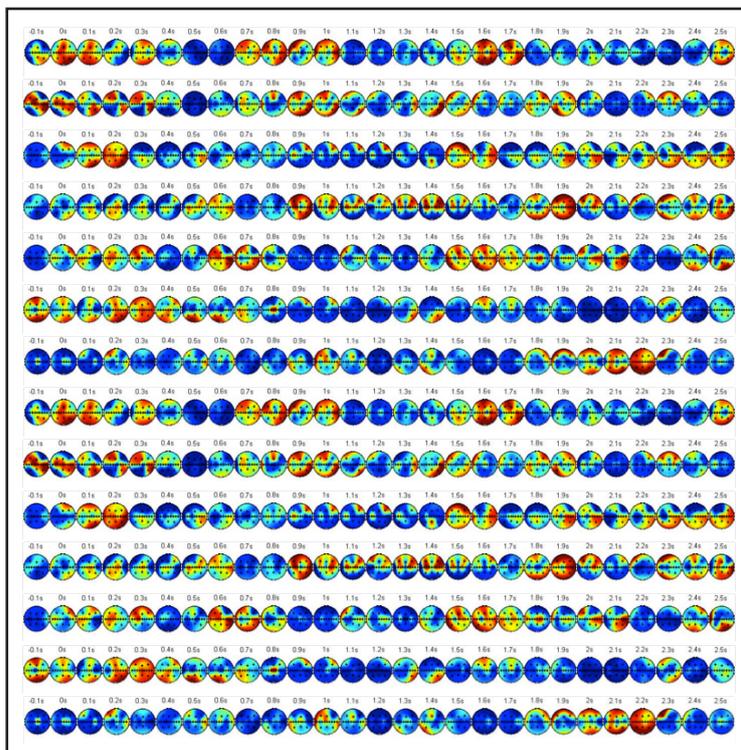


# Future Labs 2011



F. Wotawa, U. Birkner (Eds.)

Fakultät für Informatik

Graz, Jänner 2012





# **BERICHT**

2011

zum Exzellenzschwerpunkt

Future Labs@TUGraz

Die Partnerinstitute von Future Labs@TUGraz sind:

- Institut für Angewandte Informationsverarbeitung und Kommunikationstechnologie (IAIK)
- Institut für Informationssysteme und Computermedien (IICM)
- Institut für Wissensmanagement (IWM)
- Institut für Grundlagen der Informationsverarbeitung (IGI)
- Institut für Semantische Datenanalyse (ISD)
- Institut für Maschinelles Sehen und Darstellen (ICG)
- Institut für Computergraphik und Wissensvisualisierung (CGV)
- Institut für Softwaretechnologie (IST)

Redaktion: F. Wotawa, U. Birkner

Jänner 2012

<b>1. Future Labs @ TU Graz .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Institut für Angewandte Informationsverarbeitung und Kommunikationstechnologie .....</b>	<b>3</b>
2.1. Verwendung des Nexus-S-Mobiltelefons für zukünftige RFID-Anwendungen.....	3
2.2. Elektronische Design-Automatisierungs-Tools für integrierte Schaltungen .....	4
2.3. Gumstix Boards und ztex FPGA Boards.....	5
2.4. Kurzbericht über die Verwendung der NEXUS-S-Geräte .....	7
2.5. Erweiterung des Cluster IAIK.....	9
2.6. Elektronische Prüfungsunterstützung .....	10
<b>3. Institut für Informationssysteme und Computer Medien .....</b>	<b>13</b>
3.1. Ausgangssituation.....	13
3.2. Virtuelle Welt zur Unterstützung von Entrepreneurship Training and Marktplatz für Geschäftsideen und Investoren .....	13
3.3. Kollaborative Lernumgebung für Kleingruppen unter Nutzung der Project Wonderland Infrastruktur für Verteiltes Projektmanagement und Softwareentwicklung .....	15
3.4. Virtual World für virtuelle Meetings und Kollaboration in Kleingruppen .....	17
<b>4. Institut für Grundlagen der Informationsverarbeitung.....</b>	<b>18</b>
4.1. Biologically Inspired Computing Architectures, Robot Learning Lab .....	18
<b>5. Institut für Semantische Datenanalyse/Knowledge Discovery .....</b>	<b>24</b>
5.1. Muskelstimulationsgerät .....	24
5.2. Multicore-Rechner zur Evaluierung neuer Algorithmen .....	25
5.3. Messcomputer für Datenaufnahme / Arbeitsplatzrechner.....	28
<b>6. Institut für Maschinelles Sehen und Darstellen .....</b>	<b>31</b>
6.1. Aerial Vision Group .....	31
6.2. Multi-Kamera Pan-Tilt-Zoom Setup .....	33
6.3. High-Speed Stereo System .....	34
6.4. Laser Range Scanner für Mobile Augmented Reality.....	35
<b>7. Institut für Computer Graphik und Wissensvisualisierung .....</b>	<b>36</b>
7.1. The World at Your Fingertips .....	36
<b>8. Institut für Softwaretechnologie .....</b>	<b>40</b>
8.1. ROBOT LEARNING LAB .....	40
8.2. Recommendation Technologies .....	44
8.3. CATROID.....	45



# 1. FUTURE LABS @ TU GRAZ

Die Future Labs Initiative, die seit 2007 an der Fakultät für Informatik der Technischen Universität Graz umgesetzt wird, hat zum Ziel die Geräteausstattung der Fakultät laufend zu verbessern um den Aufschwung der Fakultät nachhaltig zu unterstützen. Dieses Ziel wurde nachweislich erreicht. Von 2007 bis 2010 konnten die Drittmiteinnahmen der Informatikinstitute von 6 Millionen € auf 12 Millionen € verdoppelt werden. Die wissenschaftlichen Publikationen der Fakultät (Tagungsbeiträge, Workshop- und Konferenzbeiträge) konnten ebenfalls von 346 im Jahr 2007 auf 470 im Jahr 2010 gesteigert werden. Als Anmerkung sei erwähnt, dass in dieser Periode nur eine geringfügige Steigerung im Globalmittelbereich gab. Future Labs ist somit eine Success Story der Fakultät. Der vorliegende Bericht für das Jahr 2011 unterstreicht dies besonders.

Neben der Weiterentwicklung der Grundlagenausstattung der Fakultät, die für eine erfolgreiche Weiterführung auch der Drittmittelprojekte notwendig ist, hat Future Labs im Jahr 2011 neue Projekte und Methoden ermöglicht, die ohne diese Initiative nicht durchgeführt werden könnten. Exemplarisch angeführt werden können Arbeiten im Bereich des Hörsaals der Zukunft und erste Versuche Prüfungen elektronisch mit Hilfe von iPads durchzuführen. Im folgenden Bericht werden die Future Labs Aktivitäten aller Institute, die sich im Jahr 2011 mit Projektanträgen für Future Labs beteiligt haben, beschrieben. Das Institut für Wissensmanagement ist 2011 mit keinem Beitrag vertreten, da es hier nach Abgang von Professor Tochtermann eine Neuberufung gegeben hat. Frau Professor Stefanie Lindstaedt, die die Nachfolge Tochtermann im letzten Quartal 2011 angetreten hat, wird sich mit dem Institut für Wissensmanagement im Jahr 2012 wieder an Future Labs beteiligen.

Die Forschungsthemen, die im Future Labs 2011 Bericht beschrieben werden, sind sehr breit gefächert. Das Institut für Angewandte Informationsverarbeitung und Kommunikationstechnologie beschreibt neben seiner Aktivitäten im Bereich Informationssicherheit ein System zur elektronischen Abnahme von Prüfungen. Dieses erfüllt aufgrund seiner Architektur die Sicherheitsstandards und kann zu einer Verbesserung des Prüfungsprozesses führen. Am Institut für Informationssysteme und Computermedien wird an der Verwendung virtueller 3D-Welten geforscht. Ein praktisches Anwendungsszenarium ist die Bereitstellung einer Kollaborationsplattform, wo Computeragenten als verlängerter Arm ihrer zugehörigen Benutzer miteinander interagieren, Verhandlungen führen und Informationen austauschen.

Das Institut für Grundlagen der Informationsverarbeitung beschäftigt sich vorwiegend mit aus der Biologie inspirierten Computerarchitekturen. Die vom Institut hier geleistete Grundlagenforschung ist weltweit führend und durch eine große Anzahl hochklassiger Publikationen hervorragend dokumentiert. Das Institut für Semantische Datenanalyse hat als Forschungsgebiet die Kopplung Mensch Computer, wobei hier die Analyse von Gehirnströmen eine große Rolle spielt. Anwendungen reichen von der Rehabilitation bis zur Bereitstellung von Schnittstellen für Menschen mit erheblichen Behinderungen. Die am Institut geleistete Arbeit ist ebenfalls an der weltweiten Spitze zu finden. Dies gilt sicherlich auch für die anderen Institute der Fakultät in ihren Spezialbereichen.

Am Institut für Maschinelles Sehen und Darstellen wird neben der Analyse von Bildinformationen sehr erfolgreich im Bereich Augmented Reality gearbeitet. Im Bericht wird unter anderem ein System für den mobilen Einsatz von Augmented Reality mit Hilfe eines Laser Range Finders beschrieben. Das Institut für Computergraphik und Wissensvisualisierung beschreibt im Bericht unter anderem ein System für Ambient Assisted Living. Die Idee hierbei ist es, durch technologische Unterstützung älteren Menschen das Leben in ihrer gewohnten Umgebung zu ermöglichen, ohne deren Sicherheit zu gefährden. Im Bericht des Instituts für Softwaretechnologie werden neben den Arbeiten im Gebiet Robotics auch Entwicklungen im Bereich einfach zu lernender Programmiersprachen enthalten. Im von Google unterstützten Projekt Catroid wird die Programmiersprache Scratch auf Handheld Computer und Mobiltelefone portiert. Ziel ist es, Kinder und Jugendliche möglichst frühzeitig an die Programmierung und somit Informatik heran zu führen.

Ich wünsche viel Freude beim Durchlesen des aktuellen Future Labs Bericht und danke allen Kolleginnen und Kollegen, die durch Beiträge diesen Bericht erst möglich gemacht haben. Eine Weiterführung von Future Labs in der Periode 2013-15 ist jedenfalls notwendig, um die Grundlagenforschung an der Fakultät und neue innovative Projekte weiter zu unterstützen. Neben der Bereitstellung von Ausstattung wird im neuen Future Labs Antrag jedenfalls auch um Mittel für Gäste und Doktorandenstellen angesucht. Ziel hierbei ist es die Forschung der Fakultät einerseits zu erweitern und andererseits die Internationalisierung weiter voranzutreiben.



Univ.-Prof. DI Dr. Franz Wotawa  
(Dekan)

## **2. INSTITUT FÜR ANGEWANDTE INFORMATIONSVERRARBEITUNG UND KOMMUNIKATIONSTECHNOLOGIE**

### **2.1. VERWENDUNG DES NEXUS-S-MOBILTELEFONS FÜR ZUKÜNFTIGE RFID-ANWENDUNGEN**

---

**Thomas Plos**

Radiofrequenzidentifikation (RFID) ist eine Technologie, die im letzten Jahrzehnt stark an Bedeutung gewonnen hat. Anwendungen, bei denen RFID -Technologie zum Einsatz kommt sind beispielsweise Zutrittskontrollsysteme, elektronische Reisepässe, Ticketing und Lagerverwaltungssysteme. Die Wichtigkeit dieser Technologie wird dadurch unterstrichen, dass RFID -Funktionalität auch schon in den neuesten Mobiltelefonen wie dem Samsung Nexus S integriert ist. Die Verfügbarkeit von RFID -Funktionalität in Mobiltelefonen macht diese Technologie nicht nur einem breiteren Benutzerkreis zugänglich, sondern ebnet in weiterer Folge auch den Weg für neue Anwendungen. Für viele dieser neuen Anwendungen werden Sicherheitsaspekte eine wichtige Rolle spielen.

Mit dem Nexus -S-Mobiltelefon ist es nun möglich, die Sicherheitsaspekte und möglichen Risiken von neu entstehenden/zukünftigen RFID -Anwendungen genauestens zu untersuchen. Wie in Abbildung A.1 gezeigt, wurde das Nexus S bereits dazu verwendet, um mit speziellen RFID -Tag-Prototypen zu kommunizieren, die verschiedene kryptografische Operationen unterstützen. In zukünftigen Anwendungen kann mit einem Mobiltelefon dann beispielsweise die Authentizität eines Produktes überprüft werden, wenn dieses mit einem derartigen RFID -Tag ausgestattet ist.

Eine andere Möglichkeit, die RFID -Funktionalität des Nexus -S-Mobiltelefons zu verwenden, betrifft das Kopieren der Identifikationsnummer von ungeschützten RFID -Tags. Mit einem entsprechenden Programm am Mobiltelefon kann ganz einfach die Identifikationsnummer von einem Tag ausgelesen und auf ein anderes übertragen werden. Zutrittssysteme, die RFID -Tags ohne kryptografische Funktionalität verwenden, können so sehr leicht kompromittiert werden.

Wenn Mobiltelefone mit RFID -Tags kommunizieren, welche kryptografische Operationen unterstützen, müssen auch am Mobiltelefon selbst Daten ver- bzw. entschlüsselt werden. Während der Ver-/Entschlüsselung von Daten werden vom Mobiltelefon sogenannte Seitenkanalinformationen generiert, die für entsprechende Attacken genützt werden können. Ein möglicher Seitenkanal betrifft das Zugriffsverhalten des Mobiltelefons auf seinen internen Daten-Cache während des Berechnens von Daten. Erste Untersuchungen am Nexus-S in diese Richtung wurden bereits durchgeführt und weisen darauf hin, dass auch für eingebettete Geräte wie Mobiltelefone Gegenmaßnahmen notwendig sind, um diese vor Seitenkanalattacken zu schützen.



**Abb. A.1:** Nexus-S-Mobiltelefon, welches soeben mit einem RFID -Tag-Prototypen kommuniziert.

## 2.2. ELEKTRONISCHE DESIGN-AUTOMATISIERUNGS-TOOLS FÜR INTEGRIERTE SCHALTUNGEN

---

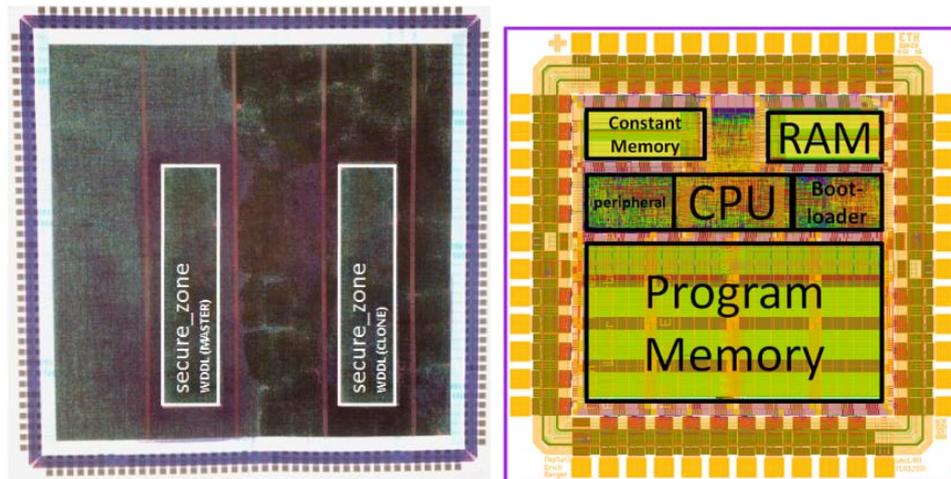
**Mario Kirschbaum**

VLSI Design oder auch „VLSI Design Flow“ bezeichnet den komplexen Vorgang, ein Design von einer Hardwarebeschreibungssprache (z.B.: Verilog oder VHDL) in eine integrierte Schaltung zu transformieren. Die für diese Umsetzung notwendigen Programme und Tools werden elektronische Design-Automatisierungstools (EDA-Tools) genannt und ermöglichen überhaupt erst die Realisierung von integrierten Schaltungen - viele dieser Schaltungen bestehen aus zehntausend bis zu vielen hunderttausend logischen Gattern - für die unterschiedlichsten Anwendungsgebiete (z.B.: kryptografische Prozessoren).

Die EDA-Tools ermöglichen unseren Forschungsgruppen z.B. die Untersuchung und Entwicklung neuer Gegenmaßnahmen gegen Seitenkanalattacken. Solche Attacken bezeichnen Angriffe auf kryptografische Systeme, bei denen z.B. die Analyse des Stromverbrauchs Auskunft über geheime Informationen preisgibt. Die geheimen Informationen (oft auch geheime Schlüssel genannt) sind in einer integrierten Schaltung gespeichert und werden für die Ver- und Entschlüsselung von kritischen Daten benötigt. In verschiedenen Forschungsprojekten konnten mithilfe eines umfassenden VLSI-Design-Flow Gegenmaßnahmen gegen Seitenkanalattacken auf dem neuesten Stand der Technik erforscht, entwickelt und weiter verbessert werden.

Ein weiteres Einsatzgebiet der EDA-Tools in unseren Forschungsgruppen ist die Untersuchung und Entwicklung von kryptographischen Systemen in Bezug auf deren Optimierungsmöglichkeiten. Eine integrierte Schaltung kann nach verschiedenen Gesichtspunkten optimiert werden, z.B. möglichst niedriger Energieverbrauch oder möglichst kleiner Flächenbedarf. Unter dem Einsatz von EDA-Tools auf dem neuesten Stand der Technik konnten unsere Forschungsgruppen höchst anspruchsvolle Design-Methoden anwenden und somit beachtliche Ergebnisse auf dem Gebiet der VLSI-Designs erzielen.

Die EDA-Tools kommen nicht nur unseren Forschungsgruppen zugute; die Tools werden auch in der Lehre eingesetzt, um unseren Studenten in Vorlesungen und Übungen interessante und lehrreiche Einblicke in die komplexe Welt der integrierten Schaltungen zu ermöglichen.



**Abb. A.2:** Integrierte Schaltung, resistent gegen Seitenkanalattacken (links); flächenoptimierte integrierte Schaltung für elliptische Kurven Kryptographie

## 2.3. GUMSTIX BOARDS UND ZTEX FPGA BOARDS.

Johannes Winter

Mobiltelefone und eingebettete Geräte bilden einen der Forschungsschwerpunkte der Gruppe „Secure and Correct Systems“ am IAIK. Der Fokus richtet sich einerseits auf kryptographische Verfahren zum besseren Schutz der Privatsphäre der Gerätebenutzer, weiters auf praktische Möglichkeiten, um die Software auf Mobiltelefonen „vertrauenswürdig“ zu machen, und auf hardware- und betriebssystemnahe Sicherheitsmechanismen.

Durch Google Android-Betriebssystem steht uns heute in der Forschung und Lehre eine komplette, quelloffene Softwareplattform zur Verfügung. Im Prinzip lassen sich alle Teile des Android-Betriebssystems beginnend beim Bootloader über den Kernel, dem von Android bereitgestellten Software-Stack bis hin zu Benutzeranwendung an die Bedürfnisse von Forschung und Lehre anpassen. So ist es beispielsweise ohne Probleme möglich, den Android-Linux-Kernel so zu modifizieren, dass er - ähnlich wie auf einem PC - ein Trusted Platform Module (TPM) unterstützt. In einem Simulator kann dann auf diese Weise eine Android-Plattform konstruiert werden, die Trusted Computing mit ähnlichen Eigenschaften wie eine PC-Plattform umsetzt.

In der Praxis zeigen sich an dieser Stelle leider einige sehr relevante Einschränkungen: Auf einem normalen Android-fähigen Mobiltelefon ist es üblicherweise nicht vorgesehen, dass der Betriebssystem-Kernel oder bestimmte andere Systemkomponenten vom Endbenutzer

verändert werden kann. Die Software-Problematik ist üblicherweise entweder durch eine spezielle Entwicklerversion des Mobiltelefons oder durch einen gezielte Angriff auf das eigene Gerät („Rooten“) lösbar.

In unserem Kontext ergibt sich allerdings noch ein zweites wesentlich schwerwiegenderes Problem: Sowohl Endbenutzer als auch Entwicklertelefone bieten nur eingeschränkte Möglichkeiten, um die Hardware zu modifizieren oder zu erweitern.

Über Future Labs war es uns möglich, zwei Android-fähige ARM-basierte Entwicklungsboards anzukaufen, die unter keiner der beiden oben genannten Einschränkungen leiden. Die beiden angekauften Gumstix Palo35 Boards basieren auf einem OMAP3-Prozessor von Texas Instruments und unterstützen Bluetooth sowie Wireless LAN. Eine Anbindung an GSM/GPRS/UMTS kann über ein externes Modul nachgerüstet werden. Die Hardwarespezifikationen für die Gumstix Boards entsprechen aktuellen Smartphones. Zusätzlich zu den beiden Gumstix-Entwicklerboards wurden ein aktuelles FPGA-Board sowie ein kleines Atmel-AVR Prozessorboard angekauft. Diese beiden Zusatzplatinen können sowohl in Kombination mit den Gumstix-Boards als Android-Entwicklungsplattform mit eigener Zusatzhardware als auch eigenständig eingesetzt werden.

In ersten Experimenten ist es uns gelungen, mittels der aus Future Labs finanzierten Hardware den Prototyp einer „Trusted Android“-Plattform zu bauen. Unser Prototyp integriert ein konventionelles Trusted-Platform-Modul (TPM), wie es auch in PCs verwendet wird, und stellt Trusted-Computing-Funktionalität für Android-Applikationen bereit.

Als einen der nächsten Schritte planen wir die Realisierung eines software-basierten TPMs auf dem angekauften FPGA-Board. Hierbei soll das FPGA einen Softcore-Prozessor mit den nötigen Schnittstellen zur Anbindung an die Gumstix-Plattformen sowie an einen Standard-PC bereitstellen. Das Ziel ist, eine flexible Kombination aus Hardware und Software-Plattform zu schaffen, die eine praktische Umsetzung von experimentellen Trusted-Computing-Konzepten inklusive der zugrunde liegenden kryptographischen Mechanismen ermöglicht.



**Abb. A.3:** Android auf einem Gumstix



Abb. A.4: Gumstix

## 2.4. KURZBERICHT ÜBER DIE VERWENDUNG DER NEXUS-S-GERÄTE

---

**Peter Teufl**

Österreich bietet mit der Handysignatur<sup>1</sup> die Möglichkeit, einfach qualifizierte Signaturen zu erstellen. Zusammen mit der Positionsbestimmung moderner Smartphones und der immer öfters integrierten NFC<sup>2</sup>-Technologie ergibt das einen interessanten Anwendungsfall: Die Erstellung von positionsabhängigen qualifizierten Signaturen, oder in anderen Worten ausgedrückt: Der vertrauenswürdige Beweis, dass man zu einer bestimmten Zeit an einem bestimmten Ort war.

Dabei ergeben sich aber zwei Hauptprobleme: Erstens können die GPS-Empfänger eines Smartphones nicht als vertrauenswürdige eingestuft werden: Eine bestimmte Position kann mangels kryptographischer Absicherung beliebig verändert werden. Zweitens: Ähnliches gilt auch für die Zeit auf einem Smartphone, die ebenfalls beliebig verändert werden kann und somit jede Angabe darüber nicht vertrauenswürdige ist.

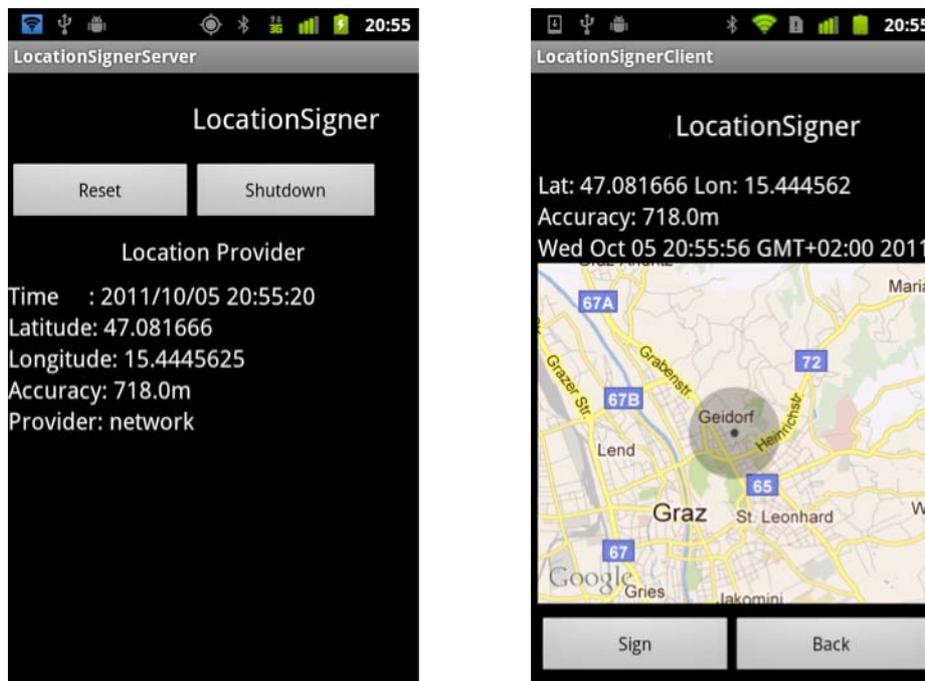
Aus diesen beiden Gründen können vertrauenswürdige Zeit- und Ortsangaben nur über dritte Instanzen durchgeführt werden. Im dem Projekt wurden dafür zwei Ansätze untersucht:

---

<sup>1</sup> <http://www.buergerkarte.at/wie-funktioniert.de.php>

<sup>2</sup>Near Field Communication (NFC): Diese Technologie wird für die Datenübertragung über kurze Entfernungen (wenige Zentimeter) verwendet. Im Zusammenhang mit RFID (Radio Frequency IDentification) Tags ist diese Technologie am Smartphone sehr interessant, da diese Tags sehr klein sind und das Smartphone Daten auslesen kann sobald es sich in der Nähe befindet. Dabei erfolgt die Stromversorgung über das Smartphone, da die Tags aufgrund ihrer Größe über keine eigene Energieversorgung verfügen. Die Technologie kann aber auch zwischen zwei Smartphones für den einfachen Kommunikationsaufbau eingesetzt werden.

1. Mit Hilfe einer zweiten Person: Hier bestätigt eine zweite Person die Zeit- und Ortsangabe des Benutzers. Dieses Szenario ist z.B. anwendbar, wenn von zwei Personen ein Vertrag unterschrieben wird, der eine Ortsangabe beinhaltet. Dabei signiert Person A den zu unterzeichnenden Vertrag und eine Orts- und Zeitangabe. Die signierten Daten werden an Person B geschickt und verifiziert. Danach signiert Person B mit der qualifizierten Signatur die Daten und übermittelt diese an Person A. Dadurch erhält der Vertrag eine Orts- und Zeitangabe die von beiden Personen bestätigt wurden. Mit Hilfe von NFC kann der Informationsaustausch zwischen zwei Smartphones recht einfach durchgeführt werden.
2. Ohne eine andere Person: In diesem Fall geht man davon aus, dass eine Person eine Bestätigung haben möchte, ohne dass eine weitere Person involviert ist. Daher muss der Vertrauensstatus der Angaben anderwärtig erreicht werden. Hier wird die NFC-Technologie des Smartphones benutzt, um die Kommunikation mit einem RFID-Tag aufzunehmen. Dazu wird ein spezielles Tag verwendet, das in der Lage ist, digitale Signaturen zu erstellen. Mit Hilfe eines weiteren Servers, der dazu auch noch eine vertrauenswürdige (signierte) Zeitangabe liefert, erhält der Benutzer die gewünschte Bestätigung.



**Abb. A.5:** Screenshots der Android-ANWENDUNGEN

Bei beiden Varianten spielt die Sicherheit eine große Rolle. Darum wurden sowohl die unterschiedlichen Gefahren als auch Einsatzszenarien analysiert. Die entstandenen

Prototypen und Spezifikation werden nun als Basis für eine weiterverwendbare Implementierung verwendet.

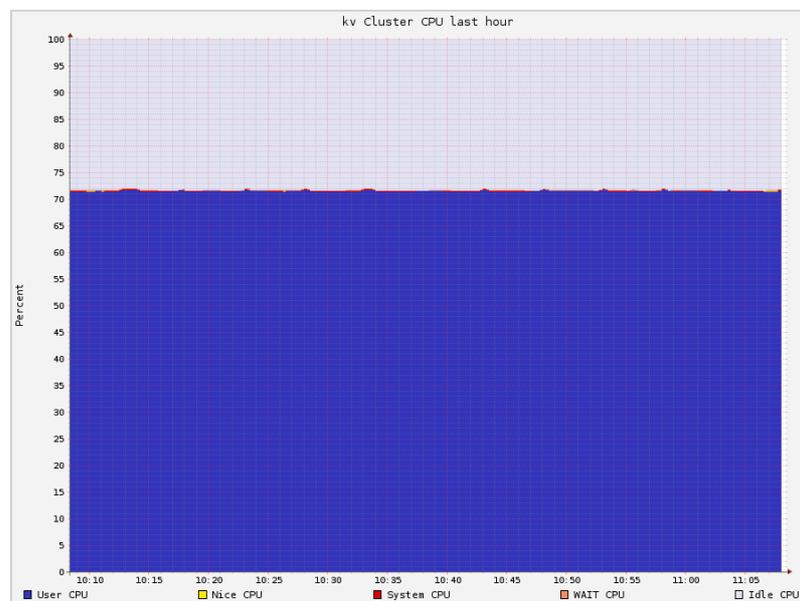
## 2.5. ERWEITERUNG DES CLUSTER IAIK

**Sharif Ibrahim**

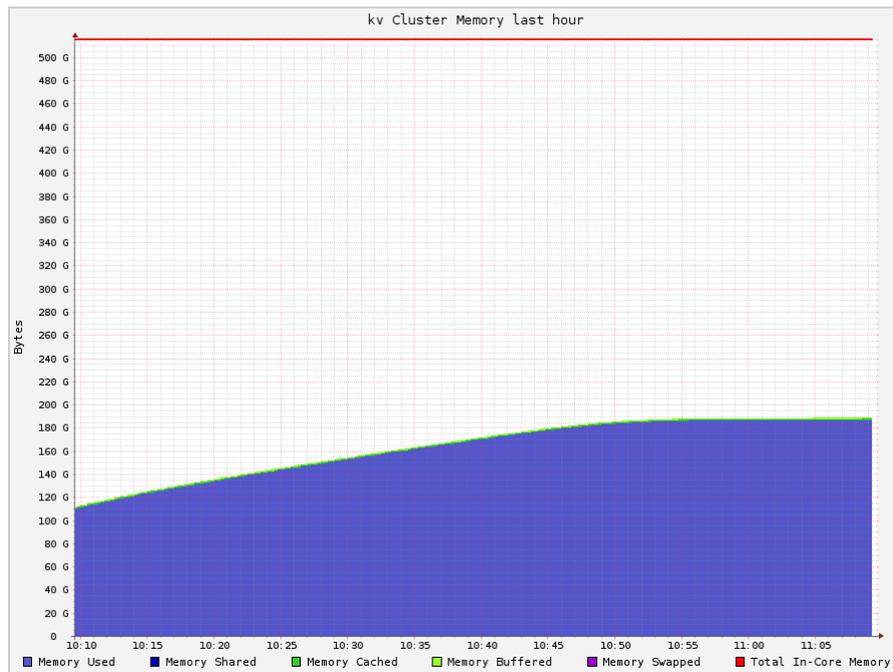
Der Cluster am IAIK wird sowohl von Mitarbeitern für die Forschung als auch von Studierenden im Rahmen von Projekten genutzt. Die Rechenleistung des Clusters wird besonders im Bereich der Kryptoanalyse von Hashfunktionen und im Bereich der formalen Methoden für Design und Verifikation benötigt. Im Bereich der Kryptoanalyse liegt der Hauptressourcenbedarf in der tatsächlichen Rechenleistung, wohingegen der Bereich der Methoden für Verifikation hauptsächlich viel Arbeitsspeicher benötigt. Durch diese günstige Verteilung der Bedürfnisse ergibt sich eine recht gute Gesamtauslastung der bereitgestellten Ressourcen.

Ursprünglich bestand der Cluster aus 5 Hochleistungsservern. Es zeigte sich jedoch bald, dass die dadurch zur Verfügung gestellten Kapazitäten (sowohl Rechenleistung als auch Arbeitsspeicher) bei weitem nicht ausreichend waren. Der ursprüngliche Cluster stellte in Summe insgesamt 40 logische Prozessoren sowie 320 GB Arbeitsspeicher zur Verfügung. Durch die Erweiterungen wurden es 80 logische Prozessoren sowie 584 GB Arbeitsspeicher.

Die beiden folgenden Abbildungen zeigen die Auslastung des Cluster.



**Abb. A.6:** Beispiel der CPU-Auslastung des gesamten Clusters über den Zeitraum von einer Stunde



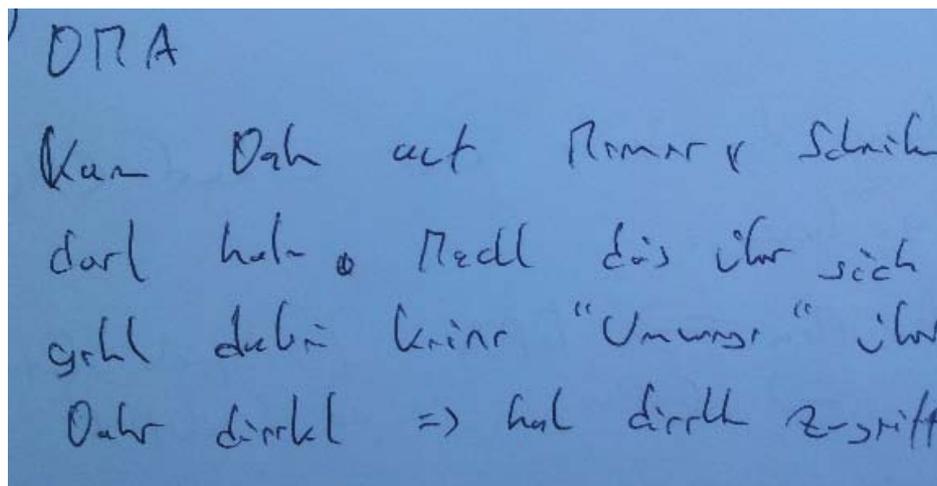
**Abb. A.7:** Beispiel der Arbeitsspeicherauslastung des gesamten Clusters über den Zeitraum von einer Stunde

## 2.6. ELEKTRONISCHE PRÜFUNGSUNTERSTÜTZUNG

Karl C. Posch, Reinhard Posch

Die Notwendigkeit des Verfassens von handschriftlichen Texten, welche von anderen gelesen werden sollen, trifft man zusehends seltener. Dieser „Use Case“ von Handschrift scheint eigentlich nur mehr in Schulen in Verwendung zu sein. Bei schriftlichen Prüfungen sieht man zusehends mehr Leute, deren „Finger“ beim Schreiben einer Prüfung „krachen“. Es fehlt die Übung. Das „Schönschreiben“ für den Prüfer ist eine künstliche Situation, welche im sonstigen Alltag nicht mehr vorkommt.

Alternativ dazu sind Studierende mit dem Gebrauch einer Tastatur in verschiedenen Formen wesentlich mehr vertraut. Die Verschriftlichung von Gedanken mit Hilfe einer Tastatur scheint der häufigere Fall zu sein.



**Abb. A.8:** Beispiel für eine Handschrift am Rande der Unleserlichkeit

In Hamburg wurde unlängst beschlossen, nur mehr die „Grundschrift“ zu lehren. Am 5. Juli wurde im Deutschlandfunk (<http://www.dradio.de/dlf/sendungen/kulturheute/1497918/>) folgende Meldung gesendet:

„Mit der Erfindung des Buchdrucks bekam die schreibende Hand einst ernsthafte Konkurrenz. Jetzt will Hamburg als erstes Bundesland die Schreibschrift ganz abschaffen. In der Hansestadt müssen Lehrer ihren Grundschulern nach den Sommerferien keine Schreibschrift mehr beibringen.“

Als Reaktion auf diese Situation hat das IAIK vor, für schriftliche Prüfungen auf der Universität optional elektronische Eingabegeräte anzubieten. Mit diesem Experiment sollen Erfahrungen gesammelt und neue Möglichkeiten rund um die schriftliche Prüfung ausprobiert werden. Interessante Aspekte dazu sind unter anderem:

- Studierende haben die Möglichkeit, ihre Prüfungsarbeit auf identifizierte Anfrage nach der Prüfung als elektronische Kopie zu bekommen.
- „Elektronische Einsichtnahme“: Studierende haben nach identifizierter Anfrage Zugang zur korrigierten Prüfungsarbeit.
- Die Transparenz rund um Prüfungsarbeiten und deren Korrektur wird erhöht. Dies sollte dazu führen, dass der Erstkontakt mit einem Lehrer nicht erst nach dem ersten Misserfolg bei einer Prüfung stattfindet, sondern wesentlich früher. Unklarheiten beim Bewerten einer Arbeit fallen damit nicht mehr zu Lasten des Prüflings aus, sondern werden damit eher vermieden oder sind deutlicher argumentierbar.
- Mit neuer Technologie gibt es auch neue Möglichkeiten, mit dem Thema „schriftliche Prüfung“ umzugehen. Diese sollen exploriert werden. Dazu können etwa Elemente von Nichtabstreitbarkeit gehören.

Die technische Umsetzung dieser elektronischen Prüfungsunterstützung besteht aus einer Server-seitigen Applikation und mehreren Clients. Als Clients wurden mehrere Geräte in

Erwägung gezogen und zum Teil aus Future Labs Mitteln zur anfänglichen Evaluierung angeschafft. Darunter waren ein Windows-Tablett-PC und ein iPad 2. Nach einer eingehenden Evaluierung, vor allem auch aus sicherheitstechnischer Sicht, wurden weitere 21 Eingabegeräte vom Typ „iPad 2“ angeschafft. Für diese iPads wurde eine App entwickelt, welche die Prüflinge bei der schriftlichen Prüfung unterstützt. Erste echte Tests im Rahmen von „richtigen Prüfungen“ sind für den Februar 2012 geplant.



## Elektronische Prüfungsunterstützung

Diese Anwendung ist ein Show-Case zur einfachen Nutzung von Cloud Technologien und neuen Medien sowie mobilen Geräten und elektronischer Identifikation. Der Show-Case umfasst die Abwicklung von Prüfungen in elektronischer Form, die Korrektur und die Einschau in Ergebnisse.

Eine nähere Beschreibung des Show Case erhalten Sie hier: [BESCHREIBUNG](#)

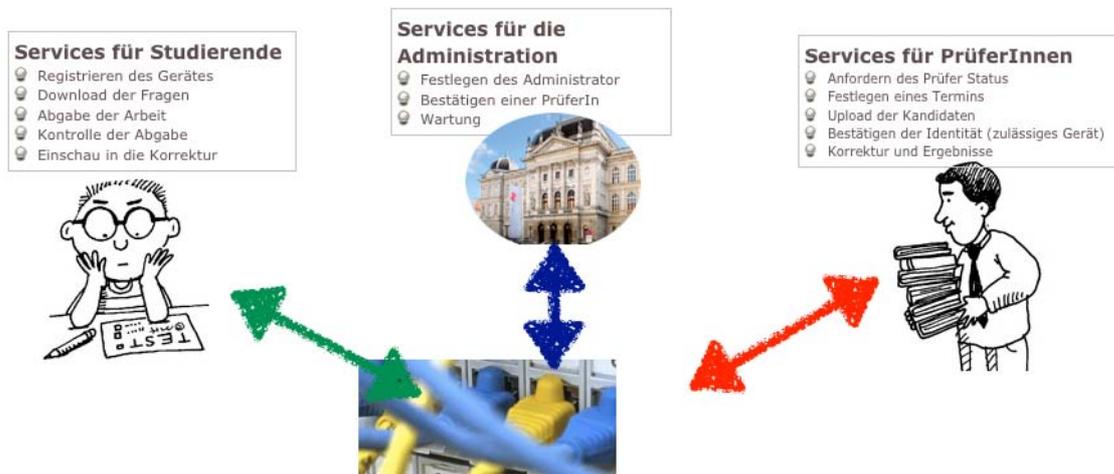


Abb. A.9: Einstiegsseite der Elektronischen Prüfungsunterstützung

## **3. INSTITUT FÜR INFORMATIONSSYSTEME UND COMPUTER MEDIEN**

**Frank Kappe und Christian Gütl**

### **3.1. AUSGANGSSITUATION**

---

In den vergangenen Jahren haben wir im Rahmen des Future Labs Projekts „Hörsaal der Zukunft“ virtuelle Lernumgebungen und Applikationen basierend auf Virtuellen 3D Welt Plattformen entwickelt, welche kollaboratives Lernen in Kleingruppen, geführtes Lernen, virtuelle Sprechstunden sowie Lernen und Training von Phänomenen durch Simulationen unterstützt. Teile der Lernumgebungen wurden unter anderem zunächst in Second Life entwickelt, begründet durch die technische Ausgereiftheit und Verfügbarkeit zu Projektbeginn. Aufgrund von technischen Einschränkungen beim Streaming von Video, sowie gewissen Nachteilen in Bezug auf Internet-Datenverkehr und die rechtlichen Rahmenbedingungen ist aber klar, dass die Applikationen auf einem an der TU Graz selbst betriebenen Server-Cluster laufen soll. Aus diesem Grund haben wir begonnen, Lern-Umgebungen mit der OpenSim Software (im Prinzip eine Open Source Nachimplementierung von Second Life) und parallel dazu mit der ursprünglich von Sun entwickelten (jetzt Open Source) Plattform Project Wonderland zu entwickeln.

Es zeigte sich, dass Wonderland durch die wesentlich größere Funktionalität der OpenSim Plattform überlegen ist. Ebenso ist Wonderland leichter durch eigene Module erweiterbar bzw. mit anderer Software integrierbar. So können wir die Plattform unter anderem auch bei internationalen Forschungsprojekten und für Gruppenbetreuungen am IICM verwenden. Leider stellte sich im Betrieb aber auch heraus, dass Wonderland – vermutlich weil es in Java implementiert ist – sehr hohe Ansprüche an die Leistungsfähigkeit der Hardware stellt. Aus diesem Grund beantragten wir die Anschaffung eines leistungsfähigen Server-Clusters, mit dem wir deutlich mehr gleichzeitige Benutzer im System haben können. Dieses System wurde in mehreren Projekten erfolgreich verwendet, wie im Folgenden dargestellt.

### **3.2. VIRTUELLE WELT ZUR UNTERSTÜTZUNG VON ENTREPRENEURSHIP TRAINING AND MARKTPLATZ FÜR GESCHÄFTSIDEEN UND INVESTOREN**

---

Ziele für die Entwicklung dieser virtuellen Umgebung ist es, einen virtuellen Raum zu schaffen um Entrepreneurship Training in Form von Kleingruppenlernen und Game-based Lernansätzen zu unterstützen. Des Weiteren ermöglicht die Plattform eine virtuellen Marktplatz um Gründer (Studierende der TU Graz) mit ihren Geschäftsideen mit potentiellen Investoren zusammen zu bringen. Der gewählte Ansatz basiert auch auf einer Raum-Metapher und stellt für alle Abschnitte des Entrepreneurship Training zur Verfügung (siehe Abbildung B.1, Abbildung B.2 und Abbildung B.3) .



**Abb. B.1:** Seminarraum mit Lerntools für formales Training



**Abb. B.2:** Virtual Cafe for informal Meetings and Socialization

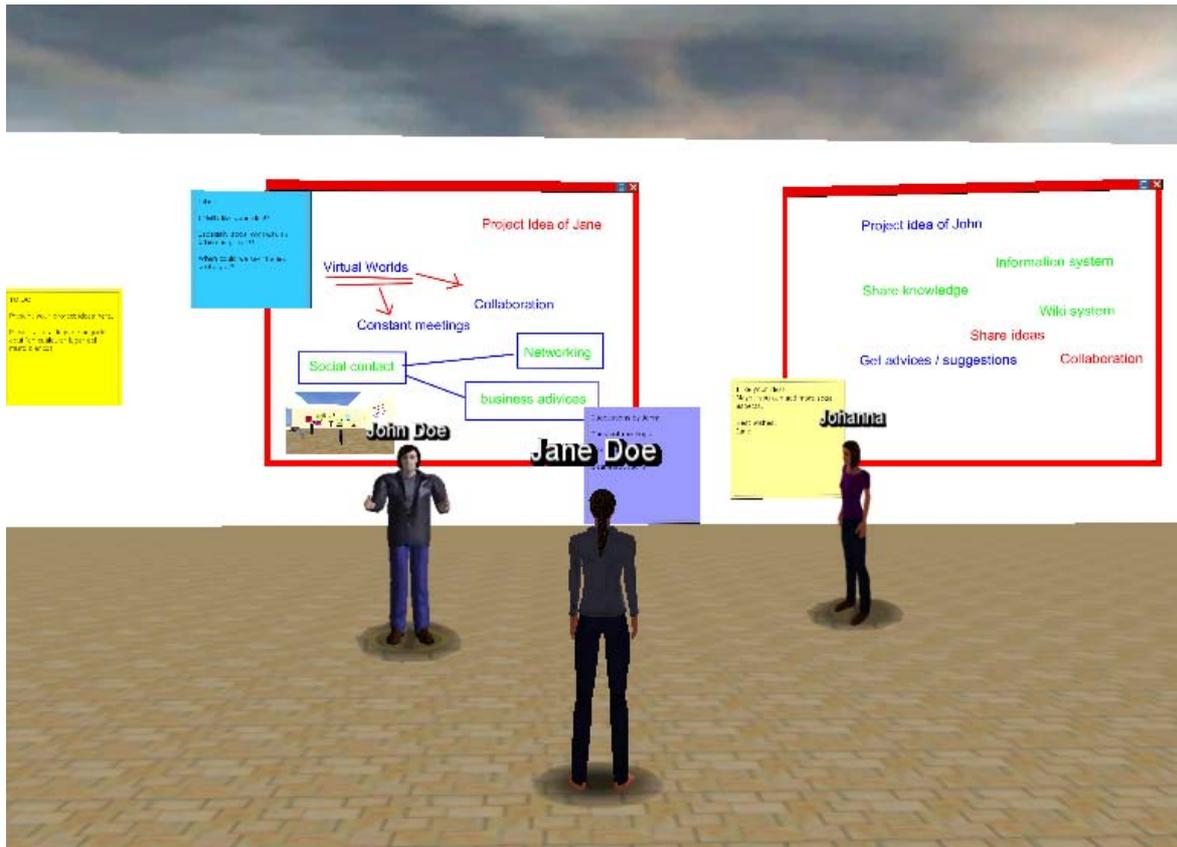


Abb. B.3: Virtual Market Place

### 3.3. KOLLABORATIVE LERNUMGEBUNG FÜR KLEINGRUPPEN UNTER NUTZUNG DER PROJECT WONDERLAND INFRASTRUKTUR FÜR VERTEILTES PROJEKTMANAGEMENT UND SOFTWAREENTWICKLUNG

---

Der gewählte Ansatz basiert auch auf einer Raum-Metapher und stellt für alle Abschnitte der Softwareentwicklung einen geeigneten Raum mit unterstützendem Tool-Set zur Verfügung.

Abbildung B.4 zeigt vermittelt einen Eindruck der Ausgestaltung des Raumes zur Unterstützung der Software-Entwicklung, Abbildung B5 zeigt den Raum zur Unterstützung von Management-Aktivitäten.

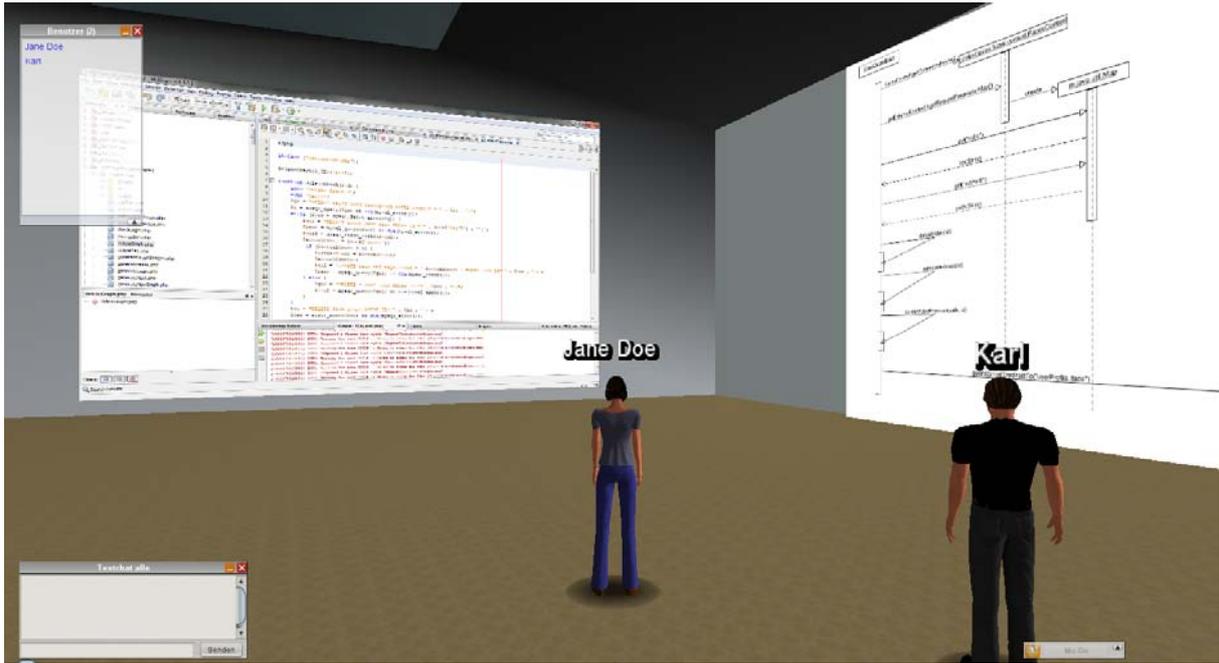


Abb. B.4: Software Development Room



Abb. B.5: Organization Room für Management Aktivitäten

### 3.4. VIRTUAL WORLD FÜR VIRTUELLE MEETINGS UND KOLLABORATION IN KLEINGRUPPEN

---

Diese virtuelle Welt ist in OpenWonderland realisiert und ermöglicht durch die bereitgestellte Serverkapazität virtuelle Meetings von bis zu 20 Teilnehmern und ist für virtuelle Konferenzen und Meeting konzipiert (siehe Abbildung B.6). Des Weiteren können in Bereichen auch noch Studentenprojekte entwickelt werden (siehe zum Beispiel Abbildung B.7)



Abb. B.6: Virtuelles Seminar in OpenWonderland Umgebung



Abb. B.7: Beispielhaftes Studentenprojekt in OpenWonderland Infrastruktur

## 4. INSTITUT FÜR GRUNDLAGEN DER INFORMATIONSVERRARBEITUNG

### 4.1. Biologically Inspired Computing Architectures, Robot Learning Lab

---

**Elmar Rückert, Johannes Bill, Stefan Häusler, Wolfgang Maass**

Die Mittel aus dem Future Labs 2011 wurden am IGI für die Anschaffung von zwei Berechnungsservern verwendet. Diese werden für Forschungsarbeit im Rahmen mehrerer EU-Projekte verwendet, um Vorberechnungen für Simulationen auf dem am Institut vorhandenen Cluster durchzuführen und die dort errechneten Daten auszuwerten. Vorwiegend wurden die Berechnungsserver für die zwei neu gestarteten 4-Jahres EU-Projekte des FET-Programms der EU (FET = Future Emerging Technologies) AMARSI (Adaptive Modular Architecture for Rich Motor Skills) und BrainScaleS (Brain inspired multiscale computation in neuromorphic hybrid systems) eingesetzt. Darüberhinaus wurde Forschungsarbeit an den 4 weiteren laufenden EU-Projekten SECO, Brain-i-nets, ORGANIC und FACETS-ITN durchgeführt. Im Einzelnen wurden die Mittel aus dem Future Labs 2011 für Arbeit an den folgenden Publikationen verwendet:

**D. Pecevski, L. Büsing, and W. Maass.** Probabilistic inference in general graphical models through sampling in stochastic networks of spiking neurons. *PLoS Computational Biology*, 7(12):e1002294, 2011.

**L. Büsing, J. Bill, B. Nessler, and W. Maass.** Neural dynamics as sampling: A model for stochastic computation in recurrent networks of spiking neurons. *PLoS Computational Biology*, published 03 Nov 2011. doi:10.1371/journal.pcbi.1002211.

**H. Hauser, G. Neumann, A. J. Ijspeert, and W. Maass.** Biologically inspired kinematic synergies enable linear balance control of a humanoid robot. *Biological Cybernetics*, 2011. Published online: 27 April 2011.

**M. J. Rasch, K. Schuch, N. K. Logothetis, and W. Maass.** Statistical comparison of spike responses to natural stimuli in monkey area V1 with simulated responses of a detailed laminar network model for a patch of V1. *J Neurophysiol*, 105:757-778, 2011.

**R. Legenstein and W. Maass.** Branch-specific plasticity enables self-organization of nonlinear computation in single neurons. *The Journal of Neuroscience*, 31(30):10787-10802, 2011.

**G. Neumann.** Variational Inference for Policy Search in Changing Situations. *Proceedings of the 28th International Conference on Machine Learning (ICML)*. pages: 817-824. Bellevue, Washington, USA, 2011.

**E. Rückert, G. Neumann, M. Toussaint, and W. Maass.** Learned Graphical Models for Probabilistic Planning Provide a New Class of Movement Primitives. Submitted.

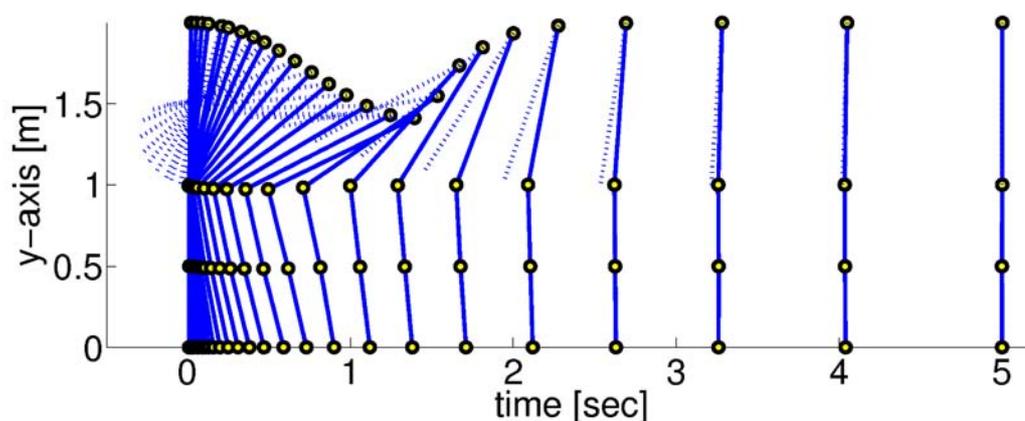
## AMARSi:

### Probabilistische Methoden zum Lernen von komplexen Bewegungsabläufen mit humanoiden Robotern

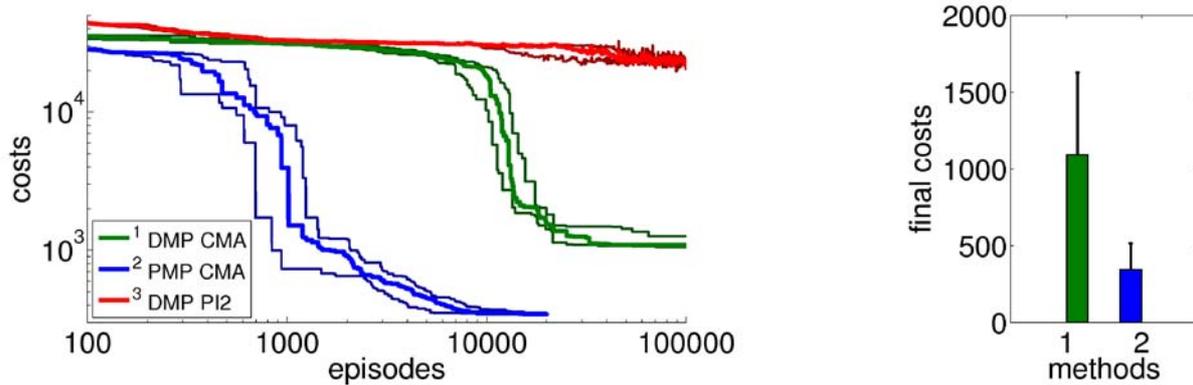
In dem EU-Projekt AMARSi (Adaptive Modular Architecture for Rich Motor Skills) werden hochmoderne Roboter konstruiert und mit künstlicher Intelligenz versehen, um das komplexe und höchst-effiziente Bewegungs- und Lernverhalten von Tieren und Menschen nachzubilden.

Die TU-Graz entwickelte hierfür neue Methoden zum Erlernen komplexer Bewegungen (Rückert et al., 2011). Die Kontrolle dieser hochdimensionalen Roboter stellt besondere Herausforderungen an die Lernmethoden. Darunter fallen zum Beispiel die Lerngeschwindigkeit, die Flexibilität die gelernte Bewegung in verschiedenen Situationen auszuführen und die Robustheit gegenüber Störungen und Messungenauigkeiten. Diese neuen Methoden wurden zuerst in aufwendigen Simulationen getestet und sollen in weiterer Folge an eigens entwickelten Robotern angewendet werden. Für diese Untersuchungen sind leistungsfähige Rechner entscheidend, da einerseits physikalisch realistische Simulationen und andererseits ein großer Bereich an Situationen oder Störungen modelliert werden müssen.

Im Vergleich zu gängigen Methoden in der Robotik, die typischerweise Trajektorien der Gelenkwinkel beschreiben, verwenden wir probabilistische Methoden. Hier werden Bewegungen mithilfe von grafischen Modellen geplant. Anstatt die ganze Trajektorie zu modellieren, werden mit diesen Methoden Stützpunkte definiert, die zum Beispiel einer bestimmten Haltung eines Roboters entsprechen. Die Bewegung wird erzeugt, indem probabilistische Planungsmethoden versuchen, diese Stützpunkte zu erreichen. Dabei nimmt die Stochastizität des Roboters und der Umgebung direkten Einfluss auf die Planung. Das ist ein entscheidender Vorteil gegenüber Trajektorien-basierenden Methoden, wo diese Unsicherheiten nicht mitmodelliert werden.



**Abb. D.1:** Diese Grafik illustriert den gelernten Bewegungsablauf eines humanoiden Roboters. Er wird von hinten gestoßen und muss eine gezielte Vorwärtsbeugung ausüben um diesem Stoß stand zu halten. Ein einfaches Gegensteuern würde nicht ausreichen um den Stoß aus zu balancieren.



**Abb. D.2:** Diese Darstellung zeigt den Lernvorteil unserer Methode (PMP CMA) im Vergleich zu zwei in der Robotik weit verbreiteten Methoden (DMP CMA und DMP PI2). Komplexe Bewegungsabläufe können um ein Vielfaches schneller gelernt werden und die finale Qualität (rechts dargestellt) spiegelt den Vorteil unserer Methode im Umgang mit stochastischen Robotersystemen wieder.

In Abbildung D.1 ist ein gelernter Bewegungsablauf eines einfachen Modells eines humanoiden Roboters dargestellt. Dieser Roboter ist zwei Meter hoch und wiegt 70 Kilogramm. Er wird von hinten gestoßen und muss eine rasche Beugung nach vorne vollführen, um dem Stoß stand zu halten. Dabei kann er den Einfluss von Gravitation und die Dynamiken des Roboters ausnützen.

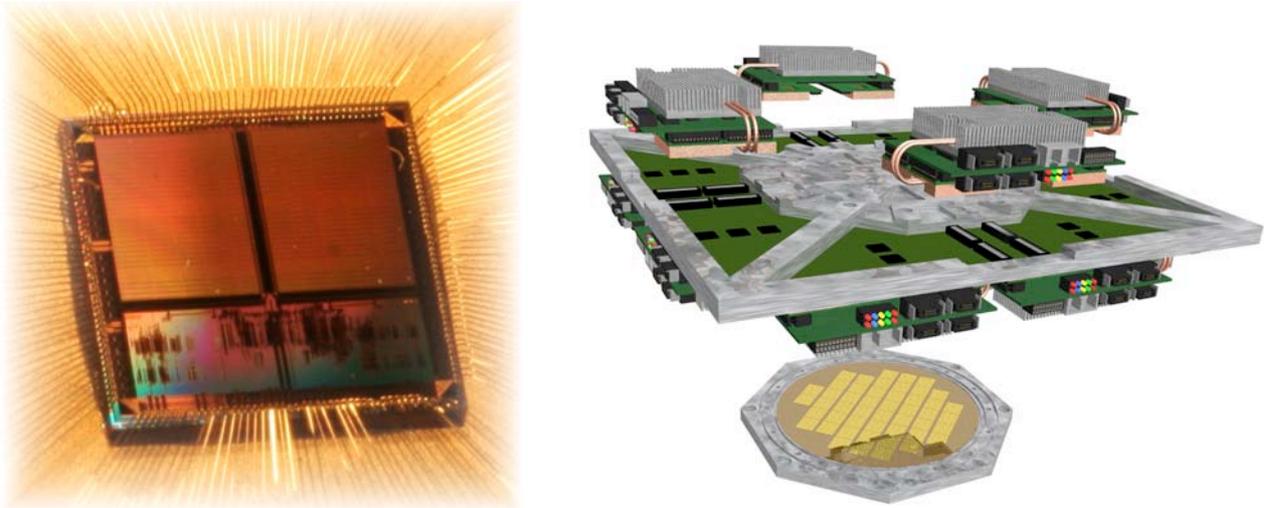
Ein Vergleich der Lerngeschwindigkeit und Lernqualität zwischen unserer Methode und den gängigen Trajektorien-basierenden Ansätzen ist in Abbildung D.2 dargestellt. Diese Darstellung zeigt den Lernvorteil unserer Methode (PMP CMA) im Vergleich zu zwei in der Robotik weit verbreiteten Methoden (DMP CMA und DMP PI2). Komplexe Bewegungsabläufe können um ein Vielfaches schneller gelernt werden und die finale Qualität (rechts dargestellt) spiegelt den Vorteil unserer Methode im Umgang mit stochastischen Robotersystemen wieder.

Bereits für das simple Model eines humanoiden Roboters benötigt eine Episode oder ein Versuch schon mehrere Sekunden. Für komplexe Robotermodelle stellt das eine extreme Beanspruchung für die Rechner dar. Um ausreichend aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten, laufen die Berechnungen auf unseren Cluster-Rechenzentren, nachdem die Methoden zuerst mit unseren institutseigenen Berechnungsmaschinen getestet wurden.

Wir konnten mit unseren probabilistischen Methoden komplexe Bewegungsabläufe um ein Vielfaches schneller und in besserer Qualität als gängige Ansätze lernen. Für diese und zukünftige Experimente sind leistungsstarke Rechner entscheidend. Zum Beispiel werden wir ähnliche Vergleiche mit hochdimensionalen Laufrobotern anstellen und die Kombinierbarkeit von Bewegungen analysieren.

## BrainScaleS:

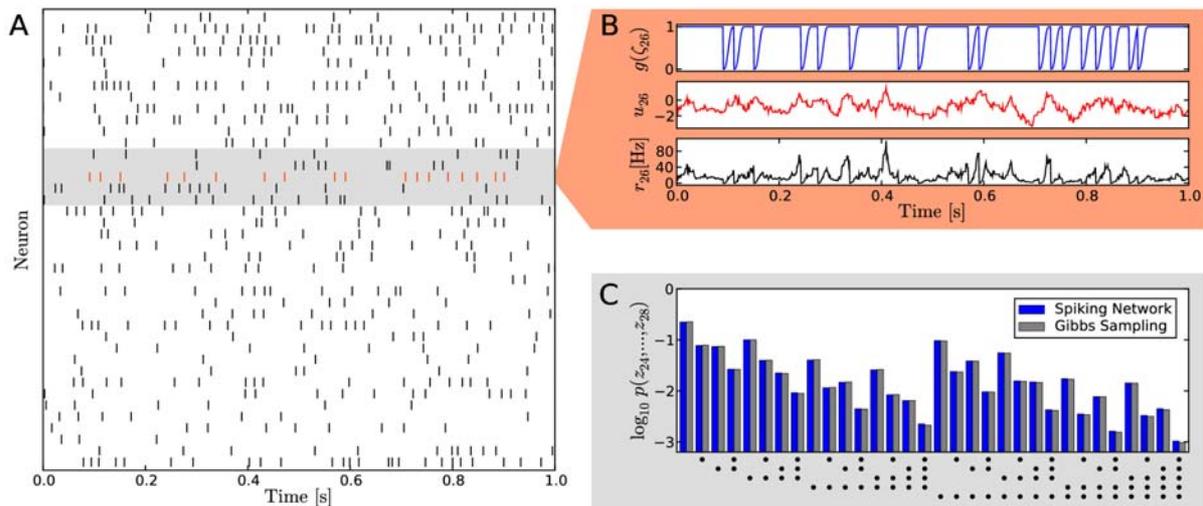
### Probabilistische Berechnungskonzepte für hochparallele, biologisch inspirierte Computer Hardware.



**Abb. D.3:** Hochparallele, biologisch inspirierte Hardware. Die Systeme integrieren physikalische Modelle spikender Neuronen, die flexibel synaptisch verbunden werden können. Links: Foto eines Prototypen mit ca. 400 Neuronen und 100.000 Synapsen. Rechts: Schematische Darstellung des Hauptsystems, das im Rahmen des BrainScaleS-Projekts entwickelt wird. Es implementiert ca. 200.000 Neuronen und 50.000.000 Synapsen. Das erste vollständige System wird für 2012 erwartet.

Im Rahmen des BrainScaleS-Projekts entwickelt unser Institut neue Methoden, die Informationsverarbeitung in Netzwerken spikender Neuronen zu verstehen. Diese Methoden bilden zugleich die konzeptionelle Grundlage für die Verwendung neuartiger hochparalleler, biologisch inspirierter Computer Hardware.

Durch die immer größere Integrationsdichte elektronischer Bauelemente stößt die bisherige Architektur digitaler Computer in absehbarer Zeit an ihre Grenzen: Transistoren, die nur noch wenige Atomlagen umfassen, lassen sich nicht mehr zuverlässig betreiben und weisen (zumindest gelegentlich) Fehler auf. In traditionellen Computern kann ein einziger solcher Fehler zu einem falschen Berechnungsergebnis führen. Für zukünftige Computer werden daher neue Berechnungskonzepte erforderlich, die den Ausfall einzelner Komponenten kompensieren können. Zu diesem Zweck wird im Rahmen des BrainScaleS-Projekts biologisch inspirierte Hardware entwickelt (s. Abb. D.3). Die Systeme basieren auf einer Mischung aus Analog- und Digitaltechnik und implementieren physikalische Modelle spikender Neuronen und plastischer – d.h. lernfähiger – Synapsen. Dabei sind die Zeitkonstanten aller Bauelemente so dimensioniert, dass das System im Vergleich zu realen Nervenzellen 10.000-fach beschleunigt läuft. Da sich der interne Zustand aller Bauelemente zugleich weiterentwickelt und asynchron Ereignisse (Spikes) ausgetauscht werden, entsteht ein inhärent hochparalleles Berechnungs-Netzwerk.



**Abb. D.4:** Die Spikemuster eines rekurrent verbundenen Netzwerks ermöglichen die Berechnung und Darstellung komplexer Wahrscheinlichkeitsverteilungen. (A) Spikes eines Netzwerks aus 40 Neuronen. (B) Interne Dynamik eines einzelnen Neurons (rote Spikes). Der Zustand des übrigen Netzwerks spiegelt sich im Membranpotential  $u$  wieder. Das Neuron passt auf dieser Grundlage ständig seine eigene Feuerrate  $r$  an. (C) Durch diese Dynamik stellt sich eine korrekte Verteilung des hochdimensionalen Zustandsvektors des Netzwerks ein.

Der Betrieb solch neuartiger, hochparalleler Computer Hardware erfordert Berechnungskonzepte, die sich grundlegend von der Programmierung traditioneller Computer unterscheiden. Unser Institut hat dazu Methoden entwickelt, wie Netzwerke spikender Neuronen, deren Dynamik stochastischen Fluktuationen unterliegt, effizient probabilistische Berechnungen gemäß der Bayes'schen Statistik durchführen können. Dieser Ansatz erweitert den traditionellen Berechnungsbegriff dahingehend, dass statt eines einzigen Ergebnisses viele mögliche Ergebnisse zugleich berechnet werden und jedem Ergebnis eine Glaubwürdigkeit (engl. "Belief") zugeordnet wird. Dadurch werden mathematisch korrekte Schlussfolgerungen auf Basis unsicherer oder unvollständiger Daten möglich.

Die theoretischen Grundlagen für die Berechnung und Darstellung komplexer Wahrscheinlichkeitsverteilungen mithilfe spikender neuronaler Netze wurde von uns in (Buesing et al. 2011) entwickelt und kürzlich in der renommierten Fachzeitschrift "PloS Computational Biology" publiziert. Dabei werden die Spikemuster der Neuronen in hochdimensionale Zustandsvektoren übersetzt. Es kann gezeigt werden, dass diese Zustandsvektoren Samples analytisch berechenbarer Wahrscheinlichkeitsverteilungen darstellen (s. Abb. D.4). Diese Verteilungen können durch Bereitstellung zusätzlicher Information (als Input) moduliert werden, so dass das Netzwerk die korrekten bedingten Wahrscheinlichkeiten (als Output) berechnet. In derselben Fachzeitschrift veröffentlichten wir ebenfalls heuer eine Untersuchung der notwendigen synaptischen Verschaltung zwischen den Neuronen, um beliebige Bayes'sche Netze durch den obigen Berechnungsansatz darstellen zu können (Pecevski et al. 2011). Diese Publikationen stießen auf ein großes Presseecho mit Berichterstattungen in der Presse (Ausgabe vom 20.11.2011), dem Standard (Ausgabe vom 13.11.2011) und den Salzburger Nachrichten (Ausgabe vom 12.12.2011).

Momentan arbeitet unser Institut an der Übertragung dieser theoretischen Konzepte auf die neuronale Dynamik der BrainscaleS-Hardware. Dazu untersuchen wir die Robustheit der Netzwerkarchitektur bezüglich der hardware-spezifischen Abweichungen von idealen Neuronen- und Synapsenmodellen sowie Eigenschaften der Netzwerkdynamik im Fall großer Netzwerke von bis zu 100.000 Neuronen. Diese Untersuchungen stützen sich maßgeblich auf umfangreiche Computersimulationen. Da eine Vielzahl von Szenarien berücksichtigt werden muss, sind leistungsstarke Computersysteme unerlässlich. Unsere Ergebnisse werden – neben der “Programmierung” der BrainscaleS-Hardware – auch in das Design künftiger hoch-paralleler Hardwaresysteme einfließen.

Darüber hinaus entwickeln wir Algorithmen zur autonomen Adaptation der Netzwerke auf komplexe Inputstatistiken. Diese Adaptation zielt sowohl auf die Optimierung der implementierten Wahrscheinlichkeitsverteilungen ab, als auch auf die selbstüberwachte Kompensation produktionsbedingter Unzuverlässigkeiten der elektronischen Bauelemente. Für die Untersuchung dieser autonomen Lernalgorithmen bilden Computer mit vielen Prozessorkernen, die ohne zusätzlichen Kommunikationsaufwand auf denselben großen Arbeitsspeicher zugreifen können, eine ideale Grundlage.

## 5. INSTITUT FÜR SEMANTISCHE DATENANALYSE/KNOWLEDGE DISCOVERY

### 5.1. MUSKELSTIMULATIONSGERÄT

---

**Alex Kreiling, Christian Breitwieser, Gernot Müller-Putz**

Im Rahmen von Future Labs wurden 3 Elektrostimulationsgeräte der Marke „MotionStim 8“ der Firma Krauth+Timmermann gekauft, die für das Muskel-Aufbau-Training von Patienten, sowie zur Durchführung von Experimenten verwendet werden.

Mit dem MotionStim 8 können Muskeln von Querschnittgelähmten mittels funktioneller Elektrostimulation (FES) stimuliert werden. Damit können z.B. Greiffunktionen wiederhergestellt werden, die andernfalls - durch eine Unterbrechung der Reizweiterleitung zwischen Gehirn und Gliedmassen - nicht mehr möglich wären. Durch die Zurverfügungstellung des MotionStim 8 können Patienten selbständig ihre Muskelfunktionen trainieren und auch mit einem Schulterjoystick selber Greiffunktionen steuern. Darüber hinaus werden unter Überwachung von TU-Mitarbeitern Experimente durchgeführt. Dabei wird FES mit Brain-Computer Interface (BCI) Technologie, welche keinerlei muskuläre Restfunktionen benötigt, kombiniert.

Die Abbildungen E.1 und E.2 zeigen ein Anwendungsbeispiel anhand einer Patientin, die eine Querschnittlähmung im Bereich C4/5 hat und daher keine Greiffunktion mehr durchführen kann. Mittels eines Armstrumpfs werden FES Elektroden angebracht, ein Schulterjoystick erlaubt sodann das Öffnen und Schliessen der Hand. Abb. 2 demonstriert Ausschnitte aus einem Video, in dem die Patientin selbständig ein Objekt greifen und von einem Ort zu einem anderen bewegen kann.



**Abb.E.1:** Anlegen des Armstrumpfs

**Abb.E.2:** Öffnen und Schliessen der Hand mittels FES

## 5.2. MULTICORE-RECHNER ZUR EVALUIERUNG NEUER ALGORITHMEN

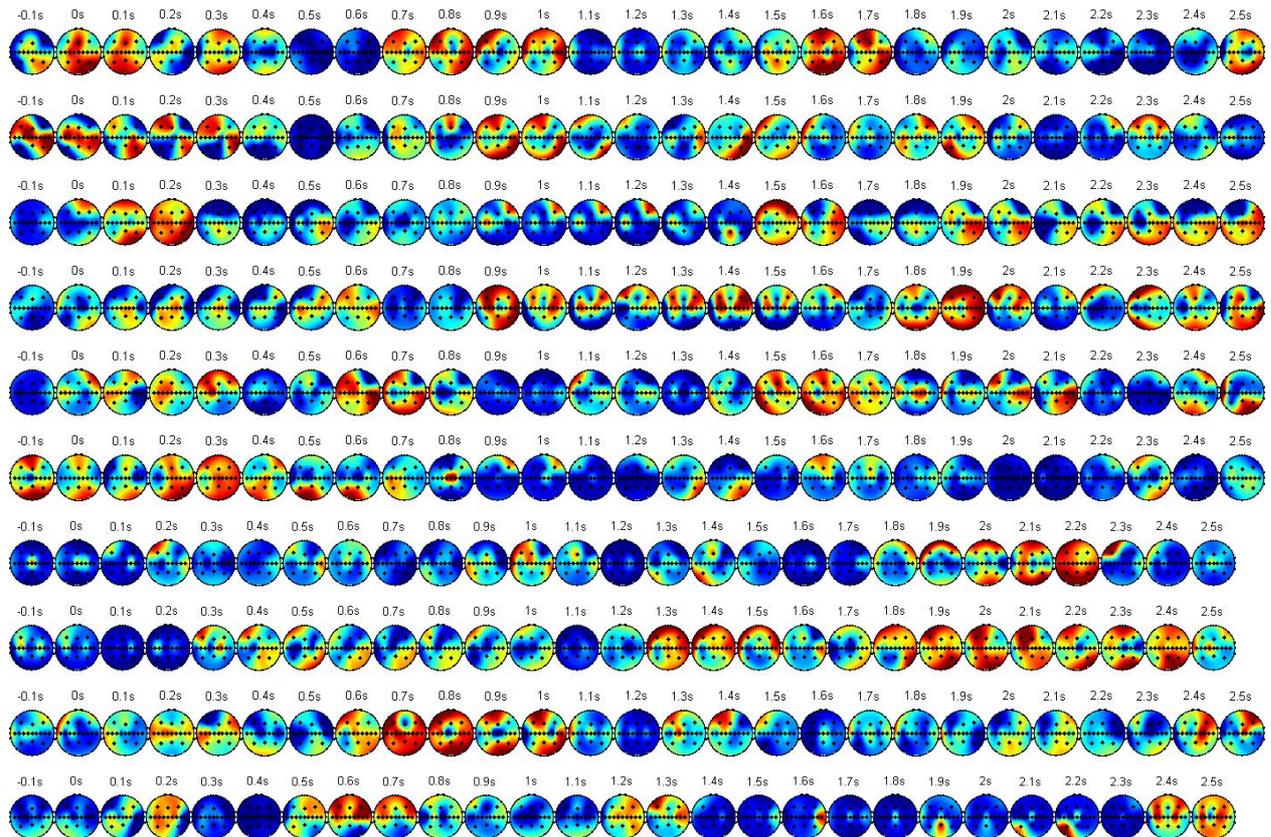
---

**Alex Kreiling, Christian Breitwieser, Gernot Müller-Putz**

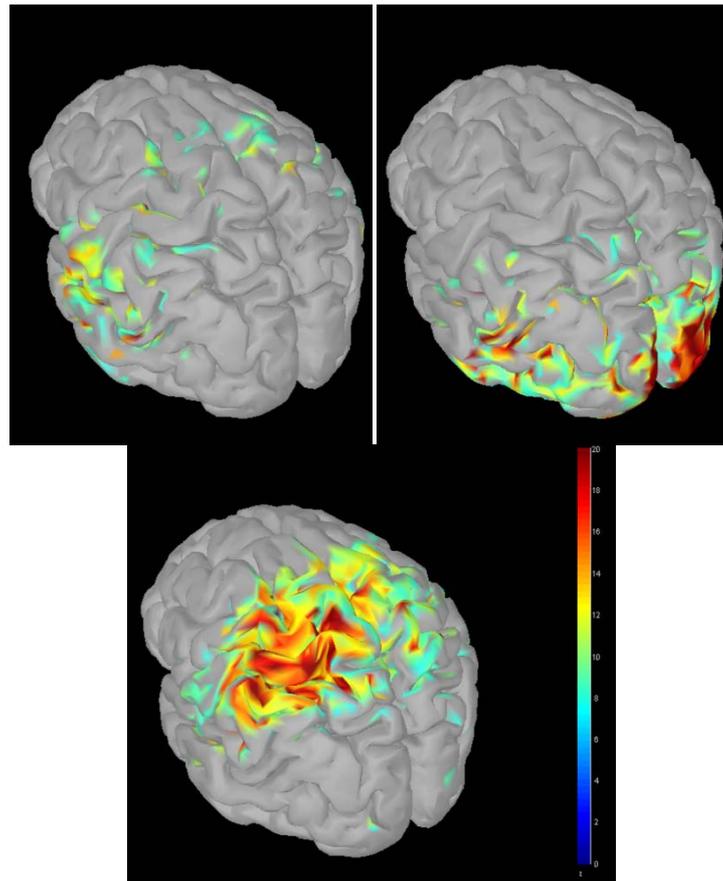
Wie im Projektantrag angeführt wurde ein Multicore Rechner zur Entwicklung und Evaluierung neuer Algorithmen angeschafft. Da in der BCI Forschung häufig hohe Datenmengen im GB-Bereich zur Analyse anfallen, entstehen dementsprechende Hardwareanforderungen. Ebenfalls weisen Algorithmen, die in der BCI Forschung zur Anwendung kommen, oft eine hohe Laufzeitkomplexität und einen hohen Speicherbedarf auf, sind jedoch parallelisierungsfähig. Daher ist die Anschaffung und Verwendung eines Rechenservers mit einer hohen CPU-Anzahl in Kombination mit einem Daten-Server zur Abspeicherung und Archivierung der Ergebnisse eine sinnvolle Investition.

Der angeschaffte Multicore Rechner besitzt 64 CPU Cores, 128 GB RAM und 2 TB Festplattenspeicher. Um die anfallenden Daten abzuspeichern und eine Sicherung dieser Daten zu gewährleisten wurde ein Daten Server mit 6 TB Festplattenspeicher angeschafft sowie ein bereits vorhandener Backup Server um 4,5 TB Festplattenspeicher erweitert.

Diese Rechner sind bereits zur Analyse von Phasenbeziehungen zwischen einzelnen EEG Kanälen in BCI Experimenten im Einsatz. Dadurch wird versucht, die Phaseninformation einzelner Kanäle ebenfalls als so genanntes Feature zur Klassifikation zu verwenden und somit die Klassifikationsrate von BCI Systemen zu verbessern. Abbildung E.3 zeigt ein vorläufiges Ergebnis derartiger Beziehungen. Da diese Analyse eine sehr hohe Laufzeitkomplexität besitzt, jedoch problemlos parallelisiert werden kann, stellt der Multicore Rechner eine wertvolle Ressource dar, da dadurch die Wartezeit auf erste Ergebnisse erheblich verkürzt wurde. Ergebnisse, wie beispielsweise in Abbildung E.3 dargestellt, wären ohne die vorhandene Rechenleistung erst im mehreren Wochen vorhanden gewesen. Ebenfalls ist durch die verbauten 128 GB RAM der Faktor Arbeitsspeicher keine Einschränkung mehr beim Testen und Entwickeln neuer Algorithmen. Zuvor konnten derartige Analysen nicht durchgeführt werden, da einfache Desktop PCs keinen ausreichenden Hauptspeicher zur Verfügung stellen konnten.



**Abb.E.3:** Grafische Darstellung (Scalp-Maps) der Relevanz von Phasenbeziehungen zwischen unterschiedlichen EEG Kanälen während eines BCI Experiments. Jede Zeile repräsentiert eine Trial während eines BCI Experiments, wobei blaue Bereiche weniger signifikante Kanäle und rote Bereiche hochsignifikante Kanäle darstellen.



**Abb.E.4:** Aktivierungsmaxima auf dem menschlichen Cortex während eines BCI Experiments erstellt durch Quellrückrechnung. Links ist eine Aktivierung im auditorischen Cortex durch ein vorangegangenes akustisches Ereignis erkennbar. In der Mitte ist eine Aktivierung im visuellen Cortex erkennbar, hervorgerufen durch einen visuellen Stimulus. In der rechten Darstellung ist eine Aktivierung durch Bewegungsvorstellung im motorischen Cortex ersichtlich.

Weiters ist der Multicore Rechner bereits ebenfalls zur Zeitreihenanalyse von EEG Signalen und zur Auswertung vorhandener fMRT Daten (funktionale Magnetresonanztomographie), wie in Abbildung E.4 dargestellt, in Verwendung, um unterschiedliche mentale Vorstellungen (z.B. Vorstellen von Hand- oder Fußbewegungen oder mentale Arithmetik) zu klassifizieren und die erzielte Klassifikationsrate zu verbessern.

Die Gesamtkosten für den Multicore Rechner, den Daten Server und die Backup Server Erweiterung beliefen sich auf ca. EUR 8480, womit die Kostenabschätzung von EUR 8000 eingehalten wurde.

### **5.3. MESSCOMPUTER FÜR DATENAUFNAHME / ARBEITSPLATZRECHNER**

---

**Alex Kreilinger, Christian Breitwieser, Gernot Müller-Putz**

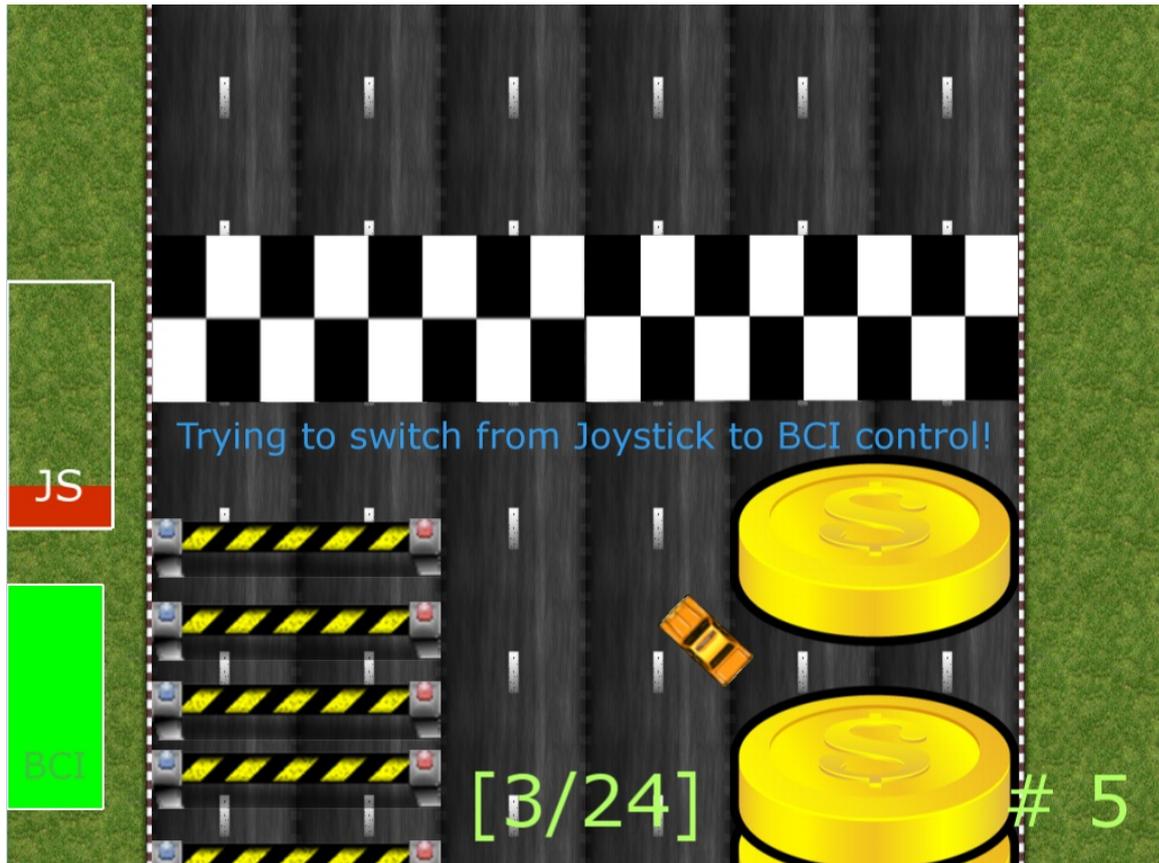
Ebenfalls wurde ein Quad-Core Messrechner mit 3,4GHz, 16GB RAM, 1 TB redundanter Festplattenspeicher und einer Hochleistungs-Grafikkarte angeschafft, um für BCI Messungen ausreichend Rechenleistung zur Verfügung zu stellen und grafische Paradigmen mit entsprechender Präzision und Geschwindigkeit wiedergeben zu können. Dieser Messrechner befindet sich bereits für Messungen im Einsatz.

Abbildung E.5 zeigt beispielsweise ein im Haus verwendetes Paradigma, das zur Erforschung so genannter Error-Potentials zum Einsatz kommt. Kollidiert das Auto mit einer Barriere, wird eines dieser Potentiale ausgelöst, welches durch ein BCI detektiert werden kann. Damit wird es möglich einen ungewollten Fehler zu detektieren und automatisch rückgängig zu machen. Bei der Darstellung des Paradigmas kommt es stark auf hohe zeitliche Genauigkeit der grafischen Darstellung an, wodurch eine ausreichend dimensionierte Grafikkarte unabdingbar ist. Ebenfalls stellt die „online“ Detektion von Error-Potentials während eines BCI Experiments teils hohe Anforderungen an die Rechenleistung eines Messcomputers. Der angeschaffte Messrechner erfüllt diese Anforderungen und ermöglicht dadurch die Verwendung komplexer Paradigmen, welche eine hohe zeitliche Genauigkeit und Rechenleistung erfordern.

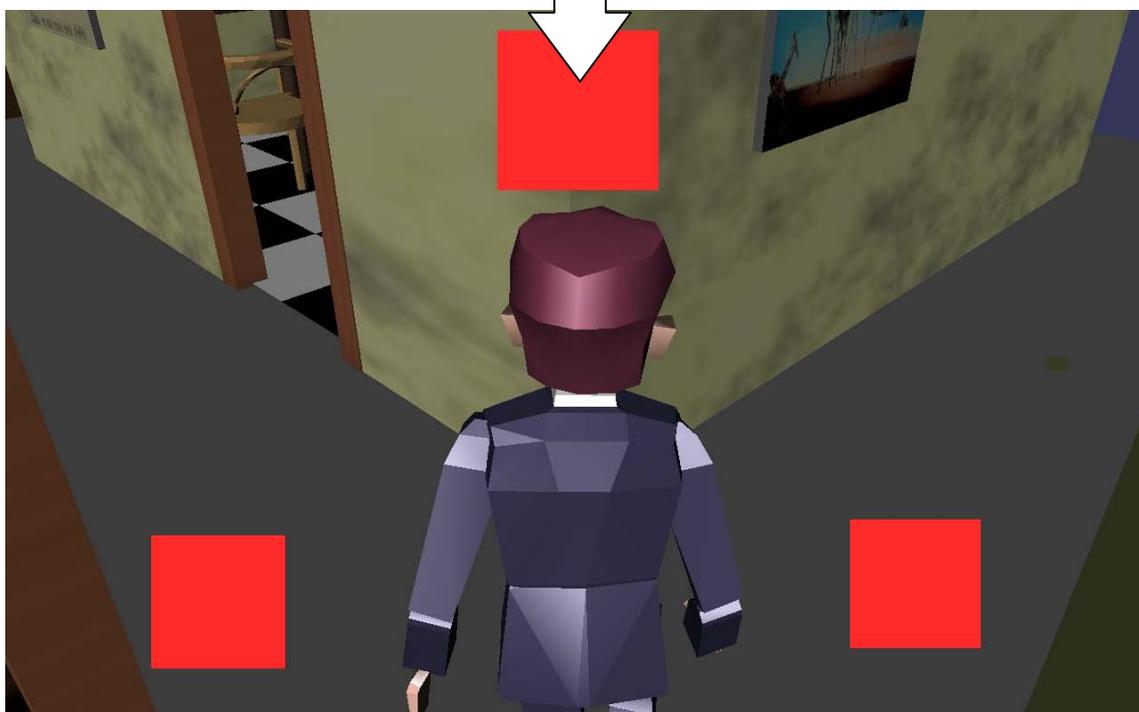
Abbildung E.6 zeigt im obigen Bildabschnitt eine Stimulationseinheit zur Erzeugung sogenannter SSVEPs (steady-state visual evoked potentials), welche häufig für BCIs zum Einsatz kommen. Die SSVEPs werden in diesem Fall durch unterschiedlich schnell blinkende LEDs generiert, wobei einem Probanden oder Patienten eine BCI Steuerung durch Fokussierung auf eines der beiden blinkenden LEDs ermöglicht wird. Leider besitzt die gezeigte Hardware Stimulationseinheit einen hohen Inflexibilitätsgrad, da sie z.B. nur 2 LED-Bereiche besitzt oder nur unter, über oder neben einem Monitor platziert werden kann.

Der untere Bereich von Abbildung E.6 zeigt einen 3D Avatar, wobei die roten Bereiche im Bild eine Software-Variante zur Erzeugung von SSVEPs darstellen. Diese Bereiche blinken ebenso wie das oben dargestellte Hardware-Pendant mit unterschiedlichen Frequenzen, haben aber einen wesentlich höheren Flexibilitätsgrad. Da bei SSVEPs ebenfalls eine hohe zeitliche Präzision der grafischen Darstellung notwendig ist, ist die Verwendung eines leistungsstarken Rechners mit entsprechender Grafikleistung unabdingbar. Durch die Anschaffung des neuen Messrechners besteht nun die Möglichkeit zur Verwendung komplexerer Paradigmen basierend auf SSVEPs, da nun ausreichend Rechen- und Grafikleistung zur Verfügung steht.

Zusätzlich wurden 5 Quad-Core Arbeitsplatzrechner mit 3,3 GHz, 16GB RAM und 1 TB Festplattenspeicher angeschafft. Diese Arbeitsplatzrechner sind bereits zur Entwicklung von BCI Systemen und zur Analyse vorhandener EEG und fMRT Daten im Einsatz.



**Abb.E.5:** Ein im Haus verwendetes spieleähnliches Paradigma, bei dem das Auto in der Mitte rein durch mentale Prozesse gesteuert wird. Ziel ist es, die Münzen zu sammeln und den Barrieren auszuweichen.



**Abb.E.6 - oben:** Hardware SSVEP Stimulationseinheit. Die visuelle Stimulation erfolgt mittels blinkender LEDs. Unten: Ein durch SSVEPs gesteuerter 3D Avatar in einer virtuellen Umgebung.

## 6. INSTITUT FÜR MASCHINELLES SEHEN UND DARSTELLEN

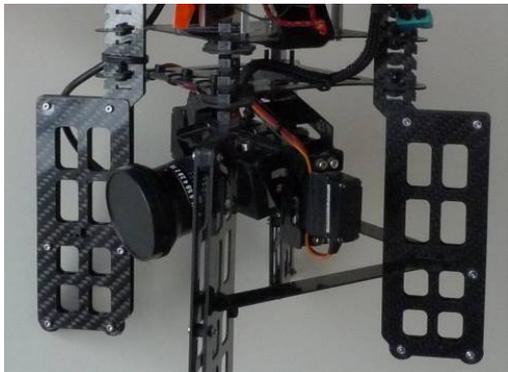
### 6.1. Aerial Vision Group

Andreas Wendel

---

Die von der Initiative Future Lab zur Verfügung gestellten Mittel wurden für Neuanschaffungen für das Labor für unbemannte Flugobjekte am Institut für maschinelles Sehen und Darstellen genutzt. Damit können nun sowohl stabilisierte Live-Videoaufnahmen aus der Luft gemacht werden, als auch die Flugplanung am Boden weitgehend automatisiert werden.

Einerseits wurde eine aktive Kamerahalterung für das bestehende Flugsystem Ascending Technologies Pelican angeschafft (Abb. F.1a). Die Bewegungen des Fluggeräts zur Positionsänderung werden automatisch erfasst und mittels Servos ausgeglichen, womit eine sehr ruhige Bilddatenerfassung möglich ist. Die Halterung kann industrielle Kameras in kleiner Bauform aufnehmen und bietet die Möglichkeit, die Lage der Kamera zum Flugobjekt in 2 Freiheitsgraden einzustellen. Im Vergleich zu Consumer Cameras ist damit eine stabilisierte, kontinuierliche Bildaufnahme möglich, was besonders für aktuelle Themen wie visuelle Lokalisierung und Visual Servoing wichtig ist. Andererseits wird für die automatisierte Flugplanung eine leistungsstarke, aber mobile Plattform am Boden benötigt. Aus diesem Grund wurde ein Lenovo Notebook mit Quad-Core Intel i7 CPU und einer CUDA-fähigen GPU angeschafft (Abb. F.1b).



(a)



(b)

**Abb. F.1.** (a) Unbemanntes Flugobjekt "Ascending Technologies Pelican" mit der neuen, aktiven Kamerahalterung. Zur Unterstützung bei der Aufnahme wird die Kamera automatisch stabilisiert, zusätzlich kann die Lage der Kamera nun ferngesteuert werden. (b) Für die automatisierte Flugplanung und Datenverarbeitung wird besonders im Freien eine leistungsstarke und mobile Plattform benötigt.

Die beiden Erweiterungen ermöglichen es uns, allen im Labor verfügbaren unbemannten Flugobjekten GPS-Wegpunkte und dank der aktiven Kamerahalterung auch Lage-Befehle zu senden. Außerdem können die UAV Sensordaten live abgerufen und verarbeitet werden. Dies führte bereits zu zwei Publikationen: In [Hoppe] präsentieren wir ein neuartiges System zur autonomen Befliegung einer Szene mittels GPS Wegpunkten, das die Rekonstruierbarkeit mittels Structure-from-Motion Algorithmen garantiert. Wie in Abb. F.2 zu sehen ist werden dabei für die 3D Rekonstruktion hilfreiche Kamerapositionen ermittelt und durch einen kollisionsfreien Pfad miteinander verbunden. Außerdem haben wir in [Maurer] gezeigt, dass dank der Kamerastabilisierung und einer neu entwickelten Technik zur Übertragung von zeitlich verschachtelten Bildern mit unterschiedlicher Auflösung eine industrielle Inspektion mittels unbemannten Flugobjekten möglich wird.



**Abb. F.2.** Photogrammetrische Kamera-Netzwerk Planung [Hoppe12]. (a) Berechnetes optimales Kameranetzwerk mit Flugpfad zur autonomen Befliegung einer grob vorgegebenen Szene. (b) Das Resultat der autonomen Befliegung nach quasi-dichter Rekonstruktion lässt das Einfamilienhaus sehr gut erkennen.

[Hoppe] C. Hoppe, A. Wendel, K. Pirker, S. Zollmann, A. Irschara, H. Bischof, and S. Kluckner, „Photogrammetric Camera Network Design for Micro Aerial Vehicles“, To appear in Proceedings of the Computer Vision Winter Workshop (CVWW), Slovenia, 2012.

[Maurer] M. Maurer, A. Wendel, and H. Bischof, „Airborne Inspection using Single-Camera Interleaved Imagery“, To appear in Proceedings of the Computer Vision Winter Workshop (CVWW), Slovenia, 2012.

## 6.2. MULTI-KAMERA PAN-TILT-ZOOM SETUP

**Thomas Mauthner**

Im Zuge der Future Labs Förderung von 2011, wurde am Institut für Maschinelles Sehen und Darstellen (ICG) ein Multi-Kamera Aufnahme System angeschafft. Die Verwendung von bis zu vier statisch montierten Kameras (AXIS P-1347) in Verbindung mit zwei PTZ Einheiten (AXIS P-214) und einem Aufnahme bzw. Steuerungs-Rechners ermöglichte mehreren Arbeitsgruppen am ICG ihr Know-how einzubringen und neue Kooperationen zu fördern.

Im Speziellen wurde an der Entwicklung von automatischen Methoden zur Kalibrierung und Einbindung von PTZ Kameras in Multi-Kamera Netzwerken gearbeitet (Abb F.3). Mit der Zunahme von Kameras und einer stärker werdenden Vernetzung ist Forschungsthema von großem Interesse. Dies zeigt sich auch in der Veröffentlichung einer Publikation [Possegger] zu diesem Thema, welche ohne die Geräte aus der Future Labs Förderung nicht möglich gewesen wäre. Des Weiteren konnte durch die Kooperationen am ICG neue Algorithmen entwickelt werden welche auch in andere Projekte (FWF P22299) eingebunden wurden.



**Abb. F.3:** PTZ Ansichten für unterschiedliche Szenarien nach erfolgreicher automatischer Kalibrierung.

Derzeit sind ein Master-Projekt sowie eine Diplomarbeit in diesem Bereich laufend, welche sich weiterführend mit Themen der PTZ Kalibrierung und Tracking beschäftigen. Die Forschung in diesem Bereich initiierte auch eine Kooperation mit dem Machine Vision Laboratory der Universität Laibach. Im Zuge der Kooperation wurde ein gemeinsamer Antrag (FWF-ARRS) erstellt und eingereicht. Dieser Antrag befindet sich derzeit in der Begutachtungsphase.

[Possegger] H. Possegger, M. Rüter, S. Sternig, T. Mauthner, M. Klopschitz, P. Roth und H. Bischof. "Unsupervised Calibration of Multiple Static Cameras and Virtual PTZ". To appear in Proceedings of Computer Vision Winter Workshop 2012.

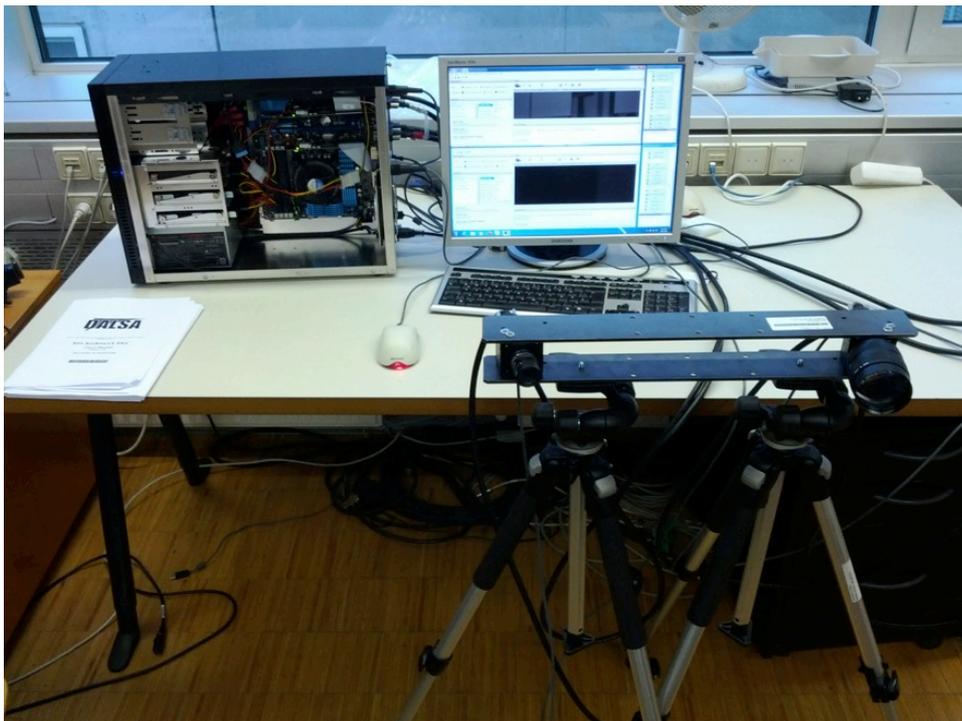
## 6.3. HIGH-SPEED STEREO SYSTEM

---

**Matthias R ther**

Die Future Labs Förderung 2011 wurde zum Aufbau eines neues Stereo Systems im Robot Vision Labor eingesetzt. Mit Hilfe des angeschafften High-Speed Stereo Systems können 3D Daten mit sehr hoher Bildrate und Auflösung erzeugt werden (Abb F.4). Jede der Kameras liefert Bilder mit einer Auflösung von 4MPixel, zu 180 Bildern pro Sekunde. Damit können schnelle Bewegungsvorgänge dreidimensional erfasst werden, und die folgenden Problemstellungen können adressiert werden:

- Messung des Straßenzustandes aus dem fahrenden Auto bei hohen Geschwindigkeiten.
- SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) mit Geschwindigkeiten bis zu 100km/h.
- Markerless Human Motion Capture mit großer Zeitauflösung und Genauigkeit.



**Abb. F.4:** Aufbau des High-Speed Stereo Systems.

## 6.4. LASER RANGE SCANNER FÜR MOBILE AUGMENTED REALITY

Gerhard Reitmayr

Durch die Future Labs Förderung 2011 konnte ein mobiler Laser Scanner für mobile Augmented Reality Systeme angeschafft werden. Der Scanner ermöglicht es in einer Ebene einen Winkelbereich von 270° zu erfassen und ist klein und leicht genug, sodass er in ein bestehendes Augmented Reality System eingebaut werden konnte (Abb F.5). Dabei wird ein aktuell verwendeter Single Point Laser Range Finder durch den Scanner ersetzt.

Durch die Integration mit Inertial Sensoren und Visual Orientation Tracking im AR System sollen die einzelnen Scanebenen zu einer größeren Oberfläche zusammengesetzt werden. Damit können eine Reihe von Problemstellungen in Outdoor AR Anwendungen behandelt werden:

- Korrekte Verdeckung bei der Anzeige von virtuellen Informationen in unbekanntem Umgebungen.
- AR Visualisierungen wie Cut-aways, die die reale Oberfläche verschieben und verändern.
- Erfassung eines groben Modells zur Annotation der realen Strukturen und Objekte.
- Interaktives Modellieren von Objekten, z.B. Vermessung und Modellierung von neu verlegten Rohrleitungen.



**Abb. F.5:** Mobile Augmented Reality System mit Laser Scanner. Das System besteht aus einem Tablet PC (nicht sichtbar), RTK GPS Receiver und Antenne, Camera, IMU und Laser Scanner.

## 7. INSTITUT FÜR COMPUTER GRAPHIK UND WISSENSVISUALISIERUNG

### 7.1. THE WORLD AT YOUR FINGERTIPS

Sven Havemann

Die Welt der interaktiven Computer-Anwendung ist zusehends im Wandel begriffen. Jeder, der sich ein neues Mobiltelefon zulegt, muss die Erfahrung machen, dass sich die Bedienung des Telefons in kurzer Zeit grundlegend gewandelt hat: Touch-Displays dominieren den Markt. Das Apple iPhone hat eine Entwicklung eingeläutet, die von praktisch allen anderen Mobiltelefon-Anbietern nachvollzogen wurde. Eine ganze Geräteklasse hat sich neu definiert. Danach wurde mit dem iPad sogar eine ganz neue Klasse von Geräten neu eingeführt, die Touch-Tablets. Die Bedienung von Computern ist seit Einführung der Maus Mitte der 80er Jahre im wesentlichen gleich geblieben. Doch nun deutet alles darauf hin, dass sich Grundlegendes ändert. Dies ist Anlaß genug, sich in der Forschung mit der Frage zu beschäftigen, wie sich dies auf die Anwendungsentwicklung auswirken wird. Welche grafische Metaphern und Darstellungsformen sind geeignet, um hoch dynamische digitale Inhalte zu transportieren und zu bedienen?

#### Die Abhängigkeit der Energieeffizienz von der Gebäudeform

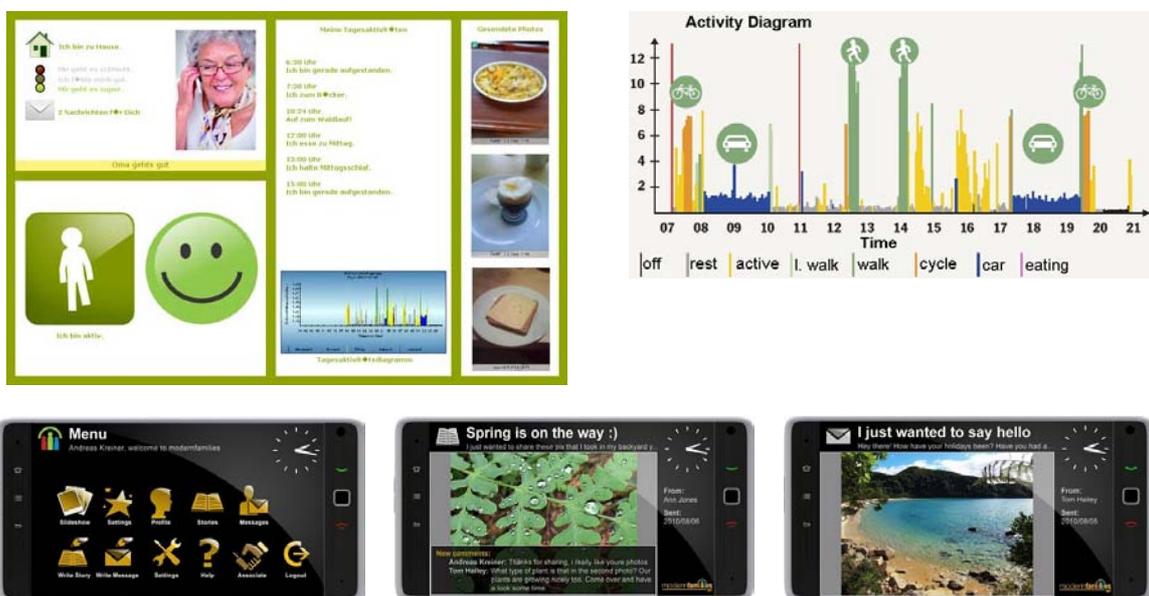


**Abb. G.1:** Die GANDIS-Applikation, mit der der Zusammenhang zwischen Gebäudeform und Energieeffizienz interaktiv erforscht werden kann. Sie hat einen integrierten 3D-Modeller. Am unteren Rand sind drei Knöpfe: Grunddaten (links), 3D-Sicht (Mitte) und Auswertung (rechts).

Wie ist ein Gebäude zu planen, sodass der Energieverbrauch möglichst gering ist? Mit dieser Frage sehen sich private wie öffentliche Bauträger konfrontiert. Oft herrscht dabei die

irriges Meinung vor, das einzig Ausschlaggebende seien die Dämmwerte. Dabei ist eine ganz wesentliche Determinante die Gebäudeform. Wie kompakt ein Gebäude gebaut ist, kann am sogenannten A/V-Verhältnis abgelesen werden, dem Verhältnis zwischen Außenfläche und umbautem Volumen. Eine wichtige Aufgabe für den Planer ist, dem Bauträger eine Intuition für diese zunächst recht abstrakte Größe und ihren Einfluss auf den Energieverbrauch zu vermitteln. Genau dies ist der Zweck von GANDIS, einer App für das Apple iPhone, das vom CGV im Rahmen eines Forschungsprojektes für ORTLOS Architects (Graz) entwickelt worden ist. Dort werden zunächst wichtige Basisdaten des Gebäudes eingegeben und es wird eine von je fünf typischen Gebäudeformen für Wohn- und Bürohäuser ausgewählt. Das Gebäude wird dann interaktiv in 3D angezeigt. Neben der reinen Betrachtung kann aber auch die Gebäudegeometrie editiert werden: Es genügt, mit dem Finger über eine Fassade zu streichen, um sie weiter vorzuziehen oder zurückzudrücken und damit die Länge oder die Breite eines Riegelbaus zu verändern. Es gibt auch komplexere Gebäude mit mehr Freiheitsgraden (siehe Abb. G.1). Die Herausforderung war, in jedem Fall eine flüssige Bedienbarkeit zu gewährleisten. Ein Resultat der Untersuchung war unter anderem die Erkenntnis, dass es wichtig ist, großflächige Bedienelemente zu verwenden. Sie wurden in die 3D-Darstellung statt der üblichen Schieberegler (Slider) eingebettet, deren präzise Bedienung eine Maus erfordert. Genaues Verändern durch Antippen kann problematisch sein, denn der Finger verdeckt das, was verändert werden soll. In GANDIS war die Lösung daher, die dargestellte Fassade selber zu einem Schieberegler zu machen. Ebenso wichtig ist es, eindeutig kenntlich zu machen, was gerade verändert wird. Daher die rote Einfärbung der vorderen Fläche in Abb. G.1, zweites Bild: Dieser Fassadenteil ist gerade dabei, vom Benutzer mit einer Fingergeste verschoben zu werden. Und schließlich ist auch ein sofortiges Reagieren auf die Eingabe wesentlich: Die Touch-Fähigkeit vermittelt die Illusion, die kleinen 3D-Objekte auf dem Bildschirm direkt angreifen zu können. Diese Illusion bricht zusammen, wenn man sie angreift, sie sich aber nicht gleich bewegen, wie natürliche Objekte es tun würden.

### Ambient Assisted Living: Computer für ältere Menschen – Hilfe oder Belastung?



**Abb. G.2:** Das Teilnehmen an sozialen Netzwerken soll im AGNES-Projekt auch älteren Menschen ermöglicht werden. Mit einem Mobilgerät klappt das auch unterwegs. Gleichzeitig dient das Gerät als Sensor, um ein Aktivitätsprofil zu erstellen, das zeigt, wie gut es Oma derzeit geht.

Die zunehmende Überalterung der Gesellschaft stellt uns heute vor Herausforderungen, denen auch mit Hilfe der Informationstechnologie begegnet werden kann. Gleichzeitig ist sie aber auch Teil des Problems: Computer stellen heute einen so wichtigen Teil der Lebenswirklichkeit der heranwachsenden wie der aktiven Generation dar, daß auch viele ältere Menschen den Einstieg noch wagen, um den Anschluss nicht zu verlieren. Soziale Netzwerke wie Facebook, LinkedIn oder Xing werden den Bedürfnissen der Älteren aber wenig gerecht, daher gibt es spezialisierte Plattformen wie Modern Families aus Österreich. In dem EU-Projekt AGNES wird nun untersucht, ob und wie sich mobile Endgeräte dazu benutzen lassen, ein Aktivitätsprofil zu gewinnen, das verrät, ob es dem alten Menschen gut geht, womit er sich beschäftigt, und wie aktiv er oder sie ist. Diese Information kann ausgewählten Benutzerkreisen zugänglich gemacht werden wie Ärzten oder Therapeuten, aber auch Freunden und Familie. Sie können über das Internet nicht nur Großmamas Aktivitäten verfolgen, sondern auch den Kontakt mit ihr halten. Die Forschungsfragen reichen von der Fusion aufgenommener Sensordaten über das Erkennen von Alltagstätigkeiten aus Videoströmen, bis hin zum Verfügbarmachen auf einfach zu benutzenden Mobilgeräten für Ältere. Der neue CGV-Themenschwerpunkt „Ambient Assisted Living“ (AAL) beschäftigt sich also mit einer wichtigen Nutzergruppe, die Anlass gibt, vieles zu hinterfragen, was zum Thema intuitive Benutzbarkeit in der Informatik gemeinhin als gegeben gilt.

### **Große Datenmengen intuitiv handhaben**

Schon auf dem Desktop ist es nicht leicht, den Überblick zu behalten über Dutzende oder Hunderte von Resultaten einer Anfrage bei Suchmaschinen wie Google oder Bing. Vor dem gleichen Problem steht man aber auch bei einer Recherche in einem kontrollierten Datenbestand wie einer Bibliothek. Wie das finden was man sucht? Im Projekt PROBADO wurde zudem untersucht, wie sich neue Medienformate, etwa 3D-Modelle aus der Architektur, in den wohl etablierten Arbeitsablauf von Bibliotheken integrieren lassen. Und die PROBADO-App für mobile Geräte schließlich sollte einen attraktiven Zugang zur digitalen Bibliothek schaffen, der die gesamte Funktionalität vereinigt – eine Herausforderung gleich auf mehrfacher Ebene.



**Abb. G.3:** Die PROBADO-App für Touch-Tablets (links) ermöglicht ein flüssiges Durchsuchen eines großen Datenbestandes an 3D-Gebäudemodellen. Genauso flüssig ist die Arbeit mit der Smartphone-App (rechts), trotz des kleineren Bildschirms, der weniger Informationen zeigt.

Die Wisch-Geste dient dabei nicht nur zum schnellen Seitenumblättern, sondern ist kontext-abhängig: Je nachdem erlaubt sie das Umordnen eines Such-Graphen, das schnelle Durchscrollen durch eine Ergebnisliste, oder aber auch das Erkunden eines 3D-Modells, das sich zügig auf dem mobilen Client herunterladen und anschauen lässt. Nur durch die 3D-Sicht lässt sich in manchen Fällen die Frage beantworten: Ist dies das Modell das ich brauche? Wie ist die Raumaufteilung im Innern? Geometrische Fragen lassen sich selbst anhand der Thumbnails und Renderings nicht ohne weiteres beantworten, sind in 3D aber oft im Nu geklärt.

**Fazit: Der Schlüssel ist Skalierbarkeit**

Dank der Future Labs Förderung kann am CGV eine ganze Spannweite von Multitouch-Szenarien untersucht werden, angefangen von der HeyeWall mit 4000 x 3000 Pixeln auf 8 Quadratmetern, über den Multitouch-Tisch mit zusätzlichem Ausgabedisplay, weiter Touch-PCs konventioneller Art sowie portabel („convertible“ Laptop), bis hin zu verschiedene Arten von Tablets und Smartphones. Durch die Arbeit mit all diesen Plattformen sind wir dabei, Ansätze zu entwickeln wie wir einerseits den Unterschieden durchaus Rechnung tragen können. Andererseits möchten wir die Gemeinsamkeiten auch ausnutzen, um uns die Arbeit zu erleichtern, Applikationen von der einen auf die andere Plattform zu portieren. Das Portieren ist außerordentlich lästig, aber wir haben erkannt, dass man nur dadurch nicht der Gefahr bzw. Versuchung erliegt, Anwendungen bestimmten Plattformen allzu sehr auf den Leib zu schneiden.

## 8. INSTITUT FÜR SOFTWARETECHNOLOGIE

### 8.1. ROBOT LEARNING LAB

---

**Gerald Steinbauer**

Das Robot Learning Lab stellt die Infrastruktur für Lehre und Forschung im Bereich autonomer intelligenter Roboter und Systeme sowie die Anwendung Künstlicher Intelligenz zur Verfügung. Mit bisherigen Future Labs Mitteln wurde ein Pool von mobilen Robotern, Sensoren und Computer geschaffen, der in der Lehre und Forschung benutzt werden kann. Der Pool ist so angelegt, dass er möglichst flexibel ist und eine Reihe von verschiedenen Experimenten und Anwendungsszenarien zulässt. Mit den gegenständlichen Mitteln wurde der Roboter-Pool um einen modernen Roboter-Arm ergänzt, da das Greifen und Manipulieren von Objekten in vielen Anwendungsszenarien eine entscheidende Rolle spielt. Diese Aktivitäten dienen zum einen dazu, ein modernes und adäquates Umfeld für Lehre und Forschung in der Robotik zu schaffen und zum anderen die Themenbereiche des Robot Learning Lab auszubauen.

Basierend auf den Ergebnissen und Aktivitäten des Robot Learning Lab wurden einige Forschungsprojekte beantragt, bei denen die Infrastruktur ebenfalls weiter genutzt wird.

Die Forschungs- und Lehraktivitäten des Robot Learning Lab im Jahr 2011 lassen sich grob in drei Teilbereiche gliedern.

#### *ROBUSTE INTELLIGENTE STEUERUNG VON AUTONOMEN ROBOTERN*

Hier geht es um Grundlagenforschung im Bereich Ausführungsmonitoring und Diagnose. Die Idee ist, Methoden zu entwickeln, die es einem autonomen System erlauben, selbständig zu erkennen, ob sich die Welt unvorhergesehen geändert hat und ob die Resultate der Aktionsausführung, der Wahrnehmung und der automatischen Schlussfolgerung korrekt sind. Diese Fähigkeit diese Umstände automatisch zu erkennen und auch zu reparieren trägt entscheidend zur Unerlässlichkeit autonomer Systeme bei.

Im Rahmen eines vom FWF geförderten Projektes wird daran gearbeitet, das Problem zu formalisieren und Lösungen zu entwickeln, die zur Steuerung von autonomen Robotern verwendet werden können. Es wurde ein auf dem Situation Calculus und model-basierter Diagnose beruhender Ansatz entwickelt [1] und in weiterer Arbeit verfeinert [2]. Ferner wurde der Ansatz in einem realen Liefer-Roboter-Szenario am Institut evaluiert [3]. Momentan wird unter Verwendung des angeschafften Roboter-Arms an der Erweiterung der experimentellen Evaluierung in Richtung komplexerer Domänen gearbeitet (Haushaltsaufgaben wie Tischdecken). Diese Domäne dient auch als Basis für das RoboCup@Home Team der TU Graz.

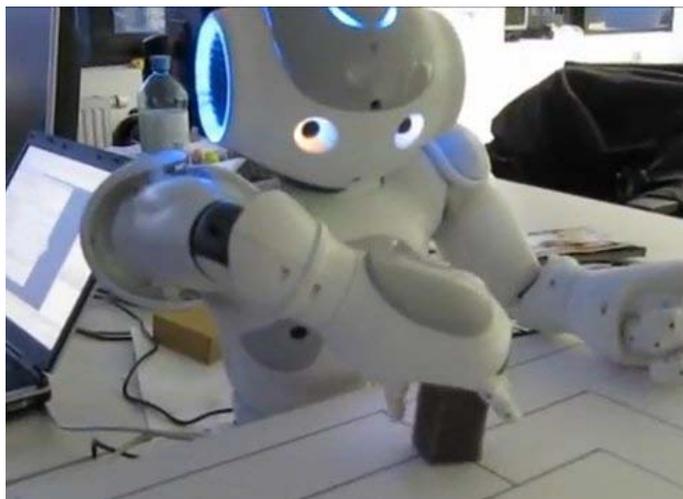
Ferner arbeitet das Projekt an der Entwicklung von objektiven Evaluierungsmethoden der Zuverlässigkeit von intelligenten autonomen Systemen, die in alltäglichen Umgebungen wie Büros oder Fertigungshallen operieren [4,5]. Dies erfolgt auch in Richtung einer formalen Zertifizierung für die Industrie.

### *ROBOTER ZUM SPIELEN VON BRETTSPIELEN*

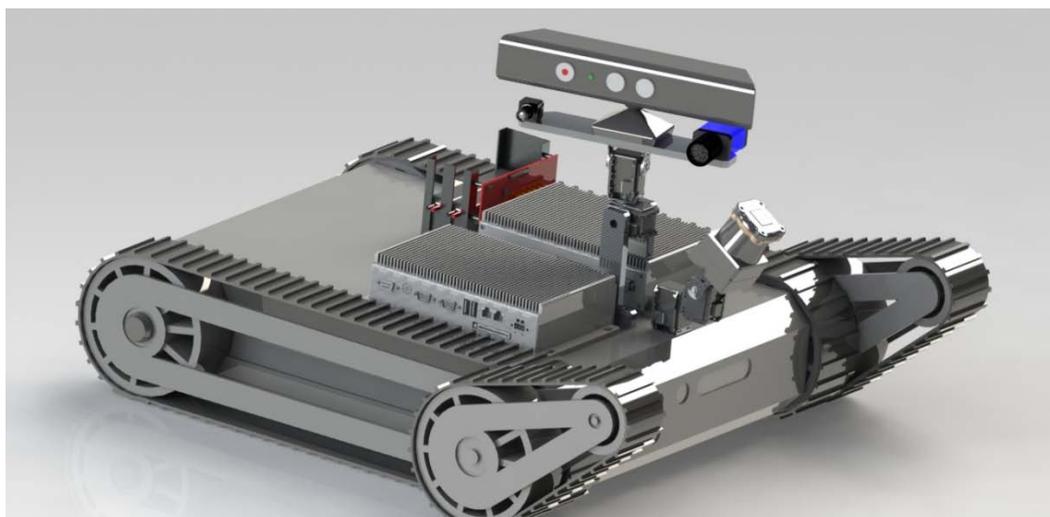
Im Zuge eines Projektes des Robot Learning Labs wurde ein stationärer Roboter entwickelt, der es ermöglicht interaktiv das Brettspiel „Pylos“ zu spielen. Aufbauend auf diese Erfahrungen und unter Verwendung eines, mit früheren Future Labs Mitteln erweiterten, humanoiden Roboter Nao wurde das stationäre Szenario in ein dynamisches übergeführt. Im Zuge von vier Studienprojekten wurde ein Proof of Concept implementiert. Der Nao ist nun in der Lage die Spielsituation bei Mühle (Mühlebrett und Mühlesteine) zu erkennen und einzelne Spielzüge durchzuführen. Diese Ergebnisse werden momentan in zwei weiteren Diplomarbeiten verfeinert (vollständiges dynamisches Spiel mit einem menschlichen Gegner). Das Projekt ist eine Kooperation der Geometrie- und Robotik-Gruppen am IST. In der Kombination von theoretischer Informatik und Robotik liegt der Reiz und die wissenschaftliche Herausforderung. Zurzeit ist ein gemeinsamer weiterführender FWF-Projekt-Antrag zur intensiven wissenschaftlichen Bearbeitung in Arbeit.

### *SUCH- UND RETTUNGSROBOTER*

Der Einsatz von semi-autonomen und teleoperierten mobilen Robotern bei der Aufarbeitung von Katastrophen (z.B. Erdbeben, Unfälle, Brände) erscheint momentan kurzfristig als eines der realistischen Einsatzszenarien. Das Robot Learning Lab hat hier bereits einige Erfahrung, im speziellen auf internationaler Ebene durch die Kooperation mit RoboCup Rescue und lokal durch das Aufarbeiten von Anforderungen von Einsatzkräften (z.B. Berufsfeuerwehr Graz). Im Jahr 2011 wurde ein dreijähriges Forschungsprojekt genehmigt, das durch den Europäischen regionalen Entwicklungsfond, das Land Steiermark und die Republik Slowenien gefördert wird. Das Projekt ist eine Kooperation zwischen der Universität Maribor und der TU Graz und beschäftigt sich mit der Entwicklung eines autonomen Aufklärungsroboters für Krisen/Katastrophen Szenarien. Fernern befasst sich das Projekt auch mit der Ausbildung im Bereich Such- und Bergeroboter (Summer Schools) und der Integration der Daten der Roboter in die Leitstellensoftware der Einsatzkräfte. Zurzeit arbeitet das Projekt an der Integration der Hardware und der Basissoftware. Ferner fungieren die Hardware und die Domäne als Basis für das RoboCup Rescue Robot Team der TU Graz.



**Abb. H.1:** Humanoider Roboter Nao bei einem Mühle-Spielzug.



**Abb. H.2:** Rescue Robot basierend auf der kommerziellen Jagur-Plattform.

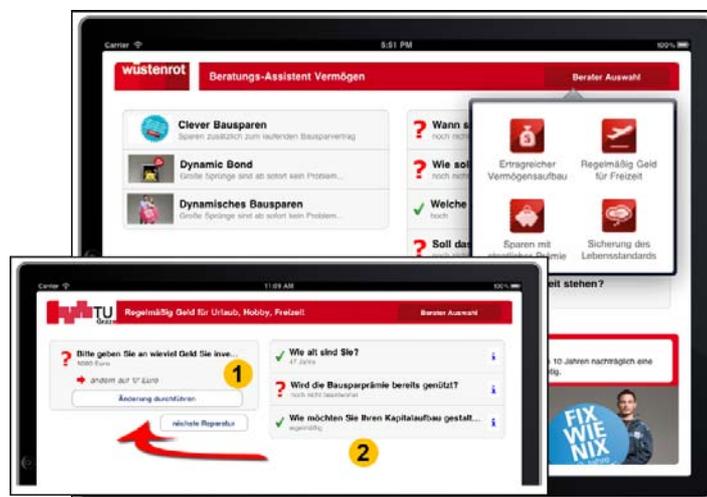
*PUBLIKATIONEN IM RAHMEN DES ROBOT LEARNING LAB IN 2011*

1. Gspandl, S.; Pill, I. H.; Reip, M.; Steinbauer, G.: Belief Management for Autonomous Robots using History-Based Diagnosis. - in: International Conference on Industrial and Engineering Applications of Artificial Intelligence and Expert Systems ; 2011
2. Gspandl, S.; Pill, I. H.; Reip, M.; Steinbauer, G.; Ferrein, A.: Belief Management for High-Level Robot Programs. - in: International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI) ; 2011
3. Gspandl, S.; Podesser, S.; Reip, M.; Steinbauer, G.; Wolfram, M.: A Dependable Perception-Decision-Execution Cycle for Autonomous Robots, IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 2012, to appear
4. Steinbauer, G.; Wotawa, F.: Evaluating the Robustness of the Perception-Decision-Execution Cycle of Autonomous Robots. - in: ICAR Workshop on Performance Measures for Quantifying Safe and Reliable Operation of Professional Service Robots in Unstructured, Dynamic Environments, 2011
5. Steinbauer, G.; Wotawa, F.: On the Evaluation and Certification of the Robustness of Autonomous Intelligent Systems. - in: International Workshop on Principles of Diagnosis (DX); 2011

## 8.2. RECOMMENDATION TECHNOLOGIES

**Alexander Felfernig, Gerald Ninaus, Florian Reinfrank, Monika Mandl**

Recommendation Technologies for Personal Assistants: Durch die enorme Verbreitung von Mass Customization als Produktionsparadigma bieten immer mehr Unternehmen ein komplexes Sortiment an Produkten und Dienstleistungen an. Damit wird es für Kunden zusehends schwieriger, für sie geeignete Lösungen zu identifizieren. Die nächste Generation von Empfehlungssystemen („the 3rd wave“) sind sog. Personal Recommendation Assistants die Benutzer ortsunabhängig in unterschiedlichsten Anwendungsszenarien pro-aktiv unterstützen – sowohl bei kurzfristigen Entscheidungen (welchen Film oder welche Kamera sollte ich kaufen?) als auch bei langfristigen Entscheidungen (welche Finanzdienstleistungen sind für mich die richtigen?). Der enorme und weiter steigende Verbreitungsgrad von Handheld Lösungen führt zu einer steigenden Nachfrage an Softwarelösungen für die Entwicklung und Wartung der erwähnten Empfehlungsassistenten. Die Entwicklung einer Engineering Umgebung für iPad-basierte Recommendation Assistants (Modellierung, Test und automatisierte Generierung der Recommender Anwendung) ist eine unserer Forschungszielsetzungen. Die resultierenden Softwarekomponenten sollen in Anwendungsszenarien wie bspw. Requirements Negotiation, gruppenbasierte Urlaubsplanung und Empfehlung von Finanzdienstleistungen evaluiert werden. Die angesprochene Modellierungsumgebung ist aktuell in Entwicklung; prototypische iPad Recommender Anwendungen wurden bereits fertig umgesetzt (siehe folgende Abbildung).



**Abb. H.3: Prototypisches Interface einer iPad-basierten Beratungsanwendung.**

**Literatur:** R. Burke, A. Felfernig, and M. Goeker. The Future of Recommender Systems: Research and Applications, AI Magazine, AAAI, 32(3):13—18, 2011.

### **Recommendation Technologies in Requirements Engineering:**

Requirements Engineering ist eine kritische Phase im Software Entwicklungsprozess. Requirements verbalisieren Entscheidungsalternativen die durch Stakeholder verhandelt und entschieden werden. Im Rahmen der Forschungsaktivitäten am IST wurden an der TU Graz empirische Untersuchungen durchgeführt in denen Entwicklungsteams durch Gruppen-Recommendener bei der Entscheidungsfindung bzgl. der Umsetzung von Requirements unterstützt wurden. Das Ergebnis war jenes, das Gruppen-Recommendener die Usability des Systems erhöhen und den Grad der Entscheidungsunterstützung signifikant verbessern. Generell wird für Requirements Negotiation Szenarien nicht empfohlen, da am Anfang des Entscheidungsprozesses individuelle Gruppenmitglieder die Präferenzen der anderen Gruppenmitglieder bereits kennen – dies führt in der Regel zu einem unzureichenden Informationsaustausch und dadurch zu einer suboptimalen Gesamtentscheidung.

**Literatur:** A. Felfernig, C. Zehentner, G. Ninaus, H. Grabner, W. Maaleij, D. Pagano, L. Weninger, and F. Reinfrank, Group Decision Support for Requirements Negotiation, Advances in User Modeling, Springer Verlag, to appear 2011.

## **8.3. CATROID**

---

**Wolfgang Slany**

Das Catroid Projekt weckt auf spielerische Art und Weise das Interesse an Informatikthemen bei Jugendlichen. Besonders Smartphones sowie iPads und Android Tablets verbreiten sich rasant und verdrängen dabei bei der Jugend immer mehr die herkömmlichen PCs und Laptops. Catroid erlaubt es nach der Devise „Low floor---wide walls---high ceiling“, eine Vielzahl durchaus anspruchsvoller Apps auf intuitive graphische Art und Weise direkt auf den Smartphones und Smarttablets so zusammenzustellen, dass dabei alle herkömmlichen Frustrationsfaktoren minimiert werden können und ein unmittelbares Erfolgserlebnis für die Jugendlichen möglich wird. Gleichzeitig wird der Wissensaustausch unter den Jugendlichen dadurch gefördert, dass sämtliche mit Catroid erstellten Apps auf einer Web 2.0 Website hochgeladen und von anderen „remixed“, also erweitert und verändert werden können.

Das Catroid Projekt hat als Ziel die Portierung, Adaptierung und Erweiterung der Programmiersprache und Programmierumgebung Scratch vom Media Lab des Massachusetts Institute of Technology für Smartphones mit berührungssensitiver Oberfläche. Hintergrund ist, dass immer mehr Kinder und Jugendliche entsprechende Mobiltelefone besitzen und die Resultate dieses Projekts es ihnen ermöglichen, zu jeder Zeit und an jedem Ort auf sehr einfache Art selbst darauf, also nur unter Verwendung des Smartphones, ohne zusätzlichen Laptop o.ä., Software zu erstellen, um diese dann direkt auf dem Smartphone ausführen bzw. auch über das Web untereinander austauschen zu können. Das betrifft natürlich nicht nur Spiele, aber diese sind für Kinder, Jugendliche und auch Studierende unzweifelhaft sehr motivierende Anwendungsobjekte.

Warum sind spielerisch erworbene Informatikkenntnisse für Jugendliche auch abseits technischer Studien wichtig? Informatikkenntnisse präsentieren sich heute zusammen mit den klassischen naturwissenschaftlichen Fächern wie der Mathematik als eine der

grundlegenden Kulturtechniken unserer Zeit, und zwar sowohl aus wirtschaftlich-praktischen Gründen als auch aus philosophischen Gründen, geht es doch dabei ganz wesentlich auch um ein präzises Verständnis des rationalen Denkens. Motivation ist dabei ausdrücklich, nicht das Spielen am Mobiltelefon zu fördern, sondern dass Kinder selbst Computerspiele kreativ gestalten und aufbauen lernen. In andere Bereiche übertragen, so verhält sich dies zu der üblichen Art von Betätigungen am Computer oder Smartphone genauso als ob sich jemand mit einem MP3-Player rein passiv Musik anhört, oder ob die gleiche Person selbst singt und komponiert, ob sich jemand Fußball im Fernsehen ansieht oder stattdessen selbst im Tor steht, oder ob jemand einen Krimi liest oder stattdessen selbst ein Buch schreibt.

Catroid wurde im März 2011 als eines von 50 neuen Projekten unter über 400 ausgewählt, die von Google im Rahmen der Google Summer of Code Initiative gefördert wurden. Im September 2011 war eine 4-köpfige Delegation des Catroid Teams von Google nach Mountain View, Kalifornien eingeladen, um dort den aktuellen Stand des Systems inklusive der damit möglichen Programmierung und Steuerung von Lego Mindstorms Robotern und Quadcopter-Flugrobotern zu demonstrieren (Abbildungen H.4 und H.5).



**Abb. H.4:** Catroid Programm zur Steuerung eines Lego Roboters.

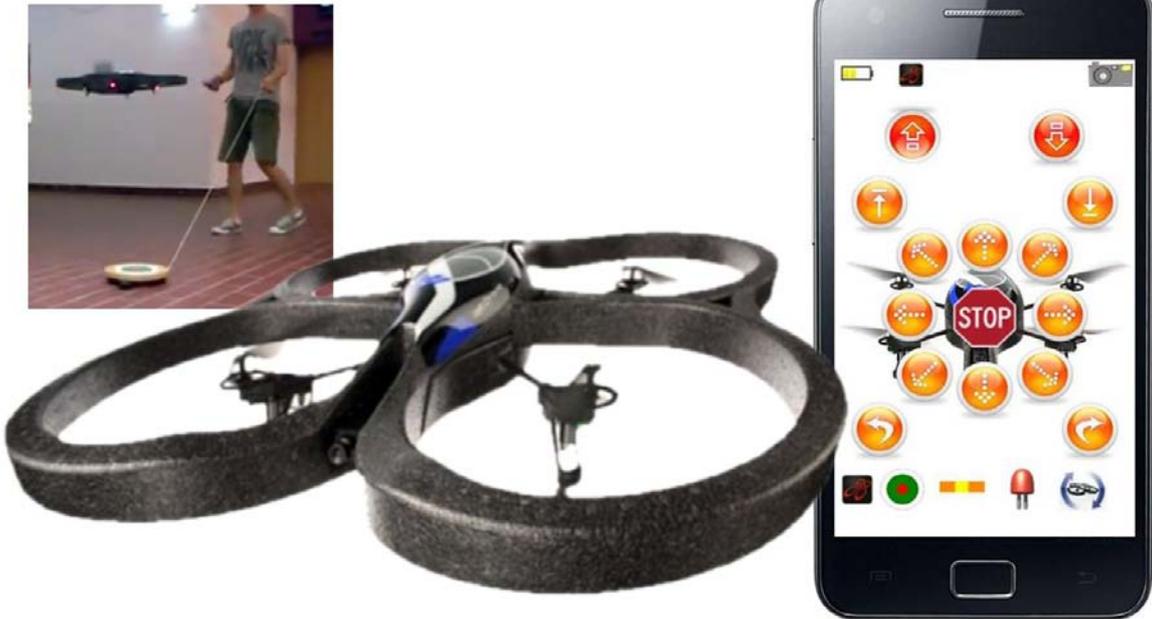


Abb. H.5: Mit Catroid können Flugroboter programmiert und gesteuert werden.