

Einführung in die Forschungsmethoden der Psychologie und Psychotherapie

Einheit 8: Biopsychologische Methoden

22.12.2023 | Dr. Caroline Zygar-Hoffmann

Einführung: Biopsychologische und neurowissenschaftliche Messungen

Messungen von Indikatoren außerhalb des zentralen Nervensystems

- Elektrodermale Aktivität
- Muskelaktivität
- Augenaktivität
- Herz-Kreislauf-Messungen
- Messungen des Hormon- und Immunsystems

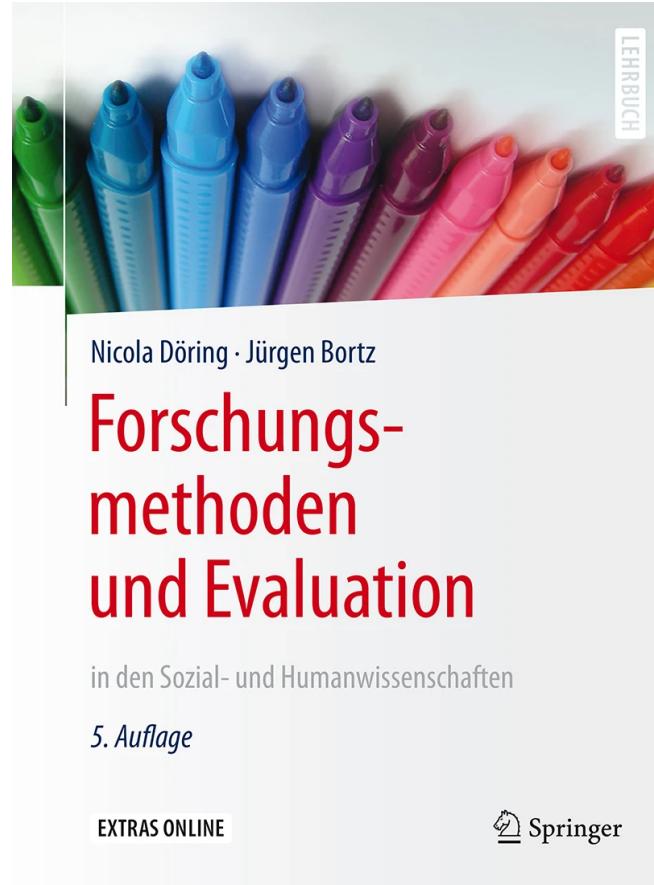
Messungen von Indikatoren der Aktivität des zentralen Nervensystems

- Verfahren zur Aufzeichnung von elektrischen Potenzialen: EEG
- Verfahren zur Registrierung minimaler Magnetfelder: MEG
- Bildgebende Verfahren
 - Radiologische Verfahren: CT, PET, SPECT
 - Magnetresonanzverfahren: MRT, fMRT

Artefakte bei biopsychologischen Messungen

Take-Aways

Literatur für die heutige Sitzung



Kapitel 10.5. in Döring, N. & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften*. Pearson.

Biopsychologische und neurowissenschaftliche Messungen

Integraler Bestandteil des Methodeninventars in vielen Bereichen der Psychologie

- ergänzen zunehmend die anderen Datenerhebungsverfahren
- Vorteil biopsychologischer Messungen:
 - versprechen direktere Einblicke in die zugrunde liegenden Prozesse psychischer Phänomene
 - verleiht psychologischer Forschung den Charakter einer "echten" Naturwissenschaft
- Wie andere Methoden sind auch biopsychologische Methoden theoriegeleitet und methodenkritisch einzusetzen

Zentrale Fragen:

- Sind biologische Funktionen hinreichende Voraussetzungen für das Auftreten psychischer Phänomene?
- Wird das menschliche Denken, Fühlen und Wollen durch körperliche Faktoren determiniert und festgeschrieben?

Biopsychologische und neurowissenschaftliche Messungen

Wechselseitiger Einfluss biologischer Faktoren vs. psychischer, sozialer und kultureller Faktoren

Besonders vielversprechend ist die Untersuchung wechselseitiger Einflüsse - 2 Beispiele für beide Wirkungsrichtungen:

Biologisch → Psychisch

Organische Schäden in der Amygdala → Patienten reagieren mit stark verringertem Affekt auf bedrohliche Stimuli (Adolphs, Tranel & Damasio, 1998)

Psychisch → Biologisch

Verhaltenstherapie bei Spinnenphobie → Normalisierung von neuronalen Prozessen bei Angst (Brand & Markowitsch, 2006)

Die Berücksichtigung der Interdependenz biologischer und psychischer Prozesse kann ein integratives Bild der erforschten Phänomene liefern (Cacioppo, 2002)

Kritischer Einsatz

- Interpretation biopsychologischer Messungen erfordert – wie auch andere Datenquellen – eine angemessene psychologische Theorie
- Daten sind auf einer Beschreibungs- oder Gegenstandsebene (gut geeignet für neuropsychologische Diagnostik)
- Erlauben nicht per se einen direkteren Einblick in die Black Box und damit die Erklärung des psychischen Systems
- Biologische Indikatoren verringern das Risiko der gezielten Einflussnahme oder Verfälschung
- ABER: auch hier zentrale Gütekriterien wie Reliabilität, Validität und Objektivität im Blick behalten

Kritischer Einsatz

Biopsychologische Messungen als ergänzende Datenquelle

Beispiel Atmungsfrequenz:

- biologisches Phänomen - zeigt Zustand des Herz-Kreislauf-Systems im Bereich zwischen Ruhe und Anstrengung an
- Prüfung vor dem Hintergrund des Forschungsstands: Eignung als Indikator für spezifische psychologische Zustände oder Aktivitäten?

Beispiel Lüge:

- Eine hohe Atemfrequenz per se verrät noch keine Lüge.
- Jedoch kann ein solcher Biomarker in Kombination mit anderen Messungen und einer angemessenen psychologischen Theorie gewinnbringend eingesetzt werden.

Kritischer Einsatz

- Da gezielte Veränderung durch die Versuchspersonen schwierig sind, werden die Daten der in dieser Einheit besprochenen Verfahren in der Forschung zumeist als abhängige Variable benutzt (d.h. als das was durch andere Faktoren erklärt werden soll), interpretiert als objektivere Indikatoren für eine psychologische Variable (z.B. Aktivierung, Orientierung, Stress, Aufmerksamkeit) → **"psychophysiologische Messungen"**
- Es gibt aber auch Beispiele für den Einsatz als unabhängige Variable:
 - elektrische, chemisch oder magnetische Stimulation von Gehirnbereichen und Beobachtung der Auswirkung auf Erleben und Verhalten, zum besseren Verständnis ihrer Funktionen (z.B. Selimbeyoglu & Parvizi, 2010)
 - Beim Biofeedback wird versucht biologische Prozesse gezielter wahrzunehmen (durch Feedback der Messwerte) und daraus folgend zu beeinflussen, z.B. zum Einsatz in Schmerztherapie, bei Angststörungen oder Depressionen

Messungen von Indikatoren außerhalb des zentralen Nervensystems

- Eine fast unüberschaubare Vielzahl von Parametern kann bei der Untersuchung des menschlichen Körpers erfasst werden.
- Wir fokussieren uns auf Methoden, die in der psychologischen Forschung vorwiegend eingesetzt werden

1. Elektrodermale Aktivität

2. Elektromyogramm

3. Elektrookulogramm und Eyetracker

4. Herz-Kreislauf-Messungen

5. Messungen des Hormon- und Immunsystems

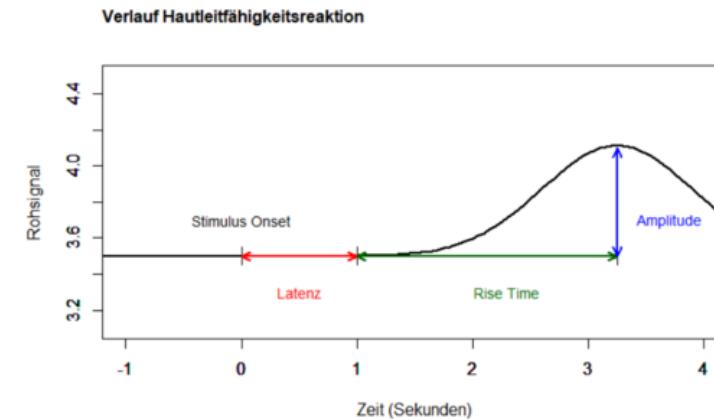
Messungen von Indikatoren außerhalb des zentralen Nervensystems

Elektrodermale Aktivität

- Wird über die Tätigkeit der Schweißdrüsen vermittelt
- Meistuntersuchte Parameter: Hautleitfähigkeit (wird in μ -Siemens = Mikro-Siemens angegeben)

Unterscheidung:

- **Tonische Hautleitfähigkeit** (skin conductance level): gibt Niveau der Aktivität an (sponane Fluktuationen)
- **Reaktive Hautleitfähigkeit** (skin conductance response): wird bei Reaktion auf bestimmte Stimuli erhoben



Messungen von Indikatoren außerhalb des zentralen Nervensystems

Elektrodermale Aktivität

Anwendungsfelder in der Forschung:

- Wird klassischerweise mit emotionalen Zuständen wie Angst in Verbindung gebracht (z.B. Erforschung posttraumatischer Belastungsstörung)
- Indikator für Orientierungsreaktionen (Aktivierung des Organismus und gesteigerte Aufmerksamkeit) bzw. die Gewöhnung (Habituation) an wiederholt wahrgenommene Stimuli
- Menschen mit bestimmten Persönlichkeitsstörungen haben eine reduzierte klassische Konditionierbarkeit der Hautleitfähigkeitsreaktion auf aversive Reize (z.B. Hare, 1978).

Messungen von Indikatoren außerhalb des zentralen Nervensystems

Elektrodermale Aktivität

Zur Anwendung im Polygraf (umgangssprachlich auch Lügendetektor):

- Rückschluss einer unspezifischen physiologischen Reaktion auf einen spezifischen mentalen Zustand (absichtliche Falschaussage vs. wahrheitsgemäße Aussage) umstritten
- In Deutschland als Beweismittel vor Gericht nicht zulässig



"WE CAN'T DETERMINE IF YOU'RE TELLING THE TRUTH,
BUT YOU SHOULD HAVE A DOCTOR CHECK YOUR PRESSURE."

■ Abb. 10.31 Die engen Grenzen der Aussagekraft des „Lügendetektors“ sind in der breiten Öffentlichkeit oft nicht bekannt. (© Sidney Harris/Search ID: shrn208, Rights Available from CartoonStock.com)

Döring & Bortz (2016), S.503

Messungen von Indikatoren außerhalb des zentralen Nervensystems

Elektromyogramm (EMG)

- Registriert Aktionspotenziale der Muskelzellen
- Indikatoren für Anspannung vs. Entspannung und emotionale Prozesse (positive vs. negative affektive Zustände)
- Therapeutisch-klinische Anwendung: Verspannungen der Nackenmuskulatur → chronische Kopfschmerzen → Biofeedback zur Entspannung der Muskelaktivität

Messungen von Indikatoren außerhalb des zentralen Nervensystems

Elektromyogramm (EMG)

Besondere Relevanz der Gesichtsmuskulatur:

- Evaluative Reaktionen auf Stimuli erfassen (Gefallen, Abneigung, Ekel etc.)
- Muskel Corrugator supercilii (Runzeln der Stirn, Zusammenziehen der Augenbrauen) → Hinweis auf negative, abgeneigte Bewertung
- Muskels Zygomaticus major (Anheben der Mundwinkel beim Lächeln) → positive, zugeneigte Bewertung



Messungen von Indikatoren außerhalb des zentralen Nervensystems

Elektrookulogramm (EOG)

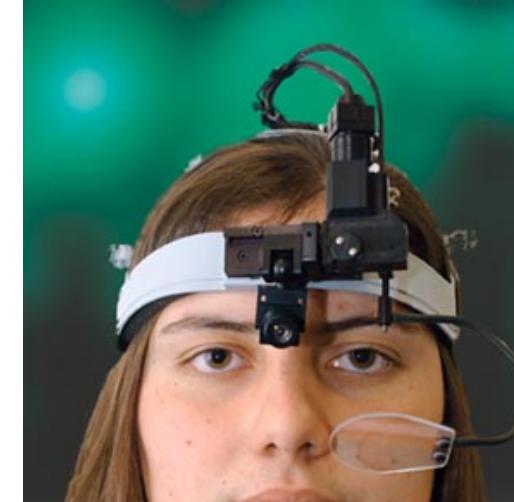
- EOG gibt primär Auskunft darüber, wohin Personen wie lange blicken, indem Augenbewegungen durch Elektroden gemessen werden
- Es lassen sich Rückschlüsse auf Aufmerksamkeit oder die gerichtete Zuwendung kognitiver Ressourcen ziehen



Messungen von Indikatoren außerhalb des zentralen Nervensystems

Eyetracker

- nutzt keine elektrischen Biosignale, sondern hochauflösende Kameras zur Erfassung von Spiegelungen und/oder Pupille
- VORSICHT: Artefakte durch Kopfbewegungen müssen kontrolliert werden
 - Person trägt Headset, das mit auf die Augen gerichteten Kameras ausgestattet ist
 - Kameras machen die Bewegungen des Kopfs mit → aufgezeichnete Signale bereits um die Kopfbewegung bereinigt
- Messung von:
 - Fixationen (relative Augenruhe)
 - Sakkaden (rasche Bewegungen von einem Fixationspunkt zu einem anderen)



Messungen von Indikatoren außerhalb des zentralen Nervensystems

Weitere Messungen der Augenaktivität

Am Auge können neben Parametern wie Blickrichtung und -bewegung noch weitere physiologische Indikatoren erfasst werden

Lidschlag

- zeigt Orientierungsreaktionen bzw. den sogenannten Startle-Reflex (Schreckreflex) an

Pupillendurchmesser

- wird vom parasympathischen Teil des autonomen Nervensystems gesteuert
- kann über emotionale Zustände, Aktivierung und die Art sowie das Ausmaß der Informationsverarbeitung Auskunft geben

Messungen von Indikatoren außerhalb des zentralen Nervensystems

Herz-Kreislauf-Messungen

Die Aktivität des Herz-Kreislauf-Systems (kardiovaskuläre Aktivität), kann durch verschiedene Maße wiedergegeben werden

Messung von Herzrate (HR)/Herzschlagfrequenz oder Herzratenvariabilität (HRV) mittels Elektrokardiogramm (EKG)

- EKG misst elektrische Ströme, die durch die Herzmuskelatur erzeugt werden
- Maße werden mit Stress, Emotionen und psychopathologischen Zuständen in Verbindung gebracht
- VORSICHT: Artefakte durch Bewegungen oder Aktivitäten anderer Muskeln

Messung von Blutdruck mittels Manschette oder peripheres Blutvolumen mittels optischer Verfahren

- Peripheres Blutvolumen = Menge des Blutes in vom Herzen entfernten Blutgefäßen (z.B. in Armen und Beinen), verringert sich z.B. bei Erregungszuständen

Verringerung des Blutdrucks und der Herzfrequenz können auf eine selektive Aufmerksamkeitszuwendung und aktive Reizaufnahme hinweisen, Erhöhung des Blutdrucks und der Herzfrequenz auf eine mentale Beanspruchung

Messungen von Indikatoren außerhalb des zentralen Nervensystems

Messungen des Hormon- und Immunsystems

Indikatoren des Hormonsystems:

- Hormonsystem (auch endokrines System genannt) dient der koordinierten Steuerung der Aktivität verschiedener Organe
- Spiegel von Hormonen wie etwa Kortisol steht mit Stress in Verbindung
- Freisetzung von Adrenalin wird als ein Indikator von durch Anstrengung erzeugtem Stress angesehen
- Können in Blut, Urin oder auch im Speichel nachgewiesen werden

Messungen von Indikatoren außerhalb des zentralen Nervensystems

Messungen des Hormon- und Immunsystems

Indikatoren des Immunsystems:

- Art und Konzentration immunaktive Zellen (werden im Blut nachgewiesen)
- Beispiel: Immunglobulin (im Speichel enthalten) - Sekretionsrate steht negativ im Zusammenhang mit Neurotizismus
- Diese Maße werden mit Zuständen der Entspannung und Anspannung, mit Stressreaktionen sowie mit dem psychosomatischen Gesamtzustand bzw. allgemeiner Erschöpfung in Verbindung gebracht

Messungen von Indikatoren der Aktivität des zentralen Nervensystems

Zentrales Nervensystems = Gehirn + Rückenmark

- Aktivität des zentralen Nervensystems psychologisch von besonderem Interesse
- Gehirn: Wahrnehmen, Denken und Urteilen über Emotion und Motivation bis zur Handlungsplanung und -kontrolle

Zur Registrierung der Gehirnaktivität lassen sich 3 Methodenklassen unterscheiden:

1. Verfahren zur Aufzeichnung von elektrischen Potenzialen
 - entstehen durch elektrochemische Aktivität von Gehirnneuronen
2. Verfahren zur Registrierung von minimalen Magnetfeldern
 - entstehen durch elektrische Potenziale von Gehirnneuronen
3. Bildgebende Verfahren
 - Abbildungen für Rückschlüsse auf Struktur und Funktion des Gehirns

Aufzeichnung elektrischer Potenziale: Das Elektroenzephalogramm (EEG)

- Grundlage der Aktivität des Gehirns: elektrochemische Potenziale an den Membranen der Nervenzellen (Neurone)
- EEG als klassische und immer noch weit verbreitete Methode der Biopsychologie
- EEG fängt elektrische Potenziale von Neuronen, hauptsächlich des Kortex, an der Schädeloberfläche per Elektroden auf (meist 20, für spezielle Zwecke aber auch über 200) und verstärkt diese Signale
- Eine neutrale Referenzelektrode wird an einem Ohrläppchen oder hinter dem Ohr angebracht
- Ermöglicht Rückschlüsse auf die Gehirnaktivität - jedoch nur auf der Ebene ganzer Neuronenverbände (Potenzial eines singulären Neurons zu schwach)
- Erfordert spezielle, standardisierte Messapparatur, bei der Elektroden eng an der Schädeloberfläche befestigt werden (oft mittels Kappe)

Film zum EEG

Aufzeichnung elektrischer Potenziale: Das Elektroenzephalogramm (EEG)

An einem EEG interessieren die Schwankungen elektrischer Potenziale (Spannungen) über die Zeit

- Frequenz (Schwingungshäufigkeit pro Sekunde, gemessen in Hertz, Hz)
- Amplitude (Ausmaß der Differenz) dieser Schwankungen.

Dabei wird im Wesentlichen zwischen zwei Arten der Aktivität unterschieden:

1. Spontanaktivität
2. evozierte (hervorgerufene) Aktivität (Potentiale) = ereigniskorrelierte Potentiale (EKP)

Aufzeichnung elektrischer Potenziale: Das Elektroenzephalogramm (EEG)

Spontanaktivität

- Definition: ständig auftretende rhythmische Potenzialänderungen mit einer Hauptfrequenz von 0,5 bis 30 Hz (max. 100 Hz) und Amplituden von 1 bis 200 µV (Mikrovolt)
- gibt Auskunft über den Zustand von Gehirnfunktionen (z.B. Aufmerksamkeit, Bewusstheit, Aktivierung, Wachheit und Schlafstadien)
- Je nach Frequenz und Amplitude Unterscheidung von 4 verschiedene Wellentypen (auch Frequenzbänder genannt)

Wellentyp	Frequenzbereich	Amplitudenbereich	Zustand
Delta	0,5–4 Hz	20–200 µV	Tiefschlaf
Theta	5–7 Hz	5–100 µV	Übergang von Wachheit zum Einschlafen, Dösen, Zustand tiefer Entspannung
Alpha	8–13 Hz	5–100 µV	Entspannter Wachzustand
Beta	14–30 Hz	2–20 µV	Mentale Aktivierung
Gamma	30–100 Hz	2–10 µV	Starke Konzentration

Aufzeichnung elektrischer Potenziale: Das Elektroenzephalogramm (EEG)

Ereigniskorrelierte Potenziale (EKP)

- Definition: kurzzeitige (d. h. weniger als 1 Sekunde andauernde) Reaktionen auf innere oder äußere Reize, die einen komplexen Verlauf mit interpretierbaren Höhe- und Tiefpunkten aufweisen
- ERP stellen eine hirnelektrische Aktivität dar, die zur Spontanaktivität hinzukommt
- **Sensorische EKP:** zeigen sich unmittelbar nach der Wahrnehmung eines Sinnesreizes
- **Motorische EKP:** zeigen sich unmittelbar vor der Ausführung einer Bewegung
- **Endogene EKP:** zeigen sich wenn sich eine Person mental mit Inhalten oder Informationen beschäftigt

Aufzeichnung elektrischer Potenziale: Das Elektroenzephalogramm (EEG)

Ereigniskorrelierte Potenziale (EKP)

- Relevant sind vor allem lokale Maxima (Gipfel, Höhepunkte) und Minima (Täler, Tiefpunkte) der evozierten Aktivität.
- Diese werden im Hinblick auf zwei Parameter analysiert:
 1. **Amplitude** (zumeist zwischen Baseline und dem Wert eines Maximums oder Minimums)
 2. **Zeitpunkt bzw. Latenz** (d. h. der zeitliche Abstand nach der Verarbeitung eines Reizes)
- Die relativ schwachen EKP Aktivitäten können oft erst durch Summation/Mittelung detektiert werden.
- EKP weisen eine hohe zeitliche Auflösung, jedoch eine geringe räumliche Auflösung + Messtiefe auf.

Aufzeichnung elektrischer Potenziale: Das Elektroenzephalogramm (EEG)

Ereigniskorrelierte Potenziale (EKP)

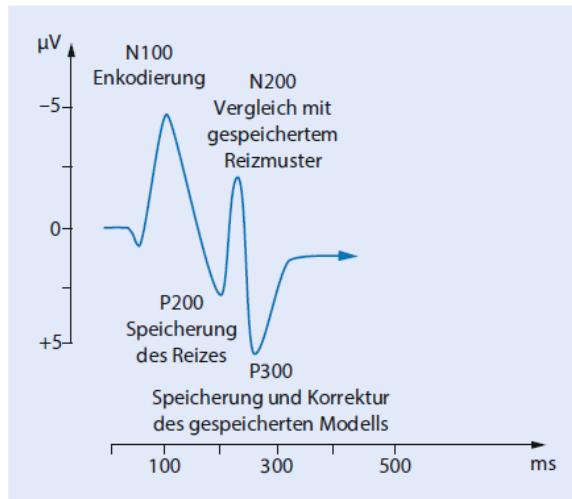


Abb. 10.34 Schematische Darstellung des Verlaufs ereigniskorrelierter Potenziale bei der Aufnahme und Verarbeitung eines visuellen oder auditiven Reizes als Ausschnitt aus einem Enzephalogramm.

P positive Amplitude, N negative Amplitude. (Mod. nach Birbaumer & Schmidt, 2006, S. 481)

- Wellensegmente nennt man Komponenten
- Benennung nach
 - Ausschlag in positive (P) vs. negative (N) Richtung
 - zeitlichem Intervall nach Beginn eines Reizes (z. B. 100 oder 300 ms)
- werden mit Reizverarbeitung in Verbindung gebracht

Aufzeichnung elektrischer Potenziale: Das Elektroenzephalogramm (EEG)

Ereigniskorrelierte Potenziale (EKP)

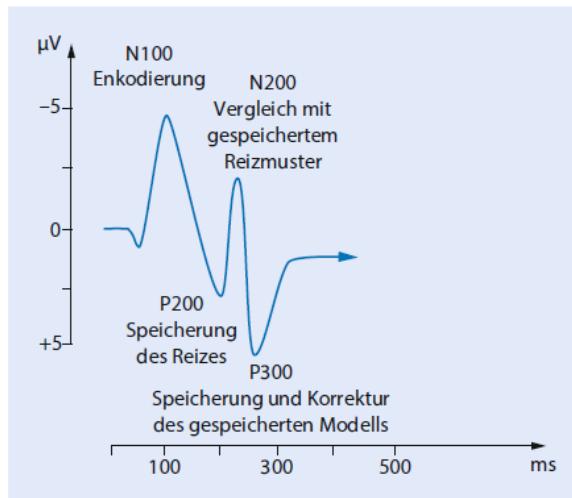


Abb. 10.34 Schematische Darstellung des Verlaufs ereigniskorrelierter Potenziale bei der Aufnahme und Verarbeitung eines visuellen oder auditiven Reizes als Ausschnitt aus einem Enzephalogramm.

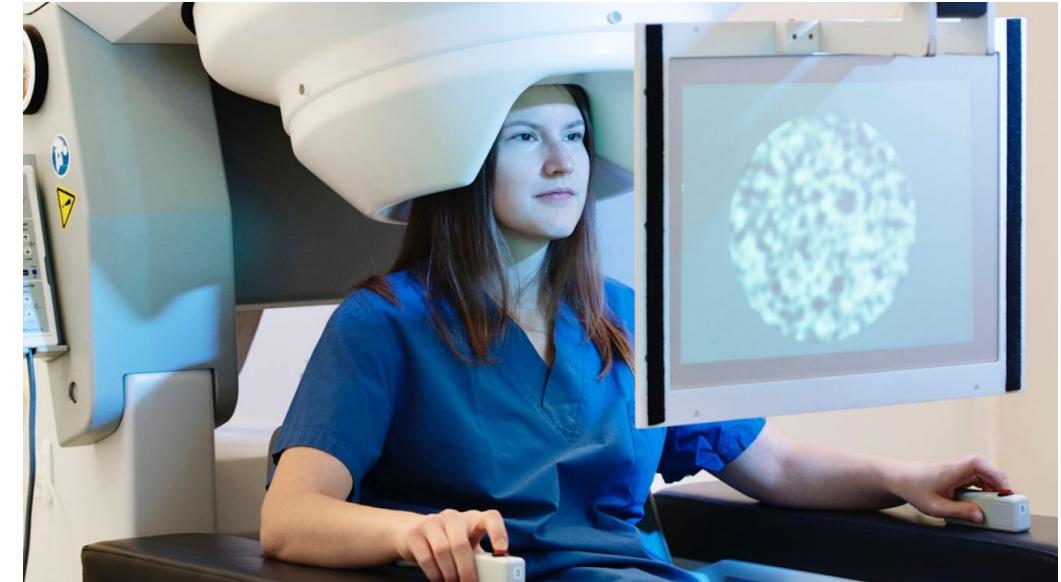
P positive Amplitude, N negative Amplitude. (Mod. nach Birbaumer & Schmidt, 2006, S. 481)

- Psychische Korrelate dieser Aktivität sind intensiv erforscht worden, z.B.:
 - N1 bzw. N100: frühestes Anzeichen für die Verarbeitung eines Reizes (wenn Aufmerksamkeit zugewendet wird)
 - P300: wenn Personen Reize wahrnehmen, die ihre Erwartungen verletzen

Messungen von Indikatoren der Aktivität des zentralen Nervensystems

Registrierung minimaler Magnetfelder: Das Magnetenzephalogramm (MEG)

- Elektrische Potenziale, die bei neuronaler Aktivität auftreten, erzeugen schwache Magnetfelder
- Diese können durch Magnetenzephalografie registriert werden, das Ergebnis einer Magnetenzephalografie wird Magnetenzephalogramm (MEG) genannt
- Signalerfassung erfordert außerordentlich sensible Detektoren (> 100), auf einer Haube



- Empfindlichkeit wird durch Einsatz von Supraleitung erreicht (erfordert Kühlung unter dem Gefrierpunkt)
- Ableitung der Aktivität: Sensoren berühren nicht die Schädeloberfläche, sondern werden in eine Position in etwa 1 cm Abstand gebracht (keine Hautleitartefakte)

Registrierung minimaler Magnetfelder: Das Magnetenzephalogramm (MEG)

- Mit dem MEG registrierte Signale stammen (wie beim EEG) vor allem von Kortexneuronen
- Anders als das EEG kann das MEG Daten liefern, die eine präzise dreidimensionale Verortung von Aktivitäten erlauben
- Vorteil: hohe zeitliche und räumliche Auflösung
- Beispiel-Anwendung: Erfassung neurokognitiver Prozesse, z.B. im Zusammenhang mit Aufmerksamkeit und Gedächtnis

Bildgebende Verfahren

- können Struktur und Funktion des Gehirns in seiner Gesamtheit darstellen
- dringen auch in subkortikale Bereiche vor (können mit EEG oder MEG nicht erreicht werden)

Sichtbarmachen von

- Strukturen
 - Anordnungen des Nervenzellgewebes
 - Verzweigung der Blutgefäße
 - Ventrikel (mit Flüssigkeit gefüllte Hohlräume im Gehirn)
- Funktionen
 - Blutfluss im Gehirn gibt Aufschluss über Funktionen wie Wahrnehmung, Gedächtnis oder emotionale und affektive Reaktionen
- Wichtig für Diagnostik von pathologischen Veränderungen des Gehirns (und Abschätzung von Funktionsbeeinträchtigungen aufgrund von Erkrankungen)

Bildgebende Verfahren

Radiologische Verfahren

- basiert auf der Messung von Strahlen (Röntgenstrahlen oder radioaktiver Gammastrahlung)
- Strahlung wird von ringförmig um den Kopf angeordneten Detektoren aufgefangen

Auswahl von Verfahren:

- Computertomografie (CT)
- Positronenemissionstomografie (PET)
- Single-Photon-Emissions-Computertomografie (SPECT)

Bildgebende Verfahren

Radiologische Verfahren

Computertomografie (CT): Ein Verfahren mit Röntgenstrahlung

- Resultat: bildhafte Darstellung des Gehirns
- Grundprinzip: Röntgenstrahlen werden bei Durchdringung verschiedener Gewebearten unterschiedlich stark absorbiert
 - z.B. Absorption durch Blut geringer
 - z.B. Absorption durch Knochen stärker



Bildgebende Verfahren

Radiologische Verfahren

Computertomografie (CT): Ein Verfahren mit Röntgenstrahlung

- CT (komplexer als Röntgengerät): viele Schnittbilder mit hoher Auflösung ergeben dreidimensionale Darstellung des Gehirns
- Daten werden von Computer zu einem sogenannten Scan (ein statisches Bild ohne zeitliche Komponente) zusammenfügt
- Vorteil: vergleichsweise kostengünstig
- Nachteil: Einsatz (wenig) schädlicher Strahlung und erfordert bisweilen auch Injektion von Kontrastmitteln

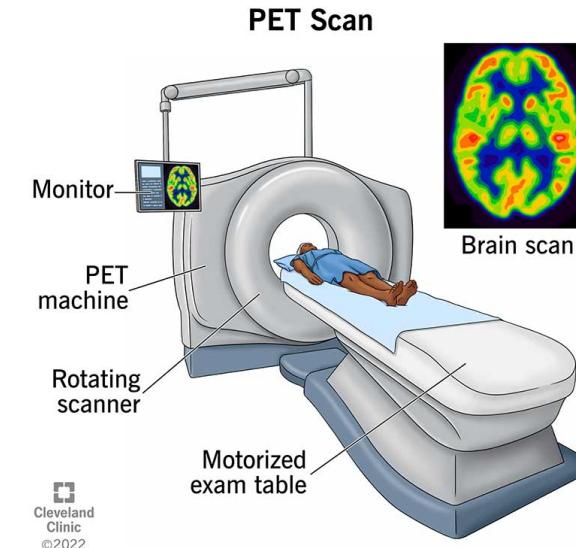
Messungen von Indikatoren der Aktivität des zentralen Nervensystems

Bildgebende Verfahren

Radiologische Verfahren

Positronenemissionstomografie (PET) und Single-Photon-Emissions-Computertomografie (SPECT)

- setzen radioaktive Markierungssubstanzen (Tracer) ein
- Tracer werden in Blutkreislauf der untersuchten Personen injiziert
- Zentrale Frage: Wo verteilt sich das Blut und damit die Tracer? → Rückschluss auf Aktivität im Gehirn abhängig von bestimmten Aufgaben (z.B. beim Rechnen)



Bildgebende Verfahren

Radiologische Verfahren

Positronenemissionstomografie (PET) und Single-Photon-Emissions-Computertomografie (SPECT)

PET:

- Zur Markierung werden Substanzen (z. B. Wasser) mit Radioisotopen (z. B. $H_2^{15}O$) verbunden
- Radioisotope gehen nach der Halbwertszeit spontan in ihren Grundzustand über, indem ihr Atomkern zerfällt
- dabei werden **Positronen** frei, die sofort mit einem Elektron zusammenprallen und mit diesem verschmelzen
- Beim Verschmelzen entstehen 2 **Photonen** → von Detektoren der Messapparatur (oft über 10.000) aufgefangen
- PET liefert vor allem Bilder des regionalen Blutflusses
- Blutfluss kann mit psychischen Funktionen wie Aufmerksamkeit, Sprache oder Gedächtnis in Beziehung gesetzt werden
- Tracer können auch Zuckerstoffwechsel und Dichte von Rezeptoren für Botenstoffe im Gehirn sichtbar machen (Einsatz z.B. in Schizophrenie-Diagnostik)

SPECT:

- ähnliches Prinzip wie PET (andere radioaktive Markierungssubstanzen, die nur 1 Photon aussenden)
- technisch weniger aufwändig und daher auch kostengünstiger

Bildgebende Verfahren

Magnetresonanzverfahren

- Alternative zu radiologischen Messmethoden
- Nutzen stattdessen starke Magnetfelder
- erzielen eine höhere Auflösung als z.B. das CT
- untersuchte Person wird zumeist auf einer Liege in eine Untersuchungskammer (in Form einer Röhre) geschoben

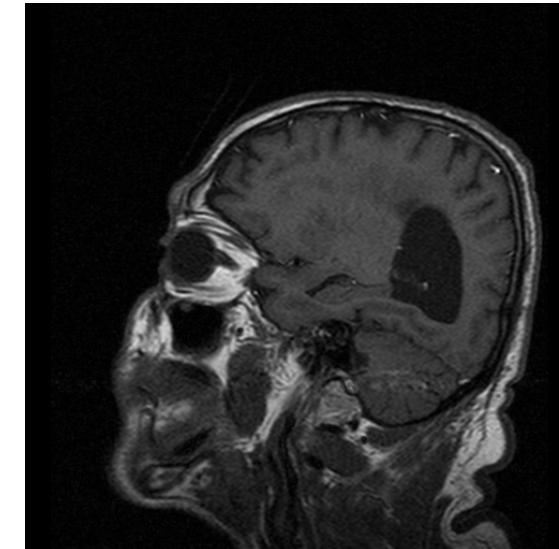
Messungen von Indikatoren der Aktivität des zentralen Nervensystems

Bildgebende Verfahren

Magnetresonanzverfahren

Magnetresonanztomografie (MRT)

- englisch: MRI (magnetic resonance imaging)
- Synonym: Kernspintomographie
- Ziel: Anatomie des Gehirns darstellen (Gewebetyp und Lokalisation)



Schnittbilder aus einem MRT

Bildgebende Verfahren

Magnetresonanzverfahren

Magnetresonanztomografie (MRT)

- nutzt die Eigenschaften von Protonen von Wasserstoffatomen innerhalb eines starken stabilen Hauptmagnetfelds, in das zusätzlich elektromagnetische Energie (mit spezieller Frequenz) eingestrahlt wird → führt zu "magnetischer Resonanz"
- Bei Wegfall der externen elektromagnetischen Energie wird im Gehirn Energie freigesetzt ("Relaxation"), die von Detektoren aufgefangen werden kann

Bildgebende Verfahren

Magnetresonanzverfahren

Magnetresonanztomografie (MRT)

Gewebetyp:

- Relevanter Messparameter: Zeit zwischen Erlöschen des externen Frequenzfeldes und dem Auftreten der Relaxationssignale.
- U.a. wegen des Zusammenhangs zwischen Wasserstoffgehalt und Flüssigkeitsanteil lässt sich auf die Dichte und damit die Art des Gewebes (Nervenzellen, Gehirnflüssigkeit oder Fett) schließen

<!-- -->

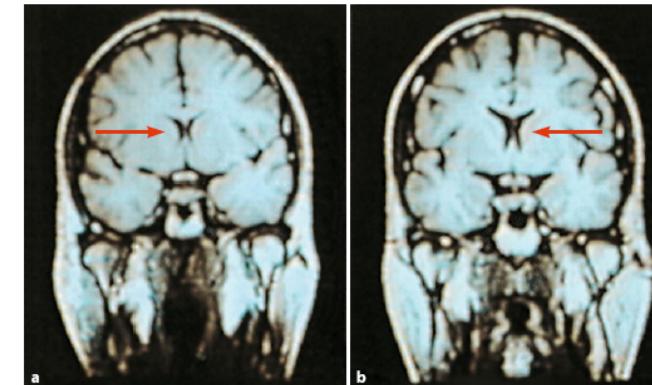


Abb. 3.17a,b Magnetresonanztomografie (MRT) eines gesunden Menschen (a) und eines Schizophrenepatienten (b). Auffallend sind die vergrößerten, mit Gehirnflüssigkeit gefüllten Bereiche neben der Pfeilspitze auf dem rechten Bild. (Courtesy of Daniel R. Weinberger, M.D., Lieber Institute for Brain Development)

aus Kapitel 3.5 in Myers, D.G. (2015). Psychologie. Springer.

Bildgebende Verfahren

Magnetresonanzverfahren

Magnetresonanztomografie (MRT)

Lokalisation:

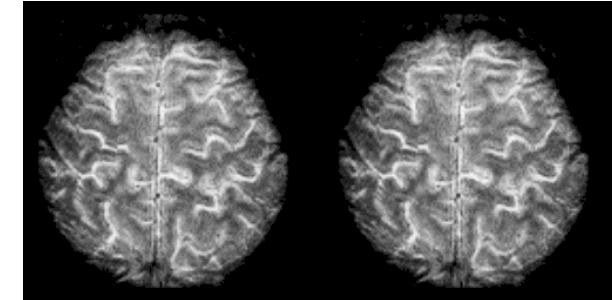
- Um nun über den Gewebstyp hinaus auch eine Lokalisation des gemessenen Gewebes vornehmen zu können, werden kurzzeitig weitere Magnetfelder zugeschaltet
- Die Stärke dieser Lokalisierungsfelder, die erheblich schwächer sind als das Hauptmagnetfeld, variiert je nach Ort
- Daher lässt ihr Effekt auf die empfangenen Signale Rückschlüsse auf den Ort des gemessenen Gewebes zu
- Die Informationen zu Ort und Dichte des Gewebes werden abschließend in Bilder überführt
- Wie man sich leicht vorstellen kann, sind viele komplexe Rechenschritte erforderlich, bis letztendlich das beeindruckende Bild des Gehirns vorliegt

Bildgebende Verfahren

Magnetresonanzverfahren

funktionelle Magnetresonanztomografie (fMRT)

- englisch: fMRI (functional magnetic resonance imaging)
- Die fMRT geht über die MRT hinaus, indem sie die psychologisch relevanten **Funktionen** abzubilden versucht
- Methode: Vergleich zeitlich aufeinander folgender MRT-Scans



Film zum fMRT

Bildgebende Verfahren

Magnetresonanzverfahren

funktionelle Magnetresonanztomografie (fMRT)

Grundprinzip BOLD ("blood oxygen level dependant"):

- Wenn eine Region im ZNS aktiv ist, wird sie mit mehr Blut versorgt, um den Bedarf an Sauerstoff und Glukose zu decken
- In dieser Region entsteht kurzzeitig ein Überangebot an Sauerstoff
- Dies äußert sich in einem größeren Anteil von sauerstoffreichem Hämoglobin (Oxyhämoglobin) gegenüber sauerstoffarmem Hämoglobin (Deoxyhämoglobin)
- Hämoglobin hat ferromagnetischen Eigenschaften (z.B. wegen der vorhandenen Eisenionen)
- Folge: Ungleichgewicht zugunsten des sauerstoffreichen Hämoglobins geht mit einer Magnetfeldverschiebung einher

Bildgebende Verfahren

Magnetresonanzverfahren

funktionelle Magnetresonanztomografie (fMRT)

Bildgebung:

- Der magnetische Effekt wird bei der fMRT ausgenutzt, um auf den Blutfluss und damit die Aktivierung der umgebenden Neurone zu schließen
- In der Bilderstellung werden diejenigen Hirnareale farblich hervorgehoben, die in einem bestimmten Moment überdurchschnittlich aktiviert sind
- Setzt man die Aktivierung zu zeitlich datierbaren Reizen in Beziehung, so kann auf die Verarbeitung dieser Reize geschlossen werden.

Bildgebende Verfahren

Magnetresonanzverfahren

funktionelle Magnetresonanztomografie (fMRT)

Vorteil gegenüber radioaktiven Verfahren:

- fMRT erfordert keine Injektion von Markierungssubstanzen
- hat hohe räumliche (ca. 1 mm) Auflösung, auch subkortikal
- untersuchte Person muss sich weniger lange in der Untersuchungskammer aufhalten

Bildgebende Verfahren

Magnetresonanzverfahren

funktionelle Magnetresonanztomografie (fMRT)

Nachteile:

- Schlechte zeitliche Auflösung: Aufzeichnungsintervall von ca. 6 bis 8 Sekunden erforderlich, um mit der fMRT ein Schnittbild für einen Aktivierungszustand zu erstellen
- Personen mit Metallimplantaten (z. B. Herzschrittmacher oder bestimmten Zahnfüllungen) können nicht untersucht werden
- Zusammenhang von Sauerstoffverteilung und lokaler hirnelektrischer Aktivität abhängig von Aufgabe und Hirngebiet
- Anfälligkeit für Störeffekte durch Bewegungen (auch geringfügige Bewegungen beim Sprechen)
- hoher Geräuschpegel während der Datenerhebung
- Viele Freiheitsgrade in der Analyse der Daten, häufig kombiniert mit geringer statistischer Power (zu kleine Stichproben) oder zu schwacher Korrektur für multiples Testen: Gefahr von falsch-positiven Ergebnissen (Anmerkung: Dies ist auch in anderen Forschungsgebieten ein Problem)

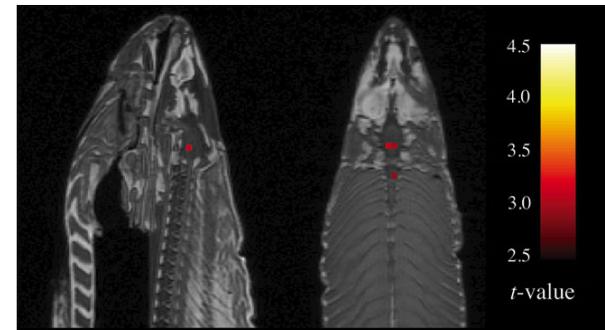
Bildgebende Verfahren

Magnetresonanzverfahren

funktionelle Magnetresonanztomografie (fMRT)

Scanning Dead Salmon in fMRI Machine Highlights Risk of Red Herrings

Neuroscientist Craig Bennett purchased a whole Atlantic salmon, took it to a lab at Dartmouth, and put it into an fMRI machine used to study the brain. The beautiful fish was to be the lab's test object as they worked out some new methods. So, as the fish sat in the scanner, they showed it [...]



Neuroscientist Craig Bennett purchased a whole Atlantic salmon, took it to a lab at Dartmouth, and put it into an fMRI machine used to study the brain. The beautiful fish was to be the lab's test object as they worked out some new methods.

So, as the fish sat in the scanner, they showed it "a series of photographs depicting human individuals in social situations." To maintain the rigor of the protocol (and perhaps because it was hilarious), the salmon, just like a human test subject, "was asked to determine what emotion the individual in the photo must have been experiencing."

The salmon, as Bennett's poster on the test dryly notes, "was not alive at the time of scanning."

Artefakte bei biopsychologischen Messungen

Definition

- Signale, die nicht durch den interessierenden physiologischen bzw. biopsychologischen Prozess, sondern durch andere Faktoren (z. B. externe Quellen elektrischer Potenziale wie etwa Radiosender oder Mobiltelefone) verursacht werden.
- Es handelt sich also um Signale, die einen anderen Ursprung haben als das interessierende Biosignal.

Im Wesentlichen lassen sich folgende Arten von Artefakten unterscheiden:

- Artefakte physiologischer Herkunft
- Bewegungsartefakte
- Artefakte durch externe Einstreuungen

Artefakte physiologischer Herkunft

- Signale, die durch physiologische Aktivitäten erzeugt werden
- Beispiele:
 - Überlagerung elektrischer Biosignale wie Gehirnströme (EEG) durch elementare Muskelaktivitäten (z.B. Augenbewegungen, Lidschlag)
 - Modulierung der Herzfrequenz durch Atmungsvorgänge (Atmungsarrhythmie)
 - Messung von Hormonen wie Kortisol während weiblichem Monatszyklus

Lösung:

- elektrische Artefakte haben oft bekannte Eigenschaften wie etwa eine bestimmte Frequenz → Können kontrolliert werden, indem sie durch geeignete Filter oder Algorithmen herausgerechnet werden
- Hormonspiegel können durch entsprechende Auswahl der untersuchten Personen kontrolliert werden

Bewegungsartefakte

- Auch durch die Bewegung des Körpers der untersuchten Person oder durch unkontrollierte Bewegungen des Messapparats oder der Messfühler können Störsignale entstehen
- Schon die Veränderung der Position von Elektroden (Aufnehmer elektrischer Signale) oder Elektrodenkabeln kann zu unerwünschten Signalen führen
- Bei der Messung der Gehirnaktivität mit bildgebenden Verfahren wie MRT stellt die Bewegung von Körperteilen (z.B. des Kopfes) eine erhebliche Quelle von Störungen dar

Lösung:

- Kopfstützen, Schablonen, etc.
- optimale Platzierung von Messgeräten

Artefakte durch externe Einstreuungen

Biosignale können auch durch Signale äußerer Ursprungs, wie etwa elektrische oder magnetische Felder aus der Umgebung der Messapparatur (z. B. verursacht durch elektrische Leitungen oder Radiosender) gestört werden.

Lösung:

- möglichst vollständige Abschirmung des Untersuchungsraums
- Versorgung der Geräte im Untersuchungsraum mit Gleichspannung (\rightarrow keine elektrischen Felder durch Geräte an der Steckdose)
- Einsatz von Vorverstärkern der interessierenden Biosignale
- geeignete Filter bei der Datenverarbeitung

Take-Aways

- Indikatoren **außerhalb des zentralen Nervensystems** messen allgemeine physiologische Reaktionen
- **EEG** fängt per Elektroden elektrische Potenziale von Neuronen, hauptsächlich des Kortex, an der Schädeloberfläche auf
- **MEG** nutzt Magnetfelder des Gehirns für eine höhere räumliche Auflösung als EEG
- **Bildgebende Verfahren** können Struktur und Funktion des Gehirns in seiner Gesamtheit darstellen
- **CT** erzeugt mit hoher Auflösung dreidimensionale Darstellung des Gehirns
- **PET und SPECT** setzen radioaktive Markierungssubstanzen (Tracer) ein
- **MRT** nutzt statt radioaktivem Material starke Magnetfelder und hat höhere Auflösung
- **fMRT** geht über die MRT hinaus, indem sie die psychologisch relevanten **Funktionen** abzubilden versucht

[zurück zur heutigen Übersicht der Vorlesung →](#)

[zum Quiz zur Wissensprüfung →](#)