

# Bachelorarbeit

Ahmet Inci

Medizintechniken als Biofeedbackgeber in einem  
Usability-Labor

# Ahmet Inci

Medizintechniken als Biofeedbackgeber in einem Usability-  
Labor

Bachelorarbeit eingereicht im Rahmen der Bachelorprüfung  
im Studiengang Angewandte Informatik  
am Department Informatik  
der Fakultät Technik und Informatik  
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Betreuender Prüfer : Prof. Dr. Olaf Zukunft  
Zweitgutachter : Prof. Dr. rer. nat. Michael Neitzke

Abgegeben am 31. März 2009

**Ahmet Inci**

**Thema der Bachelorarbeit**

Medizintechniken als Biofeedbackgeber in einem Usability-Labor

**Stichworte**

Elektroenzephalogramm, Elektrokardiogramm, Elektromyogramm, Usability

**Kurzzusammenfassung**

Diese Arbeit untersucht die Einsetzbarkeit eines Elektroenzephalogramms im Umfeld des Usability-Labors der Hochschule für Angewandte Wissenschaften in Hamburg. Es wird geprüft, in wie weit der Einsatz dieser Technologie die bisherigen Auswertungsmöglichkeiten des Labors erweitert. Abschließend wird noch betrachtet, ob der Nutzen den betriebenen Aufwand rechtfertigt.

**Ahmet Inci**

**Title of the paper**

Medical technologies as biofeedback giver in an usability-laboratory

**Keywords**

Electroencephalogram, Electrocardiogram, Electromyogram, Usability

**Abstract**

This report examines the possibility to integrate an electroencephalogram in the environment of the usability-laboratory at the university of applied sciences in Hamburg. It will be checked, whether usage of this technology enhances the analysis options of the usability-laboratory. Finally it is proved, if the reachable benefit justifies the effort.

## Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis .....	1
Abbildungsverzeichnis .....	3
Tabellenverzeichnis .....	4
Danksagung .....	5
1 Einleitung .....	6
1.1 Motivation .....	6
1.2 Zielsetzung .....	6
1.3 Gliederung der Arbeit .....	6
2 Grundlagen .....	7
2.1 Medizinische Diagnosemittel .....	7
2.2 Elektroenzephalogramm .....	7
2.3 Elektrokardiogramm .....	15
2.4 Elektromyogramm .....	18
2.5 Blutdruck- und Pulsmessung .....	21
2.6 Usability-Untersuchung .....	24
2.6.1 Definition .....	24
2.6.2 Usability-Test .....	26
2.6.2.1 Allgemein .....	26
2.6.2.2 Durchführung .....	26
2.6.2.3 Ziel .....	27
2.6.3 Usability-Labor .....	28
3 Einsetzbarkeitsanalyse .....	32
3.1 Definition der Analyse Kriterien .....	32
3.2 Elektroenzephalogramm .....	35
3.3 Elektrokardiogramm .....	35
3.4 Elektromyogramm .....	35
3.5 Blutdruck- und Pulsmessung .....	35
3.6 Fazit .....	36
4 Konzept für Einsatz eines EEG-Gerätes in einem Usability-Labor .....	37
4.1 Vorbereitung und Aufbau .....	37
4.1.1 Anforderungen .....	37
4.1.2 Vorgehen .....	38
4.2 Durchführung – 1. Durchlauf .....	42
4.2.1 Versuchsvorbereitung .....	42
4.2.2 Versuchsdurchführung .....	43
4.2.3 Bewertung .....	43
4.2.3.1 Positive Erfahrungen .....	43
4.2.3.2 Negative Erfahrungen .....	44
4.2.4 Fazit .....	46
4.3 Durchführung – 2. Durchlauf .....	47
4.3.1 Versuchsvorbereitung .....	47
4.3.2 Versuchsdurchführung .....	48
4.3.3 Bewertung .....	48
4.3.3.1 Positive Erfahrungen .....	48

---

4.3.3.2 Negative Erfahrungen.....	49
4.3.4 Fazit .....	49
4.4 Auswertung der Ergebnisse .....	50
5 Fazit und Ausblick .....	53
5.1 Zusammenfassung .....	53
5.2 Ausblick .....	54
Glossar .....	55
Literaturverzeichnis .....	56

---

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 – EEG-Haube.....	7
Abbildung 2 – Unipolar-Bipolar.....	8
Abbildung 3 – Wellentypen .....	10
Abbildung 4 – Akustisch evoziertes Potenzial .....	11
Abbildung 5 – Average-Verfahren .....	12
Abbildung 6 – Evozierte Potentiale.....	13
Abbildung 7 – Erwartungs- und Bereitschaftspotential.....	14
Abbildung 8 – EKG-Ableitung nach Einthoven .....	16
Abbildung 9 – Herzerregung und Summationsvektor.....	17
Abbildung 10 – EMG-Ableitungstechniken.....	19
Abbildung 11 – Manometer und Stethoskop [Wikipedia 2008a] .....	21
Abbildung 12 – Blutdruckmessung nach Riva-Roci und Korotkow.....	23
Abbildung 13 – Gebrauchstauglichkeit nach ISO Norm 9241 [Usability 2008] .....	25
Abbildung 14 – Aufbau des Usability-Labors im Department Informatik der HAW- Hamburg [Klenge 2008].....	28
Abbildung 15 – Regieraum .....	29
Abbildung 16 – Testraum .....	30
Abbildung 17 – Rechnerturm .....	31
Abbildung 18 – Aufbau EEG-Labor der neurologischen Abteilung der Asklepios Klinik St. Georg.....	39
Abbildung 19 – Aufbau EEG-Labor der neurol. Abt. St.Georg mit mobilem Usability- Labor.....	42
Abbildung 20 - EEG-Ableitung.....	50

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1 – Übersicht der EEG-Wellentypen.....	11
Tabelle 2 – Übersicht der Ableitungstypen.....	16
Tabelle 3 – Analyse.....	36

## Danksagung

Vielen Menschen gilt es an dieser Stelle meinen Dank auszusprechen, die mir diese Arbeit ermöglicht haben.

Ich bedanke mich bei meinen Eltern, die mir es überhaupt ermöglicht haben zu studieren. Insbesondere meiner Mutter danke ich für Ihre aufmunternde und ermutigende Unterstützung.

Ein ganz besonderer Dank geht an meine Frau Telli, die die schwierige Zeit mit mir gegangen ist. Ein riesen Lob haben meine Tochter Semiha und mein Sohn Mehmet Ali verdient, die für meine ständige Abwesenheit großes Verständnis aufgebracht haben.

Weiterhin danke ich meinem Betreuer Prof. Dr. Olaf Zukunft für seine vielen Anregungen und seine kritischen Betrachtungen.

Ich bedanke mich bei Dr. med. Christoph Terborg von der Klinik für Neurologie der Asklepios-Klinik St. Georg, der mir das EEG-Labor zu Verfügung gestellt hat. Herrn Ruhnke vom EEG-Labor danke ich für seine tatkräftige Unterstützung während der Tests und der Beurteilung der Ergebnisse.

Ich bedanke mich ebenfalls bei meinen Kommilitonen und Freunden, die sich bereit erklärt haben als Probanden mitzuwirken.

Zuletzt möchte ich mich bei Stefan Richter für seine tolle technische Unterstützung bedanken, und bei Doreen Neumann dafür, dass sie meine Arbeit Korrektur gelesen hat.

# **1 Einleitung**

## **1.1 Motivation**

Im Usability-Labor der HAW-Hamburg haben sich im Laufe der Zeit viele Untersuchungsmethoden und -techniken etabliert. „Task based testing“ und „Thinking aloud“ können hier beispielhaft als Untersuchungsmethoden genannt werden. Als technisches Hilfsmittel hat sich ein Eye-Tracking-System sehr bewehrt. Um die Möglichkeiten der Analyse- und Auswertungstechniken zu erweitern, ist das Team des Usability-Labors der HAW-Hamburg stets auf der Suche nach neuen und innovativen Techniken und Methoden für das Labor. In diesem Zusammenhang macht man sich Gedanken, ob interdisziplinäre Techniken und Methoden nicht Einzug ins Labor finden können. Ein Bereich, wo man sich sehr vieler Körpermetriken zur Diagnostik von Krankheiten bedient, ist der Fachbereich Medizin. Eine mögliche Erweiterung in diesem Bereich wäre die Integration eines EEG-Gerätes als Biofeedbackgeber in einem Usability-Labor.

## **1.2 Zielsetzung**

Ziel dieser Arbeit ist es zu überprüfen, ob die von einem EEG-Gerät gelieferten Messwerte zu analytischen Zwecken in einem Usability-Labor verwendet werden können und somit die Auswertungsmöglichkeiten bereichern können. Anhand geeigneter Aufgabenstellungen sind die zu erzielenden Ergebnisse zu analysieren und zu bewerten. Hierbei soll der bei der Benutzung des EEG-Gerätes entstehender Nutzen in Relation zu dem damit verbundenen Aufwand betrachtet werden.

In einem abschließenden Ausblick sollten mögliche Einsatzfelder für die Benutzung eines EEG-Gerätes beschrieben werden.

## **1.3 Gliederung der Arbeit**

In Kapitel 2 werden zu Anfang die Grundlagen von medizinischen Diagnosemethoden wie Elektroenzephalogramm, Elektrokardiogramm, Elektromyogramm und Blutdruck- und Pulsmessung beschrieben. Im weiteren Verlauf wird dann eine Übersicht über die Usability-Untersuchung gegeben.

Kapitel 3 befasst sich mit der Einsetzbarkeitsanalyse von in Kapitel 2 beschriebenen medizinischen Diagnosemitteln.

Das Konzept für den Einsatz eines EEG-Gerätes in einem Usability-Labor wird in Kapitel 4 beschrieben. Nach der Umsetzung des Konzepts im ersten Durchlauf erfolgt dann eine kritische Bewertung. Mit kleinen Modifikationen wird dann der zweite Durchlauf angegangen und schließlich erfolgt dann eine Bewertung der Ergebnisse.

Die Arbeit schließt in Kapitel 5 mit einer Zusammenfassung der Ergebnisse und einem Ausblick darauf, unter welchen Umständen eine weiterführende Untersuchung erfolgversprechend wäre.

## 2 Grundlagen

(Vgl. [Deetjen u.a 2005], [Golenhofen 2006], [Hick und Hick 2002], [Schmidt und Lang 2007], [Silbernagl u.a. 2005])

### 2.1 Medizinische Diagnosemittel

Die in der Medizin eingesetzten Diagnosemittel sind sehr vielfältig. Sie reichen von der Labormedizin über Gerätemedizin bis hin zur psychologischen Diagnostik.

Im weiteren Verlauf werden nur einige der Geräte, die in der gängigen Praxis Anwendung finden, näher betrachtet werden.

### 2.2 Elektroenzephalogramm

#### Allgemeines

Das Elektroenzephalogramm (EEG) ist eine in der Neurologie standardmäßig eingesetzte Untersuchungsmethode, mit der in der Hirnrinde entstehende Potentialschwankungen abgeleitet und sichtbar gemacht werden. Das EEG ist also ein Spiegelbild des Signalausstroms zur Hirnrinde. Die Ableitung erfolgt dabei durch auf der Kopfhaut der Schädeldecke nach einem bestimmten Muster verteilten knopfförmige Elektroden aus einer Silberlegierung. Erfolgt die Ableitung direkt von der Hirnhaut z.B. bei einem neurochirurgischen Eingriff spricht man von einem Elektrokortikogramm (ECoG).



**Abbildung 1 – EEG-Haube**  
[Wustl Edu 2008]

## Einsatz in der medizinischen Diagnostik

In der klinischen Diagnostik gibt das EEG wichtige Aufschlüsse über:

- Lokalisation und Diagnose von Anfallsleiden (Epilepsie)
- Bestimmung des zerebralen Todes (Hirntod)
- Abschätzung der Folgen von Vergiftungen auf die Hirntätigkeit
- Abschätzung der Narkosetiefe
- Untersuchung von Pharmakawirkungen (Medikamentenwirkungen)
- Abschätzung von zerebralen Störungen nach Durchblutungsstörungen
- Diagnose von Aufmerksamkeits- und Schlafstörungen
- Bestimmung von Reifungsstörungen des Gehirns

## Entstehung des EEG

Für die Entstehung von einem EEG sind Potentialschwankungen an Pyramidenzellen in der Hirnrinde verantwortlich. Durch synaptische Aktivitäten afferenter Neurone (ankommende Nervenzellen) wird an einem kortikalen Neuron (Pyramidenzelle) eine Potentialänderung initiiert, die extrazelluläre Ionenströme erzeugt. Diese extrazellulären Ionenströme werden von den Elektroden eines EEG-Gerätes als Feldpotentiale erfasst und in graphischer Form wiedergegeben. Aus intrazellulären Ionenströmen resultiert das Magnetoenzephalogramm (MEG).

## Ableitung

Das EEG kann unipolar oder bipolar abgeleitet werden. Bei der unipolaren Ableitung wird eine differente Elektrode gegen eine Referenzelektrode z.B. eine Elektrode die am Ohr angebracht ist, geschaltet. Im Falle der bipolaren Ableitung erfolgt die Ableitung zwischen zwei differenten Elektroden.

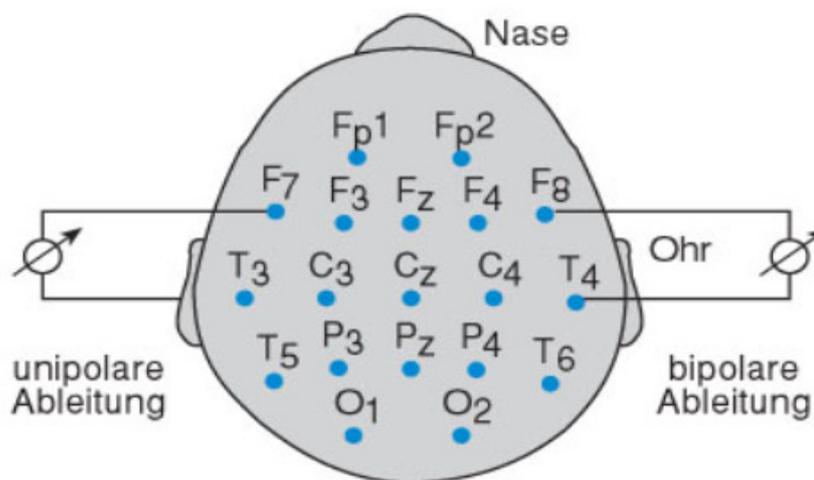


Abbildung 2 – Unipolar-Bipolar

## Frequenzbänder des EEG bei Menschen (Spontanes EEG)

In Abhängigkeit von unterschiedlichen Aktivitätszuständen des Gehirns werden verschiedene Wellenformen unterschiedlicher Frequenzen und unterschiedlicher Amplitudenhöhe abgeleitet und in Frequenzbänder unterteilt. Die Frequenz hängt sowohl vom Reifungsgrad als auch vom Aktivitätsniveau des Gehirns ab und liegt zwischen 0 und 80 Hz. Die Amplituden haben eine Größenordnung von 0 bis 100  $\mu\text{V}$ . Unterschieden werden folgende Frequenzbänder, die bei einem EEG schon ohne die Reizung eines Sinneskanals spontan und kontinuierlich auftreten:

- **Alpha-( $\alpha$ )-Wellen**

$\alpha$ -Wellen haben eine Frequenz von 8-13 Hz (durchschnittlich 10 Hz). Sie treten bei wachen (geschlossene Augen), unaufmerksamen, entspannten Erwachsenen auf.

- **Beta-( $\beta$ )-Wellen**

Beim Öffnen der Augen, bei anderen Reizen oder bei geistiger Tätigkeit werden die  $\alpha$ -Wellen von  $\beta$ -Wellen abgelöst. Außerdem treten  $\beta$ -Wellen auch im REM-Schlaf (rapid eye movement-Schlaf) auf.  $\beta$ -Wellen haben eine höhere Frequenz und eine niedrigere Amplitudenhöhe als  $\alpha$ -Wellen. Ihre Frequenz liegt bei 14-30 Hz (durchschnittlich 20 Hz).

- **Gamma-( $\gamma$ )-Wellen**

Wellen mit einer Frequenz von über 30 Hz werden als  $\gamma$ -Wellen bezeichnet.  $\gamma$ -Wellen werden während Lern- und Aufmerksamkeitsprozessen registriert.

- **Delta-( $\delta$ )-Wellen**

$\delta$ -Wellen haben eine Frequenz von 0,5-3 Hz. Bei Kindern sind  $\delta$ -Wellen unbedenklich. Bei Erwachsenen sind sie während der Tiefschlafphase auch normal. Treten sie bei wachen Erwachsenen auf, sind die  $\delta$ -Wellen ein Indiz für einen pathologischen Zustand.

- **Theta-( $\theta$ )-Wellen**

Wellen mit einer Frequenz von 4-7 Hz werden als  $\theta$ -Wellen bezeichnet. Bei Kindern sind  $\theta$ -Wellen ganz normal. Bei Jugendlichen treten sie schon seltener auf. Bei Erwachsenen werden  $\theta$ -Wellen beim Übergang vom Wachzustand in den Schlaf beobachtet.

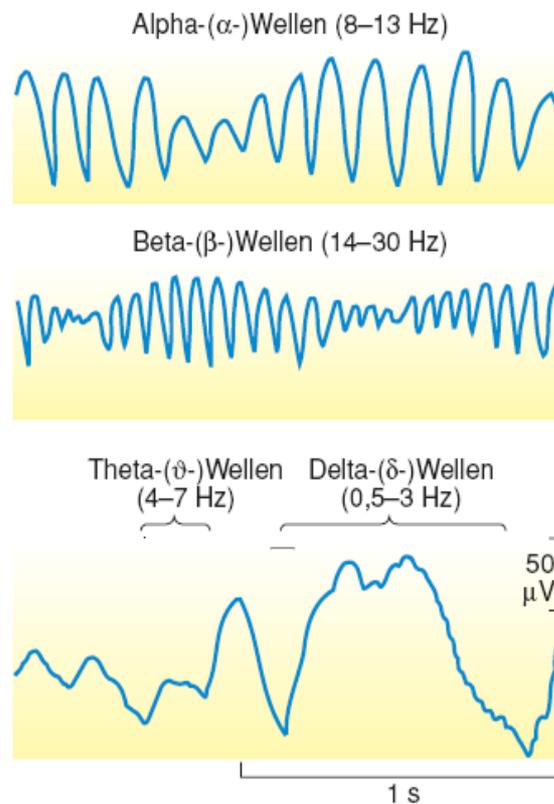


Abbildung 3 – Wellentypen

Wellen	Frequenz in Hz	Bezug zum Reifungsgrad	Bezug zum Aktivitätsniveau
$\alpha$ -Wellen	8 - 13	Jugendliche und Erwachsene	Inaktiver Wachzustand bei geschlossenen Augen
$\beta$ -Wellen	14 - 30	Jugendliche und Erwachsene	Wachzustand bei geöffneten Augen
$\delta$ -Wellen	4 - 7	Säuglings- und Kleinkindalter	Übergang vom Wachzustand zum Schlaf beim Erwachsenen
$\theta$ -Wellen	0,5 - 3	Säuglings- und Kleinkindalter	Tiefschlaf (alle Altersstufen)

Tabelle 1 – Übersicht der EEG-Wellentypen

### Evozierte Potentiale

Neben den spontanen EEG-Wellen können durch Reizung eines Sinneskanals künstlich weitere Nervenimpulse hervorgerufen werden, die sich im EEG als zusätzliche EEG-Wellen äußern. Die Amplituden dieser Wellen sind in der Regel mit ca.  $10 \mu\text{V}$  sehr viel kleiner als die vom Spontan-EEG (bis zu  $100 \mu\text{V}$ ), weshalb sie auch von diesen verdeckt werden. Um sie dennoch sichtbar zu machen, bedient man sich der Summationstechnik (Mittelungstechnik), dem sog. Average-Verfahren. Evozierte Potentiale werden in frühe (reizkorrelierte Potentiale) und späte (ereigniskorrelierte Potentiale) Komponenten untergliedert, wobei sie eine Gesamtdauer bis in den Sekundenbereich haben können.

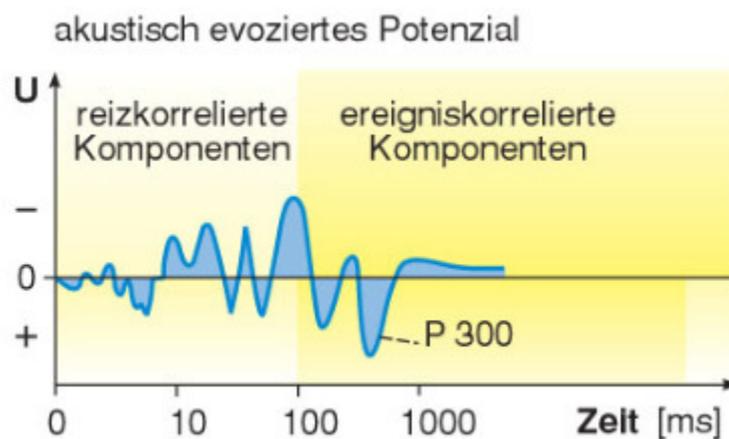
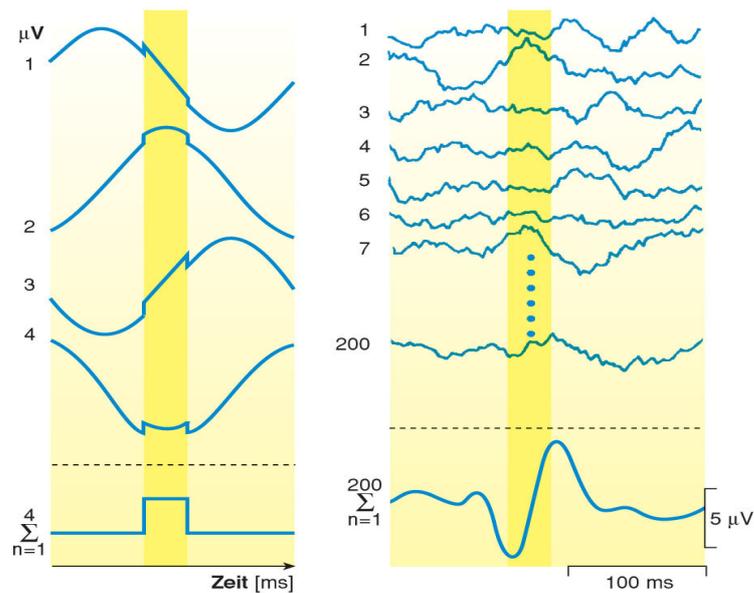


Abbildung 4 – Akustisch evoziertes Potenzial

### Average-Verfahren

Das spontane EEG hat keine Beziehung zum Reiz. Ihre Verteilung erfolgt zufällig. Die evozierten Potenziale dagegen folgen dem Reiz in einer strengen zeitlichen Beziehung mit konstanter Latenz und konstanter Form. Durch wiederholte EEG-Messungen können diese dann gemittelt und sichtbar gemacht werden.



©Elsevier GmbH, Urban & Fischer Verlag  
Deetjen, Speckmann, Hescheler: Physiologie · 4. Aufl. 2004

05-05.jpg

Abbildung 5 – Average-Verfahren

## Reizkorrelierte Potentiale

Die Ausprägung reizkorrelierter Potentiale erfolgt innerhalb der ersten ca. 100 ms und hängt stark von der Intensität und der Stärke der Reize ab. Sie werden auch als exogene Potentiale bezeichnet. Exemplarisch werden hier folgende genannt.

- Somatosensorisch evoziertes Potential (SEP)  
Hier werden periphere Nerven stimuliert
- Akustisch evoziertes Potential (AEP)  
Tritt bei Aktivierung des akustischen Systems auf
- Visuell evoziertes Potenzial (VEP)  
Bei Aktivierung des visuellen Systems zu verzeichnen

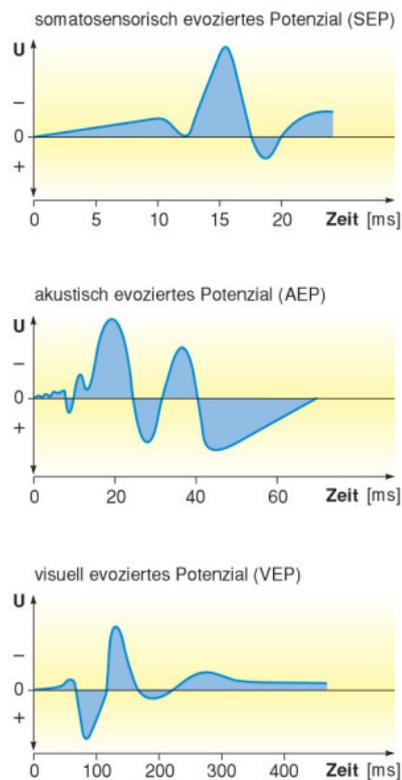


Abbildung 6 – Evozierte Potentiale

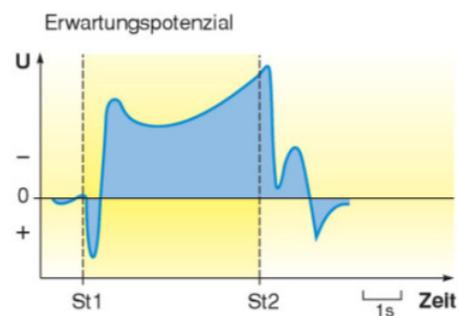
## Ereigniskorrelierte Potentiale

Diese späten Komponenten evozierter Potentiale sind von den reizkorrelierten Potentialen zu unterscheiden. Ereigniskorrelierte Potentiale, auch endogene Potentiale genannt, werden von kognitiven Prozessen, wie Aufmerksamkeit und Erwartung, im Gehirn bestimmt. Die bekannteste dieser Komponenten tritt mit positiver Polarität und einer Latenz von ca. 300 ms auf und trägt den Namen P300. Diese Komponente wird auch dann registriert, wenn in einer Serie aufeinander folgender Reize ein erwarteter Reiz ausbleibt.

Unterschieden werden hier die sensiblen Vorgänge, die ein Erwartungspotential verursachen von den motorischen Vorgängen, die ein Bereitschaftspotential zur Folge haben.

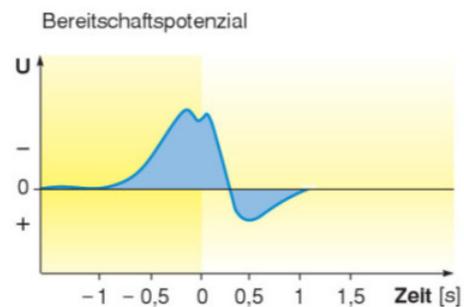
- Erwartungspotential

Folgen zwei Reize in einem fest definierten Abstand immer wieder aufeinander, so wird der zweite Reiz bereits vom ersten Reiz angekündigt. Die Erwartung des zweiten Reizes bewirkt ein negatives Potential und schlägt sich im EEG als Erwartungspotential nieder. Das Erwartungspotential hat eine prägnante lang anhaltende Potentialschwankung.



- Bereitschaftspotential

Etwa eine Sekunde vor Ausführung einer Willkürbewegung startet eine langsame negative Potentialschwankung, die als Bereitschaftspotential bezeichnet wird. Der Beginn und die Amplitudenhöhe sind abhängig von der Komplexität der Bewegung. Bei komplexeren Bewegungen beginnt das Bereitschaftspotential zu einem früheren Zeitpunkt und besitzt eine höhere Amplitude.



**Abbildung 7 – Erwartungs- und Bereitschaftspotential**

## 2.3 Elektrokardiogramm

### Allgemeines

Das Elektrokardiogramm (EKG) ist eine in der Inneren Medizin standardmäßig eingesetzte Untersuchungsmethode, die die Erregungsbildung, den Erregungsverlauf und die Erregungsrückbildung veranschaulicht. Die Ableitung erfolgt durch an der Körperoberfläche angebrachte Elektroden. Je nach Typ der Ableitung werden die Elektroden anders platziert und verschaltet.

### Einsatz in der medizinischen Diagnostik

In der klinischen Diagnostik gibt das EKG Informationen über:

- Herzrhythmusstörungen
- Leitungsstörungen
- Elektrische Herzachse
- Ursprung der Erregung
- Lokation eines Herzinfarkts

Typischerweise wird ein EKG bei Brustschmerzen abgeleitet, dessen Ursache am Herzen vermutet wird und bei einem Belastungs-EKG.

### Entstehung des EKG

Zwischen unterschiedlich erregten Muskelzellen entsteht eine Potentialdifferenz, die ein elektrisches Feld im Extrazellulärraum zur Folge hat, die sich im Körper ausbreitet. Durch die Erregung der Muskelzellen erzeugten Potentialschwankungen (Vektoren) werden an der Körperoberfläche als Summationsvektor im EKG registriert.

### Ableitung

Das EKG kann sowohl bipolar als auch unipolar abgeleitet werden.

- Im Falle der bipolaren Ableitung wird die Potentialdifferenz zwischen jeweils zwei differenten Elektroden gemessen.
- Bei der unipolaren Ableitung dagegen wird die Potentialdifferenz zwischen einer differenten Elektrode und einer Bezugselektrode, die durch die Zusammenschaltung der drei Extremitätenelektroden gebildet und durch hochohmige Widerstände auf Nullpotential gebracht werden, gemessen.

Zusätzlich wird zwischen einer Extremitätenableitung und einer Brustwandableitung unterschieden. Je nach Typ der Ableitung werden Summationsvektoren unterschiedlicher Areale und unterschiedlicher Ebenen des Herzens erfasst. Eine Übersicht über die typischen Ableitungen gibt folgende Tabelle wieder.

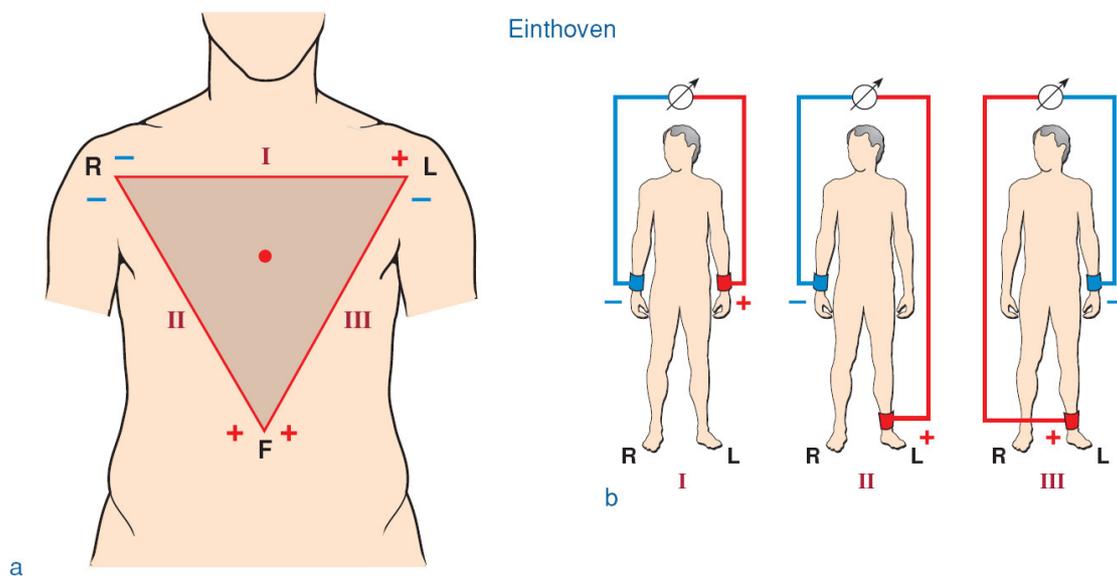
Typ	Bipolare Ableitung	Unipolare Ableitung
Extremitätenableitung	Einthoven I, II, III	Goldberger aVR, aVL, aVF
Brustwandableitung	Nehb D, A, I	Wilson V1 - V6

Tabelle 2 – Übersicht der Ableitungstypen

### Ableitung nach Einthoven

Bei diesem Typ der Ableitung werden die Ableitelektroden auf der Haut des linken Unterarms, des rechten Unterarms und des linken Unterschenkels platziert. Zur Minderung des Übergangswiderstandes zwischen Haut und Elektrode wird Elektrodengel verwendet. Die Verschaltung erfolgt dabei wie folgt.

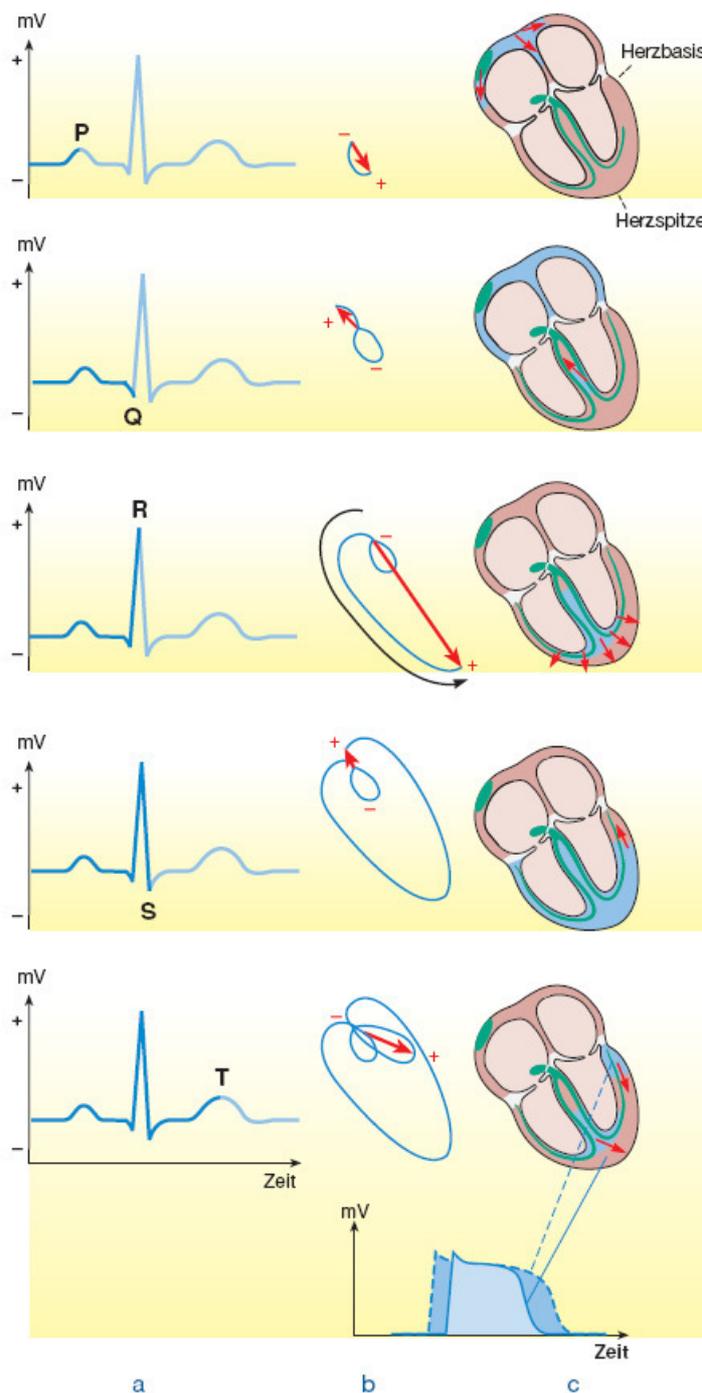
- Ableitung I: Rechter Arm (-), linker Arm(+)
- Ableitung II: Rechter Arm (-), linker Fuß(+)
- Ableitung III: Linker Arm (-), linker Fuß(+)
- 



**a** Einthoven-Dreieck. Als Spannungsquelle wird der Mittelpunkt des Dreiecks angenommen.  
**b** Verschaltungen der Messpunkte.

Abbildung 8 – EKG-Ableitung nach Einthoven

Die folgende Abbildung zeigt eine typische Ableitung II nach Einthoven. Zu sehen ist, dass sich die einzelnen Ausschläge im EKG den verschiedenen Phasen der Herzaktion zuordnen lassen.



**a** EEG-Ableitung II nach Einthoven. Der im EKG-Verlauf hervorgehobene Anteil bezeichnet den bereits abgelaufenen Teil der Erregung.

**b** Der Summationsvektor zeigt die momentane Richtung der Erregungsausbreitung im Moment der Erregung an, die im EKG durch die Bezeichnung der jeweiligen Zacke spezifiziert ist.

**c** Herzerregung (erregte Anteile blau); die Summe der Vektoren ergibt den Summationsvektor in Spalte b.

**Abbildung 9 – Herzerregung und Summationsvektor**

## ***2.4 Elektromyogramm***

### **Allgemeines**

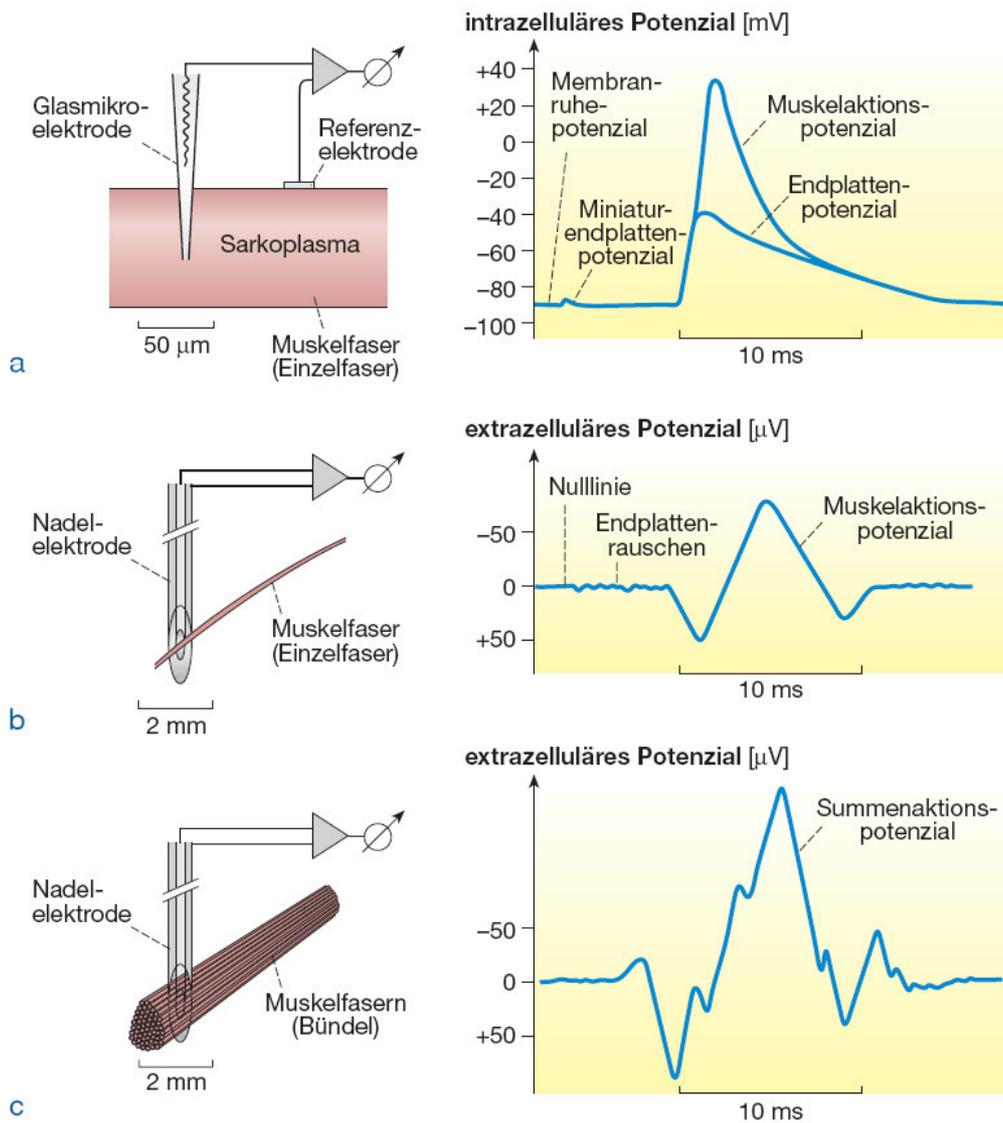
Das Elektromyogramm (EMG) ist, wie auch das EEG, ein weiteres Mitglied der neurophysiologischen Untersuchungsverfahren, das die elektrische Potentiale von motorischen Einheiten während der Muskeltätigkeit ableitet und auf einem Oszilloskop sichtbar macht. Abgeleitet wird entweder mit Oberflächenelektroden oder Nadelelektroden.

### **Einsatz in der klinischen Diagnostik**

Bei Funktionsstörung eines Muskels z.B. Muskelschwäche kann mit Hilfe des EMG bestimmt werden, ob es sich dabei um eine Muskel- oder Nervenerkrankung handelt. Ist die Ursache eine Nervenschädigung, kann der Ort der Nervenschädigung lokalisiert werden, da die Innervation bestimmter Muskelregionen von bestimmten Nerven erfolgt.

### **Entstehung des EMG**

Mittels Oberflächen- oder Nadelelektroden werden Aktionspotentiale im Extrazellulärraum der Muskulatur registriert. Da sich im Ableitbereich der Elektroden mehrere Muskeln befinden, handelt es sich bei den Muskelaktionspotentialen um Summenaktionspotentiale.



Im Gegensatz zur intrazellulären Registriertechnik wird bei der extrazellulären Methode mit einer Nadelelektrode i.d.R. die Aktivität mehrerer Muskelfasern gemessen.

**a** Intrazelluläre Ableittechnik mit Glasmikroelektrode an einer einzelnen Muskelfaser.

**b** Extrazelluläre Ableittechnik (Elektromyographie) mit Nadelelektrode an einer einzelnen Muskelfaser.

**c** Extrazelluläre Registrierung mit Nadelelektrode von Summenaktionspotentialen aus mehreren Muskelfasern eines Bündels.

**Abbildung 10 – EMG-Ableitungstechniken**

## Ableitung

Abgeleitet wird mittels Oberflächen- oder Nadelelektroden.

- **Oberflächenelektroden**  
Bei dieser Ableitform erfolgt die Potentialregistrierung durch Elektroden, die auf die Hautoberfläche angebracht werden. Mit Oberflächenelektroden können Potentiale an oberflächlich liegenden Muskeln abgeleitet werden. Für exakte Untersuchungen einzelner Muskeln sind Oberflächenelektroden weniger geeignet, da eine Differenzierung zwischen eng benachbarten Muskeln nicht möglich ist. Daher werden Oberflächenelektroden bei Untersuchungen der Leitungsgeschwindigkeit von Aktionspotentialen und bei Reflexstudien eingesetzt.
- **Nadelelektroden**  
Mit Nadelelektroden werden Potentiale aus tiefer liegenden Muskeln registriert. Bei diesen Nadelelektroden handelt es sich um konzentrische Kanülen mit einem Durchmesser  $< 1$  mm, die innendrin einen, von einer Isolationsschicht umgebenen, feinen Platindraht enthalten. Zum Ableiten wird die Kanüle durch die Haut bis zum Muskel eingestochen, sodass die Nadelspitze sich im extrazellulär zu den Muskelfasern befindet. Der Platindraht fungiert hierbei als differente und der Kanülenschaft als indifferente Elektrode.  
Neben der extrazellulären Registrierung gibt es auch die Möglichkeit intrazelluläre Potentiale zu registrieren. In diesem Fall befindet sich die Nadelspitze während der Registrierung in der Muskelfaser. Die Amplituden der intrazellulären Ableitung sind deutlich höher als die der extrazellulären. Die intrazelluläre Potentialableitung erfordert den Einsatz von Mikroelektroden und wird deshalb in vivo nicht angewendet.

## 2.5 Blutdruck- und Pulsmessung

### Allgemeines

Beim Blutdruck und der Pulsfrequenz handelt es sich um zwei von diversen Kreislaufparametern, die standardmäßig bei ärztlichen Untersuchungen erfasst werden. Diese beiden Parameter geben Aufschluss über die Funktion von Herz und Kreislauf. Sowohl krankhafte Veränderungen des Herz-Kreislauf-Systems als auch der Gemüts- und Belastungszustand des Patienten können Einfluss auf die beiden Werte nehmen.

### Einsatz in der klinischen Diagnostik

Bei der Blutdruckmessung und Pulsfrequenzermittlung handelt es sich um Routineuntersuchungen. Abweichungen der Blutdruckwerte und der Pulsfrequenzen von den Standardwerten deuten häufig auf pathologische Zustände im Herz-Kreislauf-System hin. So kann z.B. ein hoher Blutdruck ein Anzeichen auf eine Arterienverkalkung sein. Eine hohe Pulsfrequenz könnte durch Herzjagen bedingt sein. Derartige Veränderungen indizieren weitere Untersuchungen.



Abbildung 11 – Manometer und Stethoskop [Wikipedia 2008a]

## **Entstehung des Blutdruckes und des Pulses**

Definitionsgemäß handelt es sich beim Blutdruck um die Kraft, die vom Blut gegen die Gefäßwand ausgeübt wird. Ursache für diese Kraft ist das Schlagvolumen des Herzens, das durch die zyklische Kontraktion des Herzens in die arterielle Blutbahn befördert wird. Das Schlagvolumen führt in der Blutbahn zu einer Druckwelle, die als Puls registriert wird.

## **Messung**

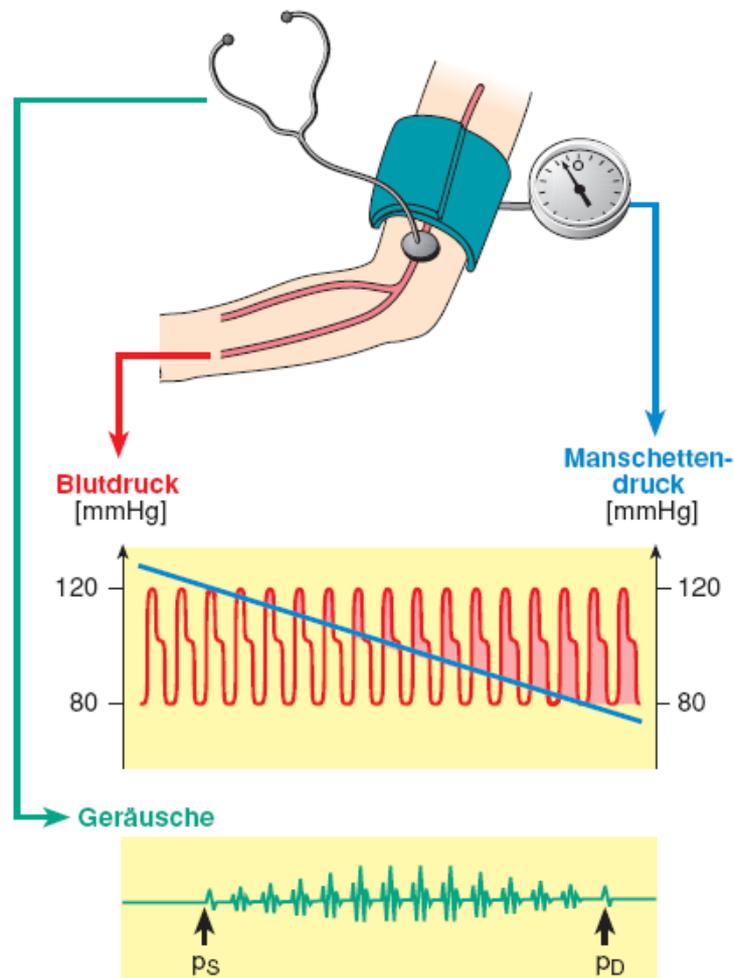
Der Puls kann an einer beliebigen, von der Körperoberfläche tastbaren, Arterie abgegriffen werden. In der Klinik wird der Puls häufig an der Arteria Radialis gefühlt. Diese ist an der Innenseite des Handgelenkes zu finden und liegt in etwa am Daumenansatz. Es ist auch möglich, die Pulsermittlung an der Halsschlagader vorzunehmen.

Bei der Messung und Registrierung des Blutdrucks finden verschiedene Formen von Manometern Anwendung. Dabei kann der Blutdruck entweder über die direkte oder die indirekte Blutdruckmessung ermittelt werden.

- **Direkte Blutdruckmessung**  
In dieser Form der Messung steht der Manometer mit dem Blut in offener Verbindung. Dieses kann einerseits durch einen sog. Katheterspitzenmanometer, der in das Blutgefäß eingeführt wird, erfolgen. Andererseits wird lediglich eine Kanüle in das Blutgefäß eingeführt und mit einem außerhalb vom Körper befindlichen Manometer verbunden.

- Indirekte Blutdruckmessung

Eine Hohlmanschette, die mit einem Manometer verbunden ist, wird am Oberarm angelegt und bis zu einem Wert aufgeblasen, der über dem systolischen Blutdruck liegt. Danach wird der Druck langsam wieder abgelassen. Während des Ablassvorgangs können der systolische und der diastolische Blutdruck, nach Riva-Rocci und Korotkow, bestimmt werden. Bei der Korotkowmethode werden mittels eines Stethoskops Turbulenzen, die zwischen dem systolischen und diastolischen Druck auftreten, an der Ellenbeuge auskultiert. Nach Riva-Rocci können diese Werte oszillometrisch oder palpatorisch bestimmt werden.



**Abb. 8-55 Blutdruckmessung nach Riva-Rocci und Korotkow.**

$p_s$  = systolischer Druck am Manometer,  $p_D$  = diastolischer Druck am Manometer.

**Abbildung 12 – Blutdruckmessung nach Riva-Rocci und Korotkow**

## 2.6 Usability-Untersuchung

(Vgl. [Usability-Lab 2008], [Klunge 2008], [Usability 2008], [Javajim 2008], [WorldUsabilityDay 2008], [Wikipedia 2008])

### 2.6.1 Definition

Usability setzt sich aus den beiden englischen Worten „to use (benutzen)“ und „the ability (die Fähigkeit)“ zusammen und wird als Gebrauchstauglichkeit oder Benutzerfreundlichkeit übersetzt. Usability behandelt die Beziehung zwischen einem Produkt und seinen Benutzern. Sie definiert, als Produkteigenschaft, wie einfach ein Produkt über ihre Benutzerschnittstelle zu bedienen ist. Als Produkt kommen sowohl einfache Maschinen als auch komplexe Softwaresysteme in Frage.

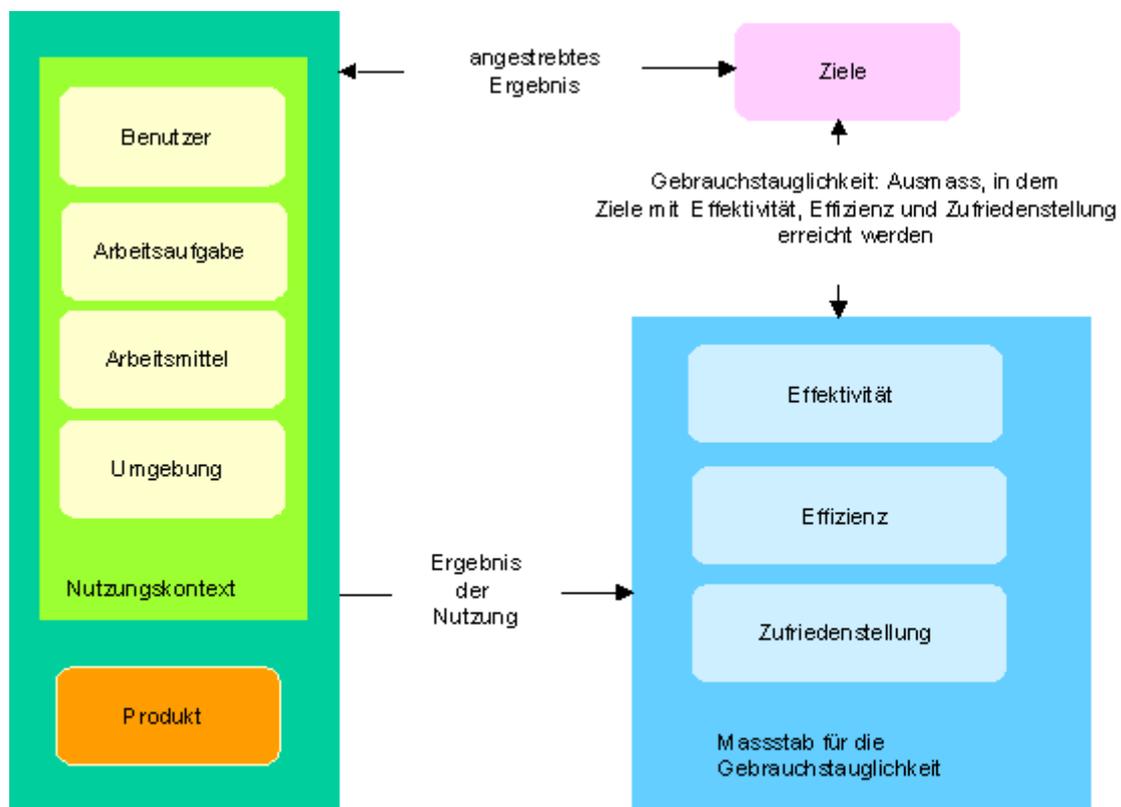
Die folgenden drei Definitionen versuchen das zu erfassen, was unter Usability verstanden werden sollte:

- "Usability ist das Ausmaß, in dem ein Produkt von einem bestimmten Benutzer verwendet werden kann, um bestimmte Ziele in einem bestimmten Kontext effektiv, effizient und zufriedenstellend zu erreichen." (ISO 9241)
- "Usability is the measure of the quality of the user experience when interacting with something – whether a Web site, a traditional software application, or any other device the user can operate in some way or another." (Jakob Nielsen, 1998)
- "Usability really just means making sure that something works well: that a person of average ability and experience can use the thing for its intended purpose without getting hopelessly frustrated." (Steve Krug, 2000)

Laut der Norm DIN EN ISO 9241 ist ein Produkt benutzerfreundlich, wenn es die folgenden Eigenschaften besitzt.

- **Effektivität:** „Die Genauigkeit und Vollständigkeit, mit der Benutzer ein bestimmtes Ziel erreichen.“  
Je besser ein Produkt einen Nutzer bei der gezielten und vollständigen Lösung einer Aufgabe unterstützt, um das erwünschte Ziel zu erreichen, desto effektiver ist das Produkt. Die Unterstützung kann z.B. eine kurze Anleitung für bestimmte Aufgaben sein.
- **Effizienz:** „Der im Verhältnis zur Genauigkeit und Vollständigkeit eingesetzte Aufwand, mit dem Benutzer ein bestimmtes Ziel erreichen.“  
Je weniger Arbeitsschritte und weniger Zeit ein Nutzer für die Zielerreichung benötigt, desto effizienter ist das Produkt.
- **Zufriedenstellung:** „Freiheit von Beeinträchtigungen und positive Einstellungen gegenüber der Nutzung des Produkts.“  
Das Produkt ist umso zufriedenstellender, je wohler sich der Nutzer bei der Benutzung des Produkts fühlt und gerne mit dem Produkt arbeitet.

Diese Arbeit lehnt sich an die Definition der ISO 9241 an.



Quelle: ISO Norm 9241 **Anwendungsrahmen** der Gebrauchstauglichkeit

Abbildung 13 – Gebrauchstauglichkeit nach ISO Norm 9241 [Usability 2008]

## 2.6.2 Usability-Test

### 2.6.2.1 Allgemein

Bei einer Usability-Untersuchung wird die Benutzerfreundlichkeit eines Produkts überprüft. Hierbei werden gemeinsam mit den Anwendern eines Produktes, mittels qualitativen Methoden, objektive Daten erhoben. Hierzu bedient man sich vieler verschiedener Techniken und Methoden. Im Folgenden werden drei dieser Methoden exemplarisch aufgeführt.

1. Task-Based-Testing: Bei dieser Methode bekommt die Testperson eine Aufgabe gestellt, die sie in einer festgelegten Zeit abarbeiten soll.
2. Thinking-aloud-Methode: Hierbei bekommt die Testperson eine Aufgabe. Bei dieser Methode geht es um die Verbalisierung der Gedanken der Testpersonen. Die Testperson soll während der Bearbeitung der Aufgabe, seine Gedanken laut und deutlich aussprechen.
3. Experten-Review: Experten-Reviews werden von Usability-Experten anstelle von durchschnittlichen Testpersonen durchgeführt. Die Analyse erfolgt auf Grundlage allgemein anerkannter Kriterien und stützt sich weitestgehend auch auf die Erfahrung des Usability-Experten.

Bei all diesen Methoden liegt das Augenmerk auf der Interaktion zwischen dem Anwender und dem Produkt. Es wird z.B. die Software-Ergonomie geprüft. Also, ob eine Software leicht verständlich und schnell benutzbar ist oder ob es einer Einführung/Schulung bedarf. Es wird darauf geachtet, ob die Menüstruktur leicht zu überschauen ist und ggf. den Erwartungen von Zielnutzern entspricht. Es wird darauf geachtet, ob die Farbkombination adäquat gewählt wurde. Gelbe Schriftfarbe auf weißem Hintergrund ist z.B. nicht gut lesbar.

### 2.6.2.2 Durchführung

Usability-Untersuchungen werden oft in Usability-Laboren und mit standardisierten Methoden durchgeführt. Im Usability-Labor des Departments Informatik der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg wird Task-Based-Testing durchgeführt und läuft wie folgt ab.

Als erstes beschäftigt sich ein Testleiter mit dem Produkt und leitet aus seinen Untersuchungen Aufgabenstellungen ab. Testpersonen erhalten dann von dem Testleiter konkrete Aufgaben, die für das Testobjekt typisch und mit diesem in einer festgelegten Zeit zu lösen sind. Vor der Bearbeitung werden die Testpersonen in die Testumgebung eingewiesen. Als nächstes wird mit ihnen die Aufgabenstellung besprochen, um Missverständnissen entgegenzuwirken. Sodann geht man dann zum eigentlichen Test über, der in der Regel etwa 20 Minuten dauert.

Dem Test folgt dann noch ein Interview mit der Testperson anhand eines Fragenkatalogs. Interviews bieten dem Testleiter die Möglichkeit beobachtete Auffälligkeiten zu vertiefen, die Testperson nach seinem Urteil über das Produkt zu befragen oder den Fokus auf ganz spezielle Bereiche (z.B. farbliche Gestaltung o.ä.) zu setzen. Mögliche Fragestellungen zielen z.B. auf das subjektive Empfinden des Probanden über das Pro-

dukt und seine Meinung über Vor- und Nachteile gegenüber ähnlichen Produkten ab. Nach Abschluss der Tests erfolgt dann, mit Hilfe der Aufzeichnungen und des Interviews, die Analyse, Auswertung und Bewertung des Produkts.

Um solche Untersuchungen besser analysieren und mögliche Schwachstellen gut protokollieren zu können, werden die Tests aufgezeichnet. Hierzu bedient man sich verschiedener Aufzeichnungstechniken, die im Folgenden aufgeführt sind:

- Videoaufzeichnung, um Reaktionen des Probanden zu beobachten
- Tonaufzeichnung, um Bemerkungen oder laut Gedachtes festzuhalten
  
- Speziell bei Bildschirmarbeiten:  
Bildschirmaufzeichnung, um den Bildschirmverlauf bei der Aufgabenabarbeitung zu dokumentieren
- Tracking-Software, um Metriken über Mausbewegungen, Mausclicks und Tastatureingaben des Benutzers aufzuzeichnen
- Eyetracker, um Blickbewegungen des Probanden zu registrieren
  
- Eine weitere Technik stellt die Aufzeichnung von Biofeedbacks (z.B. Gehirnströme, Puls) dar, welche die Grundlage dieser Bachelorarbeit ist.

### **2.6.2.3 Ziel**

Mit Usability-Tests können:

- „Mensch-Maschinen-Interaktion“ verbessert werden
- Schwachstellen des Produkts aufgedeckt werden
- Anforderungen von Benutzern an ein Produkt ermittelt werden
- Die Benutzbarkeit von Produkten für die Anwender optimiert werden

Letztendlich ist aber ein Usability-Test nur ein Mittel zum Zweck. Je nachdem wie und wo er zum Einsatz kommt dient er einem anderen Ziel. Wird er z.B. in den Entwicklungsprozess einer Software integriert, können durch die Erkenntnisse des Usability-Tests Entwicklungskosten gespart werden. Wird jedoch ein fertiges Produkt getestet, können wichtige Erkenntnisse darüber gewonnen werden, ob das Produkt den Anforderungen der Benutzer gerecht wird und was anders sein sollte, um bei noch mehr Anwendern Akzeptanz zu finden.

### 2.6.3 Usability-Labor

Das Usability-Labor besteht aus zwei Räumen. Der eine Bereich wird Testraum genannt. Der andere Bereich trägt die Bezeichnung Regieraum.

Im Testraum erfolgt die Untersuchung des zu überprüfenden Produktes. Hierzu steht dem Tester ein Testrechner zur Verfügung. Weiterhin ist der Testraum mit vier schwenkbaren Kameras und einem Eyetracker ausgestattet, mit denen das Verhalten und die Augenbewegungen des Testers registriert werden. Mit Mikrofonen und Lautsprechern kann von hieraus mit dem Regieraum kommuniziert werden. Mit Hilfe eines Splitters wird das Bild des Testrechners noch auf einem zusätzlichen Bildschirm im Regieraum ausgegeben.

Aus dem Regieraum aus beobachtet der Testleiter über Monitore das Geschehen im Testraum. Auch der Regieraum verfügt über Lautsprecher und Mikrofone, über die sich der Testleiter, wenn nötig, mit der Testperson unterhalten kann. Sämtliche Datenströme laufen hier in dem Rechnerturn zusammen. Diese werden hier aufbereitet, bearbeitet und dokumentiert.

Eine Übersicht des Aufbaus und der Verbindungen der einzelnen Gerätschaften zeigt folgendes Schema.

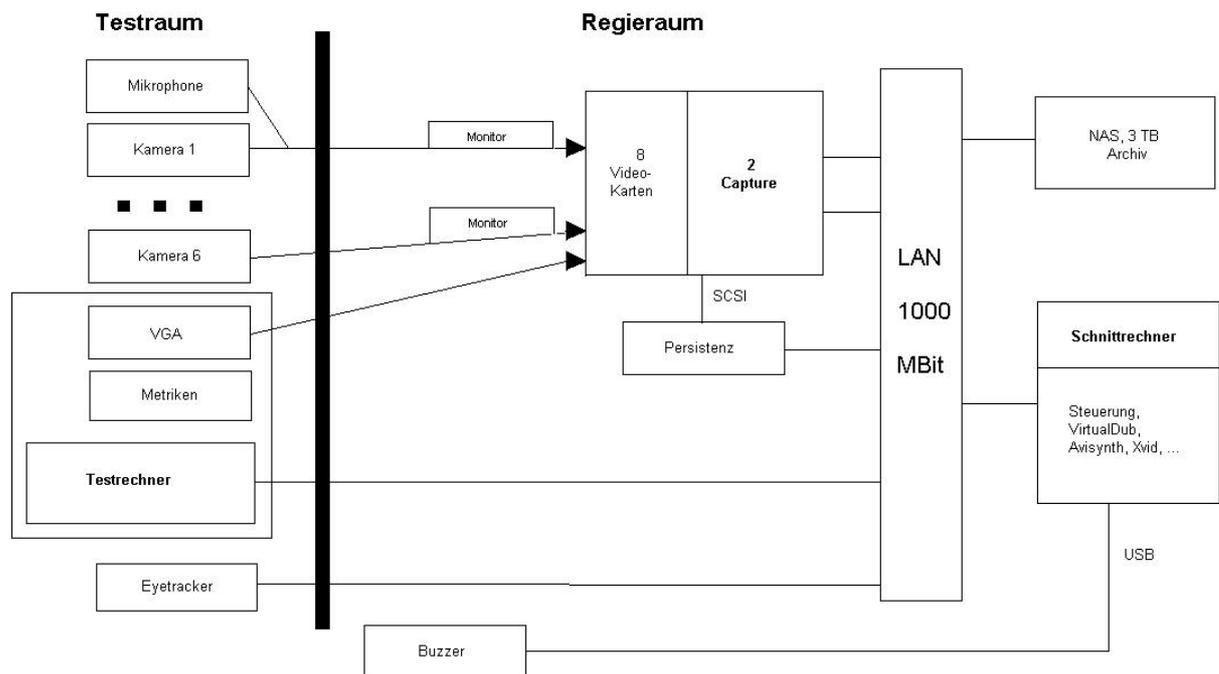


Abbildung 14 – Aufbau des Usability-Labors im Department Informatik der HAW-Hamburg [Klense 2008]

Folgende Bilder zeigen den Aufbau des Usability-Labors im Department Informatik der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg:



Abbildung 15 – Regieraum

### Regieraum

Monitore zeigen die Aufzeichnungen der Kameras aus dem Testraum (6 Monitore rechts), das Bildschirmbild mit Augenbewegung der Testperson (mittlerer Monitor). Auf dem linken Monitor sieht man die Metriken über die Maus. Weiterhin sind zwei rote Buttons zur Steuerung der Metrikerfassung und Mikrofone zur Kommunikation mit der Testperson zu sehen.



Abbildung 16 – Testraum

### Testraum

Zu sehen ist der Arbeitsplatz der Testperson mit einem Bildschirm, zwei schwenkbaren Videokameras (die beiden schwarzen Gebilde, es sind davon vier Stück vorhanden), darunter die beiden Lautsprecher und fünf Mikrofone. Bei dem schwarzen Kasten unter dem Monitor handelt sich um den Eyetracker. Links neben dem Eyetracker ist der Splitter zu sehen.



Abbildung 17 – Rechnerturm

### Rechnerturm

Auf der rechten Bildhälfte ist das Mischpult zu sehen. Auf der linken Hälfte ist der Rechnerturm abgebildet, der die Infrastruktur für die Aufzeichnung und Bearbeitung der Daten enthält.

## 3 Einsetzbarkeitsanalyse

### 3.1 Definition der Analyse Kriterien

Folgende Kriterien werden berücksichtigt:

- Nicht invasiv:  
Es darf in den Körper des Anwenders nicht eingegriffen werden. Es darf z.B. keine Nadel in den Körper eingestochen werden.

Grund:

Derartige Eingriffe erfordern Fachwissen oder gar eine ärztliche Approbation. Es ist nicht ganz trivial wo z.B. eine Nadel eingestochen werden darf und wo nicht. Bei der Einführung einer Nadel an falscher Stelle könnte ein Nerv beschädigt werden. Darüberhinaus sind invasive Eingriffe mit erheblichen Komplikationen und einem hohen Infektionsrisiko verbunden.

- Leichte Handhabung der Diagnosemethode:  
Die Methode muss von einer beliebigen Person mit einer kurzen Einführung durchgeführt werden können.

Grund:

Das Personal des Usability-Labors muss sich voll und ganz auf ihre eigentliche Aufgabe konzentrieren können und darf sich nicht von der Diagnosemethode ablenken lassen. Die Diagnosemethode darf das Personal nicht im Übermaß belasten. Zudem wäre die Methode damit personenunabhängiger, was auch eine gewisse Flexibilität für das Labor mit sich bringt.

- Kein tiefgreifendes Fachwissen:  
Die Auswertung der Daten sollte möglichst automatisch geschehen und darf kein tiefgreifendes Fachwissen erfordern.

Grund:

Die Methode soll, auf einfache Art und Weise, ausgewertete Daten liefern, auf Basis derer Rückschlüsse auf die Usability geschlossen werden kann. Eine manuelle Auswertung durch eine fachkundige Person würde die Angelegenheit sehr zeitintensiv und kompliziert machen. Qualitätsunterschiede des Fachwissens könnte zu unterschiedlichen Ergebnissen führen, was die Vergleichbarkeit ungenau einschränken würde.

- **Reiz-Reaktions-Zuordnung:**  
Eine gemessene Reaktion muss dem auslösenden Reiz unmittelbar folgen, um diesem zugeordnet werden zu können.

Grund:

Es ist nicht nur wichtig, dass eine bestimmte Reaktion auftritt, sondern auch durch welchen Reiz die Reaktion hervorgerufen wird. Gut zu wissen wäre auch z.B., ob eine Reaktion nur reizindiziert oder auch spontan zu beobachten ist.

- **Intervall:**  
Das zeitliche Intervall zwischen zwei Messwerten sollte so gering sein, so dass auch möglichst viele Reaktionen von den Messungen erfasst werden können.

Grund:

Die Zeitspanne zweier Messungen sollte kleiner sein als die Zeitspanne, in der ein Reiz indiziert wird, auf die sich dann eine Reaktion aufbaut und wieder abklingt. Wenn sie länger ist führt das dazu, dass eine Reaktion nicht registriert wird, die zu einer falschen Folgerung führen würde.

- **Nicht störend:**  
Die eingesetzten Sensoren und Apparaturen dürfen den Benutzer bei seiner Arbeit nicht stören oder beeinträchtigen.

Grund:

Viele Aufgaben sind so gestellt, dass sie in einer festgelegten Zeit abgearbeitet werden müssen. Darüber hinaus erfordern die Aufgaben auch die volle Aufmerksamkeit des Probanden. Deshalb darf der Proband z.B. durch die Verkabelung mit Geräten nicht bei der Bearbeitung der Aufgaben beeinträchtigt werden oder durch Signaltöne von den Sensoren gestört werden. Beeinträchtigungen des Probanden wirken sich auf den zeitlichen Ablauf des Tests aus, so dass Ergebnisse bezüglich der Effektivität und der Effizienz verfälscht werden. Fühlt sich der Proband durch die Testumgebung gestört, führt das bei ihm zu einer allgemeinen Unzufriedenheit, die er vielleicht mit dem Produkt in Verbindung bringt. Dies würde auch das Ergebnis eines Tests verfälschen.

- **Schmerzfrei:**  
Der Einsatz muss für den Benutzer schmerzfrei sein und darf auch keine anderen Unbehagen hervorrufen.

Grund: Die Testumgebung muss für den Probanden schmerzfrei sein, damit sich Menschen bereit erklären, an solchen Tests teilzunehmen. Auch Schmerz führt zu allgemeiner Unzufriedenheit und schränkt die Arbeit mit dem Testobjekt ein, der sich, wie oben bereits beschrieben, auf das Testergebnis niederschlägt.

- **Mehrwert:**  
Je komplexer eine Methode ist, desto Mehrwert sollte sie gegenüber anderen Methoden erbringen.

Grund:  
Komplexere Methoden sind schwieriger in der Handhabung und bedeuten in der Regel einen höheren Aufwand als einfache. Wenn die komplexere Methode keine extra Informationen liefert, keinen sogenannten Mehrwert liefert, die einen Mehraufwand berechtigt, kann auch gleich die einfachere Methode angewendet werden.

### ***3.2 Elektroenzephalogramm***

Das Elektroenzephalogramm (EEG) ist keine invasive Methode.

Es ist eine Ableitung von der Körperoberfläche. Das Anbringen der Elektroden auf die Kopfhaut ist durch die Maske sehr einfach. Die Maske kann als störend empfunden werden. Jede Elektrode hat einen eindeutigen Steckplatz am Gerät. Somit bedarf die Handhabung keiner umfangreichen Ausbildung.

Die Auswertung der Messdaten erfolgt per Software.

Eine Reiz-Reaktionszuordnung ist gegeben. Als Beispiel kann hier der Übergang von  $\alpha$ -Wellen (bei geschlossenen Augen) in  $\beta$ -Wellen (bei offenen Augen) genannt werden.

### ***3.3 Elektrokardiogramm***

Das Elektrokardiogramm (EKG) ist keine invasive Methode.

Es ist eine Ableitung von der Körperoberfläche. Anhand farblich markierter Elektroden ist die Handhabung leicht erlernbar und einfach anwendbar.

Die Auswertung der Ableitung erfordert medizinisches Fachwissen.

Eine eindeutige Reiz-Reaktions-Zuordnung ist leider nicht gegeben, da eine Änderung der Herzaktivität neben dem Reiz auch von der Aufregung ausgelöst werden kann.

Das EKG ist eine herzspezifische Methode, die ein Bild über das Erregungsleitungssystem des Herzens liefert und keinen Mehrwert erbringt.

### ***3.4 Elektromyogramm***

Elektromyogramm (EMG) scheidet aus, da bei dieser Methode eine Mikroelektrode in den Muskel eingeführt werden muss. Dies ist ein invasiver Eingriff, der zudem noch mit Schmerzen verbunden ist.

### ***3.5 Blutdruck- und Pulsmessung***

Die Blutdruckmessung ist keine invasive Methode.

Ein erhöhter Blutdruck muss nicht zwangsweise vom Reiz ausgelöst sein.

Zwischen zwei Messungen vergeht viel zu viel Zeit, da die Manschette für jede Messung aufgepumpt und die Luft wieder abgelassen werden muss. Hier könnte eine vom Reiz ausgelöste Blutdruckänderung von einer Messung nicht erfasst werden.

Die Pulsmessung ist ebenfalls eine nichtinvasive Methode.

Eine Pulsänderung kann vom Messgerät direkt erfasst werden.

Das Intervall ist ausreichend klein, um jeden Puls zu registrieren.

Der Puls ist auch von vielen Parametern abhängig, so dass eine Änderung nicht dem Reiz zugeordnet werden kann.

### 3.6 Fazit

Von den recherchierten Geräten ist das Elektroenzephalogramm am erfolgversprechendsten.

Eine Bewertungsübersicht bietet die folgende Tabelle.

	EEG	EKG	EMG	BP
Nicht invasiv	Ja	Ja	Nein	Ja
Leichte Handhabung	Ja	Ja	Nein	Ja
Kein tiefgreifendes Fachwissen	Ja	Nein	Nein	Ja
Reiz-Reaktions-Zuordnung	Ja	Nein	Ja	Nein
Intervall	Ja	Ja	Ja	Nein
Nicht störend	Nein	Nein	Nein	Nein
Schmerzfrei	Ja	Ja	Nein	Ja
Mehrwert	Ja	Nein	Ja	Ja
EEG = Elektroenzephalogramm EKG = Elektrokardiogramm EMG = Elektromyogramm BP = Blutdruck / Puls				

**Tabelle 3 – Analyse**

Wie es auch aus der obigen Tabelle zu entnehmen ist, werden vom EEG-Gerät alle zu berücksichtigenden Kriterien, bis auf „Nicht störend“, erfüllt. Es sollte unbedingt versucht werden, die störende Wirkung der Maske zu mindern.

## **4 Konzept für Einsatz eines EEG-Gerätes in einem Usability-Labor**

Diese Bachelorarbeit hat das Ziel zu überprüfen, ob ein EEG-Gerät in einem Usability-Labor als Biofeedbackgeber fungieren kann. Zuerst werden die Voraussetzungen für die Durchführung solch eines Test ermittelt. Danach wird der Testrahmen definiert und anschließend anhand eines Testplans der Test durchgeführt.

Bei diesem Versuch sollen mit verschiedenen Testreihen bei den Probanden Bereitschafts- und Erwartungspotentiale provoziert werden, die mit einem EEG-Gerät aufgezeichnet und sichtbar gemacht werden.

### ***4.1 Vorbereitung und Aufbau***

Zunächst werden die Anforderungen an die Versuche ermittelt, damit der Aufwand und die Realisierbarkeit abgeschätzt werden können. Die Anforderungen bilden eine Leitlinie, an der sich dann das Vorgehen orientiert.

#### **4.1.1 Anforderungen**

Das Usability-Labor des Departments Informatik der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg besitzt leider kein EEG-Gerät, so dass die Versuche außerhalb des Departments durchgeführt werden müssen. Die Neurologische Abteilung der Asklepios Klinik St. Georg hat sich bereit erklärt, eines ihrer EEG-Geräte für diesen Zweck zur Verfügung zu stellen. Die Bedingung der Klinikleitung, dass die Versuche mit dem EEG-Gerät in den Räumlichkeiten der Klinik durchgeführt werden müssen, macht den Einsatz eines mobilen Usability-Labors notwendig.

Für die Durchführung des Versuchs sollte zunächst ein Testplan entwickelt werden. Dieser soll den Versuchsaufbau und den Versuchsablauf dokumentieren, so dass stets ein Überblick über die zu tätigen Schritte behalten werden kann.

Als Probanden sollen Frauen und Männer eingesetzt werden, um etwaige Unterschiede in den EEG-Wellenmustern festzustellen. Somit werden auch die Möglichkeiten berücksichtigt, dass Frauen und Männer unterschiedliche Wellenmuster aufweisen oder unterschiedlich reagieren. Es sollten mehrere Versuche durchgeführt werden, damit auch mehrere Ergebnisse zum Vergleichen vorhanden sind.

Es sollte eine Altersspanne festgelegt werden. Das Alter der Probanden sollte sich in dieser Spanne befinden, damit die Probanden in ähnlichem Alter sind. Es könnte sein, dass Kinder ganz anders reagieren als Erwachsene.

Die Gesundheit der Probanden ist auch sehr wichtig. Die Probanden dürfen nicht unter neurologischen Krankheiten leiden oder gelitten haben, da diese Krankheiten Auswirkungen auf die Hirnaktivität haben. Aber auch eine Erkältung oder eine Virusinfektion

---

kann bei Menschen zu Reaktionsfähigkeitsverlusten führen.

In dieser Arbeit soll mit dem EEG, mittels des Average-Verfahrens, Bereitschaft- und Erwartungspotentiale untersucht werden. Die Tests müssen so konstruiert sein, dass sie bei den Probanden Bereitschafts- und Erwartungspotentiale hervorrufen. In diesem Zusammenhang ist es wichtig zu wissen, wie schnell sich solche Potentiale entwickeln und wie schnell sie wieder abklingen. Dieser Punkt sollte bei den Tests auch Berücksichtigung finden.

Zunächst sollte auf dem Markt für die Tests nach geeigneten Anwendungen geguckt werden. Falls diese auf dem Markt nicht verfügbar sind, müssen die nötigen Anwendungen selbst entwickelt werden.

### **4.1.2 Vorgehen**

Die Tests werden anhand eines Testplans durchgeführt. Der Testplan ist im Anhang zu finden.

Das EEG-Labor der Klinik besteht aus einem „Ableitungsraum“ und einem „Kontrollraum“. In dem Ableitungsraum befindet sich das EEG-Gerät. Weiterhin ist hier eine Videokamera installiert, worüber der Patient aus dem Kontrollraum aus überwacht werden kann. Sowohl das EEG-Gerät als auch die Videokamera sind mit einem Labor-PC, der sich im Kontrollraum befindet, verbunden, in dem die Datenströme gesammelt, aufbereitet und ausgegeben werden.

Für die Versuche muss im EEG-Raum der Klinik ein mobiles Usability-Labor aufgebaut werden. Das mobile Labor besteht aus zwei handelsüblichen Laptops mit jeweils einer Maus. Der eine Laptop fungiert als Labor-Laptop und der andere als Test-Laptop. Weiterhin sind zwei mobile Videokameras mit integrierten Mikrofonen und ein Eyetracker vorhanden. Die Videokameras und der Eyetracker werden an den Labor-Laptop angeschlossen, auf dem sich geeignete Software für die Bearbeitung der Eingangssignale befindet. Auf dem Test-Laptop ist eine Maus-trackingsoftware installiert, die die Mausbewegungen während der Versuche aufzeichnet. Darüber hinaus befinden sich auf diesem die Anwendungen für die Versuchsreihen.

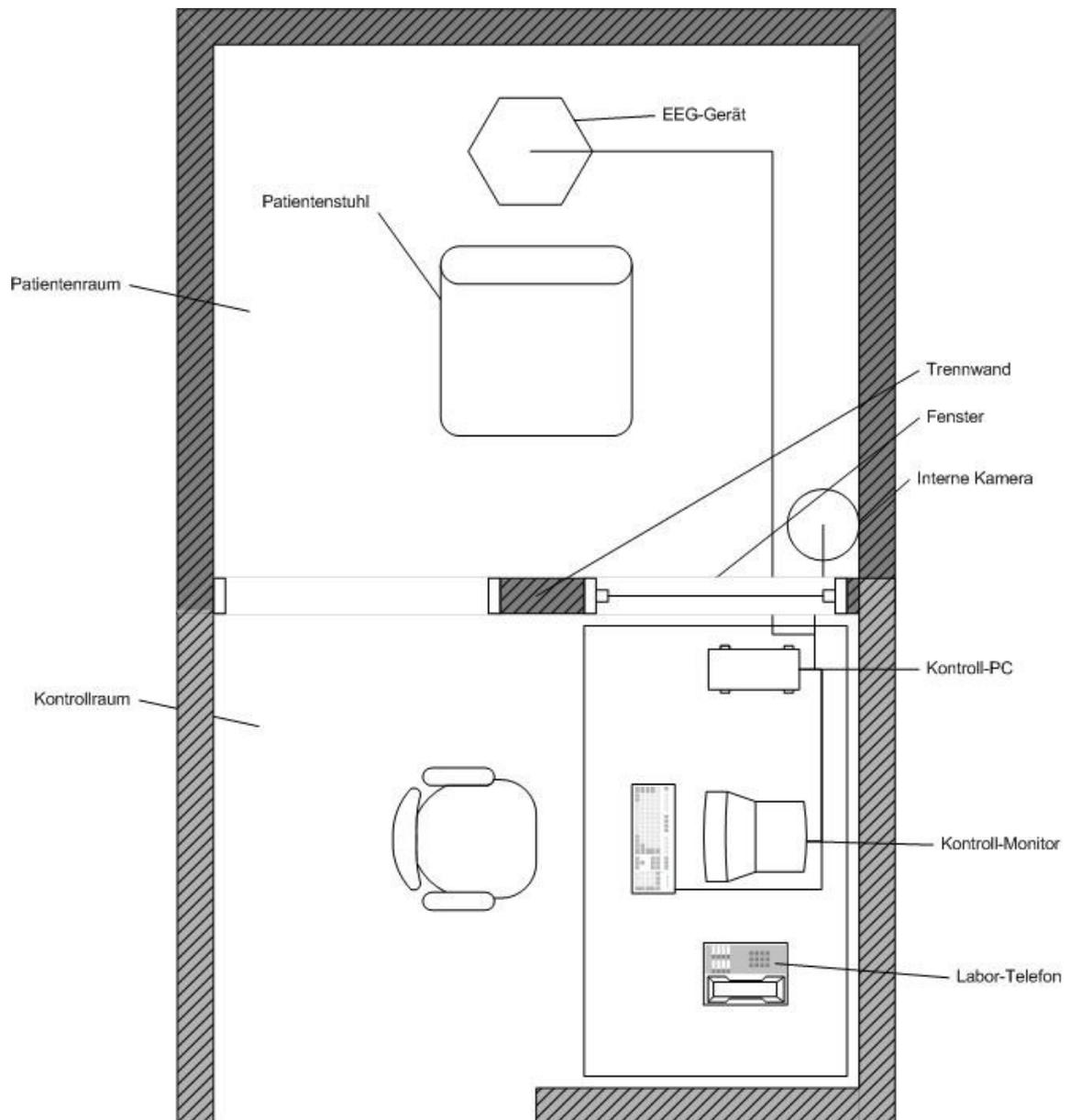


Abbildung 18 – Aufbau EEG-Labor der neurologischen Abteilung der Asklepios Klinik St. Georg

Für die Versuche sind 4 Probanden, bestehend aus zwei Frauen und zwei Männern, im Alter zwischen 25 und 40 Jahren, vorgesehen. Bei den Probanden handelt es sich um gesunde Personen, die unter keiner bekannten neurologischen Krankheit leiden oder gelitten haben. Auch sonst gaben die Probanden an, dass sie sich in gesunder Verfassung befinden.

Der Versuchsablauf untergliedert sich in einen Einleitungsteil, einen Testteil und einen Nachgesprächsteil.

- **Einleitung**

Im Einleitungsteil wird der Proband in den EEG-Raum gebeten und er wird vom Testleiter über den Hintergrund dieses Versuchs unterrichtet und belehrt. Falls der Proband keine Fragen hat wird zur Testanleitung übergegangen.

1. *Reaktionstest*

Der Proband soll eine Anwendung starten, die ihm ein Fenster mit einem Klick-Button öffnet. Die Software erzeugt in unregelmäßigen Abständen ein Piepton, woraufhin der Proband auf den Klick-Button klicken soll. Dem Probanden wird suggeriert, dass dadurch seine Reaktionszeit gemessen wird. Außer der Erzeugung des Pieptons enthält das Programm keine weiteren Funktionen.

Bei diesem Test horcht der Proband aufmerksam nach dem Piepton und ist ständig bereit, bei Ertönen des Pieptons, auf den Klick-Button zu klicken. So soll bei dem Probanden ein Bereitschaftspotential provoziert werden.

2. *Button-weg – Test*

Der Proband startet bei diesem Test ebenfalls eine Anwendung, die ihm ein Klick-Button darbietet. Dieses Mal soll der Proband mehrere Male hintereinander auf den Klick-Button klicken. Immer dann, wenn der Proband mit dem Mauszeiger auf den Klick-Button zeigt, wechselt dieser seine Position, ohne dass der Proband darauf klicken kann. Es wird erwartet, dass bei den ersten Klickversuchen dieses Verhalten bei dem Probanden einen Überraschungseffekt erzeugen wird, der bei späteren Versuchen in eine Erwartungshaltung übergehen wird. Es wird vermutet, dass diese Tatsache bei dem Probanden ein Erwartungspotential provozieren wird.

### 3. *Bildfolgen-Test*

Bei diesem Test wird dem Probanden eine Videosequenz vorgespielt. Als erstes bekommt der Proband mit einem Abstand von 2 Sekunden jeweils für eine Sekunde die Zahlenfolge von Eins bis Vier angezeigt. Danach folgt eine Pause von 5 Sekunden und anschließend wird noch die Zahl Fünf angezeigt.

Nach einer größeren Pause von 10 Sekunden werden nacheinander jeweils drei Mal zwei zusammengehörige Bilder mit einer Pause von zwei Sekunden angezeigt. Nach dem zweiten Bild folgt eine Pause von 5 Sekunden. Zwischen den Bildern des dritten Doppels vergehen auch 5 Sekunden. Bei den ersten beiden Bildern handelt es sich, bei dem ersteren um eine Sperma- und Eizelle, und bei dem zweiten um ein Embryo. Bei dem zweiten Doppel um ein Kind und einen Jugendlichen und bei dem letzten Doppel um einen Erwachsenen und einen Sarg. Wieder folgt eine Pause von 10 Sekunden bevor die dritte Filmsequenz abgespielt wird. Diese Reihe ist genauso strukturiert wie die zweite Reihe, nur mit dem Unterschied, dass hier vier Bilderdoppel angezeigt werden. Es handelt sich dabei um „Mann und Frau“, „Kind und Spielzeug“, „Sonne und Strand“ und zuletzt „Geld und Fragezeichen“. Dieser Test soll dazu dienen, um herauszufinden, wie schnell sich ein Erwartungspotential aufbaut und wie schnell es wieder abklingt.

- **Test**

Im Anschluss folgt der Testteil. Bevor der Proband anfängt setzt ihm der Testleiter die EEG-Haube auf und verlässt anschließend den EEG-Raum. In dem Testraum darf sich während des Tests niemand außer dem Probanden aufhalten, weil durch die Anwesenheit anderer Personen die Messwerte verfälscht werden können. Der Testleiter beobachtet aus dem Kontrollraum das Geschehen im EEG-Raum. Zugleich stellt er sicher, dass auch die Aufnahmen, die Metriken und das EEG korrekt aufgezeichnet werden.

- **Nachgespräch**

Im letzten Abschnitt folgt noch ein Nachgespräch. In diesem Gespräch wird der Proband nach seinen Eindrücken und seinem Befinden befragt. Die Fragen erfolgen gemäß einem Fragenkatalog. Nach Beendigung der Versuchsreihe werden die erhobenen Daten auf externem Medium gesichert und dokumentiert.

## 4.2 Durchführung – 1. Durchlauf

### 4.2.1 Versuchsvorbereitung

Für die Versuche wurden gemäß den Anforderungen zwei weibliche und zwei männliche Probanden, im Alter zwischen 25 und 40 Jahren, geladen. Die Probanden sind am Versuchstag mental und gesundheitlich in guter Verfassung.

Zur Versuchsdurchführung wurde im EEG-Labor der Klinik das mobile Usability-Labor aufgebaut. Eine Übersicht des Aufbaus gibt die folgende Skizze wieder.

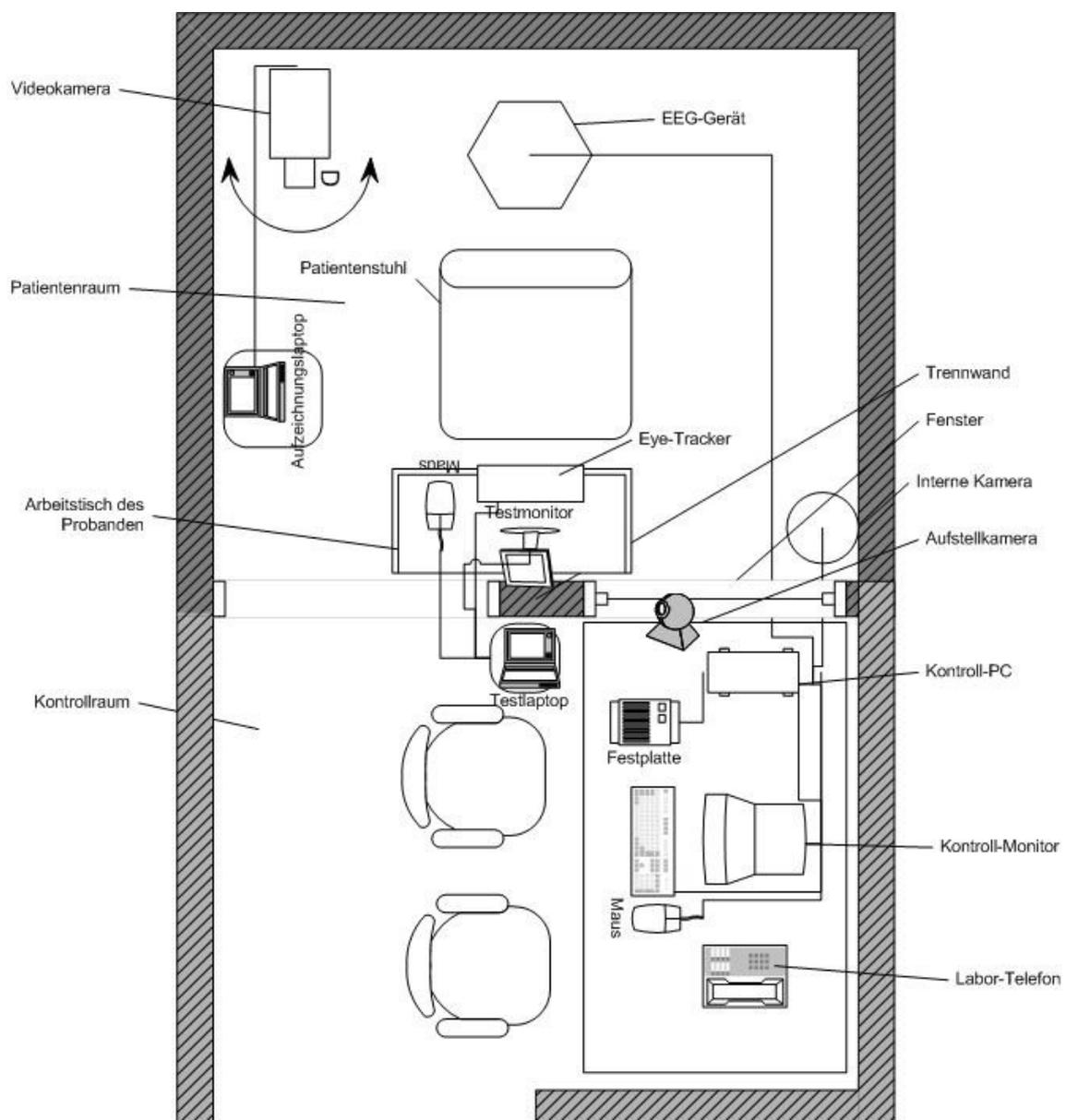


Abbildung 19 – Aufbau EEG-Labor der neurol. Abt. St.Georg mit mobilem Usability-Labor

## 4.2.2 Versuchsdurchführung

Die Probanden werden nacheinander einzeln ins Labor gebeten und bekommen eine kurze Belehrung über das weitere Geschehen. Ein Auszug der Belehrung ist im Anhang zu sehen.

Die Versuche werden gemäß eines Testplans, wie in Abschnitt „4.1.2 Vorgehen“ beschrieben, durchgeführt. Ein Auszug des Testplans ist im Anhang zu finden.

## 4.2.3 Bewertung

### 4.2.3.1 Positive Erfahrungen

Nach Bewertung der Versuche konnten die folgenden positiven Erfahrungen gemacht werden.

- **Keine Seiteneffekte durch Equipment des Usability-Labors**

Während der EEG-Ableitung darf sich niemand außer dem Probanden im Labor aufhalten, weil sich durch die Anwesenheit anderer Personen die Messungen negativ beeinflusst. Die Befürchtung war, dass das Equipment des mobilen Usability-Labors solche Nebeneffekte verursacht. Es konnten jedoch keine derartigen Störungen festgestellt werden.

- **Ein Viewer für die Ableitung vorhanden**

Für die Weitergabe der EEGs bietet die EEG-Software eine Schnittstelle. Mittels dieser können die Rohdaten auf einen USB-Stick exportiert werden. Diese Daten können dann an anderer Stelle wieder eingelesen, analysiert und ausgewertet werden. Während des Exportvorgangs wird aber auch noch ein Viewer mit auf den USB-Stick gespeichert, das auch ohne die EEG-Software selbst installiert zu haben, auf einem Rechner mit Windows XP die Ableitungen betrachtet werden können.

### 4.2.3.2 Negative Erfahrungen

Neben den positiven Erfahrungen waren noch negative Erfahrungen zu verzeichnen, die im Folgenden aufgeführt sind.

- **Räumlichkeit des EEG-Labors**

Das EEG-Labor ist klein und hat keine Belüftungsmöglichkeit, so dass es im Labor schnell warm wird. Die Hitze führt bei den Probanden zur Schweißaussonderung, die die Ableitung negativ beeinflusst.

- **Replay-Funktion der EEG-Software**

Die EEG-Software bietet neben einem Schiebebalken, mit dem man beliebige Stellen der EEG-Ableitung fixieren und betrachten kann, auch eine Replay-Funktion an, die die registrierte EEG-Ableitung in Echtzeit abspielt. Diese Funktion bietet uns die Möglichkeit, die EEG-Ableitung synchron mit dem aufgezeichneten Filmmaterial ablaufen zu lassen, so dass man Querbezüge zwischen dem Verhalten des Probanden und der EEG-Ableitung herstellen kann. Die Replay-Funktion steht allerdings nur dann zur Verfügung, wenn die Daten der Filmkamera des EEG-Labors mit aufgezeichnet werden. Da diese Kamera bei unseren Versuchen nicht mitlief, steht uns die Funktion leider nicht zur Verfügung. Demnach ist es nicht möglich bestimmte Ereignisse der EEG-Aufzeichnung bestimmten Versuchshandlungen zuzuordnen.

- **Markierpunkte während Ableitung setzen**

Es gibt die Möglichkeit während der EEG-Ableitung Markierpunkte zu setzen, um z.B. einen Zeitpunkt zu markieren, in der sich etwas ereignet hat. Über das Vorhandensein dieser Funktion wurde das Versuchsteam während der Versuchsdurchführung in Kenntnis gesetzt. Eine Einbindung dieser Funktion wurde noch angestrebt, aber ein adäquates Anwenden war leider nicht mehr möglich.

- **Synchronisationsereignis für Filmschnitt**

Die Versuche wurden mit Hilfe von drei unterschiedlichen Kameras aufgezeichnet. Das Filmmaterial dieser drei Kameras soll so zusammengeschnitten und aufbereitet werden, dass alle drei Perspektiven auf einem Bildschirm betrachtet werden können. Während der Auswertung des Filmmaterials fiel auf, dass ein Synchronisationsereignis für das synchrone Schneiden der Filme fehlt.

- **Internes Triggermodul und Auswertungssoftware**

Bei dem Average-Verfahren werden aus den Signalen mehrerer Kanäle, in unserem Fall 21 Kanäle, mittels einer Auswertungssoftware eine Kurve gemittelt. Diese Auswertungssoftware braucht ein internes Triggersignal, welches mittels eines zusätzlichen Triggermoduls erzeugt wird. Für das zusätzliche Triggermodul hat das EEG-Labor der neurologischen Ambulanz der Asklepios Klinik St. Georg keine Anwendung, weil hier unter anderem auch das Average-Verfahren nicht durchgeführt wird. Erst Nachfragen bei dem Hersteller des verwendeten EEG-Gerätes brachten die Erkenntnis, dass für das Average-Verfahren das Triggermodul notwendig ist.

- **Auswirkungen von Kopfbewegungen**

Während der Ableitung führen aktive Kopfbewegungen zu signifikanten Seiteneffekten in dem EEG. Diese überlagern mögliche provozierte Ausschläge im EEG. Deshalb werden die Patienten während der diagnostischen EEGs angehaltenen Kopf am Stuhl zu fixieren.

- **Viewernutzung**

Der Viewer kann von einem USB-Stick oder von einer CD aus ausgeführt werden. Das Ausführen von der Festplatte ist nicht möglich.

- **Artefakte im EEG durch Kopfbewegung**

Kopfbewegungen während der Ableitung führen zu Artefakten im EEG. Bei normalen Untersuchungen werden die Patienten dazu angehalten ihren Kopf an der Kopflehne zu fixieren, um Artefakte zu verhindern.

---

#### 4.2.4 Fazit

Die erhobenen Daten können in der vorliegenden Form nicht analysiert und ausgewertet werden. Die Versuchsreihe muss wiederholt werden. Zwar kann durch das Fehlen des Triggermoduls das angestrebte Ziel, nämlich mittels des Average-Verfahrens die Bereitschafts- und Erwartungspotentiale zu untersuchen, nicht mehr erreicht werden, sehr wohl aber noch überprüft werden, ob ein normales EEG, wie es im EEG-Labor abgeleitet wird, neue Erkenntnisse für das Usability-Labor bringt.

Im zweiten Durchlauf sollte die Hitzeentwicklung im EEG-Labor durch geeignete Maßnahmen gemindert werden. Die Handhabung der Markierungsfunktion sollte näher erörtert werden. Außerdem sollte unbedingt darauf geachtet werden, dass die Kamera des EEG-Labors aktiviert wird. Zur Sicherheit sollte das Bild des EEG-Monitors separat mit aufgezeichnet werden, damit für den Fall, dass die Replay-Funktion wieder Schwierigkeiten machen sollte, hierauf zurückgegriffen werden kann. Die Probanden müssen darauf hingewiesen werden, dass sie ihren Kopf soweit möglich nicht bewegen dürfen. Und zuletzt sollte noch eine Methode zum Setzen eines Synchronisationsereignisses ermittelt werden.

## **4.3 Durchführung – 2. Durchlauf**

### **4.3.1 Versuchsvorbereitung**

Wie im ersten Durchlauf auch, wurden für die Versuche, gemäß den Anforderungen, zwei weibliche und zwei männliche Probanden, im Alter zwischen 25 und 40 Jahren, geladen. Eine Probandin konnte aus gesundheitlichen Gründen nicht an dem Test teilnehmen. Die anderen Probanden sind am Versuchstag mental und gesundheitlich in guter Verfassung.

Obwohl dieselbe Hardware wie auch im ersten Durchlauf eingesetzt wird, werden in den Testläufen des mobilen Usability-Labors folgende Fehlerzustände festgestellt.

- Die USB-Webcam verursachte auf dem Testlaptop Probleme. Bei Inbetriebnahme stürzt das Testlaptop ab. Es wird hier das Vorliegen eines Treiberproblems vermutet. Da das Problem nicht behoben werden konnte, kam die Webcam nicht zur Anwendung.
- Das Programm „Reaktionstest“ hat am Anfang auf die Bedienung des Probanden nicht reagiert. Im weiteren Testverlauf trat das Phänomen nicht mehr auf. Der Grund hierfür war für das Testteam nicht ersichtlich.

Um den im ersten Durchlauf gemachten negativen Erfahrungen entgegen zu wirken werden folgende Maßnahmen getroffen.

- Gegen die Hitzeentwicklung im Labor wird ein Ventilator eingesetzt und zwischen den Tests kleinere Pausen eingelegt.
- Damit die Replay-Funktion genutzt werden kann, wird die interne Kamera aktiviert. Diese Kamera ersetzt auch zugleich die ausgefallene Webcam.
- Der Einsatz der Markierfunktion wird mit dem EEG-Assistenten abgesprochen. Es soll an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass der Einsatz dieser Funktion nur für Erfahrungszwecke erfolgt. Da das Average-Verfahren nicht mehr möglich ist, hat es auch für den weiteren Testverlauf keine Relevanz.
- Um die Filme aus unterschiedlichen Quellen synchronisieren zu können, wird eine Stelle ausfindig gemacht, die von allen Kameras erfasst wird. Ein einmaliges Händeklatschen an dieser Stelle wird als Synchronisationsereignis dienen.
- Um Artefakte durch Kopfbewegungen verhindern zu können, wird der Hinweis, dass der Kopf soweit wie möglich nicht bewegt werden darf, mit in den Belegungstext integriert.

Für den Fall, dass die Replay-Funktion auch dieses Mal nicht funktioniert, soll das Monitorbild des EEG-Labors mittels der freien Capture-Software „CamStudio“ [CamStudio 2009] separat aufgezeichnet werden. Hierzu ist auf dem PC des EEG-Labors keine Installation notwendig. Die Capture-Software befindet sich auf einer externen Festplatte, die per USB an den PC des EEG-Labors angeschlossen ist. Die Capture-Software kann einfach von der Festplatte gestartet werden. Die Aufzeichnungen werden direkt auf die externe Festplatte gespeichert. Da das Filmmaterial von CamStudio qualitativ hochwertig ist wird dieses für den zu produzierenden Film verwendet.

### 4.3.2 Versuchsdurchführung

Die Versuche erfolgen identisch zu denen im ersten Durchlauf. Auch an diesem Tag werden die Probanden nacheinander einzeln ins Labor gebeten und bekommen eine kurze Belehrung über das weitere Geschehen. Ein Auszug der aktualisierten Belehrung ist im Anhang zu sehen.

Die Versuche werden gemäß eines Testplans, wie in Abschnitt „4.1.2 Vorgehen“ beschrieben, durchgeführt. Ein Auszug des Testplans ist im Anhang zu finden.

### 4.3.3 Bewertung

#### 4.3.3.1 Positive Erfahrungen

Im zweiten Durchlauf konnten weitere positive Erfahrungen gemacht werden. Diese sind im Einzelnen.

- **Replay-Funktion funktioniert**

Die Replay-Funktion steht jetzt zur Verfügung. Ein Bezug zwischen EEG und Filmmaterial kann nun hergestellt werden.

- **Datenexport funktioniert ohne Probleme**

Sowohl die EEG-Daten als auch das Filmmaterial der internen Kamera können ohne Probleme exportiert werden.

### 4.3.3.2 Negative Erfahrungen

Auch im zweiten Durchlauf wurden weitere negative Erfahrungen gemacht. Diese sind wie folgt.

- **Neue EEG-Haube zu eng**

An diesem Versuchstag wurde eine neue EEG-Haube eingesetzt. Diese lag deutlich enger am Kopf der Probanden an als die Vorgängerhaube. Die Probanden empfanden dies äußerst unangenehm.

- **Capture-Software verhindert Start des EEG-Programms**

Läuft die Capture-Software „CamStudio“ vor dem Start des EEG-Programms, kann das EEG-Programm nicht mehr gestartet werden. Dieses Problem konnte umgangen werden, indem zuerst das EEG-Programm gestartet wurde und danach erst CamStudio. Nachdem beide Programme gestartet wurden, konnten keine gegenseitigen Beeinträchtigungen mehr festgestellt werden.

### 4.3.4 Fazit

Das Problem, welches die Capture-Software verursacht, war leicht zu umgehen. Falls das Capturen während der Ableitung nicht erfolgt, muss sie im Nachhinein während des Replays gecaptured werden, weil in jedem Fall eine Filmdatei für die abschließende Filmproduktion benötigt wird.

Die neue EEG-Haube führte zu deutlichen Beschwerden bei den Probanden. Mit einer EEG-Haube in einer anderen Größe kann hier Abhilfe geschaffen werden.

Die erhobenen Daten können zur weiteren Bearbeitung ohne Probleme exportiert werden.

Im Sinne der angestrebten Ziele war dieser Versuchsdurchlauf erfolgreich.

#### 4.4 Auswertung der Ergebnisse

Die Signale der einzelnen Elektroden werden auf dem EEG-Bild jeweils mit einer eigenen Kurve dargestellt. Folgendes Bild zeigt einen Ausschnitt aus einer EEG-Ableitung.

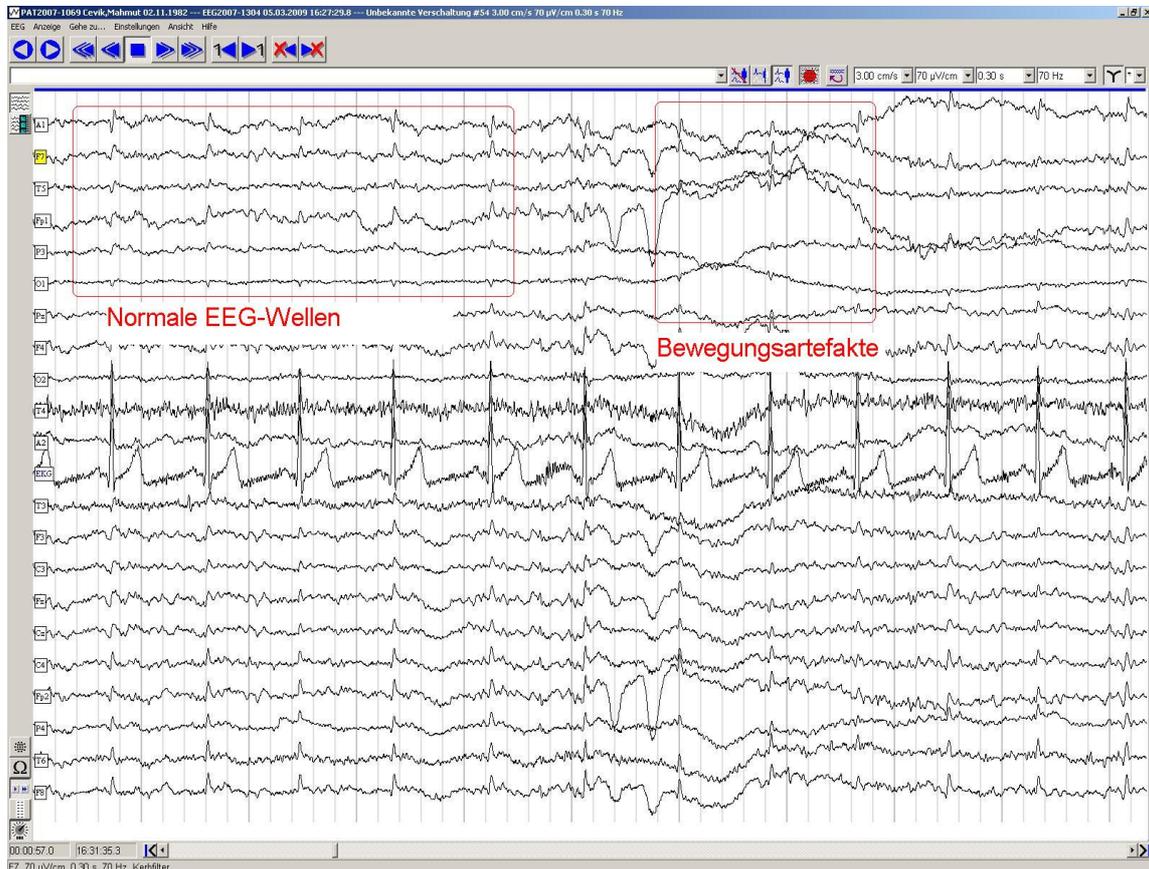


Abbildung 20 - EEG-Ableitung

Jede Elektrode gibt die elektrische Aktivität aus dem darunterliegenden Areal wieder. Um eine Gesamtaussage treffen zu können ist man auf den Einsatz solcher Methoden wie dem Average-Verfahren angewiesen. Hierfür bedient man sich der Auswertungssoftware der Herstellerfirma. Die Auswertungssoftware braucht jedoch ein Triggermodul, welches im EEG-Labor nicht installiert ist, weil für die Belange des EEG-Labors dies nicht notwendig ist. Ohne den Einsatz von Hilfsmitteln, wie dem Average-Verfahren, können die evozierten Potenziale aber nicht sichtbar gemacht werden, weil die evozierten Potentiale eine viel niedrigere Amplitude haben als die der Spontanaktivität des Gehirns. Somit ist eine Auswertung im Sinne der Aufgabenstellung leider nicht möglich.

Dennoch wurde der Versuch unternommen um festzustellen, ob nicht durch einfaches Betrachten der EEG-Ableitung auf kognitionsbedingte Veränderungen der EEG-Wellen geschlossen werden kann. Sowohl eigene Untersuchungen als auch die mit dem Laborpersonal durchgeführte Untersuchung an dem gerenderten Filmmaterial führten zu keinem positiven Ergebnis. Einige Umstände erschwerten die Untersuchungen. Diese sind im Folgenden aufgeführt.

- **Auflösung des EEG-Bildes**

Um die einzelnen Filme synchron betrachten zu können, wurden die vier unterschiedlichen Filmquellen zu einem einzigen Film gerendert. Dies führte zu Qualitätsverlusten. Die Auflösung reichte nicht mehr aus, um die Zeitanzeige zu erkennen. Dadurch konnte die Stelle, die man gerade auf dem Bild gesehen hat, nicht ohne Weiteres auf der EEG-Ableitung ausfindig gemacht werden, um diese in großer Auflösung nochmals genauer zu betrachten.

- **Bewegungsartefakte**

Schon geringe Kopfbewegungen oder Aktivitäten der Gesichtsmuskulatur verursachen Bewegungsartefakte auf dem EEG-Bild. In Abbildung 20 ist neben einem Bereich normaler EEG-Wellen auch ein Bereich mit Bewegungsartefakten markiert. Obwohl die Probanden dazu angehalten waren den Kopf soweit es geht nicht zu bewegen, tauchten solche Bewegungsartefakte sehr häufig auf und machten eine augenscheinliche Auswertung unmöglich.

Ein wichtiger Aspekt dieser Bachelorarbeit war es, den Nutzen bei der Benutzung eines EEG-Gerätes und den dafür betriebenen Aufwand zu betrachten. Um unsere Versuche durchführen zu können, mussten wir in diesem Fall in dem EEG-Labor der Asklepios-Klinik ein mobiles Usability-Labor aufbauen. Dies war mit einem großen Aufwand verbunden. Der Aufbau allein dauerte ca. 2 Stunden. Bei der Art der Elektroden und der Haube, die im EEG-Labor für die Untersuchungen verwendet werden, ist der Zeitaufwand enorm groß. Auch bei einer geübten Hand dauerte das Anbringen der Elektroden auf den Kopf der Probanden über 10 Minuten. Dieses strapazierte etwas die Geduld der Probanden. Mit einer auf den Kopf überziehbaren EEG-Haube wäre der Aufwand deutlich geringer.

Der erwartete Nutzen auf Basis des EEG, Aussagen über die Reaktion der Probanden auf bestimmte Ereignisse treffen zu können, rechtfertigt jedoch den Aufwand. Da jeder Mensch sich sehr unterschiedlich ausdrückt, ist man im Usability-Labor generell bestrebt, Ereignisse möglichst objektiv zu betrachten. Metriken von Biofeedbackgeräten können sehr gut miteinander verglichen werden um zu überprüfen, ob eine Person in derselben Konstellation ähnlich oder verschieden reagiert hat.

Sehr wichtig zu erwähnen ist noch die Tatsache, dass es sehr schwer war, Probanden für die Versuchsreihe zu finden. Es war eine große Überzeugungsarbeit von Nöten, um alle davon zu überzeugen, dass der Versuch nicht gefährlich ist. Die meisten Befragten hatten vor einem EEG-Gerät Angst. Die Personen, die an der Versuchsreihe teilgenommen haben, gaben nach den Versuchen an, dass es nicht schlimm war. Auch fanden sie die Verkabelung nicht weiter störend. Das EEG stieß im Nachhinein bei den Teilnehmern auf große Akzeptanz. Alle Probanden gaben an, dass sie sich für einen neuen Versuch zur Verfügung stellen würden.

Bei den Versuchen sollten Männer und Frauen gleichermaßen vertreten sein, um eventuell verschiedene EEG-Wellenmuster oder Unterschiede bei den evozierten Potentialen zwischen Männern und Frauen festzustellen. Es wurden insgesamt 7 Versuche durchgeführt. 3 der Probanden waren weiblich und 4 von ihnen männlich. Eine der EEG-Aufzeichnung wurde leider während der Nachbearbeitung gelöscht, so dass nur noch EEGs von zwei weiblichen und vier männlichen Probanden zum Vergleich zur Verfügung standen. Nach einer Inaugenscheinnahme und Vergleich mit dem bloßen Auge, konnten keine Anzeichen auf Unterschiede bei den EEG-Wellenmustern zwischen Männern und Frauen festgestellt werden. Es kann jedoch, wegen der nicht Einsetzbar-

---

keit der Auswertungssoftware, keine Aussage darüber gemacht werden, ob die evozierten Potentiale bei Frauen und Männern verschiedene Charakteristiken aufweisen oder keine vorhanden sind.

Eine weitere Anforderung war, dass sich das Alter der Probanden in einer zuvor festgelegten Spanne befindet, damit altersbedingte Unterschiede im EEG vermieden werden können. Die vorgesehene Alterspanne war zwischen 25 und 40 Jahren. Die Probanden waren im Alter zwischen 26 und 39. Auch in diesem Fall konnten keine Anzeichen auf Unterschiede bei den EEG-Wellenmustern abgeleitet werden. Bei den evozierten Potentialen gilt Geiches, wie zuvor beschrieben.

## 5 Fazit und Ausblick

### 5.1 Zusammenfassung

Ziel dieser Bachelorarbeit war es zu überprüfen, ob die von medizinischen Techniken gelieferten Messwerte zu analytischen Zwecken in einem Usability-Labor verwendet werden können und dem Labor somit neue Auswertungsmöglichkeiten eröffnen.

Als erstes wurden diverse Techniken und deren Grundlagen recherchiert.

Darauf folgte dann eine Einsetzbarkeitsanalyse, die anhand zuvor aufgestellter Kriterien feststellen sollte, ob eines dieser Techniken für den Einsatz im Usability-Labor in Betracht kommt. Als Ergebnis kam bei der Einsetzbarkeitsanalyse raus, dass der Einsatz eines EEG-Gerätes in einem Usability-Labor möglich und im Sinne der Zielsetzung erfolgversprechend ist.

Als nächstes wurde ein Konzept für den Einsatz eines EEG-Gerätes in einem Usability-Labor entwickelt. Es sollten mit geeigneten Aufgabenstellungen evozierte Potentiale erzeugt und gemessen werden. Diese sollten dann mittels des Average-Verfahrens ermittelt und sichtbar gemacht werden. Hierfür wurden Testszenarios ausgedacht und die für die Tests notwendigen Programme geschrieben und andere Vorbereitungen getroffen. Da das einzusetzende EEG-Gerät sich im EEG-Labor der Klinik für Neurologie der Asklepios-Klinik St. Georg befand, wurde der Einsatz eines mobilen Usability-Labors notwendig. Das mobile Labor wurde für die Tests in die Umgebung des EEG-Labors integriert. Anhand eines angefertigten Testplans wurden dann die Versuche durchgeführt. Aufgrund technischer Schwierigkeiten, die eine Weiterverarbeitung der erhobenen Daten unmöglich machte, wurde die Versuchsreihe mit geeigneten Hilfsmitteln und neuen Probanden wiederholt.

Die Verwendung der Auswertungssoftware und somit die Anwendung des Average-Verfahrens war aufgrund des Fehlens eines Triggermoduls im EEG-Labor nicht möglich. Da für ihre eigenen Untersuchungen das EEG-Labor kein Triggermodul benötigt, konnte dessen Notwendigkeit bei Nachfragen bei dem Gerätehersteller erst im Nachhinein festgestellt werden.

Als letztes wurden noch Untersuchungen angestellt, ob durch einfache Betrachtung der EEG-Ableitung auf kognitive Prozesse geschlossen werden kann. Auch diese Untersuchungen blieben leider erfolglos.

Die angestrebten Ziele konnten mit den beschränkten Mitteln, die zur Verfügung standen, nicht erreicht werden. Dennoch ist das EEG eine Technik, die dem Usability-Labor neue Möglichkeiten eröffnen kann. Denn in anderen Disziplinen, wie dem „Brain Computer-Interface“ (BCI), wird das EEG erfolgreich angewendet. Hier ist es mittlerweile den Forschern gelungen mittels Kognitionen einen Mauscursor zu bedienen. Bei einem fernmündlichen Gespräch mit Dr. Benjamin Blankertz von der Technischen Universität Berlin (FG Maschinelles Lernen) konnte in Erfahrung gebracht werden, dass sie auch mit ähnlichen Schwierigkeiten zu kämpfen haben, die sie mit Mitteln und Möglichkeiten aus dem Bereich „Maschinelles Lernen“ und mit eigens für ihre Zwecke geschriebenen Programmen meistern.

## **5.2 Ausblick**

Die für diese Bachelorarbeit zur Verfügung gestandenen Geräte und Möglichkeiten waren sehr beschränkt. Mit ähnlichen Möglichkeiten, wie sie z.B. dem Team von Dr. Blankertz zur Verfügung stehen, könnten auch bessere Ergebnisse im Usability-Labor erzielt werden. Das Team von Dr. Blankertz benutzt z.B. ein 64-Kanäle-EEG, das eine wesentlich bessere Auflösung liefert als ein 21-Kanäle-EEG. Weiterhin steht dem Team Software zur Verfügung, die Bewegungsartefakte adäquat behandelt. Mit einem EEG-Gerät, das vor Ort im Usability-Labor stünde, wären weitaus mehr Möglichkeiten die Stärken und Schwächen eines EEG-Gerätes ausfindig zu machen. Ein Austausch mit solchen Teams würde viele neue und gute Erkenntnisse bringen. Mit besseren Erkenntnissen über das EEG wären noch gezieltere Untersuchungen möglich. Eine Anschaffung eines EEG-Gerätes für das Usability-Labor und weiterführende Untersuchungen in dem Bereich würden hohen wissenschaftlichen Nutzen bringen.

## Glossar

<b>Amplitude</b>	Ein elektrischer Schwingungsaus Schlag
<b>Auskultation</b>	Das Abhören des Körpers
<b>Evozieren</b>	Einen Nervenimpuls künstlich hervorrufen
<b>Kognition</b>	Mentale Prozesse oder Strukturen eines Individuums
<b>Metrik</b>	Messbare Eigenschaft eines Gegenstandes

---

## Literaturverzeichnis

- [CamStudio 2009] CamStudio Homepage. 2009. – URL <http://camstudio.org/>
- [Deetjen u.a 2005] Deetjen, Peter; Speckmann, Erwin-Josef; Hescheler, Jürgen: Physiologie. Urban & Fischer Verlag, 4. Auflage 2005. – ISBN 978-3-437-44440-1
- [Golenhofen 2006] Golenhofen, Klaus: Basislehrbuch Physiologie. Urban & Fischer Verlag, 4. Auflage 2006. – ISBN 978-3-437-42482-3
- [Hick und Hick 2002] Hick, Christian; Hick, Astrid: Kurzlehrbuch Physiologie. Urban & Fischer Verlag, 4. Auflage 2002. – ISBN 3-437-41891-2
- [Javajim 2008] Agentur für Usability, Code & Culture Homepage. 2008. – URL <http://www.javajim.de/theorietank/usability/wasistusability.html>
- [Klengen 2008] Bachelorarbeit Klengen, Boris. 2008. – URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~use-lab/papers/BA-Klengen.pdf>
- [Schmidt und Lang 2007] Schmidt, Robert F.; Lang, Florian: Physiologie des Menschen und Pathophysiologie. Springer Medizinverlag Heidelberg, 30. Auflage 2007. – ISBN 978-3-540-32908-4
- [Silbernagl u.a. 2005] Silbernagl, Stefan; Klinger, Rainer; Pape, Hans-Christian: Physiologie. Georg Thieme Verlag KG, 5. Auflage 2005. – ISBN 3-13-796005-3
- [Usability 2008] Institut für Software-Ergonomie und Usability Homepage. 2008. – URL [http://www.usability.ch/Alt\\_nav/NJ\\_wisus.htm](http://www.usability.ch/Alt_nav/NJ_wisus.htm)
- [Usability-Lab 2008] Usability-Labor der HAW-Hamburg Homepage. 2008. – URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~use-lab/>

- 
- [Wikipedia 2008] Wikipedia Homepage. 2009. – URL <http://de.wikipedia.org/>
- [Wikipedia 2008a] Wikipedia: Bild eines Sphygmomanometers. 2009. – URL <http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Bild:Sphygmomanometer.jpg&filetimestamp=20050903181114#file>
- [Wiktionary 2009] Wiktionary Homepage. 2009. – URL <http://de.wiktionary.org/>
- [WorldUsabilityDay 2008] German Chapter der Usability Professionals' Association e.V. Homepage. 2008. – URL [http://www.worldusabilityday.de/\\_dok/usability.html](http://www.worldusabilityday.de/_dok/usability.html)
- [Wustl Edu 2008] Washington University in St. Louis Homepage. 2008. – URL <http://ese.wustl.edu/~nehorai/eegmeg/eeg2.jpg>

# Anhang A

## Testplan

- Proband ins Labor bitten
- Den gesundheitlichen Zustand des Probanden erfragen
- Belehrung vorlesen
- Probanden fragen, ob noch Fragen offen sind
- Aufgabenstellung erklären
- EEG-Haube aufsetzen
- Videokameras starten
- EEG-Aufzeichnung starten
- Synchronisationszeichen setzen
- Markierungspunkt am EEG setzen und Reaktionstest starten
- Markierungspunkt am EEG setzen und Button-Weg-Test starten
- Markierungspunkt am EEG setzen und Bildfolgen-Test starten
- Nach Versuchsende Videokameras und EEG-Aufzeichnung stoppen
- EEG-Haube abnehmen
- Proband bitten den Fragenkatalog auszufüllen
- Eventuelle Fragen des Probanden beantworten
- Proband verabschieden

# Anhang B

## Belehrung

Dieser Versuch wird im Rahmen einer Bachelorarbeit durchgeführt und wird ca. 20 Minuten in Anspruch nehmen. Für den Versuch wird Ihnen eine EEG-Haube aufgesetzt. Sie brauchen keine Angst zu haben, denn der Versuch ist vollständig schmerzfrei. Sie bekommen von mir gleich drei Aufgaben gestellt, die Sie bitte nacheinander bearbeiten. Während des ganzen Versuchs werden sie über die drei Kameras gefilmt. Mit dem Eyetracker zeichnen wir Ihre Augenbewegungen auf. Mit Hilfe einer Mastrackingsoftware, die auf dem Testrechner installiert ist, registrieren wir Ihre Mausbewegungen. Und schließlich werden Ihre Gehirnströme von dem EEG-Gerät aufgezeichnet. Wir bitten Sie während der Ableitung Ihren Kopf möglichst gar nicht zu bewegen, weil das zu Artefakten im EEG führt. Sämtliche Daten, die wir hier erheben, werden anonymisiert, streng vertraulich behandelt und ausschließlich für die Bachelorarbeit verwendet. Im Anschluss möchte ich noch gerne ein Nachgespräch mit Ihnen führen und würde gerne Ihre Eindrücke erfragen.

# Anhang C

## Fragenkatalog

Wie fühlten Sie sich vor dem Test?

- 1) Gut          2) Schlecht

Wie fühlen Sie sich jetzt?

- 1) Gut          2) Schlecht

Wie empfanden Sie die Atmosphäre im Labor?

- 1) angenehm   2) fühle mich eingeengt   3) unangenehm

Hat bei Ihnen irgendetwas Unbehagen verursacht?

- 1) Nein          2) Ja, und zwar ...

Wie empfanden Sie die EEG-Haube?

- 1) nicht störend          2) störend, und zwar....

War Ihnen die Aufgabenstellung klar?

- 1) Ja   2) Nein, und zwar...

Empfanden Sie die Aufgaben? 1) leicht          2) angenehm          3) schwer?

Aufgabe1:                  Aufgabe2:                  Aufgabe3:

Wie kamen Sie mit den Anwendungen zurecht?

- 1) leicht zu bedienen          2) anspruchsvoll          3) schwer zu bedienen

Wie empfanden Sie die zeitliche Versuchsabfolge?

- 1) etwas langsam          2) angenehm          3) etwas schnell

Würden Sie sich erneut für solch einen Versuch zur Verfügung stellen?

- 1) Ja          2) Nein

Haben Sie noch Fragen?

# Versicherung über Selbstständigkeit

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit im Sinne der Prüfungsordnung nach §24(5) ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe.

Hamburg, 31. März 2009

Ort, Datum

Unterschrift