

Das Autonome Nervensystem

Zum besseren Verständnis seien hier zunächst wichtige **Grundbegriffe** erläutert:

Nervensystem: (engl.) nervous system; (anat.) Systema nervosum; Gesamtheit des Nervengewebes als morphologische und funktionelle Einheit mit der Befähigung zur Reizaufnahme in den Endapparaten (Rezeptoren), der spezifischen Erregungsbildung in den Rezeptoren, der Weiterleitung der Erregung, deren Verarbeitung im Zentralnervensystem und der Reizbeantwortung zu den peripheren Empfängern (Effektoren);

Einteilung: **1. topographisch:** Zentralnervensystem (Gehirn und Rückenmark), peripheres Nervensystem (Hirnnerven, Rückenmarksnerven und periphere Ganglien); **2. funktionell:** animales Nervensystem, vegetatives (autonomes) Nervensystem.

Animales Nervensystem: (engl.) voluntary nervous system, somatic nervous system; Bezeichnung für den Anteil des Nervensystems, der die willkürlichen Funktionen des Organismus regelt (Zentralnervensystem und peripheres Nervensystem); dient im Unterschied zum vegetativen Nervensystem vor allem der Wahrnehmung und Integration von Reizen und zur Steuerung der Motorik.

Vegetatives Nervensystem: (engl.) autonomous nervous system; syn. autonomes Nervensystem; Gesamtheit der dem Einfluß des Willens und dem Bewußtsein primär nicht untergeordneten Nerven und Ganglienzellen, die der Regelung der Vitalfunktionen (Atmung, Verdauung, Stoffwechsel, Sekretion, Wasserhaushalt u. a.) dienen und das Zusammenwirken der einzelnen Teile des Körpers gewährleisten; bildet mit dem System der endokrinen Drüsen und den Körperflüssigkeiten eine funktionelle Einheit; darüber hinaus bestehen enge Wechselbeziehungen zwischen dem vegetativen und zerebrospinalen Nervensystem, aber auch zwischen vegetativen und seelischen Vorgängen. Die übergeordneten vegetativen Zentren liegen im Rautenhirn, Zwischenhirn und zum Teil auch in der Großhirnrinde. Drei Systeme: 1. Sympathikus;

2. Parasympathikus; 3. intramurales System: vegetative Nervenfasern und Ganglien in der Wand von Hohlorganen (Herz, Magen, Darm, Blase, Uterus), die in ihrer Funktion eine gewisse Selbstständigkeit aufweisen. Während der Sympathikus in seiner Funktion vorwiegend in Richtung auf Energieentladung und abbauende Stoffwechselprozesse wirksam wird (ergotrope Wirkung), hat die parasympathische Innervation Beziehungen zur Energiespeicherung, Erholung und Aufbau (trophotrope Wirkung). Daraus ergibt sich in mancher Hinsicht ein antagonistisches Verhalten dieser beiden Systeme. Durch die stets gleichzeitige Wirksamkeit beider Systeme entsteht unter normalen Verhältnissen keine dauernde einseitige Funktionsänderung, sondern im Gegenteil eine synergistische Wirkung.

Enterisches Nervensystem: (engl.) enteric nervous system; Darmwandnervensystem; Teil des vegetativen Nervensystems, der die Leistungen des Magen-Darm-Trakts (Sekretion, Motorik, Durchblutung) steuert und strukturelle und funktionelle Analogien zum Zentralnervensystem aufweist; Anat.: Satellitenstrukturen (enterische Glia) und Ganglienzellen mit deren Fortsätzen, die Nervengeflechte (Plexus) innerhalb des Eingeweideschlauches, der Gallenwege und des Pankreas bilden und in Beziehung zu autonomen Ganglien und dem ZNS stehen. Man unterscheidet: 1. aganglionäre Plexus: Plexus muscularis superficialis, den Längsmuskelzellen zugehörig; Plexus muscularis profundus, gemeinsam mit den Ringmuskelzellen eine zirkuläre Bahn beschreibend; Plexus mucosus, Schleimhautnervengeflecht mit sub- und interglandulären Plexus sowie Zottenplexus; 2. ganglionäre Plexus: Plexus myentericus Auerbach (Auerbach-Plexus); Plexus submucosus, der sich in den (nur bei größeren Säugetieren und beim Menschen ausgeprägten) äußeren Plexus submucosus externus Schabadasch und den inneren, schleimhautnahen Plexus submucosus internus Meissner (Meissner-Plexus) gliedert. Das enterische Nervensystem umfaßt mehr als 100 Mill. Ganglienzellen (4-5-mal mehr als das Rückenmark). Neurotransmitter sind fast alle bekannten gastrointestinalen Hormone; z. B. finden sich zahlreiche Serotonin-positive Neurone im Auerbach-Plexus, VIP-positive Nervenzellen im Meissner-Plexus. Pathol.: Fehlen von Ganglienzellen in einzelnen Abschnitten des Darmwandplexus verursacht das sogenannte enge Segment bei Ösophagusachalasie und Megakolon; bestimmte

funktionelle gastrointestinale Störungen werden auf Störungen des enterischen Nervensystems zurückgeführt (z. B. Pseudoobstruktion, Reizkolon).

efferent: syn. efferens, herausführend, herausleitend; z. B. efferente Nerven, die Erregungen vom ZNS zur Peripherie (z. B. Muskeln) leiten, oder Gefäße (Vas efferens)

afferent: syn. afferens; z. B. afferente Bahnen: Nerven, die Erregungen von peripheren Rezeptoren zum ZNS leiten.

Antagonismus: (engl.) antagonism; entgegengesetzte Wirkung von zwei funktionellen Einheiten (Agonist/Antagonist), z. B. Muskeln (Extensor/Flexor) oder Nerven (Sympathikus/Parasympathikus); (pharmak.) Hemmung oder Aufhebung der Wirkung eines (physiologischen) Transmitters durch ein Pharmakon; Formen: 1. kompetitiver Antagonismus: durch Blockierung des Rezeptors wird je nach Rezeptortyp die Aktivität der Zelle gehemmt oder gesteigert, eine Konzentrationserhöhung des Agonisten bewirkt Verdrängung des kompetitiven Antagonisten vom Rezeptor; 2. nichtkompetitiver Antagonismus: durch Veränderung der molekularen Rezeptorstruktur wird eine Reaktion der Zelle verhindert, die Bindung des Agonisten an den Rezeptor wird nicht beeinflusst; 3. funktioneller Antagonismus: Aktivierung eines anderen Systems mit entgegengesetzter Wirkung, das an anderen Rezeptoren derselben Zelle oder vermittelt über andere Zellen hemmen kann.

Homöostase: (engl.) homeostasis; Aufrechterhalten eines relativ konstanten inneren Milieus oder Gleichgewichts; im Organismus mit Hilfe von Regelkreisen zwischen Hypothalamus Hormon- und Nervensystem; elementare Regelprozesse steuern z. B. Blutkreislauf, Körpertemperatur, Säure-Basen-, Wasser- und Elektrolythaushalt.

Einleitung

Das vegetative Nervensystem reguliert und koordiniert die Funktionen der inneren Organe, so daß ihre Aktivität den jeweiligen Bedürfnissen des Gesamtorganismus zweckmäßig angepaßt wird. So unterliegen Herz-, Kreislauf- und Atmungsfunktionen, Verdauung, Stoffwechsel und Ausscheidung, Wärme- und Energiehaushalt sowie Fortpflanzung der ständigen Kontrolle durch das vegetative Nervensystem.

Die Angriffsorte dieses Systems sind im wesentlichen die glatte Muskulatur der Eingeweide, der Gefäße und des Auges, das Herz und die Drüsen. Da die genannten Funktionen nicht oder nur in geringem Maße willkürlich beeinflusst werden können, bezeichnet man diesen Teil des Nervensystems auch als autonomes oder unwillkürliches Nervensystem. Aufgrund dieser Eigenschaft läßt es sich vom somatischen Nervensystem abgrenzen.

Das autonome Nervensystem kann in einen *peripheren* und *zentralen* Teil untergliedert werden.

Peripheres Vegetatives Nervensystem

Das periphere vegetative Nervensystem besteht aus drei Teilen:

- Sympathikus (sympathisches Nervensystem)
- Parasympathikus (parasympathisches oder vagales Nervensystem)
- Darmnervensystem

Das (efferente) sympathische und parasympathische Nervensystem umfaßt jeweils zwei Neurone. Das erste Neuron leitet Erregungen vom Zentralnervensystem (Rückenmark oder Hirnstamm) zu einem vegetativen Ganglion, in dem die Umschaltung auf das zweite, zum Erfolgsorgan (Effektor) ziehende Neuron erfolgt. Das erste Neuron ist das präganglionäre und das zweite Neuron das postganglionäre Neuron.

Unterschiede zwischen Sympathikus und Parasympathikus:

- *Ursprünge der präganglionären Neurone im Zentralnervensystem,*
- *Lage der vegetativen Ganglien,*
- *chemische Überträgerstoffe und*
- *Beeinflussung der Erfolgsorgane*

Erfolgsorgane des Sympathikus:

- die glatten Muskelfasern aller Organe (Gefäße, Eingeweide, Ausscheidungs- und Sexualorgane, Haare, Pupillen),
- die Herzmuskelfasern,
- und manche Drüsen (Schweiß-, Speichel-, und Verdauungsdrüsen).

Außerdem werden die Fettzellen, die Leberzellen, möglicherweise die Nierentubuli und lymphatisches Gewebe (z.B. Thymus, Milz, Lymphknoten) sympathisch innerviert.

Peripherer Sympathikus. Die Zellkörper der präganglionären sympathischen Fasern liegen in den Seitenhörnern des Hals-, Brust- und oberen Lendenmarks. Die Fasern verlassen das Rückenmark jeweils durch die vordere Wurzel und ziehen zu den vegetativen Ganglien, die entweder paarig angeordnet neben der Wirbelsäule oder unpaarig vor der Wirbelsäule bzw. vor der Aorta liegen.

Als Transmitter wird präganglionär Acetylcholin und postganglionär Noradrenalin verwendet.

Erfolgsorgane des Parasympathikus:

- die glatte Muskulatur und die Drüsen des Magen-Darm-Traktes, der Ausscheidungsorgane, der Sexualorgane und der Lunge,
 - die Vorhöfe des Herzens,
 - die Tränen- und Speicheldrüsen im Kopfbereich,
 - die inneren Augenmuskeln.

Dagegen innerviert er nicht (mit wenigen Ausnahmen) das gesamte Gefäßsystem (glatte Gefäßmuskulatur in den Arterien und Venen) und die Schweißdrüsen. Hier liegt der entscheidende Unterschied zum Sympathikus, der alle Gefäße innerviert.

Peripherer Parasympathikus. Die Zellkörper der präganglionären parasympathischen Fasern sind im Hirnstamm und im Kreuzmark lokalisiert. Die Neurone aus diesen relativ weit entfernten Ursprungsgebieten werden als *kranialer* und *sakraler* Anteil des parasympathischen Nervensystems bezeichnet. Die Fasern aus dem Hirnstamm verlaufen in den Hirnnerven zu den Kopforganen und im Nervus vagus zu den Brust- und Baueingeweiden. Die Fasern aus dem Sakralmark versorgen Darm, Harnblase und Genitalien.

Die Umschaltung der Nervenimpulse von den präganglionären auf die postganglionären Neurone erfolgt in Ganglien, die in Organnähe oder in den Wänden der Erfolgsorgane selbst lokalisiert sind. Im Gegensatz zum sympathischen System besitzt der Parasympathikus daher lange präganglionäre und kurze postganglionäre Fasern.

Als Transmitter wird prä- und postganglionär Acetylcholin verwendet.

Viszerale Afferenzen. *Rezeptoren*, die Reize aus dem Körperinneren in afferente Nervenimpulse umsetzen, finden sich in den Eingeweiden des Brust-, Bauch- und Beckenraumes sowie in den Gefäßwänden. Diese Rezeptoren messen beispielsweise den *Druck* im arteriellen Gefäßsystem sowie den *Füllungszustand* der Venen, des Darmes und der Blase. Sie registrieren aber auch *chemische* Reize, wie die Partialdrücke der Atemgase und den pH-Wert des Blutes oder den Säuregrad des Mageninhaltes. *Schmerzreize* aus dem *Eingeweidebereich* werden auch auf diese Weise vermittelt. Die von diesen Rezeptoren ausgehenden Nervenimpulse werden in afferente Nervenfasern zum Zentralnervensystem geleitet. Ihre Zuordnung zum sympathischen oder parasympathischen Nervensystem ist nach heutigem Kenntnisstand nicht möglich, weshalb sie einfach *viszerale Afferenzen* genannt werden.

Wirkungen von Sympathikus und Parasympathikus:

Die meisten vom autonomen Nervensystem innervierten Organe zeigen eine gewisse Spontanaktivität. Sie können daher ihre Aufgaben in beschränktem Umfang auch nach Durchschneiden der autonomen Innervation, also im denervierten Zustand ausüben, insbesondere diejenigen, die vom Darmnervensystem versorgt werden. Bei diesen Organen wirkt die autonome Innervation modulierend auf die Grundtätigkeit der Organe ein. Andere, z.B. die inneren Augenmuskeln, sind dagegen in ihrer Funktion völlig auf die autonome Innervation angewiesen.

Wirkantagonismus und funktioneller Synergismus von Sympathikus und Parasympathikus:

Alle Organe, die parasympathisch innerviert werden, haben auch eine sympathische Innervation. Umgekehrt gibt es aber einige Organe, die zwar eine sympathische Innervation besitzen, bei denen die parasympathische aber fehlt. (z.B. die oben schon erwähnten Blutgefäße oder das Arbeitsmyokard der Herzkammern oder die Schweißdrüsen).

Soweit die Organe sowohl sympathisch wie parasympathisch innerviert werden, zeigen Reizversuche im Tierexperiment (elektrische Reizung der prä- bzw. postganglionären Nervenfasern in den entsprechenden Nervensträngen), daß die Effekte der Erregung der beiden autonomen Teilsysteme weitgehend antagonistisch sind. So führt zum Beispiel die Reizung entsprechender sympathischer Nerven zur Zunahme der Schlagfrequenz des Herzens, zur Abnahme der Darmmotilität, zur Erschlaffung von Gallenblase und Bronchien und zur Kontraktion der Schließmuskeln des Gastrointestinaltraktes. Erregung der parasympathischen Innervation dieser Organe (z.B. durch elektrische Reizung des Vagusnerven) führt zu entgegengesetzten Effekten: Abnahme der Herzfrequenz, Zunahme der Darmmotilität, Kontraktion von Gallenblase und Bronchien und Erschlaffung der Schließmuskeln des Gastrointestinaltraktes. Unter physiologischen Bedingungen ist also die vegetative Regulation dieser Organe

näherungsweise immer als die Summe der antagonistischen Effekte von Sympathikus und Parasympathikus zu verstehen.

Im einzelnen wirkt das sympathische Nervensystem erregend auf die glatte Muskulatur der Gefäße, der Haare, der Schließer des Darmes, der Ausscheidungsorgane, der Pupillen und hemmend auf die glatte Muskulatur der Eingeweide, der Ausscheidungsorgane, der Luftröhre und auf die Verdauungsdrüsen. Die Effekte des Parasympathikus sind weitgehend *antagonistisch* zu denen des Sympathikus.

Die gegensätzliche oder antagonistische Wirkung der beiden Teilsysteme *Sympathikus* und *Parasympathikus* auf die einzelnen vegetativen Organe, ist *funktionell* mehr ein „Hand in Hand“ als ein gegeneinander Arbeiten. Dieser funktionelle Synergismus zeigt sich z. B. deutlich in der reflektorischen Beeinflussung des Herzens durch die arteriellen Pressosensoren: Eine Erregung der Pressosensoren bei Erhöhung des arteriellen Blutdrucks führt zur *Abnahme* von Schlagfrequenz und Kontraktionskraft des Herzens. Ersteres, also die Abnahme der Schlagfrequenz, wird durch die *Zunahme der Aktivität* in parasympathischen Fasern, letzteres, also die Abnahme der Kontraktionskraft, wird durch die gleichzeitige *Abnahme der Aktivität* in sympathischen Fasern zum Herzen bewirkt.

In vielen anderen Organen, die auch durch beide autonome Teilsysteme innerviert werden, steht *unter physiologischen Bedingungen* die *parasympathische Innervation im Vordergrund*. Hierzu zählen das Herz, die Harnblase und einige exokrine Drüsen (Verdauungsdrüsen, Tränendrüsen, Bronchialdrüsen). Zu den Organen, die fast ausschließlich *sympathisch innerviert* werden, gehören die Blutgefäße (mit Ausnahme von Gefäßen im Bereich der äußeren Geschlechtsorgane), die Muskulatur der Herzventrikel, die Milz und die glatte Muskulatur im Bereich der inneren Geschlechtsorgane. Auch einige Stoffwechselreaktionen werden ausschließlich durch den Sympathikus vermittelt.

Antagonistisches Verhalten des sympathischen und parasympathischen Systems

Organ/Funktion	Sympathikusreiz	Parasympathikusreiz
Herzfrequenz	Erhöhung	Erniedrigung
Pupillen	Dilatation	Konstriktion
Bronchien	Dilatation	Konstriktion
Ösophagus	Erschlaffung	Kontraktion
Magenperistaltik und -drüsentätigkeit	Hemmung	Anregung
Dünn- und Dickdarmperistaltik	Hemmung	Anregung
Leber	Förderung des Glykogenabbaus	-
Blase	Urinretention, Hemmung des Detrusors, Erregung des Sphinkters	Urinentleerung, Anregung des Detrusors, Erschlaffung des Sphinkters
Genitalien	Vasokonstriktion	Vasodilatation und Erektion
Nebennieren	Anregung der Adrenalinsekretion	Hemmung der Adrenalinsekretion
Stoffwechsel	Steigerung der Dissimilation	Steigerung der Assimilation
Insulinsekretion	Hemmung	Anregung
Schilddrüsensekretion	Anregung	Hemmung

Transmitter im autonomen Nervensystem:

Die Überträgersubstanz aller präganglionären Axone in den *sympathischen* wie in den *parasympathischen* Ganglien ist das **Acetylcholin**. Die gleiche Überträgersubstanz, also Acetylcholin, wird auch von den parasympathischen postganglionären Axonen in den Erfolgsorganen (Effektoren) freigesetzt, beispielsweise am Herzen oder an den glatten Muskelfasern, die die Pupille des Auges verengen und für die Naheinstellung sorgen. Außerdem setzen *sympathische postganglionäre* Neurone an den *Schweißdrüsen* und möglicherweise die *sympathischen postganglionären* Vasodilatatorneurone zu den Arteriolen der Skelettmuskulatur Acetylcholin frei. Autonome Nervenzellen, die Acetylcholin als Transmitter besitzen, werden *cholinerg* genannt.

Noradrenalin. Die Überträgersubstanz von den sympathischen postganglionären Axonen auf die Effektoren ist bis auf wenige Ausnahmen *Noradrenalin*. Man nennt diese sympathischen postganglionären Neurone nach ihrem Überträgerstoff auch *adrenerge* Neurone.

Zentrales Vegetatives Nervensystem

Die Funktionen des peripheren vegetativen Nervensystems werden durch übergeordnete Strukturen des Zentralnervensystems gesteuert. Die entsprechenden Zentren befinden sich im *Hirnstamm*, im *Zwischenhirn* und im *Großhirn*, ein Teil der Steuerung erfolgt auch bereits auf der Ebene des *Rückenmarks*.

Vegetative Zentren des Rückenmarks:

Im Rückenmark befinden sich relativ selbständige vegetative Zentren, welche die Darmentleerung, die Genitalreflexe und beim Säugling die Harnblasenentleerung steuern. Im Halsmark liegt ein weiteres Zentrum, das über den Sympathikus die Pupillenerweiterung reguliert.

Medulläre Regulationszentren:

Wichtige vegetative Zentren zur Kontrolle vegetativer Funktionen sind in zwei voneinander getrennten Hirnteilen, in der *Medulla oblongata* und im *Hypothalamus*, lokalisiert.

Medulla oblongata: *kreislaufregulierenden Zentren*, die *Atmungszentren*, für die Inspiration und Expiration sowie die *Schluck-, Saug-, Husten- und Nieszentrum*.

Hypothalamische Regulationszentren:

Unter den übergeordneten Strukturen des vegetativen Nervensystems spielt der *Hypothalamus* eine herausragende Rolle. *Er ist mit praktisch allen Abschnitten des Zentralnervensystems sowohl afferent als auch efferent verbunden* und stellt die *wichtigste Hirnregion für die Erhaltung der Homöostase* dar.

Der Hypothalamus empfängt Erregungen aus übergeordneten Bereichen (z.B. aus dem limbischen System, dem Thalamus und dem Großhirn). Die dem Hypothalamus untergeordneten Bereiche sind die Hypophyse, sowie Teile des Hirnstamms und des

Rückenmarks. Der Hypothalamus ist ein wichtiges Integrationszentrum für vegetative, hormonale und somatische Funktionen.

Folgende Funktionen werden durch den Hypothalamus gesteuert:

- *hormonale Systeme* über die Hypothalamus-Hypophysenachse, wobei glzt. eine Koordination mit dem vegetativen Nervensystem erfolgt.

- *der Wasserhaushalt*

- *die Körpertemperatur*

- *die Nahrungsaufnahme*

- *kardiovaskuläre Funktionen* durch eine übergeordnete Kontrolle d. Kreislaufzentrums

Hypothalamische Verhaltenssteuerung:

Durch elektrische Reizung des Hypothalamus (Tierexperiment) läßt sich zeigen, daß vom Hypothalamus *drei Grundmuster des elementaren Verhaltens* kontrolliert werden:

- *Abwehr- und Fluchtverhalten (Aktivierung des Sympathikus)*

- *nutritives Verhalten* (Steuerung der Nahrungs- und Flüssigkeitsaufnahme, verbunden mit einer *Aktivierung des Parasympathikus*),

- *reproduktives Verhalten* (Steuerung der Sexualfunktionen)

Limbisches System:

Ist dem Hypothalamus übergeordnet. Erlebnisinhalte werden affektiv bewertet und gespeichert (*affektives Gedächtnis*). Bei Tieren steuert es *Trieb- und Instinkthandlungen*.

Neokortikale Einflüsse auf vegetative Funktionen:

Verschiedene Areale der Hirnrinde beeinflussen vegetative Funktionen, insbesondere die Herz-Kreislauf-Regulation. So lassen sich z. B. von motorischen Feldern Blutdruck- und Herzfrequenzänderungen sowie lokale Durchblutungssteigerungen in der Skelettmuskulatur zu Beginn einer körperlichen Belastung auslösen. Dieser Reaktionen sind Folge einer *zentralen Mitinnervation* vegetativer Neurone durch motorische Bahnsysteme, sie werden in ihrer Gesamtheit als *Erwartungs-* oder *Startreaktionen* bezeichnet.

Die wichtigsten Indikatoren des peripheren Nervensystems

Elektrische Eigenschaften der Haut

Elektrodermale Aktivität – EDA (Hautleitwert- und Hautwiderstandsmessungen (nichtinvasiv, wenn exosomatisch)).

Kardiovaskuläre Aktivität

nichtinvasive *Herzfunktionsmessungen* (z.B. Herzfrequenz → Elektrokardiogramm, Kontraktionskraft der Herzauptkammern → Impedanzkardiographie),

Blutdruck (nichtinvasive Manschettendruckmeßverfahren, invasive klinische Methoden).

Elektrodermale Aktivität (EDA)

Die Erfassung elektrischer Eigenschaften der Haut spielt eine große Rolle in der Psychophysiologie des autonomen Systems. Der Term elektrodermale Aktivität wird im Zusammenhang mit der Messung von Veränderungen elektrischer Eigenschaften der Haut verwendet (z.B. Änderungen der Leitfähigkeit oder Potentialschwankungen; mit geringerer Bedeutung wird manchmal auch die Hautfeuchte gemessen, die aber nicht mehr direkt der EDA zuzuordnen ist). Die elektrodermale Aktivität ist einfach zu erheben, in der Anwendung billig und bereits seit Ende des 19. Jahrhunderts bekannt.

Die elektrischen Eigenschaften der Haut werden vor allem durch die Schweißdrüsen beeinflusst, deren Aktivität wiederum von sympathischen Nervenfasern via Acetylcholin und vom endokrinen System via NoradrenalinKonzentrationen im Blutstrom beeinflusst ist. Deshalb gilt die EDA als Maß sympathikotoner Modulationen.

Die beste Hautleitfähigkeit ist da gegeben, wo die meisten Schweißdrüsen vorhanden sind (dichteste Verteilung an Hand- und Fußinnenflächen). Eine Durchtrennung der Innervationswege der Schweißdrüsen eliminiert die Hautleitfähigkeitsreaktion (die Durchfeuchtung der Oberhaut führt zu einer drastischen Leitfähigkeitserhöhung).

Mit der elektrodermalen Aktivität können tonische und phasische Maße erhoben werden, deren verschiedene Teilaspekte (Spontanfluktuationen, Hautleitwerte, etc.) als Korrelate psychophysiologischer Erregungs- bzw. Aktivierungszustände anerkannt werden. Die verschiedenen Teilaspekte wurden vielfach auch mit unterschiedlichen affektiven und kognitiven Responseverhalten in Zusammenhang gebracht.

Die EDA kann endosomatisch oder exosomatisch erhoben werden. Die endosomatische Methode ist die invasivere, denn sie beinhaltet mikroneurographische Techniken, z.B. das Einstechen winziger Elektroden direkt in „sympathische“ Neurone der Haut. Bei der endosomatischen Methode werden zwei Elektroden auf die Hautoberfläche geklebt (z.B. Handinnenflächen) und ein schwacher Strom angelegt (meistens Gleichstrom) und dann der Hautwiderstand bzw. die Hautleitfähigkeit gemessen. Exosomatische und endosomatische Messungen weisen sehr hohe Korrelationen auf.

Fehler bei der meßtechnischen Quantifizierung der EDA (exosomatisch) können durch respiratorische (atembedingte, tiefe Atemzüge, Anhalten des Atems) und thermoregulatorische Einflüsse (Messungen daher nur im klimatisiertem Labor), sowie durch äußere Hautreizungen und Bewegungsartefakte hervorgerufen werden.

Kardiovaskuläre Aktivität

Das autonome Nervensystem beeinflusst das kardiovaskuläre System in vielfacher Hinsicht. Einerseits moduliert es die Herztätigkeit auf mehreren Ebenen, und andererseits beeinflusst es insbesondere über das sympathische System die Wandspannung der Blutgefäße, was wiederum Auswirkungen auf den Blutdruck hat. Somit ist klar, *daß Messungen von Herzfunktionen* und des *Blutdruckes* Rückschlüsse auf Einflüsse des autonomen Nervensystems auf das kardiovaskuläre System zulassen.

Blutdruck

Das Maximum der Druckpulskurve während der Systole wird als **systemischer Blutdruck**, das Minimum während der Diastole als **diastolischer Blutdruck** bezeichnet. Neben den beiden Extremwerten stellt der mittlere arterielle Blutdruck oder **arterielle Mitteldruck** eine weitere charakteristische Kreislaufgröße dar.

Der Blutdruck wird nicht nur von genetisch bedingten Variationen und rhythmischen Schwankungen beeinflusst, sondern darüber hinaus von psychischen Zuständen, starken äußeren Reizen (Schmerz, Kälte, Geräusche, etc) und körperlichen Anstrengungen alteriert. Da solche Blutdruckalterationen zu einem guten Teil vom autonomen Nervensystem vermittelt werden, wurden tonische und phasische Blutdruckveränderungen in der experimentellen psychophysiologischen Forschung immer wieder als Indikatoren autonomer Einflüsse verwendet.

Die Messung des Blutdruckes erfolgt meist **indirekt nach dem Verfahren nach Riva-Rocci**. Sie erfolgt im allgemeinen am Oberarm des sitzenden oder liegenden Probanden. Das Meßgerät besteht aus einer aufblasbaren Gummimanschette, die von einer undehnbaren Stoffauflage umgeben ist. Mit Hilfe eines Gummiballons und eines Nadelventils für die kontrollierte Entlastung lassen sich bestimmte Drücke in der Manschette einstellen, die dann an einem Quecksilber- oder Membranmanometer abgelesen werden können. Mit der indirekten Methode kann der Blutdruck aber nur

punktuell bestimmt werden, die **direkte Methode**, bei der eine Kanüle oder ein Katheder in das betreffende Gefäß eingeführt wird, ermöglicht eine fortlaufende und formgetreue Registrierung der Pulskurve und damit die genaue Bestimmung der systolischen und diastolischen Blutdruckwerte sowie des arteriellen Mitteldruckes. Wegen der notwendigen invasiven Gefäßpunktuatation ist die Anwendung der direkten Methode jedoch auf die klinische Diagnostik beschränkt.

Das Elektrokardiogramm (EKG)

Unter physiologischen Normbedingungen werden die Funktionen des Herzens durch die efferenten Herznerven des vegetativen oder autonomen Nervensystems modifiziert. Diese üben ihre Einflüsse dabei vorwiegend auf drei Funktionsebenen aus (*Chronotropie* → Alterationen der Herzfrequenz, *Dromotropie* → Alterationen der atrioventrikularen Überleitungszeit und *Inotropie* → Alterationen der Kontraktionskraft der Herzkammern, wenn das Blut in den Lungen,- bzw. Körperkreislauf ausgetrieben wird). Die Modulation der Herztätigkeit durch das autonome Nervensystem dient der besseren Anpassung des Gesamtorganismus an die vielfältigen externen Anforderungsbedingungen.

Eine wichtige Stellung bei der Diagnostik (aber eben auch bei der Erforschung autonomer Einflüsse) dieses so wichtigen Organs nimmt das **Elektrokardiogramm (EKG)** ein, da es von der Körperoberfläche nicht invasiv abgeleitet werden kann. Es macht sich das Phänomen zunutze, daß eine erregte Herzmuskelfaser an ihrer Zelloberfläche elektronegativ gegenüber einer unerregten Faser ist. Die dadurch bedingten Potentialdifferenzen zwischen den erregten und unerregten Herzmuskelpartien pflanzen sich bis an die Körperoberfläche fort, wo sie dann mit Elektroden erfaßt, verstärkt und aufgezeichnet werden können.

Die Form des Elektrokardiogramms hängt nicht nur von den gesetzmäßigen Erregungsabläufen am Herzen ab, sondern auch davon, welchen Ableitmodus man verwendet hat. Zu unterscheiden sind grundsätzlich Extremitäten- und Brustwandableitungen. Bei ersterer werden Elektroden an den Händen und Beinen

appliziert (Einthoven-, Goldberger- Ableitungen), bei letzterer werden die Elektroden in standardisierter Weise direkt auf der Brustwand des Probanden über dem Herzen befestigt (Wilson- Ableitungen).

Die wichtigsten elektrokardiographischen Parameter bei der Erforschung autonomer Einflüsse auf das Herz ist die **Herzrate** und die **Herzratenvariabilität**. Es gibt unzählige Studien, die Herzraten- akzelerationen und -dezelerationen in verschiedenen experimentellen wie quasiexperimentellen Paradigmen als Stressindikatoren usw. untersucht haben. Da die Herzrate aber sowohl von parasymphatischen als auch sympathischen Nervenfasern beeinflusst wird, ist ihr Wert als autonomer Einflußindikator in der gegenwärtigen Forschung aber vermindert, da die beiden autonomen Teilzweige voneinander nicht isoliert werden können. Eine Trennung der beiden Einflußfaktoren gelingt erst mit der Analyse der sogenannten **Herzratenvariabilität**. Dabei macht man sich das Phänomen zunutze, daß die Herzrate aufgrund der extrakardialen autonomen Modulationen von verschiedenen zeitlichen Fluktuationen überlagert ist. Phänomenologisch manifestiert sich dies in einer Zunahme der Variabilität der Herzratenintervalle. Die Herzratenvariabilität (HRV) scheint dabei auch sensitiv zu verschiedensten physiologischen Rhythmen und Faktoren zu sein: der Atmung, Blutdruckzyklen, Variationen im peripheren Blutfluß, thermoregulatorischen Prozessen, usw. Mithilfe verschiedenster spektraler Analysemethoden der Herzratenvariabilität (Fourier-Analyse) gelingt es sympathische und parasymphatische Einflüsse auf die Herzfrequenz besser voneinander abzugrenzen.

Impedanzkardiographische Verfahren werden in neueren Forschungsarbeiten zusehends dafür verwendet, um Rückschlüsse auf sympathische Einflüsse auf die Kontraktionskraft der Herzkammern (Inotropie) zu erhalten. Jedoch sind solche Verfahren relativ aufwendig und teuer.

Verwendete Literatur:

- Birbaumer, N., & Schmidt, R. F. (1989). Biologische Psychologie. Berlin; Heidelberg: Springer.
- Psychembel, Klinisches Wörterbuch (2002). Berlin; New York: de Gruyter.
- Thews, G., Mutschler, E., & Vaupel, P. (1989). Anatomie, Physiologie, Pathophysiologie des Menschen. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbh.