B. Hassenstein.

Intelligenz: Erblichkeit und Umweltbedingtheit —

ein altes Problem in neuer Sicht.

(Inborn and acquired intelligence — an old problem revisited.)

A

Die folgende Untersuchung behandelt nur einen Teil der menschlichen Intelligenz, und zwar den Anteil, der sich in Intelligenztests als Intelligenzquotient (IQ) ausdrückt.

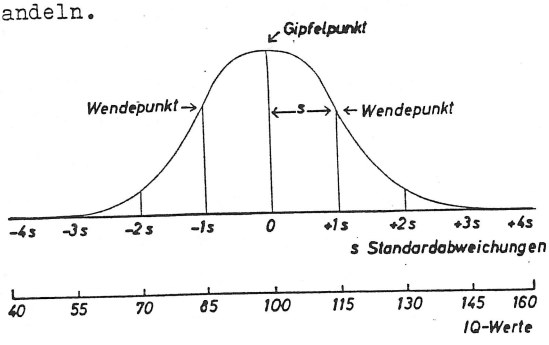
A 1

Die Maß-Skala der IQ-Werte ist - in der Sicht der messenden Naturwissenschaften - auf eigentümliche Art definiert:

Die Tests sind methodisch so aufgebaut, und ihre Ergebnisse sind zahlenmäßig so geeicht, daß die Häufigkeitsverteilung der Testergebnisse in der Bevölkerung eine Gauß'sche Normalverteilung bildet. Die Normalverteilung der IQ-Ergebnisse ist somit ein absichtlich herbeigeführtes Artefakt. Den gleichen - künstlichen - Charakter hat auch die IQ-Skala.

Dem Maximalwert der Verteilung wurde der Skalenwert 100, der Standardabweichung der Wert 15 verliehen.

Die aus der Natur der IQ-Skala erwachsenden mathematischen Probleme sind für die folgenden Überlegungen von keiner entscheidenden Bedeutung, weil es dabei überwiegend auf IQ-Unterschiede zwischen Individuen oder Gruppen ankommen wird; und diese lassen sich in erster Näherung ohne Bezugnahme auf die Art der Eichung behandeln.



A2

Die Frage lautet: Wie weit ist der gemessene IQ des Menschen von seinem Erbgut und wie weit von Umwelteinflüssen abhängig? Zumindest in früheren Jahrzehnten wurde immer wieder ein bestimmter Zahlenwert als Ergebnis der Forschungen genannt und diskutiert: IQ-Unterschiede zwischen Individuen seien zu etwa 80% von den Erbanlagen abhängig, zu etwa 20% umweltbedingt.

(Die Relation 80:20 wird auch den folgenden Überlegungen als Modell-Rechengröße zugrunde gelegt, obgleich manche spätere Untersuchungen zu anderen Prozentwerten kamen, z.B. 70:30 oder sogar 50:50. Das ist allerdings kein Wunder; denn die Umweltwirkung ist ja keine biologische Größe, sondern sie hängt von sozialen und kulturellen Bedingungen ab wie der Bevölkerungsstruktur, Bildungspolitik, Familien- und Schulverhältnissen; und diese können sich einerseits mit Zeitströmungen ändern, andererseits sich auch von Land zu Land unterscheiden.)

A3

Als die zunächst als allgemeingültig für den IQ aufgefaßte Relation "genetisch bedingt 80%, umweltabhängig 20%" an die breite Öffentlichkeit gelangte, erwiesen sich vor allem zwei Folgerungen als aufsehenerregend:

(1) Der durchschnittliche IQ der schwarzen Bevölkerung in den USA war — zumindest damals — deutlich geringer als der Durchschnitts-IQ der weißen. Nach der damaligen öffentlichen Meinung lag das an den für die Schwarzen viel *schlechteren Bildungsbedingungen*. Wenn nun der IQ aber zu 80%, also hauptsächlich, *erblich* bedingt sein sollte, so müsste es sich beim niedrigeren IQ der Schwarzen im wesentlichen um eine *biologische Rasseneigenschaft* handeln, noch dazu um eine nachteilige. Von dort aus war es für die politische Diskussion natürlich nur ein geringer Schritt bis zum öffentlichen Vorwurf einer Rassen-Diskriminierung, die in diesem Fall von der Wissenschaft ausging. Die Auseinandersetzungen eskalierten bis zu Drohungen und Tätlichkeiten gegen die zuständigen Wissenschaftler.

(2) Die zweite aufregende Folgerung aus dem genannten Prozentverhältnis lag auf dem Gebiet der Schulpädagogik: Dort wurde

argumentiert: Die Schulbildung sei (als Umwelteinfluss!) nur für 20%, also ein Fünftel des jeweils erreichten IQ der Erwachsenen verantwortlich! Wie ernst diese Aussage genommen wurde, drückt sich aus in einem Zitat des damals renommierten deutschen Erziehungswissenschaftlers und Bildungsreformers Hartmut von Hentig: „Wenn es denn nur 20% Spielraum sein sollen, innerhalb derer wir Lehrer ein Schulkind fördern können, dann müssen wir eben auch diesen geringen Spielraum nach besten Kräften auszufüllen suchen." Hier ging es also wirklich um das Selbstverständnis der Institution „Schule".

Die Formulierung, individuelle Unterschiede im IQ seien zu 80% genetisch bedingt und zu 20% umweltabhängig, wurde also damals für so wichtig gehalten, dass sie von der Sozialpolitik und der Bildungspolitik wahrgenommen und auch öffentlich heftig diskutiert wurde.

A 4

Angesichts einer für so wichtig gehaltenen quantitativen Aussage ist nun etwas höchst Merkwürdiges zu berichten: Unter den bedeutenden Fachleuten dieses Gebiets gab und gibt es über diese Grundaussage diametral entgegengesetzte Urteile. Da es hier auf die genaue Formulierung ankommt, seien zwei Originaltexte zum Vergleich nebeneinandergesetzt, und zwar von H. J. Eysenck und von Donald Olding Hebb:

[Eysenck]
Viel argumentiert wurde über die Ursachen von individuellen Unterschieden der Intelligenz...Die generelle Schlussfolgerung, die zu ziehen ist, lautet, dass Heritabilität für etwa 80% der Varianz verantwortlich ist, Umwelt-Faktoren nur für 20%

[Hebb]
Gelegentlich heißt es, 80% der Intelligenz seien determiniert durch Vererbung, 20% durch die Umwelt. Diese Behauptung ist Unsinn. Beide Variable sind von 100prozentiger Wichtigkeit. Ihre Beziehung zueinander ist nicht additiv, sondern multiplikativ. Die Frage nach dem Beitrag des Erbguts zur Intelligenz ist ebenso unsinnig wie die Frage nach dem Beitrag der Breite zur Fläche eines Feldes und dem Beitrag der Länge.

There has been much argument about the causes of individual differences in intelligence .... The general conclusion to be drawn is that heritability accounts for something like 80% of the total variance, environmental faktors only 20%.

Sometime it is ... said ... that 80 per cent of intelligence is determined by heredity, 20 per cent by environment. This statement is ... nonsense ... Both these variables are of 100 per cent importance; their relation is not additive, but multiplicative ... Asking how much heredity contributes to mans intelligence is like asking how much the widths of a field contributes to its area, and how much length contributes ...

Was Eysenck (links) formuliert, ist nicht genau das, was Hebb (rechts) zurückweist und als Unsinn (nonsense) bezeichnet. Dieser Unterschied wird zu einem Hauptthema der folgenden Besprechung werden. Trotzdem sei im Augenblick erst einmal über ihn hinweg gegangen, weil Eysencks Argumente allgemein so verstanden wurden, wie Hebb sie formuliert; und speziell dagegen haben Eysenck und andere genetisch argumentierende Psychologen sich kaum ernstlich zur Wehr gesetzt.

Übrigens sind die Autoren, deren Aussagen hier unvereinbar einander gegenüberstehen, nicht unbedeutend, sondern beide sind weltbekannt und in jedem auch allgemeinen Lexikon vertreten.

H. J. Eysenck nicht nur als Intelligenz-Forscher, sondern auch als einer der Begründer und entscheidenden Vertreter der Verhaltenstherapie als Gegenkonzept zur psychoanalytischen Therapie,

Donald Olding Hebb als Formulierer einer der beiden theoretisch möglichen Synapsenfunktionen als Grundlage des Lernens, als „Hebbsche Synapse" bekannt.

Wenn zwei so prominente Wissenschaftler dermaßen entgegengesetzte Ansichten über eine als wichtig geltende Frage vertraten, so kommt der Verdacht auf, es könnte sich um eine tiefgehende Problematik handeln.

B

Zuerst sei nun skizziert, aus welchen empirischen Untersuchungen die 80%ige Erbbedingtheit des IQ hergeleitet wurde. Im Mittelpunkt standen Messungen des IQ von monozygotischen, d. h. erbgleichen Zwillingen, also die Auswertung eines seltenen Naturphänomens.

B1

Ermittelt man den IQ von solchen erbgleichen Zwillingen, die in verschiedenen Familien aufwuchsen, dann ist er manchmal gleich und manchmal unterschiedlich. Im Durchschnitt beträgt der Unterschied etwa 7 IQ-Punkte. Diese 7 IQ-Punkte müssen, weil das Erbgut übereinstimmt, von der Verschiedenheit des Milieus herrühren. Bei beliebig ausgewählten Leuten, wo also nicht nur die Umwelt, sondern auch die Genetik unterschieden ist, beträgt

der IQ-Unterschied im Durchschnitt rund 17 Punkte. Setzt man dort den gleichen Umwelt-Einfluss-Wert von 7 Punkten voraus, (wie bei den Zwillingen). so gewinnt man ein erstes quantitatives Ergebnis: Von den 17 Punkten des IQ-Unterschieds zwischen beliebigen Menschen würden dann etwa 7 auf das unterschiedliche Milieu und 10 auf ihr unterschiedliches Erbgut fallen; das entspricht nach entsprechenden Umrechnungen, die auf die Besonderheit der IQ-Skala Rücksicht nehmen, einem Verhältnis von etwa 2:1 zugunsten des Erbguts.

B2

Das eben beschriebene Grundexperiment wurde und wird in verschiedenen Richtungen weiter ausgebaut: So arbeitet man nicht, wie eben angedeutet, mit Durchschnittswerten, sondern man wertet die Korrelationen innerhalb von größeren Kollektiven von Zwillingspaaren aus. Dazu kommen IQ-Vergleiche zwischen zweieiigen Zwillingen, zwischen Geschwistern, zwischen Kindern und Eltern und — zum Vergleich auch: — zwischen Adoptiveltern und Adoptivkindern.

Um für die Variationsbreiten der genannten Gruppen additiv zu verrechnende Werte zu bekommen, also um eines mathematischen Anliegens willen, wählte man dafür deren Varianzen, also die quadrierten Standardabweichungen. Durch diese Umrechnung transformiert sich die IQ-Skala zu einer $(IQ)^2$-Skala, worauf noch mehrmals in diesem Beitrag zurückzukommen sein wird.

Das Ergebnis aus Untersuchungen des IQ von Zwillingen und anderen Versuchspersonen lautete übereinstimmend: Die Varianz des IQ innerhalb des Kollektivs der untersuchten Personen setzt sich zusammen aus den Teilvarianzen der genetischen Faktoren zu etwa 80% und der umweltabhängigen Faktoren zu etwa 20%.

Die Frage ist: Lässt sich aus dieser varianzanalytischen Aussage der zweite Satz folgern, ein Kausalzusammenhang: „80% of intelligence (IQ) is determined by heredity and 20% by environment" (80% der Intelligenz ist genetisch, 20% durch Umwelteinflüsse determiniert)?

Beide Aussagen klingen sehr ähnlich — vor allem weil dem genetischen *Varianzanteil* die Bezeichnung heritability (umgangssprachlich: Erblichkeit) gegeben wurde.

C

Varianzanteile einerseits und kausale Wirkungen andererseits sind Größen sehr unterschiedlicher Natur. Es folgen nun 4 Gründe, warum sich aus prozentualen Varianzanteilen *keine* Aussagen über relative Wirkungsstärken der zusammenwirkenden Einflüsse herleiten lassen:

1. Weil ein Prozentanteil in seinem Betrag prinzipiell vom Betrag des anderen Prozentanteils abhängig ist, und damit keine quantitative Aussage über eine *unabhängige* Wirkung liefern kann.

2. Weil Varianzanteile keine Information über die Vorzeichen (plus oder minus) der zusammenwirkenden Einflüsse enthalten.

3. Weil aus Variationswerten von Variablen ohnehin nichts über deren absolute Werte hervorgeht.

4. Weil sich bei nichtlinearem Zusammenwirken — und das trifft auf Anlage und Umwelt zu — überhaupt keine relativen Einflussmaße definieren lassen.

Diese vier Einwände werden jetzt im einzelnen besprochen:

C1

Der erste Einwand bezieht sich auf die Prozent-Aufteilung, die in jeder Aussage über Varianzanteile darinsteckt. Wir beginnen mit einem Gedankenexperiment:

Wir stellen uns eine optimale Umwelt vor, die *alle* genetischen Anlagen zur Entfaltung kommen lässt. So etwas kann angenähert für eine Musikhochschule gelten: Dort herrscht individuelle Meisterlehre; die Motivation der Studenten ist maximal, weil sie alle Konzertsolisten werden wollen; und die Professoren sind selbst ausübende Künstler, also Vorbilder nicht nur im Reden, sondern auch im Handeln. Trotzdem haben die Prüfungen am Ende des Studiums unterschiedliche Ergebnisse, gute, mittlere und schlechte. Was drückt sich in dieser Variation aus? Weil es nicht eine verschieden gute Umwelt war — denn sie ist in diesem Gedankenversuch für alle gleich gut, nämlich optimal — können nur die mitgebrachten unterschiedlichen genetisch bedingten *Anlagen* für die unterschiedlichen Qualifikationen verantwortlich sein. Bessere Umwelt, also größerer *Umwelteinfluss* schlägt sich also in verstärktem Ausdruck der *genetischen* Unterschiede in den Endergebnissen nieder. Also Heritabilität = 100%, und dies darum, weil der Varianzanteil der Umweltwirkung 0% ausmacht. Die Heritabilität eines phänotypischen Merkmals wächst hier also von einem Wert wie 80% auf 100% an, nur weil der

andere Prozentwert, wegen der *gleichen* Güte der *Umwelt* für alle Studenten, in diesem Gedankenexperiment zu null geworden ist.

Man kann sich andererseits auch das Gegenbeispiel ausdenken, dass in einer Population ein phänotypisches Merkmal auf Grund von extrem anwachsenden Umweltunterschieden immer stärker variiert, wodurch der prozentuale Varianzanteil Heritabilität trotz *gleichbleibenden* Erbguts und gleichbleibender Erbgut-Wirksamkeit absinken würde.

Aus diesen Überlegungen lassen sich folgende Schlüsse ziehen: Die Bezeichnung der Varianzanteile "erbbedingt" und "umweltbedingt" läßt sie als monofaktoriell kausal bedingt erscheinen, obwohl sie das, weil in Prozent ausgedrückt, nicht sind und nicht sein können. So ist Heritabilität - als Prozentbeitrag einer Summe - in ihrem Zahlenwert nicht nur von der Wirksamkeit des Erbguts abhängig, sondern ihr Betrag wird von dem des anderen Varianzanteils mitbestimmt. Wie dargelegt, kann für eine Gruppe von Menschen der prozentuale Varianzanteil "Heritabilität" allein dadurch von 80% auf 100% ansteigen, daß sich der andere Summand, nämlich die Umweltwirkung, verbessert, und zwar bis sie für alle Individuen optimal wird und dadurch ihre statistische Variabilität, ihr Varianzanteil, auf null zurückgeht. Das klingt paradox, ist aber eine essentielle Eigenschaft jeder Prozentaufteilung. Prozentangaben sind als Maßzahlen für kausale Einflußgewichte prinzipiell untauglich.

Deswegen war es nicht nur bedenklich, sondern unzulässig, der Größe „erblich bedingter Varianzanteil" den Namen *Heritabilität* zu geben; denn dieser Ausdruck suggeriert sprachlich einen *nur* vom Erbgut abhängigen Faktor, der nicht auch vom Ausmaß der Umweltvariabilität abhängt. Zumindest hätte man nur von „*relativer* Heritabilität" sprechen dürfen, wie das beim Begriff der „relativen Luftfeuchtigkeit" üblich ist.

C2

Nun zum zweiten Aspekt von kooperierenden Variablen, ihrem *Vorzeichen* (+ oder -): Wenn A und B mit ihren Varianzen Var A und Var B linear zusammenwirken, so ergibt sich die Varianz des Ergebnisses C, also Var C, als *Summe* von Var A und Var B. Und — jetzt kommt das Entscheidende — dies geschieht unabhängig davon, ob eine *Summation* A+B oder eine *Subtraktion* A-B der Variablen vor sich geht. Daraus folgt: Wenn sich

die *Varianzen* zweier Variablen im Ergebnis summieren, so steckt darin keine Information darüber, ob sich auch die *Variablen* selbst so verhalten, also, ob sie mit gleichem oder mit ungleichem Vorzeichen in das Ergebnis eingehen.

Hieraus leitet sich ein zweiter Einwand ab: Eysenck und die anderen mir bekannten Autoren haben nach meiner Kenntnis niemals in Betracht gezogen, dass eine der beiden zusammenwirkenden Variablen — „Erbgut"- und „Umwelt"- Bedingtheit — mit *negativem* Vorzeichen in die Interaktion eingehen könnte. Auf den ersten Blick scheint dieser Hinweis allerdings bloß formaler Natur zu sein. Wie soll man sich eine negative Wirkungsbedingung vorstellen? Trotzdem wird dieser Einwand in einem späteren Abschnitt des Gedankengangs eine entscheidende Rolle spielen.

C3

Ein wirklich fundamentaler Einwand, der sonst allgemein beachtet wird, bei der IQ-Diskussion aber anscheinend von kaum jemandem der Erwähnung für wert gehalten wird, ist dieser: In Angaben über die *Variation* einer Größe steckt prinzipiell keine Information über ihren *Absolutwert*. Konten*bewegungen* sagen gar nichts aus über den *Betrag* der Einlage, nicht einmal ob diese ein Guthaben oder einen Schuldenberg darstellt, oder ob der Betrag durch Gut- und Abbuchungen zwischen Guthaben und Schulden hin und her springt.

Diese Überlegung gilt auch für die Beziehungen zwischen Varianzanteilen von Erbgut- und Umwelteinflüssen einerseits und den relativen Gewichten ihrer Einflüsse auf den Phänotyp andererseits.

Dies entspricht ja eigentlich auch dem gesunden Menschenverstand: Bei einer Aussage wie der, ein Merkmal sei zu 80% von der Genetik und zu 20% von der Umwelt bestimmt, denkt doch jeder an reale Einflüsse, deren Wirksamkeit *kausal bedingt* ist, und die man nicht etwa davon ablesen kann, wie stark und wie weit die Einflüsse zwischen den Individuen innerhalb eines Kollektivs von Menschen im Vergleich zueinander variieren.

[kwaiv]

C4

Auch der vierte Abschnitt der Erörterung führt zu einem elementaren Zweifel an der Gültigkeit der 80%-20%-Aussage: Ein allgemeiner Lehrsatz lautet: Wenn aus dem Zusammenspiel zweier Variablen ein Ergebnis hervorgeht, so ist es unter Umständen prinzipiell unmöglich, die Einzelbeiträge der zusammenwirkenden Variablen am Ergebnis in Prozent anzugeben. Das ist der Fall, wenn die Variablen nicht *summativ*, sondern *nichtlinear*, zusammenwirken.

Zuerst ein Beispiel für summatives Zusammenwirken: Wenn 3 Personen zusammen einen Fahrstuhl betreten, der Vater wiegt 60 kg, seine verschieden alten Kinder 25 und 15 kg, zusammen also 100 kg, so trägt der Fahrstuhl die *Summe* von ihnen, und diese besteht aus dem Gewicht der 3 Personen zu 60%, 25% und 15%.

Wenn aber die Variablen nicht summativ, sondern nichtlinear zusammenwirken, so sind Prozentangaben über die relative Wirksamkeit ihrer Einflüsse auf das Endergebnis nicht mehr möglich. Dafür 3 Beispiele:

(1) Die Fläche eines Rechtecks, z. B. eines Feldes, ergibt sich aus dem Produkt Länge x Breite. Zu wie viel Prozent die Flächengröße von der Länge und zu wie viel Prozent von der Breite abhängt — dies zu fragen ist sinnlos (wie auch Donald O. Hebb bemerkte, siehe oben Abschnitt A 4).

(2) Die Helligkeit, mit der ein Stern an unserem Firmament sichtbar ist, hängt von zwei Faktoren ab, von seiner absoluten Leuchtkraft *und* seiner Entfernung. Beispielsweise sind Betaigeuze und Aldebaran, die wir am Winterhimmel zugleich sehen können, für uns etwa gleich hell. Aber Betaigeuze ist 9 mal so weit von uns entfernt wie Aldebaran, dafür aber 100 mal so leuchtstark wie dieser. Die Frage, zu wie viel Prozent einerseits die Leuchtkraft, andererseits die Entfernung für die Stern-Helligkeiten an unserem Himmel beteiligt sind, ist sinnlos, weil die beiden Faktoren nichtlinear zusammenwirken.

(3) Und noch ein *ganz* anderes Beispiel: Wenn eine Mozartsonate erklingt, so hängt die Qualität der erbrachten Leistung nicht nur vom Pianisten. sondern auch vom Instrument ab, von dessen technischer Perfektion und Wartung. Zu wie viel Prozent, wäre wirklich eine sinnlose Frage. Erst der 100%ige Einsatz des Pianisten und das erstklassige, zu 100% gewartete und

gestimmte Instrument gewährleisten gemeinsam den vollen, also 100%igen Erfolg.

Ein besonders deutlicher Hinweis auf nichtlineares Zusammenwirken ist dann gegeben, wenn der Wert null einer der Komponenten auch den Wert null des Ergebnisses nach sich zieht. Beim summativen Zusammenwirken bleibt beim Nullwerden einer Komponente die andere als Ergebnis übrig. Bei der Multiplikation ist das Gesamtergebnis null, wenn nur einer der Faktoren null ist, unabhängig vom Betrag des anderen Faktors.

C5

Nach dieser gedanklichen Vorbereitung können wir fragen: Wenn Genetik und Umwelt gemeinsam den Phänotyp oder eine Einzelheit von ihm, wie den IQ, zustande bringen, wirken sie dann linear oder nichtlinear zusammen? Die Antwort lautet natürlich: nichtlinear.

Ein unübersehbares Argument dafür ist die Tatsache, dass weder das Erbgut noch die Umwelt *allein* in der Lage sind, einen Phänotyp oder eine phänotypische Eigenschaft zustande zu bringen. Ohne den Umwelteinfluss „Licht" bildet eine Keimpflanze trotz vorhandener genetischer Grundlage kein Molekül Chlorophyll.

Der einfachste Typus eines nichtlinearen Zusammenwirkens ist die Multiplikation. Darum sei im Folgenden das Zusammenwirken von Genom und Umwelt in erster Näherung als Multiplikation bezeichnet. Unabhängig davon, wie quantitativ genau das zutrifft, gilt in unserem Zusammenhang die Aussage: Für die Auswirkungen von Erbgut und Umwelt auf die Eigenschaften des Phänotyps sind keine Prozentangaben möglich. Damit entfällt auch die Voraussetzung dafür, die aus den Zwillingsuntersuchungen ermittelten prozentualen *Varianzanteile* Heritabilität und Umweltwirkung als Hinweise auf entsprechende *Wirksamkeits*prozente zu deuten.

D

Dieses Ergebnis des Kapitels C ist nun auf vierfache Weise, also mit großer Sorgfalt hergeleitet. Aber es ist unbefriedigend, ja beunruhigend. Der Nachweis, dass eine quantitative naturwissenschaftliche Aussage unhaltbar sei, darf nicht das letzte Wort sein. Die Varianzanteile 80% und 20% wurden

doch mit nachvollziehbarer Auswertungsmethode aus nachvollziehbaren IQ-Messungen hergeleitet. Wenn sie — als Varianzanteile — kein Ausdruck der nichtlinear kooperierenden Variablen „Erbeinfluss" und „Umwelteinfluss" sein können, haben sie dann womöglich eine andere Bedeutung? Gibt es vielleicht erbbedingte und umweltabhängige Indikatoren, die nicht multiplikativ, sondern linear zusammenwirken? Um dies zu ermitteln, folgt auf die kritische Phase jetzt die konstruktive Phase der Untersuchung.

D1

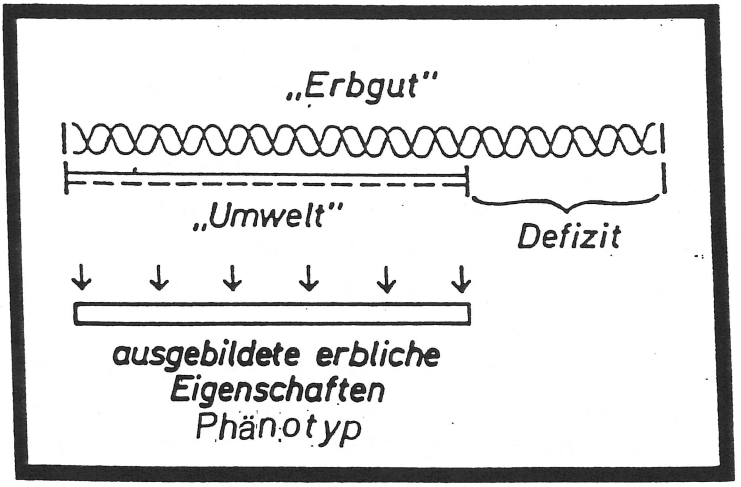


Abb. 1

Anhand des Schemas Abb. 1 lassen sich die Beziehungen zwischen Genom, Umweltwirkung und Phänotyp klarlegen:

Der DNS-Doppelwendel symbolisiert das Erbgut, die doppelte Linie darunter die Umwelt. Merkmale des Phänotyps — dazu zählt auch der IQ — kommen zustande durch das Zusammenwirken von Anteilen des Erbguts *und* Auswirkungen der Umwelt. Wo Umweltwirkungen fehlen, prägen sich die

betreffenden genetischen Anlagen im Phänotyp *gar nicht* aus; dann besteht ein *Defizit* an Umweltwirkungen.

Anhand von Abb. 1 kann man sich auch vor Augen führen, was es heißt, wenn die Variablen Erbgut und Umwelt unabhängig von einander variieren: Unterschiedlich potentes *Erbgut* ließe sich symbolisieren durch unterschiedliche Längen des DNS-Symbols. Wenn das Ausmaß der *Umweltwirksamkeit* unabhängig vom Erbgut variiert, so ist die symbolische *Umweltlinie* verschieden lang. Daraufhin werden unterschiedlich viele *Anteile* des Erbguts nicht realisiert und erscheinen nicht im Phänotyp. Die einfachste Schreibweise für dieses Schema lautet:

Phänotyp = f (Gesamt-Genotyp x Umweltfaktoren
– Teil-Genotyp x Umwelt-Defizit)

$P = f (G \times E^G - G \times E^{def})$.

Hierbei bedeuten P = Phänotyp; G = Genom; E= Umwelt; E^G = Umwelteinflüsse, die dem Genom insofern zugeordnet sind, als sie den Genen zur Realisation im Phänotyp verhelfen; E^{def} = Defizit der zur Realisation erforderlichen Gene.

In dieser Gleichung steht das Zeichen „minus", die Beziehung ist also linear — und das, obwohl beide Variablen, Erbgut und Umwelt, darin vorkommen, die ja *untereinander nichtlinear* kooperieren.

D2

Hier aber eröffnet sich eine neue Denkmöglichkeit: Ist nicht etwa das variable Umwelt-*Defizit* identisch mit der Variablen, deren Einfluss sich im umweltabhängigen Varianzanteil der Wirkung auf den IQ manifestiert? Ein *positiver* prozentualer Umweltwirkungs-Anteil hat sich ja in der vorangehenden Untersuchung als unmöglich erwiesen, weil Erbgut und Umwelt *nichtlinear* zusammenwirken. Beim variablen „Umwelt-Defizit" aber ist das nicht der Fall, es bildet kein mathematisches Produkt mit dem Erb-Anteil, sondern es wird als nicht realisierter Anteil des Phänotyps vom (potentiellen) Gesamt-Phänotyp *subtrahiert.* Wir können jetzt das Umwelt-Defizit mit dem unabhängigen statistischen Umwelteinfluss identifizieren, der sich im Umwelt-abhängigen Varianzanteil äußert. Dabei macht es nichts aus, dass nun die Variable, die dem *positiven*

Varianzanteil zugrunde liegt, als „Defizit" das *negative* Vorzeichen besitzt; ein Varianzanteil hat ja unabhängig vom Vorzeichen (plus oder minus) der Variablen immer das positive Vorzeichen (siehe oben Abschnitt C2). Dies lässt sich in der Formel ausdrücken

$Var\ P = f^{I}[Var\ (G \times E^{G}) + Var\ (G \times E^{def})]$

Wenn der Umwelt-abhängige Varianzanteil des IQ durch die Variation des *Defizits* an Realisatoren von Erbanlagen zustande kommt, dann heißt das: In der Umwelt, d. h. im Bildungsmilieu der auf ihren IQ untersuchten Zwillinge und sonstigen Probanden herrschten keine optimalen Bedingungen für die Realisation *aller* zuständigen Erbanlagen; sonst hätte ja auch der IQ der erbgleichen Zwillinge immer genau gleich sein müssen. Es gab Umwelt‿wirkungs*defizite*, und deren Variation war es, die sich in dem umweltabhängigen prozentualen Varianzanteil äußerte.

D3

Generalisiert man diese Aussage, wie es üblich ist, schließt man also vom Kollektiv der IQ-Probanden auf die Gesamtbevölkerung, so lautet die korrigierte Aussage im Vergleich zur links stehenden alten Aussage:

Bisher vertretene unrichtige Aussage	*Korrigierte Aussage*
Die IQ-Unterschiede zwischen Menschen sind zu 80% durch ihr Erbgut und zu 20% durch die Umwelt bedingt.	Von den genetischen Anlagen der menschlichen Intelligenz werden im derzeitigen Bildungswesen 67% verwirklicht, und 33% bleiben unentwickelt.

Inhaltlich sind beide Aussagen, wenn man sie vergleicht, kategorisch unterschiedlich; auch weichen die Zahlenangaben voneinander ab. Zunächst das Inhaltliche:

Betrachtet man die sprachlichen Formulierungen links und rechts, so unterscheiden sie sich vor allem in der Bedeutung und Rolle, die dem Erbgut zugeschrieben wird. In der links stehenden Formulierung erscheint das Erbgut wie ein dominierender Block von schicksalhaft determinierender Macht; daneben bleibt nur ein kleiner Spielraum der Beweglichkeit für die Umweltwirkung offen. In der rechts stehenden Formulierung erscheint die genetische Basis als ein Feld von erblichen Anlagen, die durch die Umweltwirkungen ausgeschöpft und zum Leben erweckt werden. Die links- und die rechtsstehende These haben somit völlig unterschiedliche psychologische Konnotationen. Hätten die IQ-Vererbungstheoretiker ihre in dieser Untersuchung aufgezeigten Fehler vermieden und statt der linksstehenden die rechtsstehende Aussage veröffentlicht und verbreitet, so hätte das weniger Verwirrung gestiftet und in der allgemeinen Öffentlichkeit und der Schulpädagogik ein völlig anderes Echo gefunden.

D4

Nun zu den Zahlenangaben: Die ursprünglichen Werte 80% (genetisch bedingt) und 20% (umweltbedingt) sind *Varianzanteile*. Wer sie einstmals unverändert auf Wirkungsprozente übertrug, dachte nicht daran — oder wusste es vielleicht gar nicht —, dass er bei dieser Übertragung die *Quadrierung* hätte rückgängig machen müssen, die von den Standardabweichungen zu den Varianzen führte (siehe oben Abschnitt B2). Macht man die darin steckende Skalentransformation wieder rückgängig, kehrt man also zur normalen, nicht quadrierten IQ-Skala zurück, so ergeben sich die Werte 67% und 33%, und zwar nunmehr für das Verhältnis zwischen den realisierten und den - wegen des "Umwelt-Defizits" - nicht realisierten Anlagen.

E

In der neuen Sicht offenbart sich also das alte Problem der Erblichkeit und Umweltbedingtheit des IQ folgendermaßen:

1. Prozentangaben der Bedeutung der genetischen Grundlage und Umwelt für Merkmale des Phänotyps — wie 80%:20% für den IQ - sind unhaltbar, weil genetische Ausstattung und Umwelteinfluss nichtlinear, in erster Näherung multiplikativ, zusammenwirken, nicht additiv.
2. Im Ergebnis der IQ-Studien an Zwillingen und anderen Probanden repräsentiert der Varianzanteil „Umweltwirkung" keinen positiven Umweltbeitrag zum Phänotyp, sondern er repräsentiert das *Defizit* an derjenigen Umweltwirkung, die zur 100%igen Realisation der genetischen Potenzen erforderlich wäre. Die bisherige, unrichtige Interpretation enthielt also einen Vorzeichenfehler.
3. Ebenso wie für sonstiges nichtlineares, z.B. multiplikatives Zusammenwirken, so gilt auch für Erbgut und Umweltbedingungen: Jeder der beiden Faktoren kann — beim Maximalbetrag des anderen — ein Gesamtergebnis im Spielraum zwischen null und dem Höchstwert determinieren. Erbgut und Umwelt sind daher — falls man hartnäckig auf Prozentangaben beharrt — je zu 100% für den Erfolg der Kooperation verantwortlich.

EYSENCK, H.J.: Intelligenz. Struktur und Messung. Berlin Heidelberg New York (Springer) 1980
- . The Structure and Measurement of Intelligence. Die Naturwissenschaften 65, 491-497, 1981.
HASSENSTEIN, B.: Erbgut, Umwelt, Intelligenzquotient und deren mathematisch-logische Beziehungen. Zeitschrift für Psychologie 190, 345-366, 1982
HEBB, D.O.: Einführung in die moderne Psychologie. Weinheim (Beltz Verlag) 1972, S. 196.