Zeitschrift: Gesundheitsnachrichten / A. Vogel
Herausgeber: A. Vogel
Band: 72 (2015)
Heft: 7-8: Blitzschnelle Botenstoffe

Artikel: Neurotransmitter : zwischen Gas geben und bremsen
Autor: Zehnder, Ingrid
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-594448

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 11.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Neurotransmitter: zwischen Gas geben und bremsen

Neurotransmitter. Das Wort kennt man. Doch was genau tun sie im Gehirn? Wir versuchen zu erklären, was dahinter steckt. Ingrid Zehnder

Neurotransmitter sind chemische Botenstoffe im Gehirn. Sie regeln die Kommunikation zwischen etwa 86 Milliarden von Nervenzellen. Vom Nervenzellkörper zweigen zahlreiche Verästelungen ab, die den Kontakt zu anderen Nervenzellen herstellen, um Informationen aufzunehmen und weiterzuleiten. Dabei kann eine einzige Zelle mit bis zu 10 000 anderen Nervenzellen (Neuronen) in Verbindung stehen. Damit die Zellen Botschaften austauschen können, sind eine komplizierte Logistik, präzises Timing und ausgeklügelte Transportsysteme notwendig (hier nur ganz vereinfacht dargestellt). In Bruchteilen von Sekunden finden an tausenden Zellen komplexe chemische und elektrische Prozesse statt, ohne die wir nicht handeln, fühlen und denken können.

Informationsübertragung durch Synapsen

Im Allgemeinen werden die Signale *innerhalb* der Nervenzelle elektrisch weitergeleitet. Da es sich um elektrische Signale handelt, ging die Forschung lange davon aus, dass auch die Weiterleitung auf elektrischem Weg passiert. Es zeigte sich jedoch, dass die meisten Neuronen mit der Hilfe chemischer Botenstoffe miteinander kommunizieren. Die Kontaktstellen, an denen die Übermittlung stattfindet, heissen Synapsen. Dort berühren sich die Zellen nicht direkt, vielmehr trennt ein winziger Spalt das «sendende» Neuron von der Membran der «empfangenden» Nervenzelle. In der «sendenden» Zelle stehen Sammelbläschen (Vesikel) mit dem spezifischen chemischen Botenstoff bereit; bei Bedarf fliesst dieser über den Synapsenspalt zur «empfangenden» Zellmembran, wo er von einem passenden Rezeptor aufgenommen wird. Jeder Rezeptor ist auf einen bestimmten Neurotransmitter spezialisiert wie ein Schlüssel auf sein Schloss. So kann die Empfängerzelle die Neurotransmittermoleküle aufnehmen und wieder in ein elektrisches Signal umwandeln.

Synapsen verknüpfen Nervenzellen untereinander so, dass sowohl die bei ihr eingehenden Signale als auch die von ihr ausgehenden Signale auf benachbarte Zellen übertragen werden können. Die Zahl der Synapsen im Gehirn eines Erwachsenen wird auf etwa 100 Billionen (10^{14} oder 100 000 Milliarden) geschätzt.

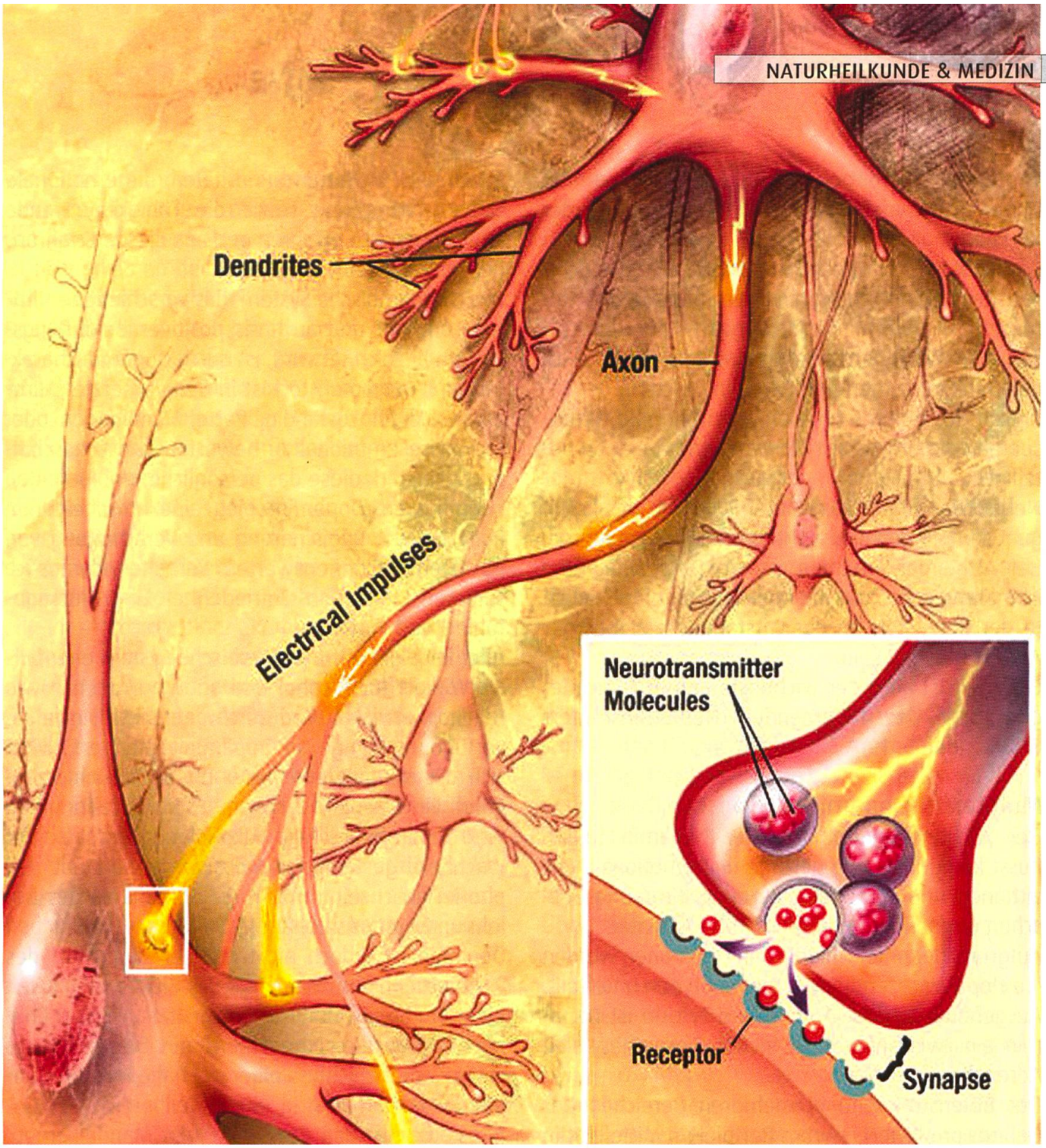
Botenstoffe

In einer Nervenzelle können mehrere Botenstoffe vorkommen. Je nach Signal, das übertragen werden soll, werden verschiedene Neurotransmitter eingesetzt. Sowohl sämtliche körperlichen Funktionen als auch unser Denken, unsere Stimmung und Emotionen werden von ihnen beeinflusst.

Gerät dieses vielschichtige und verflochtene System aus der Balance, hat das Folgen. So werden durch einen Mangel des Neurotransmitters Dopamin im Gehirn die Symptome der Parkinson-Krankheit ausgelöst. Ein Mangel an Glutamat führt zu eingeschränkter Hirnleistung, eine zu hohe Konzentration hingegen löst epileptische Anfälle aus.

Da man mittlerweile einiges über die Funktionen dieses Botenstoffsystems weiss, bieten sich Ansatzpunkte für neue Medikamente, z.B. bei Psychosen und Depressionen.

Von den mehr als 50 bislang bekannten Neurotransmittern – zu denen durch intensive Forschung



Schematische Darstellung einer Nervenzelle mit ihren Verzweigungen (Dendriten) und dem Axon, einer mal kurzen, mal langen, schlauchartigen Nervenfaser, die elektrische Impulse vom Zellkörper wegleitet. Am Ende des Axons stehen Synapsen. Diese (kleines Bild) sind die zentralen Schaltstellen der Informationsübertragung im Gehirn. Jede Nervenzelle verfügt über bis zu 10 000 Synapsen, manchmal sogar mehr.

immer wieder neue dazukommen – sollen im Folgenden einige etwas genauer vorgestellt werden. Grob unterscheidet man zwischen erregenden, aktivierenden, Gas gebenden Botenstoffen und dämpfenden, hemmenden, bremsenden Transmittern. Allerdings hängt viel vom Rezeptor ab; unterschiedliche Rezeptoren modulieren je nach Aufgabe und Ziel die Wirkung des Neurotransmitters, die dann durchaus auch gegenteilig sein kann.

Beschleunigendes Glutamat

Glutamat ist ein Salz der Glutaminsäure, einer Aminosäure, die Baustein vieler Eiweisse bei Pflanzen, Tieren und Menschen ist. Als Lebensmittelzusatzstoff bzw. würzigen Geschmacksverstärker kennt man Glutamat, weiss über seine Rolle als Botenstoff im Gehirn im Allgemeinen jedoch weniger.
Im Zentralnervensystem gilt der Neurotransmitter an etwa 70 Prozent der schnellen erregenden Sy-

napsen als Überbringer der Information. Somit ist Glutamat der wichtigste Botenstoff mit erregender Wirkung.
Glutamat ist für fast alle Hirnfunktionen unverzichtbar: für die Vermittlung und Verarbeitung von Sinnesreizen sowie für die Bewegungssteuerung. Zusammen mit Dopamin hat es eine zentrale Rolle für das Denken, Lernen und Erinnern. Auch an der Fähigkeit des Gehirns zur Wahrnehmung und Anpassung an die Umwelt ist Glutamat entscheidend beteiligt.
Nebenbei unterdrückt Glutamat auch das Sättigungsempfinden und wirkt daher appetitsteigernd. Bei Alzheimer-Patienten ist die Freisetzung und Aufnahme von Glutamat beeinträchtigt. Auch dürfte der Botenstoff an der Entstehung epileptischer Anfälle beteiligt sein.
Glutamat ist auch der wichtigste unmittelbare Gegenspieler des hemmenden Neurotransmitters GABA (siehe S. 15)

Multitalent Dopamin

Der wichtige Neurotransmitter Dopamin beeinflusst körperliche wie geistige und emotionale Reaktionen und sorgt für die Feinabstimmung zwischen erregender und hemmender Aktivität.
Aufgrund der unterschiedlichen Funktionen werden die Dopaminrezeptoren in fünf Subtypen unterteilt. Ausgehend von der Aminosäure Tyrosin ist Dopamin ein Zwischenprodukt in der Biosynthese von Adrenalin.
Der Botenstoff wird in mehreren Bereichen des Gehirns produziert, so zum Beispiel im Mittelhirn in der sogenannten Substantia nigra, wo ein besonders hoher Dopamingehalt auffällt und die dopaminhaltigen Nervenzellen sehr schnelle Signale vermitteln, die auf die Planung einer Bewegung zielen, was auch als «Starterfunktion» bezeichnet wird. Sterben die dopaminhaltigen Zellen in der Substantia nigra ab, löst das – wie bei der Parkinson-Krankheit – motorische Störungen aus, weil Bewegungsimpulse nicht mehr richtig weitergegeben werden.
Dopamin ist auch an der Regelung der Durchblutung der Bauchorgane und Nieren beteiligt.
Im Frontalhirn beeinflusst der Neurotransmitter die Aufmerksamkeit, die Lernfähigkeit, das Planen und Setzen von Zielen und Prioritäten, die emotionale Selbstbeherrschung sowie die Fähigkeit, Freude und Schmerz zu erfahren und aus diesen Erfahrungen zu lernen.
Das mesolimbische System, das verschiedene Hirnteile umfasst und auch als positives Belohnungssystem bezeichnet wird, ist durch Dopamin charakterisiert. Der Botenstoff ist in den vernetzten Hirnarealen dafür zuständig, Reize, Handlungen oder Ereignisse emotional zu bewerten und abzuschätzen, wie stark diese das persönliche Wohlbefinden beeinflussen. Dopamin spielt eine entscheidende Rolle bei der Registrierung und Verarbeitung von positivem, belohnenswertem Verhalten; daraus resultieren Motivation, Zufriedenheit und Glücksgefühle – und Vorfreude.
Allerdings gilt das mesolimbische System ebenfalls als Wirkort für Alkohol und andere Drogen sowie Psychopharmaka. Wird durch geeignete Stoffe die verfügbare Menge an Dopamin gesteigert, wirkt sich das stimulierend aus – oft auch suchterzeugend. Ein Beispiel ist Kokain: Es setzt zehnmal so viel Dopamin frei wie Alkohol und sorgt so für Wachheit, gesteigertes Selbstwertgefühl und Euphorie; gleichzeitig macht die Stimulation des Belohnungssystems abhängig.
Dopamin ist jedoch nicht nur der Botenstoff des vernünftigen Verhaltens und des Glücks, er gilt seit einer Studie am Berliner Universitätsklinikum Charité 2008 auch als «Angsthormon». Diese Untersuchung legt die Schlussfolgerung nahe, dass die Dopaminkonzentration in einem Teilbereich des Gehirns – den beiden Amygdala oder Mandelkernen, die zum limbischen System gehören – darüber entscheidet, ob ein Mensch eher ruhig und gelassen ist oder ob er häufig ängstlich und gestresst reagiert.

Noradrenalin gibt Gas bei Gefahr

Noradrenalin oder Norepinephrin, das aus Dopamin entsteht, ist sowohl ein Hormon als auch ein Botenstoff. Das Hormon wird hauptsächlich in der Nebenniere gebildet. Produktions- und Ausgangsort für das als Neurotransmitter fungierende Noradrenalin ist ein Kern im Hirnstamm mit Namen Locus coeruleus (himmelblauer Kern). Von dort wird der Botenstoff über weitreichende Fasern in alle Teile des limbischen Systems und der assoziati-

ven Grosshirnrinde (Cortex) gesandt und hat somit einen regelnden und modulierenden Einfluss auf das gesamte Zentralnervensystem. Noradrenalin ist besonders an der Erzeugung von Gefühlen und Stimmungen beteiligt.
Des Weiteren fördert Noradrenalin Aufmerksamkeit, Aktivität, Interesse, Konzentration und ist wichtig für die zeitliche und räumliche Orientierung. Zudem beeinflusst der Botenstoff die Motivation und Motorik positiv und hat Anteil an der Appetitsteuerung.
Als Hormon sorgt es in Gefahren-, Stress-, Flucht- oder Kampfsituationen für die Steigerung des Blutdrucks sowie die Senkung der Pulsfrequenz. Als Neurotransmitter setzt es überall dort an, wo es gilt, im Angesicht einer akuten Gefahr verzichtbare Prozesse wie die Verdauung oder die Versorgung der Haut zu drosseln. Zudem wird die Schmerzempfindung gehemmt, während die Muskulatur einen extra Energieschub bekommt.
Insgesamt ist die Wirkung eher kurz, da sich die Bindungsfähigkeit der zugehörigen Rezeptoren nach der ersten Verknüpfung stark absenkt. Bleiben die Belastungen jedoch akut, gerät die Reaktionskette aus dem Gleichgewicht. Bei allen stressbedingten Gesundheitsstörungen kann ein Überschuss an Noradrenalin festgestellt werden, meist gleichzeitig mit einem Serotoninmangel.
Tritt ein Mangel an Noradrenalin auf, kommt es zu Motivationsabfall, Konzentrations- und Gedächtnisstörungen. Auch beim Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätssyndrom (ADHS) und bei Depressionen scheint Noradrenalinmangel aufzutreten.

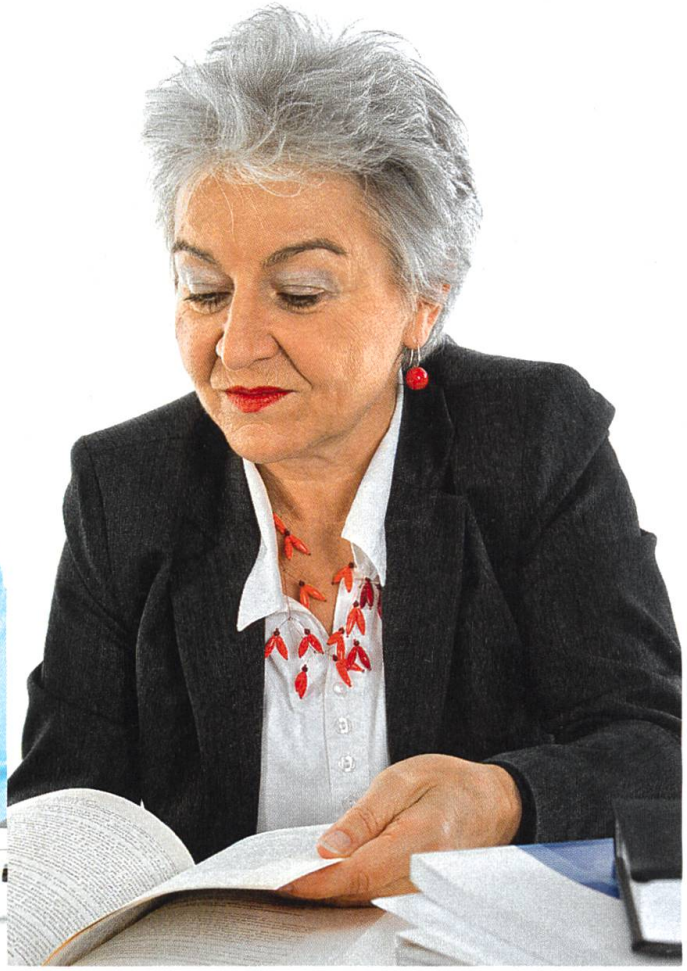
Adrenalin

Unter Einwirkung einer Vorstufe des Hormons Cortisol erfolgt die Umwandlung von Noradrenalin zu Adrenalin. Adrenalin oder Epinephrin ist vor allem ein im Nebennierenmark gebildetes und ins Blut ausgeschüttetes Stresshormon. Als Neurotransmitter im Gehirn spielt Adrenalin eine noch wenig bekannte Rolle.

Acetylcholin

Dieser Botenstoff ist im Vorderhirn lokalisiert und wird in den Hippocampus, die Amygdala (Mandelkern) und den assoziativen Cortex ausgesendet.
Er vermittelt gezielte (fokussierte) Aufmerksamkeit und übt damit einen wichtigen Einfluss auf das Gedächtnis aus.
In den Synapsen ist Acetylcholin der wichtigste Überträgerstoff des peripheren Nervensystems

Bis zur Geburt entwickeln sich sehr viel mehr Nervenzellen als gebraucht werden. Etwa die Hälfte stirbt, und es überleben nur die, die sich aktiv mit anderen Nervenzellen verbinden. Die absolute Anzahl der Nervenzellen bleibt dann über die Lebenszeit ungefähr konstant. Was sich hauptsächlich verändert, ist die Zahl der Verbindungen zwischen ihnen. Während der ersten 10 Lebensjahre besitzt ein Kind doppelt so viele Synapsen wie ein Erwachsener. Vor allem die ersten drei Lebensjahre sind hierbei entscheidend. Doch auch in der Pubertät nehmen die Nervenzellenverbindungen noch zu. Danach folgen eine stärkere Selektion und ein Abbau von Verbindungen. Dieses sogenannte «Fine-Tuning» ist ein wichtiger Prozess innerhalb der Gehirnreifung und hilft dem Gehirn, seine volle Funktionsfähigkeit zu entwickeln.



Nach der Pubertät hört das Gehirn keineswegs auf, sich zu entwickeln. Das ist wohl eines der interessantesten Ergebnisse der neurowissenschaftlichen Forschung: In jedem Alter bilden sich neue Synapsen, wenn man Neues lernt und sein Gehirn mit komplexen Aufgaben herausfordert. Es geht nicht darum, das hundertste Sudoku oder x-te Kreuzworträtsel zu lösen. Lernen ist mehr als das Ausführen von Routine. Nutzen Sie das Potenzial Ihres Gehirns, indem Sie Neues anpacken.

(der ausserhalb des Gehirns und Rückenmarks befindliche Teil des Nervensystems) und vermittelt die Übertragung von Nervenimpulsen zur Muskulatur. Zudem spielt Acetylcholin eine wichtige Rolle im vegetativen Nervensystem (das Atmung, Herzschlag und Stoffwechsel kontrolliert).
Bei Acetylcholin handelt es sich um den Nervenbotenstoff, der 1921 zuerst entdeckt wurde.

Stimmungsaufhellendes Serotonin

Das in der Natur weit verbreitete Serotonin wird von Pflanzen, Pilzen, Tieren und im menschlichen Organismus produziert. Im Körper des Menschen kommt die grösste Menge an Serotonin im Magen-Darm-Trakt vor, wo es in speziellen Zellen der Darmschleimhaut aus der Aminosäure L-Tryptophan aufgebaut, gespeichert und ins Blut abgegeben wird. Es wirkt mit Zusammenziehen bzw. Entspannung im Magen-Darm-Trakt, beeinflusst das Herz-Kreislauf-System, die Blutgerinnung und sogar den Augeninnendruck. Aber es kann die Blut-Hirn-Schranke nicht passieren.

Daher muss das als eher dämpfender Neurotransmitter wirkende Serotonin im Gehirn hergestellt werden und zwar in Neuronen, die sich in den sogenannten Raphekernen an der Mittellinie des Hirnstamms befinden. Diese Nervenzellen sind stark vernetzt, denn sie haben Verbindungen in nahezu alle Teile des Gehirns und beeinflussen direkt oder indirekt fast alle Gehirnfunktionen. Man kennt 14 verschiedene Serotonin-Rezeptoren, die für die vielfältigen, manchmal gegensätzlichen Wirkungen zuständig sind. So kann Serotonin je nach beteiligtem Hirnareal und Rezeptor eine Schmerzempfindung verstärken oder abschwächen und die Körpertemperatur senken oder ansteigen lassen. Hemmende Wirkung zeigt Serotonin auf die Sexualfunktionen und den Appetit.
Darüber hinaus gilt Serotonin als Stimmungs- und Glücksmacher. Es stärkt die körperliche Leistung und das seelische Wohlbefinden und vermittelt Entspannung, innere Ruhe und Gelassenheit. Gleichzeitig wirkt es mässigend auf Angst, Wut und Aggressivität.

Ist Serotonin im Gehirn im Übermass vorhanden, können Unruhe und Halluzinationen entstehen. Ein Mangel hingegen kann zu depressiven Verstimmungen führen. Eine Überproduktion von Serotonin (und ein Mangel an Melatonin) wird auch für gewisse Arten von Depressionen und Gemütsstörungen verantwortlich gemacht. Sicher ist, dass bei allen bekannten Formen der Depression das Serotoninsystem und/oder das eng mit ihm verzahnte Noradrenalinsystem gestört sind. Nicht geklärt ist, ob die Veränderung im Serotoninspiegel eine Ursache oder eine Folge der depressiven Erkrankung ist.

Melatonin steuert die innere Uhr

In der Zirbeldrüse (Epiphyse) – einem Teil des Zwischenhirns – aus Serotonin produziert und bei Dunkelheit (nachts) ausgeschüttet, steuert Melatonin die innere Uhr und den Tag-Nacht-Rhythmus des Menschen und aller Säugetiere. Melatoninrezeptoren befinden sich im Hypothalamus, dem wichtigsten Steuerzentrum des vegetativen Nervensystems, in den Kälte und Wärme regelnden Zellen des Hirnstamms, in Blutgefässen des Gehirns und in einigen Zellen des Immunsystems.

Beruhigendes GABA

Die Abkürzung GABA steht für Gamma-Aminobuttersäure, das ist eine im Körper gebildete Eiweissverbindung (Amin) der Glutaminsäure. GABA, 1950 entdeckt, gehört zum «Bremssystem», denn sie ist der wichtigste hemmende Neurotransmitter. Von der gesamten Transmittermenge im Zentralnervensystem entfallen allein 30 Prozent auf GABA.

GABA wirkt aufs Ein- und Durchschlafen, mildert die Aufregung, entspannt die Muskeln, löst Krämpfe und Ängste. Besondere Funktion hat sie in den Basalganglien (unter der Grosshirnrinde gelegene Kerne) und dem Kleinhirn, wo sie an der motorischen Kontrolle beteiligt ist. Eine kleine Studie der Universität Oxford kam 2011 zu dem Ergebnis, dass GABA auch für individuelle Unterschiede beim Lernerfolg verantwortlich zeichnet, denn wie schnell jemand lernt (z.B. komplizierte Tanzschritte), hänge von der Empfindlichkeit seines GABA-Systems ab.

GABA-Mangel steht u.a. im Zusammenhang mit Muskelverspannungen, Bluthochdruck, chronischen Schmerzen, Tinnitus, Gedächtnisstörungen, Ungeduld, Angst- und Panikzuständen, Epilepsie und Schizophrenie.

Ganz allgemein dämpfen die GABA-Rezeptoren das «Feuern», das von den glutamathaltigen Nervenzellen ausgeht. Somit sind GABA und Glutamat direkte Gegenspieler. Die beiden Transmitter bilden einen eigenen Kreislauf, in dem aus Glutamat mit Hilfe eines Enzyms GABA gebildet wird. Dadurch wird aus dem bedeutendsten anregenden Neurotransmitter der wichtigste bremsende. Über ein weiteres Enzym kann GABA zu Glutamin umgewandelt werden, woraus bei Bedarf wieder Glutamat und GABA gebildet werden kann.

Doppelgleisiges Glycin

Glycin, eine andere Bezeichnung für Aminoessigsäure, ist im Hirnstamm und Rückenmark der wichtigste Neurotransmitter. Je nach Rezeptor kann es die Aktivität der nachgeschalteten Nervenzelle herabsetzen oder stimulieren. Im Vorderhirn aktiviert Glycin Glutamat-Rezeptoren und bahnt dem Gas gebenden Glutamat den Weg. Zudem hat es anregende Effekte auf die Aufmerksamkeit, das Lernen und das Gedächtnis.

Sein dämpfendes Potenzial zeigt sich darin, dass es entspannend, angstlösend, schlaffördernd und eventuell schmerzlindernd wirkt. Zudem spielt es für die Sinneswahrnehmung und die Bewegung eine ausgleichende (modulierende) Rolle.

«In eigener Sache»

Wenn man bedenkt, dass in einem Gehirn in jeder Sekunde ungefähr Hundertausend chemische Reaktionen ablaufen, dann haben Sie, liebe Leserin und lieber Leser, bis hierher schon Enormes geleistet, und ich kann Ihnen nur danken für Ihr Interesse und Ihre hartnäckige Geduld, sich durch ein schwieriges Thema durchzukämpfen. Auch wenn hier nur ein kleiner Aspekt der Hirntätigkeit beleuchtet und vieles weggelassen wurde, so hoffe ich doch, dass neue Verbindungen zwischen Nervenzellen geknüpft und vorhandene Synapsen gestärkt wurden. Schon der alte Seneca sagte: «Je mehr wir in uns aufnehmen, um so grösser wird unser geistiges Fassungsvermögen». Prosaischer heisst es heute: «Use it or lose it!» Denn unser Gehirn verändert sich ein Leben lang – wenn wir es benutzen! ■