

# Institut für Elektro- und Biomedizinische Technik

## Geschichtlicher Rückblick

Das Institut für Elektro- und Biomedizinische Technik nahm mit 1. Februar 1973 seinen Lehrbetrieb unter dem ersten Vorstand o.Univ.-Prof. Dr. Stefan Schuy auf. Es ist aus der Abteilung für Biomedizinische Technik am Institut für Bau und Betrieb elektrischer Anlagen hervorgegangen, die seit 1961 auf dem Gebiet der biomedizinischen Technik tätig war und über große internationale Erfahrungen verfügte. Im April 1976 erfolgte die Gründung der Staatlich autorisierten Versuchs- und Prüfanstalt für biomedizinische Technik. Diese Versuchs- und Prüfanstalt wurde in Geräte- und Personalunion mit dem Institut geführt.

Im März 1982 wurden folgende Abteilungen eingerichtet: Grundlagenforschung und Entwicklung (Leiter: Univ.-Prof. Dr. P. Wach), Computertechnik (Leiter: Univ.-Prof. Dr. G. Pfurtscheller) und Medizinische Elektronik (o.Univ.-Prof. Dr. S. Schuy).

Im Juli 1986 erfolgte noch die Einrichtung der Abteilung für Krankenhaustechnik (Leiter: Prof. Dr. N. Leitgeb), wobei gleichzeitig zwei der bestehenden Abteilungen umbenannt wurden, womit sich folgende Gliederung ergibt:

- Abteilung für Biophysik (Leiter: Univ.-Prof. Dr. P. Wach)
- Abteilung für Krankenhaustechnik (Leiter: Univ.-Prof. Dr. N. Leitgeb)
- Abteilung für Medizinische Elektronik (Leiter: o.Univ.-Prof. Dr. H. Hutten)
- Abteilung für Medizinische Informatik (Leiter: Univ.-Prof. Dr. G. Pfurtscheller)

Um den Forschungsaktivitäten besser gerecht zu werden, wurde im Oktober 1986 das Ludwig Boltzmann-Institut für technische Lebenshilfen unter der Leitung von o.Univ.-Prof. Dr. Stefan Schuy und im März 1987 das Ludwig Boltzmann-Institut für Medizinische Informatik unter der Leitung von Univ.-Prof. Dr. Gert Pfurtscheller eingerichtet.

Nach dem tragischen Bergunfall von o.Univ.-Prof. Dr. Stefan Schuy wurde am 1. April 1991 o.Univ.-Prof. Dr. Helmut Hutten (Johannes-Gutenberg-Universität Mainz) als neuer Ordinarius an das Institut für Elektro- und Biomedizinische Technik berufen. Mit der Einführung des neuen UOG 1993 an der TU Graz wurde im Oktober 1996 die Versuchs- und Prüfanstalt für Biomedizinische Technik ein eigenständiges Institut des Rektors.

Im Jahr der Institutsgründung gab es einen Professor, 5 Universitätsassistenten und 1 Vertragsassistenten,

heute, 25 Jahre später, sind es 4 Professoren, 8 Universitätsassistenten und 18 Forschungsassistenten. Zu erwähnen sind noch die zahlreichen Preise, die an Institutsmitglieder vergeben wurden. Den Theodor-Körner-Förderungspreis haben erhalten: Prof. Pfurtscheller, Doz. Maresch, Dr. Leitgeb, Dr. Litscher, Dipl.-Ing. Chira, Dipl.-Ing. Eichinger und Dipl.-Ing. Steller. Der Holzer-Preis wurde an Doz. Maresch und Prof. Leitgeb und der Stefan-Schuy-Preis an Dipl.-Ing. Jöchtl und Dr. Trajanoski vergeben. An Prof. Wach wurde der Staatspreis zur Förderung von Ersatzmethoden zum Tierversuch und an Prof. Pfurtscheller der Forschungspreis für Wissenschaft und Forschung des Landes Steiermark vergeben.

## Bemerkenswertes aus Lehre und Forschung

Die Schwerpunkte des Studienganges Elektro- und Biomedizinische Technik setzen sich wie folgt zusammen: Medizinische Elektronik, Krankenhaustechnik und Gesundheitsökonomie, Medizinische Informatik, Biophysik, Rehabilitationstechnik, Biologische Systemtechnik.

Vier Wahlfachkataloge dienen dazu, Spezialwissen auf einem spezifischen Teilgebiet der Biomedizinischen Technik zu vermitteln: Krankenhaustechnik, Krankenhaustechnik – Wirtschaft, Medizinische Informatik und Neuroinformatik, Medizintechnik.

Die Wahlfachkataloge "Elektro- und Biomedizinische Technik" und "Medizinische Informatik und Neuroinformatik" werden auch im Studienplan Telematik angeboten und relativ gut angenommen. Seit der Einführung der Telematik vor 10 Jahren haben von den ca. 200 AbsolventenInnen ca. 20 ihre Diplomarbeit am Institut für Elektro- und Biomedizinische Technik durchgeführt, d.h. meist einen der beiden angebotenen Wahlfachkataloge gewählt.

In den 25 Jahren seit Bestehen unseres Institutes haben 461 StudentenInnen ihre Diplomarbeit und 71 ihre Dissertation am oder in enger Kooperation mit dem Institut für Elektro- und Biomedizinische Technik durchgeführt. Der Anteil der AbsolventenInnen des Studienganges Elektro- und Biomedizinische Technik an der Gesamtzahl der AbsolventenInnen der Studienrichtung Elektrotechnik bewegt sich seit Jahren um 20 %, d.h. jede/r 5. StudentIn der Elektrotechnik wählt Biomedizinische Technik.

Die Forschung ist abteilungsspezifisch. Einige Forschungsprojekte werden im Weiteren vorgestellt.

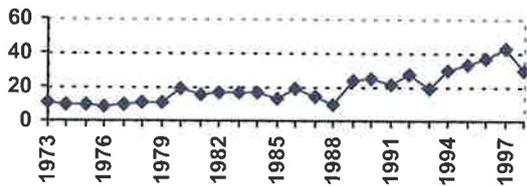


Abb.1: Durchgeführte Diplomarbeiten 1973 - 1998

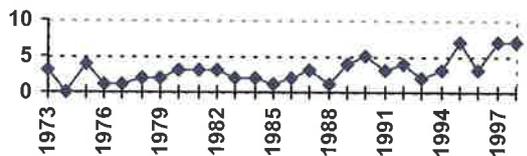


Abb.2: Durchgeführte Dissertationen 1973-1998

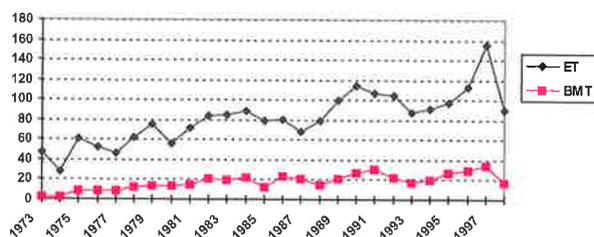


Abb.3: Absolventen/innen der Studienrichtung Elektrotechnik und des Studienganges Elektro- und Biomedizinische Technik 1973 - 1998

### Abteilung für Biophysik

Die Abteilung für Grundlagenforschung und Entwicklung in Biophysik wurde im März 1982 gegründet und besteht aus zwei Arbeitsgruppen: Bioelektromagnetismus (Leiter Dr. Tilg) und Metabolische und Endokrinologische Systeme (Leiter Dr. Trajanoski). Seit Bestehen der Abteilung wurden 97 Diplomarbeiten und 34 Dissertationen betreut, 11 Patente angemeldet und über 300 wissenschaftliche Arbeiten publiziert, wovon 50 in referierten internationalen Fachzeitschriften erschienen sind. Die Forschungsaktivitäten wurden aus Mitteln des Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung, des Jubiläumsfonds der Österreichischen Nationalbank und des Fonds zur Förderung der gewerblichen Wirtschaft unterstützt.

Die Forschungsprojekte werden in Zusammenarbeit mit dem Laboratory of Biomedical Engineering, Helsinki University of Technology, Helsinki, Finnland, dem Cardiac Electrophysiology Department, University of California, San Francisco, CA, USA, dem Howard Hughes Medical Institute, Department of Internal Medicine, Yale University, New Haven, CT, USA, dem Institut für Mikrosystemtechnik, Universität Freiburg, der Medizinischen Universitätsklinik, Karl-Franzens Universität Graz und dem Krankenhaus der Barmherzigen Brüder in Graz durchgeführt.

### Bioelektromagnetismus – Analyse bioelektromagnetischer Felder zur Funktionsdiagnostik

Der Bioelektromagnetismus setzt sich mit der Entstehung elektromagnetischer Felder biologischer Gewebe, mit den Materialeigenschaften biologischer Gewebe, mit der Beeinflussung biologischer Gewebe durch externe elektromagnetische Felder und mit der Interpretation bioelektromagnetischer Felder auseinander. Seit einigen Jahren werden weltweit große Anstrengungen unternommen, durch die Analyse von Körperoberflächenpotentialen und extrakorporaler Magnetfelder eine nichtinvasive elektrische Funktionsdiagnostik für das Gehirn, für das Herz und für den Magen-Darm-Trakt zu entwickeln. Die nichtinvasive Lokalisation elektrischer Quellen im menschlichen Herzen gewinnt zunehmend an klinischer Bedeutung. Einerseits sollen dadurch die invasiven Eingriffszeiten (z.B. im Falle einer Katheterablation) drastisch verkürzt und damit u.a. die Strahlenbelastung für das Personal im Katheterlabor (X-ray) verringert werden, andererseits sollen diese Verfahren zum Screening eingesetzt werden können - u.a. als Entscheidungshilfen zur Planung invasiver Eingriffe. Die für diese Diagnostik entwickelten Mapping-Techniken ermöglichen die simultane Erfassung des Elektrokardiogramms (EKG) und des magnetischen Herzfeldes (Magnetokardiogramm, MKG) an bis zu 256 Aufpunkten an der Thoraxoberfläche. Es ist unbestritten, dass Mappingdaten quantitativ und qualitativ mehr Information beinhalten als z.B. die 12 EKG-Standardableitungen. Dieser höhere Informationsgehalt ist insbesondere für eine räumlich-zeitliche Funktionsdiagnostik entscheidend. Ausgehend von diesen Mappingdaten kann unter Zuhilfenahme morphologischer Information auf die elektrische Quellstruktur im Herzen zurückgerechnet werden. Wird eine solche inverse Rechnung durchgeführt, so kann die elektrische Erregungsausbreitung und Erregungsrückbildung nichtinvasiv bestimmt und räumlich der anatomischen Struktur überlagert werden. Somit ist es möglich, den elektrischen Erregungszustand des Herzmuskels zu jedem Zeitpunkt der Depolarisations- und Repolarisationsphase völlig nichtinvasiv mit einer bestimmten räumlichen (Millimeter) und zeitlichen Auflösung (Millisekunden) zu rekonstruieren. Die bioelektromagnetischen Felder gehorchen der quasistationären Näherung der Maxwell'schen Gleichungen. Zur Modellierung der Volumenleiter wird die Boundary Element Methode oder die Finite Elemente Methode herangezogen. Im sogenannten Vorwärtsproblem wird der Zusammenhang zwischen der

elektrisch eingepprägten Quelle (Transmembranpotential) und dem Potential oder Magnetfeld untersucht. Im inversen Problem - das wie ein Großteil aller Medical-Imaging-Verfahren diskret ill-posed ist - werden die eingepprägten Quellen unter Anwendung gezielter Regularisierungsmethoden (räumlich und zeitlich) sowie linearer und nichtlinearer Optimierungstheorie geschätzt. Als äquivalente Quellstrukturen werden heute in inversen Problemformulierungen vorwiegend elektrische Dipolstrukturen und epikardiale Potentialverteilungen verwendet. Verteilungen des Transmembranpotentials und Verteilungen der Aktivierungs- und der Repolarisationszeit an der epi- und endokardialen Oberfläche sind im Stadium erster klinischer Pilotversuche. Diese Rekonstruktionsverfahren ermöglichen es, normale und pathologische Erregungszustände, wie sie im Falle einer Arrhythmie, einer Tachykardie, einer Extrasystole, eines Wolff-Parkinson-White-Syndroms oder eines Myokardinfarkts auftreten, zu diagnostizieren und das zugrundeliegende pathologische Substrat nichtinvasiv zu lokalisieren.

#### *Mikrosysteme für medizinische Diagnostik und Therapie*

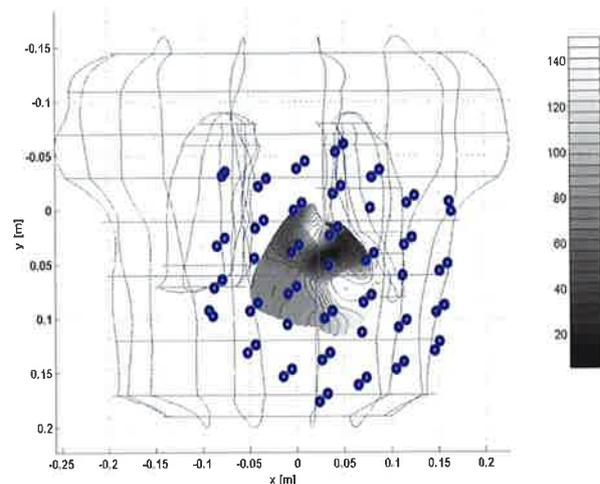
Es wird immer mehr anerkannt, dass die rasante Entwicklung in der Molekularbiologie und Biotechnologie eine neue Welle in der klinischen Medizin initiieren wird: die Welle der Molekularmedizin. Eine Reihe von Verfahren wird derzeit an vielen Universitäten und in der Industrie entwickelt, wie z.B. Zytokine, monoklonale Antikörper, Gentransfer, anti-sense Oligonukleotide oder Zelltransplantation. Die internationalen Bestrebungen, die gesamte humane genetische Information in den kommenden Jahren zu erfassen und zu sequenzieren, werden die Identifizierung von molekularen Komponenten in physiologischen und pathophysiologischen Prozessen ermöglichen und damit vollkommen neue therapeutische Ziele eröffnen.

Bislang sind jedoch trotz der revolutionären Fortschritte in der medizinischen Grundlagenforschung die Erfolge in der klinischen Medizin weit hinter den Erwartungen zurückgeblieben. Ein Grund dafür ist das Fehlen entsprechender Methoden und Geräte, die einerseits eine schnelle und effiziente Diagnostik ermöglichen und andererseits die geeignete Applikation von neuen therapeutischen Mitteln und die Kontrolle des Therapieverlaufs erlauben. Viele Fragen bleiben weiterhin unbeantwortet wie z.B. die Frage nach der Funktion und den pharmakokinetischen Eigenschaften von Molekülen, deren Struktur bekannt ist, die Frage nach der Applika-

tion von Makromolekülen in Zielgeweben oder deren therapeutische Wirksamkeit. Neue innovative Techniken werden benötigt, damit die molekularmedizinischen Fortschritte in Diagnose und Therapie umgesetzt werden.

Die offene Mikroperfusion stellt eine solche minimal invasive Technik dar, die eine Anwendung im peripheren Gewebe ermöglicht (siehe Abb.). Diese Methode wurde mit dem Ziel entwickelt

1) die interstitielle Flüssigkeit im subkutanen Fettgewebe, Muskelgewebe, Gehirn und Knochenmark bei Menschen und im Tiermodell für eine extrakorporale Analyse zu sammeln und 2) Substanzen in diesen Geweben zu verabreichen, um die Wirkung auf die lokalen metabolischen Prozesse zu untersuchen. Bislang wurden zwei Sonden entwickelt: eine Sonde für die on-line-Analyse von Ionen und Metaboliten und eine Sonde für die off-line-Analyse von Peptiden und Proteinen. Die Sonde für on-line-Analyse wurde mit einer miniaturisierten Sensordurchflusszelle kombiniert, die Glukose-Leitfähigkeits- und Laktatsensoren beherbergt hat. Es wurden damit sowohl Glukose- und Ionen-Messungen im hyper- und hypoglykämischen Bereich während Ruhebedingungen als auch Laktat-Messungen unter körperlicher Belastung im Fettgewebe durchgeführt. Die Sonde für off-line-Analyse wurde in neuen experimentellen Studien eingesetzt, mit dem Ziel, die zellulären Mechanismen der Insulinresistenz zu untersuchen. So wurde zum ersten Mal die Messung von freien Fettsäuren, Insulin, Leptin und Tumor Necrosis Factor  $\alpha$  in der interstitiellen Flüssigkeit im Skelettmuskel- und Fettgewebe ermöglicht.



**Abb.4:** Volumenleitermodell des Torso mit den 68 anterioren MKG Spulenpositionen und im inversen Problem aus dem MKG geschätzte Aktivierungszeitverteilung am Epikard des Ventrikels für eine ventrikuläre Extrasystole aus anteriorer Ansicht. Das arrhythmogene Substrat wurde am anterioren ventrikulären Epikard nach dem AV-Ring lokalisiert.

## Abteilung für Krankenhaustechnik

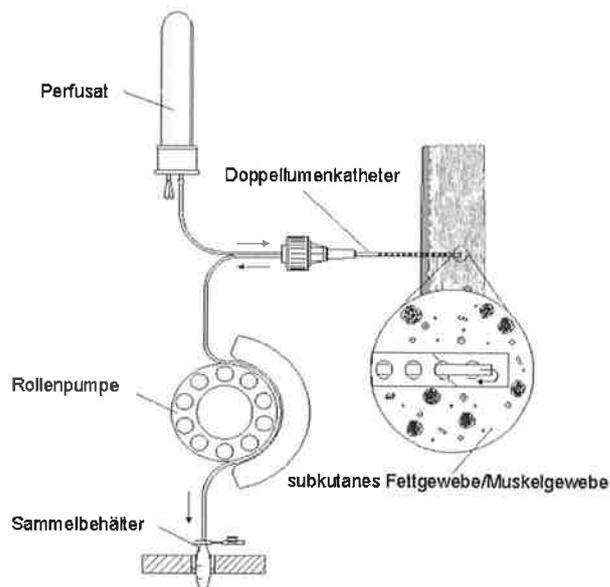
Die Entwicklung des Krankenhauses zeigt einen enormen Wandel von den ersten Ansätzen der vorchristlichen Fremdenherbergen über soziale Wohlfahrtseinrichtungen für christliche Pilger (Hospiz, Hospital), Armen-, Siechen- und Pesthäuser (Lazarett) des Mittelalters bis zu der heutigen differenzierten und teilweise hochspezialisierten Struktur eines modernen Krankenhauses als Betrieb, der spitzenmedizinische Leistungen und den Komfort eines Hotelbetriebes vereinen soll. Diesem Umstand wurde im Jahre 1986 Rechnung getragen, als vom Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung die Abteilung für Krankenhaustechnik gegründet wurde.

Das Gebiet der Krankenhaustechnik befasst sich mit den medizintechnischen und betriebstechnischen Aspekten der Planung, Errichtung und des Betriebes von Krankenanstalten mit dem Ziel, den Patienten effizient, ökonomisch und ohne vermeidbare Risiken zur Heilung oder Linderung ihrer Krankheit zu verhelfen. Die Ausbildung auf diesem Gebiet erfolgt seither an der TU Graz im Rahmen des Studienganges "Biomedizinische Technik" in zwei speziellen Wahlfachgruppen, nämlich "Krankenhaustechnik" und "Krankenhaustechnik-Wirtschaft" und stellt z.B. eine anerkannte Voraussetzung dar, die für die Tätigkeit des Technischen Sicherheitsbeauftragten erforderlich ist. Dieser ist gemäß Krankenanstaltengesetz in jeder österreichischen Krankenanstalt für die technische Sicherheit und das einwandfreie Funktionieren der medizintechnischen Geräte und technischen Einrichtungen verantwortlich.

Die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten erstrecken sich auf folgende Gebiete:

### *Sicherheitstechnik und Controlling*

1. Analyse des sicherheitstechnischen Zustandes von in Verwendung befindlichen elektromedizinischen Geräten im Krankenhaus, Untersuchung der Abhängigkeiten von der Art der Tätigkeit und der Größe und finanziellen Ausstattung einer Krankenanstalt. Es zeigten sich dabei erhebliche Unterschiede: Es ergab sich zwar die Tendenz, dass der Gerätezustand mit zunehmender Hausgröße besser war, der fehlende Zusammenhang mit den Instandhaltungskosten zeigte jedoch, dass zwar selbstverständlich Sicherheit und Zuverlässigkeit nicht zum Nulltarif erhältlich sind, dass jedoch das Problembewusstsein und der Ausbildungsstand nicht nur des technischen Personals darüber entscheiden, wie gut der sicherheitstechnische Zustand eines Kranken-



**Abb.5: Offene Mikroperfusion für on-line Messung von Ionen und Metaboliten und off-line Messung von Makromolekülen in peripherem Gewebe. Die Perfusatflüssigkeit wird zum Gewebe geführt, wo sie mit der interstitiellen Flüssigkeit vermischt und dann extrakorporal gesammelt wird. Die makroskopischen Perforationen (Durchmesser von 0.2 bis 0.5 mm) ermöglichen einen direkten Zugriff zum umliegenden Gewebe. Die Flowraten sind im Bereich von 0.2 bis 5 ml/min.**

hauses ist. Die Untersuchung zeigte die Bedeutung der vorbeugenden regelmäßigen sicherheitstechnischen Prüfung medizintechnischer Geräte. Diese war nicht nur im Bereich der Krankenanstalten durch das Krankenanstaltengesetz gefordert, sondern wurde in der Zwischenzeit im Medizinproduktegesetz 1996 auf alle im Gesundheitswesen, also auch in Arztpraxen, eingesetzten medizintechnischen Geräte erstreckt.

2. Entwicklung eines Softwarepaketes zur computerunterstützten Erfassung und Verwaltung von Daten elektromedizinischer Geräte und der Ergebnisse ihrer wiederkehrenden Prüfung gemäß Krankenanstaltengesetz.

3. Entwicklung eines Softwarepaketes zum computerunterstützten Controlling medizinischer Leistungen. Mit diesem Instrumentarium sollen Umstellung von der belegtagabhängigen Krankenhausfinanzierung auf die leistungsbezogene Abrechnung aus betriebswirtschaftlicher Sicht unterstützt werden, indem z.B. die von Ärzten beeinflussbaren Kosten erfasst und für weitere Analysen verfügbar gemacht werden.

### *Entwicklung von Geräten und Verfahren*

1. Entwicklung eines computergesteuerten Reizstromgerätes mit besonders erniedrigten Ableitströmen zur Untersuchung der Wahrnehmbarkeitsschwellen gegenüber elektrischen Wechselströmen.

2. Entwicklung eines 4-kanaligen Biofeedbackgerätes

zur Therapie von Muskelerkrankungen, mit dem der Anspannungsgrad von Muskeln über Elektroden erfasst und dem Patienten optisch und akustisch rückgekoppelt wird. Die üblicherweise diffizile Anwendung wurde durch eingebaute Signalverarbeitungsverfahren optimiert, so dass das Gerät sich selbstständig auf die Gegebenheiten einstellt und die Bedienung auch durch Laien zuverlässig möglich ist.

3. Nichtinvasive Diagnose des Heilungsverlaufes von Knochenbrüchen: Trotz der Häufigkeit und der volksgesundheitlichen Bedeutung von Knochenbrüchen ist ihre medizinische Diagnose primär auf die Darstellung im Röntgenbild angewiesen. Der Nachteil liegt jedoch darin, dass Weichteilstrukturen, die für den Heilungsverlauf ebenfalls von Bedeutung sind, unzureichend dargestellt werden und dass die Untersuchung wegen der Strahlenbelastung nicht beliebig oft durchgeführt werden kann. Es konnten zwei Methoden entwickelt und klinisch erprobt werden, die es gestatten, den Heilungsverlauf nichtinvasiv zu diagnostizieren:

- Bei vielen Frakturen bildet sich um den Bruchspalt ein ringförmiges Blutgerinnsel, das sich im Verlauf der Heilung in eine knöcherne Kallusmanschette umwandelt. Bei jenen Frakturen, die durch eine ausreichend dicke Kallusmanschette charakterisiert sind, konnte an Tibiafrakturen nachgewiesen werden, dass durch direkte Ultraschallanalyse mit konventionellen Ultraschall-B-Scannern eine Diagnose durch Auswertung der Änderung der Schalllaufzeit und der Echodichte möglich ist.
- Für jene Frakturen, die nicht durch einen starren Verband behandelt, sondern durch ein externes Metallgestänge stabilisiert werden, wurde das Verfahren der computerisierten Sonometrie entwickelt, mit dem die im Verlauf der Heilung und Stabilisierung auftretende Änderung des Schwingverhaltens des untersuchten Knochens ausgewertet wird. In Zusammenarbeit mit der Chirurgischen Universitätsklinik im LKH Graz (Dr. Fellinger) konnte dieses Verfahren klinisch erprobt werden.

#### *Biologische Wirkungen elektromagnetischer Felder*

Unsere Gesellschaft verzeichnet einen einzigartigen Anstieg in Bezug auf die Anzahl und Vielfalt von Quellen elektrischer und magnetischer Felder wie z.B. Eisenbahnlinien, Hochspannungsleitungen, Computer, Radio- und Fernsehsender, Mobiltelefone, Mikrowellenöfen und Radaranlagen. Einerseits hat dies unser Leben reicher, sicherer und leichter gemacht. Andererseits war und ist diese Entwicklung von Befürchtungen über

mögliche gesundheitliche Beeinträchtigungen durch die elektromagnetischen Felder begleitet. Sowohl für die Festlegung von Grenzwerten für die Allgemeinbevölkerung als auch für die Beurteilung einzelner Fälle stellen sich zwei Fragen: 1. Wie wirken solche Felder auf den Menschen? 2. Gibt es Personen, die gegenüber solchen Feldern wesentlich empfindlicher, also "elektrosensibler" reagieren als die Allgemeinbevölkerung?

Beide Fragen bilden bereits seit vielen Jahren einen Forschungsschwerpunkt am Institut, der in nationalen und internationalen Kooperationen bearbeitet wurde und wird.

Es wurde untersucht:

1. die Änderung elektrophysiologischer Signale von Probanden bei Exposition gegenüber elektrischen Gleich- und Wechselfeldern;
2. die Änderung von Vital- und Stoffwechselfparametern bei chronischer Exposition von Mäusen gegenüber elektrischen Gleich- und Wechselfeldern;
3. die Beeinflussbarkeit von Nervenzellen durch elektrische Stromdichten im gesamten Frequenzbereich von 0,1 Hz bis 10 kHz mit Hilfe eines mathematischen Modells der Körperzelle;
4. die intrakorporale Stromdichteverteilung bei über Elektroden direkt applizierten Strömen an anatomischen Computermodellen;
5. die Empfindlichkeit von Personen gegenüber elektromagnetischer Exposition durch Erfassung und Auswertung anamnestischer Parameter und Messung der Wahrnehmbarkeitsschwelle für direkt applizierte elektrische 50 Hz-Wechselströme
  - in einer Querschnittsstudie an der Grazer Bevölkerung
  - an (elektrosensiblen?) Personen, die im Alltag über gesundheitliche Beschwerden klagen, die sie auf die Einwirkung elektrischer oder magnetischer Felder von nahen Feldquellen zurückführen
  - an (Panik-) Patienten zur Klärung des Einflusses des Selbstbeobachtungsgrades
  - an gesunden Probanden in Abhängigkeit der Expositionsdauer und -stärke
6. "elektrosensible" Personen in Hinblick auf die Häufigkeit der Krankheits-Symptome und der dafür verantwortlich gemachten Feldquellen im Rahmen eines multilateralen EU-Projektes. Es zeigten sich dabei signifikante nationale Unterschiede nicht nur in Hinblick auf die Häufigkeit der Fälle (in nördlicheren Ländern größer als im Süden), sondern auch in Hinblick auf die verantwortlich gemachten Feldquellen (in nördlicheren

Ländern im Raum befindliche Geräte wie Bildschirmterminals, in Mitteleuropa externe Feldquellen wie Hochspannungsleitungen und Mobilfunk-Basisstationen);

7. Wahrnehmbarkeit magnetischer Feldexpositionen durch Teilkörperexposition von Unterarmen gesunder Probanden;

8. indirekte Auswirkungen von Magnetfeld-Teilkörperexpositionen: Quantifizierung von Körperreaktionen und Abhängigkeit von der Expositionsdauer und -stärke an gesunden Probanden.

### **Abteilung für Medizinische Elektronik**

o.Univ.-Prof. Dr.techn. H. Hutten, der 1991 als Nachfolger von o.Univ.-Prof. Dr.techn. Dr.med. h.c. S. Schuy auf den Lehrstuhl für Elektro- und Biomedizinische Technik an der TU Graz berufen wurde, ist Mitglied des Administrative Council der International Federation for Medical and Biological Engineering, Ehrenmitglied der Deutschen Gesellschaft für Biomedizinische Technik, berufenes Mitglied der World Academy of Biomedical Technology, Herausgeber des 4-bändigen Standardwerkes Biomedizinische Technik sowie des Buches Science and Technology for Medicine - Biomedical Engineering in Graz. Der Abteilung zugeordnet sind Ass.-Prof. Dr.techn. G. Wießpeiner, Dr.techn. H. Scharfetter, Dipl.-Ing. B. Fahn, Ing. W. Gmeindl und Ing. F. Ogris. Schwerpunkte an der Abteilung sind vor allem Entwicklungen auf dem Gebiet der Herzschrittmacher, der Bioimpedanzmessung, des Herz-Kreislauf-Monitorings, der Rehabilitationstechnik, der Prozessoptimierung (z.B. der Dialyse), der Folgenabschätzung in der Medizintechnik und zunehmend Entwicklungen auf dem Gebiet der Telemedizin, des Digitalen Krankenhauses, der funktionellen Bildverarbeitung sowie der Präventivmedizin. Die Abteilung ist mit dem Projekt Optimization of Process Control during Artificial Blood Purification am Spezialforschungsbereich Optimization and Control beteiligt (Mitarbeiter: Dr. techn. P. Bachhiesl).

Die Abteilung ist derzeit an insgesamt 4 verschiedenen TEMPUS-Projekten unmittelbar beteiligt.

#### *Herzschrittmacher und kardiales Telemonitoring*

In den letzten Jahren wurden in Zusammenarbeit mit klinischen und industriellen Partnern folgende Teilprojekte bearbeitet:

- Entwicklung und Evaluierung eines frequenzadaptiven Herzschrittmachers, der die im Herzen in der Kontraktilität noch vorhandene Information über die Aktivität des autonomen Nervensystems

ausnutzt, um die bedarfsgerechte Stimulationsfrequenz zu ermitteln. Mit diesem Konzept konnte erstmals ein dem physiologischen Systemverhalten entsprechendes closed-loop System verwirklicht werden.

- Mit CHARM (Computerized Heart Acute Rejection Monitoring) wurde ein nicht-invasives Verfahren zur Abstoßungsüberwachung bei Patienten nach Herztransplantation entwickelt und weltweit bei inzwischen etwa 180 Patienten klinisch evaluiert. Die Signalübertragung erfolgt über das Internet. Der mit speziell entwickelter Software ermittelte Befund steht den Kliniken innerhalb weniger Minuten zur Entscheidung über das weitere Vorgehen zur Verfügung.
- Die mit CHARM gewonnenen Erkenntnisse lassen die Schlussfolgerung zu, dass die intramyokardialen Elektrogramme weitergehende Informationen zur hämodynamischen Zustandsbeurteilung des Herzens enthalten. Derzeit wird ein neuer methodischer Ansatz zur Optimierung der av-Überleitungszeit bei Patienten mit Hypertrophic Obstructive Cardiomyopathy klinisch evaluiert.

#### *Herz-Kreislauf-Monitoring*

Dazu gehören insbesondere folgende Teilprojekte:

- Entwicklung eines Verfahrens zur Überwachung der Hämodynamik während der Hämodialyse mit dem Ziel der frühzeitigen Erkennung und Vermeidung von kreislaufbedingten Zwischenfällen. In Zusammenarbeit mit der Dialysestation am LKH Graz werden Trendverläufe von hämodynamischen Parametern (z.B. Herzrate, Schlagvolumen, systolische Zeitintervalle), von Ionenkonzentrationen und Blutgasparametern aufgezeichnet und ausgewertet. Insbesondere bestimmte Indizes, die aus der Herzratenvariabilität (kurzzeitigen Schwankungen der Herzfrequenz) abgeleitet werden, sind nach dem derzeitigen Stand zur Risikoeinschätzung für das Auftreten von Blutdruckkrisen geeignet.
- Die nicht-invasive Bestimmung der Gefäßcompliance, d.h. der nichtlineare Zusammenhang zwischen dem intravasalen Volumen und dem intravasalen Druck, hat eine große diagnostische Bedeutung für die Früherkennung von Gefäßwandveränderungen, wie sie z.B. mit der Arteriosklerose einhergehen. Es wird derzeit eine Messanordnung auf der Basis der Impedanzplethysmographie und der Arterionometrie zur Anwendung an der A. carotis entwickelt.

### *Optimierung spezieller Therapieformen in der Medizin*

In diesem Teilprojekt zum Spezialforschungsbereich Optimierung und Kontrolle wird ein Verfahren zur Optimierung der individuell angepassten Dialysetherapieführung unter Berücksichtigung von vorhandenem ärztlichem Expertenwissen entwickelt, dessen Ziel die Verringerung der Akutkomplikationen (Aufretenshäufigkeit bei ca. 25% der Behandlungen) ist. Die Prozessoptimierung beruht auf vier interagierenden Modulen, Modul 1 dient der Simulation der wichtigsten Austauschvorgänge anhand eines evaluierten und individuell anpassbaren Multikompartimentmodelles. Modul 2 ermöglicht die Identifikation unbekannter Simulationsparameter. Modul 3 stellt ein Expertensystem dar, in dem klinisches Erfahrungswissen und hämodynamische Zustandsgrößen in Beziehung zu den im Modell enthaltenen Zustandsgrößen gesetzt werden. Modul 4 dient der Berechnung jener Prozesssteuergrößen (z.B. Konzentrationen im Dialysat, Geräteparameter), die zur Erreichung der vom Modul 3 vorgeschlagenen Ziel austauschdynamiken erforderlich sind.

### *Impedanzverfahren*

Im Vordergrund stehen folgende Teilprojekte:

- Weiterentwicklung eines vorhandenen Breitband-Impedanztomographen. Das Ziel ist die Entwicklung eines Gerätes, mit dem eine Kombination von hochauflösenden bildgebenden Verfahren und der Impedanzspektroskopie zur Funktionsdarstellung ermöglicht wird.
- Die Entwicklung eines Gerätes zur berührungsfreien Messung der Gewebsimpedanz über einen weiten Frequenzbereich (5 kHz - 5 MHz). Anwendungsbereiche für ein derartiges Verfahren werden vor allem in der Überwachung von Gehirnödemem und von Abstoßungsprozessen in implantierten Organen wie Leber und Niere gesehen.

### *Rehabilitationstechnik*

Die Arbeiten auf diesem Gebiet werden in Zusammenarbeit mit dem Ludwig-Boltzmann-Institut für technische Lebenshilfen durchgeführt. Es handelt sich dabei insbesondere um folgende Teilprojekte:

- Eye Writer: Diese Kommunikationshilfe ist für solche schwerstbehinderte Patienten gedacht, die sich weder durch Sprache noch andere motorische Signale wie Schreiben oder Betätigen einer Tastatur mit ihrer Umwelt verständigen können. Dabei wird die Augenbewegung genutzt, um einen

Cursor auf einem Bildschirm so zu steuern, dass entweder ein Wort geschrieben oder eine bestimmte Gerätefunktion aktiviert werden kann.

- Treppensteigender Gehstuhl: Nach wie vor ist das Überwinden von Hindernissen wie Treppen für Patienten im Rollstuhl ein kaum bewältigbares Problem. Es wird an der Entwicklung eines Gehstuhles gearbeitet, der mit entsprechender Sensor- und Prozessorsteuerung in der Lage ist, Treppen hinauf- bzw. hinabzusteigen.

## **Abteilung für Medizinische Informatik**

### *Lehre*

Die Abteilung für medizinische Informatik ist für den Wahlfachkatalog Medizinische Informatik und Neuroinformatik verantwortlich, der in den Studienrichtungen Elektrotechnik, Telematik und Mathematik angeboten wird, wobei im Durchschnitt 8 Studierende pro Jahr ihre Diplomarbeit im Bereich der Medizinischen Informatik an der Abteilung durchführen. Durch die Teilnahme an zwei EU-Projekten und einem National Institute of Health (NIH-USA)-Projekt besteht für Studierende die Möglichkeit, an diesen Projekten mitzuarbeiten und Erfahrungen auf dem Gebiet internationaler Projektabwicklung zu sammeln (derzeit befindet sich bereits der vierte Student im Rahmen eines 6-monatigen Aufenthalts bei einem unserer Kooperationspartner am Department of Health, Albany, N.Y. und führt dort seine Diplomarbeit durch). Der Schwerpunkt der Lehre liegt auf den Gebieten Digitale Signalverarbeitung, adaptive Parameterschätzung, Expertensysteme und neuronale Netzwerke.

### *Forschung*

Drei Projekte dominieren die Forschungsarbeit an der Abteilung. Erstens das Projekt „EEG-based Brain Computer Communication (BCI)“, das in Kooperation mit dem Department of Health in Albany N.Y. und der Universität Tübingen, D, durchgeführt wird und derzeit bis 2003 gesichert erscheint. Das zweite Projekt ist das EU-Projekt SIESTA im Rahmen des BIOMED 2 Programmes, bei dem es um die Untersuchung der Schlafstruktur geht. Beim dritten Projekt handelt es sich um eine Verbesserung der Diagnose der Parkinson-Erkrankung, das derzeit im Rahmen des EU COST B 10 Programmes „Brain Damage Repair“ mit Labors in Milano, Tübingen und Lille vernetzt wird.

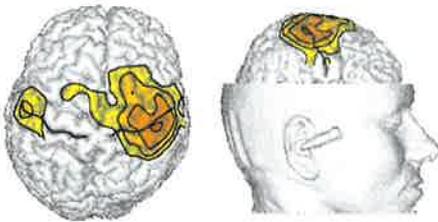
Sowohl beim BCI- wie auch beim Parkinson-Projekt geht es um die Quantifizierung eines Hirnphänomens, nämlich der „Event-Related Desynchronization, ERD“.

Die ERD wurde vor 20 Jahren am Institut für Elektro- und Biomedizinische Technik erstmals beschrieben und ist seit 1997 im Lehrbuch von Schmidt-Thews, „Physiologie des Menschen“, 27. Auflage, Springer Verlag, zu finden. Mit Hilfe der ERD-Methode kann die Dynamik kortikaler Aktivierungsprozesse erstmals sichtbar gemacht werden.

Grundlage für die Brain-Computer-Kommunikation sind personen-spezifische Aktivierungs-(ERD-)Muster beim Vorstellen von linken und rechten Handbewegungen. Ein Beispiel dafür ist in Abb.6, in Verbindung mit einem realistischen Kopfmodell, zu sehen. Beim BCI muss die bioelektrische Hirnaktivität (EEG) in Echtzeit analysiert und klassifiziert werden. Ein solches BCI kann u.a. auch für die Steuerung einer Handprothese verwendet werden (Abb.7).

Für die Signalverarbeitung werden dabei u.a. adaptive Parameterschätzverfahren (z.B. Kalman Filter) und für die Klassifikation lineare und nicht-lineare Methoden verwendet.

**Vorstellung einer linken Handbewegung**



**Vorstellung einer rechten Handbewegung**



Abb.6: ERD-Muster beim Imaginieren einer linken und einer rechten Handbewegung. „Schwarz“ bezeichnet aktivierte kortikale Areale

Beim BIOMED 2 Projekt SIESTA werden von einigen Schlaflabors in Ländern der EU polygraphische Registrierungen über 8 Stunden Schlaf durchgeführt. Eine Gruppe von technisch orientierten Universitätsinstituten verarbeitet die Daten nach verschiedenen Gesichtspunkten und führt eine Klassifikation der analysierten Daten mit verschiedenen Verfahren durch. Die so erhaltenen Hypnogramme sollten eine möglichst optimale Beschreibung der Schlafstruktur bei Gesunden und bei Personen mit Schlafstörungen ermöglichen (Abb. 8).

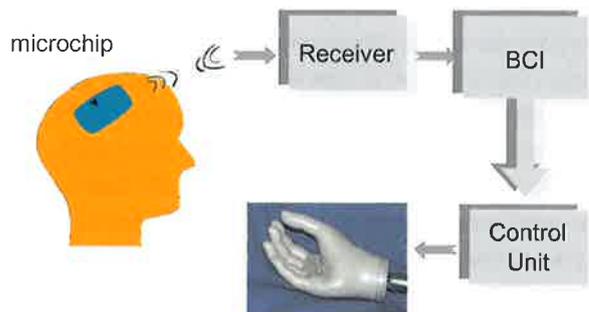


Abb.7: Zukünftiges Prinzip einer Prothesensteuerung basierend auf EEG-Signalen: Die elektrische Hirnaktivität wird z.B. über einen Mikrochip (Elektrodensensor, Verstärker und Sender) im motorischen Cortex erfasst. Mit Hilfe einer direkten Schnittstelle zwischen Gehirn und Computer, dem sog. „Brain-Computer-Interface“ (BCI), werden die Signale vom Gehirn unmittelbar in Kontrollsignale zur Prothesensteuerung transformiert.

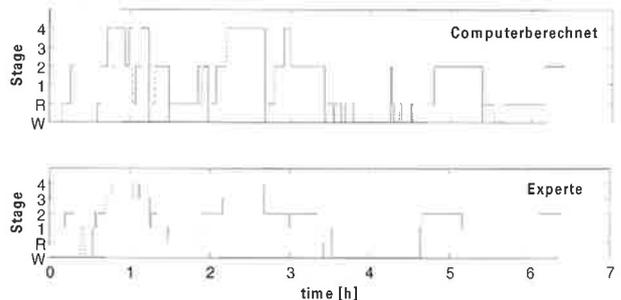


Abb.8: Schlafstruktur (Hypnogramme) ermittelt von einem Computerprogramm (oben) und einem Neurologen (unten).