

## DAS WEITE LAND

WIE GENE UND CHEMISCHE  
BOTENSTOFFE UNSER VERHALTEN  
BEEINFLUSSEN

*Unser Charakter wird entscheidend durch die chemische Zwiesprache der Nervenzellen unseres Gehirns geprägt. Dieses Gesprächsnetz ist so komplex, dass es jedem Menschen eine eigene Persönlichkeit schenkt.*

Die Seele ist ein weites Land», befand der Schriftsteller und Arzt Arthur Schnitzler, der in seinen Novellen und Dramen Sigmund Freuds Ideen mit aus der Taufe hob. Dieses weite Land der Seele ist jedoch schwer zu fassen, denn Religion, Dichtung, Psychologie und Medizin ordnen ihm jeweils andere Breitengrade zu. Ist es verwegen, dieses Land auch mit dem Kompass der modernen Naturwissenschaft zu erforschen? Darf ein Molekularbiologe auf Seelensuche gehen?

Dieses Wagnis kann nur gelingen, wenn wir «Seele» enger als «Verhaltensmuster» oder «Charaktereigenschaft» definieren. Erst diese Einschrän-

kung erlaubt die genauen und überprüfbaren Fragen, an denen Naturwissenschaft ihre Kraft entfaltet. Und in der Tat – diese Kraft gewährt uns bereits atemberaubende Einblicke in die chemischen Vorgänge, die unsere Persönlichkeit prägen.

Eindrückliches Beispiel dafür waren gesunde Versuchspersonen, die nach Einnahme des Parkinsonmedikaments Dopa (ein Kürzel für Dihydroxyphenylalanin) bei Glücksspielen risikofreudiger wurden. Dies betraf jedoch nur diejenigen von ihnen, die eine seltene Variante eines bestimmten Gens ererbt hatten, das die Übertragung von Signalen zwischen Nervenzellen steuert. Dieses Gen tritt in verschiedenen Formen auf, die leicht unterschiedlich wirken und so das Verhalten eines Menschen gezielt beeinflussen können.

Nervenzellen verständigen sich untereinander vorwiegend mithilfe chemischer Botenstoffe. Meist sind dies einfache kleine Moleküle wie das mit Dopa eng verwandte Dopamin, die Aminosäuren Glyzin und Glutamat oder die Aminosäureabkömmlinge  $\gamma$ -Aminobuttersäure und Serotonin. Sie werden von einer elektrisch angeregten Senderzelle ausgestossen, wandern zu einer Empfängerzelle, binden sich an spezifische Rezeptoren an deren Oberfläche und lösen so in der Empfängerzelle ein elektrisches Sig-

nal aus. All dies spielt sich in nur ein bis zwei Tausendstel einer Sekunde in einem hauchdünnen Spalt zwischen den birnenförmig aufgeblähten Enden der beiden Nervenzellen ab.

Die beiden Nervenenden und der sie trennende Spalt bilden zusammen eine «Synapse», die nach Übertragung des Signals wieder schleunigst vom Botenstoff gereinigt werden muss, um einen gefährlichen Dauerreiz der Empfängerzelle zu vermeiden. Wie diese Reinigung erfolgt, hängt vom Botenstoff und von den beteiligten Nervenzellen ab. Manche Nervenzellen warten einfach darauf, dass der Botenstoff durch Diffusion von selbst verschwindet. Für die meisten Zellen ist dieser Vorgang jedoch zu langsam, sodass sie ihn beschleunigen: Manche Senderzellen saugen den von ihnen ausgesandten Botenstoff wieder in sich zurück, während Empfängerzellen ihre Rezeptoren für ihn maskieren können. Rezeptoren und Rücksaugmaschinen sind Proteine; ihr Bauplan ist in den entsprechenden Genen niedergelegt. Die Entschlüsselung der chemischen Struktur unseres gesamten Erbmaterials offenbarte eine erstaunliche Vielfalt von Genen für Rezeptoren und Rücksaugproteine und damit auch von Synapsen, mit deren Hilfe unser Gehirn seiner noch weitgehend rätselhaften Arbeit nachgeht. Wir kennen mehrere Dutzend Botenstoffe

und für fast jeden von ihnen eine Vielzahl verschiedener Rezeptor- und Rücksaugproteine, die auf den Botenstoff unterschiedlich ansprechen und einer Synapse ihren Stempel aufdrücken.

Vieles spricht dafür, dass dieses chemische Netzwerk unseren Charakter mitbestimmt. Der Botenstoff Dopamin lindert nicht nur die Leiden von Parkinsonkranken, sondern kann bei ihnen auch intensive Glücksgefühle, Aggression oder zwanghafte Spielsucht auslösen. Und die Genvariante, die mit Dopa behandelten Versuchspersonen erhöhten Wagemut verleiht, enthält den Bauplan für ein spezifisches Rezeptorprotein, über das Dopamin an einen Empfängernerv andockt. Diese Genvariante findet sich auch häufig in impulsiven, rastlosen oder aggressiven Menschen, die Mühe haben, sich über längere Zeit auf ein Thema zu konzentrieren oder sich in eine Gemeinschaft einzufügen. In unserer hoch organisierten Welt ist diese Genvariante meist von Nachteil, doch Nomaden scheint sie Vorteile zu verschaffen; vielleicht schenkt sie ihnen Wagemut und hilft ihnen so, neue Weide- und Jagdgründe zu erobern und Angreifer schneller und mutiger abzuwehren. Dafür spricht, dass diese Genvariante erst vor etwa 20 000 bis 40 000 Jahren entstand – also ungefähr zur Zeit, als moderne Menschen Afrika ver-

liessen und nach Nordeuropa vordrangen – und sie sich seither in unserer Population behauptet hat. Neuere Untersuchungen haben gezeigt, dass ihre Träger ungewöhnlich bereitwillig sind, asoziale oder finanziell riskante Entscheidungen zu treffen. Könnte es sein, dass diese Genvariante an den periodischen Finanzkrisen unserer kapitalistischen Gesellschaft nicht ganz schuldlos ist?

Der Botenstoff Serotonin löst nicht nur, wie das Dopamin, Glücksgefühle aus, sondern beeinflusst auch das Sexualverhalten von Fliegen und Ratten: Verändert man in diesen den Serotoninstoffwechsel durch genetische Eingriffe oder Medikamente, so werden die Tiere homo- oder bisexuell. Und eine einzige Mutation in einem Rezeptorprotein für den Botenstoff Vasopressin kann ein monogames Wühlmausmännchen in einen unersättlichen Don Juan verwandeln.

Synapsen spielen fast überall dort eine Rolle, wo wir mit chemischen Mitteln psychische Krankheiten lindern oder unser Bewusstsein verändern wollen. Antipsychotische Medikamente dämpfen die Signalübertragung durch Dopamin, Serotonin und andere Botenstoffe; Lysergsäurediäthylamid – das berühmte LSD – löst Halluzinationen aus, weil es sich als eine Art «Superserotonin» hartnäckig an

einen Serotoninrezeptor klammert und so die entsprechenden Empfängerzellen übermässig stark und anhaltend anregt. Und die Rauschdroge Kokain verhindert, dass Senderzellen das von ihnen ausgeschüttete Dopamin wieder in sich zurücksaugen. Als Folge davon häuft sich dieser glückspendende Botenstoff in der Synapse an, sodass Kokainkonsumenten die euphorisierende Wirkung der Droge bald nicht mehr missen wollen. Um sich gegen diesen Dopaminüberreiz zu wehren, verringern Empfängernerven die Zahl ihrer Dopaminrezeptoren. Sinkt dann bei Kokainentzug der Dopaminspiegel in der Synapse plötzlich ab, so kann diese nicht mehr normal arbeiten und verursacht die gefürchteten Entzugerserscheinungen.

Mut, Glücksgefühl, sexuelle Vorliebe und Sozialverhalten sind zwar wichtige Teile dessen, was wir gemeinhin «Charakter» nennen, reichen aber bei Weitem nicht aus, um diesen erschöpfend zu beschreiben. Und ihre genetische Kontrolle ist bei uns Menschen viel subtiler und komplexer als bei einfachen Tieren. Sie unterliegt einem Netzwerk vieler Gene, in dem jedes Gen nur eine bescheidene Rolle spielt. Wir Menschen haben weder ein «Mutgen» noch ein «Monogamiegen», sondern viele Gene, die diese Verhaltensmuster subtil, aber statistisch signifikant beeinflussen. Und selbst diese Behauptung steht

auf wackligen Beinen, da sie sich in den meisten Fällen nicht auf eindeutige genetische Beweise, sondern nur auf Korrelationen stützt. Dennoch besteht kein Zweifel daran, dass Synapsen die Fäden sind, aus denen die Natur den wundersamen Gobelin unseres Charakters wirkt. Dieser Gobelin verdankt seinen Farbenreichtum der Wechselwirkung verschiedener Rezeptor- und Rücksaugproteine in unseren Synapsen, über die ein und derselbe Botenstoff eine breite Palette verschiedener Reaktionen und Empfindungen auslösen kann. Da unser Gehirn etwa 100 Milliarden Neuronen besitzt und jedes von ihnen durch 1000 bis 10 000 Synapsen mit anderen Neuronen vernetzt ist, steigt die Zahl der möglichen Wechselwirkungen ins Unendliche. Die Balance zwischen den verschiedenen Fäden dieses unvorstellbar komplexen Netzwerks ist zum Teil erblich, kann aber auch durch Umwelteinflüsse verändert werden; sie ist deshalb für jeden Menschen auf dieser Erde – selbst für eineiige Zwillinge – einmalig. Sollte es uns je gelingen, alle Fäden dieses Netzwerks zu entwirren und ihre Verflechtung mit Computern darzustellen, so wird die Komplexität dieses Musters unsere Vorstellungskraft bei Weitem übersteigen. Das Land, von dem Schnitzler sprach, wird wohl auch für Biologen seine geheimnisvollen Weiten wahren.