Wie unterscheiden sich eine durchschnittliche begabte und eine hochbegabte Person?

Mémoire 2025-2026

Emilie Richartz

2CLG

Directeur de Mémoire :

Misch Fonck

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung und generelle Kenntnisse **2**

Einleitung 2

Hochbegabung 2

Intelligenzquotient 3

Das Gehirn 3

2. Menschliche Intelligenz **8**

Gehirnvolumen 8

Gehirnareale 8

Netzwerk-Konnektivität 11

Parieto-Frontale Integrationstheorie 11

3. Auswirkungen einer erhöhten Intelligenz **14**

Positive Auswirkungen 14

Negative Auswirkungen 16

Bedeutung einer Hochbegabung: Vorteil, Belastung oder beides? 20

4. Die Ursprünge der Unterschiede **22**

Genetik 22

Umfeld 23

5. Fazit **24**

6. Quellenverzeichnis **25**

1. Einleitung und generelle Kenntnisse 25

Hochbegabung 25

Intelligenzquotient 25

Das Gehirn 25

2. Die neuronalen Unterschiede 26

Gehirnvolumen und Einteilung der Masse 26

Gehirnareale 26

Unterschiedliche Netzwerk-Konnektivität 27

3. Auswirkungen einer erhöhten Intelligenz 27

Positive Auswirkungen 27

Negative Auswirkungen 27

4. Die Ursprünge der Unterschiede 27

Genetik 27

Umfeld 27

1. Einleitung und generelle Kenntnisse

Einleitung

In dieser Arbeit habe ich mir die Frage gestellt, wie sich hoch- und durchschnittliche Personen voneinander unterscheiden.

Die Problematik bezieht sich auf biologische Unterschiede im Gehirn, wie beispielsweise unterschiedliche oder auch bessere Netzwerk-Verbindungen aber auch Gehirnareale, die möglicherweise eine wichtigere Rolle in der Entwicklung einer erhöhten Intelligenz spielen. Allerdings sind auch die Auswirkungen dieser biologischen Unterschiede in der Frage miteinbezogen. Wie verändert sich ein Leben durch eine intellektuelle Hochbegabung? Welche Einflüsse kann eine solche auf die Zukunft von hochbegabten Kindern haben und sind diese Einflüsse positiv oder negativ? Sind psychische und physische Herausforderungen wahrscheinlicher oder unwahrscheinlicher mit einer Hochbegabung?

Ist eine Hochbegabung ein Vorteil, Nachteil oder beides?

Das ist die schlussendliche Frage, die ich versuchen werde mithilfe dieser Arbeit und der anfänglichen Problematik zu beantworten.

Hierfür muss zuerst definiert werden, was Intelligenz ist, wie sie gemessen wird und wo sie sich im Gehirn befindet, wenn sie überhaupt lokalisiert werden kann. Um dies zu verstehen, benötigt es ein gewisses Verständnis einer Hochbegabung, der Intelligenz und des Gehirns, was ich versuchen werde in den folgenden Abschnitten zu ermöglichen. Anschließend widme ich mich der ausgehenden Problematik, indem ich versuche den aktuellen Wissensstand der Wissenschaft zu den biologischen Faktoren der Intelligenz zusammenzufassen sowie bestehendes Wissen und Theorien zu den Auswirkungen einer Hochbegabung zu erläutern. Mit den Ergebnissen dieser Recherche werde ich schlussendlich die gestellte Frage bestmöglich beantworten.

Hochbegabung

Als Hochbegabung definiert man eine sehr hohe Ausprägung der Begabung in einem bestimmten Bereich, die weit über dem Durchschnitt liegt. Meist wird an die Intelligenz oder den Intellekt gedacht, wann von einer Hochbegabung gesprochen wird, doch es ist wichtig hervorzuheben, dass es verschiedene Bereiche der menschlichen Begabung gibt. Die Intelligenz ist nur einer von diesen. Insgesamt lassen sich fünf Begabungsbereiche differenzieren, die jeweils verschiedene Leistungsbereiche haben: die intellektuelle Begabung (Intelligenz), die soziale Begabung (interpersonale Kompetenz), die musische Begabung (Musikalität), die bildnerisch-darstellende Begabung und die psychomotorische (praktische) Begabung. Eine Person kann in mehreren Bereichen hochbegabt sein, und in anderen Bereichen unterdurchschnittliche Leistungen zeigen [1.2.: 1, 2, 3].

Diese Arbeit wird sich überwiegend mit der intellektuellen Begabung befassen.

Eine intellektuelle Hochbegabung ist eine hohe Ausprägung des Intellekts und der Intelligenz. Der Intellekt bezeichnet die menschliche Fähigkeit die das Denken, die Abstraktion[1], die Konzeptualisierung[2] und das Urteilsvermögen ermöglicht. Hierzu zählen beispielsweise, aber nicht ausschließlich, die Unterscheidung zwischen Wahrheit und Falschheit, sowie die Fähigkeit über die unmittelbare Wahrnehmung hinaus zu denken, die Anwendung der Vernunft und das abstrakte und philosophische Denken. Die Intelligenz hingegen bezieht sich auf die allgemeine Fähigkeit zu lernen, sich anzupassen und Probleme zu lösen. Beide Instanzen arbeiten Hand in Hand [1.2.: 5, 6, 7, 8].

Das am häufigsten verwendetes Modell, um die intellektuelle Begabung zu messen ist der Intelligenzquotient, auch IQ genannt [1.2.: 2]. Auf diesen wird im folgenden Teil dieses Kapitels genauer eingegangen.

Intelligenzquotient

Der Intelligenzquotient (IQ) ist das Modell, was am häufigsten genutzt wird, um die intellektuelle Leistungsfähigkeit zu messen. Dieser wird in einer Zahl auf einer Skala ausgedrückt, welche mithilfe von Intelligenztests festgelegt wird. Der Durchschnittswert der europäischen Bevölkerung liegt bei einem IQ von 100. Hierbei wird mit einbezogen, dass eine Standardabweichung von +/- 15 Punkten normal ist. Sollte der IQ jedoch um zwei oder mehr Standardabweichungen höher oder tiefer sein als der Durchschnitt, gilt die Person als über- oder unterdurchschnittlich begabt. Auf der deutschen (und meist auch europäischen) Skala liegen diese Werte bei 70 und tiefer oder 130 und höher. Es gibt eine ähnliche Menge an Fällen in beiden Gruppen; etwa 2 % der Bevölkerung entsprechen diesen Kriterien und werden als unter- oder überdurchschnittlich begabt eingestuft. Je weiter man sich vom Durchschnittswert entfernt, desto kleiner wird die Zahl an Betroffenen [1.3.: 1, 2].

Das Gehirn

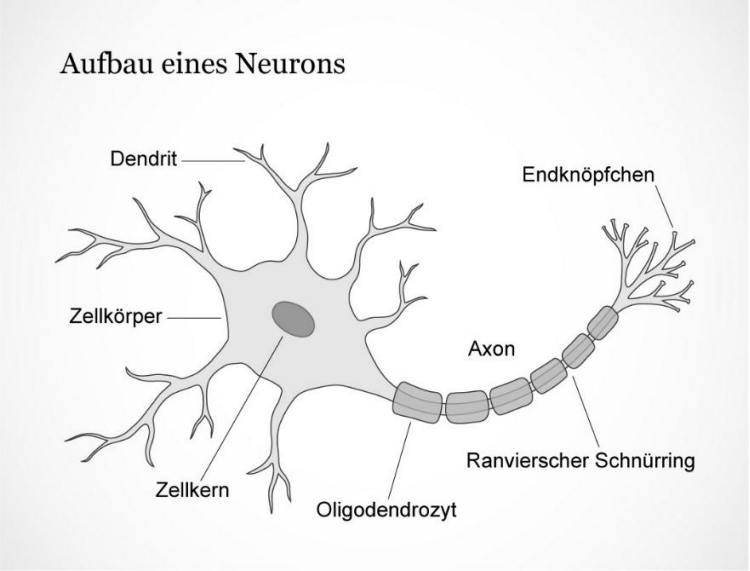
Das Gehirn ist wohl eines der komplexesten Organe, welches zuständig für grundlegende und lebenswichtige Funktionen (Kreislauf, Atmung, Schlaf, etc.), aber auch für höhere kognitive Funktionen (wie beispielsweise das Denken und Sprechen) ist. Es befindet sich innerhalb des Schädels [1.4.: 1,2]. Das Nervensystem des Menschen besteht zum größten Teil aus Nervenzellen (*Neuronen*) und Gliazellen[3]. Die Neuronen wandeln Außenreize in elektrische Impulse um und leiten diese weiter. Afferente Neuronen leiten Informationen und Reize, die

[1] Der Begriff Abstraktion beschreibt die Fähigkeit, Einzelheiten in einem Denkprozess wegzulassen und zu verallgemeinern. Dies vereinfacht das Lernen und Erklären von neuen Konzepten [1.2: 9].

[2] Konzeptualisierung bezeichnet den Prozess der Bildung einer Idee im Kopf und dem Verständnis von komplexen Konzepten. Dies hängt oft mit Fähigkeit, kreativ zu denken, zusammen [1.2.: 10, 11]

[3] Die Nervenzellen werden von isolierenden Gliazellen getrennt. Sie bilden die extrazelluläre Flüssigkeit im Nervensystem. Die Gliazellen sind größtenteils für die Stabilität des Nervensystems zuständig, wobei sie aber auch eine Rolle bei der Immunabwehr, der Ernährung und der Reizweiterleitung spielen [1.4.: 4].

von den Sinneszellen[4] wahrgenommen werden, zum Gehirn und efferente Nervenzellen senden Impulse vom Zentralnervensystem (*ZNS*) zu den Muskeln oder Drüsen [1.4.: 4,5,6].

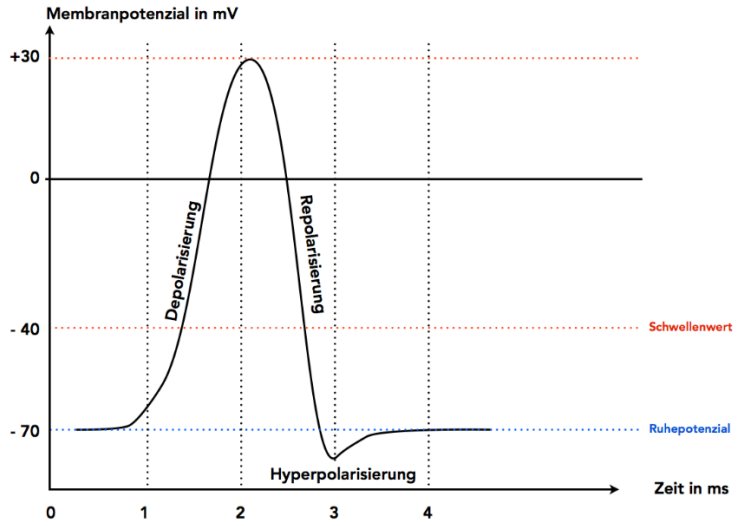


[1.4.: 8]

Eine Nervenzelle besteht aus einem Zellkörper (*Soma*), in dem sich der Zellkern befindet. Vom Zellkörper gehen Fortsätze namens Dendriten aus. Diese empfangen elektrische Impulse von anderen Nervenzellen, die dann über das Axon (auch *Neurit*) zu einer Muskelzelle, einer Drüse oder der nächsten Nervenzelle geleitet wird. Das Axon ist der längste Fortsatz der Nervenzelle, von dem sie meistens nur einen besitzt. Dieses endet in einem Endknöpfchen, das in der Regel an einen Dendriten eines anderen Neurons oder im Körper an eine Muskelzelle angrenzt. Im Gegensatz zu den Dendriten ist das Axon für die Weiterleitung der Impulse zuständig [1.4.: 4,6]. Diese Weiterleitung erfolgt durch eine Änderung der elektrischen Spannung des Axons. Wenn dieses nicht stimuliert ist, befindet es sich in einem sogenannten Ruhepotential. Hierbei ist die Nervenzelle negativ geladen. In ihrem Inneren befinden sich eine Menge an positiven Kalium-Ionen und negativ geladenen Proteinen, während sich außerhalb (*extrazellulärer Raum*) viele positive Natrium-Ionen und negative Chlorid-Ionen befinden. In der Zellmembran befinden sich Natrium-Kalium-Pumpen, die jeweils circa drei Natrium-Ionen aus dem Inneren der Nervenzelle heraustransportieren und diese mit zwei Kalium-Ionen ersetzen. Das innere der Nervenzelle verliert demnach an positiver Ladung, weswegen sie negativ geladen ist. Beim Menschen liegt dieses Ruhepotential je nach Zelltyp zwischen -50 und -100 Millivolt (mV). Wenn die Nervenzelle aktiviert wird (*Depolarisation*), öffnen sich in der Zellmembran für kurze Dauer Ionenkanäle, durch die Natrium-Ionen in die Zelle hinein- und Kalium-Ionen aus der Zelle hinausströmen. Dies sorgt dafür, dass das elektrische Potenzial der Zelle für rund 1 Millisekunde positiv (+20 mV) wird (*Aktionspotential*). Nach 1 Millisekunde strömen die Natrium-Ionen wieder hinaus und es kommt zur Repolarisation, in der das Ruhepotenzial der Zelle erneut hergestellt wird. Die elektrische Ladung, die durch die Depolarisation hergestellt wird, läuft mit hoher Geschwindigkeit das Axon herab. Dieses ist mit einer Myelinschicht

[4] Sinneszellen sind spezialisierte Zellen die äußeren Reize (chemische, elektrische oder mechanische) in nervöse Erregung umwandeln und diese zum ZNS weiterleiten [1.4.: 17].

(*Oligodendrozyten & Schwann-Zellen*) isoliert, welche für eine schnellere Übertragung des Potenzials sorgt, da die Depolarisation nur dort eintreten kann, wo das Axon nicht von Schwann-Zellen umgeben ist, und an der extrazellulären Flüssigkeit liegt (*Ranviersche Schnürringe*). Das elektrische Potenzial springt demnach von Schnürring zu Schnürring (*saltatorische Erregungsleitung*), bis es schlussendlich am Ende der Nervenzelle ankommt. Das Axon endet in einem winzigen Endknöpfchen, das kleine Bläschen (*Vesikel*) mit Neurotransmittern (chemischen Botenstoffen) enthält. Diese werden über die Synapse in den synaptischen Spalt (der die Synapse von den Dendriten der nächsten Nervenzelle trennt) freigesetzt. Die folgende Nervenzelle nimmt sie durch die Rezeptoren an den Dendriten auf, und die Neurotransmitter lösen dort einen erneuten elektrischen Impuls aus. Diese Weiterleitung erfolgt, bis das Signal an seinem Ziel angelangt ist [1.4.: 4,6,10].



[Aktionspotential, 1.4.: 9]

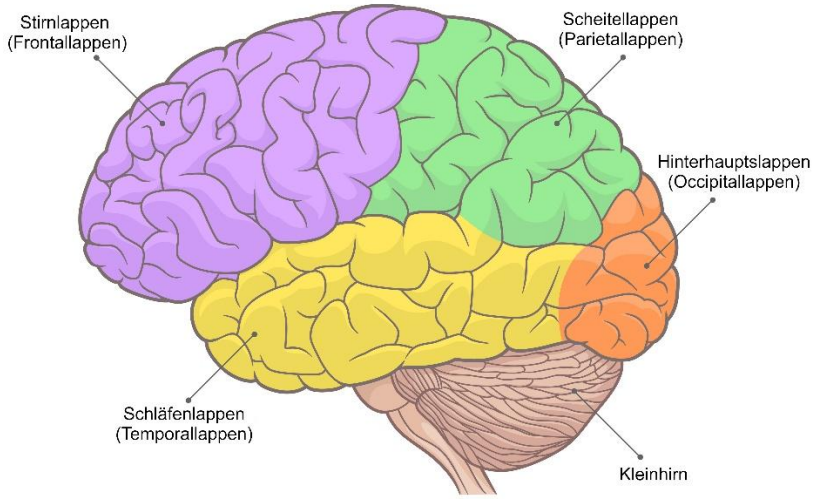
Die Nervenzellen bilden gemeinsam das gesamte Nervensystem. Dieses kann in Zentralnervensystem (*ZNS*) und Peripheres Nervensystem (*PNS*) eingeteilt werden. Zum ZNS gehören das Rückenmark, der Hirnstamm und das Gehirn. Das Periphere Nervensystem besteht aus Nervenfasern, die vom Rückenmark aus sich im gesamten Körper verteilen.

Das Rückenmark leitet Impulse und Reize vom Gehirn zum Körper und vice versa. Das Gehirn kann grob in drei Hauptbereiche eingeteilt werden; das Großhirn, das Zwischenhirn, das Kleinhirn und den Hirnstamm [1.4.: 1,2,4]. Der Hirnstamm bildet den Übergang von Rückenmark zu Gehirn und ist zuständig für lebenswichtige Funktionen wie u. a. Atmung und Kreislauf. Ebenfalls ist es der Ort, wo die Nervenbahnen aus dem Körper sich kreuzen, weswegen die rechte Gehirnhälfte für die linke Körperhälfte zuständig ist, und umgedreht.

Der untere Abschnitt des Gehirns ist das Kleinhirn das z.B. für Gleichgewicht und Koordination wichtig ist.

Das Zwischenhirn befindet sich im Inneren des Gehirns unter den Großhirnhemisphären und liegt am Hirnstamm. Es hat Funktionen wie beispielsweise das Bewusstsein, das Filtern von sensorischen Eindrücken oder auch die Regulation vom Tag-Nacht-Rhythmus.

Über das Kleinhirn und das Zwischenhirn legen sich die beiden Großhirnhemisphären, welche in Frontallappen (Stirn), Parietallappen (Scheitel), Temporallappen (Schläfen) und Okzipitallappen (Hinterkopf) eingeteilt werden. Die beiden Hemisphären werden durch den Balken verbunden, über welchen sie Informationen austauschen können [1.4.: 3].



[Gehirnlappen, 1.4.: 12]

Besonders der Frontallappen (auch *Lobus frontalis* oder Stirnlappen) ist wichtig für die intellektuelle Hochbegabung, da dieser die meisten Aufgaben in Bezug auf das Denken, den höheren Intellekt, das Sprechen aber auch die Persönlichkeit und das soziale Verhalten übernimmt. Der Frontallappen ist der größte Lappen der Hirnrinde und befindet sich, wie der Name schon sagt, im vorderen Teil (Stirnbereich) des Großhirnes. Er kann in drei Bereiche eingeteilt werden: den Primären Motorcortex, den Prämotorischen Cortex und den Präfrontalen Cortex. Der Primäre Motorcortex und der Prämotorische Cortex arbeiten eng zusammen. Ersterer *steuert* das Ausführen von Bewegungen, währen letzterer die notwendigen Bewegungen *auswählt*.

Der Präfrontale Cortex (PFC) ist das höchste Assoziationsareal[5] des Gehirns. Er befindet sich im vorderen Bereich des Frontallappen und zu seinen Funktionen gehören:

- das Lernen
- die Handlungssteuerung
- die Handlungsplanung (von unmittelbaren und nicht unmittelbaren Handlungen)
- die Antizipation von Handlungskonsequenzen
- das Lösen von neuen Problemen mithilfe bereits gemachter Erfahrungen
- die Konzentration
- das Arbeitsgedächtnis
- komplexe Planungen
- kombinatorisches Denken
- die Initiative
- die Entscheidungsfindung

[5] Assoziationsareale haben keine unmittelbaren Verbindungen mit Sinnesorganen, sondern erhalten schon stark verarbeitete Informationen. [1.4.: 2]

- verschiedene Aspekte des Kurz- und Langzeitgedächtnisses
- ethisches und soziales Verhalten
- die Sprachmotorik (das Broca-Areal)

Das Zentralnervensystem besteht aus der grauen und der weißen Substanz (*substantia grisea* und *substantia alba*). [1.4.: 13, 14].

Die graue Substanz umfasst die Bestandteile des ZNS, die sich zum überwiegenden Teil aus Zellkörpern der Nervenzellen und zu einem geringeren Teil aus nicht-myelinisierten Axonen zusammensetzen. Ihr Gegenstück, die weiße Substanz besteht zum größten Teil aus myelinisierten Axonen. Die Zellkörper der Nervenzellen haben die Funktionen der Reizaufnahme und -verarbeitung, sowie der Generierung von Aktionspotentialen. Die Axone, im Gegensatz, dienen der Weiterleitung von diesen Nervenimpulsen [1.4.: 15, 16].

Die Verteilung der grauen Substanz unterscheidet sich je nach Bereich des ZNS. Im Rückenmark umgibt die weiße Substanz die graue, schmetterlingsförmige Substanz im Inneren. Im Gehirn hingegen, befindet sich die graue Substanz äußerlich in Form der Großhirn- und Kleinhirnrinde, die weiße Substanz umgebend, und in den zentral gelegenen Basalkernen und Kleinhirnkernen. Ebenfalls zählen die Hirnnervenkerne[6], Teile der Formatio reticularis[7] und der Nucleus ruber[8] zur grauen Substanz. Die weiße Substanz umfasst die restliche Hirnmasse, wie beispielsweise das Innere des Groß- und Kleinhirns [1.4.: 15, 16].

[6] Die Hirnnervenkerne sind die Ursprungs- und Endorte der Hirnnerven in der grauen Substanz. [1.4.: 18]

[7] Die Formatio reticularis ist ein neuronales Netz welches von der Medulla (Hirnstamm) bis zum Thalamus (Zwischenhirn) reicht. Sie hat mehrere direkte und indirekte Verbindungen zu den Hirnregionen. Sie verknüpft sensorische, motorische und vegetative Verbindungen und hat wichtige Funktionen für das gesamte Nervensystem. [1.4.: 2]

[8] Der Nucleus ruber ist eine Ansammlung von Ganglienzellen im Mittelhirn und ist ein wichtiges Zentrum des extrapyramidalen Systems. [1.4.: 2]

2. Menschliche Intelligenz

Dieses Kapitel soll einen kurzen Überblick über das Wissen was über die Intelligenz und deren Lage im Gehirn bekannt ist, sowie gewisse Theorien der Wissenschaft schaffen. Eine vollständige Zusammenfassung über das gesamte Wissen und jegliche Theorien, die zum heutigen Standpunkt bestehen, ist im Rahmen dieser Arbeit allerdings nicht möglich.

Gehirnvolumen

Die Größe des Gehirns war das erste, was untersucht wurde, um der Intelligenz des Menschen auf den Grund zu gehen. Der Mensch besitzt allerdings bei weitem nicht das größte Gehirn aller Lebewesen. Tiere wie Elefanten und Wale beispielsweise haben bei weitem größere Gehirne und besitzen mehr Nervenzellen als die Menschen, da sie ein höheres Maß an Informationen aus ihren Körpern verarbeiten müssen. Was jedoch einzigartig beim Menschen ist, ist die verhältnismäßige hohe Zahl an kortikalen Neuronen (etwa 11.000 Millionen) sowie die hohe Nervenleitgeschwindigkeit zwischen diesen Neuronen.

Früher war die allgemeine Annahme, dass der PFC bei Menschen größer ist als bei anderen Primaten. Diese Annahme wird allerdings widerlegt, sobald man Menschenaffen mit in die Vergleiche miteinbezieht (abgesehen vom Brodmann Areal 10, welches beim Menschen verhältnismäßig größer ist).

Bei Menschen ist jedoch die weiße Substanz die direkt an der grauen Substanz der Großhirnrinde liegt im frontalen und temporalen Lappen größer als erwartet, was möglicherweise eine erhöhte Konnektivität innerhalb dieser Hirnareale erlaubt.

Demnach sind regionale Analysen von Gehirnaktivitäten und Untersuchungen der Konnektivität zwischen Hirnarealen von Vorteil im Gegensatz zur einfachen Annahme, dass ein größeres Gehirn „besser“ oder „intelligenter“ sei. [2.1.: 1]

Obwohl es manche Korrelationen gibt, ist die Größe des Gehirns nur bedingt mit der Intelligenz in Verbindung zu bringen. Sie ist eher ein Indikator für die Anzahl an Neuronen, was demnach einen indirekten Einfluss auf die Intelligenz hat. [2.1.: 2]

Gehirnareale

Nach der Größe des Gehirns ist die Vermutung, dass einzelne Gehirnareale einen Bezug zur Intelligenz haben, eine der ältesten Theorien. Tatsächlich gibt es manche Korrelationen zwischen den individuellen Leistungen und der Aktivität und Dichte mancher Gehirnareale und -strukturen. Zu diesen zählen unter anderem der Präfrontale Cortex (PFC), der Hippocampus, aber auch generell die weiße und graue Substanz in verschiedenen Arealen.

Viele neurobildgebende Studien die spezifische Gehirnareale, die mit Intelligenz in Verbindung gebracht wurden, untersuchten, haben die Wichtigkeit des PFC sowie des Hippocampus und deren Dicke und Konnektivität hervorgehoben. Der PFC ist für viele Funktionen, die mit Intelligenz verbunden sind, zuständig. Wie zuvor erwähnt, gehören zu diesen Funktionen

beispielsweise das Lernen, das Problemlösen und die Konzentration. Der Hippocampus ist größtenteils an der Bildung des Gedächtnisses beteiligt. Hier werden Gedächtnisinhalte aus dem Kurzzeitgedächtnis in das Langzeitgedächtnis geleitet.

Obwohl beide dieser Gehirnareale scheinbar einen Einfluss auf die Intelligenz haben. Ist ein weit größerer Faktor die Konnektivität dieser Areale zu anderen Hirnbereichen. Dies wird weiter unten im Teil „Netzwerk-Konnektivität“ besprochen. [2.2.: 1]

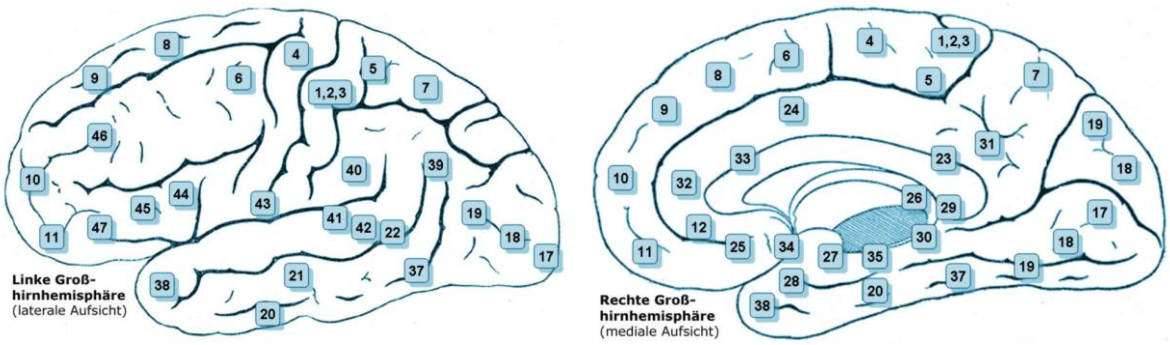
Weitere Bestandteile des Gehirns bei denen es Korrelationen mit der Intelligenz gibt sind die weiße und die graue Substanz.

Die weiße Substanz macht 60% des Hirnvolumens aus und besteht aus myelinisierten Axonen. Die Axonmorphologie, deren Bahnverlauf und Konnektivität wird durch genetische und umweltliche Faktoren beeinflusst. Die weiße Substanz ist ein wichtiges funktionales System für das Maß an Konnektivität und die Weiterleitung bzw. die Schnelligkeit der Übertragung von Informationen. Hochintelligente Leistungen brauchen eine schnelle Weiterleitung der Informationen entlang der Axonbündelfasern. Außerdem spielt der Corpus callosum, eine weiße Substanz Struktur, die den PFC mit anderen subkortikalen Strukturen verbindet, eine große Rolle für metakognitive Fähigkeiten.

Die Integration der weißen Substanz im Gehirn ist demnach wichtig bei kognitiven Leistungen. Wie genau diese Integration aussehen könnte wird weiter unten im Teil „Parieto-Frontale Integrationstheorie“ unter „Netzwerk-Konnektivität“ besprochen.

Die restlichen 40% des Hirnvolumens bestehen aus der grauen Substanz. Deren Mikrostruktur verändert sich (ähnlich wie die der weißen Substanz) mit dem dazugewinnen von kognitiven Fähigkeiten.

In unterschiedlichen Studien können individuelle Unterschiede in der Dicke der grauen Substanz in Verbindung mit Intelligenz gebracht werden. Beispielsweise korrelieren hohe IQ-Resultate bei gesunden Jugendlichen mit dem Volumen der grauen Substanz in den Brodmann Arealen[9] (BA) 10, 11 und 47, die sich alle im Bereich des PFC befinden [2.2.: 1,4].

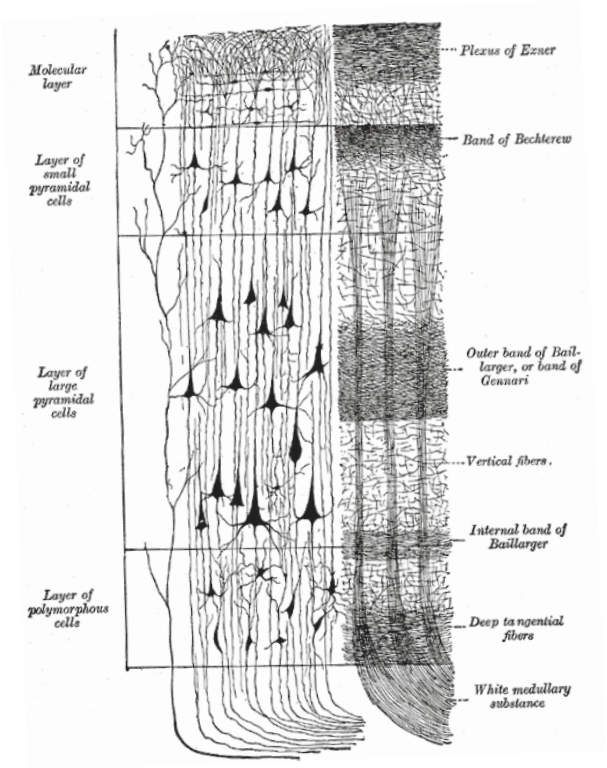


[Brodmann Areale; 2.2.: 3]

[9] Die Brodmann Areale (kurz BA) sind Einteilungen des Großhirns in Felder, die ihre Namen vom Neuroanatom Korbinian Brodmann haben, der 1909 zuerst eine Karte der Hirnregionen veröffentlichte. Damals bestand diese aus 52 Bereichen, heute sind es bei weitem mehr. [2.2.: 3]

Auch die Dicke der grauen Substanz im Temporallappen, genauer im linken mittleren temporalen Gyrus (BA 21) steht in Verbindung mit hohen verbalen IQ (VIQ) Werten. Hier spielt auch die Mikrostruktur der Hirnrinde eine Rolle bei individuellen Unterschieden der Intelligenz.

Die Hirnrinde besteht aus sechs Schichten, die jeweils aus unterschiedlichen Zelltypen bestehen. Die kortikale Funktion hängt von der Aktivierung neuronaler Schaltkreise[10] mit laminarer Organisation ab, wobei verschiedene Schichten zu unterschiedlichen Zeitpunkten der kognitiven Aufgaben aktiviert werden. Der Aufbau dieser laminaren Struktur weist große individuelle Unterschiede in den Bereichen der Großhirnrinde auf, die an sprachlichen Prozessen beteiligt sind (wie, unter anderen, der Temporallappen). Diese Unterschiede in der Mikrostruktur können Unterschiede der kognitiven Leistungen zwischen Individuen widerspiegeln. Tatsächlich stehen nicht nur die Dicke der Hirnrinde, sondern auch die zugrunde liegende dendritische Struktur und Funktion der Pyramidenzellen[11] im temporalen Kortex in Zusammenhang mit dem Gesamt-IQ. [2.2.: 6]



[Schichtung der Hirnrinde, 2.2.: 8]

Hohe VIQ-Werte korrelieren mit dickeren L2/L3 Pyramidenzellen im linken mittleren temporalen Gyrus (mtG). L2/L3 Pyramidenzellen sind Pyramidenzellen der neokortikalen Schicht 2 und 3. Diese integrieren Signale aus zahlreichen Hirnarealen und projizieren durch den gesamten Neocortex. Probanden mit höheren VIQ-Werten (> 90) wiesen dickere L2/L3

[10] Neuronale Schaltkreise sind Netzwerke im menschlichen Gehirn die aus Neuronen und Synapsen bestehen. Sie verarbeiten und leiten Informationen weiter und sind wichtig für das Verständnis von Funktionen wie z.B. Bewegungsabläufe, Gedächtnis und Wahrnehmung. [2.2.: 7]

[11] Pyramidenzellen sind Nervenzellen mit einem besonders großen Ausmaß sie sich im Bereich der Großhirnrinde und der Amygdala befinden. [2.2.: 9]

Pyramidenzellen im linken mtG auf wobei Probanden mit niedrigeren VIQ-Werten (< 90) dünnere L2/L3 Zellen aufwiesen. Die Pyramidenzellen im linken mtG der Probanden mit höheren VIQ-Werten wiesen auch ein schnelleres Auslösen der Aktionspotentiale auf als die der Probanden mit niedrigeren VIQ-Werten. Außerdem gibt es eine starke positive Korrelation zwischen individuellen VIQ-Werten bei Probanden und der allgemeinen kortikalen Dicke und der Dicke der L2/L3 Zellen im linken mtG. Im Kontrast haben VIQ-Werte nicht mit der Dicke anderer kortikalen Schichten übereingestimmt, was andeutet, dass die größeren L2/L3 Zellen bei Probanden mit höherer verbaler Intelligenz die generelle größere kortikale Dicke des linken mtG zugrunde liegt. [2.2.: 6]

Allerdings gibt es auch Funde, die die Verbindung zwischen Intelligenz und der Dicke der grauen Substanz widerlegen, wie zum Beispiel, eine positive Korrelation zwischen hohen IQ-Werten und einer dünnen Hirnrinde bei jungen Kindern [2.2.: 1]

Netzwerk-Konnektivität

Die Ansicht, dass die Verknüpfung der Hirnareale eine wichtige Rolle bei der Intelligenz und deren Entwicklung beim Menschen einnehme, gibt es seit dem 20. Jahrhundert. Diese wurde immer weiter ausgebaut, und es wurden mehrere Theorien, wie diese Verknüpfung zwischen den Gehirnarealen aussehen und funktionieren könnte, hervorgebracht. Eine der Theorien, die in der Wissenschaft als sehr plausibel, wenn noch inkomplett, erklärt wurde, ist die Parieto-Frontale Integrationstheorie, kurz P-FIT.

Parieto-Frontale Integrationstheorie

In der Arbeit „The Parieto-Frontal Integration Theory (P-FIT) of intelligence: Converging neuroimaging evidence" von 2007 haben Rex E. Jung und Richard J. Haier 37 neurobildgebende Studien zusammengefasst. Als Schlussfolgerung schlagen sie ein Modell vor, welches Bereiche der Menschliche Intelligenz durch die Verknüpfung unterschiedlicher Hirnareale erklären soll: die Parieto-Frontale Integrationstheorie (P-FIT).

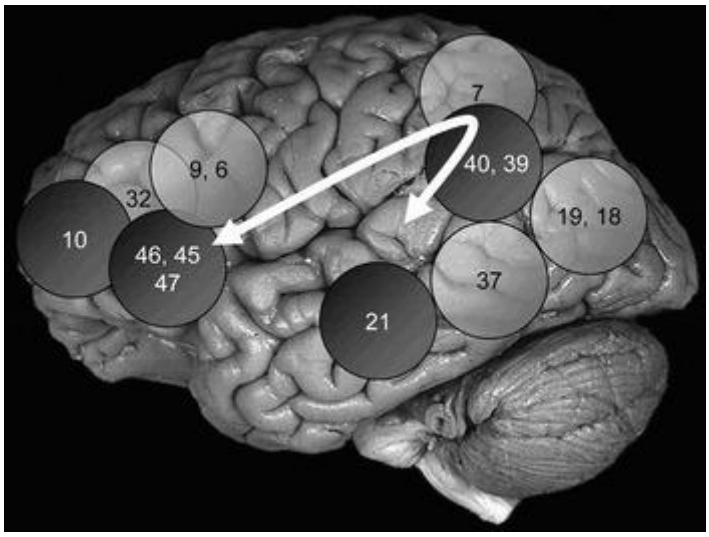
Dieses Modell erläutert die entscheidende Interaktion zwischen den parietalen und den frontalen Hirnregionen, die, wenn sie durch weiße Substanzstrukturen (d.h. Fasciculus arcuatus[12] und Fasciculus longitudinalis superior[13]) effektiv miteinander verbunden sind, individuelle Unterschiede in der Denkfähigkeit des Menschen und möglicherweise auch anderer Säugetierarten erklären.

P-FIT bezieht sich auf die Annahme, dass Menschen hervorstechende Informationen überwiegend durch visuelle und/oder auditive Mittel (meistens in Kombination) aufnehmen und verarbeiten. Demnach sind bestimmte Hirnregionen im Temporal- und Okzipitallappen entscheidend für die frühe Verarbeitung von sensorischen Informationen. Zu diesen Regionen

[12] Der Fasciculus arcuatus ist ein Axonbündel was das Broca Areal und das Wernicke Areal miteinander verbindet. [2.3.1.4]

[13] Der Fasciculus longitudinalis superior ist eine Assoziationsbahn im Großhirn die den Frontallappen mit Teilen des Temporal- und Okzipitallappens verbindet. Er dient ebenfalls als Verbindung zwischen dem Broca-Areal und dem Wernicke-Areal. [2.3.1.5]

gehören im Okzipitallappen die Brodmann Areale 18-19 (die extrastriäre Sehrinde) und das BA 37 (der Gyrus fusiformis) und im Temporallappen das BA 22 (das Wernicke-Areal). Die Hirnareale im Okzipitallappen haben die Funktion der Einbeziehung der Wahrnehmung und der darauffolgenden Bildgebung und/oder der Ausarbeitung visueller Eindrücke. Das Wernicke-Areal hat die Funktion der Analyse und/oder Ausarbeitung auditiver Informationen. Man nimmt an, dass diese leicht verarbeiteten sensorischen Aufnahmen dann an den parietalen Cortex, hauptsächlich an das BA 40, das BA 7 und das BA 39 weitergeleitet werden. Diese lassen strukturelle Symbolik, Abstraktion und Ausarbeitung dieser Aufnahmen entstehen. Der parietale Cortex interagiert mit frontalen Hirnregionen ([14]Sobald die beste Lösung gefunden wurde, wird der cinguläre Cortex (BA 32) aktiviert, um die Reaktionsauswahl zu steuern und andere konkurrierende Reaktionen zu unterdrücken.



[Parieto-Frontale Integrationstheorie, 2.3.1.: 1]

Man ist der Annahme, dass dieser Prozess von der Zuverlässigkeit der zugrunde liegenden weißen Substanz abhängt, die für eine schnelle, fehlerfreie Übertragung von Daten von den hinteren zu den vorderen Hirnbereichen erforderlich ist.

Da die weiße Substanz aus myelinisierten Axonen besteht, kann man daraus schließen, dass die Integrität der myelinisierten Axonen eine wichtige Rolle bei intellektuellen Leistungen spielt. Außerdem wird theoretisiert, dass größere Diameter von Axon sowie Myelinschicht bei der kognitiven Entwicklung von Bedeutung sind. Dies kann der Fall sein, da die Dicke der Myelinschicht von der Größe des Axons abhängt, und ein größerer Diameter des Axons mit einer erhöhten Nervenleitgeschwindigkeit zusammenhängt.

Des Weiteren wächst die Dichte der weißen Substanz in der Capsula interna sowie den hinteren Teilen des linken arcurate fasciculus, welcher vordere und hintere Sprachareale verbindet, mit dem Alter zwischen den 4 und dem 17 Lebensjahr.

Die 37 Studien haben sich in vielen Ergebnissen überschnitten, was es erlaubte P-FIT aufzustellen. 27 Studien fanden, dass die Aktivierung sowie das Volumen des parietalen

[14] Der anteriore cinguläre Cortex (BA 24, 32, 33) ist ein Teil der Großhirnrinde, der sich in der Region des Balkens befindet und an höheren kognitiven Funktionen beteiligt ist. [2.3.1.3]

Kortex, hauptsächlich bei den BAs 7 und 40 aber auch 39, mit der Intelligenz zusammenhängen. In 26 Studien wurden die frontale Lappenaktivierung bzw. das Volumen des Frontallappens mit Intelligenz verbunden. Dies war gleichmäßig zwischen den BAs 6 und 9 verteilt, wobei manche Studien auch die BAs 45 und 47 dem hinzufügten.

Die okzipitalen Regionen der BAs 18 und 19 waren in den Studien durchweg in mehr als 30% bzw. 40% (respektiv) vertreten. Die temporalen BAs 21 und 37 sind ebenfalls oft vertreten, wenn auch weniger konsistent. Diese okzipitalen und temporalen Bereiche sind and der frühen sensorischen Verarbeitung beteiligt, insbesondere an dem ventralen „Was-“ und dem dorsalen „Wo-“ Kreislauf, die möglicherweise stärker individuellen Unterschieden unterliegen als bis zum Zeitpunkt der Arbeit von Rex E. Jung und Richard J. Haier gedacht.

Der vordere cinguläre Kortex (BA 32) stand in mehr als 30% der Studien konsistent mit Intelligenzmessungen in Zusammenhang und bleibt ein starkes biologisches Korrelat der Intelligenz, da sowohl das Volumen als auch die Aktivierung dieser Struktur in mehreren Studien eine wichtige Rolle spielten.

Insgesamt scheint das Netzwerk von Hirnregionen, das als P-FIT bezeichnet wird, den individuellen Unterschieden in der intellektuellen Funktionsweise des Menschen in den meisten Studien zugrunde zu liegen.

Demnach kann man annehmen, dass die regionale Verarbeitung von Informationen und die Konnektivität der unterschiedlichen Hirnarealen wie sie von Rex E. Jung und Richard J. Haier vorgeschlagen wird, einige Differenzen in der individuellen Intelligenz von Menschen erklären kann. [2.3.1.: 1]

Es gibt wenig direkte Kritik an der Parieto-Frontalen Integrationstheorie, und sie wird als eines der besten bestehenden Modelle für die biologische Grundlage der menschlichen Intelligenz angesehen. Dennoch ist das Modell bei weitem nicht komplett und beantwortet definitiv nicht alle Fragen zur biologischen Funktionsweise der Intelligenz. Außerdem warnen Wissenschaftler davor, dass strukturelle Bildgebungsverfahren zwar hilfreich sind, um bestimmte Regionen mit Prozessen in Verbindung zu bringen, jedoch wenig dazu beitragen, die dynamische Natur kognitiver Prozesse aufzuklären. Darüber hinaus betont eine Untersuchung der Neurowissenschaften der Intelligenz die Notwendigkeit von Studien, die die verschiedenen kognitiven und neuronalen Strategien berücksichtigen, die Individuen zur Bewältigung kognitiver Aufgaben einsetzen können. [2.3.1.: 1,2]

3. Auswirkungen einer erhöhten Intelligenz

Dieses Kapitel hat als Aufgabe, den aktuellen Wissensstand zu den Vorteilen und Nachteilen einer intellektuellen Hochbegabung bzw. eines überdurchschnittlichen IQ-Wertes zusammenzufassen. Hierbei werden die positiven Auswirkungen auf die Bildung, die Arbeit und das Einkommen eines hohen IQ-Wertes hervorgehoben, sowie die negativen Auswirkungen die solche IQ-Werte auf die psychische sowie die physische Gesundheit der betroffenen Personen haben können.

Positive Auswirkungen

Ein hoher IQ wird generell als ein Faktor angesehen, der im Leben der Person viele positive Auswirkungen auf Bildung, Arbeit und sozio-ökonomischen Status haben kann. Ob dies der Fall ist, und ob der IQ allein für diese positiven Auswirkungen zuständig ist, oder ob noch andere Faktoren eine Rolle spielen, wurde öfters hinterfragt und erforscht.

Beispielsweise hat Anna Firkowska-Mankiewicz in der Studie „Intelligence (IQ) as a predictor of life success“ (2002) 1974 den IQ einer Gruppe an 11-jährigen mithilfe der *Wechsler Intelligence Scale for Children* (WISC) in Warschau gemessen, und zwei Jahrzehnte später diese Personen wieder aufgesucht um ihren Lebenslauf in Bezug auf Bildung, Arbeit und finanziellem Status mit ihrem IQ zu vergleichen und zu sehen, ob es Korrelation zwischen beiden gibt. Außerdem hat sich die Studie auch damit befasst, ob der IQ ein alleinstehender Faktor im Erfolg eines Menschen ist aber auch ob dieser von umweltlichen Faktoren (z.B. sozialer Status der Eltern) beeinflusst wird.

Die Studie wurde in Polen durchgeführt, da die Theorie bestand, dass die gleichgesetzten Lebenssituation, die durch die kommunistische Regierung in Polen eingesetzt wurden, die sozio-ökonomische Faktoren ausschließen könnte, die einen Einfluss auf die Entwicklung des IQs der Kinder haben könnte. Allerdings war die Korrelation zwischen dem beruflichen Stand der Eltern und dem IQ der Kinder in Warschau eine der höchsten die man zu dem Zeitpunkt der Studie aufgezeichnet hatte. Indem die Ungleichheiten der Umwelt reduziert wurden, stiegen die Unterschiede der intellektuellen Fähigkeiten zwischen Personen von beiden Extremen des sozialen Spektrums.

Die Studie fand, dass die Übertragung des Impakts des sozialen Hintergrunds auf die intellektuelle Funktion der Kinder über eine Kette an biologischen und umweltlichen Effekten erfolgt. Die IQ-Werte der Kinder in Warschau hingen am meisten von ihren individuellen biologischen Charakteristiken ab; Geschlecht und gesundheitlicher Zustand (18,8% der Variation). 14,5% der Variation kamen durch das Intelligenzniveau der Mutter und 13,5% durch die Qualität der Erziehung, hauptsächlich durch das Anstreben von Zielen der Eltern für die Zukunft des Kindes und eine nicht-autoritäre Erziehung.

1994-1995 wurden die Probanden der Studie von 1974 wieder aufgesucht, um ihren bisherigen Erfolg im Leben zu analysieren und um zu sehen, ob dieser in Verbindung mit ihrem IQ gebracht werden kann. Hierbei wurden zwei Gruppen von Probanden erneut untersucht:

die erste Gruppe bestand aus 101 Probanden mit WISC-Werten zwischen 69 und 85, die zweite aus 141 Probanden mit WISC-Werten über 130.

Die beiden Gruppen unterschieden sich in den meisten Bereichen. Die Gruppe mit höheren WISC-Werten hatte einen höheren Bildungsstand, bessere Arbeitsplätze und schätzte ihren eigenen finanziellen Stand besser ein als die Gruppe mit niedrigeren WISC-Werten. Diese Ergebnisse wurden in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Table 1

Education, Occupation, and Parents' Subjective Assessment of the Economic Situation Among Persons with High and Low IQs (as percent)

Variables	High-IQ group ($N = 170$)	Low-IQ group ($N = 101$)	Difference
A. Education			
Primary	0	28	–28
Basic vocational	1	60	–59
Secondary	12	10	+2
Some college	23	1	+22
College	65	1	+64
B. Occupation			
Professionals	59	1	+58
Technicians	14	4	+10
Office workers	7	5	+2
Employers and self-employed	11	0	+11
Service workers	5	18	–13
Skilled manual workers	1	42	–41
Unskilled manual workers	1	25	–24
Not working	2	4	–2
C. Subjective assessment of the economic situation			
Very bad	1	12	–10
Somewhat bad	9	27	–18
Average	42	42	0
Somewhat good	39	11	+28
Very good	8	2	+6

[3.1.: 1]

Dies wird ebenfalls durch die Studie "High IQ in Early Adolescence and Career Success in Adulthood: Findings from a Swedish Longitudinal Study" (2014) von Lars R. Bergmann, Jelena Corovic, Laura Ferrer-Wreder und Karin Modig unterstützt. Diese untersucht wie IQ-Werte beispielsweise mit Schulleistung und Bildungsstand zusammenhängt.

Die Studie fand, dass IQ stark mit der schulischen Leistung von Kindern, aber auch mit der Bildung, dem Einkommen, dem sozio-ökonomischen Status der Eltern korreliert. Die IQ-Werte hängen aber auch mit dem höchsten Niveau an Bildung, das erreicht wird, zusammen. Beispielsweise kommt ein Master-Abschluss unter Menschen mit hohen IQ-Werten 10-mal häufiger vor als bei jenen, die niedrigere IQ-Werte haben. [3.1.: 2]

Die Studie „Intelligence in youth and health at age 50" (2015) von Christina Wraw, Ian J. Deary, Catharine R. Gale und Geoff Der sieht ebenfalls positive Korrelationen mit hohen Intelligenz

Werten. In diesem Fall handelt es sich um Einflüsse auf die physische Gesundheit der Betroffenen. Die Studie untersucht Verbindungen zwischen Intelligenz in der Jugend und dem Gesundheitszustand im Alter von rund 50 Jahren.

Die Studie bezieht sich auf eine Nationale Längsschnittstudie der Jugend von 1979 (National Longitudinal Study of Youth 1979/NLSY-1979) in den USA. Hierbei wurden die Informationen zur Gesundheit, Bildung, Leistungstests, Arbeit und Einstellungen von 12,686 Personen im Alter von 14-21 Jahren (+/- 50% männlich & 50% weiblich) gesammelt. Die Teilnehmer wurden 1994 und folgend alle zwei Jahre erneut zu besagten Themen befragt. Zum Stand der Studie waren die rezentesten Informationen von der Befragung von 2012, bei welcher 7301 der anfänglichen Teilnehmer geantwortet haben.

Die Intelligenz der Teilnehmer in der Längsschnittstudie wurde mithilfe des „Armed Forces Qualifications Test“ (AFQT) gemessen, welcher aus vier von zehn kleineren Tests des „Armed Services Vocational Aptitude Battery“ (ASVAB) besteht. Diese vier Tests beziehen sich auf arithmetisches Denken, mathematische Kenntnisse, Wortschatz und Textverständnis. Hierbei ist zu bedenken, dass es unter Wissenschaftlern umstritten ist, ob der AFQT als IQ-Test angesehen werden kann oder ob er eher als eine Art angelerntes Wissen zu messen gilt, da dieser sich auf mathematische und sprachliche Kenntnisse fokussiert.

Die Studie fand, dass eine höhere Intelligenz im Zusammenhang mit einer besseren körperlichen Gesundheit im Alter von 50 Jahren und einem geringeren Risiko für chronische Erkrankungen steht. So war beispielsweise ein um 1 Standardabweichung höherer IQ-Wert signifikant mit einer erhöhten Wahrscheinlichkeit für einen guten Gesundheitszustand verbunden, mit einem Chancenverhältnis von 1,70. Das Chancenverhältnis bei hochintelligenten Personen für Diabetes lag bei 0,85 und das von einem Schlaganfall bei 0,65.

Außerdem hat die Studie herausgefunden, dass der sozio-ökonomische Status und die Bildung in der Kindheit sowie im Erwachsenenalter mit dem IQ in Verbindung steht, was die Funde von Anna Firkowska-Mankiewicz zur Korrelation zwischen IQ und dem sozio-ökonomischen Status der Eltern weiter unterstützt. [3.1.: 3]

Negative Auswirkungen

Ein hoher Intelligenzquotient wird allgemein als Begabung angesehen, die außergewöhnliche Ergebnisse in vielen Bereichen, wie Bildung und Einkommen, vorhersagt und ist ein positiver Indikator für hohe Systemintegrität. Allerdings gibt es widersprüchliche Studien, die auf den Zusammenhang zwischen einem hohen IQ, insbesondere einer hohen verbalen Begabung, und verschiedenen psychischen und immunologischen Folgen wie Depressionen, Bipolare Störungen, Angststörungen, ADHS, Allergien, Asthma, Immunkrankheiten und Autismus Spektrum Störungen hinweisen.

In der Studie „*High intelligence: A risk factor for psychological and physiological overexcitabilities*“ von 2017 versuchen Ruth I. Karpinski, Audrey M. Kinase Kolb, Nicole A. Tetreault und Thomas B. Borowski diese scheinbar widersprüchlichen Ergebnisse in Einklang zu bringen, indem sie sich näher mit dem Gebiet der Psychoneuroimmunologie (PNI) befassen.

Diese untersucht, wie die Stressreaktionen auf die Umwelt, insbesondere chronischer und anhaltender Stress, die Kommunikation zwischen Gehirn und Immunsystem beeinflusst.

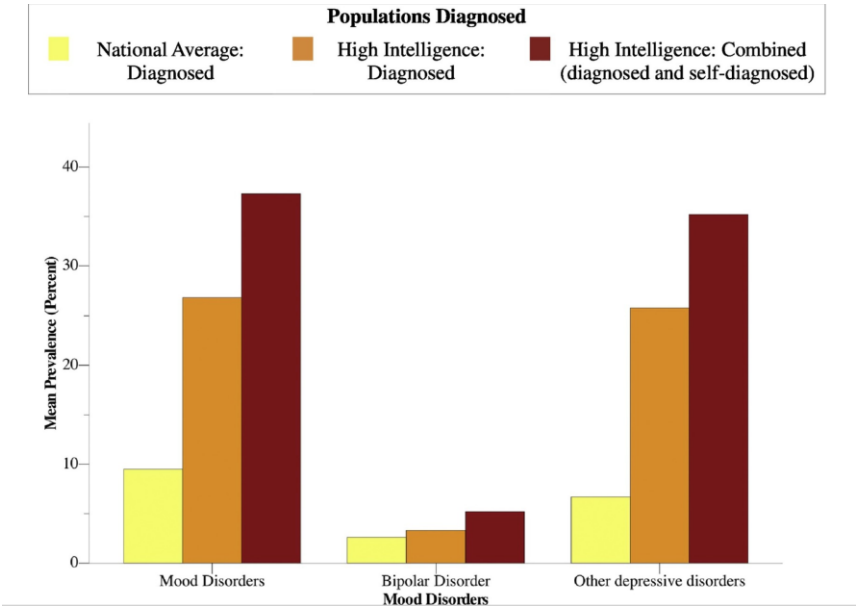
Die Studie erweitert die Literatur (zum Stand der Studie) zur PNI und einer Vielzahl an psychologischen Störungen, indem sie untersucht, ob eine hohe Intelligenz mit höheren Prävalenzraten in Verbindung stehen könnte. Um Zusammenhänge zu untersuchen, wurde beobachtet, ob die Prävalenzraten im Jahr 2015 für Menschen mit hoher Intelligenz (den Probanden) höher waren als die gemeldeten nationale Durchschnittswerte der USA für Stimmungsstörungen, Angststörungen, ADHS, Allergien, Asthma, Autoimmunerkrankungen und Autismus Spektrum Störungen.

Die Probanden waren Mitglieder der „American Mensa, Ltd.“, einer Vereinigung, die Personen offensteht, die bei einem anerkannten Intelligenztest, der professionell durchgeführt und überwacht wurde, zu einem bestimmten Zeitpunkt ein Ergebnis erzielt haben, das zu den besten 2% der Gesamtbevölkerung der USA gehört. Von den 55.000 Mitgliedern sind 20.000 verfügbare Forschungsteilnehmer. Von diesen wurden 3.715 Mitglieder im Alter von 18 bis 91 Jahren für die Studie rekrutiert.

Die Stimmungsstörungen, die in der Studie untersucht wurden, waren depressive Störungen, Dysthymie und Bipolare Störungen. Die geschätzten Prävalenzwerte von Stimmungsstörungen in der erwachsenen Gesamtbevölkerung lagen zwischen 8,4% und 12%. Die Prävalenzwerte bei den Probanden lagen bei 17,3%.

Das individuelle Vorkommen der einzelnen Stimmungsstörungen wurde ebenfalls untersucht.

Bei einer Untersuchung von nur der Bipolaren Störung, erhöht sich das Vorkommen dieser unter den Probanden um 101%. Das Vorkommen der depressiven Störungen und der Dysthymien erhöhte sich um 425% bei den Probanden im Vergleich mit der Gesamtbevölkerung.

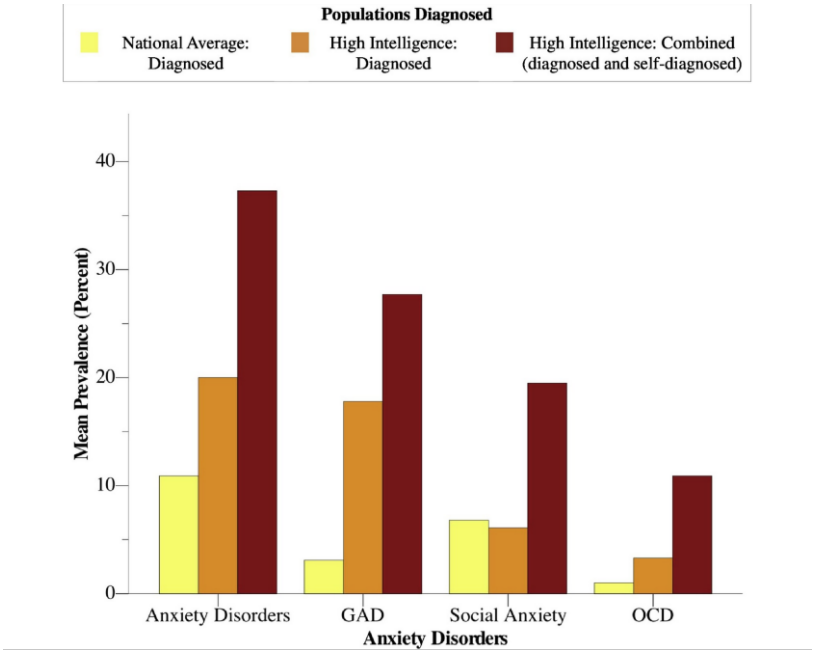


Die untersuchten Angststörungen in der Studie, waren die generalisierte Angststörung, die soziale Angststörung und die Zwangsstörung (OCD/obsessive compulsive disorder). Das

Vorkommen von Angststörungen unter den Probanden war um 9.1% höher als bei der Gesamtbevölkerung. Dies bedeutet, dass die Wahrscheinlichkeit für hoch Intelligente Personen, mit einer dieser Störungen diagnostiziert zu werden, um 83% höher ist.

Auch die Angststörungen wurden getrennt untersucht.

Die Wahrscheinlichkeit einer Diagnose der generalisierten Angststörung stieg bei den Probanden um 474%. Bei der sozialen Angststörung sinkt diese Wahrscheinlichkeit um 10% im Vergleich mit der Gesamtbevölkerung. Die Wahrscheinlichkeit zur Diagnose einer Zwangsstörung hingegen stieg um 230%.



Die Prävalenz von ADHS (und der veralteten Diagnose von ADS) war bei den Probanden um 3.3% höher als bei der Gesamtbevölkerung. Im Allgemeinen, werden hoch Intelligente Personen 80% wahrscheinlicher mit ADHS diagnostiziert.

Die Wahrscheinlichkeit von Autismus Spektrum Störungen war bei den Probanden rund 20% höher als bei der Gesamtbevölkerung.

Die physiologischen Krankheiten, die in der Studie untersucht wurden, waren Allergien, Asthma und Autoimmunerkrankungen.

Lebensmittelallergien hatten unter den Probanden ein erhöhtes Risiko von 159% im Vergleich zum Durchschnitt der Gesamtbevölkerung. Umweltallergien hatten ein erhöhtes Risiko von 213%.

Das Risiko zur Diagnose von Asthma war bei den hoch intelligenten Leuten um 108% höher.

Bei Autoimmunerkrankungen stieg das Risiko einer Diagnose um 84%.

Diese Resultate wurden schließlich mit einer bereits bestehenden Theorie zusammengebracht. In den 1960ern hat Dr. Kazimierz Dabrowski die Theorie der positiven Desintegration veröffentlicht, die zustande kam, indem er hoch intelligente Leute über ihr Leben hinweg untersuchte, um ihr höheres Maß and emotionaler Entwicklung zu verstehen. Hierbei entstand der Begriff „Overexcitability“ oder im originalen „nadpobudliwosc“ (polnisch), was so viel bedeutet wie Übererregbarkeit oder Überreizbarkeit. Der Begriff beschreibt Hyperreaktionen und Intensitäten, die bei intellektuell begabten Menschen häufiger und stärker auftreten als bei Menschen mit durchschnittlichem oder unterdurchschnittlichem IQ. Dabrowskis klinischen Untersuchungen zufolge, neigen intelligente Menschen dazu „neurotisch allergisch oder nervös“ zu sein, etwas, was er bei Menschen mit geistiger Behinderung anscheinend eher selten beobachtete. Die intellektuell begabten Menschen, die er untersuchte, hatten eine einzigartige gesteigerte Art, ihre Umgebung in fünf spezifischen Bereichen zu erleben und darauf zu reagieren. Diese Bereiche waren der psychomotorische, der sensorische, der imaginative und der emotionale. Er fand, dass diese Übererregbarkeiten mit der Entwicklung der Persönlichkeit und mit Symptomen von leichten Neurosen, wie z.B. Depressionen, leichte Angststörungen und Tics zusammenhingen. [3.2.: 1, 2]

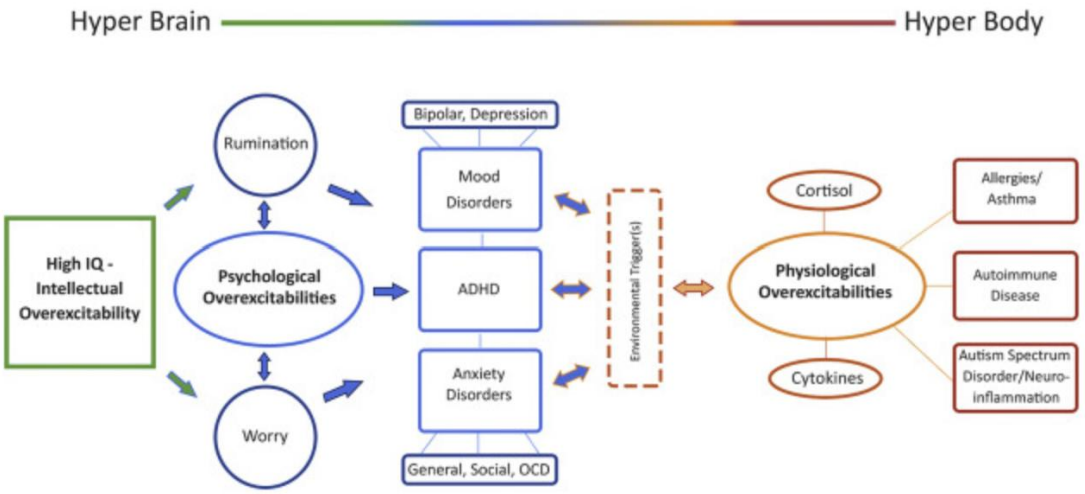
Aktuelle Forschungsergebnisse stimmen Dabrowski zu, und zeigen, dass eine intensive emotionale Reaktion eines Individuums auf seine Umgebung zu verstärktem Grübeln und verstärkten Sorgen führen kann, beides Faktoren, die mit einer höheren kognitiven Leistungsfähigkeit in Verbindung gebracht werden. Grübeln ist ein Indikator für chronische depressive Störungen und Ängste, einschließlich des Auftretens neuer Episoden. Eine stark grübelnde kognitive Art ist mit einer erhöhten Anfälligkeit für schwere Depressionen verbunden und trägt zur schwere der Symptome bei. Sorgen gelten als der kognitive Prozess, der der generalisierten Angststörung zugrunde liegt, und wie beim Grübeln erzielen diejenigen, die dazu neigen sich häufiger Sorgen zu machen, höhere Werte in Intelligenztests.

Neben dem Auftreten von Stimmungs- und Angststörungen wurden auch andere psychologische Erkrankungen gefunden, wie ADHS. In einer längeren Studie von 2013 wurden über 6 Jahre hinweg die Symptome von ADHS, Depressionen und Angststörungen bei Erwachsenen untersucht. Die Forscher fanden, dass die Personen mit ADHS anfälliger für beide von diesen Störungen waren.

Diese Übererregbarkeiten können auch einen Einfluss auf die physische Gesundheit eines Menschen haben. Für hochintelligente Personen mit Übererregbarkeiten können normale Stimuli, wie das Gefühl von einem Etikett auf der Haut oder das Hören von einem gewöhnlichen doch unnatürlichem Geräusch physisch schmerzhaft sein. Solche scheinbar geringfügigen, aber andauernden Belastungen können einen leichten chronischen Stress nachahmen, der schließlich eine unangemessene Immunreaktion auslösen kann. Wie bei anderen Umweltbedrohungen glaubt der Körper, in Gefahr zu sein. Dies löst eine Aktivierung des Sympathikus aus. Wenn das sympathische Nervensystem chronisch aktiviert wird, befindet dieser sich in einem permanenten Kampf-oder-Flucht Zustand, was eine Folge von Änderungen im Gehirn und im Körper auslösen kann, die die Funktionsweise des Immunsystems stören kann. Stress hat einen wesentlichen Einfluss auf die Fähigkeit des Immunsystems uns zu

beschützen und die Konsequenzen können sich in Form von Allergien, Asthma und Autoimmunerkrankungen zeigen.

Auf Grund der erwähnten Funde zu erhöhten Prävalenzraten von psychologischen und physiologischen Störungen und Erkrankungen und der bereits bestehenden Literatur, hebt die Studie ein Modell hervor was die Wissenschaftler „Hyper Brain/Hyper Body“ nennen. Das Modell geht von einem einzigartigen psychoneuroimmunologischen Prozess aus, wonach Personen mit einem „Hyper-Gehirn“ in Form einer sehr überdurchschnittlichen kognitiven Leistungsfähigkeit (IQ ≥ 130) eine stärkere Neigung dazu zeigen, auf umweltliche Stressfaktoren mit Grübeln und Sorgen zu reagieren, was positive Prädiktoren für das Risiko psychologischer Übererregbarkeiten sind, die zu affektiven Störungen führen. Diese Störungen stehen in engem Zusammenhang mit einem „Hyper-Körper“, der sich in physiologischer Übererregbarkeit manifestiert, die in Form von Immun- und Entzündungsdysregulationen auftritt, welche wiederrum psychologische Effekte haben kann.



[3.2.: 1]

Bedeutung einer Hochbegabung: Vorteil, Belastung oder beides?

Die vorherigen Abschnitte haben einen Überblick über die Einflüsse, die eine intellektuell Hochbegabung haben kann, gegeben. Diese kann die Bildung, die Arbeit, das Einkommen aber auch die psychische und physische Gesundheit beeinflussen.

Hochintelligente Personen haben oft einen Vorsprung im Bildungssystem. Ihnen fällt das Lernen und Verständnis von neuen und komplexen Themen meist einfacher als anderen. Dies zeigt sich darin, dass hohe Abschlüsse unter hochintelligenten Personen öfters vorzufinden sind, als unter durchschnittlich oder unterdurchschnittlich begabten Menschen. Sie haben auch öfters bessere Arbeitsplätze. Hier könnte man spekulieren, dass dies durch die höhere Bildung gegeben sein könnte. Die ebenfalls verbesserte finanzielle Lage, die man unter

Hochbegabten wiederfinden kann, könnte auch durch die beiden vorherigen Faktoren zustande kommen.

Zusammengefasst, hochintelligent Manschen haben meist einen höheren Bildungsstand, eine bessere Arbeit und ein höheres Einkommen, wobei man hinterfragen sollte, ob ersteres nicht beide letztere Punkte in einem gewissen Maß vorausgibt.

Auch die Gesundheit kann durch einen höheren Intellekt verbessert werden. Hohe IQ-Werte stehen in Verbindung mit einem geringeren Risiko für verschlechterte körperliche Gesundheit im Alter, sowie von chronischen Erkrankungen. Die Gesundheit wird allerdings auch durch die bessere finanzielle Lage weiter verbessert. Die direkten Einflüsse und die indirekten Einflüsse der Intelligenz auf die Gesundheit können nicht unbedingt getrennt werden.

Ein hoher Intellekt kann demnach viele positive Eigenschaften und Auswirkungen haben. Allerdings kann ein solcher sich auch negativ auf die Betroffenen auswirken.

Ein hoher IQ wird mit einem erhöhten Risiko für eine Reihe an psychischen sowie physischen Erkrankungen in Verbindung gebracht.

Das Risiko von Diagnosen für Stimmungsstörungen, wie depressive Störungen oder Bipolare Störungen, sowie Angststörungen ist unter hochintelligenten Personen höher als bei durchschnittlich begabten Personen. Auch ADHS und Autismus Spektrum Störungen haben höhere Prävalenzraten.

Physiologische Krankheiten, wie Allergien, Asthma und Autoimmunerkrankungen kommen ebenfalls öfter in hochintelligenten Gruppen vor.

Eine Hochbegabung hat also eine Reihe and positiven und negativen Auswirkungen auf die Betroffenen. Die Frage „Ist eine Hochbegabung ein Vorteil oder ein Nachteil?“ kann demnach nicht mit einem klaren „Ja“ oder „Nein“ beantwortet werden. Die Antwort hängt höchstwahrscheinlich von jeder einzelnen betroffenen Person ab. Je nachdem, wie die Person mit den Schwierigkeiten, die ihr in den Weg gelegt werden, umgeht, desto mehr oder weniger kann sie von den positiven Seiten einer intellektuellen Hochbegabung profitieren. Hierbei spielt wohl auch das soziale Umfeld eine Rolle. Wenn eine Hochbegabung in jungem Alter bereits erkannt wird, und die Kinder entsprechend betreut und unterstützt werden, kann der Intellekt wahrscheinlich sehr viel Gutes mit sich bringen. Sollte eine entsprechende Betreuung allerdings fehlen, und sollte das Kind nicht mit der eigenen Intelligenz zurechtkommen, kann es sein, dass die Person mehr unter der Hochbegabung leidet als, dass sie ihr Gutes tut. Dies ist allerdings nur Spekulation.

Die Antwort auf die Frage ist, dass es höchstwahrscheinlich Vorteil und Nachteil sein kann. Es ist abhängig von der betroffenen Person, deren Umfeld, Erziehung und Betreuung. Man sollte allerdings nicht vergessen, dass unter dem positiven Anschein einer Hochbegabung die Personen auch unter genau dieser leiden können, ohne dass es unbedingt sichtbar ist.

4. Die Ursprünge der Unterschiede

Intelligenz entwickelt sich über die Jahre hinweg mithilfe der genetischen sowie durch umweltliche Faktoren und Einflüsse.

Die Studie „The Developmental Etiology of High IQ" von Angela M Brant, Brett C Haberstick, Robin P Corley, Sally J Wadsworth, John C DeFries und John K Hewitt von 2009 untersucht eben diese genetische und umweltliche Faktoren und ihren Einfluss auf die Intelligenz vom Kindesalter an bis in die späten Jahre der Jugend und ob diese Einflüsse bei Hochbegabten unterschiedlich sind als bei anderen IQ-Werten.

Die Studie bezieht sich auf die Informationen aus der „Colorado Longitudinal Twin Study", einer Längsschnittstudie von Zwillingen (438 Zwillingspaare, 966 einzelne Zwillinge). Die Autoren der Studie untersuchten die Entwicklung des IQ an sieben Zeitpunkten zwischen dem Alter von einem Jahr und 16 Jahren. Die Intelligenz der Zwillinge wurde im Kindesalter mit den „Bayley Scales of Infant Development" (Alter von 1-2 Jahren), der „Standford-Binet Intelligence Scale" (Alter von 3-4 Jahren) und der „Wechsler Intelligence Scale for Children – Revised" (Alter von 7 Jahren) gemessen. Im Alter von 12 Jahren wurde die „Wechsler Intelligence Scale for Children – III" genutzt und im Alter von 16 Jahren die „Wechsler Adult Intelligence Scale – III". Das klassische ACE-Zwillingsmodell wurde zur Schätzung der additiven genetischen (A), der gemeinsamen Umwelt- (C) und der nicht gemeinsamen Umwelt- (E) Einflüssen verwendet. Die Zwillinge, deren IQ-Wert über dem 85. Perzentil lagen, wurden für diese Studie als hochbegabt eingestuft. Diese Einstufung wurde in jedem untersuchten Alter erneuert, so dass manche Zwillinge je nach Alter als hochbegabt oder nicht eingestuft wurden.

Über das gesamte IQ-Spektrum hinweg gab es ein klares Entwicklungsmuster: genetische Einflüsse stiegen stetig vom jungen Kindesalter bis zur Jugend. Im Kindesalter waren genetische Faktoren für 30-40% der Unterschiede in der Intelligenz zuständig und in der Jugend für über 70%. Im Gegensatz waren geteilte Umwelteinflüsse wesentlich in frühen Kindesjahren, nahmen aber stark nach den ersten Schuljahren ab, bis sie schließlich im Alter von 12 bis 16 Jahren eine sehr geringe Auswirkung hatten. Geteilte Umwelteinflüsse blieben größtenteils gleich über die Jahre und waren hauptsächlich für Veränderungen in der Entwicklung zuständig. Analysen von Einzelpersonen mit hohem IQ zeigten keine Hinweise, dass es ätiologische Unterschiede zwischen hohem Iq und niedrigerem IQ gibt. Die Entwicklungsmuster von genetischen und umweltlichen Einflüssen von Zwillingen, die über dem 85. Perzentil lagen, waren nicht zu unterscheiden mit denen derjenigen die unter dem 85. Perzentil lagen. Das weist darauf hin, dass hohe Intelligenz eher ein quantitatives oberes Extrem der gleichen genetischen und umweltlichen Faktoren, die die Intelligenz über das gesamte Spektrum hinweg beeinflussen, ist, als dass es durch einen komplett unterschiedlichen Entwicklungsprozess zustande kommt. [4.: 1]

Genetik

Wissenschaftler haben eine Reihe an Studien durchgeführt um Gene, die die Intelligenz beeinflussen zu finden. Diese Studien haben gezeigt, dass Genetik ein Faktor für die Intelligenz

ist, allerdings haben sie nicht einzelne Gene, die eine größere Rolle in der Intelligenz spielen, identifizieren können. Intelligenz ist ein polygenes Merkmal, es wird von vielen Genen gleichzeitig bestimmt, die jeweils nur einen kleinen Einfluss haben. Andere Bereiche, die zur Intelligenz beitragen, wie beispielsweise das Gedächtnis oder die verbale Kompetenz, werden durch weitere andere Gene bestimmt. Im Falle von einer Hochbegabung können bis zu 500 oder mehr Gene involviert sein. [4.1.: 1,2,3,4]

Umfeld

Das Umfeld hat neben der Gene ebenfalls einen großen Einfluss auf die Intelligenz und deren Entwicklung. Doch welche umweltlichen Faktoren sind am einflussreichsten?

In der Studie „Effect of environmental factors on intelligence quotient of children" von Archita Makharia, Abhishek Nagarajan, Aakanksha Mishra, Sandeep Peddisetty, Deepak Chahal und Yashpal Singh (2016) wurde untersucht wie verschiedene umweltliche Faktoren den IQ von Jugendlichen in Indien beeinflussen. Sie haben 1065 Jugendliche von 12-16 Jahren rekrutiert. Um die Intelligenz zu messen, wurden die „Ravens Standard Progressive Matrices" genutzt. Die Jugendlichen wurden je nach Resultat in drei Gruppen eingeteilt: unterdurchschnittlicher IQ (<80), normaler IQ (80-119) oder hoher IQ (>120).

Von den 163 Personen in der Gruppe mit hohem IQ haben mehr als 50% für mehr als 5 Stunden in der Woche Sport oder eine physische Aktivität betrieben. Im Allgemeinen hatten Jugendliche die für mehr als 5 Stunden Sport in der Woche betrieben, eher einen durchschnittlichen IQ als diejenigen die sich weniger als 5 Stunden in der Woche aktiv bewegten.

Aus der Gruppe der Schüler*innen mit unterdurchschnittlichem IQ kamen 50,7% auf Familien mit einem Einkommen von 50.000 (ca. 454 €) Rupie oder weniger im Monat. Gegensätzlich, kamen 65,6% der Jugendlichen mit hohem IQ aus Familien, die ein Einkommen von über 50.000 Rupie im Monat hatten.

Von den Jugendlichen mit hohem IQ hatten 81,6% der Väter einen Doktortitel oder waren Akademiker, während keiner/keine von ihnen Väter hatten, die keinem Bildungsabschluss hatten. Die Anzahl an Vätern, die ein weiterführenden Abschluss hatten, war bei Jugendlichen mit hohem IQ weit höher als bei jenen mit unterdurchschnittlichem IQ (84,6% zu 46,6%).

Ähnlich hatten die Mütter von 72,4% der hochbegabten Schüler*innen eine weiterführende Bildung und nur 1,2% hatten Mütter, die keine formale Bildung hatten. Gegensätzlich hatten in der Gruppe der Jugendlichen mit niedrigerem IQ 37,7% der Mütter einen weiterführenden Abschluss.

Schlussfolgernd, spielt physische Bewegung eine Rolle in der Entwicklung der Intelligenz, allerdings haben der sozio-ökonomische Status der Eltern und deren Bildungsstand einen weit größeren Einfluss auf die Entwicklung der Intelligenz der Jugendlichen.

[4.2.: 1]

5. Fazit

Die grundlegende Frage, mit welcher diese Arbeit begonnen hat, war wie sich überdurchschnittlich begabte Personen von durchschnittlich begabten Personen unterscheiden. Denn, dass sie sich unterscheiden, wurde im Laufe der Arbeit klar. Eine Hochbegabung zeigt sich in mehreren Aspekten. Im neurologischen, also im Bereich des Gehirns und dessen Leistungsfähigkeit, aber auch in ihren Einflüssen auf das alltägliche Leben der Hochbegabten.

Der Glaube, dass die Gehirngröße ausschlaggebend für die Intelligenz sei, wurde mehrmals widerlegt. Die Gehirngröße spielt nur eine geringe Rolle in der Intelligenz eines Menschen. Allerdings können die Dichte und die Größe von manchen Gehirnarealen die Leistungsfähigkeit des Gehirns verbessern. Beispielsweise hat die graue Substanz in den BAs 10, 11 und 47 (Präfrontaler Cortex) bei einer hochbegabten Jugendlichen meist mehr Volumen. Im BA 21 haben dickere Pyramidenzellen in der zweiten und dritten Schicht der Hirnrinde einen Einfluss auf die Intelligenz.

Neben den einzelnen Gehirnarealen beeinflusst auch die Verbindung dieser Areale und somit die Integration mancher weißen Substanzstrukturen die Intelligenz. Die Parieto-Frontale Integrationstheorie stellt dar, wie diese Verbindung aussehen könnte. Ein großer Faktor spiel die Verbindung zwischen parietalen und frontalen Hirnregionen durch weiße Substanzstrukturen, wie beispielsweise dem Corpus callosum. Diese Konnektivität der Hirnregionen verschnellert und verbessert das Aufnehmen und Verarbeiten von sensorischen Informationen sowie die Reaktion auf diese Reize.

Dies sind einige der aktuell bekannten möglichen neurologischen Faktoren, die die Intelligenz der Menschen beeinflussen und somit einen Unterschied in der Leistungs- und Denkfähigkeit des Menschen und anderer Säugetiere erzeugen können.

Allerdings schaffen diese neurologischen Unterschiede auch Differenzen im alltäglichen Leben bei hochbegabten Personen.

Diese haben meist einen einfacheren Weg im Bildungssystem und erreichen oft einen höheren Bildungsstand in Form eines Master-Abschlusses, beispielsweise. Auch gibt es Korrelationen zwischen der körperlichen Gesundheit im Alter von 50 Jahren und der höhe des IQs. Neben diesen positiven Auswirkungen erzeugen hohe IQ-Werte auch öfter negative Unterschiede im Vergleich mit durchschnittlichen Werten. Hochbegabte Menschen haben ein höheres Risiko eine Diagnose für Stimmungsstörungen, Angststörungen, ADHS, Autismus Spektrum Störungen, Allergien, Asthma und Autoimmunerkrankungen zu bekommen.

Demnach kann eine Hochbegabung mehrere Differenzen in Betroffenen hervorrufen, die sich in einer Reihe an Bereichen zeigen können.

6. Quellenverzeichnis

1. Einleitung und generelle Kenntnisse

Hochbegabung

(1.2.1) https://dorsch.hogrefe.com/stichwort/hochbegabung-intellektuelle - 20.08.2025

(1.2.2) https://de.wikipedia.org/wiki/Hochbegabung - 20.08.2025

(1.2.3) https://www.spektrum.de/lexikon/psychologie/hochbegabung/6605 - 20.08.2025

(1.2.4)https://www.studysmarter.de/schule/psychologie/grundlagendisziplinen-der-psychologie/arten-von-intelligenz/ - 25.08.2025

(1.2.5) *The dictionary of Psychology*, Raymond J. Corsini (2016)

(1.2.6) *Summa Theologica* (English Translation), Thomas Aquinas (1947)

(1.2.7) *The Oxford Companion to Philosophy*, Ted Honderich (2005)

(1.2.8) *A Dictionary of Psychology*, Andrew M. Colman (2008)

(1.2.9) https://www.neuronation.com/science/de/abstraktes-denken-was-ist-das/ - 02.09.2025

(1.2.10) https://www.sciencedirect.com/topics/social-sciences/conceptualization - 02.09.2025

(1.2.11) https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/conceptualizing - 02.09.2025

Intelligenzquotient

(1.3.1) https://flexikon.doccheck.com/de/Intelligenzquotient - 22.08.2025

(1.3.2) https://de.wikipedia.org/wiki/Hochbegabung - 22.08.2025

Das Gehirn

(1.4.1) *Das kleine Buch vom Gehirn*, Michael Madeja (2012)

(1.4.2) *Lexikon der Medizin (16. Auflage)*, Zetkin/Schaldach (2005)

(1.4.3) https://www.kenhub.com/de/library/anatomie/einfuhrung-ins-gehirn-aufbau-abschnitte-und-funktion - 20.09.2025

(1.4.4) *Einführung Neuropsychologie (2. Auflage)*, Erich Kasten & Anett Müller-Alcaraz (2023)

(1.4.5) https://www.spektrum.de/lexikon/neurowissenschaft/afferentes-neuron/213 - 24.09.2025

(1.4.6) *Neurosciences – From Molecule to Behavior: A University Textbook*, C. Giovanni Galizia & Pierre-Marie Lledo (2013)

(1.4.7) *Biologische Psychologie*, Niels Birbaumer & Robert F. Schmidt (2010)

(1.4.8) https://www.dasgehirn.info/grundlagen/kommunikation-der-zellen/bild-aufbau-eines-neurons - 03.11.2025

(1.4.9)https://www.u-helmich.de/bio/neu/1/12/121/1212-Aktionspotenzial-Ablauf.html - 15.01.2026

(1.4.10) *The Brain*, Gerald M. Edelman & Jean-Pierre Changeaux (2017)

(1.4.11) https://flexikon.doccheck.com/de/Pr%C3%A4frontaler_Cortex - 05.11.2025

(1.4.12) https://www.gesundheit.gv.at/krankheiten/gehirn-nerven/basis-info.html - 05.11.2025

(1.4.13) https://www.kenhub.com/de/library/anatomie/graue-und-weisse-substanz - 07.09.2025

(1.4.14) https://flexikon.doccheck.com/de/Graue_Substanz - 09.09.2025

(1.4.15) https://www.spektrum.de/lexikon/neurowissenschaft/graue-substanz/4964 - 09.09.2025

(1.4.16) https://flexikon.doccheck.com/de/Wei%C3%9Fe_Substanz - 09.09.2025

(1.4.17) https://www.spektrum.de/lexikon/biologie-kompakt/sinneszellen/10840 - 21.11.2025

(1.4.18) https://www.spektrum.de/lexikon/neurowissenschaft/hirnnervenkerne/5511 - 07.02.2026

2. Die neuronalen Unterschiede

Gehirnvolumen und Einteilung der Masse

(2.1.1)*The Parieto-Frontal Integration Theory (P-FIT) of intelligence: Converging neuroimaging evidence*, Rex E. Jung & Richard J. Haier (2007)

(2.1.2) *Meta-analysis of associations between human brain volume and intelligence differences: How strong are they and what do they mean?*, Jakob Pietschnig et al. (2015)

Gehirnareale

(2.2.1) *Intelligence, brain structure, dendrites, and genes: Genetic, epigenetic and the underlying of the quadruple helix complexity*, Tom T. Quach & Anne-Marie Duchemin (2025)

(2.2.2) https://flexikon.doccheck.com/de/Hippocampus - 11.02.2026

(2.2.3) https://flexikon.doccheck.com/de/Brodmann-Areal - 15.01.2026

(2.2.4) *Relationships between IQ and Regional Cortical Gray Matter Thickness in Healthy Adults*, Katherine L. Narr et al. (2006)

(2.2.5) https://de.wikipedia.org/wiki/Gro%C3%9Fhirnrinde - 12.02.2026

(2.2.6) *Verbal and General IQ Associate with Supragranular Layer Thickness and Cell Properties of the Left Temporal Cortex*, D. B. Heyer et al. (2021)

(2.2.7) https://www.studysmarter.de/studium/informatik-studium/robotik-studium/neurale-schaltkreise/ - 12.02.2026

(2.2.8) https://de.wikipedia.org/wiki/Isocortex_und_Allocortex - 23.04.2026

(2.2.9) https://flexikon.doccheck.com/de/Pyramidenzelle - 12.02.2026

Unterschiedliche Netzwerk-Konnektivität

Parieto-Frontale Integrationstheorie

(2.3.1.1) *The Parieto-Frontal Integration Theory (P-FIT) of intelligence: Converging neuroimaging evidence*, Rex E. Jung & Richard J. Haier (2007)

(2.3.1.2) *The neuroscience of human intelligence differences*, Ian J. Deary, Lars Penke & Wendy Johnson (2010)

(2.3.1.3) https://flexikon.doccheck.com/de/Anteriorer_cingul%C3%A4rer_Cortex - 15.01.2026

(2.3.1.4) https://en.wikipedia.org/wiki/Arcuate_fasciculus - 15.01.2026

(2.3.1.5) https://flexikon.doccheck.com/de/Fasciculus_longitudinalis_superior - 15.01.2026

3. Auswirkungen einer erhöhten Intelligenz

Positive Auswirkungen

(3.1.1) Intelligence (IQ) as a Predictor of Life Success, Anna Firkowska-Mankiewicz (2002)

(3.1.2) *High IQ in Early Adolescence and Career Success in Adulthood: Findings from a Swedish Longitudinal Study*, Lars R. Bergmann, Jelena Corovic, Laura Ferrer-Wreder & Karin Modig (2014)

(3.1.3) *Intelligence in youth and health at age 50*, Christina Wraw, Ian J. Deary, Catharine R. Gale & Geoff Der (2015)

Negative Auswirkungen

(3.2.1) *High intelligence: A risk factor for psychological and physiological overexcitabilities*, Ruth I. Karpinski, Audrey M. Kinase Kolb, Nicole A. Tetreault & Thomas B. Borowski (2017)

(3.2.2) *Overexcitabilities: Empirical studies and application*, Hsin-Jen Chang & Ching-Chih Kuo (2013)

4. Die Ursprünge der Unterschiede

(4.1) *The Developmental Etiology of High IQ*, Angela M Brant, Brett C Haberstick, Robin P Corley, Sally J Wadsworth, John C DeFries & John K Hewitt (2009)

Genetik

(4.1.1) *Genome-wide association studies establish that human intelligence is highly heritable and polygenic*, G. Davies, A. Tenesa, A. Payton, J. Yang, S. E. Harris, D. Liewald & I.J. Deary (2011)

(4.1.2) *Human Genetics: An Overview*., Alice Marcus (2011)

(4.1.3) https://medlineplus.gov/genetics/understanding/traits/intelligence/ - 24.04.2026

(4.1.4) https://en.wikipedia.org/wiki/Heritability_of_IQ#cite_note-3 -24.04.2026

Umfeld

(4.2.1) *Effect of environmental factors on intelligence quotient of children*, Archita Makharia, Abhishek Nagarajan, Aakanksha Mishra, Sandeep Peddisetty, Deepak Chahal & Yashpal Singh (2016)