

Grundlagen des Messens

Was ist zentral für die psychophysiologische Forschung?

Die Messung von Körpervorgängen, d.h. die Erfassung und Speicherung des physiologischen Geschehens, bzw. die Analyse dieses Geschehens.

Welche Rolle spielen bei diesem Vorhaben Apparate?

Eine wesentliche, obwohl viele Vorgänge auch direkt beobachtbar sind – das liegt daran, daß auch diese direkten Beobachtungen einer Meßapparatur bedürfen, um die Messungen quantifizierbar zu machen.

Welche Entwicklung fand in diesem Bereich in den letzten Jahren statt?

Die Handhabung der Apparate wurde immer einfacher, dafür wurden die Bauteile selbst immer komplexer, d.h. sowohl mikroprozessorgesteuert, als auch höchstintegriert.

3.1. Grundsätzliches zum psychophysiologischen Messen

Was versteht man unter einer **Ableitung**?

Eine **Messung** am menschlichen Körper.

Wie nennt man **Phänomene**?

Biosignale. Allerdings nennt man nur direkt am Körper gemessene Größen Biosignale, z.B. die Brustumfangänderung.

Wie nennt man Funktionsmaße, die aus Biosignalen abgeleitet sind, wie z.B. Atemfrequenz?

Psychophysiologische **Indikatoren**, **Parameter** oder **Kennwerte**.

Welche Grundfrage stellt sich für den psychophysiologisch tätigen Forscher?

Welche Indikatoren adäquat (informationstragend, informationshaltig) und einfach zu erheben sind. Meist hat man eine Auswahl aus einer ganzen Fülle an Möglichkeiten.

Was ist zur Erfassung der unterschiedlichen Biosignale nötig?

Da sie unterschiedlichster physikalischer Natur sind benötigt man unterschiedliche **Meßfühler**. Da jedoch die Verarbeitung der Signale ausschließlich auf elektrischem Wege erfolgt, muß das vom Körper abgeleitete Signal zunächst in eine elektrische Größe umgewandelt werden. Dies geschieht meist schon im Meßfühler, der aus diesem Grund oft **Meßwandler** heißt.

Welchen Vorteil hat diese, bereits im **Meßfühler** stattfindende Wandlung?

Der Informationstransport vom Organismus zum entfernt stehenden Registriergerät kann auf elektrischem Wege erfolgen.

Welche Form hat der **Meßfühler**, wenn das **Biosignal** bereits als elektrische Größe vorliegt?

In diesem Fall ist der **Meßfühler** eine **Elektrode**. Dadurch wird die elektrische Aktivität des Körpers aufgefangen und durch ein Kabel weitergeleitet.

Wovon spricht man, wenn die elektrische Veränderung als **Spannungsschwankung** vorliegt?

Von einem **Biopotential**. Viele wichtige Signale sind Biosignale, z.B. die hirnelektrische Aktivität, aber auch die elektrische Herzaktivität.

Wie entstehen Potentiale?

Durch Ladungsanhäufung – im lebenden Organismus sind Ladungen stets Ionen. Besteht zwischen zwei Punkten eine Ladungsdifferenz, so besteht auch eine Potentialdifferenz und damit eine elektrische Spannung. Keine Spannung besteht zwischen zwei gleich stark aufgeladenen Punkten.

Welches Problem hat man bei der Biopotentialableitung?

Man erfaßt nicht nur die Ladungsverhältnisse direkt unterhalb der Elektroden, sondern auch die Spannungsschwankungen, die sich durch die Ionenwanderung bei der Auslösung und Fortleitung von Aktionspotentialen an weiter entfernten Orten ergeben.

Wozu führt die Bewegung elektrischer Ladungen (hier: Ionen)?

Zur Entstehung elektromagnetischer Felder, die sich radial ausbreiten, wobei diese Ausbreitung der Felder durch die unterschiedlichen Gewebearten stark gestört wird, was zu enormen Potentialunterschieden auf der Körperoberfläche führt.

Welchen Einfluß haben die sich bewegenden Ionen auf die Ableitung?

Die Feldstärkeschwankungen durch sich ändernde Ionenflüsse führen zu veränderlichen Stromflüssen an den Elektroden. Da die Felder an den verschiedenen Elektroden unterschiedlich sind, liegen dadurch ebenfalls Potentialunterschiede vor.

Welche Möglichkeiten hat der Forscher bei der Wahl von Ableitungsorten für Biosignale?

1. Beide Elektroden liegen an Ableitungsorten, die das Auffangen relevanter elektrischer Aktivität gestatten. Dies nennt man eine **bipolare** Ableitung.
2. Nur eine Elektrode ist über einer elektrisch aktiven Region angebracht, die andere Elektrode auf elektrisch inaktivem Gebiet, was den für das aufzufangende Biosignal verantwortlichen Prozeß angeht. Hier spricht man von **unipolarer** oder **monopolarer** Ableitung. Die Elektrode über dem inaktivem Gebiet nennt man **Referenzelektrode**.

Aus welchen grundsätzlichen Teilen besteht die Meßanordnung?

Dem **Meßwandler**, dem ersten Glied der psychophysiologischen Meßkette.
Der **Verstärkungseinheit**, in der das Signal in geeigneter Weise aufbereitet wird.
Der **Registriereinheit**, die ein Protokoll der ablaufenden Ereignisse aufzeichnet.

Wie nennt man ein Meßgerät zur parallelen Aufzeichnung mehrerer Biosignale?

Ein solches Meßgerät nennt man **Polygraph**.

3.2 Elektroden

Was sind Elektroden?

Meßwertaufnehmer für elektrische Signale, in der Psychologie vor allem für Spannungsschwankungen und Widerstandsänderungen.

Welche Arten von Elektroden werden in der Psychologie vor allem verwendet?

Wenig verwendet werden Mikroelektroden für Einzelzelleableitungen oder **Nadelelektroden** (Subdermalelektroden). Diese dienen dazu, unter die Haut gestochen zu werden um die Ableitungen präziser zu lokalisieren und den Übergangswiderstand zwischen Gewebe und Elektrode niedrig zu halten.

In der Psychologie werden vor allem **Oberflächenelektroden** (Hautelektroden) verwendet, welche auf der Körperoberfläche angebracht werden. Außerdem kann man noch zwischen Einmalektroden und wiederverwendbaren Elektroden differenzieren.

Was gilt für alle verwendeten Elektroden grundsätzlich

Sie dürfen die Eigenschaften der darunter liegenden Hautschicht nicht verändern. Außerdem darf das System Elektrode-Haut hinsichtlich der elektrischen Eigenschaften keinen zeitlichen Schwankungen unterliegen.

Welche Probleme gibt es bei der Erfüllung der letzteren Bedingung?

Da während des Meßvorgangs kleine Ströme durch das System Elektrode-Haut-Elektrode fließen, kann es zu einer Ladungstrennung kommen, wenn sie immer in die gleiche Richtung (Gleichstrom) fließen. An den Grenzflächen Gewebe-Elektrode wird der Ladungstransport behindert, es kommt zur Ansammlung von Ionen, diese Anhäufung an den Grenzflächen ist komplementär, d.h. es entsteht ein neues Potential. Dies nennt man **Elektroden-Polarisation**.

Welche Folgen hat die **Elektroden-Polarisation**?

Sie führt dazu, daß eine im Verlauf der Ableitung größer werdende Potentialdifferenz zwischen den Ableitungspunkten entsteht, welche als Störgröße das Biopotential überlagert.

Welche Möglichkeiten hat man, dieses Problem zu umgehen?

Entweder man wendet Möglichkeiten zur Ausfilterung langsamer Spannungsschwankungen an, oder man verwendet **nicht-polarisierbare** Elektroden.

Welche Elektrode ist nicht-polarisierbar, woraus besteht sie?

Die Silber/Silberchlorid-Elektrode. Sie besteht meist aus einer mit Silberchlorid beschichteten Silberelektrode. Für präzise Ableitungen sollte man die Elektroden selbst frisch chlorieren.

Was befindet sich in den meisten Fällen zwischen Elektrode und Haut und warum?

Die **Elektroden-Paste** (oder das „Elektroden-Gel“). Sie soll für einen möglichst guten elektrischen Kontakt zwischen Hautoberfläche und Elektrodenoberfläche sorgen. Die Viskosität der Paste bewirkt, daß die elektrische Verbindung zwischen Haut und Elektrode auch bei Bewegungen relativ stabil bleibt – eine Metallplatte könnte sich der Hautoberfläche nicht so gut anpassen.

Welche Arten von **Oberflächenelektroden** sind zu unterscheiden?

Zwei Arten von Napfelektroden: Beim einen wird die Elektrodenpaste vor dem Aufkleben der Elektrode eingefüllt, beim anderen wird die Elektrodenpaste erst durch ein Loch mit einer Spritze in der Elektrodenoberseite eingebracht, nachdem der Hautkontakt hergestellt wurde. Außerdem gibt es noch Platten-Elektroden, die aus versilberten Metallplatten bestehen. Zwischen Haut und Platte liegt meist ein mit Kochsalz getränkter Papier oder Gazestreifen. Das ganze wird mit Gummiband festgehalten und ist auf Dauer unangenehm, weshalb man daher eher EKG-Ableitungen durchführt.

Darüber hinaus gibt es noch Saugelektroden, welche mit Gummibällchen versehen sind – durch deren Zusammendrücken in der Becherförmigen Elektrode entsteht ein Unterdruck, wodurch die Elektrode an der Körperoberfläche festgehalten wird.

Wie befestigt man Napfelektroden?

Entweder durch doppelseitig haftende Kleberinge oder eine Elektrodenpaste, der ein Kleber beigemischt ist.

Was ist zu tun, bevor die Elektroden auf die Haut gelegt werden?

Um den Übergangswiderstand möglichst klein zu halten, ist die Haut vorher gründlich zu reinigen, z.B. mit Alkohol. Die **Elektrodenimpedanz** sollte unter 5 kOhm liegen, um dies zu erreichen, kann man die Haut vorher auch mit Elektrodenpaste einreiben.

Wie nennt man den Widerstand bei Wechselstrom?
Impedanz.

3.3. Signalaufbereitung

Weshalb muß das Signal aufbereitet werden, warum erfolgt eine Vorverstärkung?

Da die Biosignale in elektrische Signale umgewandelt werden, und sich stark unterscheiden, andererseits aber meist in einem Polygraph mit identischen Verstärkerstufen auf allen Kanälen arbeitet, müssen die unterschiedlichen Signaltypen zur Anpassung an den Verstärker eine Vorverarbeitung (durch Koppler oder Vorverstärker) durchlaufen.

Wie geschieht die Signalaufbereitung, wenn ein System in Koppler-Technik ausgelegt ist?

Dreistufig. Zunächst wird das Biosignal im Koppler an das Meßsystem angepaßt. Dann in die Vorverstärkereinheit eingespeist (für alle Biosignale identisch) und kommt dann in die Leistungsverstärker (oder Hauptverstärker) – diese treiben das Schreibsystem.

Was ist zu beachten, wenn man auf das Koppler-System verzichtet, was ist der Vorteil?

Verzichtet man auf Koppler, müssen die Vorverstärker für die Verarbeitung der jeweiligen Signale speziell ausgelegt sein und nicht mehr zwischen den verschiedenen Aufzeichnungskanälen austauschbar. Da man keinen Einschubrahmen für die Koppler benötigt, können die Geräte kompakter gebaut werden.

Nach welchem Prinzip erfolgt die Verstärkung in der Verstärkungsstufe?

Stets nach dem Prinzip des Differenzverstärkers.

Wie nennt man das Störsignal, welches von den Netzleitungen generiert wird?

Diese störenden Wechselfelder nennt man „**Brumm**“ oder „**Netzbrumm**“. Sie haben eine Frequenz von 50 Hz und treten in der Umgebung von netzspannungsführenden Leitungen auf.

Was ist das Problem mit dem **Netzbrumm**?

Dieses Störsignal ist in der Amplitude oft höher als das **Nutzsignal** (dem zu untersuchenden Biosignal) und wird von den Elektroden aufgefangen.

Wie unterdrückt man den **Netzbrumm** beim Differenzverstärker?

Man nutzt eine Eigenschaft, die den Netzbrumm vom Biosignal unterscheidet: Dieses Störsignal erreicht alle am Körper befindlichen Elektroden praktisch gleichphasig, d.h. es ist zu jedem Zeitpunkt an zwei Elektroden auch in seinem zeitlichen Verlauf identisch. Da die bioelektrische Aktivität unter zwei Elektroden stets unterschiedlich ist, (außer durch Zufall) auch wenn sie aus der gleichen aktiven Struktur stammen, kann man dies nutzen: Bildet man auf elektronischem Wege die Differenz zwischen den Potentialen an zwei Elektroden, wird das Störsignal wegen der Gleichphasigkeit eliminiert.

Was bleibt bei der Differenzverstärkungsmethode von den Signalen übrig?

Ein vom Brumm bereinigtes Signal, das die Differenz der Aktivität unter zwei Elektroden wiedergibt.

Was hat es mit der Erde auf sich?

Die Potentialschwankungen werden relativ zu einem stabilen Bezugspunkt, der Erde gemessen. Diese stellt einen Punkt mit dem Potential Null dar (z.B. eine Wasserleitung). Auch die V_p wird aus Sicherheitsgründen geerdet.

Was kann man tun, wenn man sich nicht für den Differenzwert zwischen zwei Elektroden, sondern für die elektrische Aktivität unter einer Elektrode interessiert?

Man kann unipolar ableiten. Dazu legt man die zweite Elektrode an einen Punkt, von dem man weiß, daß unter diesem keine oder nur eine sehr geringe bioelektrische Aktivität herrscht. In diesem Fall wird die Referenzelektrode nur einen geringen Beitrag zu den Potentialschwankungen unter der **aktiven** Elektrode leisten.

Wie mißt man die Güte des Differenzverstärkers hinsichtlich der Unterdrückung von gleichphasigen Brummsignalen?

Die Gleichtaktunterdrückung. Sie gibt an, wieviel mal weniger ein gleichphasiges Signal verstärkt wird, als ein nicht gleichphasiges. Sehr gute Differenzverstärker haben hier Werte von einigen Millionen.

In wievielen Stufen erfolgt im allgemeinen die Verstärkung des Signals?

In zwei Stufen. **Vorverstärkung** und **Leistungsverstärkung** (oder Endverstärkung). Die Leistungsverstärkung dient dazu, das Signal auf einen Level zu bringen, auf dem ein Schreibsystem davon erregt werden kann.

Was gibt die **Zeitkonstante** (die man beim Verstärkungssystem frei wählen kann) an?

Die Zeitkonstante gibt an, wie lange die Periodendauer eines Wechselspannungssignals sein darf, um vom Verstärker noch unverzerrt übertragen zu werden. Je größer diese ist, desto ungedämpfter werden langsam veränderliche Signale an das Schreibsystem weitergegeben.

Was gilt für sinusförmige Signale?

Je kürzer die Zeitkonstante ist, desto mehr eilt das Ausgangssignal dem Eingangssignal voraus. Erst wenn die Zeitkonstante gleich unendlich wird, werden auch reine Gleichspannungen verzerrungsfrei übertragen. Da dies früher schwierig war, konnte man nur relativ schnell veränderliche Spannungsschwankungen übertragen.

Wodurch wird die untere **Frequenzgrenze** der verzerrungsfreien Übertragung beschrieben?

Durch die Zeitkonstante. Deren Reziprokwert ergibt die Frequenz. Der Wert der Zeitkonstante gibt an, nach welcher Zeit eine am Verstärkereingang angelegte Gleichspannung am Ausgang auf den 1/e-Wert abgesunken ist.

Wie wird ein Verstärker mit Zeitkonstante also?

Wie ein **Hochpaß**-Filter, der hohe Frequenzanteile ungehindert passieren läßt und niedrigfrequente Signalanteile dämpft. Oft gibt man das **Frequenzverhalten** des Verstärkers daher als Frequenz an. Diese verhält sich zur Zeitkonstanten (TC): $F = 1 / (2\pi TC)$.

Welche Möglichkeiten eröffnen diese Hochpaßeigenschaften?

Die Möglichkeit, ein höherfrequentes Signal von einer überlagerten langsamen Spannungsdrift zu befreien.

Welche Möglichkeiten eröffnen **Tiefpaß**-Filter in Verstärkern?

Diese werden in den Geräten eingebaut, um den Frequenzbereich nach oben zu begrenzen, z.B. um den Brummanteil aus dem Signal auszufiltern.

Was bedeuten die Grenzfrequenzen dieser **Tiefpaß**-Filter?

Die **Grenzfrequenz** gibt an, wo das Signal auf 70,7% seiner Amplitude gesunken ist, d.h. 50% seiner Energie. Je weiter eine Frequenz jenseits der Grenzfrequenz liegt, desto stärker wird sie gedämpft.

Wozu dienen spezielle **Bandpaß-** und **Bandsperr-**Filter?

Bandpaß-Filter erlauben es, bestimmte Frequenzbänder passieren zu lassen, was vor allem für die Frequenzanalyse der EEG sinnvoll ist.

Bandsperr-Filter können z.B. die 50 Hz-Frequenz selektiv herausfiltern, während alle anderen Frequenzen weitgehend ungedämpft bleiben.

Welche Arten von Anzeigegeräten stehen dem ambitionierten Forscher zur Verfügung?

Zum einen Skaleninstrumente, bei denen die Meßwerte in **analoger** Form (z.B. als Größe eines Zeigerausschlages) wiedergegeben werden, zum anderen **Digital-**Anzeigegeräte, welche den Meßwert als Ziffernfolge sichtbar machen.

Wozu dienen diese Anzeigegeräte?

Sie dienen als Kontrollinstrumente zur Überprüfung den momentanen Werts einer physiologischen Größe.

Wozu dient das **Oszilloskop** (der Oszillograph)?

Es stellt auf dem Bildschirm kontinuierlich den Verlauf des Signals dar, da der Elektronenstrahl den Zeitverlauf der Eingangsspannung praktisch trägheitslos abbildet.

Speicheroszilloskope gestatten es, den Verlauf eines Signals über eine Zeitspanne zu speichern.

Wie funktionieren die Schreibsysteme bei der Signalaufzeichnung?

Nach dem Prinzip des **Drehspulgalvanometers**. Das Signal wird an eine drehbare Spule, die sich im Feld eines Dauermagneten liegt, angelegt. Je größer die angelegte Spannung, desto stärker wird der Stromfluß durch die Spule. Dieser fließende Strom hat ein Magnetfeld zur Folge, dessen Feldlinien nicht parallel zu denen des Dauermagnetfeldes stehen – wodurch sich eine Torsionskraft auf die Drehspule ergibt, womit die Spule proportional zur anliegenden Spannung ausgelegt wird.

Wie schreibt dieses Schreibsystem auf ein Papier?

An der Spule ist ein Stift angebracht, der das Papier beschreibt, welches mit einer gewissen Geschwindigkeit, die durch den **Papiervorschub** geregelt wird, unter der Feder vorbei wandert. Das Papier wandert senkrecht zur Auslenkungsrichtung der Schreibfeder vorwärts.

In welcher Beziehung stehen Geschwindigkeit, in der das Papier transportiert wird zur zeitlichen Auflösung des Signals?

Je schneller sich das Papier bewegt, desto größer wird die Auflösung.

Welche Forderung ist an die Papiertransportsysteme zu stellen, um Wellenform und Frequenz analysieren zu können?

Die Papiergeschwindigkeit muß innerhalb enger Grenzen konstant bleiben.

Wie wird die Forderung nach konstantem Papiervorschub überprüft?

Das Papier ist meist an den Seiten Zeitmarkiert. Eine separate Feder kann im Sekundentakt scharfe Zacken schreiben, indem sie über einen elektr. Zeitgeber der Freq 1 Hz eingeregelt ist.

Welche Möglichkeiten zur Erzeugung der Schreibspur hat der Forscher?

- Tintensystem
- Düsensystem
- Kohlepapiersystem
- Thermoschreibsystem

3.4. Signalaufzeichnung

Welche Vor- und Nachteile hat das **Tintensystem**?

Das Tintensystem ist das einfachste und am weitesten verbreitetste. Man kann unbehandeltes Papier verwenden, allerdings kann es zu Klecksen und Eintrocknung der Tinte kommen. Allerdings lassen sich nur Frequenzen bis zu 70 Hz sauber reproduzieren, da Reibung und Trägheit relativ hoch ist, d.h. schnelle Federbewegungen werden stark gedämpft. Die meisten Tintensysteme sind kurvilinear, rektilinear nur bei mechanischer Umlenkung der Schreibfeder, was die Reibungsverluste und die Trägheit noch erhöht.

Was bedeutet eine **rektilineare** Darstellung, was eine **kurvilineare** Darstellung?

Bei einer kurvilinearen Darstellung ist die Auslenkung der Feder nicht senkrecht zur Transportrichtung, sondern bogenförmig.
Bei einer rektilinearen Darstellung ist der Federausschlag rechtwinklig zur Papiertransportrichtung – verzerrungsfrei.

Welche Vor- und Nachteile hat das **Düsensystem**?

Auch dieses arbeitet mit Tinte. Ein sehr feiner Tintenstrahl wird auf das Papier gespritzt. Hier können durch die dünne und leichte Kanüle sehr hohe Frequenzen (bis 1000Hz) reproduziert werden. Außerdem rektilineare Darstellung, dünne Aufzeichnungslinie, und man kann bei einem Mehrkanalsystem überkreuzende Kurven darstellen.

Welche Vor- und Nachteile hat das **Kohlepapiersystem**?

Hier wird durch einen beweglichen Stift Kohlepapier an das Schreiberpapier gedrückt, wodurch die Schreiblinie entsteht. Auch hier ist die Darstellung rektilinear. Beide Papiere laufen über eine senkrecht zur Transportrichtung angebrachte scharfe Kante. Der Schreibstift drückt die Papierbahnen an diese Kante. Hier können Frequenzen bis 70 Hz reproduziert werden.

Welche Vor- und Nachteile hat das **Thermoschreibsystem**?

Hier wird ein erhitzter Bügel über Spezialpapier geführt. Dieses ist farbig, bzw. mit einer Schicht überzogen, die bei Erwärmung abschmilzt. Dadurch wird das darunterliegende Papier sichtbar. Auch hier läuft das Papier über eine scharfe Kante. Auch dieses System liefert eine rektilineare Darstellung. Außerdem ist es einfacher zu handhaben als das Tintensystem.

Welche Möglichkeiten eröffnet die magnetische Aufzeichnung des Signals?

Dadurch bleibt die elektrische Information des Signals erhalten und steht zur Weiterverarbeitung zur Verfügung. Dadurch kann man die Daten auch mit dem Computer auswerten.

Wie funktioniert die Informationsspeicherung auf einem Magnetband?

Die aufzuzeichnende Wechselspannung wird in Schwankungen eines Magnetfeldes umgewandelt, vom dem das Band im Rhythmus und in der Stärke des Eingangssignals magnetisiert wird.

Welche funktional verschiedenen Systeme der Speicherung unterscheidet man?

Das **Analogbandsystem**, bei welchem das Eingangssignal eine Analogspannung ist und das **Digitalbandsystem**, bei welchem man mit Impulsen konstanter Amplitude arbeitet, wobei das Analogsignal zunächst in eine Impulsfolge umgewandelt wird. (**Analog-Digital-Wandlung**).

Welche Möglichkeiten der Aufzeichnung von **Analogsignalen** gibt es?

Frequenzmodulationssysteme (FM-Systeme) und Puls-Code-Modulationssysteme (PCM-Systeme).

Bei der FM-Aufzeichnung wird die am Eingang liegende Spannung so kodiert, daß die Frequenz eines Oszillators im Ausmaß der Amplitudenschwankungen des Eingangssignals verändert (moduliert) wird. Dieses in der Frequenz schwankende Signal wird auf den Magnetkopf gegeben, der es als magnetische Information auf Band schreibt. Beim Lesen werden diese Schwankungen demoduliert und in Amplitudenschwankungen des Ausgangssignals verwandelt.

Beim PCM-System wird die Eingangsspannung mit einer bestimmten Frequenz abgetastet. Die Spannungswerte werden in Impulsfolgen (bei konstanter Höhe) verwandelt und auf das Band übertragen. Hier ist nicht die Frequenz der Impulse maßgebend, sondern die Anzahl der Impulse zwischen zwei Markierungssignalen. Auch hier wird eine Impulsfolge beim Lesen wieder in ein Analogsignal, d.h. eine Spannung bestimmter Höhe verwandelt.

Der Vorteil der PCM-Aufzeichnung liegt in der Unempfindlichkeit gegenüber Schwankungen der Bandgeschwindigkeit und Erschütterungen des Geräts, z.B. bei Aufzeichnungen in Fahrzeugen. Außerdem ist die pulskodierte Information näher an elektronischen Rechnern.

Welche Möglichkeit der Aufzeichnung hat man bei **Digitalbandsystemen**?

Diese werden meist im Verbund mit elektronischen Rechenanlagen eingesetzt. Zunächst werden die physiologischen Daten in digitale Signale umgewandelt, wobei der A/D-Wandler meist zum Laborrechner gehört. Diese Signale werden wie beim PCM-System auf das Digitalband geschrieben. Vorteile:

1. Es können viel größere Datenmengen aufgezeichnet werden.
2. Störungen wie Bandrauschen oder Bandgeschwindigkeit sind nahezu bedeutungslos.
3. Da die Info blockweise abgespeichert wird (records), kann man bestimmte Abschnitte der Aufzeichnung mittels der record-Nummer schnell wiederfinden.

3.5. Eichung des Systems

Welche Bedeutung hat die Eichung der gesamten Meßkette?

Je größer die Anzahl der Stufen zwischen Eingangssignal und numerischer Verarbeitung, desto wichtiger ist diese Eichung. Oft kann man nach Ende der Datenerhebung nur aus den technischen Angaben über die Verstärkung die Amplitude des Ausgangssignals nicht mehr exakt reproduzieren. Daher sollte man mit einem **Referenzsignal** bekannter Höhe Eichmessungen durchführen.

Wie geht man bei der Eichung einer Meßkette vor?

Man schickt das Referenzsignal durch die gesamte Anlage von der Elektrodeneingangsbuchse bis zum Laborrechner. Damit kann man prüfen, ob der erwartete Wert mit dem gemessenen übereinstimmt. Andererseits kann man den Ausschlag eines bekannten Eingangswerts nutzen, um die anderen Werte daran zu skalieren – so geht man z.B. bei EEGs vor und nimmt die Auslenkung durch das Eichsignal als Bezugsgröße für die Höhe der hirnelektrischen Reaktion

Welches Signal eignet sich warum besonders als Eichsignal?

Ein Rechtecksignal, da man hier auch gleich Information über die Zeitkonstante des Systems (bei AC-Kopplung) gewinnt, da dieses Signal am Ausgang zwangsläufig verzerrt erscheint, wobei die Steilheit der Abstiegsflanke nach dem Spannungssprung die Zeitkonstante des Systems repräsentiert.

Wie sollte der Eichgenerator betrieben werden?

Durch eine Batterie, um Brummeinstreuungen zu verringern. Außerdem muß das Signal oft verringert werden, um in den Bereich der Biosignale zu kommen, d.h. es muß durch eine Schaltung abgeschwächt werden. Diese verwenden bestimmte Widerstände. Die Spannung ist dann $R \cdot \text{Volt}$.

3.6. Artefakte

Was ist ein **Artefakt**?

Ein vom Meßfühler aufgefangenes Signal, welches einen Ursprung als das zu messende Biosignal hat. Diese Artefakte können bei allen Arten von Biosignalen auftreten. Es gibt auch viele Quellen von Artefakten.

Wie kann man mit Artefakten physiologischer Herkunft umgehen?

Wenn man Biosignale mißt, erfaßt man oft andere Biosignale mit. Diese Störsignale sollte man bei der Signalaufbereitung durch entsprechende Filterung zu beseitigen versuchen, z.B. durch die Wahl der Zeitkonstanten, da die überlagerten Biosignale oft unterschiedliche Frequenzcharakteristika haben.

Was sind Artefakte **zweiter Art**?

Sie kommen dadurch zustande, daß ein Indikator mehreren verändernden Einflüssen unterliegt, die ihren Ursprung jedoch in der natürlichen Funktionsweise des Organismus haben, z.B. rhythmische Tagesschwankungen in der EEG-Aktivität.

Wie kommen Bewegungsartefakte zustande?

Ändert sich die Berührungsfläche zwischen Elektrode und Haut, kommt es zu Widerstandsänderungen und damit zu Spannungsschwankungen am Verstärkereingang. Außerdem kann die Bewegung der Elektrodenkabel in den elektromagnetischen Feldern Ströme induzieren, die zu Störsignalen führen. Am leichtesten zu erkennen sind grobmotorische Bewegungsartefakte, da diese das Biosignal in der Regel vollständig maskieren, überlagern und die interessierende Aktivität überlagern.

Wie kann man mit Bewegungsartefakten umgehen, bzw. diese bereits vorab reduzieren?

- Die Vp muß instruiert werden, sich ruhig zu verhalten und sich nicht zu bewegen.
- Die Vp sollte möglichst bequem sitzen, damit bei längerer Dauer der Sitzung kein Druck auf Körperpartien entsteht, den die Vp durch Veränderung der Körperhaltung zu mindern versucht. Jedweder Lageveränderung ist vorzubeugen.
- Die Elektroden müssen gut haften, d.h. man muß die Haut gründlich reinigen, bei Napfelektroden sollte man darauf achten, daß die Höhlung vollständig mit Paste gefüllt ist und das keine Luftblasen entstanden sind. Auch mit Klebeband kann man nachhelfen.
- Sind motorische Reaktionen zu erwarten, sollten die Elektroden an Gliedmaßen angebracht werden, die bei der Reaktion nicht beteiligt sind.

Wie entstehen Artefakte durch externe elektrische Einstreuungen?

Die induzierten Störspannungen durch Leitungen, Aufzüge, etc. können sowohl durch elektrostatische, als auch elektromagnetische Felder übertragen werden.

Welche Möglichkeiten hat man, um Artefakten durch elektr. Einstreuungen vorzubeugen?

- Elektrische Abschirmung des Untersuchungsraums: Wenn man den gesamten Untersuchungsraum, elektrisch leitend auskleidet, entsteht ein Faradayscher Käfig, d.h. elektrische Felder werden gut abgeschirmt. Praktisch kann man dazu Zinn- oder Aluminiumfolie verwenden. Die Abschirmungsfläche muß zusammenhängend sein. Kein Kontakt sollte zu irgendwelchen Leitungen bestehen. Als Erde kann man eine vergrabene Kuperblechplatte nehmen. Wenn man den Raum schon abschirmt, sollte man allerdings auch darauf achten, daß eine Gleichspannungsversorgung der im Raum befindlichen Geräte möglich ist, so daß keine Wechselfeldspannung in den Raum hineingeführt wird.
- Maßnahmen an der Störquelle: Wenn ein bestimmtes Gerät als Hauptstörquelle wirkt, kann man Abhilfe schaffen, indem man dieses entfernt oder entstört, bzw. die Netzleitungen abschirmt (was schwierig ist, wenn diese bereits verlegt sind).
- Maßnahmen an den Elektroden: Man sollte einen an beiden Elektroden gleich großen Übergangswiderstand erzielen. Die Haut unter der Elektrode ist zu reinigen, mit Alkohol abzureiben und evtl. die oberste Hornhautschicht abzutragen. Außerdem kann man abgeschirmte Elektrodenkabel verwenden.
- Elektronische Maßnahmen: Den Netzbrumm kann man durch elektronische Filter beseitigen. Mittel der Wahl: **50Hz-Bandsperrfilter**. Außerdem kann man das Signal schon im Untersuchungsraum vorverstärken, d.h. bevor es zum Registriergerät geschickt wird. Diese Methode mit der Leitung kann viel Einstreuung auffangen.

3.7. Hinweise zur Laborumgebung und zum Untersuchungsablauf

Welche äußeren Einflußgrößen müssen berücksichtigt und kontrolliert werden?

- **Raumtemperatur und Luftfeuchtigkeit**
- **Außentemperatur**
- **Tageszeit**
- **Schallpegel und Art der Geräusche im Untersuchungsraum**
- **Luftdruck**
- **Körperstellung des Probanden**

Welche inneren Variablen sind zu berücksichtigen (wenn möglich)?

- **Einstellungen** (z.B. zu psychologischen Experimenten oder physiologischen Messungen). Diese Einflüsse schätzt man am besten durch einen Fragebogen zum subjektiven Versuchserleben ab.
- **Allgemeiner Aktivierungszustand** des Probanden. Hinweise auf niedrige Aktivierungszustände kann man dem EEG (Alpha-Phasen) oder Augenbewegungen (periodische) entnehmen.
- **zirkadianer Rhythmus**
- **ovarialer Zyklus**
- **Einnahme von Pharmaka, Alkohol oder Nikotin**
- **Belastung durch besondere Lebensumstände**
- **Erkrankungen**
- **Alter**
- **Geschlecht**

Was ist bei der Einführung in die Laborumgebung zu beachten?

Die Versuchsperson sollte schon vor der eigentlichen Untersuchung mit der Laborumgebung vertraut gemacht werden. Außerdem sollte man die Apparate erklären, um unnötige Angst zu vermeiden und die Vps über den Inhalt der Untersuchung informieren.

Was sollte zu Beginn einer Sitzung liegen, was ist in dieser Phase das Ziel?

Eine Ruhephase von 5 bis 15 Minuten. Länger sollte sie nicht sein, um Langeweile zu vermeiden. Diese Ruhebedingung dient dazu, die physiologischen Maße auf einen Basiswert einzupendeln, was allerdings aufgrund der individuellen Ausgangslage schwierig ist. Ziel ist die Erlangung eines trendfreien Zustandes (**steady state**), innerhalb dessen die interessierenden Maße bestimmte Variationsbereiche nicht mehr überschreiten.

Womit ist bei längeren Sitzungen zu rechnen, wie kann man dem begegnen?

Mit dem Absinken der generellen tonischen Aktivierung. Dem kann man durch das Einschalten aktivierender Phasen oder körperliche Aktivität entgegenwirken.

Was ist am Ende der Sitzung zu tun?

Eine Befragung der Versuchsperson, um relevante Aspekte des Versuchserlebens zu erheben. Dies kann auch durch formlose Fragen geschehen.

3.8. Anmerkungen zu Computeranwendungen in der Psychophysiologie

Welche Entwicklung gab es in diesem Bereich?

Die Einführung des PCs in die Labors weitete den Einsatz von Rechnern massiv aus. Parallel dazu kam eine Fülle von Benutzerfreundlicher Software auf den Markt. Der Trend wird durch mächtigere PCs weitergehen.

Warum gibt Schandry keine eingehendere Darstellung?

- Informationen über den Einsatz von Laborrechnern finden sich in einschlägigen Publikationen.
- Hard- und Softwareentwicklung verläuft so rasant, daß zusammenfassende Darstellungen zu schnell veralten. Der Leser soll die Entwicklung selbst verfolgen.