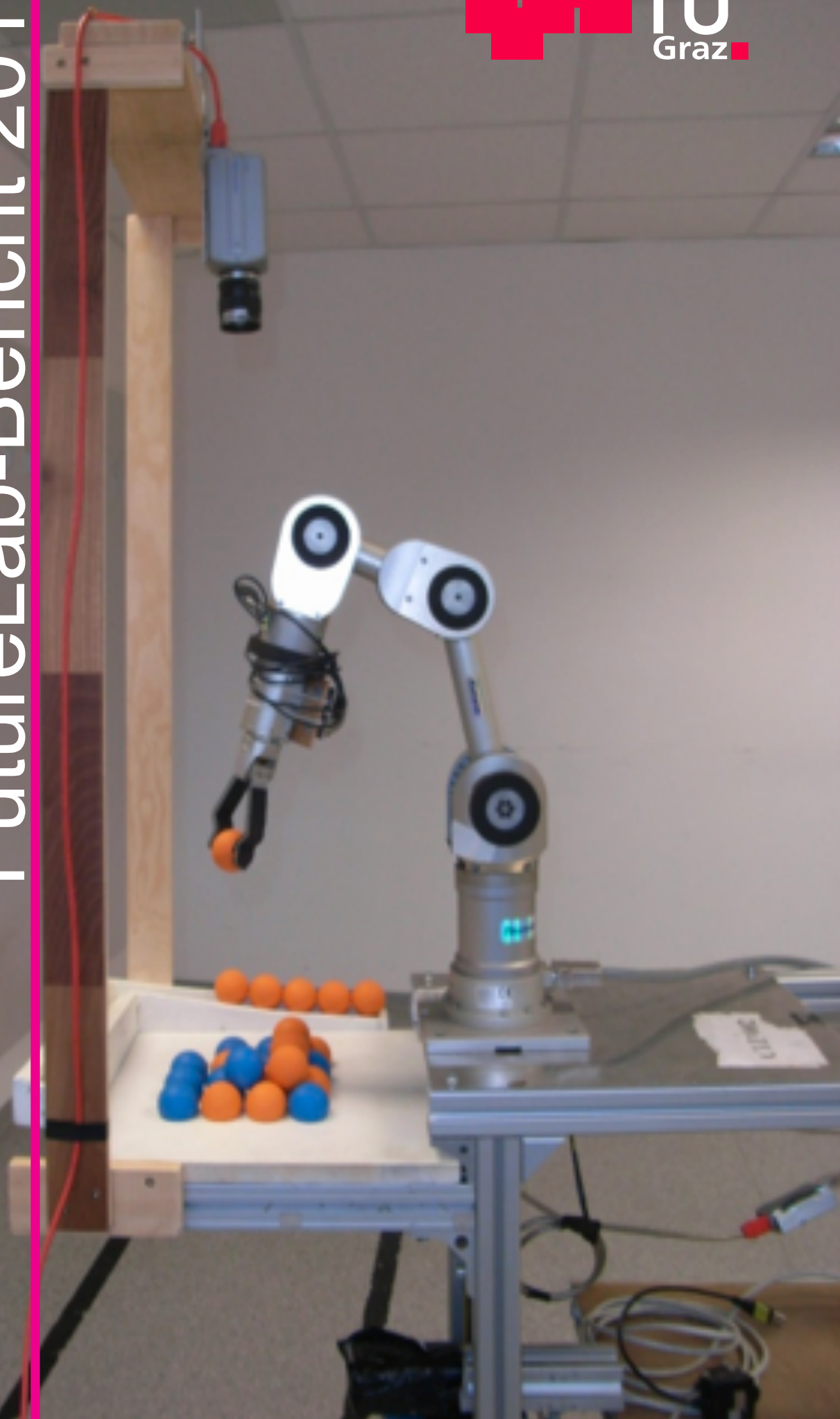


# FutureLab-Bericht 2010







# **BERICHT**

2010

zum Exzellenzschwerpunkt

FutureLabs@TUGraz

Die Partnerinstitute von FutureLabs@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 2010

## VORWORT



Die FutureLab-Initiative der Fakultät für Informatik, die vom BMWF und der Technischen Universität Graz finanziell unterstützt wird und noch von Hermann Maurer ins Leben gerufen wurde, besteht nun mehr seit über 4 Jahren. Ziel ist es die Infrastruktur der Fakultät auf dem aktuellen Stand zu halten, um die Forschung und Lehre zu unterstützen und weiter auszubauen. Im Jahr 2010 wurden mehr als 700.000 € aus FutureLab-Mittel der Fakultät für Geräte und Anlagen zur Verfügung gestellt, die in einem kompetitiven Verfahren auf Antragsbasis auf die einzelnen Institute verteilt wurden. Die Ergebnisse der Bemühungen finden Sie in diesen Bericht wiedergegeben.

Aktuelle Forschungsthemen wie der Hörsaal der Zukunft, Cloud Computing, Robotik und vieles mehr werden im FutureLab-Bericht 2010 behandelt. Die Kolleginnen und Kollegen, die die Teilberichte aus den Instituten erstellt haben, freuen sich sicherlich über Rückmeldungen und Anfragen. Als Dekan möchte ich mich jedenfalls bei allen bedanken, die FutureLab möglich gemacht haben und weiter tragen. Die mehr als 500 Publikationen in Zeitschriften, Bücher, sowie Konferenzen und Workshops, die die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Fakultät allein im Jahr 2010 veröffentlicht haben, zeigen neben der außergewöhnlichen Projektstätigkeit der einzelnen Institute, die hervorragende Forschungsleistung der Informatikfakultät.

Darüber hinaus ist die Fakultät sowohl im Ausland wie auch im Inland stark vernetzt, was durch EU Projekte und nationale Forschungsprojekte nachgewiesen wird. Im letzteren Fall freut es mich besonders, dass neben dem Nationalen Forschungsnetzwerk (NFN) des FWF "Industrial Geometry" nun das NFN "Rigorous Systems Engineering (RiSE)" 2011 starten wird. Ich gratulieren hier herzlich, Univ.-Prof. PhD Roderick Bloem für diesen großen Erfolg. Diese Initiative und viele weitere FWF und EU Grundlagenforschungsprojekte zeigen, dass die Fakultät neben der erfolgreichen Zusammenarbeit mit Firmen im Rahmen von Projekten der angewandten Forschung auch im Grundlagenforschungsbereich aktiv und erfolgreich tätig ist.

FutureLab wird auch in den Jahren 2011 und 2012 weiter die erfolgreiche Forschung und die sehr gute Lehre der Informatik an der Technischen Universität Graz finanziell unterstützen. Die finanzielle Sicherung dieser erfolgreichen Initiative über 2012 hinaus ist uns ein großes Anliegen und notwendig um weiter qualitatives und quantitatives Wachstum der Fakultät sicherstellen zu können.

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized 'F' followed by a cursive 'Wotawa'.

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Franz Wotawa  
(Dekan)

<b>1. Institut für angewandte Informationsverarbeitung und Kommunikationstechnologie .....</b>	<b>6</b>
1.1. FutureLabs am IAIK: Informationssicherheit .....	6
1.1.1. Die Forschung am IAIK und die Einbettung von FutureLabs .....	6
1.1.2. Hochleistungsoszilloskop für Messungen im Bereich der Implementierungsattacken .....	7
1.1.3. Portables USB2.0 Oszilloskop für ortsungebundene Messaufgaben .....	9
1.1.4. High-End -Programmiergerät .....	9
1.1.5. Spartan-3-FPGA- und USB2.0-Transceiver-Mikromodule mit SDRAM .....	10
1.1.6. Trusted (Cloud) Services .....	11
1.1.7. Software Defined Radio für nahtlose Krisenkommunikation .....	11
1.1.8. Leistungsstarke Entwicklungsboards für die Evaluierung von Mehrkern-Prozessorsystemen .....	12
1.1.9. Zusammenfassung .....	13
<b>2. Institut für Informationssysteme und Computermedien .....</b>	<b>14</b>
2.1. FutureLabs am IICM: Der Hörsaal der Zukunft .....	14
2.1.1. Ausgangssituation .....	14
2.1.2. Erweiterungen des Ist-Standes (Second Life Insel „TU Graz“ bzw. für OpenSim Plattform) um eine kollaborative Lernumgebung für Kleingruppen und zwei Betreuer .....	15
2.1.3. Kollaborative Lernumgebung für Kleingruppen unter Nutzung der Project Wonderland Infrastruktur für Verteiltes Projektmanagement und Softwareentwicklung .....	18
<b>3. Institut für Wissensmanagement .....</b>	<b>22</b>
3.1. FutureLabs am IWM: Verteilte, heterogene Wissensservices in Clouds .....	22
<b>4. Institut für Grundlagen der Informationsverarbeitung .....</b>	<b>26</b>
4.1. FutureLab am IGI: Entwicklung eines Modells des primären visuellen Cortex .....	26
4.2. Probabilistic Inference for Motion Planning with Subgoals .....	28
4.3. FutureLabs am IGI: Approximate Inference for Policy Search .....	30
<b>5. Institut für Semantische Datenverarbeitung/Knowledge Discovery .....</b>	<b>32</b>
5.1. FutureLab am ISD: Brain-Computer Interfaces (BCIs) .....	32
5.1.1. Allgemeines .....	32
5.1.2. Mobile EEG-Messsysteme für BCI-Anwendungen in der Schlaganfall-Rehabilitation .....	32
5.1.3. Multicore- Rechner zur Entwicklung/zum Evaluieren neuer Algorithmen .....	33
5.1.4. Messcomputer für die Kombination von BCIs mit VR-Systemen .....	34
<b>6. Institut für Maschinelles Sehen und Darstellen .....</b>	<b>35</b>
6.1. FutureLabs am ICG: Visual Computing .....	35
6.1.1. Unbemanntes Flugobjekt "Ascending Technologies Falcon 8" .....	35
6.1.2. Future Volume Graphics .....	37
6.1.3. Panoramic Imaging (Point Grey Ladybug3 spherical video camera) .....	38
<b>7. Institut für Computergrafik und Wissensvisualisierung .....</b>	<b>41</b>
7.1. FutureLabs am CGV: Der Drang zu mehr Interaktivität .....	41
7.1.1. Problemfall Wärmeausbreitung .....	41
7.1.2. Die Multitouch Technologie: Vom Prototypen zum Produkt .....	42

7.1.3. Der Performative Space .....	42
<b>8. Institut für Softwaretechnologie .....</b>	<b>44</b>
8.1. FutureLabs am IST: 3D Drucker .....	44
8.2. FutureLabs am IST: Informationsausbildung mittels pädagogischer Spiele .....	46
8.3. FutureLabs am IST: Robot Learning Lab .....	49
8.3.1. Robuste Intelligente Steuerung von autonomen Robotern.....	49
8.3.2. Roboter zum Spielen von Brettspielen .....	49
8.3.3. RoboCub Fußball .....	50
8.3.4. Such- und Rettungsroboter .....	50
8.3.5. RoboCub Junior .....	51
8.3.6. Publikationen im Rahmen des Robot Learning Lab in 2010 .....	53
8.4. FutureLabs am IST: Softwareengineering .....	54
8.5. FutureLabs am IST: Optimierungsprobleme .....	60

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

## **1.1. FutureLabs am IAIK: Informationssicherheit**

---

**K. C. Posch, Mario Kirschbaum, Stefan Kraxberger, Martin Pirker, Alexander Szekely**

### **1.1.1. Die Forschung am IAIK und die Einbettung von FutureLabs**

Das Projekt FutureLabs läuft am Institut für Angewandte Informationsverarbeitung und Kommunikationstechnologie (IAIK) seit 2008. Dieser Aufsatz beschreibt die erfolgreichen FutureLabs-Aktivitäten im Jahr 2010 und zeigt auch deren Hintergrund, auf welchem diese erfolgen, auf. Die Erfolge werden basierend auf den mittels FutureLabs angeschafften Geräten dargestellt.

Die Forschung am IAIK lässt sich mit dem Begriff „Informationssicherheit“ zusammenfassen. Dieses Thema umfasst ein breites Spektrum an Fragestellungen und erfindet sich immer wieder neu. Äußerst interessant ist dabei nicht nur die rasante technische Entwicklung, sondern vielmehr auch die Wechselwirkung von Mensch, Gesellschaft und Technologie. Unsere Gesellschaft vertraut in zunehmendem Maße technischen Systemen im Alltag. Der Innovationsaspekt der dabei verwendeten Geräte wird zum Großteil durch deren Umgang mit Information bestimmt. Die fortschreitende Miniaturisierung und die damit einhergehende Kostenreduktion von informationstechnischen Systemen ermöglichen immer wieder neuartige Anwendungen. Eine Vorbedingung für die gedeihliche Entwicklung dieses Trends ist die geeignete Berücksichtigung von Sicherheitsaspekten in den technischen Systemen. Das Thema „Informationssicherheit“ gehört deshalb zu den notwendigen Forschungs- und Lehraufgaben einer Universität.

Im Berichtsjahr 2010 betrugen die FutureLabs-Mittel für Investitionen und technische Komponenten etwa € 105.000.-. Damit wurden eine Reihe von Infrastrukturverbesserungen am IAIK vorgenommen, durch welche nicht nur mehrere IAIK-Forschungsgruppen, sondern in wesentlichem Maße auch Studierende in allen Stadien profitieren und auch bereits profitiert haben. Die angeschafften Geräte sind zum Großteil für Spezialzwecke gedacht. Spezialgeräte wurden vor allem für die beiden Gruppen „Sichere und korrekte Systeme“ und „VLSI & Security“ angeschafft. FutureLabs bot für diese beiden Gruppen eine Möglichkeit, die technische Ausstattung mit einer Reihe von neuen Geräten auf den Stand der Technik zu bringen bzw. zu halten. Neue theoretische Arbeiten konnten so mit deren Implementierung in realen Geräten in Korrespondenz gebracht werden, sodass das angestrebte Ziel „Informationssicherheit“ in wesentlichen Facetten abgedeckt werden konnte.

Wir sehen das Projekt FutureLabs am IAIK als Bestandteil des Moduls „E-University“ sowie des Moduls „Hörsaal der Zukunft“. Wir betonen mit den Anschaffungen den Zusammenhang zwischen technologischer Entwicklung einerseits und den emergierenden Gefahren beim Umgang mit den daraus entstehenden Geräten und Systemen. Diesen Zusammenhang machen wir zudem Studierenden in Lehrveranstaltungen klar.



In den nachfolgenden Abschnitten beschreiben wir an Hand einiger Geräte, welche im Berichtsjahr angeschafft wurden, die FutureLabs-Aktivitäten im Detail. Es folgt zunächst die Beschreibung eines Oszilloskops, welches im IMPA-Lab verwendet wird. IMPA steht dabei für Implementierungsattacken. Ein dem Namen nach ähnliches Gerät, wenngleich in seiner Verwendung vollkommen anders, folgt danach. Es handelt sich um ein portables USB2.0-Oszilloskop für ortsungebundene Messaufgaben. Weiters haben wir ein Programmiergerät angeschafft, welches das Bestehende, aber leider zu alt gewordene, ersetzen wird. Mit der programmierbaren Hardware-Plattform basierend auf einem Spartan-3-FPGA sind wir in der Lage, auf zeitgemäßer Technologie Hardware-Entwürfe prototypisch zu testen. Für das Thema „Trusted Cloud Services“ haben wir mehrere Plattformen angeschafft. Mit diesen sind wir in der Lage, der Frage nach der Überprüfbarkeit des Zustandes entfernter Dienste nachzugehen. Für das Thema „Krisenkommunikation“ haben wir ein Software Defined Radio angeschafft. Schließlich interessieren wir uns für Mehrkernprozessorsysteme. Dazu haben wir leistungsstarke Entwicklungssysteme erworben.

### **1.1.2. Hochleistungsozilloskop für Messungen im Bereich der Implementierungsattacken**

Implementierungsattacken (IMPAs) bezeichnen Angriffe auf kryptografische Systeme im Allgemeinen, wo ein Angreifer versucht, geheime Informationen (zum Beispiel einen geheimen Schlüssel) über das System heraus zu finden. Eine Untergruppe der IMPAs stellen Seitenkanalattacken (SCAs) dar, wo ein Angreifer sogenannte Seitenkanäle ausnutzt um geheime Informationen zu akquirieren. Seitenkanalattacken zählen zu den stärksten Attacken auf kryptografische Systeme, da sie relativ einfach und kostengünstig durchzuführen sind und sie selbst kleinste Mengen an Informationen aus den Seitenkanälen für den Angreifer nutzbar machen können. Von Angreifern verwertbare Seitenkanäle können z.B. das Zeitverhalten, der Stromverbrauch oder die elektromagnetische Abstrahlung eines Systems sein.

Der übliche Ablauf einer Seitenkanalattacke beginnt mit dem Aufnehmen von Messdaten, während das attackierte System Daten unter Verwendung des geheimen Schlüssels chiffriert oder dechiffriert. Anschließend werden Teile des geheimen Schlüssels mit Hilfe von statistischen Analysemethoden aus den gemessenen Daten extrahiert. Ein wesentliches Merkmal für die Komplexität einer Attacke ist die Anzahl der benötigten Messungen; diese ist im Wesentlichen abhängig von der Qualität der Messung (Störungen durch umgebende Systeme, Ungenauigkeiten des Messgeräts) sowie vom Aufbau des attackierten Systems (Fehler im Design, implementierte Gegenmaßnahmen). Bei gewöhnlichen, ungeschützten Implementierungen kann die Anzahl der benötigten Messungen zwischen 1 und 200 liegen, wohingegen diese Zahl bei geschützten Implementierungen auf mehrere Millionen ansteigen kann.

Die Forschung und Entwicklung von Gegenmaßnahmen, um Seitenkanalattacken zu erschweren oder gar komplett zu unterbinden, avancierte in den letzten Jahren zu einem weltweit anerkannten und stark umworbenen Thema auf dem Gebiet kryptografischer Systeme. Es zeigte sich allerdings, dass die Entwicklung einer in der Theorie sicher erscheinenden Gegenmaßnahme schon des Öfteren in eine Sackgasse geführt hat. Der Hauptteil in der Entwicklung von Gegenmaßnahmen ist die praktische Untersuchung anhand eines Prototyps.

Um Gegenmaßnahmen und Implementierungen auf dem Stand der Technik mit der notwendigen Präzision erforschen zu können, ist eine entsprechend leistungsfähige Messeinrichtung Voraussetzung. Genau diese strengen Forderungen erfüllt das neue LeCroy WavePro 725Zi Oszilloskop. Es bietet zum Einen (mit einer Bandbreite von 2.5GHz, einer vertikalen Auflösung von bis zu 1mV/Teilstrich und einer Abtastfrequenz von bis zu 40GS/s) die notwendige Genauigkeit um kleinste Signale möglichst rauschfrei aufzunehmen, zum Anderen bietet das neue Oszilloskop (mit einer Speichertiefe von 32 Millionen Datenpunkten pro Kanal, einem Intel Quadcore 3GHz Prozessor und 4 GB Arbeitsspeicher) die entsprechende Hardware im Hintergrund, um selbst eine enorme Anzahl an Messungen in einer akzeptablen Zeitspanne durchzuführen. Umfangreiche Konfigurationsmöglichkeiten (etliche Triggerfunktionen, mathematische Funktionen für alle Kanäle) sowie die Möglichkeit zur direkten Einbindung von beliebigen Datenverarbeitungsalgorithmen (basierend auf MATLAB-Programmen) in die Bedienungs Oberfläche des Gerätes bieten unzählige Einsatzmöglichkeiten des Oszilloskops.

Die hohe Speichertiefe erlaubt einerseits das hochauflösende Messen von längeren Messreihen, wie sie z.B. bei asymmetrischer Kryptografie vorkommen, andererseits erlaubt sie die sogenannte Sequenziertechnik einzusetzen (hierbei wird eine große Anzahl an Messungen aneinander gereiht), was die Messleistung (Anzahl der Messungen pro Stunde) noch weiter signifikant erhöht. Mit der Einrichtung dieses Hochleistungsmess-Setups basierend auf dem neuen LeCroy-Oszilloskop konnten wir bereits einige interessante Forschungsergebnisse in wenigen Tagen erzielen, die mit herkömmlichen Messmethoden einige Monate in Anspruch genommen hätten.

Zusätzliche wurde das Oszilloskop mit hochsensiblen Tastköpfen (für kontaktbehaftete Messungen) sowie mit einem rauscharmen 40dB-EMV-Vorverstärker (für kontaktlose EM-Messungen) ausgestattet, um ein breites Spektrum an Messmethoden für Untersuchungen von kryptografischen Systemen abzudecken.



**Abbildung 1: LeCroy WavePro 725Zi Oszilloskop**

### 1.1.3. Portables USB2.0 Oszilloskop für ortsungebundene Messaufgaben

Im Bereich von Radiofrequenz-Identifikationsgeräten (RFID-Geräten) ist es oft von großem Vorteil, die Funktionalität der Systeme oder auch die Verifikation von Sicherheitsmechanismen im realen Umfeld der jeweiligen Geräte überprüfen zu können. In einer sterilen Laborumgebung können reale Störeinflüsse bei Weitem nicht so genau untersucht und analysiert werden. Unter Anderem für diese Zwecke haben wir ein portables und dennoch leistungsfähiges USB2.0 Oszilloskop angeschafft. Das Gerät ermöglicht unseren Studenten auch außerhalb des Labors präzise Messungen und Analysen durch zu führen.



Abbildung. 2: Portables USB2.0-Oszilloskop

### 1.1.4. High-End -Programmiergerät

Unser vorhandener GALEP-4-Programmierer ist nicht mehr kompatibel zu neuen Betriebssystemen (Windows Vista, Windows 7), es ist kein Support mehr gegeben und es zeigten sich bereits des Öfteren Wackelkontakte im abgenutzten Nullkraftsockel. Der neu angeschaffte GALEP-5D-Programmierer bietet bis zu 240 Pintreiber und einen USB-Anschluss sowie einen Netzwerkanschluss für sämtliche Programmieraufgaben in unserem Labor.



Abbildung 3: Programmiergerät GALEP-5D

### 1.1.5. Spartan-3-FPGA- und USB2.0-Transceiver-Mikromodule mit SDRAM

Die Spartan-3-Mikromodule mit SDRAM bieten die Möglichkeit umfangreiche Hardware-Designs auf einem FPGA zu implementieren und deren Funktionalität unter realen Bedingungen zu testen. So werden die Mikromodule unter anderem zur Erweiterung von RFID-Demonstratoren verwendet. Die RFID-Demonstratoren, deren Funktionalität als Programm im integrierten Mikrokontroller realisiert ist, können nun durch die Mikromodule auch direkt von in Hardware implementierter Funktionalität angesteuert werden. Die Funktionalität reicht von einfachen RFID-Tag-Controllern über kryptographische Co-Prozessoren bis hin zu komplexen eingebetteten Systemen. Die Implementierung auf einem FPGA erlaubt nicht nur eine Überprüfung der Interoperabilität mit echten RFID-Reader-Geräten, sondern beispielsweise auch eine Verifikation der Implementierung in Bezug auf Seitenkanalattacken.

Die Spartan-3-Mikromodule eröffnen neben unseren Forschungsaktivitäten auch viele interessante Möglichkeiten für Projekte im Bereich der Lehre. Die Mikromodule stellen somit auch für unsere Studenten gute Möglichkeiten für den Einstieg sowie für die Weiterbildung in einem breiten Aufgabenspektrum rund um das Thema RFID dar.



Abbildung 4: Spartan-3-FPGA-Mikromodul



Abbildung 5: Das Spartan-3-FPGA-Mikromodul als Erweiterung auf einem RFID-Demonstrator

### **1.1.6. Trusted (Cloud) Services**

Der Themenbereich sichere Rechnerplattformen ist ein zentrales Forschungsanliegen am IAIK. Die Wichtigkeit der Frage nach der Sicherheit des Rechners, vor dem man im Augenblick sitzt, ist für jeden Anwender sofort nachvollziehbar. Mit zunehmender Vernetzung kommt aber der Frage der Überprüfbarkeit des Zustandes entfernter Dienste eine ebenso große Bedeutung zu. Plattformen, die mit Trusted-Computing-Technologien erweitert wurden, erlauben eine genaue Zustandsbestimmung und bieten einen speziell geschützten Speicher für Daten und kryptografische Schlüssel. Die Anschaffung von neuesten Trusted-Computing-Plattformen im Rahmen von FutureLabs ermöglicht es, zukünftige Anwendungsszenarien bereits jetzt prototypisch zu realisieren und die dabei auftretenden Fragestellungen genauer zu untersuchen. Stellvertretend sind im Folgenden zwei Masterarbeiten skizziert, welche diese Trusted- Plattformen und ihre neuartigen Funktionalitäten erproben.

Eine Arbeit beschäftigt sich mit der Frage des Vertrauens in einzelne Rechner einer vernetzten „Cloud“-Infrastruktur. Die Auslagerung von Berechnungen an externe Dienstleister erfordert die Lösung von mehreren Problemen der Datensicherheit. Beispielsweise verhindert nur die richtige Konfiguration der eingesetzten Rechnerplattformen ein einfaches Kopieren oder eine Manipulation der zu verarbeitenden Daten. Die Erweiterung einer bestehenden Cloud-Infrastruktur ermöglicht die Realisierung von Zugriffsbeschränkungen und einer strikt definierten Datenverteilung, welche mit Hilfe von Trusted Computing geschützter kryptografischer Schlüssel und Plattformzustandsbeschreibungen prototypisiert wurde. Das Thema „Trusted Virtual Datacenter“ wird auch in Zukunft ein attraktives Forschungsfeld bleiben.

Ein weiteres Szenario beschäftigte sich mit der Frage, wie ein sicheres (Netz-)Modul für kryptografische Schlüssel und Dienste realisiert werden kann. Derzeit wird der Markt von zwei Ansätzen dominiert: Spezialisierte Hardware-Sicherheitsmodule (HSMs) sind für viele Anwendungen zu teuer. Reine Softwarelösungen sind günstig, bieten aber relativ geringe Datensicherheit. Der am IAIK gewählte Lösungsansatz baut auf einem durch Trusted Computing gesichertem Basissystem auf. Auf diesem läuft ein „trusted“ Softwaresicherheitsmodul. Damit positioniert sich diese Lösung als Kompromiss zweier Welten. Die Umsetzung der Basissicherheit mittels der Hardwareeigenschaften der Plattform schützt kritische Daten vor einer ganzen Klasse von Angriffen. Weiters führt die Implementierung der Kernfunktionen in Software zu einer erhöhten Flexibilität. Diese Arbeit demonstriert ein interessantes neues Kosten-Nutzen-Verhältnis im Bereich Sicherheit.

### **1.1.7. Software Defined Radio für nahtlose Krisenkommunikation**

Eine Forschungsarbeit am IAIK behandelt das Thema sichere und nahtlose Krisenkommunikation. In diesem Bereich wird nach Möglichkeiten gesucht, wie im Falle einer Katastrophe und der damit zusammenhängenden Zerstörung von unmittelbarer Kommunikationstechnologie mit einfachen Mitteln eine funktionierende Infrastruktur für das Krisenmanagement und Einsatzpersonal geschaffen werden kann um die notwendige Hilfe zu koordinieren. In einem solchen Fall benötigt das Einsatzpersonal in erster Linie Informationen über den Einsatzort und in weiterer Folge Informationen über die Personen, denen Hilfe geboten werden soll. Um dies zu ermöglichen, versuchen wir mit Hilfe von



Software Defined Radio (SDR) eine einfache, rasche und billige Lösung zu erforschen, welche Kommunikation über verschiedene Technologien anbietet. Mit SDR kann mittels einfachen Austausches von Softwaremodulen ein SDR-fähiges Endgerät, wie z.B. USRP/USRP2 von Ettus Research, zu einem Anbieter von unterschiedlichen Kommunikationsmöglichkeiten (GSM, WLAN, Bluetooth, Zigbee, TETRA und andere) modifiziert werden. Die SDR-Technologie macht es möglich, die durch das Endgerät empfangenen Nachrichtensignale, welche nur digitalisiert werden, mittels Software der weiteren Signalverarbeitung durch einen Universalrechner zugänglich zu machen.

Im Konkreten versuchen wir zu ermitteln, wie groß der Aufwand ist, eine einfache GSM Base Station anhand den Opensource-Projekten GNURadio, OpenBTS und Asterisk zu ermöglichen. Zusätzlich interessieren wir uns dafür, wie dabei Sicherheitsmethoden eingebunden werden können, um den Datenverkehr zu schützen.

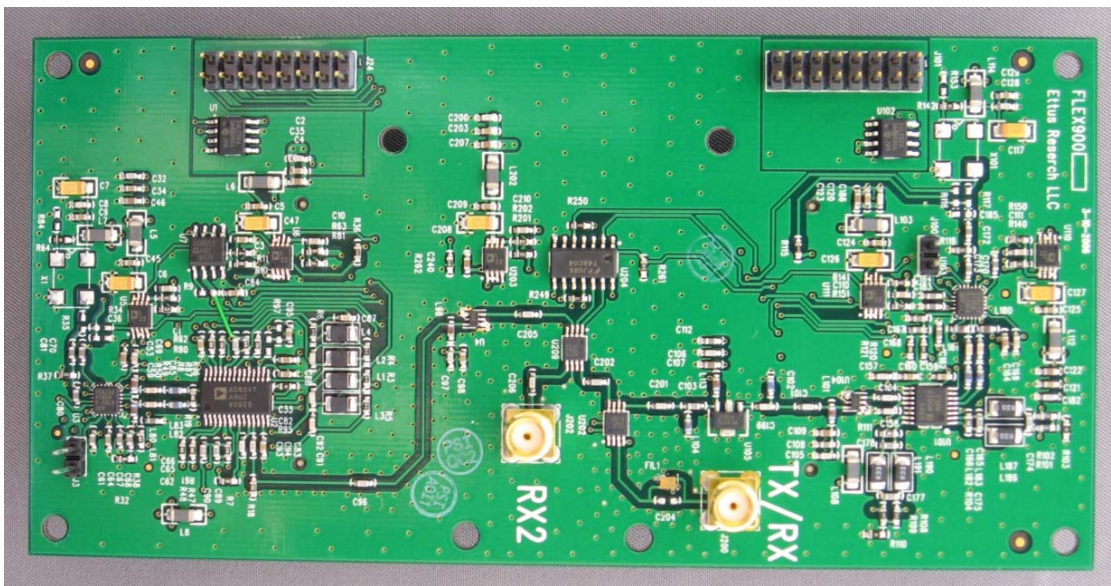


Abbildung 6: Software Defined Radio (USRP/USRP2 von Ettus Research)

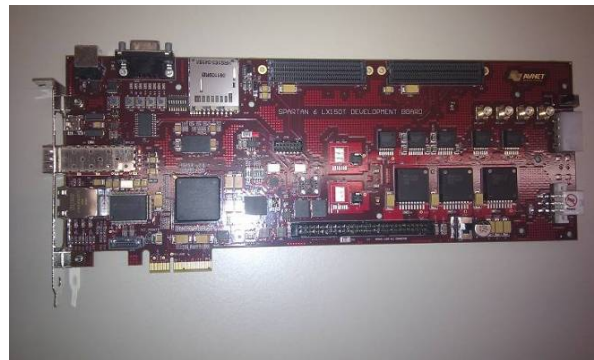
### 1.1.8. Leistungsstarke Entwicklungsboards für die Evaluierung von Mehrkern-Prozessorsystemen

In Zukunft werden immer mehr Prozessorkerne auf einem Chip vereinigt. Bereits jetzt sind solche Prozessoren in PCs zu finden, und auch in Mobiltelefonen kommen sie zunehmend zum Einsatz. Durch die Verbindung mehrere Recheneinheiten auf einem Chip ergeben sich neue Fragen und Möglichkeiten für die Kommunikationssicherheit. Zum Beispiel könnten sicherheitskritische Anwendungen nur auf einem Prozessorkern ausgeführt werden, während alle anderen Programme auf den anderen Kernen abgearbeitet werden. Durch diese Trennung könnten Viren und Schadprogramme nicht auf schützenswerte Daten zugreifen. Auch in sicherheitsrelevanten Chipkarten kommen zunehmend mehrere Prozessorkerne zum Einsatz, um den Schutz gegen Fehlerattacken durch Redundanz zu erhöhen.

Mit Hilfe der neuen FPGA-Boards können diese Technologien erprobt werden. Die FPGAs der Serie Virtex 6 und Spartan 6 sind groß genug um darin Mehrkernprozessorsysteme zu

realisieren. Sie sind daher eine ideale Plattform zur Entwicklung und Erprobung solcher Systeme. Am IAIK werden diese Boards sowohl in Forschungsaktivitäten als auch in der Lehre zum Einsatz kommen. In der Lehrveranstaltung „System-On-Chip Architectures and Modelling“ können die Studierenden daher heuer erstmals den Umgang mit modernen Mehrkernsystemen erlernen.

Zusätzliche bietet die umfangreiche Ausstattung der Boards mit z.B. Flash- und DDR3-Speicher sowie Schnittstellen (Ethernet, USB, PCI Express, DVI) viele Anwendungsmöglichkeiten in der Forschung und der Lehre.



**Abbildung 7: Spartan-6 LX150T Evaluierungs-Board**



**Abbildung 8: Virtex-6 LXT ML605 Evaluierungs-Board**

### **1.1.9. Zusammenfassung**

In diesem Dokument haben wir beispielhaft einige Infrastrukturkomponenten aus FutureLabs beschrieben, welche im Rahmen von FutureLabs angeschafft wurden und am IAIK von verschiedenen Forschungsgruppen verwendet werden. Die Palette zieht sich dabei über mehrere Themen innerhalb der Forschung im Bereich Informationssicherheit.

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

### **2.1. FutureLabs am IICM: Der Hörsaal der Zukunft**

---

**Frank Kappe**

#### **2.1.1. Ausgangssituation**

In den Jahren 2008 und 2009 haben wir im Rahmen des Projektes „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 Second Life entwickelt, begründet durch die technische Ausgereiftheit und Verfügbarkeit zu Projektbeginn. Aufgrund von technischen Einschränkungen beim Streaming von Video, und 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 sind Migrationsaktivitäten auf die OpenSim / realXtend Plattform einer der nächsten wichtigen Schritte. Des Weiteren hat sich gezeigt, dass insbesondere aufwendige Simulationen als auch die Nutzung von „shared applications“ besser durch die Plattform Project Wonderland unterstützt wird. Aus diesem Grund haben wir uns entschlossen, OpenSim / realXtend und Project Wonderland zu unterstützen.

Aufbauend auf den Arbeiten und Services sowie den gewonnen Erfahrungen der vergangenen beiden Jahre sollte die Infrastruktur für den Hörsaal der Zukunft im Jahr 2010 dahingehend weiter ausgebaut werden. Leider konnten wir bedingt durch die Budgetkürzung nicht alle unsere ursprünglich für 2010 geplanten Ziele erreichen.



### 2.1.2. Erweiterungen des Ist-Standes (Second Life Insel „TU Graz“ bzw. für OpenSim Plattform) um eine kollaborative Lernumgebung für Kleingruppen und zwei Betreuer

Zum einen sollte die Lernunterstützung in Second Life um eine virtuelle Lernraumverwaltung (siehe Abbildung 9) und weitere virtuelle Lernräume ausgebaut werden bzw. für die Verwendung unter OpenSim vorbereitet werden. Ziel dieser Lernumgebung ist es, kollaborative Lernaktivitäten von kleinen Studentengruppen zu unterstützen sowie die Betreuung durch die Lehrenden zu ermöglichen. Die Lernumgebung wurde unter der 3D Welt „Second Life“ umgesetzt und ist als ein Teil der Second Life Insel der TU-GRAZ (siehe Abbildung 10) bzw. auf den vom IICM betriebenen OpenSim Servern nutzbar.

House Nr.	Group Name	Students' Information	Avatar Names
A1	Horees	Markus Trockn Konrad Ehren	11245 92341441
A2	Basigruppe	Markus Trockn Tanja Mayer	11245 4294967295
A3	first ever	Thomas Mann (Admin) Mel Bourse	55477656 893783
A4	Franz	Manuela Maak Evi Löffler	93278451 92344
A5	Team01	Konrad Ehren Tanja Mayer	92341441 4294967295
B1	EMPTY		
B2	EMPTY		
B3	EMPTY		
B4	EMPTY		
B5	EMPTY		

Abbildung 9: Virtuelle Lernraum- und Gruppenverwaltung



Abbildung 10: Überblick der erweiterten Lernumgebung

Die Lernumgebung wurde in der 3D Welt in einer Raummetapher umgesetzt und bietet private Lernräume für Studentengruppen (9), einen Lehrerraum für Besprechungen (10) sowie einen öffentlichen Sozialraum mit integrierten Newsfeed (11) (siehe auch Abbildung 14).

Die Gruppenlernräume stellen verbesserte Tools für kollaboratives Lernen zur Verfügung, wie Terminplaner und Präsentationswand (siehe Abbildung 11), Brainstorming-Board und Whiteboard (siehe Abbildung 12), sowie ein Media-Board zum Anzeigen von Web-basierten Medien und zur kollaborativen Dokumenterstellung (siehe Abbildung 13).

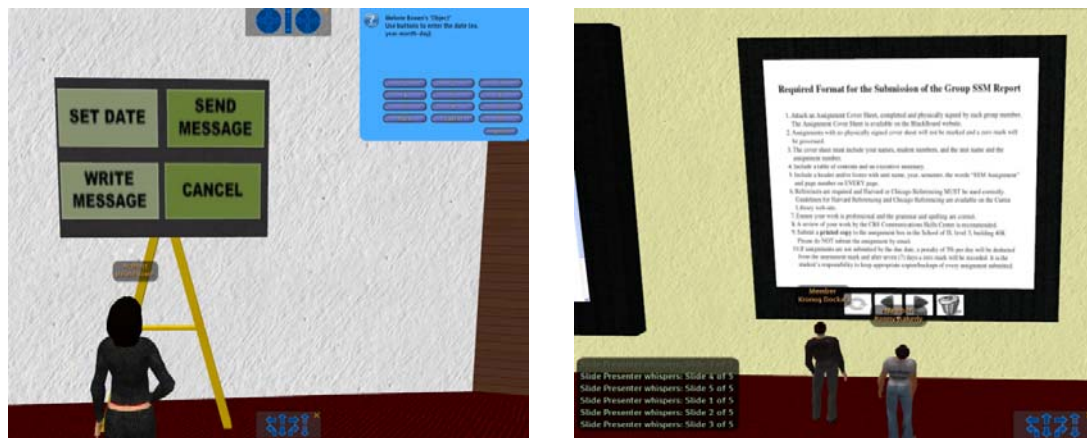


Abbildung 11: Details der Lernräume - Terminplaner (links) und Präsentations-Wand (rechts)



Abbildung 12: Details der Lernräume - Brainstorming Board (links) und Whiteboard (rechts)

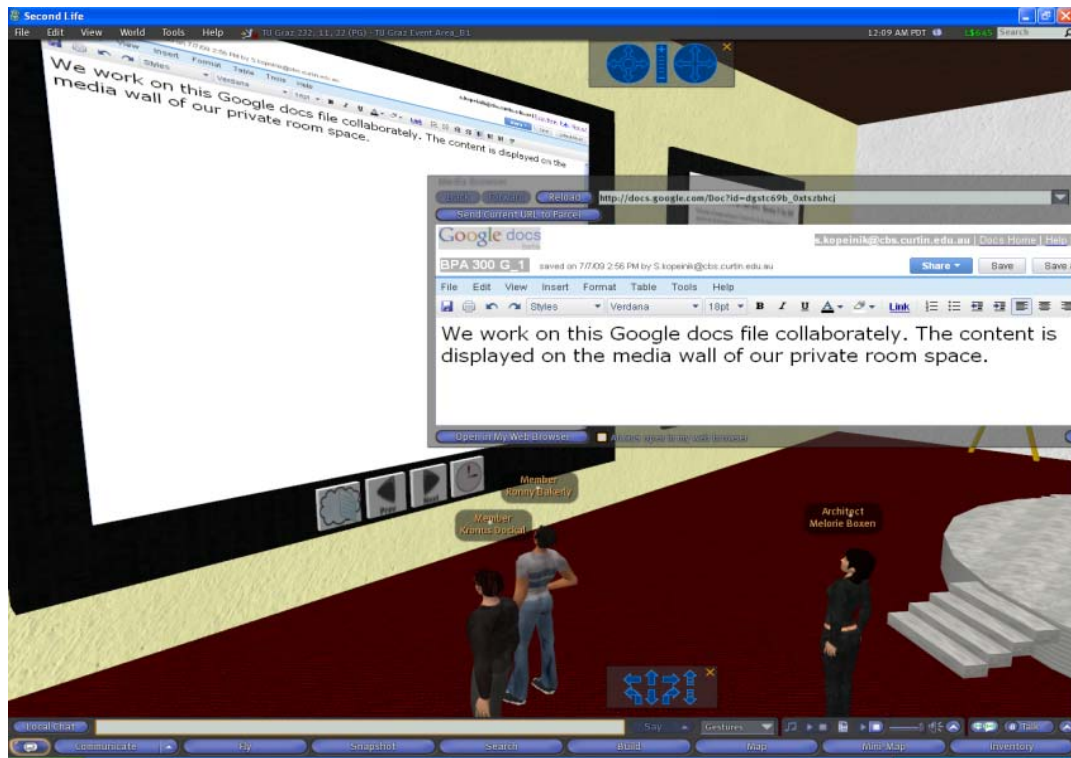


Abbildung 13: Details der Lernräume – Media-Board für kollaborative Dokumenterstellung

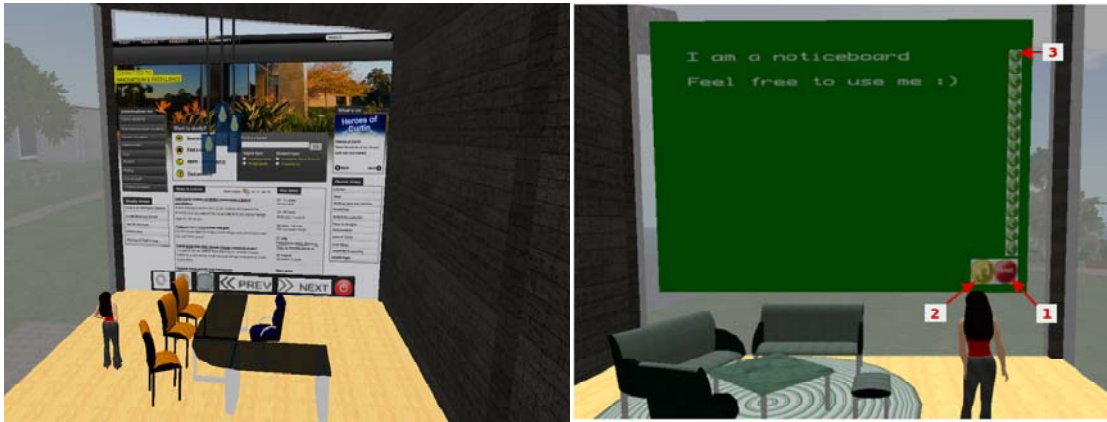


Abbildung 14: Erweiterte Lehrerzimmer

### 2.1.3. Kollaborative Lernumgebung für Kleingruppen unter Nutzung der Project Wonderland Infrastruktur für Verteiltes Projektmanagement und Softwareentwicklung

Ziel dieser zweiten Stoßrichtung war es, auf einer eigenen - durch Futurlab-Mittel angeschafften - Server-Hardware (also unabhängig von einem Betreiber wie Second Life) neben der bereits entwickelten Umgebung für Unterstützung von Kleingruppenlernen auch Training für verteiltes Projektmanagement und Softwareentwicklung umzusetzen. Die Vorteile der Lernumgebung basierend auf Sun Wonderland umfassen die Möglichkeit der Einbindung von Applikationen, die man gemeinsam nutzen kann (Shared Applications), und gute Unterstützung von kollaborativer Dokumenterstellung. Außerdem ist Project Wonderland vollständig in Java implementiert und der Source Code ist verfügbar, wodurch wir die Plattform um eigene Module erweitern können.

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 15 zeigt die Raumaufteilung der virtuellen Trainingsumgebung und die bereitgestellten Tools für den Software-Entwicklungsprozess sowie für den Management Prozess. 16 zeigt die Ausgestaltung des öffentlichen Sozialbereiches, 17 vermittelt einen Eindruck der Ausgestaltung des Raumes zur Unterstützung der Software-Entwicklung, und 8 zeigt den Raum zur Unterstützung von Management-Aktivitäten.

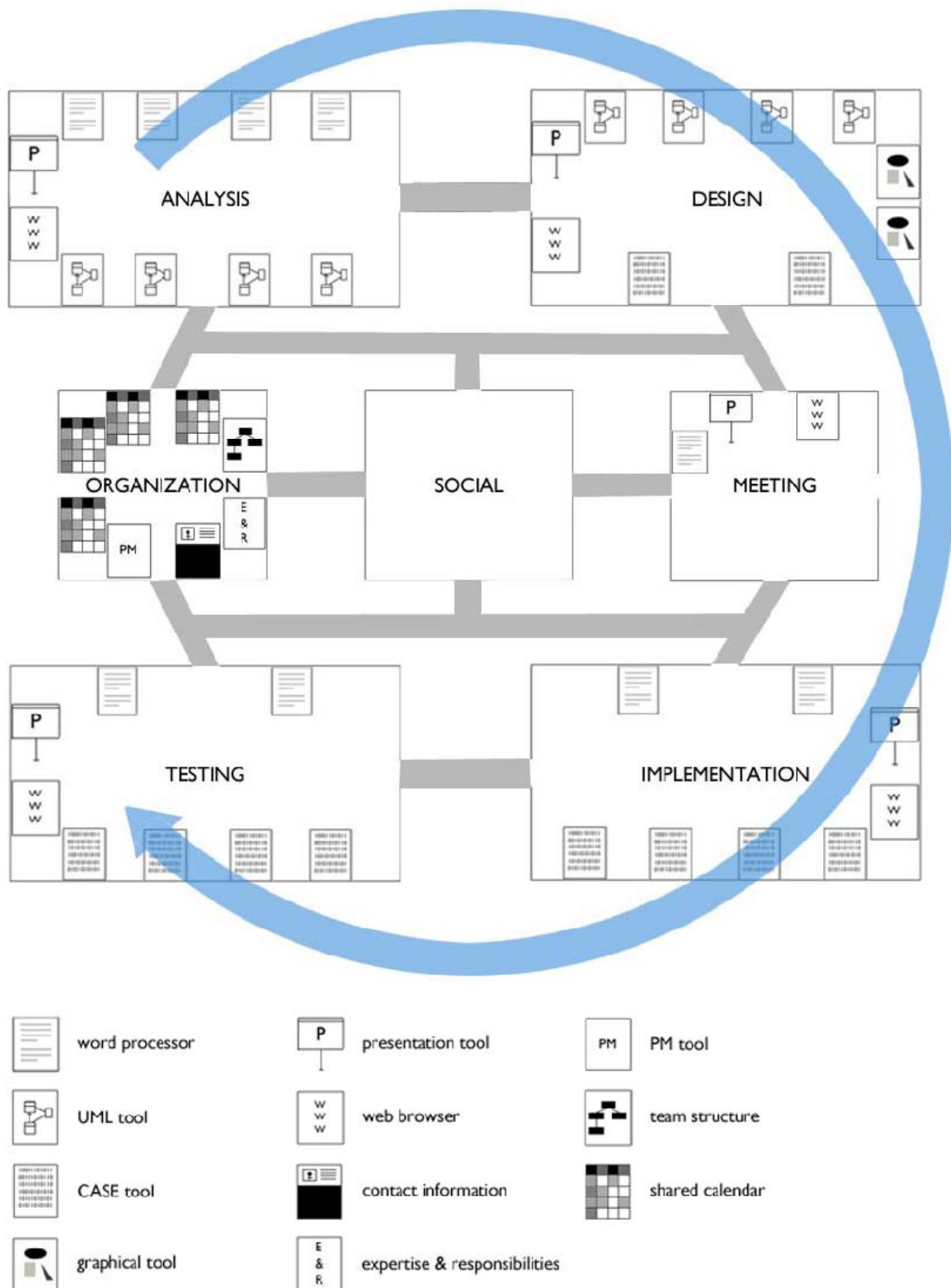


Abbildung 15: Struktur der Lernumgebung





Abbildung 16: Öffentlicher Bereich



Abbildung 17: Software Development Room



Abbildung 18: Organization Room für Management Aktivitäten

## 3. INSTITUT FÜR WISSENSMANAGEMENT

### 3.1. FutureLabs am IWM: Verteilte, heterogene Wissensservices in Clouds

---

Klaus Tochtermann, Stefanie Lindstaedt, Michael Granitzer

Das Institut für Wissensmanagement (IWM) beschäftigt sich mit der intradisziplinären Erforschung von Wissensmanagement-Technologien und Wissensmanagement-Anwendungen. Untersuchungsgegenstand sind Systeme aus IT-basierten Services, die an einem elektronisch und technologisch ausgestatteten Arbeitsplatz für die Wissensarbeit eingesetzt werden. Die Forschungsarbeiten befassen sich mit der technologischen und methodisch-konzeptionellen Entwicklung und Untersuchung von IT-basierten Systemen, die Benutzerinnen und Benutzer dabei unterstützen, unabhängig von Ort und von Zeit und unter Berücksichtigung bisheriger Erfahrungen in der Bearbeitung aktuell anstehender Anforderungen der Wissensarbeit, erfolgreich Ergebnisse zu erzielen.

Wir gehen davon aus, dass zukünftig vernetzte, integrierte Technologien in noch höherer Dichte zur Verfügung stehen werden als dies heute bereits der Fall ist. Endgeräte, darunter auch solche, die heute noch nicht IT-basiert sind, werden ihrer jeweiligen Funktion und ihrem jeweiligen Modus entsprechende Benutzerschnittstellen zur Verfügung stellen, über die auf Services und Daten zugegriffen werden kann. Die Daten und Services werden in Clouds residieren, die so miteinander verbunden sind, dass die Services untereinander Rechenergebnisse, Daten und Metainformationen austauschen können. Die Vernetzung unterschiedlicher Technologien, Services und der Vielzahl an Endgeräten steht jedoch erst am Anfang. Technologien sind Großteils nur unter sehr spezifischen Bedingungen vernetzbar und der Austausch von Informationen zwischen Smart Devices wird kaum oder noch gar nicht unterstützt. Dieses Future-Lab Projekt greift den Aspekt der Vernetzung von Technologien, Services, Algorithmen und nicht zuletzt auch Personen auf, und unterstützt damit Position des IWM im Forschungsbereich der Smart Knowledge Communities.

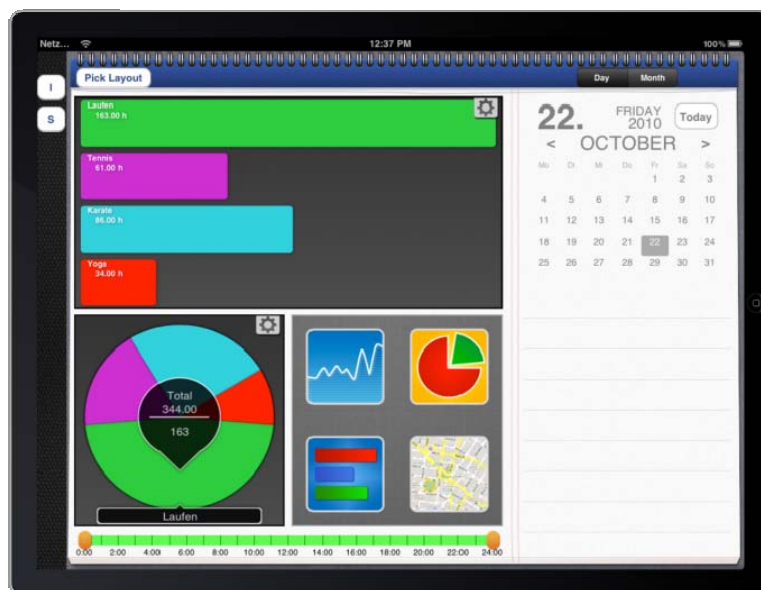
Um die Vernetzung von Wissen aus unterschiedlichen Smart Devices zu ermöglichen, wurden im Rahmen von Future Lab eine Reihe solcher Devices wie z.B. ein interaktives Smartboard für die Unterstützung von Wissensarbeit in Gruppen, Smart Phones zur Nutzung von Wissensservices in Situationen wo die Nutzung von PCs oder Laptops nicht möglich sind, oder aber auch Smart Sensors wie digitale Stifte oder Lifelogging Kameras zur Aufzeichnung des aktuellen Benutzerkontexts angeschafft. Abbildung 19 zeigt einen Teil des Ökosystems aus unterschiedlichen Smart Devices mit dem es dem IWM nun möglich ist, Daten aus unterschiedlichsten Nutzungsbereichen aufzuzeichnen, diese auszuwerten und basierend auf den Ergebnissen Wissensservices, angepasst an die jeweiligen Bedürfnisse für Smart Devices anzubieten.





**Abbildung 19: Smart Devices zur Aufzeichnung des Benutzerkontexts und Verwendung von Wissensservices**

Eine weitere Herausforderung in diesem Zusammenhang ist die Aggregation von Daten aus z.B. Smart Sensors und deren Visualisierung auf mobilen Smart Devices. Im Rahmen des Future Lab Projekts konnte das IWM erstmals Smart Sensors direkt mit Apple Smart Phones und Apple iPads vernetzen und entsprechend den Anforderungen der kleineren Displays aufbereiten. Abbildung 20 zeigt ein Apple iPad, auf dem Daten von unterschiedlichen Quellen direkt aufgezeichnet wurden und diese dann über verschiedene Visualisierungsformen den BenutzerInnen zur Verfügung gestellt werden. Die aufgezeichneten Daten können nun über Wissensservices in der Cloud sehr einfach mit anderen Smart Devices ausgetauscht werden.



**Abbildung 20: Visualisierung von Smart Sensor Daten auf dem Apple iPad**

Online verfügbare Wissensquellen stellen heute hochkomplexe und sehr umfangreiche Inhalte zur Verfügung. Ob Smart-Sensor-Daten oder enzyklopädische Texte, die Semantik solcher Inhalte kann durch automatisierte Verfahren erschlossen werden, wenn entsprechend leistungsfähige IT-Infrastruktur lokal oder in computing clouds zur Verfügung steht. Das IWM konnte unter Verwendung der im FutureLab-Projekt aquirierten IT-Infrastruktur semantische Konzeptnetzwerke aus großen Sammlungen von wissenschaftlichen Publikationen generieren. Abbildung 21 zeigt die visuelle Repräsentation eines Ausschnittes aus einem solchen hunderttausende Konzepte und Beziehungen umfassenden Netzwerk. Die entsprechenden Techniken stehen nunmehr zur Anwendung auf neue Datenquellen zur Verfügung.

Auch die Verknüpfung und Vereinheitlichung heterogener Wissensquellen kann durch aufwändige mathematische Verfahren automatisiert durchgeführt werden. Das IWM war durch die dank FutureLabs verfügbare hochperformante Hardware in der Lage, in jeweils mehrere Tage dauernden Rechenprozessen die Entsprechungen zwischen den beiden größten deutschsprachigen Enzyklopädien und der Wikipedia zu berechnen. Damit wurde eine bisher beispielslose Integration großer enzyklopädischer Wissensbasen auf semantischer Ebene geschaffen. Die Resultate dieser Integration ermöglichen etwa die rasche Disambiguierung von Konzepten oder die umfassende und hochqualitative Vervollständigung von Suchanfragen.

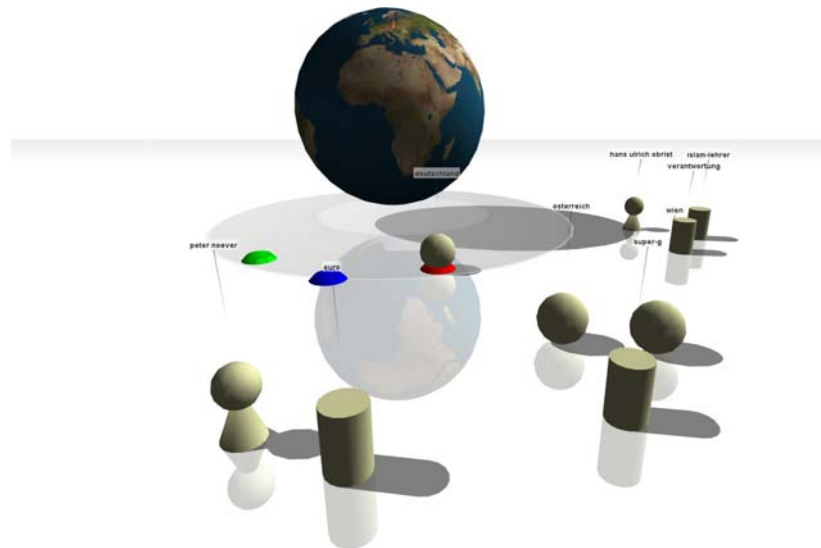


**Abbildung 21: Visuelle Darstellung errechneter semantischer Netzwerke**

Viele der angewandten mathematischen Verfahren liefern abstrakte, den Benutzern nicht unmittelbar zugängliche Resultate. Um einen direkten Nutzen für Benutzer zu generieren ist es erforderlich, die Ergebnisse der Berechnungen visuell aufzubereiten und interaktiv zu präsentieren. Das IWM konnte sich in diesem Bereich dank der durch das FutureLab-Projekt bereitgestellten stereoskopischen 3D-Hardware mit neuen Präsentationsformen beschäftigen, die in naher Zukunft eine bedeutende Rolle im Konsumentenmarkt einnehmen und allgemein verfügbar sein werden. Die Nutzung von Präsentationsformen, die stereoskopische 3D-Grafik verwenden, steht noch am Anfang. Das IWM hat durch die Entwicklung von Bibliotheken und Anbindungen einen Beitrag zur breiten Anwendbarkeit in verschiedenen Programmiersprachen und Betriebssystemen leisten können. Konkret ist dank der Arbeiten am IWM die Nutzung des führenden stereoskopischen 3D-Grafiksystems NVidia 3D Vision nun auch unter Verwendung der Grafiktechnologie OpenGL auf Standard-

Grafikkarten möglich. Entsprechende Resultate wurden der Entwickler-Community nach dem Open-Source-Konzept zugänglich gemacht.

Als Anwendungsszenario für die stereoskopische 3D-Darstellung wurde die Navigation von mit dreidimensionalen Elementen angereicherten Präsentationen gewählt. Die Präsentationen wurden basierend auf den Ergebnissen von Medienanalysen teilautomatisch generiert. Abbildung 22 zeigt ein Beispiel für die Darstellung von Medienanalyse-Resultaten in symbolischer, dreidimensional wiedergegebener Form.



**Abbildung 22: Dreidimensionale Visualisierung von Akteuren in Medienquellen**

## 4. INSTITUT FÜR GRUNDLAGEN DER INFORMATIONSVERRARBEITUNG

Die Mittel aus dem Futurelab 2010 wurden am IGI in erster Linie für die Anschaffung von Hochleistungs-Rechner mit sehr großem Speicher verwendet. Diese Hochleistungs-Rechner (number crunchers) wurden für die Erprobung neuer (noch nicht parallelisierter) Algorithmen und für die Durchführung mittelgroßer Berechnungen zur Vorbereitung von Cluster-Simulationen verwendet. Im Einzelnen wurden diese Hochleistungs-Rechner zur Arbeit an den folgenden Problemen, die den Aktivitäten Robotik sowie Maschinelles Lernen innerhalb des Moduls Intelligente Systeme zuzuordnen sind, eingesetzt.

### 4.1. FutureLab am IGI: Entwicklung eines Modells des primären visuellen Cortex

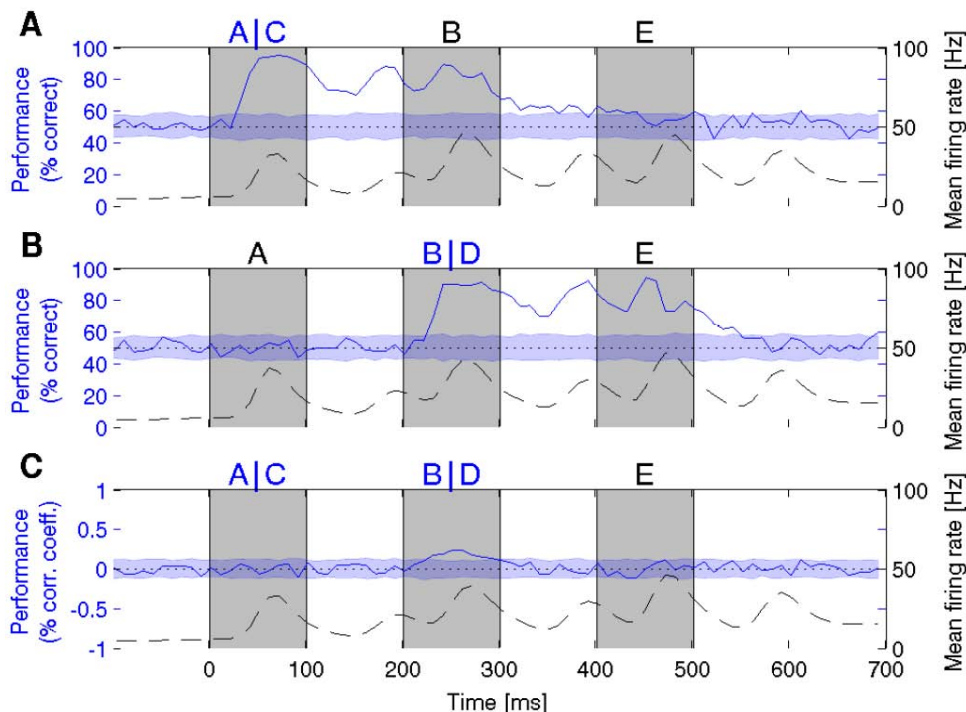
---

**M. Rasch, Klaus Schuch, Stefan Häusler, Wolfgang Maass**

Das Forschungsprojekt mit dem Max-Planck Institut für biologische Kybernetik in Tübingen zur Entwicklung eines detaillierten Computermodells des primären visuellen Kortex (Hirnrinde) wurde abgeschlossen und die Ergebnisse wurden im Journal of Neurophysiology veröffentlicht. Aufgrund der durch die Computersimulationen gewonnen Erkenntnisse kann der Einfluss verschiedener biologischer Größen und Netzwerkkomponenten auf die statistischen Eigenschaften der neuronalen Aktivität im visuellen Kortex von Rhesusaffen besser abgeschätzt werden. Die Hochleistungs-Rechner wurden dazu verwendet, um Cluster-Simulationen für weitere (für den Abschluss der Publikation nötige) Kontroll-experimente vorzubereiten und zu kalibrieren. Durch diese Simulationen wurde der Einfluss bestimmter Modellparameter eines detaillierten Computermodells eines 5x5 mm<sup>2</sup> großen kortikalen Areals (bestehend aus 58000 Neuronen und 4 Millionen Synapsen) auf verschiedene Statistiken der neuronalen Aktivität untersucht. Insbesondere wurden die Mittel aus dem Futurelab 2010 dazu verwendet, um die Auswirkungen von verschiedenen Arten von exzitatorischen Synapsen (AMPA- und NMDA-Rezeptoren) und der im Kortex beobachteten Orientierungsselektivität afferenter Nervenfasern (aus vorgelagerten Hirnarealen) auf die Reaktionseigenschaften kortikaler Neuronen zu analysieren.

Des Weiteren wurde die Arbeit an der Untersuchung der Informationsspeicherung und -verarbeitung eines Computermodells des primären visuellen Kortex der Katze fortgesetzt. Dazu wurde das für Rhesusaffen entwickelte Modell speziellen an die Eigenschaften der Katze angepasst. Ziel dieses Projekts ist es, experimentelle Resultate, welche in Zusammenarbeit mit dem Max-Planck-Institut (MPI) für Hirnforschung in Frankfurt gewonnen wurden und kürzlich in der high-impact Fachzeitschrift *PLoS Biology* veröffentlicht wurden, zu reproduzieren. In diesen Experimenten konnte gezeigt werden, dass bereits in der ersten Verarbeitungsstufe im Kortex visuelle Information über aufeinander folgende Bilder während eines Zeitraums von mehreren 100 ms überlagert wird (siehe

Abb. 23). Diese Ergebnisse geben allgemein Aufschluss über die Organisation von Berechnungen im Gehirn und untermauern insbesondere die vom IGI mitentwickelte Theorie des „liquid computing“. Die Mittel aus dem Futurelab 2009 wurden für Cluster-Simulationen verwendet, welche zeigten, dass das Computermodell die experimentellen Resultate reproduziert. Die Mittel aus dem Futurelab 2010 wurden für Hochleistungs-Rechner verwendet, um weitere Cluster-Simulationen vorzubereiten und zu kalibrieren. Diese Simulationen untersuchten auf den vorherigen Ergebnissen aufbauende Fragestellungen, welche durch heutige technische Mittel experimentell nicht beantwortet werden können. Das Computermodell macht drei konkrete Vorhersagen über die Informationsverarbeitungseigenschaften des primären visuellen Kortex der Katze, welche in zukünftigen Experimenten weiter analysiert und verifiziert werden können. Die Resultate haben daher Einfluss auf den Aufbau und das Design zukünftiger biologischer Experimente.



**Abbildung 23: Zeitlicher Verlauf der Information (blaue Linie) im Modell des primären visuellen Kortex über den ersten (A) und den zweiten (B) Buchstaben in einer Buchstabensequenz. Der blau schattierte Bereich zeigt nicht-signifikante Information an. Keine (vollständige) Information entspricht einem performance-Wert von 50% (100%). (C) Nichtlineare Überlagerung von Information über die ersten zwei Buchstaben in einer Buchstabensequenz. Signifikante performance-Werte (außerhalb des blau schattierten Bereichs) zeigen den Zeitbereich an, währenddessen Information über beiden Buchstaben im visuellen Kortex der Katze nichtlinear überlagert wird.**

## 4.2. Probabilistic Inference for Motion Planning with Subgoals

---

**Elmar Rückert, Gerhard Neumann, Wolfgang Maass**

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Frage, welche Repräsentation einer Bewegung sich besonders gut eignet, um komplexe motorische Aufgaben zu erlernen. Hierzu verwenden wir eine neue Repräsentation, welche eine Bewegung durch eine Sequenz von Subgoals dargestellt. Um die einzelnen Subgoals zu erreichen wird ein Probabilistischer Planungsalgorithmus verwendet.

Probabilistische Inferenz für die Planung der Bewegung von Robotern einzusetzen ist ein sehr neues, viel versprechendes Forschungsgebiet. Das Prinzip hierbei ist leicht intuitiv nachzuvollziehen. Einem beliebigem Inferenz Algorithmus werden die von uns gewünschten „virtuelle zukünftigen Beobachtungen“ übergeben. Der Algorithmus versucht nun die Wahrscheinlichkeit von zukünftigen Zustände und Aktionen zu ermitteln unter der Annahme, dass alle virtuellen Beobachtungen eintreffen werden. Eine virtuelle Beobachtung kann hierbei ein beliebiges Ziel des Agenten darstellen. Ein einfaches Beispiel: Man sieht einen Eiswagen und stellt sich vor, in sehr naher Zukunft ein Eis zu essen. Die Inferenz liefert uns nun die Aktionen die sehr wahrscheinlich sind unter der Annahme, dass diese virtuelle Beobachtung auch eintrifft. In Bezug auf Roboter-Planung beinhalten diese virtuellen Beobachtungen ein gewisses Objekt zu greifen, nicht mit anderen Objekten zu kollidieren oder auch einfach nicht umzufliegen.

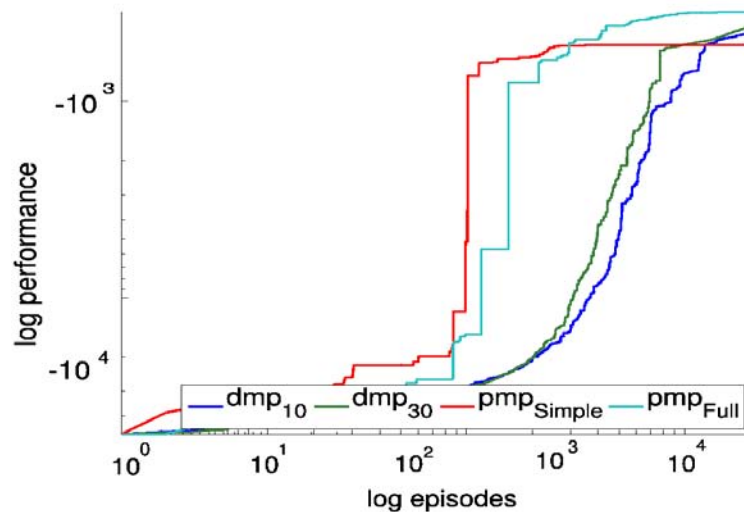
Probabilistische Planungsalgorithmen besitzen viele Vorteile gegenüber traditionellen Methoden. Sie können sich des vollen mathematischen Rahmenwerks der Inferenz und vieler weit-entwickelten Algorithmen bedienen. Für kontinuierliche Probleme, wie die Robotik gibt es eine Vielzahl von ausgereiften approximativen Methoden (z.B. Extended Kalman Filtering), die sich sehr gut für die Planung mit Robotern mit vielen Freiheitsgraden (z.B. Humanoide Roboter) eignen. Ein sehr neuer Algorithmus hierzu ist Approximate Inference Control (AICO), welcher an der Universität Berlin entwickelt wurde.

Der AICO Algorithmus kann lokal sehr gute Lösungen finden, benötigt aber stets eine Ausgangstrajektorie, die dann verbessert werden kann. Deshalb ist es meist nur möglich, nahe liegende Positionen im Zustandsraum direkt mit diesem Algorithmus anzufahren. Ein direktes Planen komplexer Bewegungen ist meist nicht möglich. Daher verwenden wir den AICO Algorithmus, um eine Sequenz von Zwischenpunkten (sogenannte Subgoals) anzufahren. Die Planung der gesamten Bewegung wird daher in 2 Phasen unterteilt, das Planen der Zwischenpunkte und nachfolgend das Planen, um von einem Zwischenpunkt den nächsten zu erreichen. Schon aus nur wenig lokal generierten Lösungen kann meist eine sehr gute Lösung für das Gesamt-Problem generiert werden.

Im Vergleich zu bisherigen parametrisierten Repräsentationen von Bewegungen ist der Subgoal Approach eine sehr effiziente Darstellung einer Bewegung. Da recht komplizierte Trajektorien mit dem Planer dargestellt werden können, kommt die Darstellung der gesamten Bewegung mit sehr wenigen Subgoals und daher wenigen Parametern aus. Dies erleichtert das Erlernen der Gesamtbewegung. Bisherige Methoden verwenden unter anderem eine Superposition von Gaußsche Glockenkurven, um die gewünschte Trajektorie darzustellen. Meist werden hierzu sehr viele Glockenkurven benötigt, um die gewünschte Trajektorie genau genug zu approximieren; daher ist die Anzahl der verwendeten Parameter oft sehr groß.

Ein Vergleich des Lernverlaufs eines state-of-the-art Lernalgorithmuses, welcher einmal die Subgoal Darstellung und einmal die konventionelle Superposition von Gauss-Kurven Darstellung verwendet, ist in Abb. 24 zu sehen. Durch die sehr niedrige Anzahl an Parametern erleichtert der Subgoal Approach das Erlernen einer Bewegung und auch die Performance der erlernten Policy ist besser als bei der Vergleichsmethode. Zusätzlich ist die Lösung des Subgoal approaches leichter zu interpretieren als die Lösung mittels Glockenkurven.

Das Vorhandensein von schnellen Rechenmaschinen ist Voraussetzung um diese Berechnungen durchführen zu können. Die Cruncher-Rechnern, die vom FutureLab finanziert wurden, sind für die Entwicklung dieser Algorithmen essentiell, da auf ihnen sehr schnell neue Einstellungen und Versuche getestet werden können bevor die Berechnung am Cluster gestartet wird. Die Cruncher Rechner ersparen uns hierbei sehr viel Wartezeit, da sie um einiges schneller rechnen als ein einzelner Cluster Knoten. Der Cluster an sich wird meist dazu verwendet, um Statistiken über mehrere Versuche und Parameter-Einstellungen zu machen.



**Abbildung 24: Vergleich zwischen dem Subgoal Approach (PMP) und einer konventionellen Methode (DMP). Der Subgoal Approach wurde mit 2 verschiedenen Repräsentationen getestet (simple und full). Beide Repräsentationen finden um ein bis 2 Dekaden schneller eine gültige Lösung. Auch die End-Performance des Subgoal Ansatzes ist besser als mit dem Konventionellen Ansatz.**



### 4.3. FutureLabs am IGI: Approximate Inference for Policy Search

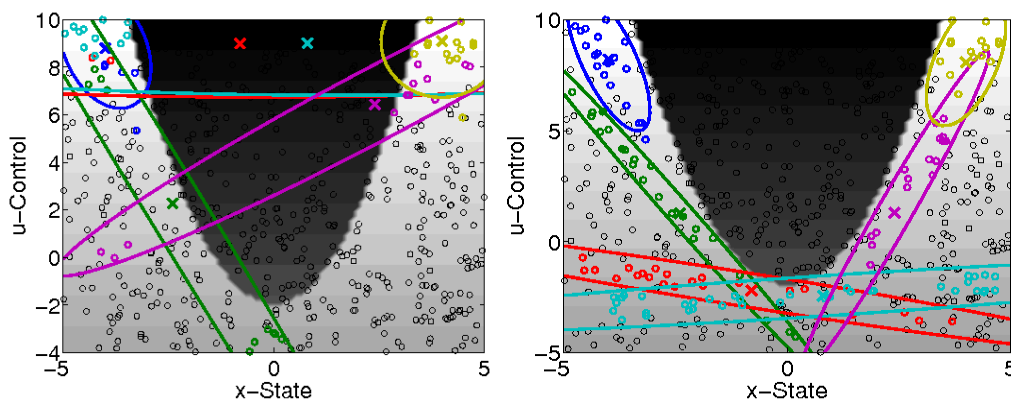
Gerhard Neumann, Wolfgang Maass

In der Robotik wird sehr oft mit parametrisierten Policies gearbeitet. Ein Beispiel hierzu ist der oben beschriebene Subgoal Approach. Meist wird eine sehr einfache Trajektorien-basierte Repräsentation gewählt, die Parameter der Policy beschreiben daher direkt die gewünschte Trajektorie. Diese Trajektorie stellt eine Bewegung von einem Anfangszustand zu einem Endzustand dar. Die Trajektorie ist aber zumeist nur lokal gültig, das heißt, befindet man sich in einem anderen Anfangszustand, kann man der gewünschten Trajektorie oft nicht mehr folgen und man muss eine neue Trajektorie (und daher einen neuen Parameter-Vektor) suchen.

Policy Search Algorithmen beschäftigen sich mit der Suche nach den optimalen Parametern. Leider können die meisten dieser Algorithmen nicht mit verschiedenen Anfangszuständen umgehen. Für jeden Anfangszustand muss die Suche erneut gestartet werden.

Diese Arbeit beschäftigt sich mit einem neuen Algorithmus, der automatisch zwischen verschiedenen Anfangszuständen generalisieren kann; die Suche muss deswegen nicht ständig wiederholt werden. Der Algorithmus basiert auf Variational Inference, eine Approximative Inferenz Methode.

Im Gegensatz zu den meisten anderen Policy Search Algorithmen besitzt der Algorithmus auch mathematische Konvergenzgarantien. Das Fehlerkriterium das bei diesem Algorithmus verwendet wird, erlaubt es auch Samples von verschiedenen Anfangszuständen für die Suche zu verwenden. Daher können alte Samples von schon gesehenen Anfangszuständen wieder verwendet werden, welches die Lernzeit erheblich verkürzt.



**Abbildung 25:** Vergleich zwischen einem konventionellen Lernalgorithmus (links) und Variational Policy Search (rechts). In dieser Illustration gibt es einen Zustand ( $x$ ) in dem der Agent einen Parameter ( $u$ ) wählen muss. Die Helligkeit des Hintergrundes gibt die Performance Funktion an. Die kleinen schwarzen Kreise geben die zur Verfügung gestellten Datenpunkte an, die farbigen Ellipsoide stellen die gefitteten Gaussverteilungen für verschiedene Zustände dar. Der Konventionelle Algorithmus probiert stets eine Verteilung über alle guten Punkte in seiner Umgebung zu erstellen, währenddessen Variational Policy Search gleichzeitig versucht, auch schlechte Punkte aus der gefitteten Verteilung zu exkludieren.



Abb. 25 vergleicht die gefundenen Policies für Variational Policy Search mit einem konventionellen Algorithmus auf einem einfachen Toy-Problem. Das Fehlerkriterium, welches für Variational Inference verwendet wird, erzwingt, dass alle schlechten Beispiele aus der Verteilung exkludiert werden. Variational Inference findet daher viel bessere Lösungen als der konventionelle Algorithmus, da er nicht probiert, über mehrere Maximalpunkte der Performancefunktion zu mitteln sondern sich auf einen Maximalpunkt zu konzentrieren.

Ein Nachteil der Variational Inference Methode ist die größere Rechenzeit. Deshalb eignet sich die vom FutureLab finanzierten Cruncher ausgezeichnet, um diesen Algorithmus zu implementieren, auszutesten und zu erweitern. Die getestete Endversion wird dann wiederum auf dem Cluster ausgeführt, um Statistiken über mehrere Parametereinstellungen zu berechnen.

## **5. INSTITUT FÜR SEMANTISCHE DATENVERARBEITUNG/KNOWLEDGE DISCOVERY**

### **5.1. FutureLab am ISD: BRAIN-COMPUTER INTERFACES (BCIS)**

---

**C. Neuper, C. Brunner, B. Allison**

#### **5.1.1. Allgemeines**

Brain-Computer Interfaces (BCIs) sind Kommunikationssysteme, welche es Benutzern ermöglichen, nur mit Hilfe ihres Gehirns zu kommunizieren (Wolpaw et al., 2002). Aktivität von Muskeln oder peripheren Nerven wird nicht benötigt, weshalb sich diese Technologie unter anderen für Patienten im sogenannten „Locked-In Syndrom“ eignet. Dieses Syndrom kann durch verschiedene Krankheiten verursacht werden und äußert sich darin, dass jegliche Muskelaktivität verloren gegangen ist, obwohl die Gehirntätigkeit noch vollkommen intakt ist.

Das Feld der BCI-Forschung ist stark interdisziplinär und benötigt Kompetenzen in unterschiedlichen Gebieten wie z.B. Neurowissenschaften, Signalverarbeitung, Maschinelles Lernen, Elektrotechnik, Rehabilitationstechnik, Psychologie, usw. Das Institut für Semantische Datenanalyse/Knowledge Discovery ist insbesondere in den technischen Disziplinen tätig. Mit den Mitteln des Future Lab wurden Geräte angeschafft, welche es uns ermöglichen, EEG mit mobilen Verstärkern auch außerhalb unseres Labors aufzuzeichnen sowie VR-Systeme als Feedback zu verwenden. Außerdem konnten wir schnelle Multicore-Rechner beschaffen, um umfangreiche Datenanalysen effizient durchzuführen.

#### **5.1.2. Mobile EEG-Messsysteme für BCI-Anwendungen in der Schlaganfall-Rehabilitation**

Um EEG auch bei Patienten zu Hause messen zu können und somit BCI-Anwendungen zu den Anwendern zu bringen, beschafften wir drei mobile EEG-Verstärker des Typs g.USBamp (g.tec Medical Engineering GmbH) inklusive Zubehör. Diese 16-Kanal-Verstärker können kombiniert werden, um auch Multikanalmessungen durchzuführen. Abbildung 1 (links) zeigt diese drei EEG-Verstärker im Einsatz.

In einer Fallstudie zu diesem Thema untersuchten wir Gangmuster unter verschiedenen Bedingungen bei einem gesunden Probanden, welcher auf einem Gangrehabilitationsroboter (Lokomat) gehen musste (Abbildung 26 rechts). Wir konnten zeigen, dass EEG während dieser Aufgabenstellung zuverlässig gemessen werden kann und sich die Artefakte (durch die Bewegungen) in Grenzen halten. Im Moment werten wir die Daten mit Methoden wie z.B. der Independent Component Analysis (ICA) aus, um Rückschlüsse auf die aktiven Quellen im Gehirn während des Gehens ziehen zu können. Wir konnten außerdem bereits Ergebnisse von Gwin et al. (2011) reproduzieren. Ziel dieser Studie ist es, die bestehende

Therapieform für Schlaganfallpatienten, bei denen die unteren Extremitäten betroffen sind und daher ein normaler Gang nicht mehr möglich ist, zu verbessern.

In einer weiteren Studie wurden die Verstärker benutzt, um Messungen an Schlaganfallpatienten in einer Rehabilitationsklinik durchzuführen. Beispielsweise wurden bei fünf Patienten EEG-Muster während unterschiedlicher Bewegungsvorstellungen aufgezeichnet.



**Abbildung 26: Mobile EEG-Verstärker im Einsatz außerhalb unseres Labors (links). Versuchsperson auf einem Lokomat mit angeschlossenen EEG-Verstärkern (rechts).**

### **5.1.3. Multicore- Rechner zur Entwicklung/zum Evaluieren neuer Algorithmen**

Bevor neue Methoden und Algorithmen in der BCI-Forschung online eingesetzt werden können, sollte man sie offline mit umfangreichen Analysen testen. Dazu benötigt man schnelle Rechner und aufgrund der teilweise sehr großen Datenmengen (im GB-Bereich) sehr viel RAM. Für diesen Zweck kauften wir zwei Server mit folgender Konfiguration (pro Rechner):

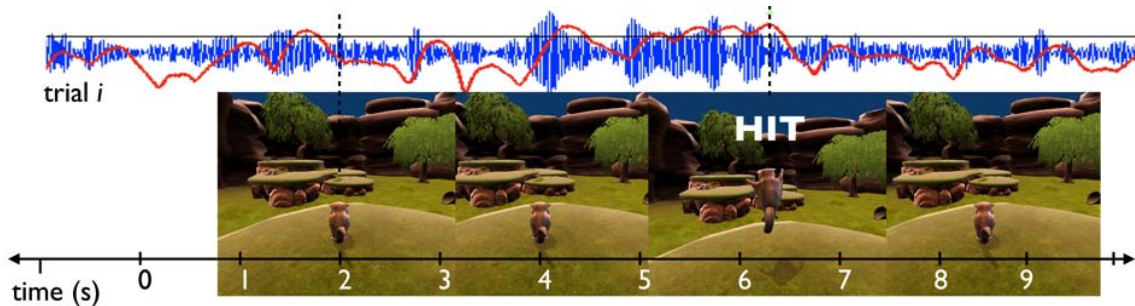
- 2x Intel Xeon E5620 Quad-Core (d.h. insgesamt 8 Cores)
- 48 GB RAM
- 2 TB Festplatte
- 

Daher stehen dem Institut nun insgesamt 16 Cores mit 96 GB RAM zur Verfügung. Ein bereits existierender Fileserver, auf dem die EEG-Daten gespeichert sind, ist mit GBit-LAN angebunden. Die beiden Rechenserver wurden bereits für mehrere Studien eingesetzt, beispielsweise um verschiedene autoregressive Modelle zu optimieren. Außerdem wurden die Rechner bereits zur Zeitreihenanalyse und Modellierung von EEG Signalen benutzt. Zum Beispiel wurde versucht, EEG-Muster, die durch sieben verschiedene Vorstellungen (z.B. Vorstellen von Handbewegungen oder das mentale Durchführen arithmetische Operationen) induziert wurden, mittels der Methode der „Common Spatial Patterns“ und der linearen

Diskriminanzanalyse zu klassifizieren. Ebenfalls wurden Grundlagenuntersuchungen zu Boltzmann-Maschinen, eine spezielle Art von künstlichen neuronalen Netzwerken, gemacht.

#### 5.1.4. Messcomputer für die Kombination von BCIs mit VR-Systemen

Wir führten eine Studie durch, bei der wir ansprechendes Feedback mit einem BCI verbanden. In diesem Experiment war die Aufgabe der Versuchsteilnehmer, die Spielfigur (ein Eichhörnchen) in einer 3D-Umgebung zu steuern. Dazu verwendeten wir das Open-Source-Spiel „Yo Frankie!“ (<http://www.yofrankie.org/>). Mittels BCI konnte man das Eichhörnchen springen lassen. Der prinzipielle Ablauf des Versuchs ist in Abbildung 27 dargestellt. Insgesamt nahmen fünf Personen an dieser Studie teil, wobei eine Person diese Anwendung auf der Grazer Messe „Research 2010“ live demonstrierte (siehe Abbildung 27).



**Abbildung 27: Funktionsprinzip der Spielsteuerung.** Aus dem EEG-Signal (oben, blau) wurde ein gemittelttes Signal berechnet (oben, rot). Sobald dieses Signal eine bestimmte Zeit über einem Schwellwert war, sprang das Eichhörnchen (unten zu sehen).



**Abbildung 28: Versuchsteilnehmerin, die auf der Grazer Messe „Research 2010“ ein 3D-Spiel mittels BCI steuerte (die Spielfigur konnte durch das BCI springen).**

## 6. INSTITUT FÜR MASCHINELLES SEHEN UND DARSTELLEN

### 6.1. FutureLabs am ICG: Visual Computing

---

H. Bischof, G. Reitmayr und D. Schmalstieg

Im Rahmen der Futurelab-Initiative 2010 wurden von Seiten des ICG drei Projekte/Geräte durchgeführt:

1. Unbemanntes Flugobjekt (UAV)
2. Future Volume Graphics
3. Panoramic Imaging

Alle drei Bereiche werden im Folgenden näher beschrieben.

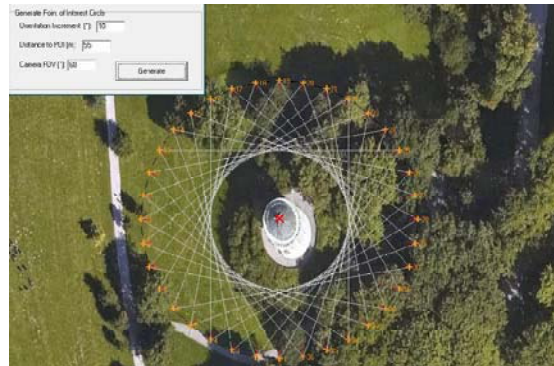
#### 6.1.1. Unbemanntes Flugobjekt "Ascending Technologies Falcon 8"

Teile der Mittel, die von der Initiative Future Lab zur Verfügung gestellt wurden, haben maßgeblich zum Aufbau des Labors für unbemannte Flugobjekte am Institut für maschinelles Sehen und Darstellen beigetragen. Es wurde damit ein Falcon 8 Flugsystem der deutschen Firma Ascending Technologies angeschafft (Lieferung erst im Dezember 2010), das sich besonders für professionelle Luftbildfotografie, sowie zur Inspektion und Dokumentation aus der Luft eignet.



**Abb. 29: Unbemanntes Flugobjekt "Ascending Technologies Falcon 8" (a) mit mobiler Bodenstation (b). Zur Unterstützung bei der Aufnahme wird die Kamera automatisch stabilisiert. An der Bodenstation sind neben dem Auslesen der Telemetriedaten auch Bildvorschau, Zoom und Schwenkung der Kamera möglich.**

Die V-Form des Geräts (Abb. 29a) bietet ein uneingeschränktes Sichtfeld der Kamera, weshalb Aufnahmen nach unten, nach vorne, und nach oben möglich sind. Dank der maximalen Nutzlast von 500 Gramm kann eine professionelle Digitalkamera für bis zu 20 Minuten in der Luft gehalten und sogar automatisch stabilisiert werden. Die Steuerung erfolgt üblicherweise manuell von der Bodenstation aus (Abb. 29b), wird aber durch ein eingebautes GPS-Position-Hold System unterstützt. Zusätzlich ist die Möglichkeit zur Planung von ganzen Missionen mit der Wegpunktplanungssoftware gegeben (Abb. 30).

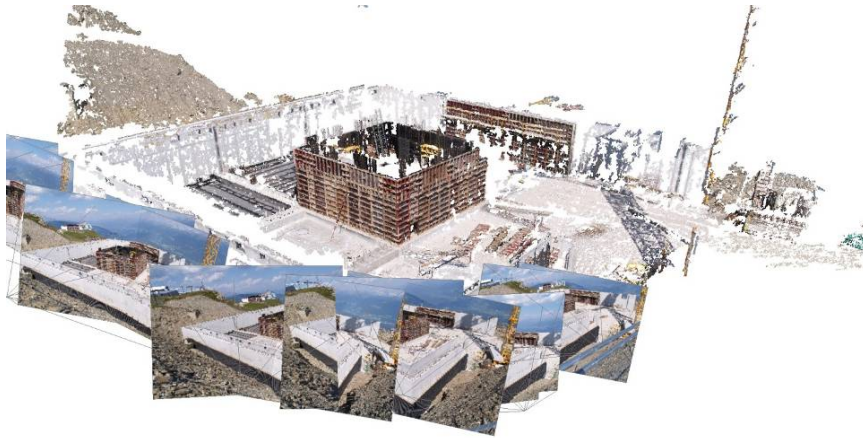


**Abb. 30: Für einfache Strukturen können Wegpunkte bereits mit der mitgelieferten Software geplant und ans Flugsystem gesandt werden. Anschließend werden die Punkte automatisch angeflogen und ein digitales Bild erstellt.**

Als erster Erfolg dieser Anschaffung konnte mit der nun vorhandenen Infrastruktur bereits bei der FFG FIT-IT ein Projekt namens *Construct* an Land gezogen werden. Firmenpartner ist Siemens und das Gesamtvolumen ist ca. € 540.000 Das Ziel des Projekts ist es, ein System zu entwickeln, das die Überwachung und Modellierung von großen Baustellen ermöglicht. Dazu sollen neben existierenden Web-Kameras auch unbemannte Flugobjekte, wie das oben beschriebene System, zur Erzeugung von 3D Modellen in regelmäßigen zeitlichen Abständen eingesetzt werden (Abb. 31). Dadurch können neben einem größeren Gebiet auch gänzlich neue Ansichten erreicht werden.

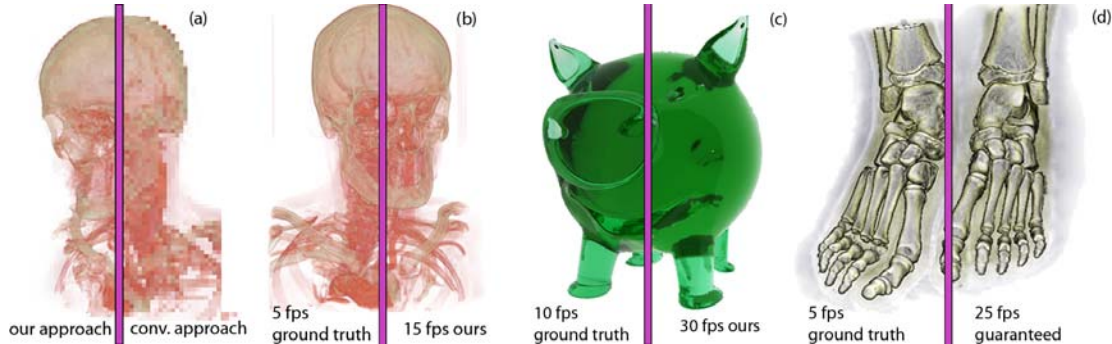
Das Projekt *Construct* wurde bereits am 1. Jänner 2011 gestartet und bietet neben neuen Forschungsgebieten für die TU Graz auch zwei Doktoranden die Möglichkeit zur Weiterführung ihrer Ausbildung. Der Fokus wird dabei neben der 3D Rekonstruktion [Irschara09], S. 40, und der Lokalisierung von Kamerabildern aus der Luft [Wendel10], S. 40, vor allem auf der Registrierung der 3D Modelle über die Zeit liegen. Dazu ist wiederum eine genaue Flugplanung nötig, um möglichst alle Teile einer Baustelle erfassen zu können. Mit Hilfe des flexiblen AscTec Falcon 8 Systems können nun gezielt Algorithmen für diese Aufgaben entwickelt werden, die mit Sicherheit in Zukunft auch für weitere Projektanbahnungen nützlich sind.





**Abb. 31:** Beispiel einer 3D Rekonstruktion im Baustellen-Bereich [Irschara09], S. 40. Während die Bilder hier noch vom Boden aus gemacht wurden, kann durch unser neues Flugsystem ein viel größerer Bereich abgedeckt werden. Weiters können aber auch Aufnahmen aus neuen Perspektiven gemacht werden, die vom Boden aus unmöglich wären.

### 6.1.2. Future Volume Graphics



**Abb. 32**

Drei unterschiedliche Szenarien, die mit unserem experimentellen System aus [Kain11], S. 40, erzeugt wurden. (a) zeigt, wie unser Ansatz die Bilderzeugungsrate bei regulärer Unterabtastung erhöht, wobei die Bildqualität verglichen zu regulärem Undersampling besser ist. (b) zeigt die Erhöhung der Rendergeschwindigkeit bei gleichbleibendem Qualitätslevel. (c) zeigt, dass unser Algorithmus generell einsetzbar ist und auch auf z.B. Ray-tracing mit komplexen Materialien anwendbar ist. Der Qualitätsverlust bei einer vorgegebenen Bilderzeugungsfrequenz ist in (d) dargestellt.

Wie wir in [Kainz09] bereits zeigen konnten, ist Direct Volume Rendering (DVR) einer der vielversprechendsten Ansätze für hochqualitative Visualisierung von medizinischen Volumesätzen der Zukunft. Zur Verarbeitung extrem großer Datensätze haben wir zwei Spezialsysteme bestellt, die in der Lage sind, mehrere Gigabyte große Daten in Echtzeit direkt auf der Grafikhardware zu verarbeiten. Da sich der Verfügbarkeitstermin des ursprünglich geplanten Systems in Österreich unerwartet auf Ende des ersten Quartals 2011

verschoben hat, haben wir äquivalente Systeme bestellt, die auf der gleichen Technologie basieren und in Kürze am Institut zur Verfügung stehen werden. Mit der Vorläuferversion dieser Technologie konnten wir bereits erste Erfahrungen sammeln und zum Beispiel die nötigen Abtastpunkte für 3D Bildsynthese aufgrund von Erkenntnissen aus Studien des menschlichen visuellen Systems gruppieren, um damit eine bestimmte Bilderzeugungsfrequenz ohne wahrnehmbaren Qualitätsverlust zu garantieren. Erste Ergebnisse dieser Experimente wurden in [Kainz11] veröffentlicht.



Abbildung 33: Image-based Rendering eines Benutzers

Des Weiteren wurden die Eigenschaften der neuen Hardwarearchitektur für kohärente bildbasierende Darstellung von realen Objekten verwendet und publiziert [Hauswies11]. Mixed Reality Systeme benötigen häufig die Möglichkeit von mehreren Kamerabildern, neue Blickpunkte zu generieren. Diesen Vorgang nennt man Image-based Rendering (IBR). Die Verfahren für IBR sind hoch komplex und bestehende Grafik-Pipelines wie OpenGL sind dafür kaum geeignet. Durch neuartige Grafikkhardware (Nvidia GTX 480) und dessen Programmiermöglichkeiten war es uns möglich, eine völlig neue Pipeline zu implementieren. Diese verbindet 2 bestehende IBR-Verfahren namens Image-based Visual Hull und Image Warping, um neue Blickpunkte aus 10 Kamerabildern zu generieren. Das performante Verfahren erlaubt diese Blickpunkte in Echtzeit auf einem Full-HD Monitor darzustellen.

Um die volle Rechenleistung der bestellten Remote-Rendering Hardware auszuschöpfen, war der zweite Teil der beantragten Hardware nicht unerheblich. Die bisher bereits erfolgreich zur Erstellung von Videos unserer Bilderzeugungsalgorithmen eingesetzten Ethernetbildübertragungsgeräte (KVM2Ethernet) werden zukünftig für weitere Multi-Frame Rate Rendering (MFR) Algorithmen eingesetzt werden. MFR garantiert niedrige Latenz auf Benutzereingaben, während die tatsächliche Bilderzeugung bedeutend langsamer sein kann. Wir haben eine Netzwerkschnittstelle für ein MFR-System erfolgreich implementiert und konnten mit Installation und Evaluierung beginnen. Zukünftige Arbeiten werden sich unter anderem mit dem Tunneln von Bildinformationen, sowohl von medizinisch volumetrischen Daten als auch rekonstruierter realer Objekte, durch KVM2Ethernet Geräte beschäftigen. Weitere bisher unbekannte, algorithmische Verbesserungen von Bilderzeugungsalgorithmen, wie zum Beispiel Echtzeitberechnungszeitplanung zur optimalen Ausnutzung der Systemressourcen, sind momentan auf Basis der bereits bekannten Hardwarespezifikationen am Ende des Planungsprozesses.

### 6.1.3. Panoramic Imaging (Point Grey Ladybug3 spherical video camera)

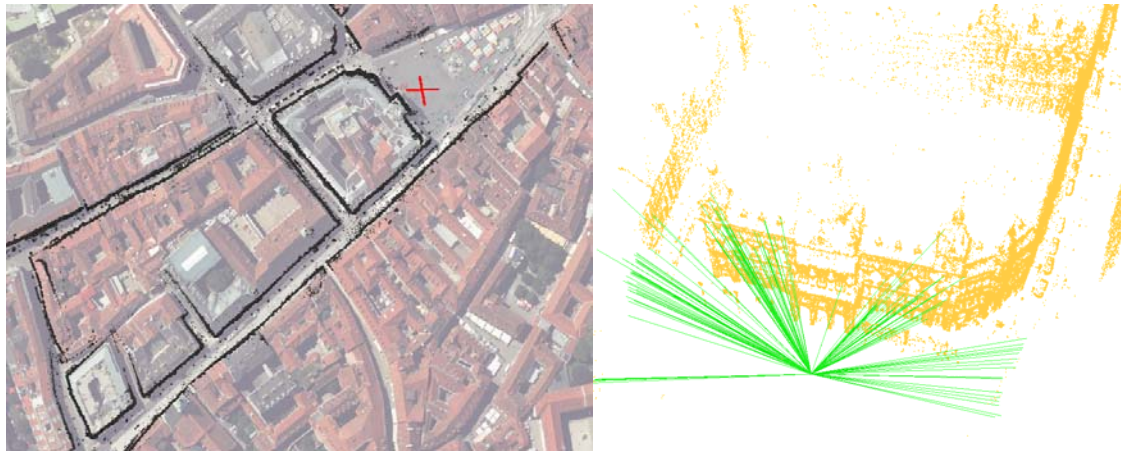
Die Kamera Ladybug3 ermöglicht die Aufnahme von 360° Panorama-Videos. Insgesamt besteht der Kamerakopf aus sechs hochauflösenden Einzelkameras, fünf Kameras für eine Rundumaufnahme und eine Kamera ist nach oben ausgerichtet, damit wird ein Sichtfeld größer als eine Halbkugel (sogar größer als 75%) abgedeckt. Die Kamera selbst ist nur für die Bildaufnahme verantwortlich und muss über FireWire 800 (IEEE-1394b) an einen Computer angeschlossen werden, um Aufnahmen zu speichern. Die mitgelieferte Software ermöglicht das Exportieren und Konvertieren der aufgenommenen Daten in Einzelbilder unter unterschiedlichen Projektionsvarianten.





**Abb. 34: Eine Beispielbild aus einem Panorama-Video, aufgenommen mit der daneben dargestellten Ladybug3 Kamera, exportiert mit der mitgelieferten Software. Im Bild zu sehen ist ebenfalls ein Laptop, auf den die Daten der Kamera übertragen werden und der die Kamera gleichzeitig mit Strom versorgt.**

In [Arth09] haben wir gezeigt, dass bildbasierte Lokalisierung eine viel versprechende Möglichkeit zur Positionierung mobiler AR Geräte ist. Basierend auf einer 3D Rekonstruktion einer Szene werden neue Positionen eines Benutzers berechnet. Abbildung 35 zeigt eine georeferenzierte 3D Rekonstruktion und eine berechnete Position eines Panorama-Bildes. Bildbasierte Lokalisierung ist im Außenbereich etwas anspruchsvoller auf Grund von stark schwankenden Beleuchtungsbedingungen und einer generell dynamischeren Umgebung. Ein interessanter Ansatz, um die bildbasierte Lokalisierung noch robuster zu machen, ist die Erweiterung des Sichtfeldes. Dies kann ein Benutzer zum Beispiel interaktiv durch Aufnahme eines Panoramas mit einer herkömmlichen Kamera machen. Um das Konzept aber testen und evaluieren zu können, ermöglicht uns die Ladybug3 Kamera das einfache Aufnehmen von großen Panorama-Datensätzen.



**Abb. 35: (a) Georeferenzierte 3D Rekonstruktion und eine berechnete Lokalisierung.**

**(b) Visualisierung von gefundenen Punktkorrespondenzen von den Feature Punkten aus dem Ladybug3 Panorama und der 3D Rekonstruktionsdatenbank.**

#### Referenzen

- [Irschara09] A. Irschara, C. Zach, J.M. Frahm, and H. Bischof, "From structure-from-motion point clouds to fast location recognition," In Proceedings of IEEE Conference of Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2009.
- [Wendel 10] A. Wendel, A. Irschara, and H. Bischof, "Natural Landmark-based Monocular Localization for MAVs", In Proceedings of IEEE Conference on Robotics and Automation (ICRA), 2011.
- [Kainz09] Bernhard Kainz, Markus Grabner, Alexander Bornik, Stefan Hauswiesner, Judith Mühl, Dieter Schmalstieg: Efficient Ray Casting of Volumetric Datasets With Polyhedral Boundaries on Manycore GPUs. ACM Trans. Graph., Volume 28 Issue 5 (December 2009), Proceedings of ACM SIGGRAPH Asia 2009, Article No. 152
- [Kainz11] Bernhard Kainz, Markus Steinberger, Stefan Hauswiesner, Rostislav Khlebnikov, Denis Kalkofen, Dieter Schmalstieg: Using Perceptual Features to Prioritize Ray-based Image Generation. I3D '11: ACM Symposium on Interactive 3D Graphics and Games Proceedings
- [Arth09] Clemens Arth, Daniel Wagner, Manfred Klopschitz, Arnold Irschara, Dieter Schmalstieg, "Wide area localization on mobile phones," Mixed and Augmented Reality, International Symposium on Mixed and Augmented Reality, 2009

## 7. INSTITUT FÜR COMPUTERGRAFIK UND WISSENSVISUALISIERUNG

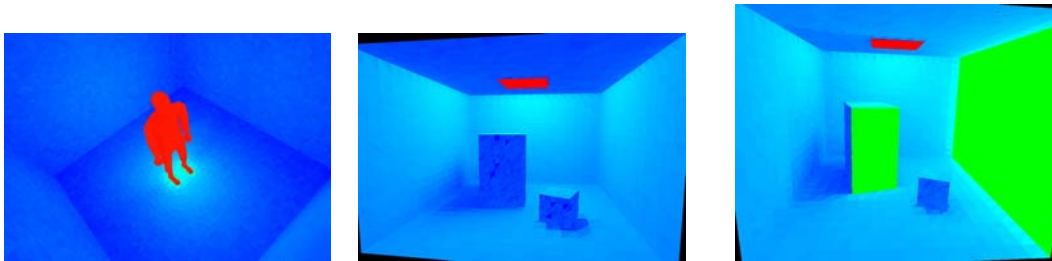
### 7.1. FutureLabs am CGV: Der Drang zu mehr Interaktivität

---

Sven Havemann, Dieter Fellner

Kennzeichnend für die stürmische Entwicklung der Computergrafik in den Jahren seit 2000 ist eine intensive gegenseitige Befruchtung von Hardware und Software. So waren zunächst die 3D-Computerspiele maßgebend für die Kapazitätssprünge immer neuer Grafikkarten-Generationen. Ihre Leistungszunahme liegt sogar über der vom „Moore’schen Gesetz“ vorausgesagten, also der Verdopplung alle 18 Monate. Durch die neue Hardware aber wurden plötzlich neue Verfahren möglich, an die bislang mangels Rechenpower nicht zu denken war. Vieles was bislang „offline“ gerechnet wurde, d.h. man musste Stunden auf das Ergebnis warten, konnte nun in interaktive Anwendungen verpackt werden. Der Benutzer wird damit in die Lage versetzt, komplexe Problemstellungen interaktiv zu erforschen.

#### 7.1.1. Problemfall Wärmeausbreitung



**Abb. 36:** Globale Berechnungen wie die Simulation der Wärmeausbreitung können erst durch massiv parallele Hardware auf komplexeren Geometrien als den gezeigten berechnet werden.

Ein Beispiel für ein solches Problem ist die Ausbreitung von Strahlungswärme. Jede Fläche in einem Raum ist potenzieller Empfänger von ausgesendeten Wärmestrahlen, erhitzt sich dadurch und wird bei genügender Einstrahlung selbst zum Strahler. Das Problem hierbei ist, dass im Prinzip jedes Flächenstück mit jeder anderen Energie austauschen kann. Rechnet man solche Probleme auf der CPU, so kann man nur extrem kleine Szenen interaktiv rechnen (Abb. 36). Erst durch das neue Forschungsgebiet des GPGPU-Computing (general purpose graphics processing unit) entstand eine Nachfrage nach neuer Hardware. Auf den Fermi-Boards von Nvidia etwa werden Chips verbaut, die ursprünglich als GPU entworfen wurden, nun aber für rechenintensive Anwendungen zweckentfremdet werden. Durch die Beschaffung eines Fermi-Clusters wurde für das CGV die Möglichkeit geschaffen, neuartige Algorithmen zur Simulation der Wärmeausbreitung zu entwickeln. Die Herausforderung hierbei ist, dass der Benutzer die Szene interaktiv verändern können soll, um verschiedene Wärmeausbreitungs-Szenarien zu explorieren. Die Positionierung von Heizkörpern oder von Strahlungsbarrieren in Verbindung mit der Sonneneinstrahlung kann zu recht komplexen

Situationen führen. Erst wenn realistische Szenengrößen in Sekunden oder Sekundenbruchteilen gerechnet werden können, statt Minuten oder Stunden auf das Ergebnis zu warten, können genügend viele Designvarianten ausprobiert werden, um die optimale Variante zu finden. Die Benutzerinteraktion ist aus offensichtlichen Gründen unabdingbar, denn der Computer kann die Wärmeausbreitung zwar simulieren, aber nur der Benutzer weiß, ob er sich in der errechneten Situation wohl fühlt. Daher: Je mehr Varianten probiert werden, desto besser ist am Ende das Ergebnis.

### 7.1.2. Die Multitouch Technologie: Vom Prototypen zum Produkt



**Abb. 37: Die IdeaWall ist die professionelle Variante des am Institut entwickelten Multitouch-Tisches, die in Zusammenarbeit mit der Firma Bene zu einem Produkt weiterentwickelt wurde**

Eine höchst spannende Entwicklung nahm der Multitouch-Tisch, dessen erste Varianten in den Jahren 2007 bis 2009 am CGV erforscht wurden. Die Einsatzmöglichkeiten erwiesen sich als so vielfältig, dass sich die österreichische Büromöbel-Firma Bene aus Waldhofen an der Ybbs dazu entschlossen hat, aus dem Prototyp ein Produkt zu entwickeln. Am effizientesten erwies sich dabei die Verbindung von horizontal liegendem Tisch mit einer vertikalen Präsentationsfläche. Am Tisch können von zwei Seiten aus bis zu sechs Personen gemeinsam die Inhalte diskutieren und manipulieren. Wichtiges kann aber auch einer größeren Runde bzw. einem Kunden auf dem vertikalen Schirm mitgeteilt werden. Bei Präsentationsaufgaben dient der horizontal-Tisch zur komfortablen Steuerung, bei Besprechungen können Varianten und Probleme gemeinsam erforscht werden.

Die Vereinbarung mit Bene sieht vor, dass die Tische mit Basis-Software von Fraunhofer Austria ausgeliefert werden, sowie mit einem aktuellen Satz von CGV-Demos. Durch die Proliferation unserer Expertise hoffen wir auf Forschungsprojekte aus der Industrie, wenn durch ein breiteres Einsatzgebiet dieser Technologie neue wissenschaftliche Fragestellungen aufgeworfen werden: Wie macht man komplexe Anwendungen beherrschbar, welche Arten von Gesten funktionieren gut, welche weniger und wie könnte eine neuartige Art gestenbasierter Zeichensprache aussehen, um in möglichst intuitiver Weise zukünftige Computeranwendungen zu steuern.

### 7.1.3. Der Performative Space

Neben der Reifung des bereits Entwickelten muss es an einer technischen Universität natürlich auch stets um die Erforschung des Neuen gehen. Auf Basis der Erfahrungen mit der Multitouch-Technologie ist der nächste Schritt eine weitere Reduzierung der

Voraussetzungen und damit eine Erweiterung der Einsatzmöglichkeiten der Mensch-Maschine Kommunikation. Allein schon aus hygienischen Gründen ist die Multitouch-Technologie im öffentlichen Raum nicht einsetzbar; hier sind berührungslose Verfahren vorzuziehen. Im Unterschied zur Maus, die 2-3 Tasten und ein Mausrad hat, ist die Bewegung eines ausgestreckten Zeigefingers aber durchaus interpretierungsbedürftig. Wann bewegt man die Hand nur, und wann möchte man ein Ereignis auslösen (Mausklick)? Wie flüssig kann ein solches System reagieren, wie vermeidet man zuverlässig das Auslösen ungewollter Ereignisse? Welchen Zusatznutzen kann man aus der errechneten 3D-Position und 3D-Richtung des Zeigefingers ziehen?



**Abb. 38:** In der PerformativeSpace-Ausstellung wurde das berührungslose Navigieren durch den 3D-Raum vorgeführt, eine wegweisende Technik für die Interaktion im public space

Erste Erfahrungen konnten wir mit einem Exponat im Rahmen der Ausstellung „Performative Space“ sammeln, die im Januar 2011 im Austrian Cultural Forum in der österreichischen Botschaft in London stattfand (Abb. 38). Die Ausstellung wurde von unserem Partner ORTLOS Space Engineering geplant und durchgeführt, einem Grazer Architekturbüro. Der Charme dieser Technologie ist, dass sie fast überall eingesetzt werden kann. In der Folge ist beispielsweise eine Installation in einem Schaufenster in einer Geschäftsstrasse geplant. Die Fingerposition und -richtung wird mit Hilfe zweier Kameras und schneller Bildverarbeitungsalgorithmen flüssig berechnet, d.h. mindestens 20-mal pro Sekunde. Allerdings waren dazu einige Rechner-Neubeschaffungen erforderlich, um mit den Möglichkeiten der aktuellen Grafikkarten die rechenintensiven Algorithmen entsprechend zu beschleunigen.



## 8. INSTITUT FÜR SOFTWARETECHNOLOGIE

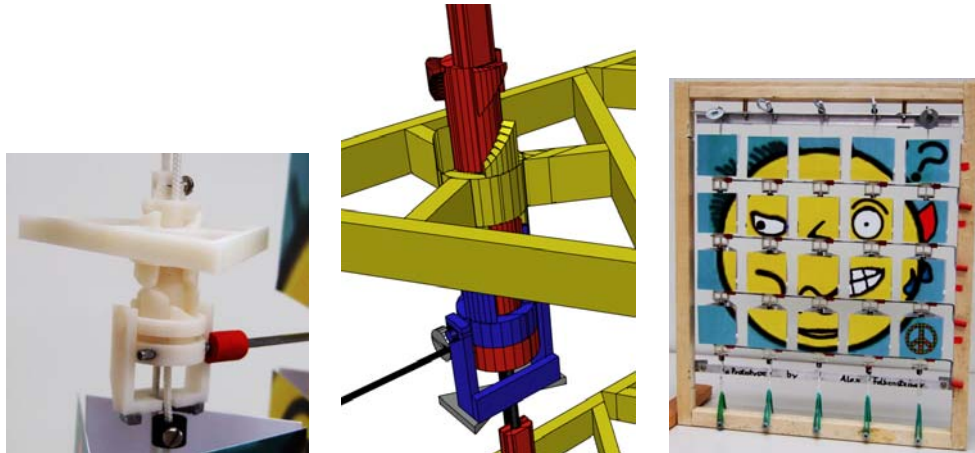
### 8.1. FutureLabs am IST: 3D Drucker

---

**Franz Wotawa**

Aufgrund der steigenden Nachfrage hinsichtlich der Verwendung von 3D-Drucker für die Forschung in der Informatikfakultät wurde 2010 ein 3D-Drucker aus Mitteln des FutureLab angeschafft. Aufgrund der hohen Anschaffungskosten und hinsichtlich der optimalen Verwendung des Geräts wurde der Drucker gemeinsam mit dem Institut für Architektur und Medien der Architekturfakultät angeschafft. Von Seiten der Informatikfakultät wird der Drucker vom Institut für Computergraphik und Wissensvisualisierung, dem Institut für Maschinelles Sehen und Darstellen, und vom Institut für Softwaretechnologie verwendet. Der Drucker steht natürlich allen Instituten der Fakultät zur Verfügung.

Am Institut für Softwaretechnologie wird der Drucker in 2 Fachbereichen eingesetzt. Im Bereich Computational Geometry erleichtert der Ausdruck in 3D die Visualisierung von komplexen Objekten und hilft beim räumlichen Verstehen. Im Bereich Robotics soll der Drucker für die einfache Fertigung von Prototypen aus 3D-Konstruktionszeichnungen eingesetzt werden. Aufgrund der automatisierten und zeiteffektiven Fertigung von Prototypen ist es möglich Varianten von Roboterteilen, wie zum Beispiel Getriebe, schnell zu testen und zu optimieren. Der Entwicklungsaufwand wird reduziert und Ideen können schneller praktisch evaluiert werden.



**Abb 39: Das mechanische Fassadendisplay (Quelle: Sven Havemann, CGV)**

Das Institut für Computergraphik und Wissensvisualisierung hat bereits den 3D-Drucker im Rahmen einer Diplomarbeit einsetzen können. Gegenstand der Arbeit war die Entwicklung eines mechanischen, reflexiven Fassadendisplays. Ein mechanisches reflexives Fassadendisplay hat die angenehme Eigenschaft, dass Energie nur zum Wechsel des Motivs benötigt wird. Anders als herkömmliche aktive Displays, die bei der Bildanzeige in Konkurrenz zum Tageslicht treten, können so preiswert großformatige Fassadenbilder

realisiert werden, die täglich wechseln. Im Rahmen einer Diplomarbeit (Alex Falkensteiner) war die Aufgabe, verschiedene Ideen auszuarbeiten und bis zur Prototypenreife weiterzuentwickeln. Das Ausprobieren und Testen der mechanischen Konzepte war nur möglich durch den 3D-Druck mit verbesserter Präzision (die vom Vorgängermodell nicht geliefert wurde). Es konnte schließlich mit einem proof of concept von 4x5-Pixeln nachgewiesen werden, dass ein solches Display reibungslos und zuverlässig funktioniert und das Konzept auch auf große Bildgrößen skaliert.



## 8.2. FutureLabs am IST: Informationsausbildung mittels pädagogischer Spiele

---

**Wolfgang Slany**

Das Projekt Informatikausbildung mittels pädagogischer Spiele 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 wie 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.

Im Zuge des Projekts wurden in der ersten Hälfte des Jahres insgesamt 11 Prototypen von 119 Studierenden erstellt und mit 24 Kindern auf ihre Benutzerfreundlichkeit für Kinder getestet. Von den Prototypen für mobile Endgeräte hatten acht als Zielsystem Smartphones mit dem Android Betriebssystem von Google, zwei wurden für Nintendo DS Spielkonsolen entwickelt und ein Prototyp für HTML5 (geeignet für eine Vielzahl von Endgeräten, zB auch für iPhones von Apple). Ein Prototyp für Android Mobiltelefone wurde ab Sommer 2010 intensiv weiterentwickelt, siehe Abbildungen weiter unten.

Für unsere Studierenden ging es dabei einerseits darum, Erfahrung mit dem Arbeiten in größeren Softwareentwicklungsteams (10 bis 20 Personen) zu gewinnen und Methoden kennen zu lernen, die Erfolgswahrscheinlichkeit, auch in einem nachhaltigen wirtschaftlichen Sinn solcher Projekte wesentlich zu erhöhen, andererseits um die Aneignung von Kenntnissen speziell über die Programmierung von Mobiltelefonen. Dabei wurden agile Softwarepraktiken wie die testgetriebene Entwicklung angewandt und darüber hinaus die Methoden des Usability Engineerings und User Centered Designs mit diesen agilen Entwicklungsmethoden eng verbunden. Der besondere Challenge dabei war, bei der Entwicklung nicht sich selbst als Anwender vorzustellen, sondern sich stattdessen immer die Interessen und Bedürfnisse von 10 bis 15 jährigen Burschen und Mädchen vorzustellen. Dazu wurden künstliche „Personas“ genannte Charaktere von zwei Kindern, Silvia (11) und

Tobias (14) mit fiktiver Lebensgeschichte und Interessen aber echten Fotos den Entwicklern tagtäglich mehrfach auf verschiedene Art und Weise ins Bewusstsein gerufen (zum Beispiel ihre Konterfeis auf Energy-Drink-Dosen), Mit einer größeren Gruppe der Studierenden wurde ein spezieller Workshop zur Erhöhung der Empathie mit den Kindern beziehungsweise Jugendlichen durchgeführt wurde, um sie als zukünftige Anwender der zu erstellenden Systeme in den Köpfen der Studierenden zu verankern.

Der Prototyp hat mit Ende des Jahres ein Stadium erreicht, welche eine alpha-Level Veröffentlichung möglich machte. Das Echo des Scratch Teams vom Massachusetts Institute of Technology war extrem positiv und ermutigend. Mehrere Prototypen waren zuvor schon im Rahmen eines Besuchs am MIT im Sommer intensiv mit dem dortigen Entwicklungsteam besprochen worden. Das Team der TU Graz ist seither in dauerndem Kontakt mit dem Team am MIT, um Gedanken über die Projekte auszutauschen. Dabei ist das bei uns entwickelte System keine Reimplementierung des Scratch Systems, sondern nimmt auf die neuen Möglichkeiten der mobilen Endgeräte Rücksicht, so sind die heutigen Smartphones typischerweise mit Touchscreens und vielfältigen Sensoren (z.B. Lage- und Beschleunigungssensoren u.ä.) ausgestattet, sowie weiters auf die Einschränkungen, die sich durch die kleinen Handybildschirme und meist fehlenden Tastaturen ergeben. Beispielsweise ist es in der aktuellen Version unseres Systems möglich, direkt am Handy eine Multitouch Piano Applikation zuerst zu programmieren, sie abzuspielen, auf unseren Community Website hochzuladen, als auch für andere diese Applikation von dem Website wieder auf deren Mobiltelefone herunterzuladen.



**Abb. 40:** Das Projekt Catroid an der TU Graz ist eine Adaptation des Scratch Projekts vom M.I.T. für Android Mobiltelefone. Scratch und Catroid erlauben es Kindern, selbst kreativ Computerprogramme auf spielerische Art und Weise „zusammenzubauen“. Weitere Details siehe <http://blog.catroid.org/>.



**Abb. 41:** Catroid erlaubt es Kindern auf sehr einfache Art und Weise, direkt am Handy eigene Programme zu erstellen, zum Beispiel ein Multitouch Piano Projekt, bei dem bis zu vier Tasten gleichzeitig gedrückt werden können.



Abb. 42: Musikvideoanimation programmiert von 11 jährigen Kindern mit Scratch am PC.



Abb. 43 a  
Musikvideoanimation  
programmiert von 11  
jährigen Kindern mit  
Catroid am Handy.



Abb. 43 b  
Typisches Catroid Projekt  
im Programmiermodus am  
Handy.



Abb. 43 c  
Mobile Community  
Webseite [www.catroid.org](http://www.catroid.org),  
auf die Projekte hinauf-  
und herunter-geladen  
werden können.

## **8.3. FutureLabs am IST: Robot Learning Lab**

---

### **G. 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 Futurlab 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 Anwendungsszenarios zulässt. Mit den gegenständlichen Mitteln wurden zum einen Roboter und Sensoren ersetzt, deren Lebenszeit überschritten ist und zum anderen neue Roboter angeschafft bzw. gebaut. 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.

Zusätzlich zur Lehre und Forschung auf der Universitätsebene koordiniert RoboCupJunior Aktivitäten, um Lehrer und Schüler bei der Umsetzung von Robotikprojekten und –unterricht zu unterstützen.

Die Forschungs- und Lehraktivitäten des Robot Learning Lab lassen sich grob in fünf Teilbereiche gliedern.

### **8.3.1. 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 und der Wahrnehmung korrekt sind. Ein System (z.B. ein Roboter), das diese Probleme nicht automatisch erkennt, wird mit der Ausführung einer Aufgabe in der realen nicht-deterministischen Welt scheitern [2], S. 53.

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. Um das entwickelte Ausführungsmonitoring experimentell evaluieren zu können (Liefer-Roboter-Szenario am Institut), wurden die bestehenden mobilen Roboter mit neuen Kameras und Rechnern ausgestattet. Diese aufgewerteten Roboter stehen auch für die Lehre zur Verfügung. Eine erste Formalisierung der Problemdomäne wurde in [7], S. 53, veröffentlicht.

### **8.3.2. 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. Ziel des Spieles ist es, Zug um Zug eine Pyramide aus Kugeln zu bauen. Der Sieger ist derjenige Spieler, der die letzte Kugel auf die Pyramide setzt. Da unter gewissen Umständen Kugeln auch wieder entfernt werden können, entsteht ein sehr komplexer Zustandsraum, der das Spiel theoretisch sehr interessant macht. Das Projekt ist aus zwei Gründen spannend. Zum einen erweitert es

Brettspiele, die man gegen einen künstlichen Gegner spielen kann (üblicherweise am Computer) auf ein reales Spielbrett und der Roboter kann als Smart Physical Artificial Companion gesehen werden. Zum anderen erlaubt das Projekt zwei interessante Disziplinen, Robotik und Spieltheorie, zusammen zu bringen. Im Projekt kooperiert das Robot Learning Lab mit Kollegen mit Spieltheoriehintergrund vom Institut für Softwaretechnologie. Der erste Prototyp wurde in [8], S. 53, veröffentlicht. Um das Projekt weiter entwickeln zu können, die Flexibilität zu erhöhen und verschiedenste Brettspiele (z.B. Mühle oder Dame) spielen zu können wird das Projekt momentan auf den autonomen mobilen Roboter Nao portiert. Zu diesem Zwecke wurde der humanoide Roboter des Lab mit Future Lab Mitteln mit aktuierten Fingern ausgerüstet. Dieser Roboter steht damit auch für andere Projekte und für die Lehre zur Verfügung. Hier ist ein gemeinsamer weiterführender FWF-Projekt-Antrag für das erste Quartal 2011 in Arbeit.

### **8.3.3. RoboCub Fußball**

Der RoboCup mit seinen Fußball-Robotern ist nach wie vor ein zentrales Thema für Lehre und Forschung. Speziell die Roboter des Middle-Size Teams sind hier interessant, da sie eine interdisziplinäre Zusammenarbeit von verschiedenen Bereichen vom Maschinenbau, über Elektrotechnik bis zur Informatik erfordern. In der Lehre zu den Themen Robotik, Informatik, Softwareentwicklung und vielen anderen hat sich dieser projekt-basierte Ansatz sehr gut bewährt. Da die Roboter des Teams noch aus dem Jahre 2005 stammen und bereits eine Reihe von Einsätzen bei internationalen Meisterschaften und in der Lehre absolviert haben, war es an der Zeit, eine neue Generation von Robotern zu entwickeln. Mit den Future Lab Mitteln wurde ein Prototyp eines zeitgemäßen Roboter entwickelt und gebaut. Neben technischen Detailverbesserungen wurde die sensorische (z.B. zusätzliche Kameras) und rechentechnische Performance erhöht. Wichtig war, dass das neue Konzept mehr Zugriff auf interne Daten und Messwerte des Roboters erlaubt und so die Grundlage für weitere Forschungen im Bereich Diagnose und Rekonfiguration von autonomen Robotern bildet. Eine Möglichkeit zur Steigerung der Robustheit von Roboterfahrwerken wurde unter [1], S. 53, publiziert.

### **8.3.4. Such- und Rettungsroboter**

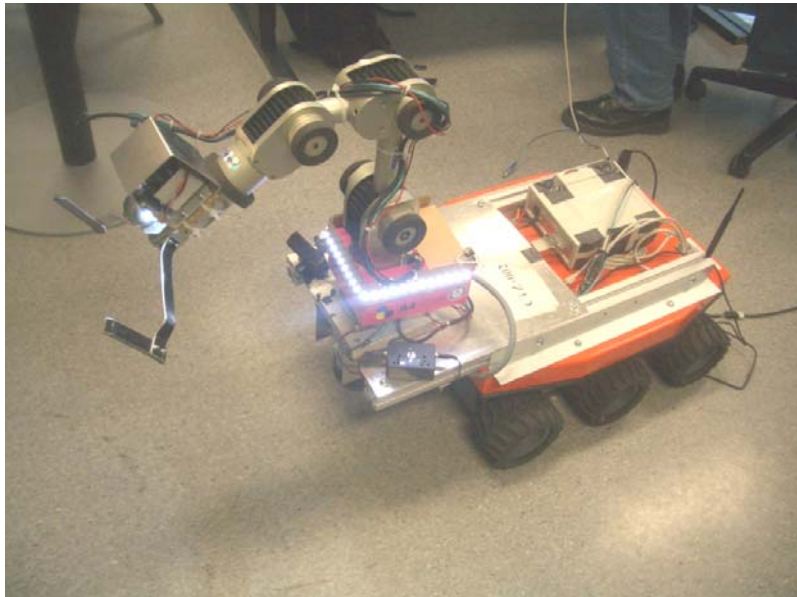
Der Einsatz von semi-autonomen und teleoperierten mobilen Robotern bei der Aufarbeitung von Katastrophen (z.B. Erdbeben, Unfälle, Brände) erscheint momentan kurzfristig als eines der realistischen Einsatzszenarien. Das Robot Learning Lab hat hier bereits einige Erfahrung, im speziellen auf internationaler Ebene durch die Kooperation mit RoboCup Rescue und lokal durch das Aufarbeiten von Anforderungen von Einsatzkräften (z.B. Berufsfeuerwehr Graz). Ziel ist es, diesen Bereich der Forschung in den nächsten Monaten und Jahren zu intensivieren. Zu diesem Zweck wurde mit den Future Lab Mitteln ein robuster Outdoor-Roboter angeschafft und zu einem Prototypen eines Such- und Bergeroboter ausgebaut. Dieser Roboter wurde bereits erfolgreich in der Lehre eingesetzt. Als mittelfristiges Ziel ist hier auch der Aufbau eines konkurrenzfähigen Studierenden Team für die Teilnahme am RoboCup Rescue geplant. Im Zuge dieses Themenbereiches wurden zusammen mit der Universität Freiburg ein Integrated Project für den FP7 Security Call sowie mit der Universität Maribor ein EU-finanziertes Cross-Border Projekt eingereicht. Die Entscheidungen über diese Anträge stehen noch aus.

### 8.3.5. RoboCup Junior

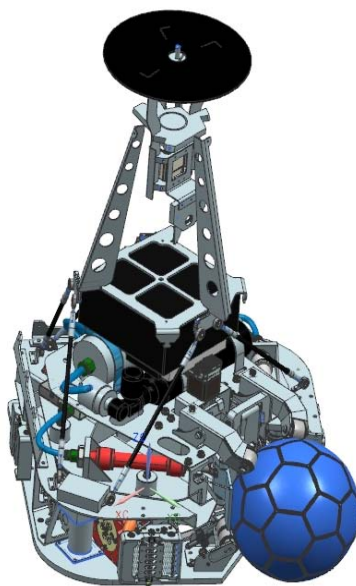
Mit dem RoboCupJunior Projekt unterstützt das Robot Learning Lab Schulen, Lehrer und Schüler bei der Gestaltung eines modernen und motivierenden Unterricht in den naturwissenschaftlichen Fächern. Ziel ist es, die jungen Menschen für Forschung und Naturwissenschaften zu begeistern und die Ausbildung in diesem Bereich zu verbessern. Zu diesem Zweck unterhält das Lab einen Pool von Ausbildungsroboten (größtenteils Lego Mindstorm NXT) und bietet interessierten Lehrer und Schülern Robotikkurse und offene Übungstage im Lab an. Um einen reibungslosen Betrieb zu ermöglichen, wurden Future Lab Mittel verwendet um zusätzliche Robotersets zu beschaffen beziehungsweise defekte oder verlorene Teile zu ersetzen. Zusätzlich begleitet das Lab steirische Schulteams bei der Teilnahme an RoboCupJunior Wettbewerben. International arbeitet das Lab auch an Konzepten für Educational Robotics [5,9], S. 53.



**Abbildung 44: Autonomer Roboter spielt Brettspiel Pylos**



**Abbildung 45: Rescue Roboter basierend auf der ForBot Plattform**



**Abbildung 46: Prototyp RoboCup Soccer Robot**



### 8.3.6. Publikationen im Rahmen des Robot Learning Lab in 2010

1. Hofbaur, M.; Brandstötter, M.; Schörghuber, C.; Steinbauer, G.: On-line kinematics reasoning for reconfigurable robot drives. - in: International Conference on Robotics and Automation (ICRA); 2010
2. Ferrein, A.; Siebl, N.; Steinbauer, G.: Hybrid control for autonomous systems - Integrating learning, deliberation and reactive control. - in: Robotics and Autonomous Systems 58 (2010) 9, S. 1037 - 1038
3. Niemüller, T.; Ferrein, A.; Eckel, G.; Pirro, D.; Kellner, T.; Podbregar, P.; Rath, C.; Steinbauer, G.: Providing Ground-Truth Data for the Nao Robot Platform. - in: RoboCup International Symposium (2010)
4. Ferrein, A.; Steinbauer, G.: On the Way to High-Level Programming for Resource-Limited Embedded Systems with Golog. - in: Simulation, Modeling, and Programming for Autonomous Robots (2010)
5. Hofmann, A.; Steinbauer, G.: The Regional Center Concept for RoboCupJunior in Austria. - in: Robotics in Education. (2010)
6. Gspandl, S.; Reip, M.; Steinbauer, G.; Wotawa, F.: From Sketch to Plan. - in: International Workshop on Qualitative Reasoning ; (2010)
7. Steinbauer, G.; Wotawa, F.: On the Way to Automated Belief Repair for Autonomous Robots. - in: International Workshop on Principles of Diagnosis ; 21 (2010)
8. Aichholzer, O.; Detassis, D.; Hackl, T.; Steinbauer, G.; Thonhauser, J.: Playing Pylos with an Autonomous Robot. - in: International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS); (2010)
9. Bredenfeld, A.; Hofmann, A.; Steinbauer, G.: Robotics in Education Initiatives in Europe - Status, Shortcomings and Open Questions. - in: Teaching Robotics-Teaching with Robotics Workshop @ SIMPAR. (2010)

## 8.4. FutureLabs am IST: Softwareengineering

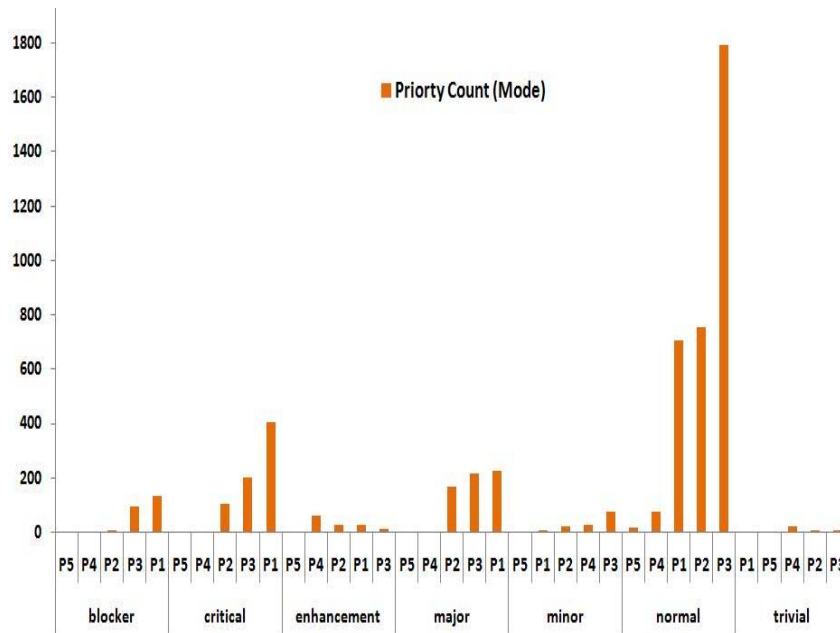
---

**Franz Wotawa**

Das Institut für Softwaretechnologie forscht im Bereich Softwareengineering in den Teilbereichen Softwaretesten, Debugging und empirische Softwareanalyse. Im Softwaretesten steht vor allem der automatisierte Softwaretest und dort, Modellbasiertes Testen im Vordergrund. Ziel hierbei ist es, ausgehend von einem Modell (einer Spezifikation) Tests zu generieren. Im Teilgebiet Debugging beschäftigen sich Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Instituts mit der automatisierten Fehlerlokalisierung in Programmen. Hier setzen wir einerseits Werkzeuge ein, die Daten- und Kontrollabhängigkeiten von Programmen verwenden, und andererseits Modelle, die direkt den Source Code in Form von Constraints oder logischen Formeln repräsentieren. Im letztern Fall ist die Fehlersuche NP-vollständig, wenn man die Komplexität des analysierten Programms nicht berücksichtigt. In der empirischen Softwareentwicklung fokussieren wir auf die Extraktion von Wissen über Fehleranfälligkeit von Programmteilen und Fehlerhäufigkeiten von Programmdateien aus vorhandenen Datenbanken von verwendeten Versionsmanagementwerkzeugen und Bugdatenbanken. Dieses Wissen kann verwendet werden, um die Fehlerhäufigkeit in geänderten Dateien und Programmteilen festzustellen, oder um neue Fehlerberichte geeigneten Programmierern zuzuordnen.

Die Mittel aus FutureLab werden hier für die Anschaffung von Arbeitsplatzrechnern für Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter und weiterer Basisinfrastruktur (Server, Software,...) verwendet. Die Bereitstellung schneller Arbeitsplatzrechner mit großem Hauptspeicher ist aufgrund der Komplexität der Aufgabenstellungen und der entwickelten Algorithmen von großer Wichtigkeit. Andernfalls würde dies zu Verzögerungen in der Forschungsleistung führen, da es länger dauern würde empirische Resultate zu erheben. Des Weiteren sei darauf hingewiesen, dass die anfallenden Daten ebenfalls gesichert werden müssen und dass wir im Rahmen des Instituts auch ausländische Doktoratsstudenten beschäftigen, die Stipendien erhalten, wo aber keine Gerätekosten abgedeckt werden. Das gleiche gilt auch für Masterstudenten, die im Rahmen von Projekten und Abschlussarbeiten im Gebiet Softwareengineering durch Implementierungsarbeiten unsere Forschung unterstützen.

In der weiteren Folge beschreiben wir zwei Forschungsaktivitäten mit Resultaten, die 2010 publiziert wurden. Wir beginnen mit dem Teilbereich Empirische Softwareentwicklung und berichten von Resultaten bei der Analyse der Daten aus dem Open Source System (OSS) Mozilla. Die Extraktion der Daten ist trotz Verwendung von Datenbanken zur Speicherung von Fehlerberichten und den Versionen samt Änderungen nicht einfach, da einerseits keine Aufzeichnungen von Entwickleraufwänden im Mozilla-Projekt vorhanden sind und andererseits die Zuordnung von Fehlerberichten zu den Fehlerkorrekturen nicht immer zuverlässig ist. Beide Herausforderungen müssen hier entsprechend abgedeckt werden. Dabei wurde die Zuordnung von Änderungen von Fehlerberichten bereits vor mehreren



**Abbildung 47: Verteilung der Fehler in Mozilla hinsichtlich deren Wichtigkeit**

Jahren hinreichend genau abgehandelt. Die Extraktion von Entwickleraufwänden hingegen aus den OSS-Daten wurde bisher nicht behandelt.

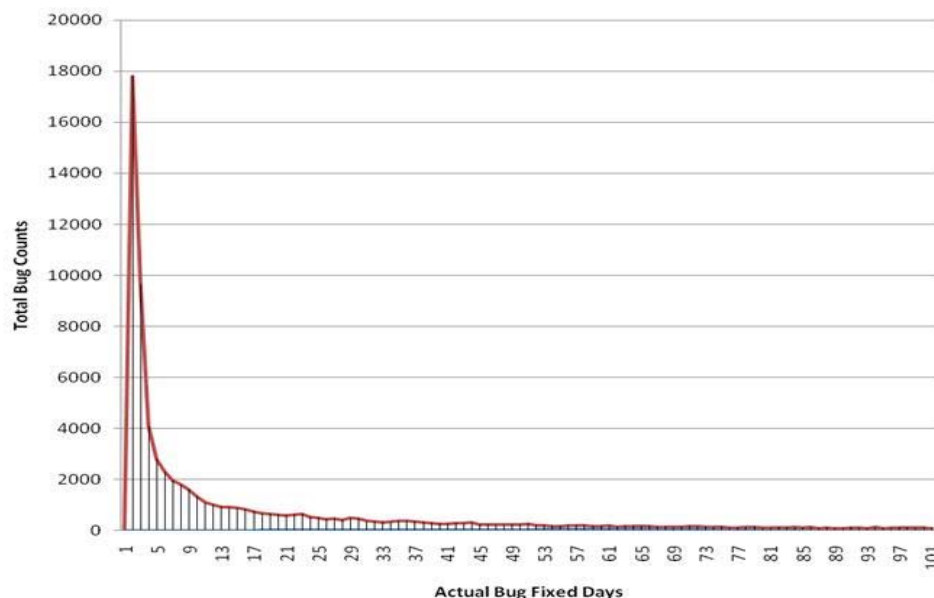
Dr. Syed Ahsan (OeAD Stipendiat) hat hier im Rahmen seiner Dissertation Neuland betreten und eine Lösung vorgeschlagen.

Abbildung 47 zeigt hier die von ihm extrahierte Verteilung der Fehler in Bezug zu deren Wichtigkeit. Interessant ist, dass die meisten Fehler in die Kategorie "normal" fallen. Zusätzlich zu dieser Information, wurde unter anderem die durchschnittliche Zeit für die Fehlerkorrektur erhoben, die einen Hinweis auf den Reparaturaufwand gibt. Siehe hierzu Tabelle 1.

**Tabelle 1: Aufwand zur Fehlerkorrektur.**

Bug Severity Level	Severity Weight (SW)	Number of Bugs	Average Bug-Fix Time (days)	Standard Dev. Bug-Fix Time	Priority (Assigned by Developer)	Severity Factor
blocker	7	412	11	0.4434	P1,P3	1
critical	6	1413	20	0.2660	P1,P2,P3	1
major	5	1071	103	2.5362	P1	1
normal	4	7005	45	0.6571	P3,P4	2
trivial	3	152	58	2.8388	P4	3
minor	2	314	50	2.5959	P4	3
enhancement	1	326	119	3.1015	P4,P5	3

Interessant hierbei ist es auch sich die Verteilung der Fehler hinsichtlich ihres Fehlerkorrekturaufwands anzusehen. Für Mozilla sind diese Daten in Abbildung 48 angeführt. Was man sieht ist, dass die meisten Fehler schnell korrigiert werden können. Einen ähnlichen Verlauf findet man interessanter Weise auch in der Betriebswirtschaft, z.B. Verkaufszahlen über Produkte (wo wenige Produkte, die höchsten Verkaufszahlen haben).

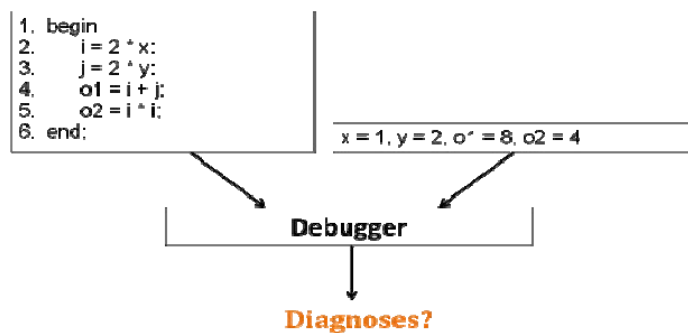
**Abbildung 48: Anzahl der Fehler im Bezug zum Aufwand der Fehlerkorrektur**

Eine weitere interessante Forschungsrichtung, die im Jahr 2010 verfolgt wurde, ist die automatisierte Zuordnung von Fehlerberichten zu Entwicklern. Die Idee dabei ist es, textuelle Fehlerberichte zu analysieren und automatisch den geeigneten Entwicklern zuzuordnen. Diese Zuordnung geschieht über die historischen Daten. D.h. zuerst wird die bisherige Zuordnung mittels Machine Learning Techniken gelernt und danach angewandt. Die Ergebnisse in diesem Forschungsbereich sind vielversprechend. Allerdings müssen noch weitere empirische Untersuchungen durchgeführt werden.

Im Teilbereich Debugging beschäftigen wir uns vor allem mit der Automatisierung der Fehlerlokalisierung basierend auf Constraint-Modellen von Programmen. Im Generellen (siehe Abbildung 49) benötigt ein Debugger den Source Code und einen Testfall. Diese Informationen werden in ein Constraint-Modell automatisch umgewandelt und ein Constraint-Löser berechnet die möglichen Fehlerursachen. Ein Constraint-Modell selber besteht aus einer Menge von Gleichungen, die das Verhalten des Programms beschreiben. Ein Constraint-Löser sucht nach Lösungen für dieses Gleichungssystem. Fehler können automatisiert berechnet werden, indem man zusätzliche Informationen über die Korrektheit von einzelnen Befehlszeilen hinzufügt. Diese Informationen werden als Annahmen betrachtet und während der Lösungssuche entsprechend klassifiziert.

Ein Vorteil dieses Verfahrens ist es, dass zusätzliche Spezifikationsinformation einfach hinzugefügt werden kann. Darüber hinaus kann das Modell auch für die Testfallgenerierung verwendet werden. Im Speziellen haben wir uns mit der Testfallgenerierung zur Unterscheidung von Diagnose beschäftigt. Mit Hilfe der Testfälle können die berechneten Diagnosen entsprechend reduziert werden. Tabelle 2 gibt die ersten erhobenen empirischen Resultate der Methode wieder. Man sieht, dass Reduktionen bis zu 50 % und mehr möglich sind.

**Abbildung 49: Prinzip eines automatisierten Debuggers**



**Tabelle 2: Ergebnisse Debugging**

Name	It	Var <sub>IT</sub>	LOC <sub>IT</sub>	Inputs	Outputs	LOC <sub>SSA</sub>	CO	Var <sub>CO</sub>	Diag	Diag <sub>IT</sub>	#UI	Diag <sub>TC</sub>
DivATC_V1	2	5	21	2	1	32	33	29	3	2	1	2
DivATC_V2	2	5	21	2	1	32	33	29	5	3	1	1
DivATC_V3	2	5	21	2	1	32	33	29	3	2	1	2
DivATC_V4	2	5	21	2	1	32	33	29	4	4	1/2	3(1)/1
GcdATC_V1	2	6	35	2	1	49	61	46	2	2	1	1
GcdATC_V2	2	6	35	2	1	49	61	46	10	3	1/2/3/4/5	3/3/2/2/1
GcdATC_V3	2	6	35	2	1	49	61	46	2	2	1	1
MultATC_V1	2	5	16	2	1	26	24	19	2	2	1	1
MultATC_V2	2	5	16	2	1	26	24	19	2	2	1	1
MultATC_V3	2	5	16	2	1	26	24	19	2	2	1	1
MultATC_V4	2	5	16	2	1	26	24	19	5	2	1	1
MultV2ATC_V1	2	6	20	2	1	49	67	46	6	2	1	1
MultV2ATC_V2	2	6	20	2	1	49	67	46	2	1	1	1
MultV2ATC_V3	2	6	20	2	1	49	67	46	6	1	1	1
SumATC_V1	2	5	18	2	1	27	24	20	2	2	1	1
SumATC_V2	2	5	18	2	1	27	24	20	3	2	1	1
SumATC_V3	2	5	18	2	1	27	24	20	5	2	1	1
SumPowers_V1	2	11	36	3	1	72	87	70	16	6	1/2/3/4	4/4/2/2
SumPowers_V2	2	11	36	3	1	72	87	70	11	6	1/2	2/1
SumPowers_V3	2	11	36	3	1	72	87	70	11	1	1	1
tcas08	1	48	125	12	1	125	98	132	27	13	1/2/3/4	11/11/11/10
tcas03	1	48	125	12	1	125	98	132	27	13	1/2/3/4	13/12/9/9

**Publikationen 2010 (Auswahl):**

Ahsan, S. N.; Afzal, M. T.; Zaman, S.; Gütl, C.; Wotawa, F.: Mining Effort Data from the OSS Repository of Developer's Bug Fix Activity. - in: *Journal of IT in Asia* 3 (2010) , S. 67 - 80

Nica, M.; Peischl, B.; Wotawa, F.: Constraint-based configuration of embedded automotive software. - in: *International journal of mass customisation* (2010) In Press

Ahsan, S. N.; Wotawa, F.: Impact Analysis of SCRs Using Single and Multi-Label Machine Learning Classification. - in: *International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement* ; 4 (2010) In Press

Aichernig, B.; Brandl, H.; Jöbstl, E.; Krenn, W.: Model-Based Mutation Testing of Hybrid Systems . - in: *Formal Methods for Components and Objects* (2010), S. 228 - 249

Brandl, H.; Weiglhofer, M.; Aichernig, B.: Automated Conformance Verification of Hybrid Systems. - in: *Proceedings of the 10th International Conference on Quality Software* (2010), S. 3 - 12

Galler, S.; Zehentner, C.; Wotawa, F.: Alana: An AI Planning System for Test Data Generation. - in: *1st ECOOP Workshop on Testing Object-Oriented Systems*. (2010), S. 1 - 8

Galler, S.; Maller, A.; Wotawa, F.: Automatically Extracting Mock Object Behavior from Design by Contract Specification for Test Data Generation. - in: *International Workshop on Automation of Software Test ; 2010* (2010), S. 1 - 8

Galler, S.; Weiglhofer, M.; Wotawa, F.: Synthesize it: from Design by Contract<sup>TM</sup> to Meaningful Test Input Data. - in: *Software Engineering and Formal Methods 2010*. (2010), S. 1 - 10

Jöbstl, E.; Weiglhofer, M.; Aichernig, B.; Wotawa, F.: When BDDs Fail: Conformance Testing with Symbolic Execution and SMT Solving. - in: *2010 Third International Conference on Software Testing, Verification and Validation (ICST 2010)*. (2010), S. 479 - 488

Nica, M.; Nica, S. A.; Wotawa, F.: Using Distinguishing Tests to Reduce the Number of Fault Candidates. - in: *Proceedings of the 21st International Workshop on the Principles of Diagnosis*. (2010) In Press

Nica, M.; Nica, S. A.; Wotawa, F.: Does testing help to reduce the number of potentially faulty statement in debugging?. - in: *TAIC PART 2010*, . (2010) In Press

Weber, J.; Wotawa, F.: Combining Runtime Diagnosis and AI-Planning in a Mobile Autonomous Robot to Achieve a Graceful Degradation after Software Failures. - in: *International Conference on Agents and Artificial Intelligence ; 2* (2010) In Press

Wotawa, F.: Fault Localization Based On Dynamic Slicing and Hitting-Set Computation. - in: *Proceedings of the 10th International Conference on Quality Software* (2010) In Press

Wotawa, F.; Nica, M.; Aichernig, B.: Generating Distinguishing Tests using the MINION Constraint Solver. - in: *Proc. of the 2nd Workshop on Constraints in Software Testing, Verification and Analysis (CSTVA'10)*. (2010), S. 1 - 6



## 8.5. FutureLabs am IST: Optimierungsprobleme

Wolfgang Slany

Der Arbeitsbereich Optimierungsprobleme zielt auf das Lösen von extrem berechnungsintensiven Problemen und der Erstellung von Software zu deren Lösung ab. Das für 2010 geplant gewesene Projekt zielte primär auf die Verbesserung von Algorithmen für konkrete Optimierungsprobleme ab. Durch die zur Verfügung gestellten Mittel war es möglich, sowohl die Verarbeitungsgeschwindigkeit als auch die Interaktionsmöglichkeiten mit den Benutzern unseres TEMPLE genannten Prototyps erheblich zu verbessern und dadurch hochkomplexe Probleme effizient lösen zu können. Die folgende Abbildung zeigt ein typisches Bild einer Teillösung einer entsprechenden Optimierungsaufgabe im Bereich Arbeitszeitplanung (Schichtplanung).

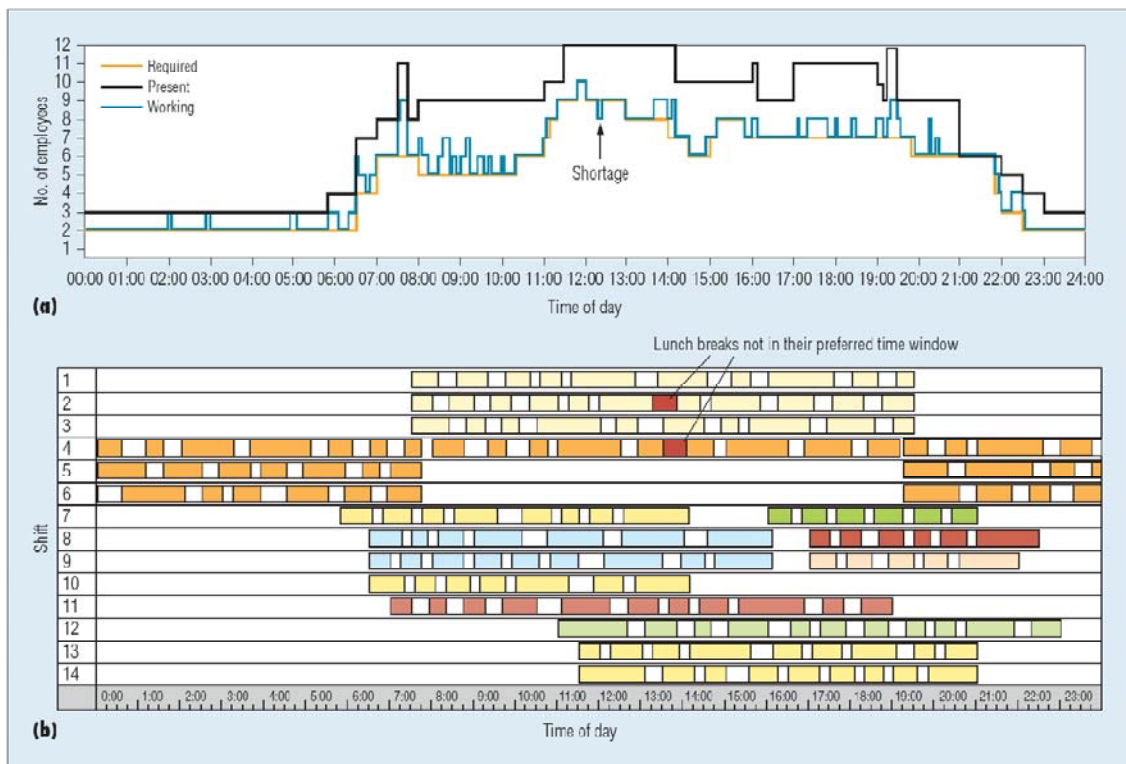


Abb. 50: Teil einer optimalen Lösung, die mit TEMPLE für eine typische schwere zufällige Instanz gefunden wurde, wobei (a) die Anzahl der benötigten, anwesenden und arbeitenden Mitarbeiter zeigt, und (b) den Schichtplan für den gleichen Zeitraum (ein Tag). Alle Einschränkungen wurden vollständig erfüllt, mit Ausnahme von zwei Mittagspausen, die nicht in ihrem Idealzeitraum liegen.