



Medizinische Informatik

Ein kurzer Überblick in vier Stunden

Sven Zenker

Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie
und Spezielle Intensivmedizin

**VNIV.FRID.GVIL.
RHEN.BONN.**

Studiengang Klinische Medizintechnik, 13.12.2014



„Schlachtplan“

4h Tour de force durch einige Aspekte der Medizininformatik

Explizit **nicht**

- Medizinische Statistik, Biometrie, Epidemiologie
- Bioinformatik



Übersicht (I)

- Allgemeine Informationstechnologie
 - Hardware
 - Software
 - Algorithmen und Technologien
 - Sicherheit
 - Mensch/Maschine-Schnittstelle

Übersicht (II)

- **Spezielle Medizinische Informatik**
 - Medizinische Software
 - Datenmodelle, Ontologien, Terminologien
 - Datenaustausch und Interoperabilität
 - Modellierung
 - Biomedizinische Signalverarbeitung
 - IT und Medizintechnik
 - Globale Betrachtungen zur
Technologiekonvergenz

Übersicht (III)

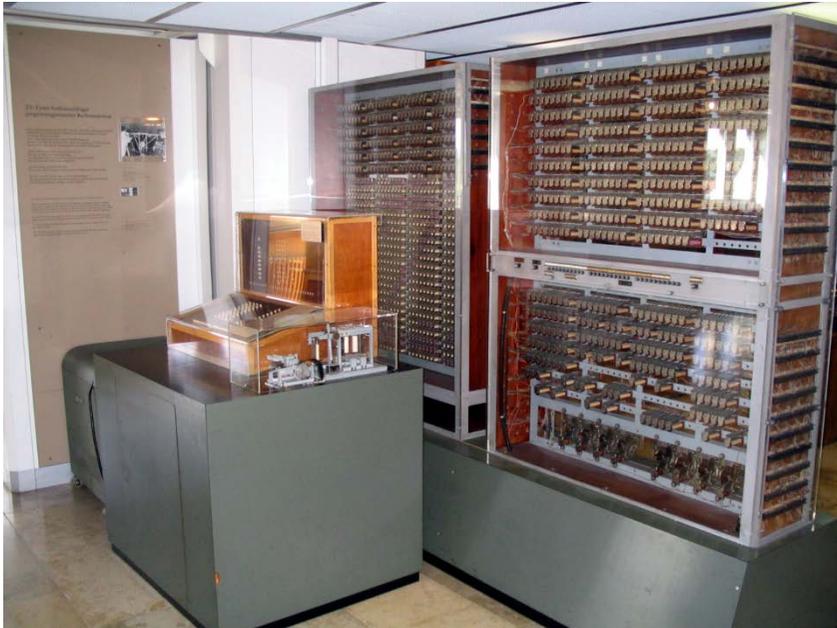
- Praktische Übungen: Recherche und Wissensorganisation
und/oder
- ein kurzer Einblick in konkrete mathematische Modellierungsprojekte im physiologischen Kontext.

Übersicht (I)

- Allgemeine Informationstechnologie
 - **Hardware**
 - Software
 - Algorithmen und Technologien
 - Sicherheit
 - Mensch/Maschine-Schnittstelle

Hardware: Grundlagen digitaler Rechensysteme

- Universell programmierbarer Computer: Turing-vollständig unter der Annahme unbegrenzten Speicherplatzes (erste Implementierung, für die dies 1998 nachgewiesen werden konnte: Z3 von Konrad Zuse 1941, ENIAC 1946 bereits mit diesem Ziel entworfen)



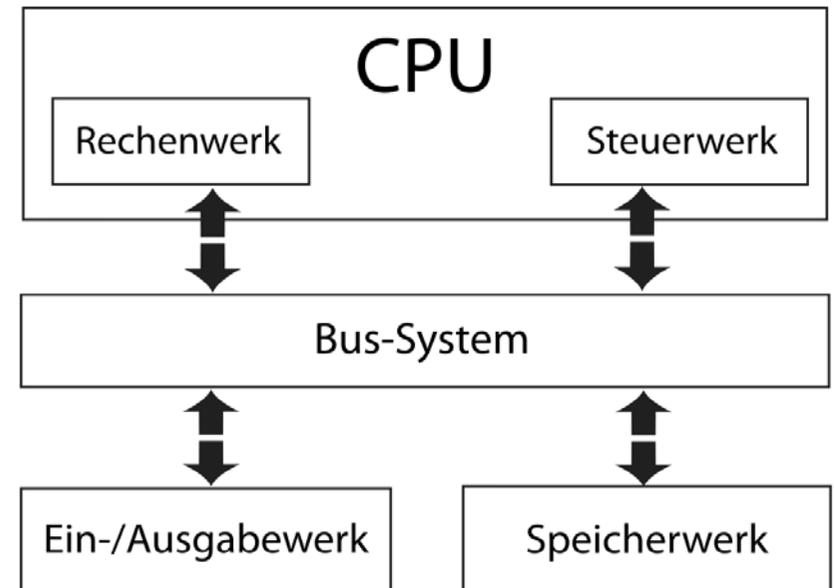
600 elektromechanische Relais im Rechenwerk, 1600 im Speicherwerk, Takt 5,3 Hz via rotierender Walze

Hardware: Grundlagen digitaler Rechensysteme

Auch heute noch: von-Neumann-Architektur (VNA, 1946)

- ALU (Arithmetic Logic Unit)
- Control Unit
- Memory
- I/O

Realität heute wesentlich komplexer
(z.B. x86-Architektur)



Quelle: wikipedia.org



Hardware: Grundlagen digitaler Rechensysteme

VNA: Konkrete Implementierung einer Turing-vollständigen Maschine

- Programm in linearem Adressraum
- Sequentielle Ausführung
- Sprungbefehle und konditionierte Sprungbefehle (Verzweigungen)
- Speicher enthält Daten und Programme, diese sind veränderbar

Hardware: Grundlagen digitaler Rechensysteme

- Speicher implementiert durch „Schalter“, Zustand **Ein** oder **Aus**, **kodiert 1 oder 0 entspricht 1 Bit („Binary digit“)**
- 8 Bit heissen 1 Byte
- bei binärer Adressierung Größe in Zweierpotenzen: 2^n

Hardware: Grundlagen digitaler Rechensysteme

- bei binärer Adressierung Größe in Zweierpotenzen: 2^n
- $2^{10}=1024$, klassisch 1 kB, 1 MB = 1024 kB, 1 GB = 1024 MB, 1 TB = 1024 GB = 2^{40} Byte, seit IEC 1996 soll dies nun heißen: Kibibyte, Mebibyte, etc.
- kB = 10^3 Byte, TB = 10^{12} Byte (hier etwa 10% Unterschied, wachsend)

Hardware: Grundlagen digitaler Rechensysteme

Exkurs:

Zahlensysteme:

Binär	Ziffern 0 – 1	1 Bit/Ziffer
Oktal	Ziffern 0 - 7	3 Bit/Ziffer
Dezimal	Ziffern 0 – 9	?
Hexadezimal	Ziffern 0 – F	4 Bit/Ziffer



Hardware: Grundlagen digitaler Rechensysteme

Exkurs:

Zahlensysteme:

1 Byte Binär	00000000 - 11111111
1 Byte Dezimal	0 - 255
1 Byte Hexdezimal	0 - FF

Hardware: Grundlagen digitaler Rechensysteme

Programme: Code

*=\$C000 ; Startadresse des Programms = \$C000 = 49152

LDA #\$00 ; 0 in den Akku laden

STA \$D020 ; Akku nach Register \$20 des VIC schreiben (Farbe des Bildschirmrands) ...

Im Speicher

Adresse Opcode + Operand(en)

C000 A9 00 ; "C000" ist die Speicheradresse, ;
"A9" ist der Opcode für LDA, ; "00" ist der Operand
C002 8D 20 D0 ; "C002" ist die Speicheradresse, ;
"8D" ist der Opcode für STA, ;
"20" und "D0" sind die Operanden (low/high-Reihenfolge) ...

Hardware: Grundlagen digitaler Rechensysteme

Zunehmende Tendenz zur Abweichung von der klassischen von-Neumann-Architektur, erzwungen durch massive Parallelisierung, z.B.

- NUMA (non-unified memory architecture)
- Massiv parallele Architekturen mit heterogenen ALUs
- Zunehmende Integration von Recheneinheiten mit Spezialaufgaben

Unterscheidung zwischen interner Architektur und gegenüber dem Programmierer exponierter Architektur.

Parallelisierung erforderlich aufgrund physikalischer Grenzen der Beschleunigung (v.a. Wärmedissipation).

Hardware: Grundlagen digitaler Rechensysteme

I/O:

- Netzwerk (heute meist Ethernet via Kupfer oder LWL)
- Andere Schnittstellen (USB, Firewire, Thunderbolt, etc.)
- „Speicherwerke“: Tape, optische WORMs, Festplatten, SSDs
- Tendenz, aktive Daten im RAM zu halten

Hardware: Grundlagen digitaler Rechensysteme

Funktionelle Unterscheidungen:

- Client („thin“ vs. „fat“): Rechner, der direkt genutzt wird
- Server (Rechner, meist in Rechenzentren, der zentrale Dienste bereitstellt)

Immer universelle Computer, aber Servertechnologie üblicherweise auf Robustheit (ECC), Parallelität (transactional memory) und Performance ausgelegt.



Hardware: Grundlagen digitaler Rechensysteme

Klassische Hierarchie:

- Hardware
- BIOS/UEFI
- Betriebssystem (OS)
- Anwendungssoftware



Hardware: Grundlagen digitaler Rechensysteme

Klassische Hierarchie:

- Hardware
- Microcode o.ä.
- BIOS/UEFI
- Hypervisor
- Betriebssysteme (OS)
- VM
- Anwendungssoftware

Übersicht (I)

- Allgemeine Informationstechnologie
 - Hardware
 - **Software**
 - Algorithmen und Technologien
 - Sicherheit
 - Mensch/Maschine-Schnittstelle

Software

Typen von Software/Programmen

- (Microcode), (HDL), (BIOS/UEFI)
- Betriebssystem
- Entwicklungswerkzeuge
- Anwendungssoftware

Software: Entwicklung

Programmierung: Sprachen

- Maschinensprache (Hardwarespezifisch, z.B. x86-Assembler)
- Hochsprache (kompiliert), z.B. C, C++, FORTRAN
- Hochsprache, für VM in Bytecode kompiliert (z.B. Java, .NET, etc.)
- Interpretierte Sprache

Ggf. JIT-Compilation.



Software: Entwicklung

Modellierung/Sprachtypen

- Prozedural
- Funktional
- Objektorientiert
- Generisch



Software: Entwicklung

C

```
#include <stdio.h>

main()
{
    printf("Hello, world!\n");
}
```

Erlang

```
io:format("~s~n", ["Hello, world!"])
```

Java

```
public class HelloWorld {
    public static void main(String[] args) {
        System.out.println("Hello, world!");
    }
}
```

Perl

```
print "Hello, world!\n";
```



Software: Entwicklung

Typische Werkzeuge:

- Editor
- Compiler, Assembler, Linker
- Build-Tool
- IDE
- Framework
- Library



Software: Entwicklung

Softwarearchitektur/Design-Paradigmen:

- Model-View-Controller (MVC)
- Patterns



Übersicht (I)

- Allgemeine Informationstechnologie
 - Hardware
 - Software
 - **Algorithmen und Technologien**
 - Sicherheit
 - Mensch/Maschine-Schnittstelle



Algorithmen und Technologien

Dateisysteme:

- Baumstruktur
- Links
- Zugriffskontrolle auf OS-Ebene
- Organisation der physikalischen Datenablage und Betriebssicherheit (Journaling, Redundanz, insbesondere RAID, etc.)
- Virtualisierung



Algorithmen und Technologien

Datenbanken: Strukturierung der Inhalte

- relational
- objektorientiert
- dokumentenorientiert

Technologien:

- SQL vs. noSQL
- Vertikale vs. horizontale Skalierung (Cluster, „sharding“)



Übersicht (I)

- Allgemeine Informationstechnologie
 - Hardware
 - Software
 - Algorithmen und Technologien
 - **Sicherheit**
 - Mensch/Maschine-Schnittstelle

Sicherheit

Risiken (eine Auswahl):

- Datenverlust
- Datenveränderung
- Unbefugter Datenzugriff (lesend oder schreibend)
- Schadsoftware (Viren, Würmer, Trojaner, Rootkits, etc.)

Sicherheit

Risiken (eine Auswahl) und Maßnahmen (eine Auswahl):

- Datenverlust
 - Redundanz
 - Backup
- Datenveränderung
 - Fehlertolerante Auslegung (Redundanz, Prüfsummen, etc.)
- Unbefugter Datenzugriff (lesend oder schreibend)
 - Zugangs- und Zugriffskontrolle
 - Kryptographie
- Schadsoftware (Viren, Würmer, Trojaner, Rootkits, etc.)
 - s.o.
 - Regelmäßiges Beheben erkannter Softwarefehler

Übersicht (I)

- Allgemeine Informationstechnologie
 - Hardware
 - Software
 - Algorithmen und Technologien
 - Sicherheit
 - **Mensch/Maschine-Schnittstelle**

Mensch-Maschine-Schnittstelle

- **Hardware-Ergonomie**
 - Bildschirmtechnologie
 - Eingabegeräte (Lochkarte -> Tastatur -> Maus
-> Touchscreen, Sprach- und
Gestenerkennung, etc.)
- **Software-Ergonomie, „Usability“**
 - Ziel ist Gebrauchstauglichkeit
 - Relevante Normen: BildscharbV und EN ISO
9241 (Hard- und Software!)

Übersicht (II)

- **Spezielle Medizinische Informatik**
 - **Medizinische Software**
 - Datenmodelle, Ontologien, Terminologien
 - Datenaustausch und Interoperabilität
 - Modellierung
 - Biomedizinische Signalverarbeitung
 - IT und Medizintechnik
 - Globale Betrachtungen zur
Technologiekonvergenz



Medizinische Software

Klassifikation nach Anwendungszweck

- Strukturierte Datenerhebung und –
übermittlung
- Organisations- und
Prozessunterstützung
- Entscheidungsunterstützung



Medizinische Software

Klassifikation nach Anwendungszweck

Strukturierte Datenerhebung und –übermittlung

- Medizinische Dokumentation
- Qualitätskontrolle
- Leistungserfassungs- und Abrechnungsprozess
- Wissenschaftliche Sekundärdatennutzung
- Volks- und betriebswirtschaftliche Sekundärdatennutzung, Systemsteuerung



Medizinische Software

Klassifikation nach Anwendungszweck

Strukturierte Datenerhebung und –übermittlung

- Medizinische Dokumentation
- Qualitätskontrolle
- Leistungserfassungs- und Abrechnungsprozess
- Wissenschaftliche Sekundärdatennutzung
- Volks- und betriebswirtschaftliche Sekundärdatennutzung, Systemsteuerung



Medizinische Software

Klassifikation nach Anwendungszweck: Leistungserfassungs- und Abrechnungsprozess

DRG-System: Rolle der Software

- Strukturierte Diagnosen- und Prozedurenerfassung mittels „Codierung“
- Regelkonforme Generierung von Abrechnungsdatensätzen aus diesen Daten mittels „Grouper“ auf Basis des Definitionshandbuches („Kompaktversion“ 2014: 2743 Seiten, „Komplettversion“ 2015: 5122 Seiten)

Medizinische Software

Klassifikation nach Anwendungszweck

Organisations-/Prozessunterstützung

- Planung
- Überwachung der Plandurchführung/Controlling
- „Workflow engine“
- „Klinische Pfade“

CAVE: Medizinische Prozesse sind von höherer Variabilität gekennzeichnet als typische industrielle Prozesse



Medizinische Software

Klassifikation nach Anwendungszweck

Entscheidungsunterstützung

- Analysewerkzeuge
- Regelengines
- „data driven“ (z.B. IBM Watson)
- modellbasiert

Cave: Grenzen oft fließend

Übersicht (II)

- **Spezielle Medizinische Informatik**
 - Medizinische Software
 - **Datenmodelle, Ontologien, Terminologien**
 - Datenaustausch und Interoperabilität
 - Modellierung
 - Biomedizinische Signalverarbeitung
 - IT und Medizintechnik
 - Globale Betrachtungen zur
Technologiekonvergenz



Datenmodelle, Ontologien, Terminologien

- LOINC
- SNOMED
- MeSH
- UMLS
- ...



Datenmodelle, Ontologien, Terminologien

LOINC (Logical Observation Identifiers Names and Code)

- Entwicklung seit 1994 durch Regenstrief-Institut/Indiana University
- Labor
 - Volles Spektrum
- Klinisch
 - Messungen (Monitoring etc.), aber auch Befunde

806-0 Leukocytes [# /volume] in Cerebral spinal fluid by Manual count

NAME

Fully-Specified Name:	Component	Property	Time	System	Scale	Method
	Leukocytes	NCnc	Pt	CSF	Qn	Manual count

PART DEFINITION/DESCRIPTION(S)

White blood cells are intrinsic components of the blood. They are produced in the bone marrow and help to defend against infectious agents and foreign materials. As part of the immune system, they also help fight against malignant and aberrant cells.

Copyright: Text is available under the Creative Commons Attribution/Share-Alike License. See <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/> for details.

Source: Wikipedia, URL: [Leukocytes \(Wikipedia\)](#)

A population of white blood cells, generated in the bone marrow, that include granular cells (basophils, eosinophils, neutrophils) as well as non-granular leukocytes (lymphocytes, monocytes).

Source: National Library of Medicine, MeSH 2006

BASIC ATTRIBUTES

Class/Type:	HEM/BC/Lab
Common Lab Results	#502
Rank:	
Common SI Lab Results	#502
Rank:	
Last Updated:	2002/04/03
Order vs. Obs.:	Observation
Status:	Active

EXAMPLE UNITS

Unit	Source Type
#/mm ³	REGENSTRIEF
/uL	EXAMPLE UCUM UNITS
10 ⁶ /L	eCHN



Datenmodelle, Ontologien, Terminologien

SNOMED (Systematized Nomenclature of Human and Veterinary Medicine), 1974 durch College of American Pathologists initiiert, heute gehalten und weiterentwickelt durch International Health Terminology Standards Development Organisation (IHTSDO); **Lizenz kostenfrei in Mitgliedsstaaten, NICHT in Deutschland!!!**

Mehrachsige Nomenklatur zur Codierung medizinischer Sachverhalte wie z.B.

- Symptome
- Befunde
- Diagnosen
- Prozeduren

Datenmodelle, Ontologien, Terminologien

Versionen SNOMED

- SNOMED II : 7 Achsen mit jeweils eigenem systematischem Bezugssystem (Topographie T, Morphologie M, Ätiologie E, Funktion F, Krankheit D, Arbeit J, Prozedur P)
- SNOMED III: 11 Achsen
- SNOMED CT: CAP (SNOMED RT) + NHS (Clinical Terms) 2002; deutsche Version verfügbar, aber veraltet; 18 Achsen; ca. 800.000 Begriffe, 300.000 Konzepte
- Integration in UMLS 2003



Datenmodelle, Ontologien, Terminologien

IHTSDO SNOMED CT Browser

Release: International Edition 20140731

Perspective: Full

Feedback

About



© IHTSDO 2014

Taxonomy Search Favorites Refset

Taxonomy



Inferred view

- SNOMED CT Concept
 - Body structure (body structure)
 - Anatomical or acquired body structure (body structure)
 - Acquired body structure (body structure)
 - Amputation stump (body structure)
 - Application site (body structure)
 - Donor site (body structure)
 - Injection site (morphologic abnormality)
 - Operative site (morphologic abnormality)
 - Post-surgical anatomy (morphologic abnormality)
 - Recipient site (body structure)
 - Scar (morphologic abnormality)
 - Surgical margins (body structure)
 - Trigger point (body structure)
 - Trigger zone (body structure)
 - Tripier flap (body structure)
 - Anatomical structure (body structure)
 - Anatomical organizational pattern (body structure)
 - Anatomical site notations for tumor staging (body structure)
 - Body structure, altered from its original anatomical structure (morphologic abnormality)
 - Nonspecific site (body structure)
 - Normal anatomy (body structure)
 - Topography not assigned (body structure)
 - Topography unknown (body structure)

Concept Details

Summary Details Diagram Refsets Members References

Inferred

Parents

- Acquired body structure (body structure)

Amputation stump (body structure)



SCTID: 38033009

Amputation stump (body structure)
Amputation stump
Stump

No attributes

Children (0)

No children

Quelle: <http://browser.ihtsdotools.org/>



Datenmodelle, Ontologien, Terminologien

Medical Subject Headings (MeSH), ©
U.S. National Library of Medicine

- Kontinuierliche Weiterentwicklung
seit 1963
- Thesaurus und hierarchisches
Ordnungssystem, primär zur
Indizierung von Fachliteratur



Datenmodelle, Ontologien, Terminologien: MeSH

MeSH Tree Structures - 2015

A7 - ANATOMY-CARDIOVASCULAR SYSTEM

Cardiovascular System

Cardiovascular System	A7	
Blood-Air Barrier	A7.25	A4.411.
Blood-Aqueous Barrier	A7.30	A9.371.
Blood-Brain Barrier	A7.35	A8.186.
Blood-Nerve Barrier	A7.37	A8.800.
Blood-Retinal Barrier	A7.40	A9.371.
Blood-Testis Barrier	A7.45	A5.360.
Blood Vessels	A7.231	
Arteries	A7.231.114	
Aorta	A7.231.114.56	
Aorta, Abdominal	A7.231.114.56.205	
Aorta, Thoracic	A7.231.114.56.372	
Sinus of Valsalva	A7.231.114.56.847	
Arterioles	A7.231.114.60	A7.231.
Axillary Artery	A7.231.114.85	
Basilar Artery	A7.231.114.106	
Brachial Artery	A7.231.114.139	
Brachiocephalic Trunk	A7.231.114.145	
Bronchial Arteries	A7.231.114.158	
Carotid Arteries	A7.231.114.186	
Carotid Artery, Common	A7.231.114.186.200	
Carotid Artery, External	A7.231.114.186.200.210	
Carotid Artery, Internal	A7.231.114.186.200.230	
Carotid Sinus	A7.231.114.186.200.230	



Datenmodelle, Ontologien, Terminologien: UMLS

**UMLS (Unified Medical Language System): Integration
div. Quellen durch U.S. National Library of Medicine**

The Three UMLS Tools

- The UMLS has three tools, which we call the Knowledge Sources:
- **Metathesaurus:** Terms and codes from many vocabularies, including CPT®, ICD-10-CM, LOINC®, MeSH®, RxNorm, and SNOMED CT®
- **Semantic Network:** Broad categories (semantic types) and their relationships (semantic relations)
- **SPECIALIST Lexicon and Lexical Tools:** Natural language processing tools

Quelle: <http://www.nlm.nih.gov/research/umls>

Übersicht (II)

- **Spezielle Medizinische Informatik**
 - Medizinische Software
 - Datenmodelle, Ontologien, Terminologien
 - **Datenaustausch und Interoperabilität**
 - Modellierung
 - Biomedizinische Signalverarbeitung
 - IT und Medizintechnik
 - Globale Betrachtungen zur
Technologiekonvergenz

Datenaustausch und Interoperabilität

Standards:

- HL7 V2, V3, FHIR
- GDx
- DICOM
- CCOW
- EDI(FACT)
- ...

Übersicht (II)

- Spezielle Medizinische Informatik
 - Medizinische Software
 - Datenmodelle, Ontologien, Terminologien
 - Datenaustausch und Interoperabilität
 - **Modellierung**
 - Biomedizinische Signalverarbeitung
 - IT und Medizintechnik
 - Globale Betrachtungen zur
Technologiekonvergenz

Modellierung

Ziele

- Verständnis von Mechanismen
- Bestimmung nicht direkt beobachtbarer Eigenschaften
- Simulation für Vorhersage
- Simulation für Lehrzwecke

Modellierung

Methoden

- Stochastisch
 - Statistische Modelle
 - Stochastische Differentialgleichungen
 - Agent based models
 - ...
- Deterministisch
 - Gewöhnliche Differentialgleichungen
 - Verzögerte Differentialgleichungen
 - Partielle Differentialgleichungen
 - ...

Übersicht (II)

- Spezielle Medizinische Informatik
 - Medizinische Software
 - Datenmodelle, Ontologien, Terminologien
 - Datenaustausch und Interoperabilität
 - Modellierung
 - **Biomedizinische Signalverarbeitung**
 - IT und Medizintechnik
 - Globale Betrachtungen zur
Technologiekonvergenz

Biomedizinische Signalverarbeitung

- Medizinische Bildgebung
 - Rekonstruktion von Bildaten aus Signalen (inverses Problem, etc.)
 - Artefaktreduktion
 - Quantitative Analyse
 - ...
- Physiologische Messungen (Monitoring, Neurophysiologie, etc.)



Biomedizinische Signalverarbeitung

Physiologische Messungen (Monitoring, Neurophysiologie, etc.)

- Filterung
- Artefaktreduktion
- Berechnung abgeleiteter Größen
- Alarmierung
- ...

Relativ langsamer Innovationszyklus u.a. wg. regulatorischer Anforderungen, aber auch fehlender Unterstützung offener Standards seitens der Hersteller.

Übersicht (II)

- Spezielle Medizinische Informatik
 - Medizinische Software
 - Datenmodelle, Ontologien, Terminologien
 - Datenaustausch und Interoperabilität
 - Modellierung
 - Biomedizinische Signalverarbeitung
 - **IT und Medizintechnik**
 - Globale Betrachtungen zur
Technologiekonvergenz



IT und Medizintechnik

- Hardware (patientennahe Nutzung etc.)
- Schnittstellen und Standardisierung; Protokolle
- Gemischte Infrastrukturen, z.B. verteilte Alarmsysteme; Risikomanagement
- Typischer Systemaufbau und Implementierung in der heutigen Technologi Landschaft

Übersicht (II)

- Spezielle Medizinische Informatik
 - Medizinische Software
 - Datenmodelle, Ontologien, Terminologien
 - Datenaustausch und Interoperabilität
 - Modellierung
 - Biomedizinische Signalverarbeitung
 - IT und Medizintechnik
 - **Globale Betrachtungen zur
Technologiekonvergenz**



Globale Betrachtungen zur Technologiekonvergenz

Konvergenz von IT und Medizintechnik: Potentiale zur
Optimierung der

- Überwachung
- Planung
- Kontrolle
- Regelung

Medizintechnischer Geräte mit resultierender

- Kostendämpfung
- Beschleunigung des Innovationszyklus klassischer Medizintechnik.

Übersicht (III)

- Praktische Übungen: Recherche und Wissensorganisation
und/oder
- ein kurzer Einblick in konkrete mathematische Modellierungsprojekte im physiologischen Kontext.



Praktische Übungen: Recherche und Wissensorganisation

Recherchewerkzeuge Biomedizinische
Fachliteratur

- PubMed
- Google Scholar
- Scopus (wo verfügbar)



Praktische Übungen: Recherche und Wissensorganisation

Wissensorganisation

- Wiki
- Reference Manager, insbesondere Zotero



Vielen Dank...

...für Ihre Aufmerksamkeit!

Fragen?

Priv.-Doz. Dr. Sven Zenker

Email: zenker@uni-bonn.de

Web: <http://www.amp.uni-bonn.de>