

Die physiologischen Besonderheiten der Gambler - Teil 1: Das Gedächtnis

Autor: Professor Sherman Hewitt

Einleitung

Die Ereignisse des letzten Jahres haben bei vielen Menschen das Interesse an dem geweckt, was jene besondere Volksgruppe der Gambler ausmacht, welche Fähigkeiten sie von anderen Menschen unterscheiden und auf welche biologischen Grundlagen sich diese Fähigkeiten zurückführen lassen. Zu Beginn sei gleich gesagt, dass noch nicht auf all diese Fragen eine erschöpfende, in machen Fällen nicht einmal eine befriedigende Antwort gefunden werden konnte. Nur eins ist allen, die sich bereits mit den Gamblern beschäftigt haben, überaus deutlich bewusst: Diese spezielle Gruppe begabter Menschen gibt uns einen Einblick in das, was die gesamte Menschheit einmal sein wird - eine Rasse reaktionsschneller, intelligenter Wesen mit einem perfekten Gedächtnis und einem unfehlbaren Orientierungssinn.

Manche meiner Kollegen haben vermutet, diese Entwicklungen könnten eine Anpassung des Menschen an das Leben zwischen den Sternen sein. Ich möchte mich dem anschließen, da die Raumfahrt den Menschen die Möglichkeit erschlossen hat, neue Welten zu besiedeln, und die Lebensbedingungen, die auf den Planeten herrschen, die als Kolonien nutzbar gemacht worden sind, haben neue Mutations- und Selektionsfaktoren ins Spiel gebracht. Gleiches gilt auch für das Reisen auf Raumschiffen, denn so sehr die Techniker auch darum bemüht sind, die Bedingungen der Erde nachzugestalten, kann dies doch niemals vollkommen gelingen. Und letztlich besteht auch die Möglichkeit, dass die Gambler-Mutation zum ersten Mal auf der Erde selbst in Erscheinung getreten ist, denn die Evolution der menschlichen Rasse ist nicht abgeschlossen und wird es auch niemals sein.

Endgültig wird diese Frage vermutlich nicht geklärt werden können, aber ich werde in diesem Artikel das Phänomen, das die Gambler darstellen, unter verschiedenen Blickwinkeln ein wenig zu beleuchten versuchen. Vielleicht kann ich auf diese Weise den verbreiteten Vorurteilen, die über die Gambler in Umlauf gebracht worden sind und von bestimmten Teilen unserer Bevölkerung immer noch werden, etwas entgegenwirken und mit dazu beitragen, dass die faszinierenden Besonderheiten der Gambler endlich als das gesehen werden, was sie sind: als die Aktualisierung eines dem menschlichen Wesen zutiefst immanenten Potenzials, das nur auf den richtigen Zeitpunkt gewartet hat, um auf die Bühne der Evolution hinauszutreten. Als solches sind die Fähigkeiten der Gambler weder Furcht einflößend noch Ausdruck einer bizarren und unberechenbaren Laune der Natur, sondern ein unter biologischen und evolutionären Gesichtspunkten im höchsten Maße komplexer und sinnhafter Entwicklungsprozess. Dieser Entwicklungsprozess ist vollständig frei von jedweden moralischen Implikationen und Wertungen positiver oder negativer Art, ebenso wenig wie er etwas über den psychologischen und sozialetischen Umgang mit den durch ihn hervorgerufenen neurophysiologischen Veränderungen aussagt. Welche Bedeutung die Menschheit diesen Veränderungen beimisst, welche Haltung sie ihnen gegenüber einnimmt und ob Toleranz und Mitmenschlichkeit oder Engstirnigkeit und ein Rückfall in Barbarei und einen längst überwunden geglaubten Rassismus die psychologischen und sozialen Folgen sind, ist eine Frage der Entscheidung jedes einzelnen Menschen. Es ist keine Frage der Evolution oder der Biologie. Ich hoffe, dass mein Artikel einen kleinen Beitrag dazu leisten kann, den Weg der Toleranz und Akzeptanz mit weniger Unsicherheit und Furcht zu

beschreiten und den Blick zu schärfen für die Wunder, die jetzt, genau in diesem Augenblick, um uns herum geschehen. Gewidmet ist dieser Versuch dem jungen Gambler Danny Sims, der seine Vereinigung verließ, um der Erde zu helfen, der gegen die Hewitts gekämpft und dabei mehr gewonnen hat, als er sich jemals erhofft hatte. Ihm schulden nicht nur ich, sondern Sie alle, die diesen Artikel lesen mögen, großen Dank, und ich hoffe, dieser Gedanke wird dazu führen, dass Sie meinen Ausführungen geduldig und mit Offenheit begegnen.

### Wahrnehmung, Gedächtnis und motorische Fähigkeiten der Gambler

Bevor ich auf die Gambler und ihre besonderen Fähigkeiten eingehe, möchte ich in groben Zügen die Verknüpfung zwischen Wahrnehmung und Gedächtnis, die bei jedem Menschen besteht, skizzieren. Davon ausgehend werde ich anschließend die Besonderheiten, die die Gambler auszeichnen, beschreiben und zu erklären versuchen.

Erinnern und Wahrnehmung sind Prozesse, die eng miteinander verknüpft sind. Die Umwelt wirkt in jeder Sekunde in Form vielfältiger physikalischer Reize auf den Menschen ein. Für einige dieser Reize besitzen wir die entsprechenden Rezeptoren, in denen sie in elektrische Impulse umgewandelt und somit dem Nervensystem zugeführt werden können. Über sensorische Nervenfasern werden die Informationen in das Großhirn übertragen. Dort befinden sich Bereiche, die bei bestimmten physikalischen Reizen, die von außen her auf den Menschen einwirken, elektrische Aktivität zeigen. Über die Messung dieser Aktivitäten konnte man das Großhirn in Felder einteilen, die jeweils unterschiedlichen Sinnen zugeordnet sind. Felder mit solchen klaren Aufgaben nennt man Projektionsfelder.

Die Aktivität, die sich an die Aufnahme physikalischer Reize anschließt, ist eng gekoppelt mit dem sensorischen Gedächtnis, der ersten Stufe des Erinnerns. Es ist demnach mit größter Wahrscheinlichkeit in den jeweiligen Projektionsfeldern lokalisiert. Jeder Sinn besitzt ein derartiges Projektionsfeld, und jeder Sinn besitzt auch ein ihm zugehöriges sensorisches Gedächtnis, das man auch Register nennt. In diesen Registern wird die Information über die Umwelt originalgetreu und perfekt repräsentiert. Das mag manchen Leser überraschen, denn es bedeutet nicht mehr und nicht weniger, als dass letztlich jeder Mensch über ein perfektes fotografisches Gedächtnis verfügt, und das gleiche gilt auch für die Register der anderen Sinne.

Eine Wahrnehmung im eigentlichen Sinne ist aber durch diese Art der Speicherung noch nicht gegeben, da bislang weder die Informationen, die von einem Sinnesorgan geliefert werden, zu einem Bild zusammengefügt noch bekannte Muster und Schemata darauf angewendet wurden und noch keine Verknüpfung der Informationen verschiedener Sinne stattfand. Um diesen Sachverhalt genauer zu verdeutlichen, werde ich im Folgenden den Weg, den eine Information nimmt, die über das Auge in das Nervensystem gelangt, kurz aufzeigen.

Elektromagnetische Wellen, die von ihrer Frequenz her dem sichtbaren Licht zugeordnet sind, können über die Rezeptoren des Auges aufgenommen und in elektrische Impulse umgewandelt werden. Diese werden über den Sehnerv an das Gehirn weitergeleitet. Der genaue Weg soll hierbei nicht interessieren, wichtig ist aber, dass die Information schließlich in einen Teil des Großhirns gelangt, der Primäre Sehrinde genannt wird. Diese ist in mehrere Felder unterteilt und besitzt auch Verknüpfungen zu sekundären Feldern der Sehrinde. In jedem dieser Felder erfolgt eine Repräsentation des Netzhautbildes, aber auf einen Aspekt reagiert ein solches Feld jeweils besonders stark, z.B. V1 (Visuelles Feld 1) auf Orientierungen von Kanten oder V4 auf Farben. Es gibt insgesamt über zwanzig dieser Felder.

Für ein Erkennen eines Musters müssen die Verarbeitungsergebnisse jener Bereiche zusammengefügt werden, und selbst Informationen aus einem einzigen visuellen Feld bedürfen eines Zusammenschlusses. So wird etwa aus den drei unterschiedlichen Kanten | - |, die im V1 wahrgenommen werden, das Muster H. Als Buchstabe mit der Bedeutung H wird es aber in diesem Schritt noch nicht erkannt, dazu sind Informationen nötig, die aus dem Langzeitgedächtnis (LZG) stammen. In diesem Fall gehören die Informationen zu jenem Teil des LZGs, in dem übergeordnete, allgemeine Bedeutungen gespeichert sind (semantisches Gedächtnis). Man nennt diesen Vorgang Klassifizierung. Er ist vermutlich an die sekundären Sehfelder gekoppelt, denn werden diese zerstört, wird ein Gegenstand zwar noch gesehen, kann aber nicht mehr erkannt werden.

Ähnliche Prozesse finden für alle Sinnesorgane statt, und das Ergebnis wird letztendlich zu einem Gesamtbild zusammengefasst: Die Wahrnehmung im engeren Sinne entsteht. Da sowohl die Verrechnung der Informationen der unterschiedlichen Projektionsfelder als auch die Klassifizierung Zeit benötigt, muss ein Impuls, der als Folge eines Reizes entsteht, über den Zeitpunkt seines Auftretens beibehalten werden, und dafür sorgt die Speicherung im sensorischen Gedächtnis. Nur auf diese Weise können die komplexen Verrechnungsvorgänge, aus denen die Wahrnehmung hervorgeht, ablaufen und auch eine Kontinuität der Wahrnehmung erzeugt werden.

Es stellt sich nun jedoch die Frage, wieso dennoch offensichtlich viele Informationen verloren gehen, denn man kann sich nicht einmal im Ansatz an die Fülle der Informationen erinnern, die dem sensorischen Gedächtnis zugeführt werden. So erreichen das Gehirn von den Sinnen pro Sekunde eine Unzahl von bits:  $10^7$  vom Lichtsinn,  $10^6$  vom Gehör,  $4 \cdot 10^5$  vom Tastsinn,  $5 \cdot 10^3$  vom Temperatursinn,  $10^3$  Innenreize, 20 vom Geruchssinn, 13 vom Geschmackssinn, doch nur ein Bruchteil dessen kann zu einem späteren Zeitpunkt bewusst erinnert werden.

Dies liegt an der zeitlich begrenzten Repräsentation der sensorischen Informationen. Eine Erinnerung an ein visuelles Muster, man nennt es Ikon, hält sich im sensorischen Gedächtnis nicht länger als eine halbe Sekunde, die Erinnerung an einen Ton, ein Echo, etwa eine Sekunde. Nach dieser Zeit geht die Information verloren, außer sie wurde in höhergeordnete Gedächtnissysteme wie das Kurzzeitgedächtnis (KZG) oder das LZG übertragen.

Nun mag es zunächst wie eine Einschränkung anmuten, dass so viele Informationen verloren gehen, doch da der Informationsfluss aus der Umwelt so groß ist, muss der sensorische Speicher immer wieder geleert werden, damit die neuen Informationen aufgenommen werden können. Noch ist zwar nicht mit Sicherheit festgestellt worden, welche Kapazitätsgrenze die sensorischen Register der Sinne besitzen, aber es ist anzunehmen, dass sie auf die Informationsmenge, die ihnen von den Sinnen geliefert wird, angepasst sind, und das bedeutet, dass sie, falls nicht auch ein Vergessen erfolgt, rasch überfüllt wären, da der Informationsfluss von außen nie abreißt.

Die wichtige Frage, die sich stellt, ist, welche Informationen aus dem sensorischen Gedächtnis in das LZG übertragen werden und wie das geschieht. Grundsätzlich gilt, dass der Hauptteil der Informationen, die später im LZG repräsentiert sind, zunächst über das KZG gehen muss. Nur ein geringer Teil der sensorischen Information wird direkt in das LZG übertragen. Die Mechanismen, die dem zugrunde liegen, sind noch nicht im einzelnen geklärt.

Der Zufluss zum KZG beträgt 15-20 Bit/s. Dies zeigt überdeutlich, dass aus der Fülle der sensorischen Informationen ausgewählt werden muss. Der Mechanismus, über den das geschieht, ist bekannt: Die Übertragung der Information vom sensorischen Gedächtnis in das

KZG erfolgt nur, wenn eine gewisse Aufmerksamkeit auf die sensorische Information verwandt wird. Als Beispiel dafür könnte man eine Situation nennen, in der man im Grunde einen Vortrag hören möchte, aber dadurch abgelenkt wird, dass man einen interessanten Menschen in der Nähe erblickt hat. Später wird man sich dann an das Aussehen jenes Menschen, aber nicht an die Worte des Vortrages erinnern können.

Informationen werden im KZG ebenfalls nicht lange, sondern nur für etwa 10-20 Sekunden behalten. Die Kapazität des KZG ist erstaunlich gering, sie beträgt nur 5-9 bedeutungstragende Einheiten (chunks), deren Informationsgehalt jedoch unterschiedlich sein kann. Dazu ein Beispiel: Die Buchstaben E O S sind, für sich allein genommen, drei chunks, die jeweils lediglich die Information über die Bedeutung des Buchstabens enthalten. Verknüpft man sie zu EOS, der Abkürzung für Erdorbitalstation, so erhält man ein chunk, dessen Informationsgehalt wesentlich größer ist.

Natürlich sind im konkreten Bewusstsein mehr Informationen enthalten als diese 5-9 chunks, z.B. sensorische Informationen über die Umwelt, aber die Fähigkeit, neue Informationen im unmittelbaren Bewusstsein festzuhalten, ist auf diese Weise begrenzt.

Für die Übertragung in das LZG gibt es verschiedene Möglichkeiten. Zum einen kann man die Information im KZG ständig wiederholen, zum anderen kann man sie mit bereits vorhandenen Gedächtnisinhalten verknüpfen. Je mehr solche Verknüpfungen erfolgen, desto sicherer ist ein Inhalt gespeichert und desto leichter kann er später erinnert werden.

Die Strukturen, die für diese Übertragung eine entscheidende Rolle spielen, sind seit langem bekannt: Der Hippocampus und die Amygdala. Werden sie beidseitig entfernt, ist der betreffende Mensch nicht mehr dazu in der Lage, Informationen aus dem KZG in das LZG zu übertragen. Er lebt somit beständig in der Gegenwart. Informationen, die bereits vor dem Eingriff im LZG gespeichert worden sind, kann er jedoch nach wie vor abrufen, woraus ersichtlich ist, dass die genannten Strukturen tatsächlich nur der Übertragung dienen, aber nicht das LZG an sich darstellen.

Der erste Schritt der dauerhaften Speicherung erfolgt über die repetitive Aktivierung (auch posttetanische Potenzierung genannt). Laufen vielfach hintereinander Impulse über ein Neuron, so bewirkt dies an der präsynaptischen Membran eine Hyperpolarisation. Für folgende Reize erhöht sich somit die Amplitude des Aktionspotentials, was zu einer verstärkten Transmitterausschüttung führt. Diese wirkt auf das transmittersynthetisierende System zurück: Es erhöht seine Produktionsrate, so dass mehr Transmitter zur Verfügung gestellt wird (Mobilisierung). Je nach Art der Synapse, Dauer und Frequenz der repetitiven Reizung nimmt die posttetanische Potenzierung nach einigen Minuten wieder ab, im Hippocampus jedoch kann sie bis zu mehreren Stunden überdauern.

Da aber letztlich auch die posttetanische Potenzierung im Hippocampus zeitlich begrenzt ist und zudem längst nachgewiesen worden ist, dass Inhalte des LZG nicht an elektrische Impulse geknüpft sind, müssen noch andere Mechanismen bei der dauerhaften Speicherung einer Information eine Rolle spielen.

Einer dieser Mechanismen ist die Bildung von Gangliosiden. Synapsen, die nach dem second-messenger-Prinzip arbeiten, beeinflussen die Proteinbiosynthese der Nervenzelle. Durch häufige Benutzung einer solchen Synapse wird die Bildung von Gangliosiden, das sind Moleküle aus einem Lipidanteil und einem Zuckeranteil, verstärkt und diese in die Membran der Synapse eingelagert. Sie durchziehen den synaptischen Spalt und verbessern die Transmitterfreisetzung und Übertragung auf die postsynaptische Membran. Eine Synapse, die auf diese Weise gebahnt ist, kann somit leichter aktiviert werden. Diese Bahnung wird oft unterstützt durch die Schaffung bzw. Freilegung neuer Rezeptoren an der

postsynaptischen Membran, wodurch ebenfalls die Bildung des postsynaptischen Potentials vereinfacht wird.

Ein zweiter Mechanismus ist die Herausbildung neuer Verknüpfungen. Je stärker sich ein Mensch geistig betätigt, desto mehr Verknüpfungen weisen die Neuronen in seinem Gehirn auf, d.h. die Anzahl und Komplexität der Dendriten ist erhöht. Auf diese Weise wird die Matrix, auf der Informationen abgelegt werden können, ständig erweitert. Allerdings ist die Information nicht direkt an diese Matrix geknüpft, wie Läsionsexperimente zeigen. Reizt man das Gehirn eines Menschen an einem bestimmten Punkt, können Erinnerungen ausgelöst werden. Entfernt man genau jene Neuronen, bleibt die Erinnerung dennoch intakt und vollständig. Wichtig ist jedoch, dass Menschen mit mehr Verschaltungen besser lernen können und komplexe Aufgaben besser meistern. Synapsen können innerhalb von Stunden entstehen und auch wieder verschwinden. Letzteres geschieht dann, wenn keine Reizung mehr erfolgt. Das Gehirn entwickelt sich in solchen Fällen zurück.

Ein weiterer Mechanismus, der an der Erweiterung des LZG beteiligt ist, ist eine Änderung der Membranleitfähigkeit an der Synapse, die durch strukturelle Veränderung der Ionenkanäle bewirkt werden kann. Zu Änderungen der Leitfähigkeit der Ionenkanäle kommt es etwa bei der Habituation, das ist eine synaptische Depression als Folge von Dauerreizen. Auf eine Folge gleicher Reize erfolgt hier nach einer gewissen Zeit eine schwächere Antwort als zuvor, da weniger Transmitter freigesetzt wird. Die Habituation tritt aber weniger im Gedächtnis als im Zusammenhang mit Bewegungen auf. Sie ist besonders typisch für motorische Neuronen, während sie in sensorischen Neuronen, z.B. Sehnerv, Hörnerv, kaum vorkommt.

Für den Abruf aus dem LZG ist eine bestimmte Struktur des Gehirns von besonderer Bedeutung: die Acetylcholinfasern des Basalkerns. Werden sie beschädigt oder degenerieren sie, wie es im Alter bei bestimmten Menschen geschehen kann, geht der Zugriff auf Inhalte des LZG immer mehr verloren, zunehmend in dem Maß, in dem die Degeneration voranschreitet. Eine Erhöhung der Acetylcholinkonzentration verbessert die Gedächtnisleistung.

Damit man alle Besonderheiten der Gambler verstehen oder zumindest im Ansatz erfassen kann, wird es auch nötig sein, kurz auf das Durchführen von Bewegungen und die Entstehung und Ausführung von Bewegungsprogrammen einzugehen. Dies wird im Folgenden geschehen. Diese Vorgänge sind eng mit der Wahrnehmung und dem Erinnern verknüpft, wie ein Beispiel verdeutlichen mag:

Ein Gleiterpilot sieht ein Verkehrszeichen. Das Netzhautbild wird in die primäre Sehrinde übertragen, dort verarbeitet und mit Hilfe von Informationen aus dem LZG klassifiziert. Das Signal wird als Angabe der maximal zulässigen Höchstgeschwindigkeit erkannt. Ein zweiter Blick auf die Anzeige der aktuellen Geschwindigkeit läuft über den gleichen Weg und wird mit der Information des Verkehrszeichens verglichen. Ergebnis: Der Gleiter fliegt zu schnell. Daraufhin fasst der Pilot den Entschluss, die Geschwindigkeit zu drosseln. Dies geschieht in den Assoziationsfeldern des Großhirns (Stirnlappen), deren Aktivität sich sogar nachweisen lässt. Die Assoziationsfelder wirken auf das motorische Projektionsfeld des Großhirns ein. Dieses ist in viele Subfelder unterteilt, und jedes davon ist Muskeln in bestimmten Körperteilen zugeordnet. Folglich werden nur jene Subfelder aktiviert, die für die beabsichtigte Bewegung notwendig sind.

Gehen wir zunächst einmal davon aus, dass die geplante Bewegung dem Piloten bereits bekannt ist, vielleicht, weil er schon seit Jahren den Gleiter fliegt. In diesem Fall ergibt sich für die Bewegung folgender Ablauf:

Im Motocortex befinden sich Nervenzellen (Neurone), die lange Fasern (Axone) besitzen. Man nennt sie Pyramidenzellen und die Axone Pyramidenbahnen. Über sie werden entsprechend des Entschlusses im Assoziationsfeld Impulse über das Rückenmark zu den Muskeln geschickt. Da einzelne Impulse keine Bewegungen auslösen können, sind die Pyramidenbahnen mit einem Verstärkersystem gekoppelt. Sie verzweigen sich und senden Ausläufer in das Zwischenhirn. Die Nervenzellen entsenden ihrerseits Axone zu den Pyramidenzellen und treten über Synapsen mit ihnen in Verbindung. Jeder Impuls einer Pyramidenzelle läuft somit über das Zwischenhirn in den Motocortex zurück und löst dort einen neuen Impuls aus. Eine positive Rückkopplung entsteht. Diese würde letztlich zur Verstärkung des Signals bis zur physiologischen Grenze führen, und das macht deutlich, dass allein auf diesem Weg keine differenzierte Bewegungskontrolle möglich ist. Diese erfolgt über ein anderes System.

Im Mittelhirn verzweigen sich die Pyramidenbahnen ein zweites Mal und entsenden Ausläufer in das Kleinhirn. Dort sind alle angeborenen und gelernten Bewegungsprogramme gespeichert. Durch die Impulse wird jenes Programm aktiviert, das die Bewegungsabfolge zur Drosselung der Geschwindigkeit enthält. Durch diesen Vorgang werden wiederum besondere Nervenzellen, die Purkinje-Zellen, aktiviert. Sie sind die einzigen Zellen, deren Axone das Kleinhirn verlassen. Sie bilden mit den Nervenzellen des Zwischenhirns, die auch an der Schleife der positiven Rückkopplung beteiligt sind, hemmende Synapsen. Durch den hemmenden Einfluss wird die zunächst dauerhaft ansteigende, undifferenzierte Impulsfolge in eine spezifische, differenzierte Impulsfolge umgewandelt. Sie entspricht dem Bewegungsprogramm, das im Kleinhirn für die bestehende Situation vorliegt. Die Impulse gelangen über die Pyramidenbahnen und das Rückenmark zu den entsprechenden Muskeln und die Bewegung läuft ab.

Im Beispiel betätigt der Pilot den Schubregler, und der Gleiter wird langsamer. Da das Programm bereits erlernt war, wird der Pilot keine bewusste Aufmerksamkeit auf diesen Vorgang verwenden müssen. Nach dem Vergleich des Verkehrszeichens und der aktuellen Geschwindigkeit läuft der Vorgang automatisch ab.

In einer vielgestaltigen Umwelt, wie sie den Menschen umgibt, treten nun aber auch laufend Situationen auf, für die noch keine Bewegungsprogramme existieren. So muss der Pilot, wenn er sich das erste Mal in den Gleiter setzt, erst lernen, diesen zu bedienen. Auch bei neuen Bewegungen ist der Ablauf jedoch zunächst ähnlich wie bereits beschrieben:

Ein Handlungsantrieb, der sich aus Meldungen der Sinne ergeben kann oder einfach dem Willen des Menschen entspricht, wird in den Assoziationsfeldern des Großhirns zu einem Bewegungsentwurf umgesetzt. Dies geschieht bei neuen Bewegungen in Form bewusster Denkprozesse. Die Bewegungsentwürfe gelangen über den Motocortex und die Pyramidenbahnen zu den Muskeln. Die Bewegung wird ausgeführt.

Das Kleinhirn hält noch kein fertiges Programm bereit, dennoch spielt es eine große Rolle bei der Ausführung der Bewegung. In ihm laufen sämtliche Rückmeldungssysteme zusammen: Zum einen Informationen über den Dehnungsgrad der Muskulatur, die den Muskelspindeln entspringen, zum anderen Informationen, die über die anderen Sinne, v.a. den Gesichtssinn und den Lage- und Drehsinn, gesammelt werden. Mit Hilfe dieser Informationen kann der Erfolg der Bewegung überprüft werden, und die Aktivierung der Purkinje-Zellen führt zur Verfeinerung des Ablaufs. Werden derartige Bewegungen oft wiederholt, formen sich im Kleinhirn feste Bewegungsprogramme, wodurch das, worauf der Pilot zunächst große Aufmerksamkeit verwenden musste, nämlich das Steuern des Gleiters, zunehmend



automatischer erfolgt und er sich durchaus gedanklich mit anderen Dingen beschäftigen kann.

Die Fähigkeit des Gehirns, neue Bewegungsprogramme zu erlernen und zu speichern, scheint nahezu unbegrenzt zu sein. Dabei ist vor allem wichtig, zwischen dem Gedächtnis für verbale und visuelle Inhalte und dem motorischen Gedächtnis zu unterscheiden. Sie sind an unterschiedliche Hirnstrukturen geknüpft und weisen auch unterschiedliche Funktionsweisen auf. So ist der Verfall von Gedächtnisspuren beim motorischen Gedächtnis weitaus geringer als beim verbalen Gedächtnis. Einmal erlernte Bewegungen werden kaum wieder vergessen, lediglich ihre Feinausführung muss nach langer Pause neu eingestellt werden.

An dieser Stelle sei auch noch erwähnt, dass das Lernen von Bewegungen unmittelbar an eine Rückmeldung gekoppelt ist. Kann der Mensch den Erfolg seiner Bemühungen nicht überprüfen, wird sich die Bewegungsausführung nicht verbessern. Dies zeigt, wie wichtig die Rolle des Kleinhirns auch beim Erlernen von Bewegungen ist, da dort die Informationen, die die Sinne liefern, zusammengetragen werden. Eine Möglichkeit, einen Bewegungsentwurf von vornherein dichter an die gewünschte Bewegung anzupassen, ist das Lernen am Vorbild. Durch Beobachtung von Modellpersonen wird der Entwurf genauer, als er es ohne eine solche Vorgabe wäre, und sie kann auch zu seiner Verbesserung beitragen, da sie eine Rückmeldung über den Erfolg der eigenen Bewegung darstellt.

Nachdem ich in meinen bisherigen Ausführungen die Voraussetzungen geschaffen habe, die Ihnen ein Verständnis der Gambler ermöglichen sollen, möchte ich nun auf die Besonderheiten dieser Menschen eingehen. Es sind vor allem drei Eigenschaften, die die Gambler aus der Masse der übrigen Menschen hervorstechen lassen: Sie besitzen ein eidetisches Gedächtnis, ein unfehlbares Orientierungsvermögen und sind in ihren Reaktionszeiten anderen Menschen weit überlegen. Den letzten Punkt möchte ich im Abschnitt Nervenphysiologie der Gambler näher betrachten und mich zunächst nur den beiden zuerst genannten Punkten zuwenden.

Alle Gambler sind Eidetiker, d.h. ein Gambler kann sich an jegliche visuelle Information, die er jemals aufgenommen hat, zu einem späteren Zeitpunkt bewusst erinnern. Man hat schon früher Untersuchungen angestrengt, um diese Fähigkeit nachzuweisen. Eine davon stellte den Eidetiker vor die Aufgabe, zwei Muster aus Millionen sinnloser Flecken zu einem sinnvollen 3D-Bild zu verknüpfen, wobei die Bilder nacheinander, das zweite manchmal sogar erst Stunden später gezeigt wurden. Damit wird das KZG auf wirksame Weise umgangen, denn in dieses gelangen nur Informationen, denen man Aufmerksamkeit schenkt. Millionen sinnloser Flecken können aufgrund des begrenzten Zuflusses in das KZG nicht aufgenommen werden. Trotzdem ist ein echter Eidetiker dazu in der Lage, sich an die Flecken so genau zu erinnern, dass er zwei solcher Bilder zu einem sinnvollen Ganzen verknüpfen kann. Dies ist nur möglich, wenn die visuelle Information, die in das sensorische Gedächtnis aufgenommen wurde, in das LZG übertragen wurde, ohne zuvor das KZG zu durchqueren.

Im Grunde findet sich dieses Phänomen auch bei normalen Menschen, aber es ist nur schwach ausgeprägt, und der Informationsfluss, der auf diese Weise dem LZG zukommt, ist nicht allzu groß. Bei Gamblern ist das LZG direkt an das sensorische Gedächtnis gekoppelt, und der Informationsfluss, der den sensorischen Registern zufließt, entspricht exakt dem, der in das LZG übertritt.

Auf diese Weise lässt sich auch erklären, warum die Gambler ein überdurchschnittliches Lernvermögen besitzen. Da sie keine Information, die sie jemals aufgenommen haben,

wieder vergessen, können sie natürlich auch Fähigkeiten, für die spezifische Informationen notwendig sind, schneller erlernen als Menschen, die diese häufig wiederholen müssen, damit sie ihnen sicher im Gedächtnis bleibt. Ebenso lässt sich hieraus auch die Tatsache ableiten, dass Gambler außerordentlich gut dazu in der Lage sind, komplexe Problemstellungen zu bearbeiten und zu lösen. Sie sind nicht nur schneller als andere Menschen, sondern auch erfolgreicher, da sie für ihre Denkprozesse mehr Informationen zur Verfügung haben.

Anders als bei Eidetikern, die man in früheren Jahrhunderten untersucht hat, bezieht sich die Fähigkeit des eidetischen Erinnerns nicht nur auf das visuelle Register, sondern auf alle Sinne, zumindest bei Spielern, deren Mutation bereits weit fortgeschritten ist. Allen Spielern gemeinsam ist das perfekte Gedächtnis für visuelle Eindrücke und für die Meldungen des Lage- und Drehsinns. Bei weiter entwickelten Spielern kommen eidetisches Erinnerungsvermögen für das Gehör, den Tastsinn und auch die anderen Sinne hinzu.

Nebenbei sollte man nicht vergessen, dass auch dies Erscheinungen sind, die schon früher beobachtet wurden, auch wenn man sie nicht richtig interpretiert hat. So verfügten viele große Musiker über ein eidetisch-auditives Gedächtnis, das es ihnen ermöglichte, komplexe Tonfolgen und Melodien zu reproduzieren, nachdem sie sie nur ein einziges Mal gehört hatten, und im gleichen Maße waren sie dazu in der Lage, Tonfolgen im Kopf zu entwerfen, ohne sie zuvor zu spielen.

Dies ist eine zentrale Fähigkeit, die mit dem eidetischen Erinnern verknüpft ist. Die Vorstellungskraft, mit der Sinneseindrücke in der Fantasie vorweggenommen werden können, ist weitaus stärker als bei Menschen, die keine derartige Verknüpfung zwischen dem sensorischen Gedächtnis und dem LZG besitzen. So lässt sich erklären, dass ein Gambler, nachdem er eine Karte gesehen hat, sofort den Weg von einem Zielpunkt zum nächsten findet. Das Bild, das in seiner Erinnerung von dieser Karte existiert, ist so stabil, als würde er sie die ganze Zeit über unmittelbar vor Augen haben, ein Vorteil jener ausgeprägten Vorstellungskraft. Und da die Information auf diese Weise verfügbar ist, kann sich ein Gambler niemals verlaufen, nachdem er eine Karte von einem Gebiet einmal gesehen hat.

In dieser Hinsicht wirkt das eidetische Erinnerungsvermögen des Lage- und Drehsinns unterstützend, denn da Gambler sich stets daran erinnern können, welche Ortsveränderungen mit bestimmten Bewegungen einhergehen, haben sie ein sehr viel besseres Gespür dafür, welche Bewegungen notwendig sind, um einen Weg zu gehen, den sie bislang nur in ihrer Vorstellung vor sich haben. Ihnen steht, gemessen an Nichteidetikern, sehr viel mehr Vergleichsmaterial zur Verfügung.

Auf die gleiche Weise erklärt sich auch das unfehlbare Orientierungsvermögen der Gambler, denn sie werden nicht nur keinen Ort, den sie bereits gesehen haben, je wieder vergessen, sondern ihr Erinnerungsvermögen für den Lage- und Drehsinn ermöglicht es ihnen auch, Bewegungen, die sie z.B. auf einem Spaziergang gemacht haben, perfekt nachzuvollziehen. Dies gelingt ihnen sogar mit geschlossenen Augen, da das eidetische Erinnern der jeweiligen Sinne unabhängig voneinander geschieht. Man könnte somit einen Gambler mit geschlossenen Augen eine Stadt durchqueren lassen, und er wäre in der Lage, den gleichen Weg in umgekehrter Richtung zu gehen, ebenfalls mit geschlossenen Augen.

Das eidetische Erinnerungsvermögen des Lage- und Drehsinns ist zudem dafür verantwortlich, dass Gambler sich im dreidimensionalen Raum ebenso sicher und unfehlbar orientieren können wie in der Ebene, während anderen Menschen eine solche Orientierung doch eher schwerfällt. Dabei werden vermutlich auch die Informationen aus dem visuellen



Gedächtnis abgerufen und hinzugefügt. Ein Gambler weiß stets - außer man hat ihn betäubt, in dieser Zeit an einen anderen Ort gebracht und dort die Augen verbunden -, in welcher Lage er sich zu der ihn umgebenden Welt und deren Elementen befindet. Es spielt dabei keine Rolle, ob diese Elemente feststehen oder ebenfalls Bewegungen ausführen. Durch ihre großartige Vorstellungskraft sind die Gambler in der Lage, die Bewegungen der Objekte zielsicher zu ihrer eigenen in Beziehung zu setzen und zu antizipieren.

Auch die Fähigkeit, neue Bewegungen zu erlernen, wird durch das eidetische Erinnerungsvermögen der Gambler verstärkt. Sie haben durch ihr eidetisches Gedächtnis für visuelle Eindrücke eine nahezu unbeschränkte Anzahl an Vorbildern zur Verfügung, die den Bewegungsentwürfen zugute kommen. Da ihre Erinnerung originalgetreu ist, ist es der Bewegungsentwurf auch. Neue Bewegungen gelingen Gamblern somit nahezu auf Anhieb, außer es handelt sich um Bewegungen, die sie nie zuvor bei anderen Menschen beobachtet haben. Aber selbst in diesem Fall sind sie überlegen, da sie durch das eidetische Erinnerungsvermögen für ihre Sinne klarere Rückmeldungen bekommen als andere Menschen und die Bewegung schneller und besser korrigieren können. Es sollte auch nicht unerwähnt bleiben, dass Gambler über mehr feste Bewegungsprogramme verfügen als andere Menschen, was nicht weiter verwunderlich ist, da die Ausbildung derartiger Programme bei ihnen auf die eben beschriebene Weise verbessert ist. Zudem ist die Bewegungskontrolle feiner, was auch auf das eidetische Erinnern zurückzuführen ist. Das aber bedeutet, dass ein Gambler eine einmal gelernte Bewegung stets in nahezu identischer Art und Weise durchführen kann und Faktoren wie psychische Gestimmtheit, Tagesform und ähnliches einen geringeren Einfluss auf die gezeigte Leistung haben, als dies bei anderen Menschen der Fall ist. Der bewusste Entschluss, eine spezifische Bewegung auszuführen, genügt einem Gambler, um sie automatisch und korrekt durchführen zu können.

Bislang habe ich nur beschrieben, welche Fähigkeiten die Gambler aufgrund ihres besonderen Erinnerungsvermögens besitzen, ohne dabei jedoch auf die physiologischen Grundlagen des eidetischen Gedächtnisses einzugehen. Dies soll im Folgenden geschehen.

Vergleicht man das Gehirn eines Gamblers mit dem eines anderen Menschen, so fallen folgende Unterschiede sofort ins Auge: Gamblergehirne besitzen ein größeres Gewicht, das vor allem auf den höheren Verschaltungsgrad zurückzuführen ist. Die Anzahl und die Komplexität der Dendriten ist höher als bei anderen. Die durchschnittliche Synapsenanzahl, die ein Neuron aufnehmen kann, beträgt  $10^4$ . Sie wird bei Gamblern weit übertroffen.

Bereits frühere Untersuchungen haben ergeben, dass der Verschaltungsgrad des Gehirns mit dem Lernvermögen und der Fähigkeit, komplexe Problemstellungen zu lösen, korreliert. Grob gesagt kann man folgende Verknüpfung feststellen: Je höher die Komplexität des Gehirns, desto ausgeprägter sind Lernvermögen und problemlösendes Denken. Bei den Gamblern findet dies eine eindrucksvolle Bestätigung. Die hohe Komplexität des Kleinhirns geht mit der Beobachtung einher, dass Gambler viele feste Bewegungsprogramme besitzen.

Der hohe Verschaltungsgrad des Gambler-Gehirns geht vor allem darauf zurück, dass, anders als bei anderen Menschen, Synapsen, die längere Zeit nicht mehr benutzt wurden, sich trotzdem nicht wieder lösen. Einmal erfolgte Bahnungen sind ebenfalls stabil, so dass Verbindungen, die durch Lernen geknüpft werden, offensichtlich nicht wieder verschwinden. So lässt sich erklären, warum Gambler keine Information, die sie aufgenommen haben, je wieder vergessen, da die Matrix, die durch den Lernvorgang aufgebaut wurde, erhalten bleibt. Zwar ist diese Matrix, wie bereits zuvor im Artikel angedeutet wurde, nicht mit den gespeicherten Inhalten identisch, doch ihre Stabilität scheint zumindest eine Ursache für das eidetische Erinnerungsvermögen der Gambler zu sein.

Ein anderer Befund unterstützt die Annahme, dass das LZG der Gambler außergewöhnlich gut arbeitet. Der Basalkern weist eine auffällig komplexe Gestaltung auf, die die bei anderen Menschen übertrifft. Zudem ist der ACh-Spiegel höher. Da die Degeneration des Basalkerns und eine Abnahme des ACh-Spiegels mit einer Verschlechterung des LZGs einhergehen, liegt der Schluss nahe, dass die ausgeprägte Gestaltung des cholinergen Systems für die verbesserte Leistung des LZGs bei den Spielern verantwortlich ist.

Das erhöhte Lernvermögen der Spieler lässt sich auf weitere physiologische Befunde zurückführen. Der Prozess der Bahnung von Synapsen durch Bildung von Gangliosiden läuft schneller ab als bei anderen Menschen, und die Bahnung ist, wie bereits erwähnt, stabil. Zudem werden bei der Bahnung mehr Rezeptoren freigelegt, so dass sie stärker erfolgt als bei anderen Menschen.

Auf welche Weise die Entkopplung von LZG und KZG erfolgt und wie es möglich ist, dass alle Informationen des sensorischen Gedächtnisses in das LZG übergehen, konnte bislang nicht abschließend geklärt werden. Sicher sind die bereits beschriebenen Veränderungen daran beteiligt. Es wäre sehr interessant zu untersuchen, wie sich die Läsion des Hippocampus in beiden Gehirnhälften auf die Aufnahme von Informationen in das LZG bei Spielern auswirkt. Bei normalen Menschen führt eine derartige Zerstörung zum Verlust der Fähigkeit, neue Inhalte in das LZG aufzunehmen. Wäre dies bei Spielern nicht der Fall, müsste nach Strukturen gesucht werden, die diese Aufgabe übernehmen, und diese wären vermutlich auch der Schlüssel zu der Frage, welcher Art die Verbindung ist, die zwischen dem sensorischen Gedächtnis und dem LZG besteht. Allerdings ist eine derartige Untersuchung aus ethischen Gründen natürlich nicht vertretbar, so dass diese Frage zunächst nicht weitergehend beantwortet werden kann.

Vorschau auf Colonial-Science-Magazine 11/2365

Physiologische Besonderheiten der Spieler - Teil 2: Reaktionsvermögen & Spieler-Hormon