

# Ehlert Verhaltens- medizin



Springer

---

Ulrike Ehlert (Hrsg.)

# Verhaltensmedizin

Mit einem Geleitwort von Niels Birbaumer

Mit 126, zum Teil farbigen Abbildungen  
und 57 Tabellen



Springer

---

Professor Dr. **ULRIKE EHLERT**  
Universität Zürich  
Klinische Psychologie II  
Zürichbergstr. 43  
8044 Zürich, Schweiz

ISBN 3-540-42929-8 Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme  
Verhaltensmedizin / Hrsg.: Ulrike Ehlert. – Berlin ; Heidelberg ; New York ;  
Hongkong ; London ; Mailand ; Paris ; Tokio : Springer, 2003  
(Springer-Lehrbuch)  
ISBN 3-540-42929-8

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York  
ein Unternehmen der BertelsmannSpringer Science+Business Media GmbH

<http://www.springer.de>

© Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2003  
Printed in Germany

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Produkthaftung: Für Angaben über Dosierungsanweisungen und Applikationsformen kann vom Verlag keine Gewähr übernommen werden. Derartige Angaben müssen vom jeweiligen Anwender im Einzelfall anhand anderer Literaturstellen auf ihre Richtigkeit überprüft werden.

Einbandgestaltung: deblik Berlin  
Satz: Fotosatz-Service Köhler GmbH, Würzburg

Gedruckt auf säurefreiem Papier

SPIN: 10799009

26/3130 SM – 5 4 3 2 1 0

# Messmethoden der Verhaltensmedizin – Diagnostik und Evaluation anhand psychologischer und biologischer Parameter

MARKUS HEINRICHS und JOCHEN KAISER

4

INHALT

- 4.1 Psychologische Diagnostik 134
  - 4.1.1 Problemanalyse 134
  - 4.1.2 Strukturierte Interviews 138
  - 4.1.3 Fragebogenverfahren 140
  - 4.1.4 Tagebücher 142
- 4.2 Peripherphysiologische Messmethoden 143
  - 4.2.1 Elektrophysiologische Diagnostik 143
  - 4.2.2 Psychoneuroendokrinologische Diagnostik 144
- 4.3 Zentralnervöse Messmethoden 149
  - 4.3.1 Elektroenzephalogramm und Magnetenzephalogramm 149
  - 4.3.2 Bildgebende Verfahren 158
- Zusammenfassung, Wiederholungsfragen und Literatur 160

*Denn da der Beobachter nie das reine Phänomen mit Augen sieht, sondern vieles von seiner Geistesstimmung, von der Stimmung des Organs im Augenblick, von Licht, Luft, Witterung, Körpern, Behandlung und tausend andern Umständen abhängt; so ist ein Meer auszutrinken, wenn man sich an Individualität des Phänomens halten und diese beobachten, messen, wägen und beschreiben will.*

*Allgemeine Naturlehre: Erfahrung und Wissenschaft  
(Johann Wolfgang von Goethe 1798)*

**G**edanken, Gefühle oder Empfindungen sind subjektiv. Jeder Versuch einer objektiven Messung erscheint zunächst naiv, beinahe anmaßend. Wozu sollen wir Verhalten und Erleben quantifizieren? Inwieweit verbessert die Erfassung biologischer Parameter Diagnostik und Therapie? Die Verhaltensmedizin versucht psychosoziale, verhaltensbezogene und biomedizinische Informationen zu integrieren, um der Komplexität von Individuen und Störungen besser gerecht zu werden. Der

Schwerpunkt verhaltensmedizinischer Arbeit liegt auf der Identifikation der Zusammenhänge zwischen Verhalten und somatischen Erkrankungen beziehungsweise physiologischen Funktionsstörungen. Eine immer größere Zahl psychobiologischer Parameter in Forschung und Klinik ermöglicht dabei ganz neue Einblicke in die Mechanismen von Ursachen (Ätiologie) sowie Entstehung und Verlauf (Pathogenese) unterschiedlicher Krankheitsbilder. Oder hätten Sie gedacht, dass soziale Unterstützung die endokrine Stressantwort des Hormons Kortisol reduziert? Haben Sie gewusst, dass Patienten mit Epilepsie durch die visuelle Rückmeldung bestimmter Hirnpotenziale mittels Elektroenzephalogramm (EEG-Biofeedback) bereits in kurzer Zeit lernen können, die Anfallshäufigkeit deutlich zu reduzieren?

Goethe hat am Ende des 18. Jahrhunderts zu Recht auf die Schwierigkeiten bei der objektiven Erfassung individueller Eigenschaften hingewiesen. An dieser grundsätzlichen Schwierigkeit hat sich auch mehr als 200 Jahre später nichts verändert: Die Geschichte der Verhaltensmedizin und ihrer Nachbardisziplinen verrät, dass wir ständig im Goethe'schen Sinne damit beschäftigt sind „ein Meer auszutrinken“, um Erkenntnisse zu vertiefen und die Versorgung von Patienten zu verbessern. Die Herausforderung Goethes, die Individualität, das Subjektive der Person zu beachten und zu respektieren und selbiges gleichsam auf körperlicher und psychischer Ebene zu messen und zu klassifizieren, sollte ein besonderes Vermächtnis für jede Form der Heilkunde sein, und ist es sicher für die Verhaltensmedizin.

Im Rahmen des vorliegenden Kapitels werden die wichtigsten Messmethoden vorgestellt, die in der verhaltensmedizinischen Patientenversorgung

und Forschung eingesetzt werden. Es erscheint uns wichtig zu betonen, dass Messungen in der verhaltensmedizinischen Praxis nur insofern von Relevanz sind, wie sie für Diagnostik und Therapie bei einem Patienten unmittelbar hilfreich sind. Insofern bleibt die pragmatische Handlungsmaxime von einem der Väter der Verhaltenstherapie, Frederic H. Kanfer, für die Praxis wegleitend: „In his immediate therapeutic role, the clinician's goal is the attainment of effective change, not the comprehensive understanding of the variables influencing his patient“ (Kanfer u. Phillips 1970, S. 28). Dennoch berücksichtigen wir im vorliegenden Kapitel bewusst auch innovative Methoden, deren praktisch-klinischer Nutzen für die Verhaltensmedizin zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht abschließend beurteilt werden kann, welche jedoch aus unserer Sicht in naher Zukunft eine multimethodale Diagnostik und Therapie in einem biopsychosozialen Kontext nachhaltig verbessern können. Im Hinblick auf das Methodenwissen stellt gerade die vergleichsweise junge Disziplin der Verhaltensmedizin somit hohe Ansprüche an die verhaltensmedizinisch Tätigen, um einen schnellen Transfer von Forschungsergebnissen zu verbesserten Diagnose- und Behandlungsansätzen sicherzustellen.

#### 4.1

##### Psychologische Diagnostik

Da die Verhaltensmedizin eine in Forschung und Praxis sehr junge Disziplin ist, liegen bislang nur wenige diagnostische Methoden vor, welche unmittelbar innerhalb der Disziplin entwickelt wurden. Die in der Verhaltensmedizin eingesetzten psychologischen Messinstrumente sind daher im Wesentlichen an die verhaltenstherapeutische Diagnostik angelehnt. Verhaltensweisen beinhalten demnach kognitive, emotionale und physiologische Reaktionen, die mit einer Reihe unterschiedlicher Verfahren erfasst werden. Neben der Problemanalyse werden ausgewählte Interviewverfahren, Fragebögen und Tagebuchtechniken vorgestellt.

#### 4.1.1

##### Problemanalyse

Am Beginn einer Behandlung steht zunächst immer die Frage nach der Therapieindikation: Welche Behandlung ist für das spezifische Problem einer bestimmten Person durch welchen Therapeuten unter welchen Bedingungen am effektivsten? In der verhaltensmedizinischen Praxis stellt sich diese Frage nicht nur zu Beginn, sondern wiederholt im Verlauf eines jeden Patientenkontaktes. Um hier die bestmögliche Antwort im Sinne des Patienten zu geben, steht die Problemanalyse am Anfang einer jeden verhaltensmedizinischen Behandlung.

##### DEFINITION

Die **Problemanalyse** beschreibt und strukturiert die Probleme einer Person mit dem Ziel, eine diagnostische Klassifikation vorzunehmen sowie zugrunde liegende Entstehungsbedingungen und aufrechterhaltende Bedingungen identifizieren zu können.

Erst nach Abschluss der Problemanalyse ist eine Entscheidung darüber möglich, ob eine verhaltensmedizinische Behandlung indiziert ist und welche Therapieziele mit welchen Interventionen erreicht werden können.

In der verhaltenstherapeutischen Literatur liegen zahlreiche Modelle zur Problemanalyse vor, die vor allem auf lerntheoretische Überlegungen zurückgehen (Überblick bei Bartling et al. 1998; Caspar 1996; Tuschen 2000). Im Gegensatz zur klassischen Verhaltensanalyse, welche das Verhalten im engeren Sinne sowie die damit unmittelbar funktional verbundenen Faktoren betrachtet, berücksichtigt die Problemanalyse ausdrücklich auch komplexere kognitive und emotionale Aspekte. Ziel aller Modelle zur Problemanalyse ist es, dem Behandler einen Leitfaden an die Hand zu geben, mit dessen Hilfe er sein diagnostisches und indikatives Vorgehen strukturieren kann.

Die Grundgesamtheit der zur Verfügung stehenden Methoden wird dabei natürlich in der Praxis weitgehend durch die psychotherapeutische Qualifikation und Erfahrung des Therapeuten bestimmt. Die oben vorgelegte Begriffsdefinition der Problem-

analyse verrät zwar die Notwendigkeit einer verhaltenstherapeutischen Qualifikation, aber auch innerhalb dieser psychotherapeutischen Richtung bleibt ein gewisser Spielraum für die in der Problemanalyse einzusetzenden Methoden. So kann der Schwerpunkt eher verhaltensorientiert sein oder vor allem die Kognitionen des Patienten fokussieren. Eine weitere Möglichkeit wäre etwa eine Akzentuierung der systemischen Diagnostik (Bedeutung des sozialen Umfeldes für die Symptomatik) innerhalb der Problemanalyse.

Da der Therapeut in der Praxis selbstverständlich nicht alle denkbaren Vorgehensweisen für jeden einzelnen Patienten realisieren kann, wird er aufgrund seines Theoriewissens und seiner therapeutischen Vorerfahrungen hypothesenorientiert vorgehen. Um die Wahrscheinlichkeit zu reduzieren, dass der Therapeut die Probleme des Patienten seinen Hypothesen anpasst, liegen in der Problemanalyse sog. Metaregeln vor. Solche Metaregeln standardisieren die Vorgehensweise dahingehend, dass für die wichtigsten Störungen systematische Diagnoseschritte vorgegeben werden, welche nach Bestätigung der Hypothesen in konkreten Hinweisen zur Therapieplanung resultieren. In diesem Sinne ist die Problemanalyse im Rahmen der Verhaltensmedizin in erster Linie ein Instrument zur Qualitätssicherung mit dem Ziel, die verhaltensmedizinische Diagnostik systematischer, objektiver und rationaler zu gestalten. Standardisierte Verfahren wie strukturierte Interviews oder Fragebögen (s. Abschn. 4.1.2

und 4.1.3) ergänzen eine Problemanalyse, können diese aber im Einzelfall nicht ersetzen, da die Interaktion von Entstehungsbedingungen, Auslösern, aufrechterhaltenden Bedingungen und in bestimmten Kontingenzen auftretenden Verhaltenskonsequenzen bei gleicher Diagnose von Patient zu Patient individuell unterschiedlich ausfällt.

Die Problemanalyse beinhaltet die folgenden Schritte, welche im Folgenden im Einzelnen vorgestellt werden:

- Problemstrukturierung,
- Störungsklassifikation und
- Bedingungsanalyse.

### Problemstrukturierung

Zentrales Anliegen der Problemstrukturierung ist eine genaue Bestandsaufnahme (Zustandsanalyse) des vom Patienten vorgetragenen Problems, welche Voraussetzung für die Ermittlung der individuellen Therapieziele (Zielanalyse) ist. Da Patienten ihre Problematik von sich aus meist nicht so berichten, dass der Therapeut daraus unmittelbar ein Erklärungsmodell für die Störungsgenese sowie einen Therapieplan entwickeln kann, ist eine strukturierte Vorgehensweise erforderlich, bei der verhaltensbezogene, kognitive, emotionale und physiologische Faktoren zu berücksichtigen sind. Tabelle 4.1 gibt einen Überblick über die unterschiedlichen Ebenen der Problemstrukturierung.

Tabelle 4.1. Die Ebenen der Problemstrukturierung im Rahmen der Problemanalyse

Problembereich	Beispiele	Messmethoden
Verhaltensbezogene Ebene	Verhaltensdefizit, Verhaltensexzess	Beobachtung, Exploration
Kognitiv-emotionale Ebene	So genannte „irrationale Gedanken“ bzw. „kognitive Verzerrungen“, wie Personalisierung (Bezug auf sich ohne klaren Hinweis dafür), willkürliches Schließen (Schlussfolgerungen ohne eindeutige Evidenz), dichotomes Denken (Alles-oder-nichts-Denken ohne Abstufungen), Übergeneralisierung (Entwicklung allgemeiner Regeln aufgrund eines isolierten Ereignisses), ungünstige Kausalattribution (internal bei Misserfolg und external bei Erfolg), katastrophisierendes Denken (Antizipation einer maximal negativen Entwicklung)	Exploration, Fragebögen, Tagebücher
Physiologische Ebene	Erhöhte Anspannung der Muskulatur (z. B. bei Spannungskopfschmerz), Erhöhung von Atemfrequenz und Herzrate (z. B. bei Angstanfällen)	Psychophysiologische Messmethoden (z. B. Elektromyogramm, Elektrokardiogramm)

Während Reaktionen auf der **verhaltensbezogenen Ebene** intersubjektiv beobachtbar sind, erfordern Informationen über die **kognitive und emotionale Ebene** und deren Beteiligung an der Problematik neben der ausführlichen Exploration häufig den Einsatz von spezifischen Fragebögen und Tagebüchern (s. Abschn. 4.1.3 und 4.1.4). Auf der **physiologischen Ebene** der Problembeschreibung wird nicht nach organopathologischen Veränderungen gesucht, welche Gegenstand einer (fach)ärztlichen Abklärung sind. Vielmehr sollen physiologische Reaktionsmuster identifiziert werden, die mit dem vom Patienten vorgetragenen Problem zusammenhängen. Obwohl das diagnostische Wissen in diesem Bereich in den letzten Jahren enorm zugenommen hat und immer mehr Methoden zur Verfügung stehen, ist der routinemäßige Einsatz entsprechender Messverfahren in der klinischen Praxis eher selten. Insbesondere im Kontext verhaltensmedizinisch relevanter Störungsbilder ist die Erfassung psychophysiologischer Zusammenhänge jedoch häufig von zentraler Bedeutung. Eine vertiefte Aus- und Weiterbildung in diesem Bereich ist daher für angehende Verhaltensmediziner von zunehmender Relevanz.

### Störungsklassifikation

Soweit dies möglich ist, wird der Therapeut nach umfassender Beschreibung und Strukturierung des Problems eine klinische Diagnose gemäß eines der international eingeführten Systeme zur Störungsklassifikation für psychische Störungen stellen. Die im Kontext psychischer Störungen international am meisten eingesetzten Klassifikationssysteme sind die jeweils aktuellen Fassungen der „Internationalen Klassifikation psychischer Störungen der Weltgesundheitsorganisation“ (ICD-10; Dilling et al. 2000) sowie des „Diagnostischen und Statistischen Manuals psychischer Störungen“ der American Psychiatric Association (DSM-IV; Sass et al. 2001).

Allgemeines Ziel einer Klassifikation ist die Standardisierung diagnostischer Kriterien und die international einheitliche Verwendung von Störungsbegriffen. Der Begriff der Klassifikation steht dabei für den Versuch, einheitliche Bezeichnungen für beschreibbare Störungsbilder zu suchen und spezifische Merkmale zusammenzustellen, die als

Kriterien eindeutig formuliert werden. Dies ermöglicht unter Experten eine klar kommunizierbare Basisdokumentation unterschiedlicher Störungsbilder (z. B. für epidemiologische Aussagen von Krankenkassen, Zusammenstellung von Patientenstichproben für Forschungszwecke). Um sicherzustellen, dass die Klassifikationskriterien von unterschiedlichen Untersuchern reliabel und valide erkannt werden, ist ein hoher Grad an Operationalisierbarkeit erforderlich. Demnach sind die international verbindlichen Klassifikationssysteme sehr verhaltensorientiert und vermeiden jeglichen Interpretationsspielraum (z. B. psychodynamische Deutungen). Kritisch bleibt anzumerken, dass der Begriff der Störungsklassifikation ebenso wenig mit Krankheitslehre wie mit Diagnostik gleichzusetzen ist. Ein Klassifikationssystem ist lediglich ein Instrument, mit dem die individuelle Diagnose derjenigen allgemeinen Klassifikationskategorie zugeordnet wird, für welche die meisten der geforderten Kriterien erfüllt sind.

Dies bedeutet aber auch, dass die Diagnostik am einzelnen Patienten der verallgemeinernden Klassifikation vorausgeht. Nicht selten werden daher im Rahmen der Problemanalyse zunächst Verdachtsdiagnosen gestellt, welche sich erst im Verlauf des weiteren diagnostischen und therapeutischen Prozesses konkretisieren lassen. An dieser Stelle soll nochmals nachdrücklich betont werden, dass insbesondere in der Verhaltensmedizin weder bei der Diagnostik noch bei der Klassifikation von Störungen auf ein multidimensionales Vorgehen verzichtet werden kann: Nur eine umfassende Diagnostik biopsychosozialer Zusammenhänge mit unterschiedlichen Diagnoseinstrumenten ermöglicht die Erstellung einer eindeutigen Diagnose sowie eines gezielten Therapieplans. Ein solches Vorgehen verhindert auch die Gefahr des Verkennens von weiteren Störungen (Komorbidität), die ggf. sogar vorrangig behandelt werden müssen. Im Rahmen dieses Kapitels wird eine breite Auswahl der wichtigsten psychologischen und physiologischen Diagnoseinstrumente vorgestellt.

### Bedingungsanalyse

Nach einer strukturierenden Beschreibung des Problems und der klassifikatorischen Zuordnung zu ei-

ner Störungsdiagnose, stellt sich in der Bedingungsanalyse die Frage nach den Störungsursachen. Dabei werden in der lerntheoretischen Tradition der Verhaltenstherapie 2 Bedingungen unterschieden, und zwar Entstehungsbedingungen und aufrechterhaltende Bedingungen.

#### DEFINITION

Unter **Entstehungsbedingungen** versteht man die ursächlichen Bedingungen im engeren Sinne, also alle Faktoren, die der Ätiologie und Pathogenese einer Störung zugrunde liegen.

Dagegen sind die **aufrechterhaltenden Bedingungen** dafür verantwortlich, dass das Problem nicht von selbst verschwinden konnte, sondern überdauernd erhalten blieb oder sogar mit der Zeit stärker auftrat.

Während Entstehungsbedingungen und aufrechterhaltende Bedingungen bei einigen Störungsbildern identisch sein können (z. B. Erregungsreduktion durch Alkoholkonsum als ätiologisch relevanter und aufrechterhaltender Faktor bei Alkoholismus), liegen bei einer Reihe von Störungen durchaus unterschiedliche Bedingungsgefüge vor (z. B. bei der posttraumatischen Belastungsstörung: einmaliges Psychotrauma als Entstehungsbedingung und Vermeidungsverhalten als aufrechterhaltende Bedingung). Vielfach ist die Rekonstruktion der Entstehungsbedingungen kaum mehr möglich beziehungsweise nicht mehr primär relevant für die Therapieindikation. In einem solchen Falle sind die aufrechterhaltenden Bedingungen zur eigentlichen Problemursache geworden. So persistiert bei chronischen Schmerzen nach einer anfänglichen Organpathologie das Schmerzempfinden häufig im Laufe der Zeit abgekoppelt von der verursachenden Schädigung und wird zum eigentlichen Krankheitsbild. Entsprechend stehen fast ausschließlich die aufrechterhaltenden Faktoren im Vordergrund (s. Kap. 6).

Wenngleich also die Entstehungsbedingungen im verhaltensmedizinischen Behandlungskontext oftmals nicht den Stellenwert haben, den die genaue Analyse der aufrechterhaltenden Bedingungen hat, so gibt es dennoch eine Reihe von wichtigen Argumenten für eine sorgfältige Bedingungsanalyse der

Entstehungsmechanismen. Zunächst ist es ein Grundbedürfnis fast aller Patienten, die Kausalität ihrer Störung zu verstehen („Warum habe ich diese Beschwerden?“). Eine Betrachtung biographischer Informationen wird daher sowohl dem Therapeuten helfen, bei der Erstellung des Therapieplans den lebensgeschichtlichen Hintergrund des Patienten zu berücksichtigen, als auch die Therapiemotivation des Patienten durch ein kausal plausibles Störungsmodell erhöhen.

Die Analyse der Entstehungsbedingungen geht auf die Lerntheorie Skinners zurück und wurde Mitte der 60er-Jahre als **funktionale Verhaltensanalyse** eingeführt (Kanfer u. Saslow 1965).

#### DEFINITION

Die **Verhaltensgleichung S-O-R-K-C** beinhaltet die Analyse der vorausgehenden Stimuli S auf ein Verhalten R, vermittelt durch die biologischen Bedingungen des Organismus O, sowie der nachfolgenden verstärkenden oder bestrafenden Konsequenzen C und der Kontingenz K, mit der die Konsequenzen eine Folge des Verhaltens sind.

Inzwischen liegt eine Vielzahl modifizierter Analysemodelle vor, so dass man heute von multiplen Bedingungsanalysen spricht. Detaillierte Überblicke finden sich beispielsweise bei Bartling et al. (1998).

Ausgangspunkt einer Analyse der aufrechterhaltenden Bedingungen ist zunächst eine ausführliche und präzise **Beschreibung** der vorausgehenden, vermittelnden und nachfolgenden Bedingungen des Problems. Der Therapeut wird dazu idealerweise eine prototypische Situation aus der jüngsten Vergangenheit explorieren („Bitte beschreiben Sie mir einmal ganz genau eine typische Situation, in der Sie in letzter Zeit diesen plötzlich auftretenden starken Spannungskopfschmerz spürten.“). Um den Bericht des Patienten zu strukturieren, erfragt der Therapeut die konkrete Reaktion des Patienten in der geschilderten Situation auf allen Ebenen (Handeln, Sprechen, Denken, Fühlen, Körperempfindungen). Dabei ist es wichtig, alle relevanten Faktoren in ihrem zeitlichen Ablauf zu erfassen, sowohl vorausgehende („Sie sagen, dass Ihre Kopfschmerzen bereits vor Ihrem Vortrag am frühen Nachmittag spürbar waren. Wie war es am Vormittag und am Mittag?“)

als auch nachfolgenden Faktoren („Wie lange haben die Kopfschmerzen angehalten? Bitte beschreiben Sie doch einmal, wann genau die Schmerzen wieder nachgelassen haben?“). Vor dem Hintergrund dieser Analyse von Einzelbeispielen erstellt der Therapeut nun ein **Erklärungsmodell** für die Störung im Einzelfall.

! Nur durch die Kenntnis des aktuellen Stands der Therapieforschung zu der zu behandelnden Störung ist es einem Therapeuten möglich, die für die Erstellung eines Erklärungsmodells der aufrechterhaltenden Bedingungen wesentlichen Fragen zu stellen.

In der verhaltensmedizinischen Behandlung von spannungsbedingten Schmerzen sind beispielsweise Grundkenntnisse zur Physiologie der Muskelkontraktion ebenso erforderlich wie die Kenntnis aktueller Befunde aus der psychophysiologischen Forschung zum Zusammenhang von psychischer Belastung und Muskelanspannung (z. B. Biofeedback). Der Therapeut erfasst durch seine Fragen sowohl die zugrunde liegenden **Verstärkerpläne** (negative Verstärkung, positive Verstärkung, Löschung, Bestrafung) wie auch die **Lernprinzipien**, welche der Störungsgenese und -aufrechterhaltung zugrunde liegen (z. B. klassische Konditionierung, operante Konditionierung; s. Kap. 3). Nach dem gleichen Schema erfolgt die Analyse von Beispielen des Patienten für Ausnahmesituationen oder positive Erfahrungen, die Hinweise auf ein gewünschtes Alternativverhalten geben. Als nächsten Schritt in der Bedingungsanalyse formuliert der Therapeut **Hypothesen** über die Entstehung und Aufrechterhaltung der Störung. Abschließend werden diese Hypothesen möglichst an weiteren Beispielsituationen des Patienten überprüft mit dem Ziel, die Hypothesen abzusichern: Welche zusätzlichen Informationen benötige ich als Therapeut noch und wie kann ich diese gewinnen?

! Die Bedingungsanalyse ist zentraler Bestandteil einer Problemanalyse und Voraussetzung für eine spezifische Therapieplanung.

Da fast jeder Patient hinsichtlich seiner Störung bereits ein eigenes **subjektives Erklärungsmodell** hat, ist es unabdingbar, alle Überlegungen (z. B. Glaubenssätze, Werthaltungen) zu analysieren und zu

berücksichtigen, die nach seiner Meinung mit der Entstehung und Aufrechterhaltung seiner Probleme zusammenhängen („Was glauben Sie, wie Ihr Problem entstanden ist?“). Dabei geht das Spektrum von frühkindlichen Erfahrungen („Weil meine Mutter mir immer gesagt hat, ich sei pummelig, hat sich meine Magersucht entwickelt!“) bis hin zu religiösen Erklärungen („Gott bestraft mich mit diesen quälenden Schmerzen. Daher findet auch kein Arzt eine Ursache!“). Ohne die Integration der realen Entstehungsbedingungen und aufrechterhaltenden Bedingungen mit den subjektiven Erklärungsmodellen des Patienten geht die Vermittlung des Störungsmodells ebenso wie die Erarbeitung eines Therapieplans am Patienten vorbei. In diesem Zusammenhang exploriert der Therapeut den Patienten auch nach seinen bisherigen Versuchen, sein Problem zu lösen. Erst diese Informationen ermöglichen zusammen mit den ebenfalls zu ermittelnden Kompetenzen und Ressourcen des Patienten eine individuelle Therapieplanung.

! Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Problemanalyse diagnostische Metaregeln vorgibt, um ein verhaltensmedizinisches Problem auf den unterschiedlichen Verhaltensebenen (kognitiv, emotional, physiologisch) mit für die jeweilige Ebene spezifischen Methoden zu beschreiben (**Problemstrukturierung**), gemäß eines international gültigen Diagnosesystems zu klassifizieren (ICD-10, DSM-IV) (**Störungsklassifikation**) und bezüglich der Entstehungsbedingungen sowie der aufrechterhaltenden Bedingungen zu analysieren (**Bedingungsanalyse**).

#### 4.1.2 Strukturierte Interviews

Jede verhaltensmedizinische Behandlung beginnt mit einem Erstgespräch, in dem eine erste diagnostische Abklärung erfolgt, Erwartungen und Therapiemotivation des Patienten geklärt werden und die Therapeut-Patient-Beziehung initiiert wird. Würde nicht jede Form der Strukturierung diesen diagnostischen Prozess unnötig „technisieren“? Würde ein strukturiertes Interview nicht grundsätzlich den Beziehungsaufbau stören und damit die Therapie ne-

gativ beeinflussen? Ist die Befragung von Patienten im Rahmen der Diagnostik nicht vollkommen individuell? Sind strukturierte Interviews nicht nur für die Forschung geeignet? Solche und ähnliche Fragen werden im Kontext strukturierter Interviews häufig gestellt. Nachdem wir die Problemanalyse als ein Instrument zur strukturierter Diagnostik des Einzelfalles kennen gelernt haben, werden im Folgenden der Stellenwert und die unterschiedlichen Formen standardisierter Befunderhebung vorgestellt.

Die wachsende Bedeutung strukturierter Interviewverfahren ist zweifellos zunächst auf die bessere Operationalisierung von Diagnosekriterien infolge der Veröffentlichung der 3. Version des „Diagnostischen und Statistischen Manuals Psychischer Störungen“ (DSM-III; APA 1980) zurückzuführen. Ausformulierte Fragen ermöglichten es erstmals, die Antworten des Patienten unmittelbar zur Diagnosestellung zu verwenden. Eine solche standardisierte Befunderhebung erhöht die Reliabilität beträchtlich, die Diagnosestellung wird zuverlässiger.

Ein weiterer Grund für die wachsende Akzeptanz strukturierter Befragungen ist die zunehmende Anzahl störungsspezifischer Therapieansätze in der

Verhaltenstherapie in den letzten Jahren. Dabei ist die Wirksamkeit solcher spezifischen Behandlungsleitfäden direkt abhängig von der Zuverlässigkeit der Störungsdiagnostik. Der Einsatz eines spezifischen Therapieprogramms bei Spannungskopfschmerzen setzt beispielsweise voraus, dass die Diagnosestellung eindeutig ist und mögliche Differenzialdiagnosen (z. B. Migräne, Tumorerkrankung) ausgeschlossen werden können.

Strukturierte Interviews stellen für sich genommen ebenso wenig wie Fragebögen oder Tagebuchverfahren bereits eine abgeschlossene Diagnostik in der Verhaltensmedizin dar. Jedes Verfahren ist eingebettet in einen größeren Kontext diagnostischer Methoden mit dem Ziel, eine möglichst individuelle und störungsspezifische Therapie zu gewährleisten.

Abhängig vom Grad der Strukturiertheit lassen sich nach Margraf u. Schneider (2000) mindestens 3 unterschiedliche Formen des diagnostischen Interviews unterscheiden: Checklisten, strukturierte Interviews und standardisierte Interviews. Die unterschiedlichen Verfahren sind in Tabelle 4.2 im Überblick dargestellt.

Tabelle 4.2. Methoden der standardisierten Befunderhebung mit Interviews

Art des Interviews	Methode	Auswahl deutschsprachiger Interviewverfahren
Checklisten	Freies Interview anhand von Diagnosekriterien bzw. Entscheidungsbäumen Hohe Flexibilität (Fragen und deren Reihenfolge nicht vorgegeben) Hoher Trainingsgrad und/oder umfangreiche klinische Erfahrungen erforderlich	Internationale Diagnosen Checklisten für DSM-IV (IDCL; Zaudig et al. 1997)
Strukturierte Interviews	Strukturierung durch vorformulierte Fragen Reihenfolge der Fragen vorgegeben (dürfen jedoch umformuliert, ergänzt oder erklärt werden) Mittlerer Trainingsgrad erforderlich, gut kombinierbar mit klinischer Urteilsbildung	Strukturiertes Klinisches Interview für DSM-IV (SKID; Wittchen et al. 1997b) Diagnostisches Interview bei psychischen Störungen (DIPS; Margraf et al. 1994)
Standardisierte Interviews	Hohe Standardisierung durch vorformulierte Fragen Reihenfolge der Fragen vorgegeben (kein Beurteilungsspielraum, ausschließlich Kodierung der Patientenantworten) Mittlerer Trainingsgrad erforderlich, kann auch computerisiert erfolgen (Forschung)	Composite International Diagnostic Interview (CIDI; Wittchen et al. 1997a)

Nach heutigem Kenntnisstand ermöglichen insbesondere strukturierte Interviews eine deutliche Erhöhung der Reliabilität und Validität der Diagnostik. Sie ermöglichen dem Therapeuten eine systematische Überprüfung des gesamten Diagnosepektrums mit einem gleichsam hohen Maß an Flexibilität. Die Möglichkeit des Erläuterns, Umformulierens, Auslassens oder Vertiefens vorformulierter Fragen gibt in angemessener Weise Raum für die Berücksichtigung des klinischen Eindrucks des Therapeuten. Für den in Ausbildung stehenden Therapeuten bieten diese standardisierten Verfahren der Befunderhebung eine unverzichtbare Systematik zum Screening sämtlicher Diagnosebereiche, für den erfahrenen Kliniker stellen strukturierte Interviewleitfäden eine ökonomische und flexibel handhabbare Methode dar, die in den Routineprozess der Diagnostik qualitätssichernd einfließt. Für die verhaltensmedizinische Praxis ist das strukturierte Interview eine ideale Ergänzung der bereits in Abschn. 4.1.1 vorgestellten Problemanalyse.

! Wegen der hohen Freiheitsgrade für den Therapeuten tragen strukturierte Interviews in hohem Maße dazu bei, dass die Diagnosestellung systematisch und spezifisch erfolgt, was dem parallelen Aufbau einer tragfähigen Therapiebeziehung nicht entgegenläuft, sondern dieser im Gegenteil sogar zugute kommt und die Erstellung eines Therapieplans beschleunigt.

#### 4.1.3

##### Fragebogenverfahren

Der Einsatz von Fragebögen in der Verhaltensmedizin dient ebenso wie das im vorangegangenen Abschnitt vorgestellte Interview als diagnostisches Hilfsmittel. Sowohl im Rahmen der Problemanalyse zu Beginn der Therapie als auch als Instrument zur Prozessdiagnostik bieten Fragebögen und Ratingskalen wichtige Zusatzinformationen.

Zu Unrecht werden Fragebogenverfahren immer noch vor allem als Forschungsinstrumente betrachtet, ohne die die Psychotherapieforschung zweifellos nicht auskäme. Die zunehmende Operationalisierung von Diagnosekriterien und die inzwischen vom Gesetzgeber vorgegebene Qualitätssicherung im Gesundheitswesen unterstreichen jedoch die

Notwendigkeit des klinischen Einsatzes von Fragebögen, welche nicht nur die Diagnostik bereichern, sondern auch den Behandlungsverlauf und den Behandlungserfolg dokumentieren helfen.

Während in der Verhaltensmedizin der Einsatz von Persönlichkeitstests und projektiven Verfahren von Beginn an kaum eine Rolle spielte, wächst die Bedeutung der Fragebogendiagnostik als allgemeines Screening der wichtigsten Störungsbereiche (z. B. Beschwerdenlisten) sowie als spezifisches Instrument für einzelne Störungen (z. B. Schmerzfragebögen). Eine Auflistung aller für die Verhaltensmedizin bedeutsamen Fragebogenverfahren aus dem deutschsprachigen Raum würde den Rahmen dieses Kapitels bei weitem sprengen. Wir haben uns daher entschieden, exemplarisch einige Verfahren vorzustellen, welche im verhaltensmedizinischen Kontext besonders geeignet sind und sich in Forschung und Praxis seit Jahren bewährt haben. Ein umfassender Überblick über die Vielfalt psychosozialer Messinstrumente und ihrer testtheoretischen Güte im Rahmen der Psychotherapie findet sich im Handbuch von Brähler et al. (2002). Für eine Einführung in die allgemeine Testtheorie und die Methoden der Fragebogenkonstruktion sei auf Lienert u. Raatz (1994) verwiesen. In Tabelle 4.3 finden sich sowohl allgemeine Verfahren zur breiten, differenzialdiagnostisch relevanten Erfassung psychischer Probleme als auch verhaltensmedizinisch relevante störungsspezifische Fragebögen.

Neben den dargestellten Fragebogenverfahren werden in der verhaltensmedizinischen Praxis zur routinemäßigen Quantifizierung der Symptomatik zunehmend einfache **Ratingskalen** eingesetzt. Im Therapieprozess erleichtern diese Instrumente in hohem Maße die Kommunikation mit dem Patienten über seine aktuelle Befindlichkeit und deren Veränderungen. So kann beispielsweise die Schmerzstärke mit visuellen Analogskalen, numerischen Ratingskalen oder Kategoriarskalen gemessen werden (Tabelle 4.4).

Der Einsatz der Ratingskalen ermöglicht sowohl eine aktuelle Schmerzmessung wie auch Vergleiche zu anderen Zuständen (z. B. mit oder ohne Schmerzmittel, während einer Entspannungsübung, unterschiedliche Tageszeiten). Das vorgestellte Verfahren kann natürlich problemlos auf andere Symptome und Einschätzungen übertragen werden (z. B. Angst, Depressivität, Therapiezufrie-

Tabelle 4.3. Ausgewählte Fragebogenverfahren für den Einsatz in der Verhaltensmedizin

Fragebogenverfahren	Indikation	Methodik	Zeitaufwand
<b>Allgemeine Verfahren</b> Symptom-Checkliste (SCL-90-R; dt. Version Franke 2002)	Erfassung subjektiver Beeinträchtigung durch körperliche und psychische Symptome	90 Items mit 5-stufiger Antwortskala; 9 Subskalen mit einem Spektrum von alltäglicher Symptombelastung bis zur psychopathologischen Symptomatik	15 min
Beschwerden-Liste (B-L; von Zerssen 1976)	Erfassung subjektiver Beeinträchtigung durch somatische und psychosomatische Symptome	24 Items mit 4-stufiger Antwortskala	5 min
Freiburger Beschwerdenliste (FBL-R; Fahrenberg 1994)	Erfassung aktueller und chronischer psychischer und somatischer Beschwerden	78 Items mit 5-stufiger Antwortskala; 9 Subskalen für unterschiedliche Beschwerdebereiche	10 min
<b>Störungsspezifische Verfahren</b>			
Screening für somatoforme Störungen (SOMS; Rief et al. 1997)	Erfassung einer Somatisierungsstörung	4 Subtests (Fragebögen zu Status- und Veränderungsmessung, Befindlichkeitstagebuch, Kurve des Befindlichkeitstagebuchs)	10 min (Fragebögen), 10 min (Tagebuch)
Whitely-Index (WI; Rief et al. 1994)	Erfassung von Hypochondrie	14 Items mit „Ja“- oder „Nein“-Antwort; 3 Subskalen	5 min
Beck-Depressions-Inventar (BDI; dt. Version von Hautzinger et al. 2000)	Erfassung depressiver Symptome	21 Items mit je 4 Aussagen zur Schwere des Symptoms	10 min
Fragebogen zum Essverhalten (FEV; Pudel u. Westenhöfer 1989)	Erfassung des Essverhaltens	60 Items mit 4-stufiger Antwortskala; 3 Subskalen	15 min
Schmerzempfindungsskala (SES; Geissner 1996)	Erfassung affektiver und sensorischer Schmerzdimensionen	24 Items mit 4-stufiger Antwortskala; 5 Subskalen	5 min

Tabelle 4.4. Formen von Ratingskalen am Beispiel der Diagnostik der Schmerzstärke

Ratingskalen	Methode
Visuelle Analogskala	Der Patient markiert den Punkt auf einer 10 cm langen Linie zwischen den Enden „überhaupt kein Schmerz“ und „maximaler Schmerz“, welcher seine Schmerzintensität am besten repräsentiert
Numerische Ratingskala	Der Patient erhält eine gleichabständig unterteilte Linie (z. B. im Zentimeterabstand) bzw. wird gebeten, eine Zahl zwischen 0 und 100 (0 = „überhaupt kein Schmerz“; 100 = „maximaler Schmerz“) anzugeben
Kategorialskala	Der Patient erhält eine begrenzte Anzahl verbaler Schmerzdeskriptoren, die in aufsteigender Reihenfolge die Schmerzintensität bzw. den Schmerzcharakter beschreiben (0 = kein Schmerz; 1 = leichter Schmerz; ... 5 = unerträglicher Schmerz)

denheit). Obwohl visuell-analogue Skalen am häufigsten eingesetzt werden, haben sich alle 3 Methoden als reliable, valide und änderungssensitive Maße bewährt.

Von großem klinischem Nutzen ist die routinemäßige Verwendung des sog. „goal attainment scaling“ (Zielerreichungsskalierung; Kiresuk u. Sherman 1968). Zur Erstellung des Therapieplans werden gemeinsam mit dem Patienten die konkreten Therapieziele und Zwischenziele definiert. Der Therapieerfolg wird am Ende der Therapie als Verhältnis zwischen den zu Beginn angestrebten Therapiezielen und den letztlich erreichten Therapieeffekten definiert. Das reliable und valide Verfahren hilft dem Patienten sein Problem zu strukturieren und erleichtert für den Therapeuten die Erstellung des Therapieplans.

! Mit Fragebogenverfahren erhobene Befunde werden dem Patienten grundsätzlich in einem Auswertungsgespräch mitgeteilt. Dabei ist die graphische Aufbereitung der Ergebnisse (z. B. individuelle Kurve versus Kurve einer Normpopulation; Symptomveränderung im Therapieverlauf) besonders empfehlenswert. Neuere computerisierte Auswertungsverfahren reduzieren den Auswertungsaufwand für den Praxisbereich dabei beträchtlich.

#### 4.1.4 Tagebücher

Im verhaltensmedizinischen Kontext ist bei vielen Störungsbildern eine situationsspezifische Diagnostik erforderlich, welche beispielsweise auslösende Bedingungen sowie daraus folgende emotionale, kognitive und körperliche Reaktionen ebenso erfasst wie die resultierenden Verhaltenskonsequenzen. Wegen der Tendenz vieler Patienten, ihr Problem während der therapeutischen Sitzung rückblickend schwerwiegender zu bewerten, haben Tagbuchaufzeichnungen häufig einen hohen Wert für die präzise Analyse des realen Problemgeschehens.

! Der Einsatz von Tagebüchern dient der strukturierten Selbstbeobachtung im natürlichen Alltagssetting über einen definierten Zeitraum.

Demnach sind standardisierte Tagebücher nicht nur ein diagnostisches Hilfsmittel, sondern haben auch eine unmittelbare therapeutische Funktion. Anhand von Schmerztagbüchern machen Patienten beispielsweise häufig erstmals die Erfahrung, dass ihre Schmerzen nicht dauernd maximal sind, sondern deutlichen Schwankungen unterliegen (s. auch Kap. 6). Diese Erfahrungen erhöhen sowohl die Kontrollwahrnehmung des Patienten über seine Symptomatik als auch seine Therapiemotivation. Im Verlauf und am Ende der Therapie erlauben Vergleiche mit Tagebuchbefunden vom Anfang der Therapie sowohl dem Patienten als auch dem Therapeuten eine anschauliche Erfolgsmessung. Computergestützte Tagebücher in Form tragbarer Palm-top-Rechner erlauben inzwischen eine wesentlich schnellere und ökonomischere graphische und statistische Auswertung der Verlaufsmuster von Tagebuchdaten [z. B., „Elektronisches Bonner Schmerztagbuch“ (EBST); Ott et al. 2000]. Auch für die computerisierte Erfassung von Aktivitäten (sog. Actigramme) liegen spezielle Messverfahren vor, die zumeist die Bewegung des nicht präferenten Handgelenks über hochsensible Rüttelkontaktsensoren (sog. „acti-watches“) aufzeichnen.

Für die praktische Nutzung von Tagebuchaufzeichnungen ist es wichtig festzuhalten, dass der diagnostische und therapeutische Wert der Methode abhängig von der Sorgfalt der Einführung in das Verfahren durch den Therapeuten ist (Schneider u. Margraf 2000). Erst wenn alle Fragen und Unsicherheiten des Patienten geklärt sind, kann das Verfahren die gewünschten Informationen liefern.

! Ziel und Vorgehen beim Einsatz von standardisierten Tagebüchern sind mit dem Patienten ausführlich zu besprechen. Der Therapeut übt zunächst gemeinsam mit dem Patienten anhand einer exemplarischen Situation das Ausfüllen des Tagebuches. Das Aushändigen eines kurzen Merkblatts ist zusätzlich empfehlenswert. Die Eintragungen des Patienten sind regelmäßig kurz zu besprechen, um Veränderungen festzustellen und dem Patienten den Stellenwert der Methode für die Therapie zu dokumentieren. Unregelmäßigkeiten in der Tagebuchführung sollten umgehend mit dem Patienten besprochen werden, da sie Ausdruck von Verständnisschwierigkeiten, Vermeidungsverhalten (z. B. bei posttraumati-

scher Belastungsstörung), Compliance-Problemen oder Problemen in der Beziehung zwischen Therapeut und Patient sein können.

## 4.2

### Peripherphysiologische Messmethoden

In der Psychophysiologie stellen Ableitungen an der Körperoberfläche des Menschen die abhängigen Variablen dar, während das menschliche Verhalten im weiteren Sinne (motorische und subjektive Ebene) als unabhängige Variable variiert wird. Das Spektrum möglicher peripherphysiologischer Parameter umfasst dabei sowohl das somatische Nervensystem (z. B. Elektromyogramm) als auch das vegetative Nervensystem (z. B. Elektrokardiogramm). Im Rahmen psychophysiologischer Untersuchungen werden meist parallele Ableitungen auf verschiedenen physiologischen Ebenen vorgenommen. In diesem Abschnitt werden die am häufigsten eingesetzten psychophysiologischen Maße kurz vorgestellt. Für weitere Verfahren der Psychophysiologie (z. B. Elektrogastrogramm, Pupillometrie) sei auf das Handbuch von Schandry (1998) verwiesen.

Neben den klassischen psychophysiologischen Verfahren lassen sich auch endokrinologische Messmethoden als peripherphysiologische Verfahren einordnen. Da der Erkenntniszuwachs durch den Einsatz psychoneuroendokriner Messungen für die Verhaltensmedizin in jüngster Zeit deutlich zunimmt, werden die wichtigsten Verfahren in Abschn. 4.2.2 im Überblick aufgeführt.

#### 4.2.1

### Elektrophysiologische Diagnostik

#### Elektrodermale Aktivität

Emotionale Ereignisse oder Gedanken sind mit Erhöhungen der **Hautleitfähigkeit** verbunden. Dieses Phänomen ist auf eine durch den Sympathikus gesteuerte Aktivierung vor allem derjenigen Schweißdrüsen zurückzuführen, die sich an Handinnenflächen und Fußsohlen befinden. Hierbei muss es zu keinem äußerlich spürbaren Schweißaustritt kommen. Bereits das Ansteigen der Flüssigkeit in den

Schweißdrüsenengängen oder Veränderungen in den Flüssigkeitsreabsorptionseigenschaften der Haut führen zu Veränderungen ihrer elektrischen Eigenschaften. Steuerungszentren der Hautleitfähigkeit befinden sich im Rückenmark, der *Formatio reticularis*, im Hypothalamus sowie in Regionen des limbischen Systems, wie der Amygdala. Die Messung erfolgt üblicherweise durch an der Handinnenfläche oder der Unterseite der Finger angebrachte Elektroden, an die eine leichte, nicht spürbare Spannung angelegt wird. Der Widerstand der Haut lässt sich nun aus dem Verhältnis der Spannung zur Stärke des zwischen den Elektroden fließenden Stroms berechnen. Der Hautwiderstand oder sein Kehrwert, die Hautleitfähigkeit (Einheit: 1 Siemens = 1 mho = 1/Ohm), ist bei geeigneter Verstärkung einfach ablesbar und auszuwerten.

Man unterscheidet im Wesentlichen 3 Maße:

1. Hautleitniveau,
2. Hautleitwertsreaktion und
3. Häufigkeit der Spontanfluktuationen der Hautleitfähigkeit.

Das **Hautleitniveau** gibt ein Grundniveau der Erregung an, das sich nur sehr langsam (tonisch) ändert. Auf dieser Grundlinie aufgesetzt kann man auf äußere Reize (oder innere Ereignisse, wie emotional betonte Gedanken) hin kurzfristige Anstiege der Leitfähigkeit beobachten, die nach etwa 2 s ihr Maximum erreichen und ähnlich schnell wieder abfallen. Die Amplitude dieser Hautleitwertsreaktionen kann zur Bestimmung des Erregungscharakters eines vorangegangenen Ereignisses verwendet werden. **Hautleitwertsreaktionen** sind ein zentrales Maß des klassischen Lügendetektortests, dessen Funktionsprinzip darin liegt, dass falsche Antworten in der Regel mit einer erhöhten sympathischen Erregung einhergehen. Allgemein besteht ein Zusammenhang zwischen Hautleitwert und der erlebten Intensität vor allem negativer Gefühle. Die Hautleitfähigkeit spielt deshalb bei der Erforschung der Emotionen eine wichtige Rolle. Zusätzlich lassen sich so Habituationsphänomene untersuchen, da bei der schrittweisen Gewöhnung an neue Reize die Amplitude der Hautleitwertsreaktionen abnimmt. Die **Spontanfluktuationen**, der 3. Indikator, treten ohne erkennbaren Bezug auf äußere Ereignisse auf. Ihre Häufigkeit pro Zeiteinheit stellt ein Maß der tonischen Erregung einer Person dar. Die Zahl der

Spontanfluktuationen scheint mit Persönlichkeitsmerkmalen zusammenzuhängen: Hochhängstliche Personen haben im Durchschnitt mehr Spontanfluktuationen als niedrighängstliche Personen. Eine detaillierte Beschreibung der elektrodermalen Maße findet sich bei Schandry (1998).

### Kardiovaskuläre Aktivität

Der im Rahmen verhaltensmedizinischer Untersuchungen wichtigste kardiovaskuläre Parameter ist die **Herzfrequenz** oder **Herzrate**, welche die Anzahl der Herzschläge pro Minute ausdrückt. Jeder physische oder psychische Stimulus geht mit einer unmittelbaren Herzratenänderung einher. Dabei zeigen spezifische Anforderungsbedingungen entweder einen Anstieg (z. B. bei Angst, Stress) oder eine Abnahme (z. B. bei Entspannung, Aufmerksamkeit) der Herzfrequenz.

Während in der Kardiologie verschiedene Ableitungspositionen der Elektroden eingesetzt werden, um Bildung, Ausbreitung und Rückgang der Erregung am Herzen diagnostisch zu beurteilen, steht in der Psychophysiologie meist eine möglichst artefaktfreie Aufzeichnung kleinster Frequenzänderungen in Abhängigkeit vom Erleben und Verhalten im Mittelpunkt. Die sympathische und parasympathische Innervation durch die Herznerven stellt eine direkte Verbindung zum zentralen Nervensystem her. Des Weiteren wird die Herzfrequenz durch Blutdruck, Körpertemperatur, Sauerstoffgehalt des Blutes sowie Atemfrequenz beeinflusst. In der verhaltensmedizinischen Stressforschung stellt die Herzratenmessung einen wichtigen Parameter für die akute Belastung des Individuums dar (s. Kap. 7).

### Elektrische Muskelaktivität

Die Messung der elektrischen Muskelaktivität und seiner einzelnen motorischen Einheiten (Motoneuron und innervierte Muskelfasern) mittels extrazellulärer Potenzialableitung erfolgt mit dem **Elektromyogramm (EMG)**. Standardpositionen für die Elektroden sind insbesondere Muskeln im Kopfbereich (Stirn, Nacken) sowie Unterarmmuskeln. Im Rahmen psychophysiologischer Untersuchungen

werden Änderungen der Muskelanspannung (Zu- oder Abnahme der Aktionspotenzialfrequenz) mit unterschiedlichen psychologischen Konstrukten in Zusammenhang gebracht (z. B. Schlaf, Stress). Während elektrodermale und kardiovaskuläre Maße vor allem Auskunft über die Stärke **emotionaler Erregung** geben, hängt die Aktivität der Gesichtsmuskeln an Stirn (*M. corrugator*) und Wangen (*M. zygomaticus*) eng mit der **emotionalen Valenz** von Reizen oder Situationen zusammen.

Die Rückmeldung des EMG einzelner Muskelgruppen an den Patienten im Sinne einer instrumentellen Konditionierung physiologischer Reaktionen bezeichnet man als **EMG-Biofeedback**. Dieses Verfahren findet insbesondere Anwendung in der verhaltensmedizinischen Behandlung spannungsbedingter Schmerzen (z. B. Spannungskopfschmerz). Mittlerweile existieren tragbare Systeme, mit denen die Betroffenen außerhalb der Praxis (z. B. zu Hause oder am Arbeitsplatz) die Reduktion ihrer Muskelspannung üben können. Die Messelektroden werden einfach auf die Haut über den Nackenmuskeln geklebt und mit einem kleinen Verstärker verbunden, den man bequem in einer Jackentasche tragen kann. Das EMG wird beispielsweise über die Frequenz eines unangenehmen Geräusches wahrnehmbar gemacht. Die Patienten können nun die unter Anleitung eines Therapeuten gelernten Entspannungstechniken einsetzen. Der Erfolg dieser Bemühung wird durch die Verlangsamung der Frequenz des Geräusches (tiefer werdender Ton) zurückgemeldet.

#### 4.2.2

### Psychoneuroendokrinologische Diagnostik

Gegenstand der Psychoneuroendokrinologie ist die Kommunikation zwischen Nervensystem und Hormonsystem. Die Psychoneuroendokrinologie beschäftigt sich dabei insbesondere mit der Relevanz von Hormonen aus dem zentralen Nervensystem und den endokrinen Drüsen für die Modulation von Erleben und Verhalten. Einen vertieften Überblick bieten der Band von Kirschbaum u. Hellhammer (1999) sowie Abschn. 2.2.3 in diesem Buch.

Bei unterschiedlichen pathologischen Veränderungen des Hormonsystems ist bekannt, dass diese mit psychopathologischen Symptomen einherge-

hen (z. B. Depressionen bei Cushing-Syndrom). Umgekehrt geht eine Vielzahl psychiatrischer und psychosomatischer Störungsbilder mit endokrinen Dysfunktionen einher [z. B. Hyperaktivität der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse (HHNA) bei Depression]. Im Kontext stressabhängiger Störungen liefert die Psychoneuroendokrinologie inzwischen auch erste Erkenntnisse, die gerade für die Verhaltensmedizin aus dem Stadium der Grundlagenforschung heraus klinische Schlüsse hinsichtlich Diagnostik und Therapie ermöglichen.

Die Messung von Hormonkonzentrationen erfolgt in der Regel aus den Körperflüssigkeiten Blut, Speichel, Urin und Zerebrospinalflüssigkeit. Da die Interpretierbarkeit einer einzelnen Hormonmessung jedoch durch pulsatile Freisetzungen und zirkadiane Rhythmen erheblich erschwert wird, ist eine adäquate Erfassung der basalen Aktivität eines neuroendokrinen Systems nur durch aufeinander folgende Mehrfachmessungen in kurzen Zeitintervallen möglich. Die Messung unauffälliger basaler Hormonkonzentrationen erlaubt dabei allerdings keine Rückschlüsse auf eine intakte Hormonachse, da beispielsweise eine normentsprechende Kortisolfreisetzung aus der Nebennierenrinde auch das Resultat einer gegenseitigen Kompensation dysfunktionaler Veränderungen auf hypothalamischer und hypophysärer Ebene sein könnte. Entsprechend lässt sich auch von auffälligen Basalwerten nicht auf die verursachende Ebene innerhalb der neuroendokrinen Achse schließen. Daher wurde in der klinischen Endokrinologie eine Reihe von Provokationstests entwickelt, welche die neuroendokrinen Achsen selektiv auf unterschiedlichen Regulationsebenen beeinflussen.

Im Vordergrund psychoneuroendokrinologischer Forschung stehen zweifellos die adaptiven sowie pathogenen Effekte stressbezogener Hormonfreisetzung der HHNA. Wegen des hohen Stellenwerts stressabhängiger Störungsbilder in der Verhaltensmedizin werden im Rahmen dieses Kapitels ausschließlich Provokationstests für die HHNA-Reaktivität dargestellt. Für einen Gesamtüberblick über die pharmakologischen Provokationsverfahren in der Psychoneuroendokrinologie sowie unterschiedliche Möglichkeiten der Kombination verschiedener Verfahren zur Analyse der dysregulativen Mechanismen innerhalb der neuroendokri-

nen Achse sei auf den Beitrag von Heim u. Ehlert (1999) verwiesen. Tabelle 4.5 gibt einen Überblick über die am häufigsten eingesetzten Verfahren der HHNA-Provokation in der Psychoneuroendokrinologie.

Das Ziel sämtlicher tabellarisch dargestellter Provokationsverfahren in der Psychoneuroendokrinologie ist die Beurteilung unterschiedlicher Regulationsmechanismen der endokrinen Stressantwort. Dabei haben wir bewusst nicht nur die prominentesten pharmakologischen Verfahren aufgeführt, sondern auch einen in der psychoneuroendokrinologischen Forschung bewährten psychosozialen Provokationstest (s. Unter der Lupe: „Der Trier Social Stress Test“). Wegen der mehr oder weniger aversiven Invasivität pharmakologischer Testverfahren für die Patienten, der personellen und technischen Voraussetzungen (vor allem Arztverfügbarkeit, Laborbedarf) und der damit verbundenen Kosten stellen die genannten Verfahren gegenwärtig keine Standardmethoden in der verhaltensmedizinischen Forschung und Praxis dar. Während das Testspektrum für die präklinische Grundlagenforschung von großer Relevanz ist, erscheint ein pharmakologischer Provokationstest zur Überprüfung der psychoendokrinen Stressreaktivität in der angewandten Stressforschung häufig als zu wenig valide: Pharmakologische Stimulationen oder Suppressionen ermöglichen lediglich die Überprüfung spezifischer neuroendokriner Teilsysteme, nicht aber eine Gesamtbeurteilung der psychobiologischen Stressreaktivität. Gut standardisierte Laborstressoren bieten dagegen eine hohe experimentelle Kontrolle bei gleichsam gewährleisteter externer Validität. Für pharmakologische und psychologische Testverfahren gilt gleichermaßen, dass eine immer umfangreichere Liste konfundierender Variablen (z. B. Geschlecht, Alter, Ernährung, Rauchen, Medikamenteneinnahme) mögliche Untersuchungsanordnungen zunehmend aufwändiger werden lässt.

**Tabelle 4.5.** Ausgewählte psychoneuroendokrinologische Provokationstests zur Überprüfung der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrindenaktivität

Provokationstest	Methode	Indikation
Insulin-Toleranztest (ITT)	Induktion einer Hypoglykämie (Blutzucker: 40 mg/dl) durch intravenös verabreichtes Insulin (0,1–0,15 I.E./kg) mit anschließender Bestimmung des Anstiegs von ACTH und Kortisol	Beurteilung der endokrinen Reaktivität auf physiologischen Stress; Lokalisierung suprahypophysärer Dysfunktionen
CRH-Test	Stimulation einer dosisabhängigen Freisetzung von ACTH und nachfolgend Kortisol nach intravenöser Verabreichung von CRH (1 µg/kg oCRH oder 100 µg hCRH)	Beurteilung der Reaktivität von Hypophyse und Nebennierenrinde
ACTH <sub>1–24</sub> -Test	Dosisabhängiger Anstieg der Kortisol-freisetzung durch Stimulation der ACTH-Rezeptoren der Nebennierenrinde nach intravenöser Verabreichung von ACTH <sub>1–24</sub> (0,5–250 µg)	Beurteilung der Reaktivität und maximalen Stimulierbarkeit der Nebennierenrinde
Dexamethason-Suppressionstest (DEX-Test)	Suppression von ACTH und nachfolgend Kortisol durch hypophysäre Feedback-Wirkung einer oralen Verabreichung des synthetischen Glukokortikoids Dexamethason (0,25–2 mg)	Beurteilung der Feedback-Sensitivität der HHNA
Trier Social Stress Test (TSST)	Standardisierte Induktion von psychosozialen Stress durch freies Reden und Kopfrechnen vor einem Gremium	Beurteilung der endokrinen Reaktivität auf psychosozialen Stress

**UNTER DER LUPE****Der „Trier Social Stress Test“ – Ein standardisierter Stressprovokationstest**

Der „Trier Social Stress Test“ (TSST) wurde zu Beginn der 1990er-Jahre von Kirschbaum und Mitarbeitern entwickelt (Kirschbaum et al. 1993). Der Stresstest ermöglicht die Konfrontation von Personen mit psychosozialer Belastung unter standardisierten Laborbedingungen.

Dazu wird der Versuchsperson zunächst in einem Testraum ein zweiköpfiges „Gremium“ vorgestellt, vor dem sie nach einer Vorbereitungsphase von 3–5 min (Antizipationsphase) eine 5-minütige freie Rede halten muss. Inhaltlich wird zumeist ein **Bewerbungsgespräch** simuliert, in dem der Bewerber seine Stärken unter Beweis stellen muss. Die Beobachtungspersonen werden der Testperson als in Verhaltensbeobachtung geschulte Experten vorgestellt, welche für den Verlauf des Tests eine neutrale, distanzierte Haltung einnehmen. Ferner tragen eine auf die

Person gerichtete Videokamera und ein Mikrofon zur Verstärkung der Bewertungswahrnehmung bei. Den Versuchspersonen wird am Ende der Untersuchung mitgeteilt, dass mit den Geräten keine wirklichen Aufzeichnungen gemacht wurden und sich das Gremium auch nicht sachkundig für ihre Gestik und Mimik interessierte. Nach der Rede werden die Versuchsteilnehmer außerdem aufgefordert, für weitere 5 min eine **Kopfrechenaufgabe** durchzuführen (serielle Substraktionsaufgabe, z. B. von 2034 in 17er-Schritten rückwärts zählen). Bei jedem Fehler wird der Kandidat unverzüglich vom Gremium darauf hingewiesen und gebeten, wieder von vorne zu beginnen.

Üblicherweise werden je nach Fragestellung als abhängige Variablen stressensitive Hormone in Blut und Speichel sowie kontinuierlich die Herzrate gemessen. Wie in zahlreichen Untersuchungen gezeigt werden konnte, induziert der TSST sehr zuverlässig multiple subjektive und physio-

logische Stressreaktionen, insbesondere signifikante Anstiege von ACTH, Kortisol, Noradrenalin, Adrenalin und Herzrate. Der TSST wird seit Jahren weltweit in zahlreichen Studien im Rahmen der Stressforschung an gesunden Proban-

den sowie an unterschiedlichen Patientenkollektiven eingesetzt. Dabei wurden die beiden Elemente „soziale Bewertung“ und „Unkontrollierbarkeit“ als stärkste Prädiktoren für die erhöhte neuroendokrine Stressantwort identifiziert.

In der Verhaltensmedizin stellt die Diagnostik und Behandlung stressabhängiger Störungen in den letzten Jahren eine zunehmende Herausforderung dar. Während die gesundheitlichen Auswirkungen von psychosozialen Stress in der Literatur inzwischen gut beschrieben sind, ist zu den psychologischen und neurobiologischen Mechanismen der Ätiologie und Pathogenese stressabhängiger Störungen vergleichsweise wenig bekannt. Zur weiteren Spezifizierung einer umfassenden Diagnostik sowie zur Entwicklung adäquater Präventions- und Interventionsmaßnahmen erscheint ein Verständnis dieser zugrunde liegenden Mechanismen jedoch unabdingbar. In der Forschung steht dabei die Identifikation und Beschreibung pathogener Faktoren bei der Störungsgenese eindeutig im Vordergrund. Die Analyse protektiver Faktoren stellt dagegen bislang nur einen vergleichsweise geringen Forschungsanteil dar. Das in der Studienbox „Psychoneuroendokrinologie und Stress“ gewählte Beispiel aus der aktuellen Stressforschung zeigt, dass nicht nur die Messung von Hormonen, sondern auch die Stimulation mit Hormonen interessante neue Einblicke in die Stress- und Stressschutzmechanismen des Menschen gewährt.

## STUDIENBOX

### Psychoneuroendokrinologie und Stress: neue Wirkfaktoren der Stressprotektion

In der tierexperimentellen Forschung der letzten Jahre konnte mehrfach gezeigt werden, dass das Peptidhormon **Oxytozin** (s. Kap. 2) neben seiner Bedeutung für Geburt und Stillen eine herausragende Rolle in der Modulation des sozialen Bindungsverhaltens hat (z. B. Mutter-Kind-Bindung, Paarbindung). Außerdem konnte bei Ratten gezeigt werden, dass das Hormon die Stressreaktivität deutlich reduziert. Aber profitieren auch wir Menschen von den verhaltensbezogenen Effekten

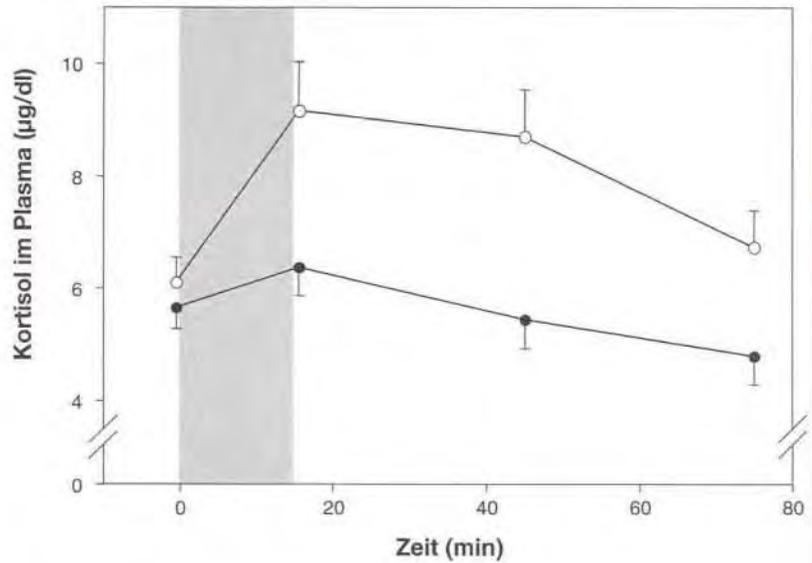
dieses Hormons? Welche Rolle spielt Oxytozin beim Menschen, wenn es etwa um die Stressverarbeitung geht? Welchen Einfluss hat das Hormon im Humanbereich im Zusammenhang mit sozialer Interaktion? Inzwischen liegen erste Befunde beim Menschen vor, die aus verhaltensmedizinischer Sicht auf wichtige neue Funktionen des bereits seit den 50er-Jahren bekannten Hormons schließen lassen.

Da der Saugreflex des Babys während des Stillens bei der Frau eine deutliche Erhöhung der Oxytozinfreisetzung bewirkt, eignet sich das „Stillparadigma“ in hohem Maße für die Untersuchung der Effekte endogen erhöhter Oxytozinspiegel. Eine weitere Möglichkeit wäre die exogene Stimulation mittels intranasaler Gabe des Hormons, weil diese einen praktikablen Weg zur Überwindung der Blut-Hirn-Schranke darstellt. Ein Überblick über die im Humanbereich verfügbaren Methoden der Oxytozinforschung findet sich bei Heinrichs (2000).

Für eine Untersuchung der Effekte der **endogenen Oxytozinstimulation** auf die psychoendokrine Stressreaktivität wurden 43 stillende Frauen 6–11 Wochen nach der Geburt zufällig 2 Bedingungen zugewiesen (Heinrichs et al. 2001): Stillen oder lediglich Halten des Babys für 15 min mit Beginn 30 min vor dem oben erläuterten TSST. Die Gruppe, die ihr Baby lediglich hielt, hatte 100 min vor TSST zuletzt gestillt, womit sichergestellt werden konnte, dass das zentral verfügbare Oxytozin bereits abgebaut war. Das periphere Oxytozin ist aufgrund der kurzen Halbwertszeit im Blut in beiden Gruppen vor Stressbeginn wieder im Normalbereich.

Wie in Abb. 4.1 zu sehen, unterscheiden sich die beiden Gruppen drastisch in ihrer Kortisol-Stress-Antwort: Während die Frauen, die ihr Baby vorher lediglich hielten, den üblicherweise zu erwartenden Anstieg des Kortisols nach Stress zeigen, kommt es in der Gruppe der Frauen, die

**Abb. 4.1.** Kortisolkonzentrationen im Plasma vor und nach dem Trier Social Stress Test (TSST) bei stillenden Frauen nach Stillen (●) oder Halten (○) des Babys für 15 min mit Beginn 30 min vor Stresskonfrontation (Interaktionseffekt Gruppe × Zeit:  $p < 0.01$ ). Der grau markierte Bereich kennzeichnet die Zeit der Stressexposition (freie Rede und Kopfrechnen vor einem Gremium). (Nach Heinrichs et al. 2001; mit freundlicher Genehmigung von The Endocrine Society)



ihr Baby vor Stresskonfrontation stillten, zu keinem signifikanten Anstieg. Die Ergebnisse legen die Vermutung nahe, dass das Hormon Oxytozin nicht nur den physiologischen Effekt der Milchejektion steuert, sondern auch sicherstellt, dass Mutter und Kind für die Zeit des Stillens und bis zu 1 h danach einen gewissen Stressschutz haben (Heinrichs et al. 2002b). Dieser entspannte Zustand bei der Mutter hat zweifellos auch positive Effekte auf die Mutter-Kind-Beziehung. Aus der tierexperimentellen Forschung ist in diesem Zusammenhang bekannt, dass das während der Laktation freigesetzte Hormon auf zentralnervöser Ebene adäquates mütterliches Verhalten sicherstellt.

In einer anderen Studie wurde der Effekt **exogener Oxytozinstimulation** auf die Stressreaktivität bei Männern untersucht, um festzustellen, ob sich die bei Frauen gefundenen Effekte auch bei Männern bestätigen lassen (Heinrichs et al. 2002a). Da in der psychosomatischen und psychiatrischen Forschung der letzten Jahre bekannt ist, dass vor allem soziale Unterstützung ein breites positives Wirkungsspektrum bei unterschiedlichen Störungsbildern hat, wurde dieser Faktor zusätzlich als experimentelle Variable in die Untersuchung aufgenommen. Dabei wurde in einem randomisierten und Placebo-kontrollierten Doppelblind-design 40 gesunden männlichen Versuchspersonen Oxytozin (24 I.E.) bzw. Placebo 50 min vor

dem psychosozialen Stresstest TSST intranasal appliziert. Außerdem wurde nach dem Zufallsprinzip die Hälfte der Versuchsteilnehmer gebeten ihre beste Freundin oder ihren besten Freund mitzubringen (soziale Unterstützung), während die andere Hälfte alleine kam. Die Begleitpersonen wurden instruiert, sowohl emotionale als auch praktische Unterstützung in der Vorbereitung zum Stresstest zu gewähren.

Soziale Unterstützung führte zu einer signifikant niedrigeren Kortisolantwort auf den Stresstest. Die Interaktion von Oxytozin und sozialer Unterstützung bewirkte die geringste endokrine Stressantwort, d. h. die Gruppe ohne soziale Unterstützung mit Placebo-Applikation zeigte die höchste Kortisolausschüttung, die beiden Gruppen mit einem der zwei protektiven Faktoren (Oxytozin oder soziale Unterstützung) befanden sich bezüglich der Kortisolantwort im mittleren Bereich und die Gruppe mit sozialer Unterstützung und Oxytozin hatte die niedrigste Kortisolausschüttung. Bezüglich der psychometrischen Parameter konnte beobachtet werden, dass sowohl Oxytozin als auch soziale Unterstützung eine Zunahme von Ruhe sowie eine Abnahme von Ängstlichkeit während des Stresstests bewirken.

Die dargestellten Befunde aus der aktuellen psychoneuroendokrinen Stressforschung machen deutlich, wie komplex die Zusammenhän-

ge zwischen Nervensystem, Hormonsystem und Verhalten sind. Die Erforschung von aus der Grundlagenforschung bekannten biologischen Markern (z. B. Kortisol) in einem klinisch relevanten Kontext (z. B. Relevanz sozialer Unterstützung

in Stresssituationen) trägt zu Verständnis, Diagnostik und Therapie stressabhängiger Störungen ebenso bei, wie die Untersuchung neuer protektiver Faktoren und deren dysfunktionale Veränderung (z. B. Oxytozinmetabolismus).

Die psychoneuroendokrinologische Forschung der letzten Jahre hat das Verständnis der zugrunde liegenden psychobiologischen Mechanismen vieler psychischer Störungen nachhaltig verbessert (Überblick bei Ehler et al. 2001). Auf der Basis dieser Erkenntnisse wird vor allem der Einsatz dieser Verfahren für eine Verbesserung der Diagnostik („biologische Marker“) intensiv diskutiert. Zwei Patienten mit gleicher Diagnosestellung (z. B. schwere depressive Episode ohne psychotische Symptome, ICD-10: F32.2), aber unterschiedlichen endokrinologischen Befunden (z. B. Nonsuppression versus Suppression der Kortisolfreisetzung im DEX-Test) könnten auch unterschiedliche Therapieresponsivitäten haben (z. B. entweder auf kognitive Verhaltenstherapie oder auf eine spezifische Pharmakotherapie). Psychoneuroendokrinologische Messmethoden versprechen, einen wichtigen Beitrag zur Aufklärung des bekannten klinischen Phänomens, dass wirksame Behandlungsmethoden bei einzelnen Patienten trotz eindeutiger und umfassender Diagnostik unbefriedigend bis überhaupt nicht ansprechen, liefern zu können. Eine spezifischere Diagnostik und selektivere Therapieindikation über biologische Parameter käme in erster Linie dem Patienten zugute, würde aber auch in großem Umfang die Kosten langer therapeutischer Umwege von „Versuch und Irrtum“ reduzieren helfen. Wenngleich der routinemäßige Einsatz der vorgestellten Verfahren in der verhaltensmedizinischen Praxis bislang nicht etabliert ist, wird die klinische Psychoneuroendokrinologie einen zunehmend wichtigen differenzialdiagnostischen Beitrag zur Spezifizierung und Individualisierung der Therapie liefern können.

### 4.3 Zentralnervöse Messmethoden

Der Fortschritt der elektronischen Datenverarbeitung hat etwa seit der Mitte der 1980er-Jahre zu einer rasanten Entwicklung der Methoden zur Erfor-

schung der menschlichen Gehirnaktivität geführt. Hierbei handelte es sich zum einen um die Erschließung neuer Auswertungsmethoden für bereits etablierte Verfahren wie die Elektroenzephalographie (EEG), wo Ableitungen mit einer Vielzahl von Kanälen sowie die Analyse komplexer Signalkomponenten ohne großen Zeitaufwand möglich wurden. Zum anderen wurden völlig neue Methoden zur Messung elektromagnetischer Felder (Magnetenzephalographie; MEG) sowie zur Analyse von Veränderungen in der Blutversorgung des Gehirns entwickelt [„hämodynamische“ Maße wie Positronenemissionstomographie (PET) und funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT)].

#### 4.3.1 Elektroenzephalogramm und Magnetenzephalogramm

Sowohl Elektro- als auch Magnetenzephalogramm geben Auskunft über Erregungsmuster größerer Zellverbände der Hirnrinde. Das Elektroenzephalogramm gibt Spannungsunterschiede zwischen 2 Elektroden an, von denen mindestens eine auf der Kopfhaut angebracht wird. Es wird vorwiegend durch **exzitatorische postsynaptische Potenziale** in den apikalen Dendriten der Pyramidenneurone erzeugt, die die Empfänger afferenter Impulse aus Thalamus sowie anderen Kortexregionen darstellen (Abb. 4.2). Eine detaillierte Beschreibung der physiologischen Grundlagen des Elektroenzephalogramms findet sich bei Birbaumer u. Schmidt (1999).

Elektro- und Magnetenzephalographie sind die einzigen nichtinvasiven Messmethoden, die über eine **zeitliche Auflösung** verfügen, die der hohen Geschwindigkeit der meisten Verarbeitungsprozesse im Gehirn entspricht. Dagegen kann die räumliche Position der Strukturen, in denen die an der Oberfläche gemessene Aktivität erzeugt wurde, nur mithilfe von mathematischen Verfahren geschätzt

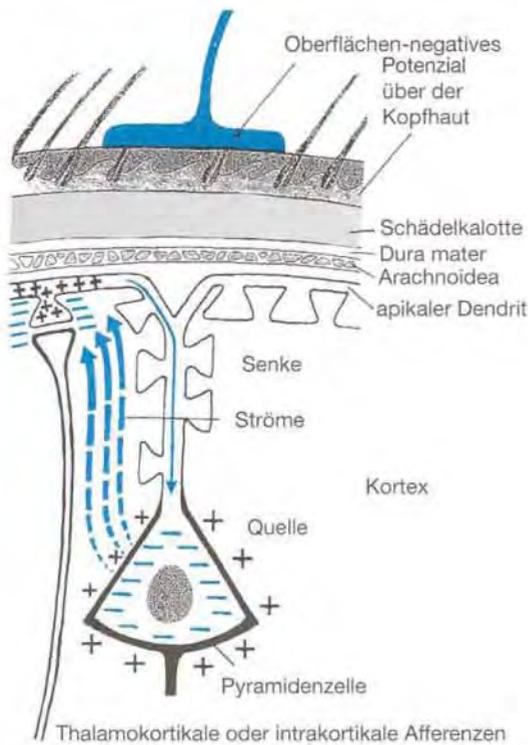


Abb. 4.2. Entstehung elektrischer Dipole im Gehirn. Thalamische oder kortikale Afferenzen aktivieren die apikalen Dendriten der Pyramidenneurone. Der so erzeugte Einstrom positiv geladener Teilchen in die Zelle führt zu einem Überschuss negativer Ladungsträger im Extrazellulärraum in der Nähe der Kortexoberfläche, wogegen außerhalb des tiefer gelegenen, negativ geladenen Zellkerns positive Ladungen überwiegen. Die extrazellulären Ströme erzeugen ein an der Kopfhaut messbares Potenzial. (Nach Birbaumer u. Schmidt 1999)

werden. Antworten aus primären sensorischen Arealen, die weniger als 300 ms nach einem Reiz auftreten, können gewöhnlich am genauesten lokalisiert werden.

Elektro- und Magnetenzephalographie werden in der psychologischen Forschung zur Untersuchung von Bewusstseinszuständen, Aufmerksamkeits- und Erkennensprozessen eingesetzt. Man unterscheidet hierbei 2 Arten von Aktivität, die analysiert werden können. Historisch spielte zunächst die **Spontanaktivität** eine wichtigere Rolle, die bei geeigneter Verstärkung mit dem bloßen Auge ausgewertet werden kann. Für kognitive Prozesse wesentlich aussagekräftiger ist die **niedrigamplitudigere ereigniskorrelierte Aktivität**, deren Untersuchung

durch den Fortschritt der Datenverarbeitungstechnologie erleichtert wurde. Eine für die Verhaltensmedizin relevante klinische Anwendung besteht im **EEG-Biofeedback**, das erfolgreich bei Störungen wie der Epilepsie eingesetzt wird.

### Elektrokortikale Spontanaktivität

Stellen Sie sich vor, Ihnen stehen einige Mikrofone zur Verfügung, mit deren Hilfe Sie das Leben in einer Großstadt erforschen sollen. Da Ihnen der Eintritt in die Stadt und damit das Interviewen einzelner Bewohner verboten ist, bleibt nur die Möglichkeit, die Mikrofone an Ballons in großer Höhe über der Stadt zu verteilen. Welche Informationen werden Ihnen die so aufgezeichneten Geräusche liefern? Perioden relativer Ruhe werden Ihnen anzeigen, zu welchen Zeiten ein Großteil der Einwohner schläft. Ebenso werden Sie das Erwachen des Lebens am Morgen hören und auch Perioden besonders hektischer Aktivität, z. B. während der Stoßzeiten des Verkehrs am Morgen und Nachmittag. Die Geräusche an jedem einzelnen Mikrofon werden vor allem, aber nicht ausschließlich, aus dem darunter liegenden Stadtteil stammen. So werden Sie an absoluten Geräuschunterschieden Wohngebiete von Geschäftszentren und, an den Zeitverläufen des gemessenen Lärms, Büro- von Vergnügungsvierteln räumlich unterscheiden können. Mit Ihren Mikrofonen werden Sie nur wenige einzelne Ereignisse im Leben der Stadt hören können, wie z. B. den Lärm der Zuschauer eines Fußballspiels oder eine Techno-Parade. Was Sie dagegen beispielsweise nicht klären können, sind Fragen wie: „Womit beschäftigen sich die Bewohner des Stadtteils C3 am Samstagnachmittag?“ oder: „In welcher Gegend befindet sich die Stadtverwaltung?“

Das mit Kopfhautelektroden abgeleitete Elektroenzephalogramm liefert ähnliche Informationen über die Vorgänge im Gehirn wie in großer Höhe platzierte Mikrofone über die Vorgänge in einer Großstadt. Das elektrische Potenzial an einer Elektrode spiegelt die summierte Aktivität von mehreren zehntausend Nervenzellen wider, wobei die gemessenen Signale aber nicht nur die Aktivität des unter der Elektrode liegenden Areals abbilden, sondern aufgrund von Volumenleitungseffekten auch Aktivität aus weiter entfernt liegenden Regio-

Tabelle 4.6. Frequenzen im Spontanelektroenzephalogramm

Wellentyp	Frequenzband [Hz]	Amplitude [ $\mu\text{V}$ ]	Aktiviertheitszustand
Delta ( $\delta$ )	0,5–3	20–200	Tiefschlaf
Theta ( $\theta$ )	4–7	5–100	Tiefe Entspannung, Dösen, Einschlafphase
Alpha ( $\alpha$ )	8–12	5–100	Entspannter Wachzustand
Beta ( $\beta$ )	13–30	2–20	Aktivierter Wachzustand (mentale oder körperliche Aktivität)

nen beinhalten. Da jede Elektrode die Aktivität einer großen Anzahl von Neuronen erfasst, werden nur solche Potenziale an der Oberfläche messbar, die mit einer gewissen Synchronizität innerhalb größerer Zellgruppen auftreten. Ähnlich wie im obigen Beispiel kann man im durch geeignete Verstärkung sichtbar gemachten Spontanelektroenzephalogramm Phasen von Aktivität und Ruhe anhand **dominanter Frequenzmuster** unterscheiden.

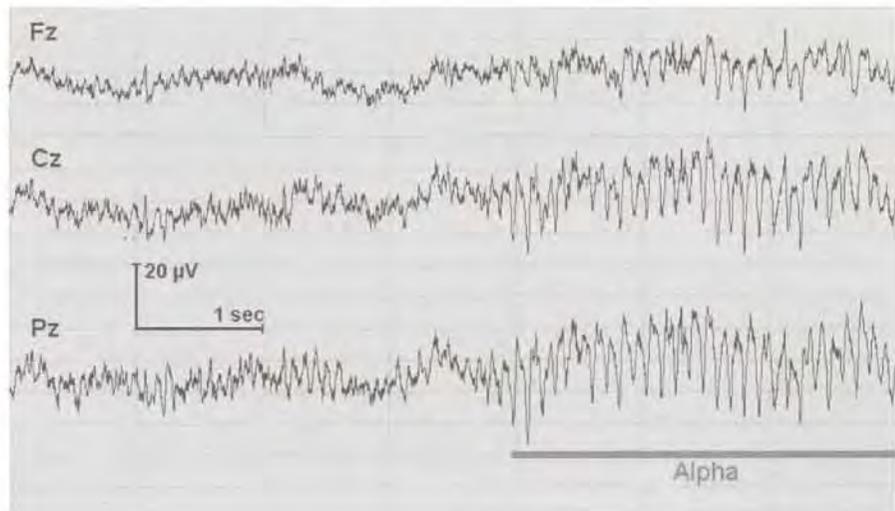
Tabelle 4.6 gibt eine Übersicht über die dominanten Frequenzmuster im Elektroenzephalogramm. Im aktiven Wachzustand, z. B. während der aufmerksamen Arbeit an einer Aufgabe oder während der Konzentration auf visuelle Reize, findet man vorwiegend schnelle, niedrigamplitudige Aktivität im  $\beta$ -Bereich (ca. 13–30 Hz). Bei Entspannung oder geschlossenen Augen herrschen dagegen  $\alpha$ -Wellen vor (8–12 Hz). Diese höheramplitudigen Schwingungen weisen eine regelmäßige Form auf, die zu der Bezeichnung eines „synchronisierten“ Elektroenzephalogramms im entspannten Wachzustand

geführt hat. Einen Übergang aus der Entspannung in einen Zustand erhöhter Aktivierung, z. B. beim Beachten neuer Reize, bezeichnet man entsprechend als „EEG-Desynchronisation“: Anstelle der gleichmäßigen  $\alpha$ -Wellen wird das Elektroenzephalogramm nun von der unregelmäßigeren  $\beta$ -Aktivität dominiert (Abb. 4.3). Bei zunehmender Schläfrigkeit treten verstärkt  $\theta$ -Wellen (4–7 Hz) auf, die auch während der ersten Schlafstadien vorherrschen. Im Tiefschlaf liegen demhingegen überwiegend langsame  $\delta$ -Wellen (< 4 Hz) vor, die zur Bezeichnung „slow wave sleep“ geführt haben.

! Die Frequenzzusammensetzung des Spontanelektroenzephalogramms spiegelt den Grad der Aktivierung wider: Erhöhte Aktivierung führt zu einer Desynchronisation des Elektroenzephalogramms.

Nur wenige spezifische Ereignisse sind im spontanen Elektroenzephalogramm sichtbar, wie z. B. Phasen starker Erregung (entsprechend der Techno-Pa-

Abb. 4.3. Spontanelektroenzephalogramm eines gesunden Erwachsenen von 3 in der Mittellinie über dem Frontalkortex (Fz), der Zentralfurche (Cz) sowie dem Parietalkortex (Pz) gelegenen Elektroden mit Referenz zur Nasenspitze. Man kann Phasen erhöhter  $\alpha$ -Aktivität (hier: 10 Hz, markierter Abschnitt) von Phasen niedrigamplitudiger  $\beta$ -Aktivität unterscheiden. Die  $\alpha$ -Wellen sind über dem Parietalkortex am größten



rade im obigen Beispiel), wie man sie vor und während epileptischen Anfällen beobachten kann. Die Elektroenzephalographie spielt deshalb eine wichtige Rolle als **diagnostisches Instrument in der Neurologie**. Hier werden beispielsweise stark erregende Reize in Form von grellen, hochfrequenten Lichtblitzen dargeboten, die eine latent vorhandene Krampfkaktivität im Elektroenzephalogramm auslösen können. Therapeutisch kann der  $\alpha$ -Rhythmus als Maß für Entspannung in Biofeedback-Verfahren eingesetzt werden. Die dominante Frequenz im Ruhe-Elektroenzephalogramm reflektiert Prozesse der Gehirnreifung: Der Gipfel im Frequenzspektrum liegt bei Kindern im  $\theta$ -Bereich und verschiebt sich im Verlaufe der Reifung des Gehirns ins  $\alpha$ -Band.

### Ereigniskorrelierte Potenziale

Die Signalkomponenten im Elektroenzephalogramm, die mit spezifischen Verarbeitungsprozessen einhergehen, sind um bis zu einem Faktor 20 geringer als die nicht reizbezogene Spontanaktivität und daher im laufenden Elektroenzephalogramm in der Regel nicht direkt zu erkennen. Zur Veranschaulichung kann uns wieder ein Problem der akustischen Wahrnehmung dienen. So können Sie sich beispielsweise vorstellen, dass es für einen Dozenten nicht möglich ist, in einem Hörsaal mit 100 durcheinander redenden Studierenden einen von einer Person gesprochenen Satz zu verstehen. Man könnte nun den Lärm des Hörsaals mit einem beim Dozenten angebrachten Mikrofon aufzeichnen und die Person ihren Satz auf ein Zeichen hin hundertmal wiederholen lassen. Wenn man anschließend die Aufzeichnungen von dem Zeichen ausgehend über die hundert Durchgänge hinweg mittelte, so würden sich die Schallwellen des nicht mit dem Zeichen in Zusammenhang stehenden, zufälligen Lärms gegenseitig aufheben und der Satz hörbar werden.

Wie in diesem Beispiel verwendet man eine Mittelung über eine Vielzahl von Durchgängen, um die ereignisbezogene Aktivität im Elektroenzephalogramm („Signal“) vom „Rauschen“ zu trennen. Unter Rauschen versteht man Hintergrundaktivität, die nicht unmittelbar mit der Reizverarbeitung verbunden ist. Dabei geht man von einem direkten zeitlichen Zusammenhang zwischen einem auslösenden Ereignis und der darauf bezogenen Aktivität

aus. Im Falle der **evozierten Potenziale** nimmt man an, dass die einzelnen Potenzialkomponenten und die Amplituden jeder Komponente in Bezug auf eine dem Auslösereiz vorangehende Grundlinie („baseline“) in jedem Messdurchgang zeitlich konstant auftreten. Die Amplitude der Hintergrundaktivität ist dagegen zu den verschiedenen Zeitpunkten in jedem Durchgang zufällig verteilt, so dass bei Mittelung über eine steigende Zahl von Durchgängen die Summe der Hintergrundaktivitäten immer stärker gegen null geht und nur das ereignisbezogene Potenzial erhalten bleibt.

Im Folgenden sollen einige wichtige Komponenten des ereigniskorrelierten Potenzials in der zeitlichen Reihenfolge ihres Auftretens aufgeführt werden. Die Potenziale werden dabei mit einem Buchstaben nach ihrer Polarität (P für positiv, N für negativ) sowie einer Zahl nach ihrer typischen Auftretenslatenz in Millisekunden bezeichnet.

Wichtige Komponenten ereigniskorrelierter Potenziale sind

- N100,
- MMN („mismatch negativity“),
- P300 und
- langsame Hirnpotenziale (LP).

**N100.** Die N100 oder N1 ist eine negative Komponente, die ca. 100 ms nach Reizbeginn ihr Maximum erreicht. Ihre Amplitude hängt von der Reizintensität ab und kann durch willentliche **Aufmerksamkeitsausrichtung** moduliert werden. Soll man sich beispielsweise auf Geräusche konzentrieren, die am rechten Ohr dargeboten werden, ist die N1 über der kontralateralen linken Hemisphäre größer als über der ipsilateralen rechten. Allgemein werden evozierte Potenziale wie die N100 in der neurologischen Diagnostik zur Untersuchung von Störungen der Reizleitung aus der Sensorik zum Gehirn genutzt. Bei verschiedenen psychischen Störungsbildern wie Schizophrenie, Depression und Alkoholismus wird ein Ausbleiben der intensitätsabhängigen Erhöhung der N100-Amplitude beobachtet, was möglicherweise mit einem reduzierten Schutzmechanismus des Informationsverarbeitungssystems vor Reizüberflutung zusammenhängt.

„**Mismatch negativity**“ (MMN). Unter der MMN versteht man eine Negativverschiebung des akustisch evozierten Potenzials auf seltene, abweichende

Reize in einer Serie von häufigen Standardreizen (Näätänen 1992). Die MMN ist weitgehend unabhängig von willentlicher Aufmerksamkeit und tritt auch bei vollständiger Ablenkung von den akustischen Reizen auf, z. B. wenn Probanden gleichzeitig eine visuelle Aufgabe bearbeiten. Auslöser der MMN ist somit ein **präattentiver Vergleichsprozess**, der auf Abweichungen der ankommenden Reize von den physikalischen Merkmalen der vorangehenden Stimuli anspricht. Die Amplitude der MMN korreliert hoch mit Wahrnehmungsleistungen und dient daher u. a. als Indikator für die Leistungsfähigkeit des auditorischen Systems (vgl. Baldeweg et al. 1999).

**P300.** Die P300 ist im Gegensatz zur MMN nicht an ein Sinnessystem gebunden, sondern tritt immer dann auf, wenn aufgabenrelevante Reize eine vorher aufgebaute Erwartung verletzen. Das klassische Paradigma zur Auslösung einer P300 besteht in der Darbietung einer Serie von Reizen, wobei zufällig ab und zu abweichende Reize auftreten, die vom Probanden kategorisiert und aktiv verarbeitet werden müssen (durch Knopfdruck oder stilles Mitzählen). Die Amplitude der P300 steigt sowohl mit abnehmender Wahrscheinlichkeit (und somit zunehmendem Informationsgehalt) der relevanten Reize als auch mit deren subjektiver Bedeutung für das Individuum. Man nimmt an, dass die P300, die maximal über zentralen und parietalen Regionen auftritt, einer Aktualisierung des Kurzzeitgedächtnisinhaltes entspricht, der bei der Abweichung eines Reizes von der vorher aufgebauten Erwartung auftritt. Abweichungen in Amplitude und Latenz der P300 wurden bei einer Vielzahl klinischer Störungsbilder gefunden.

! Ereigniskorrelierte Potenziale dienen der Untersuchung von Reizverarbeitung, Aufmerksamkeits- und Vergleichsprozessen.

**Langsame Hirnpotenziale (LP).** Hierzu zählen alle Potenzialverschiebungen, die mit einer Latenz von über 500 ms nach Reizbeginn und mit einer Dauer von bis zu mehreren Sekunden auftreten. Ein typisches Paradigma zum Auslösen der **kontingenten negativen Variation** („contingent negative variation“; CNV) besteht in der Darbietung eines Warnreizes, der nach einem konstanten Zeitintervall von

einem imperativen Reiz gefolgt wird, der die Ausführung einer bestimmten Aufgabe erfordert. Während dieses Zeitintervalls kann man nun eine kontinuierliche Negativierung vor allem über diejenigen Hirnregionen beobachten, die an der folgenden Aufgabe beteiligt sein werden. **Kortikale Negativierung** spiegelt hierbei die zunehmende **Synchronisation** an den apikalen Dendriten ankommender neuronaler Impulse wider, wobei die Depolarisation dieser Dendriten die Übertragung weiterer Impulse und das Auslösen von Aktionspotenzialen begünstigt. Die Amplitude der LP hängt dabei vom Grad der Aufmerksamkeit und dem Ausmaß der bereitgestellten Ressourcen ab. Nach Ausführung der Aufgabe kommt es dann zu einer **Positivierung** der LP, die mit einer Konsumtion von Ressourcen in Beziehung steht.

! Langsame Hirnpotenziale spiegeln Prozesse der Handlungsvorbereitung und der Bereitstellung von Verarbeitungsressourcen wider.

Mit einer lernpsychologischen Biofeedback-Anordnung können sowohl gesunde Probanden als auch neurologische Patienten die **Selbstregulation** ihrer LP erlernen. Die Selbstregulation der LP kann zur Verringerung epileptischer Anfälle bei medikamentenresistenten Patienten eingesetzt werden (s. Studienbox „Selbstkontrolle langsamer kortikaler Potenziale bei Epilepsie“). Daneben gibt es in neuester Zeit verschiedene Versuche, elektroenzephalographische Aktivität als „**Neuroprothese**“ bei vollständig gelähmten Patienten einzusetzen. Auch hier spielen LP eine wichtige Rolle (s. Unter der Lupe: „EEG-Aktivität als Neuroprothese bei vollständiger Lähmung“).

#### STUDIENBOX

##### Selbstkontrolle langsamer kortikaler Potenziale bei Epilepsie

Negative Verschiebungen der langsamen Hirnpotenziale (LP), die auch als kortikale Gleichspannungsverschiebungen bezeichnet werden, spiegeln eine erhöhte kortikale Erregungsbereitschaft wider, die gleichzeitig eine Erniedrigung der Schwellen für paroxysmale (krampfartige) Aktivität bedeutet. Normalerweise steigt die Er-

regungsbereitschaft nicht unbegrenzt an, sondern wird ab einem bestimmten Ausmaß durch einen Gegenregulationsmechanismus wieder auf ein mittleres Niveau reduziert. Beim epileptischen Anfall dagegen versagt diese Gegenregulation, und die unbegrenzte Abnahme der Erregungsschwellen führt zu extremen Feuerraten der Pyramidenzellen. Eine Verringerung solcher negativer Potenziale bzw. die Herstellung positiver Gleichspannungsverschiebungen sollte also dazu beitragen, die Auftretenswahrscheinlichkeit epileptischer Anfälle zu verringern.

Arbeiten aus den frühen 1980er-Jahren haben gezeigt, dass gesunde Probanden in der Lage sind, die Selbststeuerung ihrer LP zu erlernen. Diese Vorgehensweise beruht auf dem Prinzip des **Biofeedback**: Normalerweise nicht wahrnehmbare Körperfunktionen werden gemessen und sichtbar gemacht, beispielsweise in Form eines visuellen Signals auf einem Computerbildschirm (Abb. 4.4). Das Erlernen der Selbstkontrolle kann durch Verhaltensformung („shaping“) erfolgen. Dabei handelt es sich um eine Methode der **operanten Konditionierung**, durch die schrittweise ein neues Verhalten aufgebaut wird. Dem Probanden werden abhängig von seiner Leistung immer höhere Zielwerte der gemessenen Variable vorgegeben, bei deren Erreichung er belohnt wird.



Abb. 4.4. Beispiel für eine EEG-Biofeedback-Anordnung. Über Kopfhautelektroden wird das Elektroenzephalogramm beim Probanden abgeleitet und anschließend verstärkt. Von einem PC werden diejenigen Parameter des Signals berechnet (z. B. die langsamen Hirnpotenziale), die zurückgemeldet werden sollen. Die Rückmeldung erfolgt dann auf einem Notebook-Bildschirm in Form eines bewegten Cursors. (Nach Kübler et al. 2001 a, b)

Zum Erlernen der Kontrolle über LP geht man folgendermaßen vor: Das Elektroenzephalogramm wird von einer Elektrode in zentraler Position des Kopfes abgeleitet. Der Wert des elektroenzephalographischen Signals wird nun mit einem Computerprogramm über ein 500 ms breites Zeitfenster gemittelt, das in 100-ms-Schritten bewegt wird. Das bedeutet, man erhält alle 100 ms einen Wert, der dem mittleren Potenzial der vorangegangenen halben Sekunde entspricht. Dieser Wert wird nun als Bewegung eines Symbols (z. B. ein Cursor) auf einem Bildschirm dem Probanden zurückgemeldet.

Etwa seit Anfang der 1990er-Jahre werden die Auswirkungen von erlernter LP-Selbstkontrolle bei Patienten mit Epilepsie untersucht. Der Einsatz einer solchen verhaltensmedizinischen Intervention kommt dabei vor allem solchen Patienten zugute, die nicht auf antiepileptische Medikamente ansprechen. Die therapeutische Wirksamkeit von LP-Selbstkontrolle wurde u. a. von Kotchoubey et al. (2001) nachgewiesen. An der Studie nahmen Patienten zwischen 14 und 55 Jahren teil, die mindestens 2 (meist partielle) Krampfanfälle pro Monat aufwiesen und dabei trotz 2-jähriger Medikation mit gängigen Antiepileptika keine Verbesserung ihrer Symptome zeigten. In die Endauswertung gingen als 1. Gruppe 34 Patienten ein, die sich für das Erlernen der LP-Selbstregulation entschieden hatten (LP-Gruppe). Das LP-Training wurde in 35 Sitzungen zu je 90 min durchgeführt. Zusätzlich wurde in 15 verhaltenstherapeutischen Sitzungen die Anwendung der erlernten Fähigkeit auf Alltagssituationen geübt. Die 2. Gruppe (11 Patienten) erlernte eine Selbstkontrolle respiratorischer Parameter (RES-Gruppe), die auf die Reduktion der Atemfrequenz (Vermeiden von Hyperventilation) abzielt. Dieses Training wurde ebenfalls über 35 Sitzungen hinweg durchgeführt und von Übungen zur Anwendung der Fähigkeit auf Alltagssituationen begleitet. Die 3. Gruppe von 7 Patienten (MED-Gruppe) hatte sich für eine weitere Verbesserung ihrer individuellen medikamentösen Einstellung entschieden, die während eines 6- bis 8-wöchigen Klinikaufenthalts vorgenommen wurde.

Die Analyse der Daten ergab, dass sowohl LP- als auch MED-Gruppe eine signifikante Verringerung

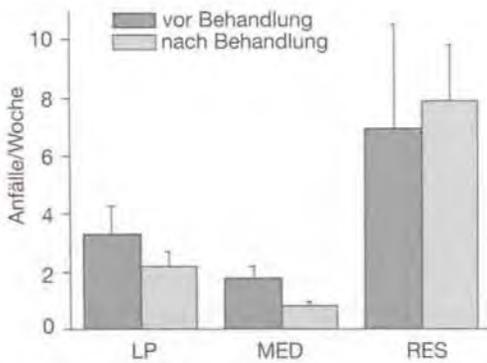


Abb. 4.5. Epileptische Anfälle pro Woche (Mittelwerte und Standardabweichungen) in den 3 Gruppen vor Beginn der jeweiligen Behandlung und ein Jahr nach deren Ende. Sowohl die Gruppe, die ein Training zur Selbstkontrolle ihrer langsamen Potenziale durchlief (LP) als auch die medikamentös behandelte Gruppe (MED) zeigten einen Rückgang ihrer Anfallshäufigkeit, wogegen bei der Gruppe mit Biofeedback-Training der Atmungsaktivität (RES) keine signifikante Veränderung vorlag (Nach Kotchoubey et al. 2001)

zung ihrer Anfallshäufigkeit aufwiesen (Abb. 4.5), wogegen bei der RES-Gruppe kein Behandlungserfolg zu verzeichnen war. Alle 3 Gruppen zeigten ähnliche Verringerungen depressiver Symptome und eine verbesserte Fähigkeit sich in belastenden Situationen zu entspannen. Ebenfalls gab es keine Gruppenunterschiede in der Zufriedenheit der Patienten mit ihrer Behandlung. Diese Befunde zeigen, dass die erzielten Erfolge in der Reduktion der Anfallshäufigkeit in den LP- und MED-Gruppen nicht durch Placeboeffekte zu erklären sind, sondern mit hoher Wahrscheinlichkeit auf hirneurophysiologische Veränderungen zurückgehen. Die verhaltensmedizinische Intervention der LP-Selbstkontrolle stellt somit bei Patienten mit schlechtem Ansprechen auf Antiepileptika eine wirksame Alternative zur medikamentösen Behandlung dar.

## UNTER DER LUPE

### EEG-Aktivität als Neuroprothese bei vollständiger Lähmung

Ein Schlaganfall im Hirnstamm oder neurodegenerative Erkrankungen wie die **amyotrophe Lateralsklerose (ALS)** können zum sog. „**Locked-in**“-**Syndrom** führen, d. h. zur vollständigen Lähmung bei intakten Sinnessystemen und Denkfähigkeiten. Eine der schwerwiegendsten Konsequenzen dieses Zustands ist für die Betroffenen die Unfähigkeit zur Kommunikation. Zur Lösung dieses Problems wurden in den letzten Jahren verschiedene Methoden zur Nutzung elektroenzephalographischer Signale als Kommunikationsmittel vorgeschlagen. Zwei dieser Gehirn-Computer-Schnittstellen sollen hier kurz vorgestellt werden. Eine davon beruht auf der Messung ereigniskorrelierter Potenziale, die andere erfordert ein Erlernen der Selbstkontrolle bestimmter Aspekte der Gehirnaktivität. Eine Übersicht über die Forschung auf diesem Gebiet findet sich bei Kübler et al. (2001a).

Der Ansatz von Donchin et al. (2000) beruht auf der Ermittlung der P300 auf individuell bedeutsame Reize. Zum Zweck der Kommunikation werden dem Patienten das Alphabet sowie Zahlen und

einige Satzzeichen in einer Matrix mit 6 Zeilen und 6 Spalten dargeboten. Der Proband muss sich dabei auf das Zeichen konzentrieren, das er auswählen möchte. Reihen und Spalten werden nun in zufälliger Reihenfolge hell hervorgehoben und das visuell evozierte Potenzial nach jeder Darbietung aufgezeichnet. Diejenige Zeile oder Spalte, die das betreffende Zeichen enthält, ist für den Patienten bedeutsamer und löst ein größeres P300-Potenzial aus als die anderen. Nach ausreichend häufiger Darbietung und Mittelung kann ein spezielles Computerprogramm das Zeichen identifizieren. Man verwendet hierbei einen auf die individuellen P300-Charakteristika jeder Person abgestimmten Algorithmus, der im günstigsten Fall die korrekte Auswahl von 7 Zeichen pro Minute erlaubt. Allerdings ist dieses System noch nicht dauerhaft bei Patienten eingesetzt worden, und es ist nicht definitiv auszuschließen, dass mit der Zeit **Habituationsprozesse** zu einer Beeinträchtigung der P300-Signale führen können.

Birbaumer et al. (1999) verwendeten die Selbstregulation der langsamen Hirnpotenziale (LP), die robust auch in fortgeschrittenen Krankheitsstadien ableitbar sind. Hierbei erlernen die Patienten

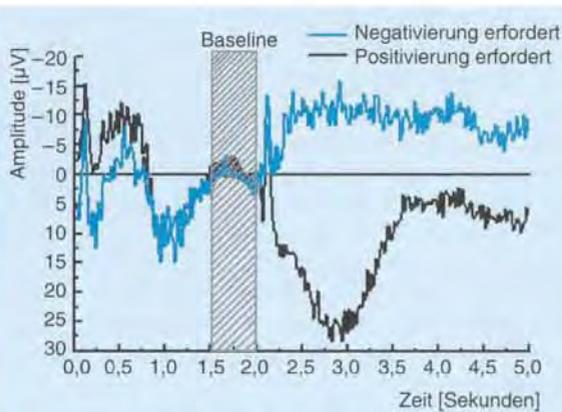


Abb. 4.6. Erfolgreiche Selbstkontrolle der langsamen Hirnpotenziale bei einem Patienten im Endstadium der amyotrophen Lateralsklerose (ALS). Die Graphik zeigt Mittelwerte über 200 Durchgänge (Ableitung von Cz gegen die gemittelten Mastoiden), bei denen jeweils zur Hälfte eine Negativierung (*blaue Kurve*) oder Positivierung (*schwarze Kurve*) verlangt war. In den ersten 2 s erfährt der Patient über ein visuelles Signal die Art der erforderlichen Verschiebung, der Mittelwert über die letzten 500 ms dieser „passiven Phase“ diente als Baseline für die darauf folgenden Veränderungen. Eine Aufspaltung der EEG-Signale von ca. 40  $\mu\text{V}$  wird hier bereits innerhalb der 1. Sekunde nach Beginn der „aktiven Phase“ erreicht. (Nach Kaiser et al. 2002)

### Magnetenzephalogramm

Jeder elektrische Strom ist von einem Magnetfeld umgeben. Zur Messung der Magnetfelder von Gehirnströmen dient die Magnetenzephalographie (MEG). Mittlerweile existieren Geräte mit bis zu 275 Kanälen, die Magnetfeldmessungen mit hoher räumlicher Auflösung über der gesamten Kopfoberfläche ermöglichen. Messeinheiten sind mit flüssigem Helium gekühlte, **supraleitende Induktionsspulen** („superconducting quantum interference device“; SQUID), die schwächste Magnetfelder erfassen können. Da die Sensoren keinen direkten Kontakt mit dem Kopf des Probanden haben (die Versuchsperson sitzt vielmehr unter einer großen Haube; Abb. 4.7), ist man besonders auf die Kooperation der Versuchspersonen während der Messung angewiesen (z. B. Vermeidung von Kopfbewegungen).

Im Gegensatz zu den elektrischen Potenzialen werden Magnetfelder weder durch Volumenlei-

eine einfache Ja-nein-Antwort, mit der sie sich durch einen Entscheidungsbaum bewegen, in dem zunächst die 1. Hälfte des Alphabets dargeboten wird. Befindet sich der auszuwählende Buchstabe in dieser Hälfte, muss der Patient die Ja-Antwort erzeugen (z. B. positive Verschiebung des LP; Abb. 4.6), woraufhin dann diese Buchstabengruppe wieder geteilt wird und im nächsten Durchgang die 1. Hälfte der 1. Hälfte dargeboten wird. Antwortet er stattdessen mit „nein“ (negatives LP), wird die 2. Buchstabenhälfte dargeboten. Das geht so weiter, bis ein einzelner Buchstabe ausgewählt werden kann. Es handelt sich hierbei um eine relativ langsame Methode, da selbst bei fehlerfreier Beherrschung in 10 min nur etwa 15 Zeichen „geschrieben“ werden können. Trotzdem wird dieses System von schwerstgelähmten Patienten teilweise bereits über mehrere Jahre hinweg zum Schreiben von Briefen verwendet. Eine weitere technologische Entwicklung dieser Kommunikationssysteme könnte z. B. durch stärker an den Einzelnen angepasste Auswerteverfahren oder im Gehirn implantierte Elektroden eine effizientere und einfachere Kommunikation ermöglichen. Dies sollte zu einer entscheidenden Verbesserung der Lebensqualität von Locked-in-Patienten führen.

tungseffekte verzerrt noch durch Schädel oder Kopfhaut gedämpft; die **Quellen evozierter Magnetfelder** können daher wesentlich genauer bestimmt werden als Potenzialquellen im Elektroenzephalogramm. Das gilt wegen ihres höheren Signal-Rausch-Verhältnisses vor allem für frühe evozierte Komponenten, die im Bereich der primären sensorischen Areale entstehen. Zu diesem Zweck kombiniert man die Magnetresonanztomographie (s. Abschn. „Magnetresonanztomographie“), die ein dreidimensionales Bild der individuellen Gehirnanatomie liefert, mit dem Magnetenzephalogramm. Die Koordinaten der durch Quellenlokalisationsalgorithmen aus dem Magnetenzephalogramm erschlossenen Stromquelle können dann auf das anatomisch genaue Bild projiziert werden (Abb. 4.8).

Auf diese Weise können die Repräsentationsareale verschiedener Körperteile im primären sensorischen Kortex bestimmt werden. Die Lokalisation dieser Areale dient u. a. der Untersuchung von plas-



Abb. 4.7. Magnetenzephalographische Messung mit einem Ganzkopfsystem

tischen Veränderungen im Gehirn, wie sie sowohl nach Lernvorgängen als auch nach Schädigungen auftreten können. Bei **Phantomschmerzpatienten** nach Amputation konnten beispielsweise Flor et al. (1995) zeigen, dass das benachbarte Repräsentationsareal der Lippen sich in Richtung des Areals der (nicht mehr vorhandenen) Hand ausgedehnt hatte. Das Ausmaß dieser Reorganisation war dabei hoch positiv mit der von den Patienten berichteten Schmerzintensität korreliert. In der **neurochirurgischen Diagnostik** kann die Magnetenzephalographie genutzt werden, um die Lokalisation wichtiger Funktionen bei dem betreffenden Patienten zu ermitteln; die Neurochirurgen können dann eine möglichst schonende Vorgehensweise für ihren Eingriff wählen.

! Im Magnetenzephalogramm kann die primäre kortikale Reizrepräsentation mit hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung erfasst werden.

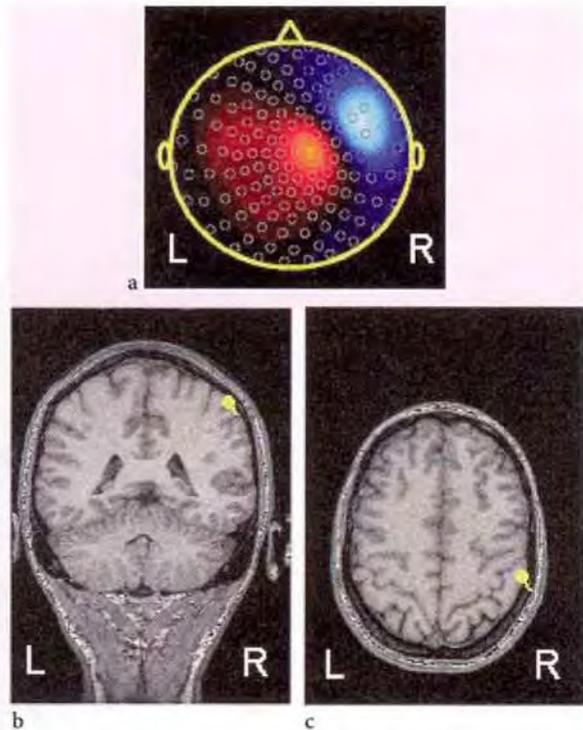


Abb. 4.8a–c. Dipollokalisierung durch Kombination von Magnetenzephalographie und Magnetresonanztomographie. a Magnetfeldverteilung des evozierten Potenzials nach taktilem Stimulus eines Fingers der linken Hand: Die kleinen Kreise zeigen die Position der 151 Sensoren an. Durch mathematische Algorithmen kann die Position der Dipolquelle mit hoher Genauigkeit bestimmt werden. b, c Die Projektion dieser Quelle auf ein Bild der Gehirnanatomie des Probanden zeigt deren Lokalisation im rechten primären sensorischen Kortex. (Mit freundlicher Genehmigung von Christoph Braun, MEG-Zentrum, Universität Tübingen)

Die Untersuchung oszillatorischer Aktivität im Magnetenzephalogramm befindet sich noch in den Anfängen, aber auch hier gibt es bereits Hinweise auf eine bessere Lokalisierbarkeit als im Elektroenzephalogramm, z. B. bei der  $\gamma$ -Aktivität. Veränderungen komplexer Geräusche wie Silben oder Tierstimmen rufen sowohl Mismatch-Felder im Bereich des auditorischen Kortex als auch erhöhte  $\gamma$ -Aktivität im vorderen Temporal- und inferioren Frontalkortex hervor. Bei emotional bedeutsamen Reizen erreicht die  $\gamma$ -Aktivität früher ihr Maximum als bei weniger emotionalen Geräuschen, was auf eine bevorzugte Verarbeitung solcher Materialien hindeutet (Kaiser et al. 2002).

### 4.3.2 Bildgebende Verfahren

Gehirnaktivität ist mit einer Erhöhung des Bedarfs an Sauerstoff und **Glukose** im Hirnrindengewebe verbunden. Ein Anstieg des Stoffwechsels und die vermehrte Entstehung von Metaboliten wie Stickoxid führen zu einer Erweiterung der lokalen Arterien, was eine Erhöhung der **lokalen Durchblutung** herbeiführt. Durchblutungsveränderungen und ihre Begleiterscheinungen, die ein Korrelat neuronaler Aktivität darstellen, bilden die Grundlage der bildgebenden Verfahren, die auf verschiedene Weise Veränderungen der lokalen Blutversorgung erfassen. Diese Methoden erlauben eine Untersuchung des gesamten Gehirns mit einer hohen räumlichen Auflösung, was sie vor allem für die Analyse räumlich eng umschriebener sowie tiefer im Kopf gelegener kortikaler und subkortikaler Strukturen unentbehrlich macht. **Hämodynamische Veränderungen** laufen allerdings relativ langsam ab (im Rahmen mehrerer Sekunden). Deshalb können bildgebende Verfahren kaum die kurzfristigen Reaktionen wiedergeben, die man beispielsweise im Elektro- und Magnetenzephalogramm als evozierte Potenziale erfasst. Aktivierungen zeigen eher die Beteiligung bestimmter Gehirnstrukturen an komplexeren, längerfristigen Verarbeitungsprozessen an.

Grundsätzlich besteht wie bei der Elektro- und Magnetenzephalographie auch bei den bildgebenden Verfahren das Problem des geringen **Signal-Rausch-Verhältnisses**. Daher müssen Messungen bei einer Versuchsperson mehrfach durchgeführt und die Daten über mehrere Personen gemittelt werden. Die große Zahl der Daten (man stelle sich vor, man erhält Informationen über die Durchblutung für jedes „Voxel“, jeden Würfel von wenigen Millimetern Kantenlänge im gesamten Gehirn) erfordert spezielle statistische Auswertungsverfahren, bei denen die Wahl der Signifikanzschwelle einen erheblichen Einfluss auf das Ergebnis hat. Da bei komplexen Prozessen eine Vielzahl kortikaler Areale beteiligt ist, wird durch Subtraktion der Aktivierungsmuster bei Vergleichsaufgaben versucht, einzelne Prozesskomponenten zu identifizieren. Die Gültigkeit der so gewonnenen Aussagen hängt dabei entscheidend von der Wahl geeigneter Vergleichsbedingungen ab.

### Positronenemissionstomographie

Bei der Positronenemissionstomographie (PET) wird dem Probanden eine leicht radioaktive Substanz in die Blutbahn gespritzt, die sich durchblutungsabhängig auch im Gehirn verteilt. Hierbei kann es sich um radioaktiv markierte 2-Desoxyglukose handeln, die ähnlich der Glukose von den aktiven Neuronen aufgenommen und nach einer gewissen Ansammlung abgebaut wird. Oft werden auch Radioisotope von Sauerstoff, Wasser oder anderen Substanzen verwendet. Beim Zerfall der **instabilen Isotope** werden nach dem Aufeinandertreffen von Positronen und Elektronen jeweils 2 **Photone** frei, die den Kopf in entgegengesetzter Richtung verlassen und in einem Ring von Strahlungsdetektoren registriert werden (Abb. 4.9). Durch die Bestimmung des gleichzeitigen Auftreffens von Photonen kann deren **Emissionsort** im Gehirn ermittelt werden. Areale mit erhöhter Aktivität werden durch Summierung der Photonregistrierungen über die Zeit erkennbar. Die örtliche Genauigkeit liegt dabei unter 10 mm. Ein Vorteil der PET ist die Möglichkeit, radioaktiv markierte **Transmitterstoffe** zu injizieren und damit

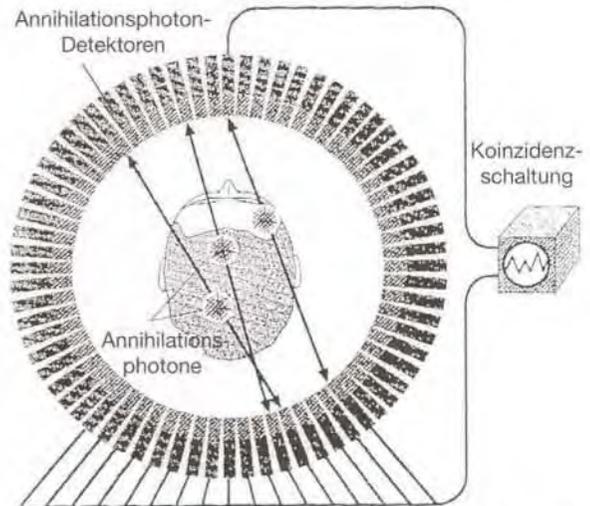


Abb. 4.9. Positronenemissionstomographie (PET). Beim Zerfall von in die Blutbahn injizierten radioaktiven Substanzen entstehen Annihilationsphotone, deren gleichzeitiges Auftreffen von ringförmig um den Kopf des Probanden angeordneten Detektoren erfasst wird. Die so gewonnenen Daten erlauben Rückschlüsse über die Lokalisation von Veränderungen der Blutversorgung des Gehirns. (Aus Birbaumer u. Schmidt 1999)

deren Beteiligung an bestimmten kognitiven Prozessen sowie ihre räumliche Verteilung zu untersuchen. Neben den hohen Kosten (da die verwendeten Isotope eine sehr kurze Verfallsdauer haben, muss sich ein Zyklotron zu ihrer Herstellung in unmittelbarer Nähe befinden) liegt ein weiterer Nachteil der PET darin, dass sie eine **invasive** und für den Probanden unangenehme Methode ist; hinzu kommen gesundheitliche Risiken aufgrund der **Strahlenbelastung**.

### Magnetresonanztomographie

Die Magnetresonanztomographie (MRT) beruht auf dem Prinzip des Drehimpulses geladener Teilchen und wird deshalb auch **Kernspintomographie** genannt. Legt man ein starkes Magnetfeld an das Gehirn an, kommt es zu einer einheitlichen Ausrichtung u. a. der Wasserstoffatome, die besonders in gut durchblutetem Gewebe enthalten sind. Diese Ausrichtung wird durch einen kurzen **Hochfrequenzimpuls** gestört (gepulste Kernresonanz). An-

schließend kommt es zu einer Rückkehr der Kerne in die Ausgangslage, wobei sie eine schwache hochfrequente Strahlung abgeben. Diese Radiowellen können nun von einem sensiblen Empfangsgerät aufgezeichnet und der Ort ihrer Entstehung ermittelt werden. Da die Konzentrationen der Wasserstoffatome und ihr Verhalten im Magnetfeld sich in verschiedenen Gewebearten stark unterscheidet, können so hochauflösende dreidimensionale Bilder der **individuellen Gehirnanatomie** erstellt werden. Auf diese Weise werden Schädigungen des Gehirns nach Schlaganfall oder Tumoren genau lokalisierbar, was die Zuordnung neuropsychologischer Abweichungen zu Ausfällen bestimmter kortikaler Regionen am lebenden Menschen ermöglicht.

Die funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT) beruht auf der Tatsache, dass es bei einem Anstieg des Blutflusses zu einer lokalen Sauerstoffanreicherung kommt. Dieser **BOLD-Effekt** kann bei Anlegen starker Magnetfelder zur Bestimmung lokaler Aktivierungsanstiege genutzt werden (Abb. 4.10). Die räumliche Auflösung ist dabei bes-

**Abb. 4.10.** Funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT) während der Ausführung einfacher Bewegungen (*rechter Fuß, rechter Ellbogen, rechter Daumen, rechter Zeigefinger, linke Faust, Lippen*) in Gruppen von jeweils 5–10 gesunden Probanden. Die Abbildungen zeigen signifikante Veränderungen der Blutsauerstoffsättigung über den jeweiligen kontralateralen sensorimotorischen Repräsentationsarealen (bilateral im Fall der Lippenbewegung). (Mit freundlicher Genehmigung von Martin Lotze, Institut für Medizinische Psychologie und Verhaltensneurobiologie, Universität Tübingen)

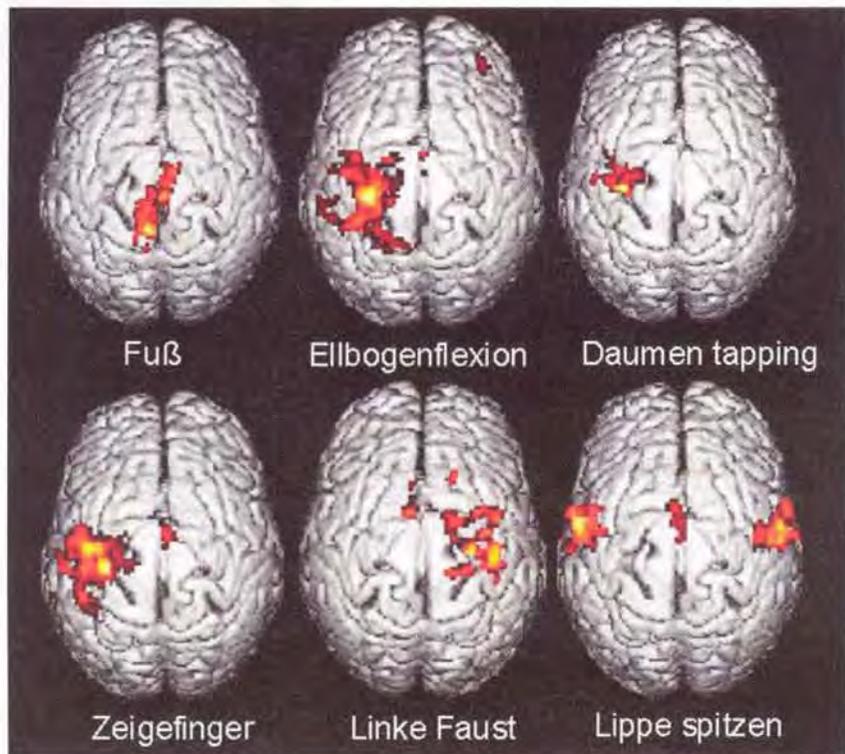


Tabelle 4.7. Methoden zur Erfassung der Gehirnaktivität im Vergleich

	EEG	MEG	PET	fMRI
Aufwand/Kosten	Niedrig	Hoch ( $\approx$ fMRI)	Hoch ( $>$ fMRI)	Hoch
Zeitauflösung	Hoch	Hoch	Niedrig	Niedrig, aber $>$ PET
Räumliche Auflösung	Niedrig	Hoch für frühe Komponenten, niedrig für komplexere Aktivität	Hoch, aber $<$ fMRI	Hoch
Invasivität	Niedrig	Niedrig	Hoch (radioaktive Substanzen)	Niedrig
Weitere Besonderheiten	Signale beeinflusst von Volumenleitung und Referenz	Nur tangentielle Quellen		Niedriges Signal-Rausch-Verhältnis (statistische Verfahren nötig)

ser als bei PET, außerdem sind fMRT-Messungen nicht invasiv und wesentlich weniger unangenehm für die Probanden. Die lokalen Blutflussänderungen können mit modernen fMRT-Verfahren mit hoher zeitlicher Auflösung erfasst werden; hämodynamische Effekte sind aber grundsätzlich wegen der Geschwindigkeit der zugrunde liegenden physiologischen Vorgänge erst etwa 1 s nach der neuronalen Aktivität vorhanden. Zur Erhöhung der zeitlichen Genauigkeit werden neuerdings ereigniskorrelierte Messmethoden angewandt, die Modelle des zeitlichen Verlaufs der Blutflussveränderungen in die Datenauswertung einbeziehen.

! Bildgebende Verfahren ermöglichen eine genaue räumliche Lokalisation von Gehirnfunktionen.

Mit fMRT wurden im Laufe weniger Jahre eine große Zahl von Forschungsergebnissen zur Beteiligung kortikaler Regionen an den verschiedensten kognitiven Verarbeitungsprozessen gewonnen. Um ein vollständiges Bild über Ort und zeitliche Abfolge der Funktionen des Gehirns zu erhalten, ist aber eine **Kombination** von räumlich hochauflösenden bildgebenden Verfahren wie fMRT und zeitlich hochauflösenden Methoden wie Elektro- und Magnetenzephalographie unerlässlich. Zur Übersicht über ihre Stärken und Schwächen sind in Tabelle 4.7 die 4 wichtigsten Maße zur Erfassung der zentralnervösen Aktivität gegenübergestellt.

## Zusammenfassung, Wiederholungsfragen und Literatur

### Zusammenfassung

#### Relevanz psychologischer Diagnostik

Die in der Verhaltensmedizin eingesetzten psychologischen Diagnoseverfahren sind im Wesentlichen an die verhaltenstherapeutische Diagnostik angelehnt. Entsprechend steht die Problemanalyse im Mittelpunkt. Die Problemanalyse beschreibt und strukturiert die Probleme einer Person mit dem Ziel, eine diagnostische Klassifikation vorzunehmen sowie im Rahmen der Bedingungsanalyse zugrunde liegende Entstehungsbedingungen und aufrechterhaltende Bedingungen identifizieren zu können. Der Einsatz strukturierter klinischer Interviews verbessert dabei die Zuverlässigkeit der Diagnostik und die Erstellung eines störungsspezifischen Therapieplans. Fragebögen, Ratingskalen und Tagebuchverfahren liefern sowohl im Rahmen der Problemanalyse als auch in der Prozessdiagnostik (Therapieverlaufs- und Therapieerfolgskontrolle) wichtige Zusatzinformationen.

#### Diagnostische Bedeutung peripherphysiologischer Messmethoden

Der Schwerpunkt der Verhaltensmedizin liegt auf der Identifikation der Zusammenhänge zwischen Verhalten und somatischen Erkrankungen beziehungsweise physiologischen Funktionsstörun-

gen. Der Einsatz peripherphysiologischer Messmethoden ermöglicht eine Beurteilung der Aktivität des somatischen Nervensystems (z. B. EMG), des vegetativen Nervensystems (z. B. EKG) und des neuroendokrinen Systems (z. B. Kortisolmessung). Elektrodermale und kardiovaskuläre Aktivität spiegeln die physiologische Erregung wider und eignen sich daher zur Analyse der Intensität emotionaler Aktivierung. Die Messung der elektrischen Muskelaktivität zeigt Verspannungen an, welche Ursache von Kopf-, Nacken- oder Rückenschmerzen sein können. Psychoneuroendokrinologische Testverfahren der pharmakologischen und psychosozialen Provokation stellen innovative Paradigmen zur Untersuchung der Stressreaktivität dar.

### Diagnostische Bedeutung zentralnervöser Messmethoden

EEG und MEG verfügen über eine Zeitauflösung, die der hohen Geschwindigkeit der meisten Verarbeitungsprozesse im Gehirn entspricht. Während die dominanten Frequenzen in der spontanen Aktivität vor allem den Aktivierungszustand anzeigen, können ereigniskorrelierte Potenziale zur Analyse kognitiver Funktionen wie Wahrneh-

mung, Aufmerksamkeit und Gedächtnis herangezogen werden. MEG eignet sich zusätzlich zur genauen Lokalisation der kortikalen Repräsentationsorte sensorischer Reize. PET und MRT erlauben die Untersuchung des gesamten Gehirns einschließlich subkortikaler Strukturen mit einer hohen räumlichen Auflösung. Anhand von Änderungen in der Blutversorgung kann die Beteiligung einzelner Hirnstrukturen an längerfristigen Verarbeitungsprozessen betrachtet werden.

### Biofeedback als therapeutische Methode

Biofeedback ermöglicht es, Kontrolle über eigentlich nicht wahrnehmbare Körperfunktionen zu gewinnen. Die zu beeinflussende Funktion wird über Messfühler aufgezeichnet und dem Probanden in Form eines visuellen oder akustischen Signals zurückgemeldet. Signalveränderungen in der erwünschten Richtung werden operant verstärkt, was dem Probanden ermöglicht, über „Versuch und Irrtum“ eine wirksame Strategie zur Veränderung seiner eigenen Körperfunktionen zu finden. Biofeedback wird zur Unterstützung von Entspannungstrainings, zur Schmerzreduktion oder zur Prophylaxe von epileptischen Krampfanfällen eingesetzt.

## Wiederholungsfragen

1. Wozu dient die Problemanalyse in der Verhaltensmedizin?

Die Problemanalyse gibt diagnostische Metaregeln vor, um ein verhaltensmedizinisches Problem

1. auf verhaltensbezogener, kognitiver, emotionaler und physiologischer Ebene mit für die jeweilige Ebene spezifischen Methoden zu beschreiben (Problemstrukturierung),
2. gemäß eines aktuellen, international gültigen Systems zu klassifizieren (ICD-10, DSM-IV) (Störungsklassifikation) und
3. im Hinblick auf die Entstehungsbedingungen sowie die aufrechterhaltenden Bedingungen zu analysieren (Bedingungsanalyse).

2. Welchen Stellenwert haben strukturierte Interviews in der verhaltensmedizinischen Praxis?

Angesichts zunehmender Verbesserungen in der Operationalisierung von Diagnosekriterien sowie einer zunehmenden Zahl störungsspezifischer Therapieansätze ermöglichen strukturierte Interviews dem Therapeuten eine systematische Überprüfung des gesamten Diagnosespektrums mit einem dennoch hohen Maß an Flexibilität. Im Gegensatz zu für Forschungszwecke entwickelten hochstandardisierten Interviews ohne Flexibilität für den Therapeuten, beeinträchtigen strukturierte Interviewleitfäden in keinsten Weise den Aufbau der Therapiebeziehung.

3. Warum werden Tagebuchverfahren in der verhaltensmedizinischen Behandlung eingesetzt?

Das Führen standardisierter Tagebücher ermöglicht die situationspezifische Selbstbeobachtung des Patienten im Alltag. Im Verlauf und am Ende der Behandlung erlauben Vergleiche mit Aufzeichnungen vom Beginn der Behandlung eine anschauliche Erfolgskontrolle. Das zunehmende Erleben von Kontrolle über die Symptomatik trägt zur Förderung der Therapiemotivation bei.

4. Wie funktioniert Biofeedback?

Biofeedback bedeutet, dass Vorgänge im Körper für die Person wahrnehmbar gemacht werden, zu denen man eigentlich keinen Zugang hat. Physiologische Parameter (z. B. Muskelspannung, Hauttemperatur, elektrische Hirnpotenziale) werden gemessen und durch einen Computer als visuelles oder auditorisches Signal zurückgemeldet. Signalveränderungen (z. B. Reduktionen der Muskelspannung bei Spannungskopfschmerz) werden wie in einem Computerspiel durch Punkte oder Symbole belohnt. Patienten lernen so durch „Versuch und Irrtum“ Strategien, mit denen sie das Signal, und damit den zugrunde liegenden physiologischen Prozess, selbst steuern können.

5. Welchen Stellenwert hat ein psychosozialer Stresstest für die Verhaltensmedizin?

Standardisierte Stressinduktionsverfahren erlauben eine valide Beurteilung der psychoneuroendokrinen Stressreaktivität durch eine hohe Kontrolle unter Laborbedingungen bei gleichzeitig realistischen psychosozialen Belastungsbedingungen. Sowohl in der Forschung als auch in der klinischen Diagnostik liefern solche Verfahren Informationen, welche weder über gängige Selbstberichts- noch über Fremdbeobachtungsmethoden verfügbar sind.

6. Welchen diagnostischen Wert hat die Frequenzzusammensetzung des Spontan-EEG?

Die dominanten Frequenzen lassen Aussagen über den Aktivierungszustand zu. Im entspannten Wachzustand beispielsweise herrscht  $\alpha$ -Aktivität mit einem Maximum über okzipitoparietalen Regionen vor, die bei Beginn einer mentalen oder körperlichen Tätigkeit von  $\beta$ -Aktivität abgelöst wird. Die Abfolge und Dauer der verschiedenen Schlafphasen wird von den EEG-Frequenzmustern ebenso widerspiegelt wie die Wirkung von Pharmaka oder Anästhetika. Weiterhin kann im Spontan-EEG Krampfaktivität erkannt werden.

7. Welchen diagnostischen Wert haben ereigniskorrelierte Potenziale?

Ereigniskorrelierte Potenziale ermöglichen Aussagen über die Fähigkeit zu Reizunterscheidung, Aufmerksamkeits- und Gedächtnisprozesse. Amplitude und Topographie der N100 hängen mit dem Grad der Aufmerksamkeit und der beachteten Reizmodalität zusammen. Die MMN wird präattentiv von Veränderungen in einfachen akustischen Reizabfolgen ausgelöst. Die Amplitude der P300 steigt mit dem Informationsgehalt und der subjektiven Bedeutung unerwarteter Ereignisse und spiegelt Aufmerksamkeits- und Gedächtnisfunktionen wider. Während der Handlungsvorbereitung kann man eine CNV über den aufgabenrelevanten kortikalen Arealen beobachten.

## Weiterführende Literatur

- Birbaumer N, Schmidt RF (1999) *Biologische Psychologie*, 4. Aufl. Springer, Berlin Heidelberg New York
- Kirschbaum C, Hellhammer DH (Hrsg) (1999) *Psychoendokrinologie und Psychoimmunologie*. Hogrefe, Göttingen
- Margraf J (Hrsg) (2000) *Lehrbuch der Verhaltenstherapie*, Bd 1 und 2, 2. Aufl. Springer, Berlin Heidelberg New York
- Schandry R (1998) *Lehrbuch Psychophysiologie. Körperliche Indikatoren psychischen Geschehens*. Studienausgabe. Psychologie Verlags Union, Weinheim

## Zitierte Literatur

- American Psychiatric Association (1980) *Diagnostic and statistical manual of mental disorders*, 3rd edn. American Psychiatric Association, Washington, DC
- Baldeweg T, Richardson A, Watkins S, Foale C, Gruzelić J (1999) Impaired auditory frequency discrimination in dyslexia detected with mismatch evoked potentials. *Ann Neurol* 45:495–503
- Bartling G, Echelmeyer L, Engberding M (1998) *Problem-analyse im therapeutischen Prozess*. Kohlhammer, Stuttgart
- Birbaumer N, Ghanayim N, Hinterberger T et al. (1999) A spelling device for the paralyzed. *Nature* 398:297–298
- Brähler E, Schumacher J, Strauß B (2002) *Diagnostische Verfahren in der Psychotherapie*. Hogrefe, Göttingen
- Caspar F (1996) *Psychotherapeutische Problemanalyse*. Deutsche Gesellschaft für Verhaltenstherapie, Tübingen
- Dilling H, Mombour W, Schmidt MH, Schulte-Markwort E (2000) *Internationale Klassifikation psychischer Störungen (ICD-10)*. Huber, Bern
- Donchin E, Spencer KM, Wijesinghe R (2000) The mental prosthesis: Assessing the speed of a P300-based brain-computer interface. *IEEE Trans Rehab Engl* 8:174–179
- Ehlert U, Gaab J, Heinrichs M (2001) Psychoneuroendocrinological contributions to the etiology of depression, post-traumatic stress disorder, and stress-related bodily disorders: the role of the hypothalamus-pituitary-adrenal axis. *Biol Psychol* 57:141–152
- Fahrenberg J (1994) *Die Freiburger Beschwerdenliste (FBL-R)*. Hogrefe, Göttingen
- Flor H, Elbert T, Knecht S et al. (1995) Phantom-limb pain as a perceptual correlate of cortical reorganization following arm amputation. *Nature* 375:482–484
- Franke GH (2002) *Die Symptom-Checkliste von Derogatis (SCL-90-R) – Deutsche Version*, 2. Aufl. Beltz, Göttingen
- Geissner E (1996) *Die Schmerzempfindungs-Skala (SES)*. Hogrefe, Göttingen
- Hautzinger M, Bailer M, Worall H, Keller F (2000) *Beck-Depressions-Inventar (BDI)*, 3. Aufl. Huber, Bern
- Heim C, Ehlert U (1999) *Pharmakologische Provokationstests zur Einschätzung der neuroendokrinen Funktion*. In: Kirschbaum C, Hellhammer DH (Hrsg) *Psychoendokrinologie und Psychoimmunologie*. Hogrefe, Göttingen, S 307–359
- Heinrichs M (2000) *Oxytocin and behavior: psychobiological effects of oxytocin on human cognitive performance and stress reactivity*. Cuvillier, Göttingen
- Heinrichs M, Meinlschmidt G, Neumann I, Wagner S, Kirschbaum C, Ehlert U, Hellhammer DH (2001) Effects of suckling on hypothalamic-pituitary-adrenal axis responses to psychosocial stress in postpartum lactating women. *J Clin Endocrinol Metab* 86:4798–4804
- Heinrichs M, Baumgartner T, Kirschbaum C, Ehlert U, Hellhammer DH (2002a) *Neurobiologie und Psychosomatik: Mechanismen von Stressprotektion beim Menschen*. In: Matke D, Hertel G, Büsing S, Schreiber-Willnow K (Hrsg) *Störungsspezifische Konzepte und Behandlung in der Psychosomatik*. VAS, Frankfurt, S 328–336
- Heinrichs M, Neumann I, Ehlert U (2002b) *Lactation and stress: protective effects of breast-feeding in humans*. *Stress* 5:195–203
- Kaiser J, Kübler A, Hinterberger T, Neumann N, Birbaumer N (2002) *A non-invasive communication device for the paralyzed*. *Minim Invasive Neurosurg* 45:19–23
- Kaiser J, Lutzenberger W, Ackermann H, Birbaumer N (2002) *Dynamics of gamma-band activity induced by auditory pattern changes in humans*. *Cereb Cor* 12:212–221
- Kanfer FH, Phillips JS (1970) *Learning foundations of behavior therapy*. Wiley, New York
- Kanfer FH, Saslow G (1965) *Behavioral analysis: An alternative to diagnostic classification*. *Arch Gen Psychiatry* 12:529–538
- Kiresuk T, Sherman R (1968) *Goal attainment scaling: a general method for evaluating comprehensive community mental health programs*. *Community Ment Health J* 4: 443–453
- Kirschbaum C, Pirke KM, Hellhammer DH (1993) *The „Trier Social Stress Test“ – a tool for investigating psychobiological stress responses in a laboratory setting*. *Neuropsychobiology* 28:76–81
- Kotchoubey B, Strehl U, Uhlmann C et al. (2001) *Modification of slow cortical potentials in patients with refractory epilepsy: a controlled outcome study*. *Epilepsia* 42:406–416
- Kübler A, Kotchoubey B, Kaiser J, Wolpaw J, Birbaumer N (2001a) *Brain-computer communication: Unlocking the locked-in*. *Psychol Bull* 127:358–375
- Kübler A, Neumann N, Kaiser J, Kotchoubey B, Hinterberger T, Birbaumer N (2001b) *Brain-computer communication: Self-regulation of slow cortical potentials for verbal communication*. *Arch Phys Med Rehabil* 82:1533–1539
- Lienert GA, Raatz U (1994) *Testaufbau und Testanalyse*, 5. Aufl. Psychologie Verlags Union, Weinheim
- Margraf J, Schneider S (2000) *Diagnostik psychischer Störungen mit strukturierten Interviews*. In: Margraf J (Hrsg) (2000) *Lehrbuch der Verhaltenstherapie*, Bd 1 und 2, 2. Aufl. Springer, Berlin Heidelberg New York, S 267–290
- Margraf J, Schneider S, Ehlers A (1994) *Diagnostisches Interview bei psychischen Störungen (DIPS)*. Springer, Berlin Heidelberg New York
- Näätänen R (1992) *Attention and brain function*. Lawrence Erlbaum, Hillsdale/NJ
- Ott R, Hinkel M, Scholz OB (2000) *Das Elektronische Bonner Schmerztagebuch (EBST): Vorstellung einer PC-Desktop-*

- Version für den stationären Bereich. Verhaltenstherapie 10:160–165
- Pudel V, Westenhöfer J (1989) Fragebogen zum Essverhalten (FEV). Hogrefe, Göttingen
- Rief W, Hiller W, Geissner E, Fichter MM (1994) Hypochondrie. Erfassung und erste klinische Ergebnisse. Z Klin Psychol 23:34–42
- Rief W, Hiller W, Heuser J (1997) Screening für somatoforme Störungen (SOMS). Huber, Bern
- Sass H, Wittchen H-U, Zaudig M (2001) Diagnostisches und Statistisches Manual Psychischer Störungen DSM-IV. Huber, Bern
- Schneider S, Margraf J (2000) Fragebogen, Ratingskalen und Tagebücher für die verhaltenstherapeutische Praxis. In: Margraf J (Hrsg) Lehrbuch der Verhaltenstherapie, Bd 1 und 2, 2. Aufl. Springer, Berlin Heidelberg New York, S 301–312
- Tuschen B (2000) Problemanalyse. In: Margraf J (Hrsg) Lehrbuch der Verhaltenstherapie, Bd 1 und 2, 2. Aufl. Springer, Berlin Heidelberg New York, S 291–299
- Wittchen HU, Garczynski E, Pfister H (1997a) Composite International Diagnostic Interview (CIDI). Hogrefe, Göttingen
- Wittchen HU, Zaudig M, Fydrich T (1997b) Strukturiertes Klinisches Interview für DSM-IV (SKID). Hogrefe, Göttingen
- Zaudig M, Hiller W, Mombour W (1997) Internationale Diagnosen Checkliste (IDCL) für DSM-IV. Hogrefe, Göttingen
- Zerssen D von (1976) Die Beschwerden-Liste. Beltz, Weinheim