



Louis mit 11 Jahren



Louis mit 12 Jahren

Nebel hinter der Stirn

Nicht nur die körperlichen und seelischen Umbauarbeiten sind dramatisch – auch das Gehirn macht in der Pubertät gewaltige Veränderungen durch. Mit modernsten Methoden fahnden Hirnforscher nach den neurologischen Grundlagen jugendlichen Leichtsinns.

VON JULIA KOCH

Der Psychologe Peter Uhlhaas interessiert sich vor allem dann für das Gehirn, wenn es aus dem Takt gerät; etwa bei Schizophreniekranken. Die Probanden in Uhlhaas' aktueller Studie aber sind allesamt ganz normal – so normal jedenfalls, wie man eben sein kann mit 15, 16 Jahren.

Reihenweise bestellt der Wissenschaftler vom Frankfurter Max-Planck-Institut für Hirnforschung Gymnasiasten ins „Brain Imaging Center“ der Universität

ein. Er klebt ihnen Elektroden auf Stirn und Wangen, zur Messung der Augenbewegungen.

Dann setzen sich die Jugendlichen auf eine Art Zahnarztstuhl, und ihre Köpfe verschwinden in einer Röhre, die aussieht wie eine zu groß geratene Trockenhäube – das Herzstück des sogenannten Magnetenzephalografen (MEG). Hochempfindliche Sensoren messen jene Magnetfelder, die von den Hirnströmen erzeugt werden: Das MEG kann Vorgänge im Gehirn sichtbar machen, die sich

innerhalb von Tausendstel Sekunden abspielen.

Uhlhaas untersucht funktionale Netzwerke: jene Verbünde von Nervenzellen, die bei bestimmten geistigen Aufgaben im Gleichtakt feuern, obwohl sie räumlich getrennt in verschiedenen Zentren des Hirns angesiedelt sind. Diese neuronale Synchronisation ist eine wichtige Voraussetzung für höhere Hirnfunktionen wie etwa das Erkennen von Gesichtern.

So setzte Uhlhaas Probanden verschiedener Altersstufen – von sechs Jahren bis



Louis mit 13 Jahren



Louis mit 15 Jahren

Wie Louis und seine Schwester Sarah (siehe Seite 23) erwachsen werden, das dokumentiert der Münchner Fotograf Elias Hassos in einem Langzeitprojekt.

ins Erwachsenenalter – vor verfremdete Gesichter und zeichnete die Hirnströme auf. Ergebnis: Je älter die Versuchsteilnehmer waren, umso treffsicherer erkannten sie die Gesichter; und die Nervenzellen wiesen zudem koordinierte und hochfrequente Schwingungen auf. Nur eine Gruppe fiel aus dem Raster: Bei Jugendlichen zwischen 15 und 17 Jahren, in der Hochphase der Adoleszenz also, beobachtete Uhlhaas völlig chaotische, weniger synchronisierte Ausschläge.

Im Teenagerhirn, so scheint es, herrscht heillooses Durcheinander. Für Eltern rebellischer Heranwachsender dürfte das eine Nachricht zum Durchatmen sein: Nicht das Kind spielt verrückt, sondern seine kleinen grauen Zellen.

Der Zunft der Hirnforscher erwächst daraus seit einigen Jahren ein ganz neues Forschungsfeld. In seiner Schülerstudie etwa untersucht Psychologe Uhlhaas Jugendliche kurz vor, während und kurz nach der Pubertät; mit komplizierteren Tests als bei der Gesichtserkennung will er seine Befunde untermauern. „Man hat lange geglaubt, dass das menschliche

Gehirn mit etwa zwölf Jahren ausgereift ist“, erklärt der Wissenschaftler: „In Wahrheit vollzieht sich danach noch einmal ein gewaltiger Wandel.“

Dass gerade ein Schizophrenieforscher wie Uhlhaas die Pubertät für sich entdeckt hat, ist kein Zufall: Viele psychische Krankheiten bahnen sich im Jugendalter an. Die Schizophrenie ist nur ein Beispiel – auch für den Beginn von Depressionen, Essstörungen oder Angst-erkrankungen ist die Adoleszenz die kritische Phase. Kaum je ist das Gehirn verletzlicher als in dieser Zeit der Generalüberholung.

„Es ist offensichtlich, dass in der Umbauphase des Gehirns während der Adoleszenz der Schlüssel zu vielen Krankheiten liegt“, erklärt Wissenschaftler Uhlhaas. „Ich finde es erstaunlich, dass man nicht früher darauf gekommen ist.“

Das mag auch daran liegen, dass die Wissenschaft erst nach und nach versteht, wie gewaltig die Renovierungsarbeiten tatsächlich sind. Nicht nur die Kommunikation zwischen den Nervenzellen verändert sich während der Pu-

bertät – das ist der Teil des Puzzles, den Uhlhaas mit seinen MEG-Studien untersucht. Auch anatomisch wird das Teenagergehirn noch einmal runderneuert. Und wichtige Transmittersysteme (wie etwa das des Botenstoffs Dopamin, der im körpereigenen Belohnungssystem eine Rolle spielt) reifen erst während der Adoleszenz vollständig aus.

Wohl kein Forscher kennt die Architektur des heranwachsenden Gehirns so gut wie der US-Psychiater Jay Giedd. Tausende Teenager hat der bärtige Wissenschaftler mittlerweile in seine Kernspintomografen am National Institute of Mental Health in Bethesda, Maryland, geschoben und ihre Köpfe durchleuchtet. Seine 3D-Bilder vom jugendlichen Hirn offenbaren eine Baustelle von verblüffendem Ausmaß.

So konnte Giedd als Erster zeigen, dass die graue Substanz – sie bildet die Nervenzellen der Großhirnrinde – in den Jahren vor der Pubertät einen immensen Wachstumsschub erlebt, den zweiten nach dem Kleinkindalter.

Doch mit Beginn der Pubertät, fand Giedd, sterben Milliarden dieser Zellen und Kontaktstellen wieder ab. Bis zu 30 000 Nervenverbindungen gehen bei diesem Ausleseverfahren zugrunde – pro Sekunde! Entorgt werden vor allem jene, die selten gebraucht werden: „Use it or lose it“ heißt die Devise. Offenbar trennt sich das Gehirn von Störendem, um fit zu werden für die Herausforderungen des Erwachsenenlebens.

Was Ballast ist und was nicht, bestimmt der Lebenswandel, glaubt Giedd: „Ihr entscheidet selbst über die permanenten Verschaltungen in eurem Gehirn“, predigt er seinen Probanden und wird durchaus moralisch: „Wollt ihr es durch Sport zur Reifung bringen, durch das Spielen eines Musikinstruments oder durch das Lösen mathematischer Aufgaben? Oder indem ihr auf der Couch vor dem Fernseher liegt?“

Zeitgleich mit dem Schwund der grauen Zellen, auch das zeigen Giedds Bilder, greift die sogenannte weiße Substanz des Gehirns gewaltig Raum. Sie stellt die fettreichen Myelinscheiden, die sich wie eine Isolierschicht um die Nervenkelb schmiegen und deren Leistung verbessern. Eine myelinisierte Faser leitet die Impulse der Nervenzellen ungleich schneller als eine ohne Fetthülle. Das jugendliche Gehirn steigert seine Rechenleistung bis zu 3000fach.

Doch nicht alle Teile des Denkkorgans reifen gleichzeitig heran: Vergleichsweise schnell abgeschlossen sind die Bauarbeiten in jenen Arealen, die für Wahrnehmung und Bewegungssteuerung zuständig sind, im sensorischen und motorischen Cortex. Es folgt die Feinjustierung der Regionen, die Sprache und räumliche Orientierung steuern.

Ausgerechnet die oberste Kommandozentrale des Gehirns indes lässt sich Zeit: Bis im präfrontalen Cortex alles rund läuft, vergehen viele, mitunter quälende Jahre. Gar bis über das 20. Lebensjahr hinaus, schätzt Psychiater Giedd, dauert die Reifung des Stirnhirns an.

Dieses Phänomen könnte so manche Spritztour mit Papas BMW, so manchen Alkoholexzess erklären: Der Stirnlappen ist für lebenspraktische Leistungen wie Planung oder das Abschätzen der Folgen einer Handlung zuständig.

„Ich glaube, dass der Frontallappen bei Jugendlichen nicht immer voll funktioniert“, erklärt die Psychologin Deborah Yurgelun-Todd vom McLean Hospital in Belmont, Massachusetts. Sie hat Heranwachsenden und Erwachsenen Bilder von angstverzerrten Gesichtern gezeigt und gleichzeitig ihre Hirnströme gemessen. Ergebnis: Während die meisten Erwachsenen die gezeigte Emotion als Angst deuten konnten, lagen von

den Pubertierenden erstaunlich viele weit daneben.

Und während die Erwachsenen reichlich Aktivität im Stirnhirn aufwiesen, schien diese Schaltstelle der Besonnenheit bei den Adoleszenten seltsam unbeteiligt. Bei ihnen feuerten weit mehr Neuronen im Bereich des Mandelkerns im Zwischenhirn, einer entwicklungs geschichtlich älteren Struktur, die vor allem unbewusste Reaktionen steuert. „Das könnte ein Grund dafür sein, dass Jugendliche oft impulsiver handeln als Erwachsene“, folgert Yurgelun-Todd.

Im unreifen Dopaminsystem wiederum verbirgt sich womöglich die Antwort auf die Frage, warum manche Jugendliche sich mit Vorliebe in brenzlige Situationen bringen: Während der Umstrukturierung gehen im Gehirn vorübergehend rund 30 Prozent der Rezeptoren für den Glücksbotenstoff verloren – was bislang als aufregend verbucht wurde, erscheint plötzlich schal, der Kick muss ungleich größer sein, um dieselben Glücksgefühle zu erzeugen wie vor der Pubertät. Nie zuvor und nie mehr später im Leben ist denn auch die Gefahr größer als in der Adoleszenz, einen Unfalltod zu sterben.

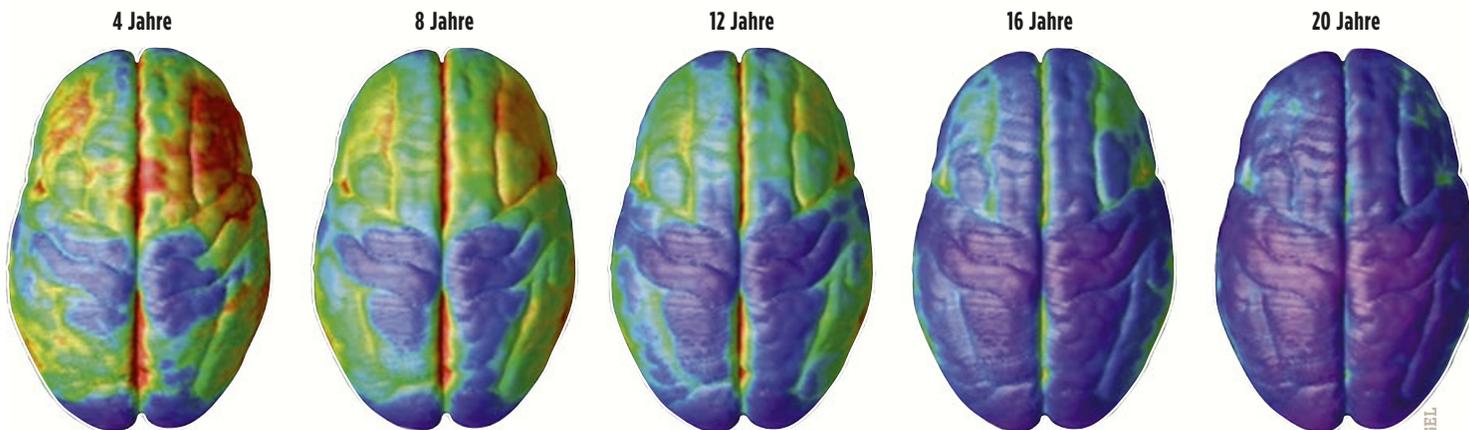
Wer jetzt allzu sorglos mit Drogen herumexperimentiert, richtet womöglich bleibenden Schaden an. „Die Dopaminbahn ist die letzte, die im Gehirn

Schneller schalten

In der Kindheit bildet das Hirn unzählige Nervenzellen und Verschaltungen (graue Substanz). Ab etwa 12 Jahren wird diese graue Substanz zunehmend auf ihre Nützlichkeit überprüft: Seltene gebrauchte Nervenverbindungen sterben ab,

der Anteil der grauen Substanz sinkt. Zugleich wächst die weiße Substanz – die Impulse der verbleibenden Hirnzellen werden nun viel schneller und zuverlässiger weitergeleitet. Das Gehirn gewinnt erheblich an Effizienz.

MRT-Aufnahme des Gehirns



Quelle: Paul Thompson, Ph. D. UCLA Laboratory of Neuroimaging

hoher Anteil grauer Substanz ←

→ hoher Anteil weißer Substanz



Sarah mit 10 Jahren

Sarah mit 14 Jahren

heranreift“, erklärt die Bielefelder Biologin Gertraud Teuchert-Noodt, Expertin für Transmittersysteme in der Hirnentwicklung. „Noch bis Anfang 20 kann man sie durch Drogenmissbrauch für immer durcheinanderbringen.“

Dazu passt die Beobachtung des Neuropfarmakologen Michael Koch: Der Bremer Forscher spritzte Ratten während ihrer Pubertät einen synthetischen Cannabiswirkstoff. Noch als erwachsene Tiere zeigten die Kifferratten deutliche Veränderungen im Dopaminsystem, sie wurden vergesslich und antriebschwach. Übertragen auf den Menschen, glaubt Koch, könnte diese chronische Überaktivierung des Dopaminsystems in einer sensiblen Phase auch dazu führen, dass Betroffene später im Leben nach harten Drogen greifen.

Selbst die plötzliche Neigung junger Menschen, abends lange auszugehen und sich dann zur ersten Schulstunde – wenn überhaupt – nur unter Protest aus dem Bett zu quälen, kann die Hirnforschung inzwischen erklären. Mit Beginn der Pubertät schüttet die Zirbeldrüse im Gehirn das Hormon Melatonin, den physiologischen Müdemacher, täglich zwei Stunden später aus als vorher; der Rhythmus verschiebt sich nach hinten.

Eine Hormonkaskade ist es auch, die den Startschuss für die Pubertät gibt: Die Zellen des Hypothalamus, einer wichtigen Steuerzentrale im Zwischenhirn, bilden den Botenstoff Neurokinin B, der wiederum die Produktion ei-

ner Substanz namens Gonadotropin-Releasing-Hormon anstößt. Dieser Stoff signalisiert über weitere Zwischenschritte Hoden und Eierstöcken, dass die Zeit gekommen ist, den heranwachsenden Körper mit den Sexualhormonen Testosteron und Östrogen zu fluten. Parallel dazu sorgen Wachstumshormone dafür, dass die Kinder in die Höhe schießen, sieben bis neun Zentimeter pro Jahr.

Auch wenn es vielen Eltern so vorkommt – sie müssen sich heutzutage nicht viel früher mit der Adoleszenz der Nachkommen herumschlagen als etwa ihre Eltern. Seit 1960 haben europäische Mädchen ihre erste Regelblutung im Schnitt mit etwa zwölfeinhalb Jahren. Noch hundert Jahre zuvor fand diese sogenannte Menarche erst mit etwa 17 Jahren statt, das lag vor allem an der schlechteren Ernährung junger Mädchen Ende des 19. Jahrhunderts: Damit der Reifungsprozess starten kann, muss ein Körperfettanteil von rund 17 Prozent erreicht werden. Bei den meisten Jungen setzt die Pubertät zwischen dem 12. und dem 15. Lebensjahr ein, im Schnitt sind sie also etwas später dran als die Mädchen.

Ob die Geschlechtsreife früh oder spät eintritt, hat indes Konsequenzen für das ganze Leben. Das hat die Jenaer Entwicklungspsychologin Karina Weichold herausgefunden, die eine der größten Längsschnittstudien zum Thema Pubertät leitet.

Zehn Jahre begleiteten Weichold und ihr Team eine Gruppe von 66 jungen Mädchen. Die Forscher filmten die heute 23-Jährigen bei Streitgesprächen mit ihren Müttern, maßen Hirnströme und Stresshormonspiegel, packten ihnen GPS-Geräte in den Rucksack, um zu schauen, wo sie ihre Freizeit verbrachten. Den Kern der Untersuchung aber bildeten regelmäßige, ausführliche Befragungen.

„Es hat eindeutig Konsequenzen, ob jemand frühreif oder spät dran ist“, erläutert Weichold: So entwickeln Mädchen, die schon mit elf Jahren die erste Regelblutung haben, ein auf Dauer schwierigeres Verhältnis zu ihren Müttern, gründen früher eine Familie, wechseln den Partner häufiger und sind oft beruflich weniger erfolgreich als ihre Geschlechtsgenossinnen. „Diese Mädchen mussten zu früh erwachsen werden“, erläutert Weichold, „zugleich neigen die Mütter dazu, ihre frühreifen Töchter besonders kurz zu halten – das führt zu Konflikten.“

Viel Leid und Ärger könnten sich die Eltern aufmüßiger Heranwachsender ersparen, glaubt der Erlanger Pubertätsexperte Ralf Dawirs, wenn sie sich beizeiten klarmachten, wozu die ganze Quälerei gut ist: „Die Pubertät hat ja den Zweck, dass der Jugendliche sich emotional von den Eltern entkoppelt“, erklärt der Buchautor. Das sei „eine biologische Notwendigkeit, sonst kann er nicht erwachsen werden“.

Streitlust, Risikofreude, Abgrenzung von den Alten – was heute als störend wahrgenommen wird, war laut Dawirs über weite Strecken der Menschheitsgeschichte überlebenswichtig. „Vor eineinhalb Millionen Jahren sind die Eltern meist gestorben, wenn die Kinder in die Pubertät kamen“, sagt er: „Das war die eigentliche Zeit des Erwachsenseins.“ Die Bereitschaft, Grenzen zu überschreiten, um sich weiterzuentwickeln, sei damals eine wichtige Qualität gewesen – „heute erleben die Jugendlichen diese Phase oft als Zeit der Verbote durch die Eltern, die mit Mitte 40 verständlicherweise noch nicht abtreten wollen“.

Das verlangt auch keiner. Gleichwohl, glaubt Dawirs, seien die Eltern gut beraten, dem biologischen Programm weitgehend seinen Lauf zu lassen: „Zu Beginn der Pubertät verschwinden die Kinder in einem emotionalen Nebel“, sagt der zweifache Vater, „umso schöner ist es, wenn sie dann als Erwachsene wieder rauskommen.“