

Das Versteckspiel der

Bisher konnten Forscher keine speziellen Gene für Intelligenz aufspüren. Dennoch ist Begabung zweifellos erblich, zumindest teilweise. Das Phänomen bildet sich anscheinend auf viel komplexere Art heraus als bisher vermutet.

Von Carl Zimmer

In Kürze

- Heutige Untersuchungsverfahren erlauben es, nach dem Hintergrund von Intelligenz sowohl im Erbmateriel als auch im Gehirn selbst zu forschen. Doch je weiter **die Suche nach Intelligenzgenen** vorankommt, desto rätselhafter wird das Bild.
- Intelligenz scheint sich demnach anders zu strukturieren als bisher angenommen. Vor allem dürfte das **Wechselspiel zwischen Anlage und Umwelt** unerwartet komplex und vielschichtig aussehen.

Ein langen Atem braucht Robert Plomin für seine Forschung. Der amerikanische Psychologe und Verhaltensgenetiker, der am Institut für Psychiatrie des Londoner King's College arbeitet, möchte das Wesen der Intelligenz ergründen. Vor Jahren schon initiierte er eine Langzeitstudie, in der er seitdem die geistige Entwicklung von weit über 20 000 Kindern verfolgt. Die Jungen und Mädchen müssen in regelmäßigen Abständen Fragen beantworten wie: »Was ist bei Wasser und Milch gleich?« oder: »In welcher Richtung geht die Sonne unter?« Früher geschah das im direkten Gespräch oder per Telefon. Inzwischen sind viele der jungen Teilnehmer Teenager, und sie bearbeiten die Tests per Internet.

Wenn man so will, erbrachte die Studie durchaus wichtige Zusammenhänge. Alle Kinder, die mitmachen, sind Zwillinge – anfangs 15 000, heute noch 13 000 Paare aus den britischen Jahrgängen 1994 bis 1996. Die Daten zeigen: Tendenziell haben eineiige Zwillinge durchgehend ähnlichere Messwerte

als zweieiige. Letztere wiederum gleichen einander in ihrer Intelligenz im statistischen Mittel mehr als nicht miteinander verwandte Kinder. Für die Wissenschaftler besagen diese Ergebnisse – wie auch weitere Studien –, dass Gene einen bedeutenden Anteil daran haben, wie Kinder in Intelligenztests abschneiden.

Intelligenzforscher Robert Plomin möchte aber mehr wissen: Er will jene Gene finden. Als er die Studie konzipierte, konnte er noch nicht ahnen, welche effektive Untersuchungsverfahren Genforschern bald zur Verfügung stehen würden. Heute durchmustert Plomins Team das Erbgut der Versuchsteilnehmer mit Hilfe spezieller Chips, so genannter Mikroarrays. Solche Chips können zugleich eine halbe Million verschiedene DNA-Schnipsel erkennen. Das leistungsstarke Verfahren erlaubt es nun, auf tausende Kinder angewendet, selbst solche Gene aufzuspüren, die sich nur in ganz geringem Grad auf die Leistungen in einem Intelligenztest auswirken.

Noch nie hatte jemand derart – vor allem in diesem Umfang – nach Erbanlagen für Intelligenz gefahndet. Umso kläglich war das Ergebnis, das hier schon einmal vorwegge-



Intelligenz

nommen sei: Lediglich sechs so genannte genetische Marker (charakteristische Abschnitte im Erbgut, die auf dort liegende Gene hinweisen) tauchten auf, die überhaupt irgendwie in einem engeren Zusammenhang mit dem Intelligenzwert zu stehen schienen. Bei der statistischen Auswertung wurde die Enttäuschung noch größer. Danach blieb nur ein einziges Gen übrig, und dieses erklärte gerade einmal 0,4 Prozent der Leistungsunterschiede (siehe Kasten S. 81).

Intelligenzforscher sind solchen Frust gewohnt – ob sie nun nach Genen suchen, Hirnaufnahmen vergleichen oder sich sonstige Raffinessen ausdenken, um zumindest ein paar der Prozesse zu erkennen, die ablaufen, wenn Erbanlagen und Umwelteinflüsse wie in einer komplizierten Choreografie die Intelligenz formen. Zwar beginnt sich langsam abzuzeichnen, inwiefern sich Intelligenzunterschiede im Aufbau des Gehirns und in manchen seiner Funktionen widerspiegeln. Auch sind einige Forscher damit befasst, ein neues Bild von Intelligenz zu entwerfen. Sie glauben, dass es im Grunde darauf ankommt, wie Informationen durch das Gehirn strömen. Trotzdem bleibt

Zur Verblüffung der Forscher gelang es ihnen bisher nicht, spezielle Intelligenzgene dingfest zu machen.



CARY WOLINSKY



Seit Jahrzehnten arbeitet der Verhaltensgenetiker Robert Plomin mit Zwillingen. Er möchte so die genetische Basis der Intelligenz ergründen. Doch die Suche erweist sich als unerwartet verzwick.



das Phänomen Intelligenz für die Forschung ein großes Rätsel. »Es ist schon erstaunlich, wie wenig wir letztlich darüber wissen«, meint die Psychologin Wendy Johnson von der University of Minnesota in Minneapolis.

Andererseits erscheint Intelligenz auch wieder leicht zu fassen. »Jeder erkennt sie bei anderen«, betont der Verhaltensgenetiker Eric Turkheimer von der University of Virginia in Charlottesville. »Jeder weiß, dass manche Leute gescheiter sind als andere, was immer das letztlich heißt.« Doch so einfach lässt sich dieses Bauchgefühl nicht in Wissenschaft ummünzen. Im Jahr 1996 hieß es in einem Artikel der American Psychological Association lapidar: »Menschen sind verschieden gut darin, komplexe Gedanken zu verstehen, sich auf ihre Umwelt einzustellen, aus Erfahrung zu lernen, logisch zu denken und Probleme durch Nachdenken zu lösen.«

Im frühen 20. Jahrhundert erdachten Psychologen alle möglichen Tests, um verschiedene Denkformen zu erfassen – zum Beispiel für Mathematik, Raumvorstellung oder Sprache. Um die Messergebnisse miteinander vergleichen zu können, schufen einige Forscher dann Standardskalen für Intelligenz. Am bekanntesten wurde der so genannte Intelligenzquotient oder IQ, wobei die Durchschnittsintelligenz gleich 100 gesetzt wird.

Ein IQ ist nun allerdings nicht irgendetwas Beliebiges. Denn er erlaubt durchaus recht verlässliche Voraussagen für verschiedene Lebensaspekte. So zeigt der Messwert eines kleineren Kindes etwa, wie gut es einmal in Schule oder Beruf zurechtkommen wird. Sogar wie alt jemand wird, hängt tendenziell vom IQ ab. Aber: »Sagt der IQ eines Menschen uns alles über seine geistigen Stärken und Schwächen? Oh nein!«, behauptet der In-

telligenzforscher Richard J. Haier von der University of California in Irvine. Und doch habe diese Zahl große Aussagekraft. »Vergleichen Sie das mit einem Arztbesuch. Als Erstes werden Blutdruck und Temperatur gemessen. Keiner behauptet, dass der Arzt jetzt alles über den Zustand seines Patienten weiß. Doch die beiden Zahlen liefern ihm wertvolle Anhaltspunkte.«

Nur – worüber gibt ein Intelligenztestwert Aufschluss? »Auf jeden Fall steckt irgendetwas dahinter«, meint der Kinderpsychiater Philip Shaw vom amerikanischen National Institute of Mental Health (NIMH) in Bethesda (Maryland), der die Gehirnentwicklung von Kindern vergleicht. Die einflussreichste Theorie zur Aussagekraft von solchen Messwerten ist über 100 Jahre alt. Sie stammt von dem britischen Psychologen Charles Spearman, der 1904 aufzeigte, dass Personen, die sich in einer Testart hervortun, in der Regel auch in anderen Verfahren gut abschneiden. Besonders groß war der Zusammenhang zwar nicht, doch befand Spearman ihn für deutlich genug, um eine Größe für generelle oder allgemeine Intelligenz zu deklarieren, die er G-Faktor (G-Wert) nannte.

Wie sich solch eine Allgemeinintelligenz in der Hirnentwicklung ausbilden könnte, war ihm aber nicht klar. Seit ein paar Jahrzehnten suchen Experten nun in Ergebnislisten von Intelligenztests, also für große Personengruppen, nach irgendwelchen erklärenden Mustern. Grob gesagt gibt es zwei Einflussbereiche: zum einen die Umwelt – also alles, was von außen kommt, vom Verhalten der Eltern bis hin zu Krankheiten; zum anderen die Gene oder besser das Erbgut, das dabei mitwirkt, wie das Gehirn heranreift.

Seit den 1960er Jahren gewinnen Wissenschaftler Erkenntnisse hierzu gern an Zwillingen. Die Idee dahinter: Falls Gene die Intelligenz überhaupt nicht beeinflussen, sollten die Testergebnisse eineiiger Zwillinge, die getrennt aufwachsen, einander im Durchschnitt nicht ähnlicher sein als die Werte von nicht miteinander verwandten Kindern. Gibt es aber genetische Einflüsse, müssten sich die Daten von eineiigen Zwillingen wegen ihrer im Prinzip identischen Genausstattung stärker ähneln.

Und tatsächlich: »Eineiige Zwillinge stimmen im Test ebenso gut überein wie ein und derselbe Mensch mit sich selbst, wenn man ihn ein Jahr später nochmals prüft«, weiß Plomin. »Sogar wenn sie getrennt aufwachsen, ähnelt sich ihre Intelligenz fast so stark, als würden sie zusammen groß werden.« Allerdings zeigt sich das erst mit den Jahren. Hierzu ergänzt der Psychologe: »Im Alter von 16 Jahren gleicht der IQ von Adoptivkindern

dem ihrer biologischen Eltern ähnlich stark wie der von bei den leiblichen Eltern aufgezo-genen 16-Jährigen.« Deswegen ist er davon überzeugt, dass Gene über die Intelligenz mit entscheiden, wenn auch bestimmt nicht allein.

Als er sich Anfang der 1990er Jahre entschloss, nach solchen Genen zu fahnden, hielten ihn viele seiner Kollegen für leicht verrückt. Mitsstreiter gab es zunächst kaum. Weil das menschliche Genom damals noch nicht kartiert war, konnte man es auch nicht, wie heute, einfach bei großen Personengrup-pen nach bezeichnenden Genen durchmus-tern. Allerdings hatten die Genetiker bereits etliche Erbanlagen identifiziert, von denen be-stimmte Mutationen (Varianten) oft mit geis-tiger Behinderung einhergehen. Darum ver-mutete Plomin, andere Varianten der gleichen Gene könnten geringfügigere Intelligenz-unterschiede bedingen. Folglich verglichen er und seine Mitarbeiter das Erbgut von Kin-dern, die in Intelligenztests entweder viel bes-ser oder deutlich schlechter als der Durch-schnitt waren. Zwar fanden sich so etwa 100 Gene, die in einer der beiden Gruppen auffal-lend häufig vorkamen, doch die Suche nach entscheidenden Varianten dieser Erbanlagen blieb ziemlich erfolglos.

Winziger Einfluss der Gene

Daraufhin weitete Plomin den Ansatz aus und prüfte nun Tausende von genetischen Mar- kern, deren Ort auf den Chromosomen be- kannt ist und die dabei helfen können, in ih- rer Nähe liegende Gene aufzuspüren. Immer- hin erschien es möglich, dass einzelne Marker bei einer von beiden Gruppen häufiger voka- men als bei der anderen, und das wiederum konnte bedeuten, dass dort ein Gen lag, das die Intelligenz beeinflusste (Kasten S. 78/79). Um selbst noch schwache Effekte zu erkennen, wurde die Zahl der teilnehmenden Kinder er- höht. Doch als Plomin schließlich glaubte, zu- mindest eine verdächtige Erbanlage gefunden zu haben – es handelte sich um das Gen *IGF2R* für einen im Gehirn aktiven Wachs- tumsfaktorrezeptor –, ließ sich der Befund mit anderen Datensätzen nicht reproduzieren.

Nun war zu überlegen: Müsste man für ein klares Ergebnis mit mehr Markern arbeiten, das heißt engere Maschen, ein feineres Netz über das Genom legen? Denn je näher zwei DNA-Abschnitte einander sind, desto eher bleiben sie zusammen, wenn die elterlichen Chromosomen Stücke austauschen. Vielleicht gab es ja doch Intelligenzgene – nur eben in so großer Distanz zum nächsten der gewähl- ten Marker, dass sie lediglich in einem Teil der Fälle mit ihm zusammen vererbt wurden und der Zusammenhang deswegen verwischte.

INTELLIGENZ MESSEN

Den ersten weithin angewandten Intelligenztest entwickelte im Jahr 1905 der französische Psychologe Alfred Binet. Dieser Test sollte die Schulleistungen von Kindern vorhersagen, vor allem auch zeigen, wer von ihnen eine Zusatzför- derung nötig haben würde. Seitdem werden spezielle Tests eingesetzt, um zum Beispiel Defizite im mathematischen oder sprachlichen Verständnis oder im räumlichen Denken zu erfassen, aber auch, um die Bandbreite normaler Intel- ligenz zu erkennen. Die Ergebnisse der gebräuchlichsten Mehrfach-Kognitions- tests korrelieren mit der schulischen Leistung. Dennoch erklären sie davon nur 25 Prozent. Da allerdings das Abschneiden in den verschiedenen Bereichen sol- cher Tests oft korreliert, scheinen diese Verfahren dennoch in etwa die allge- meinen geistigen Fähigkeiten zu erfassen.

Es gibt keinen spezifischen Test, der spezi- ell die allgemeine Intelligenz – »G« genannt – bestimmt. Sie wird vielmehr statistisch aus an- deren Ergebnissen erschlossen.



CARY WOLINSKY

Mittlerweile waren die eingangs erwähnten Mikroarrays verfügbar, die 500 000 Marker zugleich erfassten. Plomins Team nahm dies- mal von 7000 Kindern Abstriche der Mund- schleimhaut, aus denen es die DNA isolierte und mit den genetischen Chips prüfte. Plomins Kommentar zu dem vorn angedeute- ten kargen Befund von ganz wenigen über- haupt verdächtigen Erbanlagen, deren Ein- fluss auf die Intelligenz außerdem verschwin- dend gering war (Kasten S. 81): »Dass wir Intelligenzgene gefunden haben, behaupte ich lieber nicht. Es gab zu viele falsch positive Er- gebnisse. Die Effekte sind allenfalls so winzig, dass man schon sehr viele solche Studien bräuhete, um sich sicher sein zu dürfen.«

Aufschlussreich ist solch ein Befund nach Ansicht des Forschers dennoch. Seine Zwi- lingsstudien bestärken ihn nach wie vor in der Überzeugung, dass es Gene gibt, die sich auf die Intelligenz auswirken. »Letztlich sind tat- sächlich DNA-Unterschiede dafür verantwor- tlich. Nur wirkt sich jede bisher entdeckte Vari- ante lediglich ein ganz klein wenig aus. Wer hätte gedacht, dass selbst die größten Effekte nicht einmal ein Prozent ausmachen?« Hun- derte, vielleicht sogar tausende Gene dürften somit am erblichen Anteil von Intelligenz mit- wirken. An Erbanlagen, die spezifisch sprach- liche Fähigkeiten oder das räumliche Vorstel- lungsvermögen unterstützen, glaubt Plomin nicht. Denn seiner Zwillingsforschung zufolge erzielt ein Mensch in Tests auf verschiedene Be- gabungen oft überall ähnlich hohe Leistungen.

Zudem erkennt der Forscher in seinen Be- funden auch einiges dazu, wie sich das Verhal- ten der betreffenden Erbanlagen im Gehirn widerspiegelt: »Wegen der Vielzahl von Ge- nen mit jeweils kleinem Gesamteinfluss ist es höchst unwahrscheinlich, dass sie alle in ein-

DIE SCHWIERIGE FRAGE NACH AN- LAGE UND UMWELT

Zwillingsstudien sind seit Langem beliebt, um den Beitrag des Erbguts bezie- hungsweise der Umwelt zu individuellen Merkmalen zu erkennen. Wie stark ver- woben beides miteinander ist, auch dass es Wechselwir- kungen in beide Richtungen gibt, erkennen die Forscher zunehmend. Kürzlich lief auch beim **Mannheimer Zentralinstitut für Seelische Gesundheit** eine Studie an, in der an Zwillingen un- tersucht werden soll, inwiefern genetische Anlagen unsere individuellen Denkmuster und Hirnleistungen beein- flussen.



und demselben Hirnareal agieren.« Eher dürften diese intelligenzgekoppelten Faktoren ein großes Netzwerk beeinflussen, das verschiedene Hirnregionen umfasst. Womöglich, sinniert Plomin, hat jeder von ihnen je nach Gebiet eine Anzahl ganz unterschiedlicher Wirkungen. Dies genauer zu ergründen, dürfte aber wohl noch einige Zeit brauchen. Vor allem steht ja immer noch eine Liste von Erbanlagen aus, die unstrittig die individuelle Arbeitsweise des Gehirns mitbestimmen und die mit Intelligenztestwerten korrelieren.

Interessiert verfolgt der Psychologe derweil neuere Studien, in denen Forscher an Hirnaufnahmen untersuchen, ob man dem Denkorgan seine Intelligenz ansieht.

Philip Shaw und seine Kollegen am NIMH analysierten Hirnscans von Schulkindern, die im jährlichen Abstand aufgenommen worden waren. Sie verglichen dabei die Entwicklung der Hirnrinde, des Kortex – somit einer entscheidenden Struktur der Informationsverarbeitung, die sich bis über das 20. Lebensjahr hinaus verändert. Tatsächlich spiegelten sich die Intelligenztestwerte in den Hirnentwicklungsmustern.

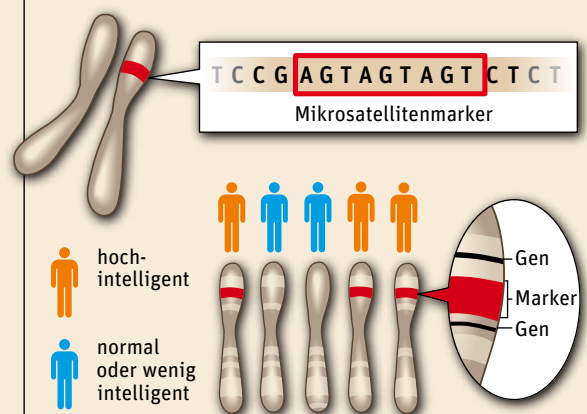
Generell nimmt die Rindendicke bei allen Kindern zuerst zu – durch neue Neurone und neue Verzweigungen der Nervenzellen. Später, wenn viele der zunächst angelegten Zellausläufer zurückgestutzt werden, wird der Kortex wieder dünner. Shaw entdeckte aber, dass diese Entwicklung in einigen Rindengebieten individuell etwas unterschiedlich abläuft – abhängig vom Intelligenzgrad. »Hochintelligente Kinder haben anfangs eine vergleichsweise sehr dünne Rinde. Am Ende ist sie dann aber insgesamt dicker als bei den meisten Kindern. Außerdem schrumpft sie bei den schlauen Teenagern besonders rasch.«

Andere Forscher stellten fest, dass bestimmte Hirnregionen bei Erwachsenen mit hohen Testwerten oft überdurchschnittlich groß ausgebildet sind. Dies hält Shaw zwar zumindest teilweise für einen Effekt von Außeneinflüssen. Allerdings seien jene Regionen auch bei Zwillingen tendenziell gleich groß. Demnach scheinen Gene hierbei zumindest mitzumischen. Kürzlich analysierte Richard Haier zusammen mit Rex Eugene Young von der University of New Mexico in Albuquerque die Daten von 37 Studien, in denen es

SUCHE NACH INTELLIGENZGENEN

Mit modernen genetischen Methoden

möchten Forscher herausfinden, inwiefern spezielle Gene die Intelligenz eines Menschen mitbestimmen. Dazu vergleichen sie die Genome vieler Personen mit unterschiedlich hohen Intelligenztestwerten hinsichtlich spezifischer Kennzeichen (in der Regel charakteristischer Sequenzen – so genannter Marker – der DNA), die sich etwa bei hoher Intelligenz häufen oder im Idealfall sogar nur dann auftreten. In dieser Hinsicht auffallende DNA-Abschnitte könnten auf benachbarte Intelligenzgene hinweisen – nur ließ sich bisher kein einziges solches Gen schlüssig nachweisen.



MARKERSEQUENZEN ALS SUCHHILFE

Als Marker kann eine kurze Sequenz auf der DNA dienen, bei der sich eine Bausteinfolge mehrfach wiederholt (ein so genannter Mikrosatellitenmarker). Falls ein bestimmter Marker vor allem bei hochintelligenten Menschen auftaucht, kann man dort in der Nähe nach Intelligenzgenen suchen.

um die Größe oder die Aktivität einzelner Hirnregionen ging. Wie Plomin vorhergesagt hätte, entdeckten sie kein einzelnes Intelligenzzentrum. Stattdessen machten sie an verschiedenen Stellen, sozusagen über die Hirnrinde verteilt, eine ganze Reihe einschlägiger Regionen ausfindig. Nach anderen Arbeiten könnten diese Gebiete jeweils auf eine bestimmte Kognitionsform bezogen sein. Haier's Kommentar dazu: »Wie es aussieht, begründet sich Intelligenz auf solch grundlegenden kognitiven Prozessen wie Aufmerksamkeit, Gedächtnis oder Sprachtalent.«

Die Studien befassten sich außer mit der Hirnrinde, auch graue Substanz genannt, mit den Verbindungssträngen zwischen Hirngebieten, der so genannten weißen Substanz. Wie sich zeigte, wirken diese Verbindungen bei hochintelligenten Menschen oft stärker geordnet als bei anderen. »Die weiße Substanz stellt praktisch die Verdrahtung dar«, sagt Haier. »Man könnte sich überlegen, dass Intelligenz zum einen mit Verarbeitungskapazität zusammenhängt, zum anderen mit Leitungsgeschwindigkeit. Die graue Substanz sorgt für die Verarbeitungskapazität, die weiße für die präzise abgestimmte Leitungsgeschwindigkeit« (siehe auch SdW 10/2008, S. 40).

Genau bei diesen beiden Funktionen des »Intelligenznetzwerks« vermutet Haier individuelle Unterschiede. Mag sein, dass bei hoher Intelligenz beide Bereiche gut ausgeprägt sind. »Vielleicht ragt aber auch nur eine Eigenschaft hervor. Ganz verschiedene Kombinationen könnten nach außen ein gleiches Bild abgeben. Somit mögen das zwei gleich intelligente

Menschen auf ganz anderem Weg erreichen.« Allerdings sei dies noch weit gehend spekulativ. Doch immerhin würden die Forscher den Hirnaufnahmen schon ein viel genaueres Verständnis des Phänomens Intelligenz verdanken: »Kennt man die Menge von grauer Substanz an wenigen bestimmten Stellen, vermag man den gesamten IQ vorherzusagen.« Möglicherweise müssten sich Schüler bald nicht mehr stundenlangen Eignungstests unterziehen, sondern sich nur für zehn Minuten in einen Hirnscanner legen.

Im Gehirn nichts Greifbares

Solche Schlüsse halten andere Psychologen für verfrüht. Nach ihrer Ansicht sollte man weder dem IQ noch dem G-Wert eine so große Bedeutung beimessen. Im geistigen Bereich spiele sich sehr viel mehr ab, als dass räumliche Körper in der Vorstellung gedreht oder Muster ergänzt werden. »Ich halte die menschliche Intelligenz für eine sehr komplexe Sache mit vielen Facetten«, erklärt der Verhaltensgenetiker Eric Turkheimer. Leider hätten die Forscher jene anderen Seiten bisher vernachlässigt. »So nützlich ein G-Faktor in vielem ist – ich glaube deswegen doch nicht, dass die menschliche Intelligenz etwas Einheitliches darstellt. Im Gehirn gibt es nichts Greifbares, das sozusagen dem G-Wert entspricht« – so, wie wir uns beim Reisen der Längen- und Breitengrade bedienen, obwohl sie nicht in die Erde eingekerbt sind.

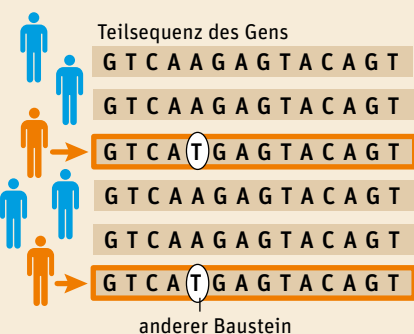
Dagegen verteidigt Wendy Johnson den G-Faktor – weil er zumindest etwas Wesentliches aufzeige. Doch auch sie glaubt nicht, dass es für Intelligenz eine allgemeine, einheitliche



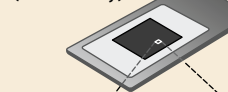
Statt stundenlange Eignungstests zu absolvieren, könnten sich Schüler bald kurz in einen **Hirnscanner** legen

VERDACHTSGENE IN DER PRÜFUNG

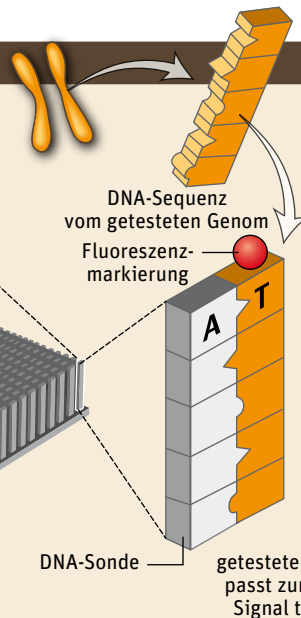
Gene in der engeren Auswahl – darunter auch solche, von denen schon vorher eine Wirkung auf eine Hirnleistung bekannt war – können auf Mutationen überprüft werden, etwa den Austausch eines einzigen Bausteins. Falls eine Variante eher bei hoher Intelligenz vorkommt, könnte es sich um ein die Intelligenz beeinflussendes Gen handeln.



gerasterte Prüfpalette (Mikroarray)

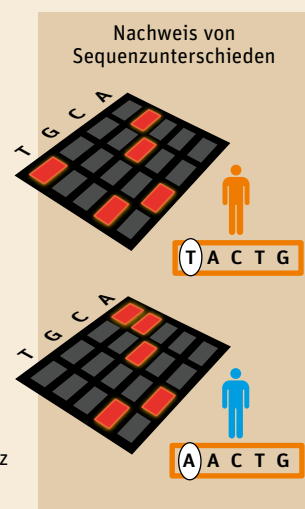


Zelle der Prüfpalette mit vielen DNA-Sonden (hier Säulen)



GENOM IM TESTRASTER

Mit Testrastern (Mikroarrays), die eine große Anzahl Kurzsequenzen erkennen, wird die DNA vieler Personen auf Unterschiede von Genen und regulatorischen Sequenzen hin untersucht. Passt ein DNA-Abschnitt auf eine vorgegebene Sequenz im Testraster, erscheint dort ein Fluoreszenzsignal. So möchte man Gene beziehungsweise bestimmte Varianten finden, welche die Intelligenz beeinflussen (rechts).





Messlatte gibt. »Intelligenz hat schon auch allgemeine Seiten. Trotzdem führt bei mir etwas anderes dazu als bei Ihnen. Das Gehirn ist so plastisch, dass jeder seine ganz eigene, verschiedenartige allgemeine Intelligenz herausbildet.«

Die Rolle von Genen hierbei festzumachen, dürfte auf jeden Fall sehr schwierig werden. Außerdem könnte sich so manche zunächst verdächtige Erbanlage bei näherer Betrachtung als Gen entpuppen, das die Intelligenz nur indirekt, über andere Wege, mitbestimmt – das im Gehirn selbst gar keine entsprechende Funktion besitzt. Turkheimer erklärt das an einem konstruierten Beispiel: Ein bestimmtes Gen beeinflusst die Weite des Geburtskanals. Frauen mit einer Variante für ein enges Becken hätten dann schwerere Geburten. Für ihre Kinder stiege dadurch das Risiko, Sauerstoffmangel zu erleiden. Im Durchschnitt erreichen die Kinder betroffener Frauen somit etwas niedrigere IQ-Werte als Kinder, deren Mütter die Genvariante für ein weites Becken tragen. Und da ein Teil die mütterliche Genvariante geerbt hat, könnte man verleitet sein, diese Erbanlage zum Intelligenzfaktor zu erklären.

Turkheimers eigene Befunde komplizieren die Sachlage noch zusätzlich. Der Forscher erkannte, dass das gleiche Gen je nach Außenbedingungen anders agieren kann. Er hatte bemerkt, dass an den Zwillingsstudien auffallend wenig arme Kinder teilnahmen. »Sehr arme Menschen haben weder Zeit noch Mit-

tel noch überhaupt Interesse an dergleichen.« Er fand dann aber andere Datensätze mit vergleichsweise mehr armen Kindern. So vermochte er die Intelligenztestdaten von einigen hundert Zwillingen mit ihren sozioökonomischen Lebensverhältnissen abzugleichen, wobei neben dem Familieneinkommen unter anderem auch die Bildung der Eltern berücksichtigt wurde. Für Kinder aus gut gestellten Familien galt: Varianten der IQ-Werte gingen zu rund 60 Prozent auf Erbanlagen zurück. Doch erstaunlicherweise fand sich bei den schlecht gestellten Kindern so gut wie kein solcher – genetischer – Einfluss.

Armut unterdrückt Geneinfluss

Dieses Ergebnis erschien im Jahr 2003, und im Mai 2007 konnten die Forscher das Gleiche an einem weiteren Datensatz aufzeigen. Diesmal hatten sie 839 Zwillingspaare verglichen, die 1962 an einem Stipendientest teilgenommen hatten. Wie bei der ersten Studie auch bestimmten Gene die Leistungsunterschiede von armen Kindern nur wenig mit. Sehr viel stärker taten sie das bei Kindern aus besseren Verhältnissen. Hieraus folgert Turkheimer: Armut bringt so mächtige Umwelteinflüsse mit sich, dass diese die Intelligenz lebenslang prägen, was schon im Mutterleib beginnt, während der ganzen Schulzeit geschieht und auch später noch fortdauert. Anscheinend können sich die genetischen Anlagen überhaupt erst in einer ökonomisch erträglichen und finanziell stabilen Umwelt bemerkbar machen.

Überdies vermögen umgekehrt aber auch Gene Umweltwirkungen auf die Intelligenz zu verändern. Britische Wissenschaftler entdeckten kürzlich, dass Stillen den IQ verbessern kann – allerdings galt das nur, wenn die Kinder eine bestimmte Variante eines bestimmten Gens besaßen. Brustkinder mit einer anderen Variante unterschieden sich nicht von Flaschenkinder.

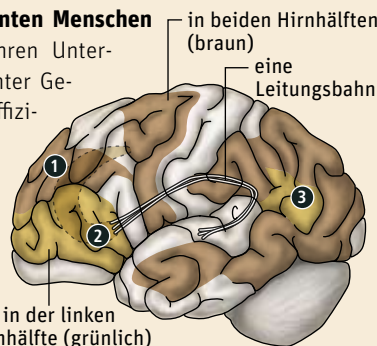
Weiterhin könnten sich Gene auch über das Verhalten eines Kindes auf die Intelligenzentwicklung auswirken. »Jeder schafft sich seine eigene Umwelt«, sagt dazu Wendy Johnson. »Einem Kind, das sich für Rechnen oder Kunst interessiert, wird man sicherlich eher ein Mathebuch oder Farbstifte geben. Nun übt es damit und wird sich bald von anderen Kindern abheben. Eltern reagieren eben auf

AUFSCHLUSSREICHE HIRNAUFNAHMEN

Zwischen hoch- und weniger intelligenten Menschen

zeigen die neuen bildgebenden Verfahren Unterschiede in Größe und Aktivität bestimmter Gehirnregionen. Wichtig scheint auch die Effizienz des Informationsaustauschs zu sein.

Nach diesen Daten nehmen Gebiete für logisches Denken (1), Sprache (2) oder die Integration von Sinnesreizen (3) unter anderem Einfluss. Zudem scheint es auch auf die Organisation der großen Leitungsbahnen anzukommen.



Dicke der Hirnrinde
dünner Durchschnitt dicker

Die Entwicklung der Kortexdicke verläuft individuell unterschiedlich. Bestimmte Bereiche sind bei Kindern mit einem hohem IQ zuerst auffallend dünn, doch am Ende der Schulzeit sind diese Gebiete dicker als im Durchschnitt. Noch kennt man den Zusammenhang mit der Informationsverarbeitung nicht.



HIRN-ILLUSTRATION OBEN: JEN CHRISTIANSEN, NACH: REX EUGENE JUNG, UNM, UND RICHARD J. HAJER, UCI; REIHE UNTEN: PHILIP SHAW, NIMH CHILD PSYCHIATRY BRANCH

RIESENSTUDIE MIT WINZIGEM ERGEBNIS

Die bis dahin größte Studie zu möglichen Intelligenzgenen lieferte lediglich sechs Kandidaten (beziehungsweise auffällige Sequenzen). Sie umfasste 7000 Teilnehmer und eine halbe Million genetische Marker. Jeder der ermittelten Erbsabschnitte hat an der Intelligenz nur einen winzigen Anteil. Drei davon liegen zwischen Genen, die übrigen gehören zu Genabschnitten, die nicht für ein Protein kodieren.

Alle diese Sequenzen könnten bei der Genregulation mitwirken. Allerdings erscheint es wegen der Funktion der drei ermittelten Gene durchaus möglich, dass die gefundenen Erbsabschnitte weniger unmittelbar das kognitive Vermögen beeinflussen als die Hirnentwicklung und Arbeitsweise von Zellen geringfügig modifizieren.

SEQUENZ	LAGE IM GENOM	FUNKTION DER UMGEBENDEN DNA	BEITRAG ZUR INTELLIGENZ
1	zwischen Genen	unbekannt	0,2 Prozent
2	zwischen Genen	unbekannt	0,2 Prozent
3	zwischen Genen	unbekannt	0,1 Prozent
4	im Gen <i>DNAJC13</i>	kodiert für ein so genanntes Chaperon (Helferprotein), das viele Zellfunktionen unterstützt	0,4 Prozent
5	im Gen <i>TBC1D7</i>	kodiert für ein Protein, das ein Enzym aktiviert, welches bei der Proteinherstellung, Zellinstandhaltung und Verarbeitung von Sinnesinformationen mitwirkt	0,1 Prozent
6	im Gen <i>FADS3</i>	kodiert für ein Protein, das bei der Synthese von Fettsäuren mitwirkt und ihre Konzentration in Zellmembranen reguliert	0,2 Prozent

das, was ihre Kinder tun. Das messen unsere Modelle allerdings kaum.«

Ein ähnlicher Zusammenhang könnte auch einen höchst eigenartigen Befund bei Zwillingen erklären: Der genetische Einfluss auf die Intelligenz verstärkt sich mit zunehmendem Alter. Anscheinend wirkt sich mit der Zeit aus, wie Menschen ihr intellektuelles Umfeld gestalten. Wer neue Erlebnisse sucht, Bücher liest und Gespräche liebt, verändert dadurch letztlich auch sein Gehirn – ein Effekt, der wächst, wenn man sein Leben zunehmend selbst in die Hand nimmt. »Intelligenz ist sozusagen eine emergente Eigenschaft des Gehirns, etwas, was daraus hervortritt«, sagt Shaw. »Fast mit Sicherheit ist es nicht so, dass jemand – sagen wir – 15 Gene mitbekommt, die dann vorgeben, wie sich das Gehirn ausbildet und wie intelligent jemand schließlich sein wird.«

Zwar gelang es den Wissenschaftlern bisher kaum, dem hochkomplexen Phänomen Intelligenz auf die Schliche zu kommen. Dennoch sehen viele von ihnen in solchen Forschungen zumindest einigen praktischen Wert, und das treibt sie zum Weitermachen an.

So erhofft sich Richard Haier von den Hirnstudien Anregungen für einen möglichst optimalen Schulunterricht. Auf eine bestmögliche Ausbildung komme es jetzt, zu Beginn

des 21. Jahrhunderts, unbedingt an. Plomin wiederum hält die Kenntnis des genetischen Profils von Kindern für hilfreich, um sie gut fördern zu können. Und er malt sich aus: Sollten in den Erbgutanalysen irgendwann doch noch Intelligenzgene auftauchen, würde es sich anbieten, Kinder auf ihre individuellen Varianten hin zu untersuchen. Er stellt sich einen Index vor, der das genetische Risiko für bestimmte Lernschwächen anzeigt. So müsste man nicht mehr abwarten, welche Kinder zum Beispiel schwer lesen lernen, sondern man könnte den gefährdeten Schülern schon vorher spezielle Hilfen anbieten.

Manchen seiner Kollegen genügt es zu wissen, dass sie es mit einem besonders faszinierenden Phänomen der menschlichen Natur zu tun haben. »In vieler Hinsicht machen wir im Zusammenhang mit Intelligenz und Intelligenzmessungen so gute Voraussagen wie sonst in der gesamten Psychologie nicht«, bemerkt Eric Turkheimer. »Solche Testwerte, etwa von einem Schuleingangstest, sind zwar nicht vollkommen, aber über das spätere Abschneiden in praktisch allen Bereichen sagen sie wesentlich mehr aus als ein Persönlichkeitsprofil. Intelligenz ist eine psychologische Größe, die Vorhersagen erlaubt. Man darf sie nur nicht auf Zahlen reduzieren wollen.«



Carl Zimmer ist Wissenschaftsjournalist in den Vereinigten Staaten und Autor von über einem halben Dutzend Büchern zu biologischen und medizinischen Themen.

Butcher, L. M. et al.: Genomewide Quantitative Trait Locus Association Scan of General Cognitive Ability Using Pooled DNA and 500K Single Nucleotide Polymorphism Microarrays. In: *Genes, Brain and Behavior* 7(4), S. 435–446, 22. Januar 2008.

Jung, R. E., Haier, R. J.: The Parieto-Frontal Integration Theory (P-FIT) of Intelligence: Converging Neuroimaging Evidence. In: *Behavioral and Brain Science* 30, S. 135–154, April 2007.

Shaw, P. et al.: Intellectual Ability and Cortical Development in Children and Adolescents. In: *Nature* 440, S. 676–679, 30. März 2006.

Weblinks zu diesem Thema finden Sie unter www.spektrum.de/artikel/995467.

