

O.Univ.-Prof. Dr.phil. Hermann Maurer
Institut für Informationssysteme und Computer Medien
E-Mail: hmaurer@iim.edu
Tel: 0316 873 5612



Ao.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Karl-Christian Posch
Institut für Angewandte Informationsverarbeitung
und Kommunikationstechnologie
E-Mail: Karl.Posch@iaik.tugraz.at
Tel: 0316 873 5517



Über den Forschungsschwerpunkt „Sichere verteilte intelligente Multimedia-Prozesse und -Strukturen für die e-University“

About the research initiative “Secure distributed intelligent multimedia processes and structures for the e-University“ at the Graz University of Technology

Die Zukunft des Googelns, das Verschwinden der Elektronik und das Internet der Dinge leiteten diesen Aufsatz ein. Einige Antworten auf diese Entwicklung gibt der Forschungsschwerpunkt „Sichere verteilte intelligente Multimedia-Prozesse und -Strukturen für die e-University“ der TU Graz. Eine kleine Auswahl aus den Forschungsarbeiten dieses Schwerpunkts wird in diesem Aufsatz skizziert.

Die Entwicklung der Informationstechnologie

Etwa alle zehn Jahre beschert uns die technologische Entwicklung ein neues Paradigma in der Computerwelt. So waren die 80er-Jahre durch die Einführung des Personal-Computers gekennzeichnet und die 90er wurden durch die Verbindung zwischen diesen Computern dominiert. Schon zu Beginn dieses Jahrzehnts zeichnet sich ab, dass der nächste Schritt in der Bedeutung der weltweiten Ansammlung von Computern und den darauf gespeicherten Daten besteht. Arbeitete man noch vor einigen Jahren hauptsächlich an der Kommunikationstechnik an sich, so drängt sich derzeit der Umgang mit der Riesenauswahl an verfügbaren Daten sowohl im Alltag als auch in der Forschung in den Vordergrund. Das vermutlich deutlichste Zeichen im deutschen Sprachraum für diese rasche Entwicklung ist die Aufnahme des Wortes „googeln“ in den deutschen Wortschatz: Seit 2004 dürfen laut Duden auch alle Deutsch Sprechenden googeln und downloaden ohne die Regeln der Sprache zu verletzen. Selten zuvor hat es eine neue Wortschöpfung so rasch in den Duden geschafft.

Ein zweiter wesentlicher Trend besteht im „Verschwinden der Elektronik“. Die fortwährende Miniaturisierung in der Mikroelektronik beschert uns immer kleiner und auch billiger werdende Geräte, deren Größe meist nur mehr durch Bildschirm und Tastatur, sofern vorhanden, definiert wird. Dieses Verschwinden geht auch mit einer Reduktion des Energieverbrauchs jedes einzelnen Gerätes einher. Leider wirkt sich diese Energiereduktion durch die starke Zunahme der Anzahl der Geräte in Summe nicht aus. Immer mehr solcher Geräte finden wir auch vernetzt, sodass wir eine Entwicklung zum „Internet der Dinge“ feststellen können. Diese Kollektion von „intelligenten“ Dingen („Things That Think“) und der von diesen Dingen zur Verfügung gestellten Daten führt zu neuen wissenschaftlichen Fragestellungen, zu neuen wirtschaftlichen Lösungen und wird wohl die Entwicklung der Informationstechnologie in den kommenden Jahren dominieren.

Die Kollektion von „Things That Think“ und die in Datenbanken akkumulierten und vernetzten Daten beschieren uns das Substrat für ein breites Feld von wissenschaftlichen Arbeiten. An der TU Graz gibt es Forschergruppen an derzeit nahezu zehn Instituten, welche zum Teil seit vielen Jahren auf dem oben skizzierten Themenfeld arbeiten. Diese Forscher haben vor, gemeinsam im Rahmen des Forschungsschwerpunkts „Sichere verteilte intelligente Multimedia-Prozesse und -Strukturen für die e-University“ systemintegrierend zur verbesserten Positionierung des „Wissensstandorts TU Graz“ in Forschung, Entwicklung und Lehre zu wirken.

In diesem Aufsatz beschreiben wir die Ziele dieses Forschungsschwerpunkts, gehen auf den Nutzen für die TU Graz ein und skizzieren einige Projekte und Realisierungen.

Ziele und erste Erfolge

Die Ziele des Schwerpunkts sind sowohl forschungsorientiert als auch

praxisorientiert. Als praxisorientiertes Ziel haben wir eine e-University vor Augen, welche ihre Kernaktivitäten Lehre und Forschung sowie die dazu notwendigen administrativen Prozesse und Strukturen mit einer zukunftsgerechten geeigneten informationstechnologischen Infrastruktur unterstützt. Als forschungsorientiertes Ziel wollen wir die Vernetzung von mehreren Bereichen der Grundlagenforschung und der angewandten Forschung im Bereich der Informatik und der Informationstechnologie über das bereits bestehende Ausmaß hinaus vorantreiben.

Erste Erfolge sind bereits wenige Monate nach der Bildung dieses Schwerpunkts im Juni 2004 sichtbar. So sind zum Beispiel im Rahmen des Projekts MISTRAL nahezu alle Forschergruppen des Forschungsschwerpunkts beteiligt. Im europäischen Projekt SCARD ist die TU Graz der wissenschaftliche Koordinator – auch hier wirken mehrere Forschergruppen des Forschungsschwerpunkts mit. Diese beiden Projekte sind zusammen mit etwa 1,7 Millionen Euro für die TU Graz dotiert. Weitere Forschungsvorhaben, wie etwa das Projekt GRADL, sind derzeit im Antragsstadium. In anderen Aufsätzen dieses Journals werden zusätzliche Projekte des Schwerpunkts beschrieben.

Praxisorientierung

Das praxisorientierte Ziel des Schwerpunkts besteht darin, wichtige Komponenten einer e-University zu realisieren und die TU Graz als ein Vorbild in Richtung e-University zu platzieren. Dazu gehören:

- Ein e-Knoten für Wissensvermittlung (z.B. e-Learning als Teil von GRADL)
- Ein e-Knoten für Wissen (digitale Bibliothek als Teil von GRADL)
- Ein e-Knoten für administrative Prozesse (Einsatz von sicheren elektronischen Signaturen als Basiselement bei administrativen Prozessen)
- Ein e-Knoten für Vorzeigeprojekte. Beispiele dafür sind:
 - MISTRAL als Beitrag zur Forschung bei Semantic Systems
 - SCARD: Informationssicherheit als notwendiger Bestandteil von Informationssystemen bis hin zu den „Things That Think“
 - Digital Visual Information Processing als Integration zwischen Computergrafik und Visualisierung
 - Robotik-Anwendungen als Motor für Forschung auf dem Gebiet Maschinelles Lernen
 - Cognitive Vision als Verbindung von Maschinellern Lernen und Objekterkennung
 - Industrielle Geometrie
 - Brain-Computer-Interfaces als wichtiger Teilaspekt des Massive Data Processing
 - Intelligenter Meeting-Room

Mit der Konzentration auf verschiedene Formen von e-Knoten unterstützt der Schwerpunkt die grundsätzliche Rolle der TU Graz im weltweiten Forschungs- und Bildungsnetzwerk. Zusätzlich wird auch die Transformation der Organisationsabläufe der TU Graz mit Hilfe des Einsatzes informationstechnischer Werkzeuge in Richtung e-University vorangetrieben.

Existierende wissenschaftliche Basis

Die existierende Basis von mehreren Forschungsaktivitäten wer-

den in eine Richtung vorangetrieben, sodass die bereits vorhandene Verzahnung einerseits intensiviert wird und andererseits Resultate liefern soll, welche an der TU Graz erprobt werden können. Die Basis des Forschungsschwerpunkts stellen existierende Grundlagenprojekte in der Informatik und in der Informationstechnik dar. Nachfolgend stellen wir einige solche Themen vor, wobei jedes von zumindest drei Forschergruppen gemeinsam bearbeitet wird:

- *Intelligentes Suchen und Verwalten von Datenbeständen*
Die Herausforderung in diesem Forschungsbereich verschiebt sich immer mehr zu Nicht-Text-Daten. Damit sind auch Bereiche wie etwa Objekterkennung gefordert.
- *Verlässliche, korrekte und sichere Systeme*
Vertrauenswürdigkeit ist eine Grundbedingung für die Akzeptanz von Systemen. Deshalb wird dieser Forschungsbereich derzeit weltweit als einer der wichtigsten gehandelt. Vor allem beim Einsatz von technischen Systemen für kritische Infrastrukturen (wie etwa e-Commerce oder e-Government) sind deren Verlässlichkeit, Korrektheit und Sicherheit gefordert.
- *Auffinden von Ähnlichkeiten in Texten und anderen Datenbeständen*
Innerhalb dieses Themas werden derzeit verschiedenste Methoden, darunter auch solche aus dem „Machine Learning“ untersucht. Zudem spielt die Forschung in Richtung neuronaler Netze und der Künstlichen Intelligenz eine starke Rolle. Schließlich sollte man hier auch die Arbeiten an ontologieorientierten Methoden nennen.
- *Modellierung von Nicht-Text-Daten auf verschiedenen Granularitätsebenen*
Dieser sehr aktive Bereich beschäftigt sich mit Fragen, die zwischen der Computergrafik, dem maschinellen Sehen und Erkennen, der Spracherkennung, der Einbindung von Wissensmanagement und der Forschung im Bereich der virtuellen Realität angesiedelt sind. Vor allem aus der Verbindung der genannten Gebiete ergibt sich eine Fülle von interessanten und derzeit drängenden Aufgaben.
- *Große verteilte Software-Systeme: Entwurf, Verifikation und Zertifizierung*
Die Anwendung formaler und semi-formaler Methoden bei der Software-Erstellung nimmt an Bedeutung zu: Darunter fallen Verifikationstechniken wie etwa Model Checking, Diagnose und Testfallgenerierung sowie die Spezifikation von Programmen. Erst damit entsteht die Möglichkeit, auch große, verteilte Software-Systeme mit einer Qualität herzustellen, welche entsprechenden Evaluierungskriterien stand hält.

Nutzen für die Universität

Folgende für eine Universität wichtigen Aspekte sollen von der integrierenden Arbeit über mehrere Forschungsprojekte hinweg und der exemplarischen Umsetzung dieser Arbeit profitieren:

- *Die TU Graz als Innovator bei der Wissensvermittlung*
Die Wissensvermittlung im Rahmen der Studien soll unter Zuhilfenahme von Informatik-Technologien zukunftsgerichtet gestaltet werden. Der Schlüssel dazu ist die kompetente Forschung im Bereich e-Learning, im Bereich von digitalen Bibliotheken und im Bereich Visualisierung bzw. Virtual Reality. Die TU Graz fungiert

dabei nicht nur als Wissensvermittler für die eigenen Studierenden, sondern tritt als Anbieter von Vermittlungstechnologien und Content nach außen auf. Das Projekt „GRADL“ ist eine praktische Anwendung der Forschung in diesem Forschungsschwerpunkt. In einem weiteren Projekt wird der intelligente Meeting-Room vorgeschlagen. Dieser dient zur Unterstützung beim e-Learning und bei der Kommunikation unter Wissenschaftlern.

- *Die TU Graz als Wissensknoten*
Die TU Graz positioniert sich als Wissensknoten für mehrere Forschungsbereiche nach außen, indem die traditionell eher statische Rolle von Universitätsbibliotheken in einem neuen Licht gesehen werden soll. Die TU Graz versucht, wie etwa mit dem „Journal for Universal Computer Science“ (JUICS) gelungen ist, als internationales Zentrum für elektronische Publikationsmedien aufzutreten. Verschiedene Forschungs-Communities sollen in der TU Graz ihre Basis für wissenschaftliche Publikationen in netzwerkgerechter Form sehen. Hier spielt auch die Zusammenarbeit mit dem JOANNEUM RESEARCH eine große Rolle, über die die Verbindung mit so berühmten Verlagshäusern wie Brockhaus, Meyer, Duden, BI, Langenscheidt, Oxford University Press und anderen hergestellt wird.
- *Die TU Graz auf dem Weg zur e-University*
Die TU Graz erforscht, erprobt und verwendet neueste Technologien im Bereich Semantic Web, Server-Technologien, Digital Rights Management, Administration von Geschäftsprozessen im Wissenschaftsbereich und universitären Lehrbetrieb. Die TU Graz zeigt vor, wie man die Organisation von ähnlichen Betrieben mit Hilfe von Informatiktechnologien effektiv gestaltet.

Drei Projektbeispiele aus dem Forschungsschwerpunkt

Die folgenden Kurzbeschreibungen von drei Projekten zeigen, wie durch die Zusammenarbeit von mehreren Forschergruppen der TU Graz neue wissenschaftliche Themengebiete erschlossen werden können.

MISTRAL: Measurable intelligent and reliable semantic extraction and retrieval of multimedia data

Fast alle Forschergruppen des Forschungsschwerpunkts sind bei diesem Projekt beteiligt. Das Thema von MISTRAL ist aus dem Bereich „Semantic Systems“ und wird im Rahmen von FIT-IT vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie gefördert. MISTRAL beschäftigt sich mit effektiven Methoden der automatischen Extraktion von Bedeutungsinhalten aus multimedialen Dokumenten. Dabei ist auch die Ermittlung semantischer Beziehungen zwischen mehreren Dokumenten über verschiedene Medientypen hinweg von Bedeutung. Die ermittelten Zusammenhänge werden als Metadaten in die Dokumente integriert. Mit den Ergebnissen von MISTRAL wird es gelingen, sich dem „semantischen Web“ einen wichtigen Schritt zu nähern. Vereinfacht gesprochen geht es um folgende typischen Probleme: Wie erkennt man in vertonten Videodaten automatisch einen kläffenden Hund? Damit könnte eine zukünftige Suchmaschine folgende Anfrage erlauben und erfolgreich beantworten können: „Suche alle Videosequenzen mit einem bellenden Hund im Hintergrund und mit spielenden Kindern im Vordergrund“.

Digitale Bibliotheken und e-Learning: Das Projekt GRADL

Forschung und Lehre waren nie ohne Zugriff auf gut ausgerüstete Bibliotheken möglich. Es ist offenkundig, dass sich traditionelle Bibli-



Abb. 1: Wissensnetz [Aus: Brockhaus: Die Enzyklopädie Multimedial. Entwickelt von TU Graz und JOANNEUM RESEARCH für den Brockhaus Verlag]

otheken immer mehr zu Einrichtungen entwickeln müssen, die sich auf digital in vernetzten Datenbanken vorliegende Materialien abstützen, auf eine so genannte „Digital Library“ (DL). Gleichzeitig wird an vielen Orten experimentiert, wie man vernetzte Computersysteme zur Verbesserung des Wissenstransfers verwenden kann, wobei dafür meist der Begriff „e-Learning“ verwendet wird. Fast universell wird übersehen, dass e-Learning ohne große DL wenig sinnvoll ist, ja der Misserfolg fast aller e-Learning-Initiativen auf das Fehlen einer mächtigen DL oder zumindest die Integration mit einer solchen zurückzuführen ist. Ein Grazer Digital-Library-Portal (GRADL) würde weltweit erstmals diese Schwachstelle beseitigen.

Das angestrebte ideale Endziel kann etwa so skizziert werden: Umfangreiche Ressourcen sind über eine einheitliche Schnittstelle verfügbar (darum der Begriff „Portal“) und können von allen einschlägigen steirischen Einrichtungen aber auch Institutionen in aller Welt über ein Computernetzwerk verwendet werden. „Zur Verfügung stehen“ bedeutet aber sehr viel mehr, als nur Informationsabruf zu erlauben: vielmehr sind viel mächtigere Methoden, die aus dem Knowledge-Management stammen, anwendbar und können insbesondere Informationsbruchstücke problemlos zu größeren Einheiten verbunden werden. Auf diese Weise entstehen ohne großen Aufwand Lehreinheiten, die unterstützt durch kollaborative Einrichtungen wie Teletutoren, Diskussionsforen, etc., eine gute Ergänzung, ja sogar eine echte Alternative zum Präsenzstudium anbieten.

Vereinfacht soll dies durch die Abb. 1 und 2 verdeutlicht werden. Das IICM zusammen mit dem Institut für Wissensmanagement und JOANNEUM RESEARCH beschäftigt sich intensiv mit neuen Methoden der Wissensauffindung in digitalen Bibliotheken. Ein Beispiel ist die von diesen Gruppen entwickelte elektronische Version des großen Brockhaus. Man sucht etwa nach dem Komponisten Locatelli und findet diesen nicht; man weiß aber, dass er etwas mit der Bolognesischen Gruppe zu tun hat und sucht deshalb nach dieser. Dann findet man nicht nur Information zu dieser Gruppe, sondern ein automatisch generiertes „Wissensnetz“. Dieses zeigt alle Dokumente, die mit der Gruppe in Zusammenhang stehen, grafisch an. Darunter findet man auch den Eintrag Locatelli, und nun durch ein oder zwei Mausklicks Information zu Locatelli, inklusive z.B. eines Bildes (Abb. 3). Der wesentliche Punkt ist das automatisch generierte Wissensnetz; diese Arbeit wurde übrigens schon zum dritten Mal bei der Frankfurter Buchmesse mit dem ersten Preis „Gigamaus“ ausgezeichnet.

SCARD: Side Channel Analysis Resistant Design Flow

Ein „Internet der Dinge“, wie zu Beginn dieses Aufsatzes apostrophiert, schafft eine Reihe von Sicherheitsproblemen. Sind die Daten authentisch? Wie können Daten und deren Austausch



P. LOCATELLI

*Ne en efpo, Mort en 1764.
Sous le pseudonyme de Joseph Vignoli
appartenant à N. Locatelli.*

Abb. 2: Der Komponist Locatelli [Aus: Brockhaus: Die Enzyklopädie Multimedial. Entwickelt von TU Graz und JOANNEUM RESEARCH für den Brockhaus Verlag]

aus datenschutzrechtlichen oder lizenzrechtlichen Überlegungen vermieden werden? Das typische Werkzeug für den Umgang mit solchen Fragestellungen verwendet kryptografische Methoden. Dabei werden immer wieder geheime Schlüssel verwendet. Wird dieses Geheimnis preisgegeben, dann hat man ein Sicherheitsproblem. Die geeignete Realisierung von kryptografischen Methoden wird von einigen Forschergruppen des Schwerpunkts in mehreren Projekten verfolgt. Als Beispiel dafür sei hier das Projekt SCARD erwähnt, in welchem geeignete Entwurfsmethoden für Mikrochips entwickelt werden, welche sich gegenüber der so genannten Seitenkanalanalyse resistent zeigen. Die Seitenkanalanalyse nutzt typischerweise das vom Mikrochip abgestrahlte elektromagnetische Feld oder dessen Stromverbrauch aus und ermittelt daraus den geheimen Schlüssel, welcher im Mikrochip zur Verschlüsselung heran gezogen wird.

Als Beispiel eines Mikrochips, welcher kryptografische Berechnungen durchführt, sei auf Abb. 3 verwiesen. Dieser Mikrochip stammt aus dem Projekt „Authentication for Long-Range RFID Technology“. Die Verschlüsselung auf diesem Chip verwendet den Advanced Encryption Standard und kommt mit weniger als 3 Mikroampere aus. Dies ist Weltrekord. Damit können RFID-Mikrochips in Zukunft mit starker Kryptografie ausgestattet werden. Viele Probleme aus der Informationssicherheit und dem Datenschutz sind damit lösbar.

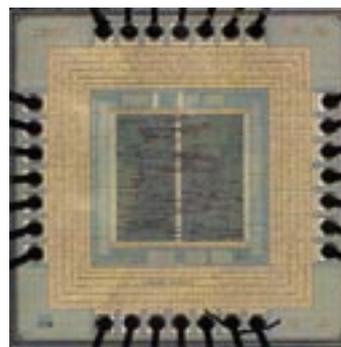


Abb.3: AES-Microchip TINA
[Entwickelt am IAIK, TU Graz]

About the research initiative “Secure distributed intelligent multimedia processes and structures for the e-University” at the Graz University of Technology

Progress in Information Technology

Approximately every 10 years, we face a new paradigm in information technology. The 80s of the last century were dominated by the introduction of the personal computer. In the 90s, we saw the building of a worldwide net between these computers. In this decade, we are experiencing the growing importance of the data available through this infrastructure. The effective use of this information is the focus of many research projects within the so-called “semantic web”.

A second major trend is “vanishing electronics”. The ongoing miniaturization in microelectronics leads to smaller and smaller

devices. These devices also consume less energy and an increasing number of these will "live" on ambient energy in the near future. Examples of this are the radio-frequency ID microchips (RFID), which currently communicate with the host computer via the electromagnetic field, and possibly amongst themselves in the future. Similar to today's barcodes, RFID microchips will soon be part of most things. Such a collection of "things that think" might possibly lead to the "internet of things". New scientific, technological, and societal questions arise from such a development.

Roughly a dozen research groups at the Graz University of Technology (TU Graz) have formed a research initiative called "Secure distributed intelligent multimedia processes and structures for the e-university". This initiative wants to improve the position of the "knowledge base" TU Graz.

Goals and First Results

The initiative is ambitious in that it is not only aiming to achieve beyond the state-of-the-art research results, but is also going to apply the most innovative results to the development of what should be called an e-University. In an e-University, all activities are supported by a sophisticated networked computer system. Thus, of course, teaching is supported (e-Learning and all its variants), but also all administrative processes, the relation with the outside world, and, last but not least, research. Research is mentioned last simply because it may not be immediately clear how a computer system can support research. However, on second thought, the implications of computer networks on research are enormous. Not only is access to literature easier, but digital libraries also allow for faster publication. The important element of collaboration is supported by a net, and – using techniques from knowledge management – research results or ideas that are about to be patented can be checked with regard to their innovative character as one of the background activities of an appropriate system. Thus, these kinds of systems can be highly sophisticated assistants that can help, even when they are not explicitly requested to perform such an action.

Initial results are already visible in a new project, MISTRAL, in which almost all the groups of the research initiative are involved, in an already ongoing EU project SCARD, and in the involvement of the groups in a number of 'centers of competence'.

Benefit for the University

The concept of an e-University on this scale is new. Nowhere in the world are computer networks integrated into all the activities of a university to the extent that they will be here. It is surprising to note how myopic most attempts carried out usually are.

It is worthwhile to mention a few aspects of what is intended in Graz to offer a glimpse of the scope of the research initiative.

Everyone is talking about e-Learning, and yet this is often seen as providing some 'courseware' with fancy graphics or animation, based on the naive view that this will indeed help students to learn better. It has been convincingly shown (e.g. in a book co-authored by one of the authors of this paper) that the opposite is often true. But disregarding the discussion of the usefulness of courseware, no e-Learning system can exist without a solid digital reference library behind it (an often overlooked fact), without extensive collaborative features, and many other components that are often missing. Although teachers often complain about the effort involved in correcting assignments, they often don't know about the very positive results in automatic assessment!

Surely, if important tasks and documents are stored in a networked computer system of a university, privacy and security play a major role. However, the problems of implementing a system that assures that the right people can always be authorized to do certain things (where the groups involved are changing all the time) is much more complex than it seems at first. But this is only the tip of the iceberg.

Privacy and authorized access can only be guaranteed if proper cryptographic techniques are used (isn't it funny that it is still widely accepted that the system administrator can read everything?), but even those techniques fail if, for example, clever side-channel attacks on encryption chips are applied.

A digital library is often taken to be the essential basis for future research, and yet it is unfortunately not often seen to be essential for e-Learning. Only a handful of people understand that the functions that a digital library has to provide go far beyond what an ordinary library can do. The users have to be able to make annotations and links to related material, and be able to ask questions that are answered by experts or the system (yes, the system, this is what 'active documents' are all about). Furthermore, it is not enough to be able to retrieve information by using some kind of query language. In machine-learning and user profiling techniques, the user has to be automatically alerted of relevant material, the scope of searches has to be changed, and techniques for the analysis of massive amounts of data are necessary. Since many techniques are heuristic in nature, good benchmarking material has to be used, although this hardly exists at this point.

The amount of information generated annually is not just growing, but is changing. Textual material can be handled to some extent now, but the increasing amount of pictures and movies, of 3-D drawings and animations that we need and are constantly confronted with cannot be retrieved without the smart combination of meta-data, pattern recognition, and the use of a combination of media. For instance, in a scene of a movie where the word "dog" is mentioned (and the spoken word is converted to text), it will be much easier for computer graphic techniques to locate the dog in the scene as compared to when there is no information available on what has to be looked for. Pattern recognition in pictures as a tool for searching or relating items is going to become more and more important. Moreover, pattern recognition in other areas lends itself to deep techniques of data-mining, massive data analysis, neural networks and machine learning. And the necessity for generating, manipulating, transporting and compressing multimedia data has not even been mentioned yet, let alone the fact that the encryption of pictures may well become more important than the encryption of texts!

The examples above show the very broad and deep research that is conducted within the research initiative. However, one all-embracing bracket has not even been mentioned yet. If one wants to develop reliable, safe and secure software systems of this magnitude (that, after all, also have to interface with various legacy systems and will involve a variety of network protocols and operating systems), no ad-hoc solution will do. A systematic approach to software development has to be the guiding factor in the conversion of leading-edge results into working tools. Finally, the tools not only have to work, but they also have to be user-friendly and have all kinds of interfaces. Therefore, the areas of ergonomics, cognitive phenomena and unorthodox interfaces (like direct brain computer interfaces) are also included in the research initiative.

Links

Informatik insgesamt: <http://www.informatik.tugraz.at>
 SCARD und ART: <http://www.iaik.tugraz.at/research/vlsi/>
 Digitale Bibliothek und J.UCS: <http://www.jucs.org>
 e-Learning: <http://coronet.iicm.edu> und <http://www.HAUP.org>
 Knowledge Management: <http://www.know-center.at>
 Wissensmanagement in der Wirtschaft: <http://www.hyperwave.de>
 Computergrafik und Visualisierung: <http://www.icg.tu-graz.ac.at/ra>
 Robotik: <http://www.igi.tugraz.at/robotik>
 Maschinelles Lernen und Neuronale Netze: <http://www.igi.tugraz.at>
 Entwurf großer Softwaresysteme: <http://www.ist.tugraz.at/research>
 Brain Computer Interface: <http://www.bci.tu-graz.ac.at>