Sonderdruck aus der
ZEITSCHRIFT FÜR PSYCHOLOGIE
Band 190, Heft 4 (1982)
JOHANN AMBROSIUS BARTH, VERLAG, LEIPZIG
Printed in the German Democratic Republic

ZEITSCHRIFT FÜR PSYCHOLOGIE
Band 190, 1982 Heft 4
mit Zeitschrift für angewandte Psychologie Band 95

Aus dem Institut für Biologie I (Zoologie) der Universität Freiburg

Erbgut, Umwelt, Intelligenzquotient und deren mathematisch-logische Beziehungen

Von B. Hassenstein

Mit 5 Abbildungen

Zu welchen Anteilen lassen sich die *IQ*-Unterschiede in der Bevölkerung auf Unterschiede des Erbguts oder auf unterschiedliche Umwelteinflüsse zurückführen? Diese sowohl wissenschaftlich als auch sozial- und bildungspolitisch interessante Frage läßt sich bis heute nur indirekt untersuchen: durch das Auswerten von *IQ*-Unterschieden zwischen Personen in Abhängigkeit von deren Verwandtschaftsgrad und vom Grade der Übereinstimmung oder Unterschiedlichkeit ihrer Umwelt. Im folgenden wird dargelegt, welche Schlüsse auf die Bedingtheit der Test-Intelligenz durch solche Untersuchungen prinzipiell möglich sind.

1. Herleitung der Varianzanteile „Erbgut" und „Umwelt" der *IQ*-Varianz vom durchschnittlichen *IQ*-Unterschied zwischen erbgleichen, in verschiedener Umwelt aufgewachsenen Zwillingen

Als Zahlenwerte, die die relative Abhängigkeit des *IQ* von Erbgut und Umwelt repräsentieren, gelten die *Varianzanteile* „Erbgut" und „Umwelt" der *IQ*-Varianz. Seit zwei Jahrzehnten wird am häufigsten die Proportion 80 : 20 [%] zugunsten des Erbguts angegeben (zuletzt von Eysenck 1981); doch werden gelegentlich auch 75 : 25 [%] oder 70 : 30 [%] genannt. Die Basis für diese Zahlenangaben sind die *IQ*-Unterschiede zwischen Personen in Abhängigkeit von deren Verwandtschaftsgrad und vom Grade der Übereinstimmung oder Unterschiedlichkeit ihrer Umwelt.

Es dient dem Vorhaben der folgenden Erörterungen, wenn zunächst ein aus besonders wenigen und übersichtlichen Gedankenschritten zusammengesetzter Weg gezeigt wird, auf den man, ausgehend vom durchschnittlichen *IQ*-Unterschied zwischen erbgleichen und in verschiedener Umwelt aufgewachsenen Zwillingen, die Varianzanteile „Erbgut" und „Umwelt" der *IQ*-Gesamtvarianz herleiten kann.

Voraussetzung hierfür ist die Kenntnis einer mathematisch trivialen, aber in diesem Zusammenhang selten erwähnten Beziehung zwischen zwei Eigenschaften der *Normalverteilung*, dem *durchschnittlichen Abstand* zwischen je zweien der in ihr enthaltenen Einzelwerte und der *Standardabweichung* bzw. Varianz der Verteilung:

Wählt man nach dem Zufall Einzelwerte aus einer Normalverteilung aus, so ist der durchschnittliche Abstand zwischen je zweien von ihnen eine Funktion von σ (der Standardabweichung der Normalverteilung), nämlich $\frac{2}{\sqrt{\pi}}\sigma = 1{,}128\sigma$. (Wer sich hierüber die volle Anschauung aneignen will, wähle aus einer Tafel normalverteilter Zufallswerte, z. B. von WOLD 1955, beliebige Zahlenpaare aus und ermittle deren durchschnittlichen Abstand.) Beispielsweise würde sich der *IQ* zwischen je zwei beliebig (etwa nach dem Adreßbuch) ausgewählten Personen durchschnittlich um $1{,}128 \times 15$ Punkte, also um 16,93 Punkte unterscheiden – vorausgesetzt natürlich, die Eichpopulation für den verwendeten *IQ*-Test wäre wirklich repräsentativ für die betreffende Bevölkerung gewesen. („Abstand" = absoluter Wert der Differenz.)

Unter Verwendung dieser Beziehung besteht der zuvor angekündigte kurze Herleitungsweg vom durchschnittlichen *IQ*-Unterschied zwischen erbgleichen Zwillingen zu den Varianzanteilen „Erbgut" und „Umwelt" der *IQ*-Verteilung aus folgenden fünf Schritten, von denen der erste empirisch, die übrigen rein mathematischer Natur sind:

1. *Messung* des durchschnittlichen Abstandes zwischen in unterschiedlichen Lebens- und Bildungsumwelten aufgewachsenen erbgleichen Zwillingen.

Voraussetzung für die Auswahl dieser Zwillingspaare muß sein, daß die Unterschiedlichkeit ihrer Lebens- und Bildungsumwelten für die *allgemeine* Variation der *IQ*-relevanten Umweltanteile in der Bevölkerung repräsentativ ist.

Als Ergebnisse entsprechender Studien sind bisher Durchschnittswerte zwischen 8,5 und 11,6 *IQ*-Punkten bekanntgeworden (Auswertung von Abb. 82 in KNUSSMANN 1980 aus JENSEN 1970). Als theoretische, veranschaulichende Zahlenbasis für die anschließende Modellrechnung verwende ich den Abstand von 7,57 *IQ*-Punkten. Er entspräche, wie sich dann zeigen wird, dem Varianzanteils-Verhältnis von 80 : 20 [%]. (Die entsprechenden Zahlenwerte für die Varianzanteil-Relationen 75 : 25 [%] und 70 : 30 [%] wären nur wenig höher, nämlich 8,46 bzw. 9,27 *IQ*-Punkte. Bei voller Gleichheit genetischer und umweltlicher Einflüsse auf die *IQ*-Variation, also 50 : 50 [%], hätten erbgleiche, in zufallsmäßig unterschiedlichem Milieu aufgewachsene Zwillinge theoretisch einen durchschnittlichen *IQ*-Unterschied von 11,97 Punkten.)

2. Aus dem durchschnittlichen Abstand von *IQ*-Punkten errechnet sich die Standardabweichung σ_U der zugrunde liegenden Normalverteilung:

$$\sigma_U = 7{,}57 \cdot \frac{1}{2}\sqrt{\pi} = 6{,}71 \text{ [}IQ\text{-Punkte]}.$$

Diese Normalverteilung repräsentiert die Unterschiedlichkeit der variierenden *Umwelt*einflüsse auf den gemessenen *IQ*. Daß diese Einflüsse hier als normalverteilt zu gelten haben, leitet sich daraus her, daß man die *IQ*-Verteilung *unabhängig* von der Größe des statistisch selbständigen Umweltbeitrags, damit aber auch für den Fall des Fehlens eines solchen ($\sigma_U^2 = 0$) als *Normal*verteilung betrachtet; die Verteilung der Summen aus je einem Wert einer Normalverteilung und einer *Nicht*-Normalverteilung ergäbe (bei zufallsgemäßer Zuordnung) jedoch keine Normalverteilung.

3. Man erhebt das gefundene σ_U durch Quadrieren zur Varianz und erhält:

$$\sigma_U^2 = 6{,}71^2 = 45$$

Die *Dimension* dieses Betrags ist natürlich nicht mehr „*IQ*-Punkte", sondern „*IQ*-Punkte zum Quadrat". σ_U^2 ist die Varianz der umweltabhängigen Einflüsse auf den gemessenen *IQ*.

4. Man subtrahiert den für den umweltabhängigen Varianzanteil gefundenen Wert σ_U^2 von der oben angegebenen Varianz der *IQ*-Verteilung, also der „Gesamtvarianz" σ_{IQ}^2 und erhält dadurch den vom Erbgut abhängigen Varianzanteil σ_G^2.

Mit unseren veranschaulichenden Zahlen ergibt sich:

$$\sigma_G^2 = \sigma_{IQ}^2 - \sigma_U^2 = 225 - 45 = 180$$

5. Man setzt die beiden nun gefundenen Varianzanteile zueinander ins Verhältnis und erhält durch Einsetzen unserer Zahlenwerte:

$$\sigma_G^2 : \sigma_U^2 = 180 : 45 = 80 : 20\ [\%] = 4 : 1$$

Der hiermit gezeigte Folgerungsweg vom durchschnittlichen *IQ*-Unterschied zum Varianzanteilsverhältnis „Erbgut" : „Umwelt" ist nicht der übliche. Er führt nicht über die Berechnung von Korrelationskoeffizienten und vermeidet so die damit verbundenen Fehlermöglichkeiten (Steidler 1981).

Entsprechende Ableitungen lassen sich auch für andere Verwandtschaftsgrade sowie für *Nicht*-Verwandte im *gleichen* Familien- und Bildungsmilieu (Adoptivkinder) angeben. Alle von ihnen lassen sich in das vorstehende Ableitungsschema übersetzen. Dieses hat prinzipielle Gültigkeit.

In diesem einleitenden Kapitel wurden Begriffe verwendet sowie Methoden und Befunde referiert, die in vielen Hinsichten inhaltlich diskutiert und kritisiert werden können und müssen; ein Beispiel wäre die Beziehung zwischen den gemessenen *IQ*-Werten und dem, was *begrifflich* als „Intelligenz" zu verstehen wäre. Diese Diskussion wird jedoch hier *nicht* geführt, obwohl sie vielleicht viel wichtiger wäre, als was die folgenden Erörterungen anzielen. In diesen geht es lediglich um die Frage: Wäre *unter der Voraussetzung*, daß der durchschnittliche *IQ*-Unterschied zwischen verschieden aufgezogenen erbgleichen Zwillingen tatsächlich 7,57 Punkte beträge, daraus wirklich der Schluß herzuleiten, 80 % der in der Bevölkerung zu findenden *IQ*-Unterschiede seien genetisch bedingt und 20 % seien umweltbedingt?

2. Relativer Einfluß additiv und zufallsgemäß zusammenwirkender normalverteilter Variablen auf die resultierende Normalverteilung

Innerhalb der fünf theoretischen Schritte, die von den *IQ*-Messungen an erbgleichen Zwillingen zu den *IQ*-Varianzanteilen „Erbgut" und „Umwelt" führen, zieht der Schritt Nr. 3 besondere Aufmerksamkeit auf sich: Durch ihn werden die gemessenen *IQ*-Differenzen quadriert und damit in ihrer Dimension verändert. Diese Dimensionsveränderung wird später nicht wieder rückgängig gemacht; denn als Endergebnis erscheint in Schritt Nr. 5 das Verhältnis zwischen den *ins Quadrat*

erhobenen Meßergebnissen und nicht zwischen diesen selbst. Dies entspricht zwar den Definitionen der „Varianz" und des „Varianzanteils". Trotzdem ist die Frage berechtigt, ob die mit dem Quadrieren (Schritt Nr. 3) verbundene Skalentransformation nicht vielleicht in Zusammenhang mit der Quotientenbildung (Schritt Nr. 5) die gegebenen quantitativen Beziehungen verfälscht. Diese Frage ist, wie sich zeigen wird, zu bejahen (KNUSSMANN 1980).

Um auch in dieser zweiten Erörterung die mathematische Präzision mit einem möglichst hohem Maß an Anschaulichkeit und Kürze einhergehen zu lassen, wähle ich den Weg einer Modellrechnung mit zusätzlicher Zeichnung (Abb. 1); beides dient außer dem folgenden auch dem übernächsten Denkschritt (Kapitel 3).

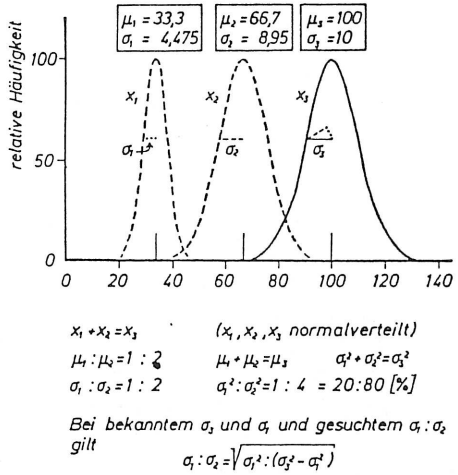


Abb. 1. Veranschaulichende Darstellung zweier Normalverteilungen x_1 und x_2 (gestrichelt), die durch zufallsgemäße Addition der Einzelwerte eine Summenkurve x_3 (durchgezogen) ergeben, die ebenfalls eine Normalverteilung ist. Beachte die geometrische Veranschaulichung der Entstehung von σ_3 als Hypotenuse eines rechtwinkligen Dreiecks mit den Katheten σ_1 und σ_2

Gegeben seien zwei Normalverteilungen x_1 und x_2, deren Mittelwerte im Verhältnis 1 : 2 stehen. Ihre (an sich natürlich frei wählbaren) Standardabweichungen sollen dasselbe Verhältnis zueinander aufweisen; hierdurch wird — nur für diese Modellrechnung — eine im Prinzip keineswegs notwendige Beziehung hergestellt: Sie ermöglicht es *in diesem Fall*, von den Streubreiten der Variationen auf die Durchschnittswerte der Verteilungen zu schließen und umgekehrt. Das Beispiel ist damit so eingerichtet, daß das gegenseitige Verhältnis aller, die *Variationsbreite* charakterisierenden Werte unmittelbar einsichtig ist: Standardabweichungen, entsprechende Perzentilwerte und die durchschnittlichen Differenzen zwischen Wertepaaren verhalten sich im Vergleich zwischen den beiden Verteilungen wie 1 : 2. — Veranschaulicht man sich die beiden Verteilungen etwa als Repräsentanten der

zeitlich variierenden Kontostände eines Postscheck- und eines Bankkontos desselben Besitzers, so geht es bei beiden Konten um konkrete Buchungen von Geldbeträgen, die durchschnittlich in jeder Hinsicht im gegenseitigen Werte-Verhältnis von 1 : 2 stehen.

Die beiden Variablen x_1 und x_2 sollen unabhängig voneinander variieren, doch sollen jeweils paarweise zugehörige Werte definierbar sein. Unter diesen Umständen ergeben die Summen der Variablen eine dritte Normalverteilung. Dabei verhalten sich die *Mittelwerte* der beiden Verteilungen additiv ($\mu_3 = \mu_1 + \mu_2$), nicht aber die Streubreiten: Hier gilt: $\sigma_3 = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}$. Sucht man auch im Bereich der *Variationsmaße* nach einem sich *additiv* verhaltenden Ausdruck, so bietet sich die *Varianz* an; denn es gilt $\sigma_3^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2$ (siehe Abb. 1).

Bis hierher verlief die Entwicklung der Modellrechnung unproblematisch, ja trivial. Wechselt man jedoch den Standpunkt und fragt – von der Verteilung der Summenwerte x_3 ausgehend – „zu welchen Anteilen *deren* Variation auf Unterschiede innerhalb der beiden Ursprungsverteilungen x_1 und x_2 zurückzuführen sind" (Formulierung in Anlehnung an Satz 1 dieses Aufsatzes), so erhebt sich die Frage, ob hier die nichtquadrierten Streuungsmaße (z. B. die Standardabweichungen) oder die Varianzen heranzuziehen wären.

Auf den ersten Blick bieten sich die *Varianzen* an: Sie verhalten sich bei der Kombination von Normalverteilungen zu einer Summenverteilung additiv, gleichen also darin den Mittelwerten. Sie führen jedoch zu ganz anderen Zahlen als denjenigen, die die Ausgangswerte der Modellrechnung bildeten. Statt der eingeführten Beziehung 1 : 2 würde $(1 : 2)^2$, also 1 : 4 gelten. Dadurch wird der Einfluß der stärker variierenden Variablen auf Kosten der schwächer variierenden überhöht wiedergegeben (Knussmann 1980, S. 100/101).

Nehmen wir zur Veranschaulichung an, besagter Kontoinhaber würde von einem bestimmten Zeitpunkt an alle Abhebungen und Zuweisungen auf seinem *Bankkonto* verdreifachen, die Verhältnisse auf seinem *Postscheckkonto* aber so lassen, wie sie waren. Damit würde sich auch der *Einfluß* des Bankkontos auf die Schwankungen des Gesamt-Kontobestandes real *verdreifachen*, also von nun an *sechsmal* so stark sein (statt vorher zweimal so stark) wie der des Postscheckkontos (Änderung von 1 : 2 auf 1 : 6). Unter Zugrundelegung der *Varianzen* wäre dagegen das Verhältnis der Einflüsse auf die Variation des Gesamtguthabens von $1 : 2^2$ auf $1 : 6^2$ (d. h. von 1 : 4 auf 1 : 36) gestiegen, also auf das *Neunfache*. Das gibt aber die Tatsachen (*Verdreifachung* aller Buchungen und Verdreifachung des Einflusses auf den Gesamt-Kontobestand) nicht wirklichkeitsgerecht wieder. Die Teil*varianzen* bilden also die Anteile der verschiedenen Einflüsse auf die Schwankungen (zeitliche Unterschiede) der zusammengesetzten Variablen falsch ab: Die *nicht* quadrierten Variationsmaße, d. h. die Quadratwurzeln der Varianzen bieten die zutreffende Beschreibung (Zimmer 1975, S. 60/61).

Die aus der Modellrechnung gewonnenen Einsichten lassen sich folgendermaßen verallgemeinern: Der relative Einfluß zufallsgemäß kombinierter und dabei additiv zusammenwirkender normalverteilter Variablen auf die Variationsmaße der resultierenden Normalverteilung wird durch das Verhältnis der *Standardabweichungen* und nicht durch das der *Varianzen* wiedergegeben.

In die hiermit skizzierte Modellrechnung (die allerdings kaum diesen hoch-

trabenden Namen verdient) war als Voraussetzung das *additive* Zusammenwirken *normalverteilter* Variablen eingegangen. Diese Voraussetzung wird nun ausdrücklich auch von allen jenen für notwendig gehalten und als gegeben betrachtet, die mit den Varianzanteilen „Erbgut" und „Umwelt" für die *IQ*-Verteilung rechnen. Daher ist *dieser* Aspekt (Additivität) der Modellrechnung (nicht aber die Proportionalität von μ und σ, siehe unten) auch für die *IQ*-Problematik gültig.

Hiernach wären die letzten *drei* der fünf Schritte aus Abschnitt 1 durch folgende *zwei* Schritte zu ersetzen:

3. (neu): Man errechnet aus $\sigma_U = 6{,}71$ und der Standardabweichung der *IQ*-Verteilung $\sigma_{IQ} = 15$ die Standardabweichung der verbleibenden Variablen σ_G nach der Formel $\sigma_G = \sqrt{\sigma_{IQ}^2 - \sigma_U^2} = \sqrt{180} = 13{,}42$

4. (neu): Man setzt die beiden nun gefundenen Standardabweichungen gegeneinander ins Verhältnis und erhält durch Einsetzen unserer Zahlenwerte $\sigma_G : \sigma_U = 13{,}42 : 6{,}71 = 66{,}\overline{6} : 33{,}\overline{3}\ [\%] = 2 : 1$

Aus dem durchschnittlichen Abstand von 7,57 *IQ*-Punkten zwischen erbgleichen Zwillingen, die getrennt voneinander in zufallsmäßig unterschiedlichen Umwelten aufwuchsen, würde also folgen, daß die *IQ*-Unterschiede in der Bevölkerung auf erbbedingte und umweltbedingte Einflüsse im Verhältnis von 67 % und 33 % (und nicht 80 % und 20 %) zurückzuführen sind.

Die Gesamtheit, deren Anteile die 67 % und 33 % sind, ist dabei natürlich nicht die Standardabweichung σ_{IQ} der Summenkurve, sondern die Summe aus σ_G und σ_U, den Standardabweichungen der Beiträge zur Variation der beiden Komponenten. (Zwischen zwei Gebirgsdörfern ergibt sich zwar die *Luftlinie* nicht additiv aus den tatsächlich zurückzulegenden Teilwegstrecken, dafür aber ein anderer Wert: die *wirklich zu durchmessende Gesamtwegstrecke*.)

3. Bestimmung des Vorzeichens des umweltbedingten Einflusses auf die Unterschiede des *IQ* in der Bevölkerung

An Abbildung 1 läßt sich auch folgender Sachverhalt zur Sprache bringen: Die Beziehungen zwischen σ_1, σ_2 und σ_3 gelten unabhängig von der Lage von μ_1, μ_2 und μ_3 auf der x-Achse. Zwar war in Abb. 1 ausdrücklich eine proportionale Beziehung zwischen den μ-Werten und den zugehörigen σ-Werten eingeführt und dargestellt worden; doch kann dies auch wieder aufgehoben werden: Dann läßt sich trotz Erhaltenbleibens der Beziehungen $\mu_1 + \mu_2 = \mu_3$ und $\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} = \sigma_3$ eben *kein* Schluß von σ auf μ und umgekehrt mehr ziehen.

Die Unabhängigkeit zwischen σ und μ wird auf Abbildung 2 im einzelnen demonstriert: Von Zeile zu Zeile verschieben sich die Verteilungen x_1 und x_2 um gleiche Abszissenstrecken gegeneinander, ohne dabei ihre Form und damit ohne ihr σ_1 und σ_2 zu ändern. Dann bleiben μ_3 und σ_3 trotz der verschiedenen Positionen von μ_1 und μ_2 identisch erhalten.

Wie die dritte Teilabbildung demonstriert, kann eine Verteilung ruhig den Mittelwert Null besitzen, ohne daß sich dadurch ihr Einfluß auf die Standardabweichung

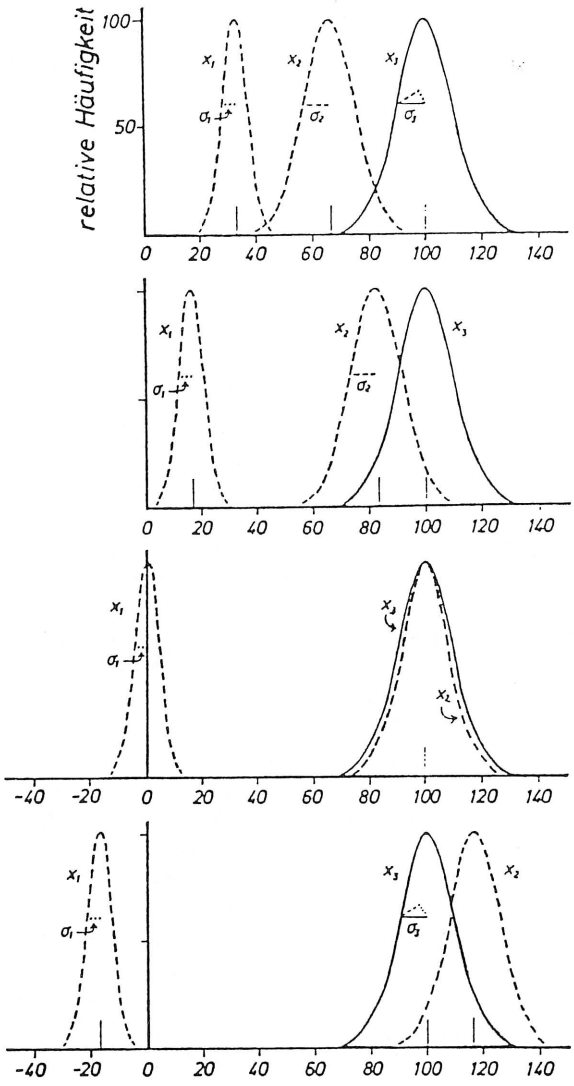


Abb. 2. Veranschaulichende Darstellung der Unabhängigkeit zwischen den Durchschnittsbeträgen und den Streuungsmaßen von Normalverteilungen: Von oben nach unten bleiben die Standardabweichungen und ihre gegenseitigen Beziehungen identisch wie in Abb. 1 (die auf Abbildung 2 oben wiederkehrt), während die Durchschnittsbeträge von x_1 und x_2 zwar weiterhin dieselbe Summe ergeben, aber sich – unter Einhaltung dieser Bedingung – auf der Abszisse weit verschieben. Damit demonstriert Abbildung 2 auch, daß es bei der *Differenzbildung* von Variablen zur *Summierung* ihrer Varianzen (bzw. der entsprechenden Kombination ihrer Standardabweichungen) kommt

der Summenverteilung ändern müßte. Die vierte Teilabbildung veranschaulicht dasselbe sogar für eine Verteilung aus überwiegend *negativen* Werten, deren Mittelwert dann natürlich ebenfalls negativ ist.

Diese vierte Teilabbildung macht damit außerdem auf einen eigentlich selbstverständlichen, aber vielfach übersehenen Tatbestand aufmerksam: Die Varianzen zweier Normalverteilungen *addieren* sich zur Gesamtvarianz nicht nur bei der *Addition* ihrer (zufällig ausgelesenen) Einzelwerte, sondern auch bei der *Differenzbildung* zwischen ihnen. Mit anderen Worten: Die Summation der Varianzen $\sigma_1^2+\sigma_2^2=\sigma_3^2$ folgt nicht nur aus der Addition $x_1+x_2=x_3$, sondern auch aus den Subtraktionen $x_1-x_2=x_3$ oder $-x_1+x_2=x_3$. Daher läßt sich aber aus der Gültigkeit einer Beziehung des Typs $\sigma_1^2+\sigma_2^2=\sigma_3^2$ *nicht entnehmen*, mit welchem *Vorzeichen* die zugrunde liegenden Variablen in die summative Verrechnung eingehen. Immerhin läßt sich an der Gleichung $\mu_1+\mu_2=\mu_3$ wenigstens eine Konsequenz aus der Negativität einer Variablen ablesen: Wenn eine der Variablen (z. B. x_1) überwiegend negativ ist, dann muß die andere Variable (hier also x_2) im Durchschnitt größer als die Kombinationsvariable x_3 sein. Dieser Satz wird noch an einer Stelle des folgenden Gedankengangs hilfreich sein.

In den meisten Fällen dürfte das Diskutieren der im vorigen Absatz aufgeworfenen Denkmöglichkeit allerdings rein akademischer Natur sein; denn kaum jemals, so sollte man meinen, wird die Natur einer Variablen, deren *Variation* man messen kann, dermaßen im Dunklen liegen, daß man nicht einmal über ihr Vorzeichen Bescheid weiß. Doch liegt ein solcher Ausnahmefall tatsächlich bei der Frage nach der Abhängigkeit des *IQ* von Erbgut und Umwelt vor:

Es ist nämlich durchaus in Frage zu stellen, ob der *umwelt*bedingte Variationsbeitrag zum *IQ* tatsächlich, wie allgemein stillschweigend angenommen, *positive* Beiträge repräsentiert, die den durch das Erbgut vorgegebenen *IQ*-Anteil durch zusätzliche *IQ*-Punkte ergänzen; es könnte sich bei dem umweltbedingten Variationsanteil gemäß den soeben dargelegten mathematischen Zusammenhängen durchaus auch um statistisch variierende Störungen oder Mängel, also um *IQ-vermindernde* Umweltwirkungen handeln. Hiernach ist die Frage als berechtigt zuzulassen: Repräsentiert der umweltbedingte Variationsbeitrag begünstigende oder nachteilige Auswirkungen auf den *IQ*? Besitzt er also – diesbezüglich – ein positives oder ein negatives Vorzeichen?

Um hier zu einer Antwort zu kommen, muß zunächst geklärt sein, welcher Art von Umweltwirkung auf den *IQ* denn grundsätzlich ein positives Vorzeichen zu geben ist. Hier hat es jedoch niemals eine Diskussion gegeben: Positiv ist eine Umweltwirkung zu bewerten, wenn sie den *IQ* eines Menschen *ansteigen* läßt. Für eine gegenteilige Entscheidung gäbe es keinen vernünftigen Grund.

Hieran schließt sich die Frage nach dem Umweltbeitrag zur *Variation* des *IQ* an: Ist *er* mit einer Hebung oder einer Senkung des *IQ* verbunden? Oder, was auf das gleiche hinausläuft: Geht die *Vergrößerung* des *IQ-Variations*beitrages der Umwelt innerhalb eines Kollektivs von Menschen mit einer *Erhöhung* oder mit einer *Erniedrigung* von deren durchschnittlichem *IQ* einher?

Die Antwort auf diese Frage fällt unterschiedlich aus je nachdem, ob die ins Auge gefaßten Umweltwirkungen auf den *IQ* vom Erbgut unabhängig sein sollen oder nicht. Von einem erbgut-unabhängig wirkenden Umwelteinfluß (siehe Abschnitt 4) würde sich im statistischen *Varianz*beitrag lediglich der normalverteilt um einen Mittelwert variierende Anteil ausdrücken, und diese Auswirkung wäre hinsichtlich des Durchschnitts-*IQ* in der Bevölkerung weder steigernd noch verringernd, sondern *neutral*. Soweit diese Fraktion von Umwelteinflüssen in dem Variationsbeitrag „Umwelt" vertreten ist, haben die Einzelwerte demgemäß gleich häufig positives oder negatives Vorzeichen.

Sind Umwelt-Wirkungen dagegen von einer im Erbgut verankerten Anlage *nicht* unabhängig, so heißt das im positiven Falle: Umwelteinflüsse ermöglichen oder fördern die Entfaltung oder Verwirklichung (Realisierung) der Anlage im Erscheinungsbild des Organismus. Hier vollzieht sich kein additives, sondern ein kooperatives Zusammenwirken, funktionell eine nichtlineare Wechselwirkung zwischen Erbgut und Umwelt. Im Falle der *IQ*-Ausbildung heißt das: Die Umweltwirkung ermöglicht die Realisierung von im Erbgut verankerten Anlagen, was sich dann in *IQ*-Punkten niederschlägt. Nehmen wir nun an, die fördernden Umweltwirkungen dieser Art in einer Bevölkerung würden zunehmen, und mehr und mehr der vorhandenen Erbanlagen würden sich daraufhin entfalten, so würde die Variationsbreite in zunehmendem Maße durch die Unterschiedlichkeit des *Erbguts* bestimmt, und der *selbständige* Variations- (oder Varianz-)Anteil „Umwelt" würde *abnehmen*. Im theoretischen Fall einer *idealen* Umwelt, in der sich die Anlagen aller Einzelpersonen *voll entfalten*, würde das Erscheinungsbild jedes Einzelnen, und damit auch alle statistischen Werte, hundertprozentig durch die im Erbgut verankerten Anlagen bestimmt; der selbständige *Varianz*anteil „Umwelt" wäre in diesem theoretischen Fall von kooperativer Interaktion zwischen Erbgut und Umwelt und *optimaler Umwelt* gleich Null.

IQ-fördernde Umweltbeiträge vom Charakter von Realisatoren von *IQ*-relevanten Erbanlagen führen also durch ihre *Zunahme* zum *Abnehmen* des *statistisch selbständigen* Variationsbeitrags der Umweltvariabilität. Daraus folgt, daß eine *Zunahme* dieses statistisch selbständigen Variationsbeitrags – soweit er die Realisation von *IQ*-relevanten Erbanlagen betrifft – den Realisationsprozentsatz der Erbanlagen *verringert*. Das Vorzeichen von Umweltwirkungen, die den eigenständigen Variationsanteil „Umwelt" tragen (und zu *IQ*-relevanten und in der Bevölkerung unterschiedlichen Erbanlagen in Beziehung stehen), ist somit *negativ*. Der selbständige Variationsbeitrag „Umwelt" repräsentiert also *Mängel* der Umweltwirkung oder *Störungen*, mit anderen Worten den selbständig variierenden Anteil des *Defizits* an Umweltwirkungen, die zur vollen Realisation der im Erbgut verankerten *IQ*-relevanten Anlagen nötig wären.

Das Ergebnis dieser abstrakten Herleitung ist auf Abb. 3 veranschaulicht, und zwar unter Verwendung der Zahlenwerte der in Kapitel 1 eingeführten Modellrechnung (Varianzanteile Erbgut : Umwelt wie 80 : 20). Die linke Kurve stellt die theoretische *IQ*-Verteilung dar ($\mu = 100$ [*IQ*-Punkte]; $\sigma = 15$ [*IQ*-Punkte]). Die rechte

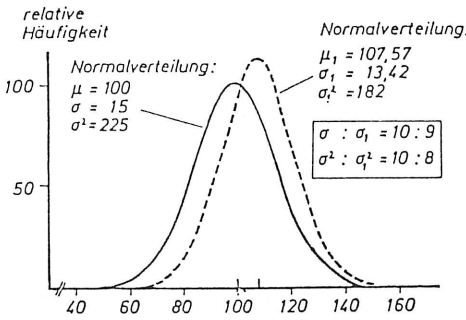


Abb. 3. Durchgezogen: Eichungsentsprechende *IQ*-Verteilung mit dem Mittelwert von 100 und der Standardabweichung von 15 *IQ*-Punkten. Gestrichelt: *IQ*-Verteilung derselben Menschen unter der Voraussetzung, daß aufgrund von bestmöglichen Umweltverhältnissen sämtliche im Erbgut verankerten, *IQ*-Unterschiede bedingenden Anlagen zur Ausprägung im gemessenen *IQ* gekommen sind. Zugrunde gelegt wurden die *IQ*-Varianzanteile 80 % : 20 % zugunsten des Erbguts

Kurve repräsentiert die *IQ*-Verteilung der gleichen Personenzahl – deshalb gleiches Flächenintegral – unter Annahme einer idealen Umwelt: Sämtliche im Erbgut verankerten Anlagen für die *IQ*-Ausbildung einschließlich derer, die sich zuvor wegen zufallsmäßig gestreuter umweltbedingter Mängel und Störungen nicht entfalten konnten und den Varianzanteil „Umwelt" ausmachten, kommen jetzt vollständig zum Ausdruck. Dadurch verschiebt sich der Mittelwert der Verteilung nach rechts um genau den Wert von 7,57 *IQ*-Punkten, der sich ursprünglich als durchschnittlicher Unterschied zwischen den in unterschiedlichem Milieu aufgewachsenen erbgleichen Zwillingen ergeben hatte (Erklärung folgt später); und weil für die *Standardabweichung* der *IQ*-Variationsanteil „Umwelt" (6,71) wegfällt, repräsentiert sie lediglich den im Erbgut verankerten Anteil von 13,42 *IQ*-Punkten.

Die Entstehung der Verhältnisse, die in Abbildung 3 dargestellt sind, läßt sich durch folgende Vorstellung veranschaulichen: Es gäbe eine „pädagogische Provinz", in der jedes Kind bestmöglich gefördert wird. Die Umweltwirkung sei somit „100 %", und alle Begabungspotenzen würden realisiert. Eine abschließende *IQ*-Messung erbringe normalverteilte gute, mittelmäßige und schlechte Ergebnisse. Die so dargestellten *IQ*-Unterschiede (Abb. 3 rechte Kurve) wären, da alle Begabungen durch optimale Förderung realisiert sein sollen, zugleich Ausdruck der im Erbgut verankerten *Begabungs*vielfalt. Etwaige erbgleiche Zwillinge müßten unter diesen Bedingungen wegen gleicher genetischer Begabung *und* gleicher, nämlich stets idealer Umwelt auch stets genau gleiche Prüfungsergebnisse liefern.

In einem zweiten Denkschritt werde nun angenommen, diese idealen Verhältnisse würden gestört: Die pädagogische Umwelt weiche von ihrer 100 %igen Eignung ab, und diese Abstriche und Nachteile träfen nicht bevorzugt die Guten oder bevorzugt die Schlechten, sondern sie verteilten sich (wie auch sonst Glück und Unglück über die Menschen) nach den Gesetzen der statistischen Streuung. Das müßte drei Konsequenzen haben:

1. Der allgemeine Leistungs*durchschnitt* würde *sinken*.

2. Die *Variationsbreite* der gemessenen *IQ*-Werte würde *zunehmen*.

(Früher waren ja die Grenzwerte ein *best*gefördert schwacher und ein *best*gefördert hochbegabter Schüler, jetzt ein *schlechtest*gefördert schwacher und ein *best*gefördert hochbegabter Schüler.) Mathematisch ausgedrückt addiert sich zur Varianz der verwirklichten Begabungen die Varianz der umweltbedingten statistischen Störungen und Abstriche hinzu, verbreitert also die glockenförmige Verteilungskurve und verschiebt sie gleichzeitig nach links zu geringeren *IQ*-Werten hin (Abb. 3).

3. Erbgleiche Zwillinge würden nun höchstens noch ausnahmsweise gleiche *IQ*-Werte haben; denn die störenden Umwelteinflüsse sollten ja statistisch gestreut einwirken, also auf die zum gleichen Paar gehörigen Zwillinge jeweils so, wie es das Gesetz des Zufalls gerade bestimmt. An den entstandenen *IQ*-Unterschieden zwischen den Zwillingen könnte man daraufhin sogar ablesen, wie stark die Zufallswirkungen waren.

Das hiermit dargestellte Beispiel illustriert auf zwangslose Weise die in Abbildung 3 dargestellten Verhältnisse.

Hat man sich durch das Nachvollziehen der mathematischen Schlüsse zu Beginn dieses Kapitels und mit Hilfe des eben beschriebenen Gedankenexperiments damit vertraut gemacht, daß der *IQ*-Variationsanteil „Umwelt" aus Einflüssen mit *negativem* Vorzeichen besteht, so drängt sich anschließend natürlich sofort die Frage auf: Von welchen *positiven* Umwelteinflüssen, die es doch wohl geben muß, subtrahieren sich denn die negativen Einflüsse, die den umweltabhängigen *IQ*-Variationsanteil bilden? Und warum bleiben dann diese positiven Umweltwirkungsanteile innerhalb der Varianzanteile unausgedrückt? Die Antwort lautet: Es handelt sich um die *Realisatoren der IQ-relevanten Erbanlagen*. Sie tragen – dieser Eigenschaft entsprechend – das positive Vorzeichen. Doch drücken sie sich nicht selbständig in einem eigenen Varianzanteil aus, weil sie – statistisch gesehen – mit den *IQ*-relevanten Erbgutanteilen kovariieren. Man kann dies auch so ausdrücken: Genetisch gegebene Möglichkeiten der Menschen sprechen jeweils nur auf bestimmte, nicht auf beliebige Umweltbedingungen an und werden durch deren Wirkung realisiert. In diesem Sinn entspricht dem Spektrum der im Erbgut verankerten Potenzen ein Spektrum *zugeordneter* realisierender Umweltwirkungen. „Zugeordnet" heißt in der Sprache der Statistik „nicht unabhängig von der anderen Variable variierend". Auf den *IQ* angewendet heißt das: Die Umwelt muß zwar für jeden Menschen anders sein (außer für erbgleiche Zwillinge), um seine Anlagen zur Entfaltung kommen zu lassen; aber die „Umwelt-Variabilität" ist nicht beliebig, sondern jeder Mensch braucht dazu (und zum Teil: sucht sich selbst) *bestimmte* geeignete Umweltanteile. Das aber ist *abhängige* Variation (Covariation), die sich statistisch nicht als eigener Varianzanteil ausdrücken *kann*. – Damit ist der *positive* Umweltanteil für die *IQ*-Realisierung charakterisiert als: mit genetischen Unterschieden zwischen den Individuen *kovariierend* und sich daher nicht unabhängig von der Erbgut-Variabilität als *IQ*-Varianzanteil ausdrückend. Von ihm subtrahiert sich dann der unabhängig

von der Anlage variierende (negative) Umweltanteil, der aus Mängeln und Störungen für die *IQ*-Entwicklung besteht.

Zum vollen Verständnis der Abbildung 3 fehlt noch die Erklärung, warum der Abstand zwischen den Mittelwerten der beiden Verteilungen genau 7,57 *IQ*-Punkte betragen soll; damit entspräche er dem durchschnittlichen *IQ*-Unterschied zwischen erbgleichen Zwillingen, die unabhängig voneinander in zufallsmäßig unterschiedlichen Umwelten aufgewachsen sind (siehe Abschnitt 1). Auf den ersten Blick scheint es sich hier um zwei Sachverhalte von ganz unterschiedlicher Natur zu handeln. Bei näherem Hinsehen zeigt sich aber, daß jeder der beiden leicht in den anderen überzuführen ist. Als vermittelndes Bindeglied eignet sich folgende Vorstellung: Man teile in Gedanken ein Kollektiv erbgleicher Zwillinge in zwei Gruppen, wobei man aus jedem Zwillingspaar den mit dem höheren *IQ*-Wert der ersten und den mit dem geringeren *IQ*-Wert der zweiten Gruppe zuweist. Errechnet man *separat* die Durchschnitts-*IQ*-Werte beider Gruppen, so unterscheiden sie sich um denselben Wert von 7,57 Punkten, wie er bei der Mittelung der Paar-Abstände herausgekommen war; denn ein durchschnittlicher Abstand ist gleich dem Abstand zwischen den Durchschnittswerten. Von der Gruppe der Zwillinge mit dem höheren *IQ*

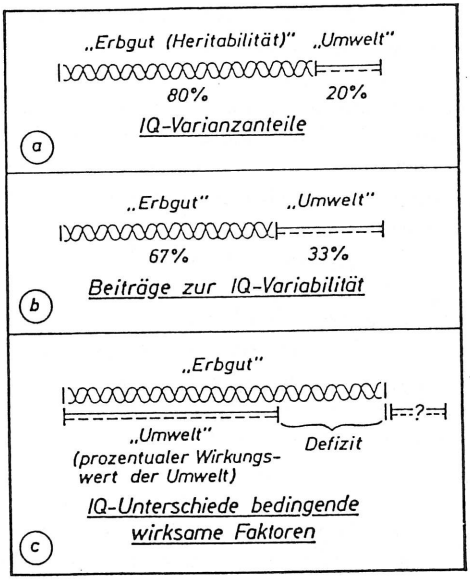


Abb. 4. Stark vereinfachte graphische Veranschaulichung der leitenden Vorstellungen zum Thema der Erbgut- und Umweltbedingtheit des *IQ*. Das Fortschreiten von Abbildung 4a über 4b zu 4c gibt die Schritte der Analyse von Abschnitt 1 über 2 zu 3 wieder. Abb. 4c soll andeuten, daß jeder Einzelzug des Phänotyps durch *kooperatives* (nicht additives) Zusammenwirken von Erbgut *und* Umwelt zustande kommt. Zu dem mit einem ? markierten Umwelt-Anteil auf Abbildung 4c unten rechts siehe Abbildung 5. Weitere Angaben im Text

aus gesehen, *sinkt* also der Durchschnitts-*IQ* wegen der Umwelt-Variabilität um die bekannten 7,57 Punkte – wenn auch nur, weil alle Differenzwerte vom Standpunkt der Träger der höheren *IQ*-Werte gesehen und darum mit negativem Vorzeichen versehen wurden. Dasselbe gilt auch für die auf Abbildung 3 dargestellten Zusammenhänge: Für die voll realisierten *IQ*-Anlagen (rechte Kurve) sollen sich ja *alle* aus der Variabilität der Umweltwirkungen herrührenden *IQ*-Veränderungen *negativ* auswirken. Daher hat auch hier der Variationsbeitrag der Umweltwirkungen im Mittel ein Absinken des *IQ* um 7,57 Punkte zur Folge, also um den Wert, der in dieser Arbeit zuerst als mittlere *IQ*-Differenz zwischen unabhängig voneinander aufgewachsenen erbgleichen Zwillingen eingeführt worden war.

Zum Abschluß dieses Kapitels soll Abbildung 4 die drei in Abschnitt 1, 2 und 3 formulierten Positionen in stark vereinfachter Form vergleichend untereinander darstellen: Die Varianzanteile (Abb. 4a, Abschnitt 1) wurden durch Auftragen der nicht quadrierten *IQ*-Werte in die wirkenden Anteile (Variationsanteile) übersetzt (Abb. 4b, Abschnitt 2). Dann wurde das Vorzeichen der ins Auge gefaßten, *IQ*-Variation stiftenden Umweltanteile bestimmt und als negativ erkannt (Abb. 4c, Abschnitt 3).

In der untersten Teilabbildung kommt eine zuvor noch nicht angesprochene Konsequenz der gefundenen Vorzeichen-Zuordnung zum Ausdruck: *Jede IQ*-Leistung, die zur *IQ*-Variation beiträgt, hängt von unterschiedlichen Erbgut- *und* Umwelt-Wirkungen ab.

Sollte es allerdings außerdem auch die schon oben angesprochenen, *IQ*-Punkte bringenden Leistungen geben, die – außer von variierenden Umwelteinflüssen – von einer in der gesamten Bevölkerung *konstanten* erbbedingten Anlage abhängen, dann käme noch ein diesbezüglicher umweltbedingter Variationsanteil hinzu. Ihm ist in Abbildung 4c durch eine symbolische *IQ*-Spanne mit Fragezeichen Rechnung getragen worden. Diesem theoretisch möglichen *IQ*-Anteil ist der anschließende Abschnitt 4 gewidmet.

4. Diskussion der Vorstellung: Anzahl der *IQ*-Punkte=*f* (Erbgut+Umwelt)

So wie die Abbildung 4c den Zusammenhang zwischen Erbfaktoren und Umwelteinflüssen skizziert, entspricht es ganz allgemein den Vorstellungen der Genetik: Alle im Erbgut verankerten Faktoren bedürfen ohne Ausnahme bestimmter Umweltbedingungen, um sich im Erscheinungsbild (im Phänotyp) ihres Trägers zu verwirklichen. Im *funktionellen* Sinne gibt es also überhaupt keine von Umweltfaktoren unabhängige Manifestation von Erbanlagen. Eine andere Frage ist die, welche Erb- und Umweltfaktoren sich auch in *statistisch* erfaßten Zusammenhängen, z. B. in Korrelationskoeffizienten, Varianzanteilen oder Faktoren einer Faktorenanalyse bemerkbar machen; das tun sie bekanntlich *nicht*, wenn sie innerhalb des betrachteten Kollektivs von Erscheinungen zwar funktionell *wirksam* (also an sich „vorhanden"), aber *konstant* (= nicht variabel) sind. Das Auge der Statistik sähe hier nur Unterschiede, es wäre blind für Konstantes.

Gerade aus diesem Grunde schiene es aber unter bestimmten Voraussetzungen denkbar, daß doch nicht Abbildung 4c, sondern Abbildung 4b die tatsächlichen Verhältnisse zutreffend wiedergäbe. Man könnte ja meinen, man brauchte – um von der statistischen auf die skizzierte biologisch-funktionelle Ebene überzugehen – lediglich zum Variationsanteil „Erbgut" *konstante* Umweltbedingungen und zum Variationsanteil „Umwelt" *konstante* Erbfaktoren hinzuzudenken; dann wäre dem eben genannten Postulat für eine additive Erbgut-Umwelt-Interaktion befriedigend Rechnung getragen, ohne zu den grundlegenden Auffassungsänderungen von Abbildung 4c gezwungen zu sein. Diese in Abbildung 5 skizzierte Vorstellung würde

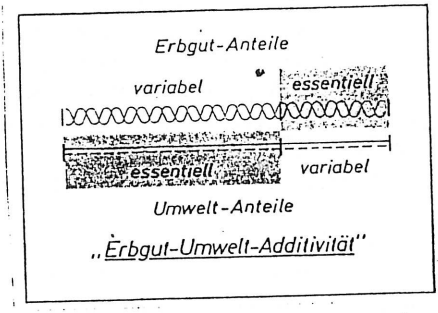


Abb. 5. Anschauliche Darstellung der Voraussetzungen, unter denen trotz der prinzipiell *kooperativen* Erbgut-Umwelt-Wechselwirkung statistisch unabhängige, also *additive* und zugleich *positive* Beiträge von Erbgut und Umwelt auf den *IQ* denkbar wären: Diese Voraussetzungen beständen darin, daß alle variablen *IQ*-relevanten Erbgutanteile prinzipiell auch die zu ihrer Realisation erforderlichen (damit also „essentiellen") Umweltbedingungen vorfänden, und daß alle variablen *IQ*-relevanten Umweltanteile prinzipiell auch die zu ihrer Wirksamkeit erforderlichen („essentiellen") Anlagen anträfen. Die „essentiellen" Bedingungen sind schattiert dargestellt, weil sie zwar funktionell notwendig wären, aber nicht zu den „*IQ*-Unterschiede bedingenden Faktoren" (siehe Abb. 4c) gehören würden.

aber einige Annahmen nötig machen, mit deren Zutreffen man kaum rechnen kann: (1) Was an im Erbgut verankerten *IQ*-relevanten Anlagen vorhanden ist, müßte grundsätzlich auch die Voraussetzungen in der Umwelt vorfinden, um sich zu entfalten; unentfaltete *IQ*-relevante Anlagen, die nur unter besseren Außenumständen entfaltet werden würden, wären nicht vorgesehen. (2) Umwelteinflüsse auf den *IQ* würden sich nur durch das Entwickeln solcher Anlagen des Erbguts bemerkbar machen, die für alle Probanden dieselben sind.

Eine solche Trennung zwischen zwei Arten von Erbgut-Anteilen, denen zwei Arten von Umwelteinflüssen funktionell nach dem Schema „ein Faktor konstant, der andere variabel" streng zugeordnet sind (unter Ausschluß der Möglichkeit „beide Faktoren variabel"), erscheint höchst künstlich und ist wohl kaum jemals ernstlich in Betracht gezogen worden – wohl weil sich niemand klargemacht hat, daß dies als notwendige Voraussetzung für die Gültigkeit der Formel *IQ*-Punkte$=f$ (Erbgut + Umwelt) bzw. für die Übertragbarkeit von Abb. 4b in die funktionelle Ebene gelten müßte.

Geht man aber auch nur *einen* Schritt von der eben skizzierten rigiden Trennung ab und zieht die Möglichkeit von unterschiedlichen im Erbgut verankerten *und* durch Umwelteinflüsse mehr oder weniger entfaltbaren *IQ*-relevanten Anlagen in Betracht, so ist man damit, wenn auch vielleicht noch nicht quantitativ, so doch im Prinzip, zu Abbildung 4c übergegangen. In Abbildung 4c ist ja, wie am Schluß von Abschnitt 3 gesagt, formal die Möglichkeit für *IQ*-relevante Einflüsse offengelassen, für deren Wirksamkeit keine Begabungsunterschiede bestehen (Pfeile mit Fragezeichen unten rechts). Doch wird die Frage nach dieser denkbaren Fraktion von *IQ*-Punkten im übernächsten Kapitel noch einmal aufgeworfen werden.

5. Erörterung des Begriffs der Heritabilität

Richten wir nun unsere Aufmerksamkeit auf den *größeren* der beiden *IQ*-Variationsbeiträge, so fällt ein Wandel in der Betrachtungsweise zwischen den Abschnitten 1 und 3 auf:

Bei dem in Abschnitt 1 vorgenommenen Vergleich zwischen der *IQ*-Variation innerhalb erbgleicher Zwillinge einerseits und innerhalb beliebiger Personen andererseits offenbarte sich bei den letzteren ein zusätzlicher, nicht auf *Umwelt*unterschiede zurückführbarer Variationsanteil, für den schlechterdings nichts anderes als im *Erbgut* verankerte Unterschiede verantwortlich sein konnten. Nichts schien dagegen einzuwenden zu sein, hier vom „*IQ*-Varianzanteil Erbgut" zu sprechen. Dem entspricht auch der Name heritability (von lat. hereditas = Erbschaft), den dieser Varianzanteil seit langem trägt; er wird im deutschsprachigen Schrifttum mit Heritabilität oder „Erblichkeit" wiedergegeben.

Abschnitt 3 vermittelte dagegen eine völlig andere Sicht: Der *kleinere* Variationsanteil erwies sich dort als Repräsentant von *zufallsverteilten Defiziten der Umweltwirkung*. Daraus folgte für den *größeren*, komplementären Variationsanteil: Er repräsentiert die *zur Wirkung kommenden Umweltanteile*. Als Bezeichnung für diesen Funktionswert bietet sich daher an: „Wirkungsindex der Umwelt". „Wirkung" hieße dabei: Entfalten genetischer Potenzen (Siehe Abb. 4c).

In Abschnitt 1 und 3 erhielt somit eine und dieselbe Gegebenheit so widersprechende Bezeichnungen wie Heritabilität (Erblichkeit) und Wirkungsindex der Umwelt. Das erscheint paradox, weil ja „Erbgut" und „Umwelt" gerade als alternative, sich gegenseitig ausschließende Konzepte für die Wurzeln der Intelligenz gelten. Daher gilt es nun zu überprüfen, wie eine solche widersprüchliche Namengebung zustande kommen konnte. Dabei ist es dienlich, sich die folgende terminologische Regel zu vergegenwärtigen: *Einen Koeffizienten oder sonstigen Funktionswert benennt man nach der Größe, mit der sein Betrag variiert.*

Auf zweierlei Weise wird der Varianzanteil *„Erbgut"* von der *Umwelt*variabilität mitbestimmt. Der erste Einfluß ist offenkundig und zugleich trivial: Da es sich beim Heritabilitätswert um den (Prozent-)Anteil einer Summe aus zwei Summanden (Anlage- und Umweltanteil) handelt, ist sein Betrag nicht nur vom eigenen Absolut-

wert abhängig, sondern auch von der Größe des anderen Summanden, hier also von der Umwelt-Variabilität. Dem trägt das Morphem „. . .anteil" in „Varianzanteil" Rechnung; in den Ausdrücken „Heritabilität" und „Erblichkeit" findet sich dagegen kein Hinweis darauf, daß es sich bei ihnen nur um *relative* Werte handelt, die erst durch Bezugnahme auf die Umweltvariabilität ihren Sinn erhalten. (Eine bestimmte, festliegende *erbliche Disposition* kann ja theoretisch sogar jede „Heritabilität" bzw. „*Erblichkeit*" zwischen „100 %" und „beliebig nahe an 0 %" zugeschrieben erhalten, je nach dem Ausmaß der Variabilität innerhalb der für die Realisierung der Erbfaktoren maßgebenden Umweltfaktoren!)

Der zweite *Umwelt*anteil innerhalb des Varianzanteils „Erbgut" ist weniger offenkundig; aber gerade er ist für den einleitend erwähnten terminologischen Widerspruch verantwortlich: Jede Erbgutwirkung kommt nur dadurch zum Ausdruck, daß eine zugehörige Umweltwirkung zu ihrer Realisation im Erscheinungsbild des Organismus führt; statistisch gesehen *kovariiert* diese Umweltwirkung mit der Variabilität der Anlagen, macht sich also nicht durch einen eigenen Variationsanteil bemerkbar. Aus diesem Grunde macht man *im Sinne der Statistik* auch gar keinen Fehler, wenn man in dem Namen für den „*IQ*-Varianzanteil Erbgut" die Umwelt unerwähnt läßt. Man könnte natürlich den kovariierenden Umweltanteil auch zusätzlich nennen; oder man könnte ihn sogar alleine nennen: In allen Fällen würde man diejenige Variable zutreffend charakterisieren, die den Zahlenwert des „Varianzanteils Erbgut" (den man also auch „Varianzanteil umweltbedingt realisierbares Erbgut" oder „Varianzanteil erbgutrealisierende Umwelt" nennen könnte) wiedergibt.

Wenn man nun aber die Ebene der Statistik verläßt und danach fragt, was sich denn im *einzelnen Individuum* für eine Erbgut-Umwelt-Wechselwirkung abspielt, so geht die eben charakterisierte terminologische Freiheit verloren: Beim einzelnen Individuum ist nämlich die im Erbgut verankerte Anlage als Konstante anzusehen, und nur die realisierende Umweltwirkung bleibt als bestimmende *Variable* erhalten. Nach ihr muß sich daher laut obiger Regel die Namengebung richten: Der besprochene *Funktions*wert muß „Wirkungsindex der Umwelt für die Realisierung der *IQ*-relevanten Erbanlagen" heißen.

Der hiermit aufgeklärte verwirrende Widerspruch leitet sich also aus einer allgemeinen Schwäche der aus statistischen Beziehungen abgeleiteten Terminologie her: Sie wird als solche nicht falsch, auch wenn sie funktionell bedeutsame, aber kovariierende Variablen außer acht läßt.

So kommt es, daß die Ausdrücke heritability, Heritabilität und Erblichkeit gegen die vorgenannte terminologische Regel in zweifacher Hinsicht verstoßen: 1. Ihr sprachlicher Gehalt enthält keinen Hinweis auf ihre zahlenmäßige Abhängigkeit vom umweltbedingten Variabilitätsanteil; diesen Nachteil vermeidet der gleichbedeutende Ausdruck „Varianzanteil" wegen des in ihm enthaltenen Morphem-„. . .anteil". 2. Die drei Ausdrücke weisen nur auf die genetische Komponente hin, nicht aber auf die kovariierenden, funktionell ebenso bedeutenden Umweltwirkungen. — Faßt man beide Gesichtspunkte zusammen, so kann man folgendes Fazit

ziehen: Die Worte heritability, Heritabilität und Erblichkeit bringen in ihrem sprachlichen Bedeutungsgehalt nicht zum Ausdruck, daß sie in Wirklichkeit einen *Kombinationswert* aus zwei Komponenten, den Streuungsbreiten der *IQ*-relevanten Erbfaktoren *und* der *IQ*-relevanten Umwelteinflüsse widerspiegeln.

Als anschauliches Beispiel für die aus all dem resultierende Diskrepanz zwischen sprachlicher Bedeutung und wissenschaftlicher Definition sei das folgende genannt: In einem homozygot reinen Inzuchtstamm ist der im Erbgut verankerte Variabilitätsanteil aller phänotypischen Merkmale gleich Null; unter Anwendung des dritten der hier kritisch besprochenen Begriffe wäre es daher nicht falsch, dies so zu formulieren: In einem homozygot reinen Inzuchtstamm ist die „Erblichkeit" aller Merkmale des Phänotypus gleich Null.

Hiermit reihen sich die Worte heritability und „Erblichkeit" in die leider große Anzahl von wissenschaftlichen Termini ein, deren Bedeutung sich nicht mit den Assoziationen deckt, die sie *als sprachliche Gebilde* in der Vorstellung des Hörers oder Lesers aufrufen. Ihre *wissenschaftliche* Bedeutung muß daher jeweils gesondert gelernt und eingeprägt werden; die mit den Worten ursprünglich verbundenen Bedeutungen sind für das wissenschaftliche Verständnis nicht hilfreich, sondern eher hinderlich. Derartige Diskrepanzen zwischen Wortbedeutung und wissenschaftlicher Definition erschweren die Vermittlung des jeweiligen Fachgebietes, weil sie zusätzliche, sonst unnötige Erklärungs- und Lernschritte nötig machen. Sie können aber manchmal auch Wissenschaftler irreführen. Ein Beispiel hierfür enthält das folgende Kapitel.

6. Korrigierte Folgerungen für die *IQ*-Abhängigkeit von Erbgut und Umwelt aus den vorangegangenen Erörterungen

Die bisherige Erörterung vollzog sich in einem eng abgesteckten Rahmen: Es wurde lediglich von *IQ*-Werten gesprochen, ohne nach deren Beziehung zu anderen Begriffen und Konzepten der Intelligenz zu fragen. Alle *IQ*-Werte wurden als mathematisch eindeutig bestimmte Größen behandelt, mit denen man auch gewisse Rechnungen ausführen durfte (z. B. Prozentanteile bestimmen). Als Eingangsgrößen wurden nur *IQ-Differenzen* zwischen Vergleichspersonen oder innerhalb der Bevölkerung verwendet, keine absoluten Werte.

Unter strikter Beibehaltung dieses theoretischen Rahmens sollen nun drei Hauptaussagen formuliert werden, die sich nach den Erörterungen der Abschnitt 1 bis 5 über die *IQ*-Abhängigkeit von Erbgut und Umwelt ergeben. Auch hierbei sollen zunächst nur *IQ*-Unterschiede und noch keine Absolutwerte eine Rolle spielen:

1. Aus einem durchschnittlichen *IQ*-Unterschied von 7,57 Punkten zwischen erbgleichen, in zufallsgemäß verschiedenen Umwelten aufgewachsenen Zwillingen (und entsprechenden Daten bei anderen Verwandtschaftsgraden) ist *nicht* zu folgern: „Erbgutvariation und Umweltvariation tragen im Verhältnis von 80 % zu 20 % zur vorgefundenen *IQ*-Variation in der Bevölkerung bei"; sondern nach der Korrektur

sowohl der Zahlenwerte als auch der mathematischen Folgerungsschritte ist daraus herzuleiten: Im Durchschnitt *fehlen* 33 % der variablen *IQ*-relevanten Umweltwirkungen, die zur 100 %igen Realisierung des variablen Anteils der im Erbgut verankerten *IQ*-relevanten Anlagen erforderlich wären.

2. Hiermit erweist sich eine weitverbreitete Ansicht zum Thema „Umweltwirkung auf den *IQ*" als hinfällig, welche lautet: Der „*IQ*-Varianzanteil Umwelt" von 20 % kennzeichne die durchschnittliche *Wirkungsbreite* der Umwelt im Verhältnis zu derjenigen der Erbanlagen und statuiere damit auch die Grenzen der Beeinflußbarkeit des *IQ* durch Umwelteinflüsse. Hier ergibt sich nach der Korrektur der Zahlenwerte (im Rahmen der hier zugrunde gelegten Zahlenwerte) und der angewendeten mathematischen Logik folgende Aussage:

Die derzeitigen Umweltbedingungen erfüllen ihre Funktion der Entfaltung der in der Bevölkerung variablen *IQ*-relevanten Erbanlagen im Durchschnitt zu 67 %. Die fehlenden 33 % repräsentieren keinen „durchschnittlichen Bereich möglicher Umweltwirkung auf den *IQ*", sondern denjenigen Bereich der in der Bevölkerung unterschiedlichen Anlagen, der durch die heutige *IQ*-Förderung im Durchschnitt *nicht* zur Entfaltung gebracht wird. (Weiteres hierzu siehe Abschnitt 7.3.)

3. Eine Korrektur, der womöglich große schulpolitische Bedeutung zukommen könnte, betrifft die Frage: Wie viele Prozente der *IQ*-relevanten Anlagen entfalten sich im Durchschnitt ohne spezifische, z. B. schulische Umweltwirkung? Aus der bisher geläufigen Interpretation wäre zu folgern: durchschnittlich 80 %. Die korrigierte Aussage lautet: Die Entfaltung der Anlagen kann je nach Umweltwirkung auf jedes Niveau absinken, im Extremfall auf 0 %. Nur diese zweite Formulierung trägt der Bedeutung der Bildungsumwelt (Familie, Schule usw.) adäquat Rechnung, während die erste (Grenze: 80 %) sogar eine Begründung für die Tragbarkeit von drastischen Einschränkungen etwa im Schulbereich vortäuschen könnte.

Mit diesen drei Gegenüberstellungen von zur Zeit geläufigen Auffassungen mit deren notwendigen Korrekturen unter Beibehaltung des vorausgesetzten engen theoretischen Rahmens ist das wichtigste Anliegen dieser Arbeit erfüllt. Doch soll abschließend auch der bis hierher eingehaltene theoretische Rahmen in einigen seiner Merkmale zur Diskussion gestellt werden.

7. Tragweite statistischer Ergebnisse über *IQ*-Unterschiede in der Bevölkerung für die Beurteilung der relativen Bedeutung von Erbgut und Umwelt für die *IQ*-Entwicklung

Durch drei Bedingungen wird möglicherweise die Tragweite jedweden statistischen Ergebnisses über *IQ*-Unterschiede in der Bevölkerung für die Beurteilung der relativen Bedeutung von Erbgut und Umwelt für die *IQ*-Entwicklung erheblich eingeschränkt, ja womöglich sogar so gut wie aufgehoben:

1. Die Skala, auf der *IQ*-Punkte abgetragen werden, könnte man als „Verteilungsskala" bezeichnen: Die Anzahlen der pro Testteil gelösten Einzelaufgaben

werden mit Hilfe von Regeln, die einem Eichverfahren entstammen, so in *IQ*-Punkte übersetzt, daß die in der Gesamtbevölkerung auftretenden Häufigkeiten, über der *IQ*-Skala aufgetragen, eine Normalverteilung bilden. Die so entstandene Skala besitzt keinen *natürlichen Nullpunkt* und ist daher *keine Verhältnisskala. Gleiche Intervalle* in verschiedenen *IQ*-Bereichen zeigen womöglich gleichgroße Unterschiede derjenigen Fähigkeiten an, die sich im *IQ* ausdrücken; doch ist dies wegen der Art und Weise der Eichung *keineswegs gewährleistet.* Hiervon hinge es aber ab, ob die *IQ*-Skala überhaupt den Rang einer *Intervallskala* oder nur den einer *Ordinalskala* beanspruchen kann. In letzterem Falle wäre es aber nicht einmal vertretbar, mit *IQ*-Intervallen irgendwelche Rechnungen durchzuführen, wie man sie beispielsweise für die Bestimmung der Varianzanteile der Gesamtvarianz anzuwenden pflegt.

2. Die *IQ*-Test-Entwicklung verfolgt mehrere Ziele, darunter die Eliminierung von „Kultur-Einflüssen". Angenommen, ein bestimmter Test hätte dies nur mangelhaft erreicht, und ein Teil der nicht eliminierten kulturellen Bedingungen würde in der angezielten Bevölkerung zufällig verteilt sein: Dann würde dieser dem „Varianzanteil Umwelt" zu Lasten der Heritabilität zugeschlagen werden. Auch der heute zu messende „*IQ*-Varianzanteil Umwelt" spiegelt somit womöglich zum Teil nur das unvollkommen gebliebene Bemühen wider, kulturelle Einflüsse – also eine bestimmte Fraktion der Umwelteinflüsse – auszuschließen. Dieser Anteil des „Variationsanteils Umwelt" wäre danach ganz oder zum Teil als methodisches Artefakt anzusehen, aus dessen Betrag dann auch keine allgemeinen Schlüsse auf die Erbgut-Umwelt-Frage gezogen werden könnten.

3. Schon in Abschnitt 4 wurde angemerkt: Die Statistik erfaßt mitunter nur Unterschiede und ist blind für Konstantes. Dies gilt für den *IQ*-Bereich nicht nur allgemein, sondern aus speziellen Gründen sogar in besonderem Maße: Angenommen, die Umweltbedingungen würden sich im Laufe der Jahre für die gesamte Bevölkerung dahingehend ändern, daß die Leistungen, die sich in *IQ*-Punkten niederschlagen, den Durchschnitts-*IQ* in der Bevölkerung erhöhen, dann würde das bekanntlich zu folgender Konsequenz führen: Die neue Generation der käuflich zu erwerbenden *IQ*-Tests würde in ihrer Eichung so geändert werden, daß der Bevölkerungsdurchschnitt nunmehr *wieder* nur 100 Punkte beträgt. Die durchschnittliche Verbesserung der *IQ*-fördernden Umwelteinflüsse würde sich dann gar nicht im durchschnittlichen *IQ* niederschlagen. Diese Aussage darf man in einen Umkehrschluß transformieren und verallgemeinern: Aus *IQ*-Werten verschiedener Zeitepochen läßt sich eine etwaige durchschnittliche Verbesserung von Umweltbedingungen für die *IQ*-Entwicklung nicht ablesen.

Diese spezielle Form der Blindheit für die *IQ*-Wirksamkeit von Umweltbedingungen ließe sich für die *Rückschau auf die Vergangenheit* dadurch überwinden, daß man über lange Zeiträume dieselben *IQ*-Tests anwendet (Mehlhorn 1981). Diese Methode versagt jedoch für die *Zukunft.* Hier tritt aber noch eine weitere, allgemeine Begrenzung hinzu: Anlagen, die durch heutige Umweltbedingungen niemals realisiert werden, sind, bevor wir den menschlichen Gen-Code unmittelbar zu lesen und zu verstehen im Stande sind, weder zu erkennen noch auszuschließen; sie sind auch

durch keine statistischen Tests aufzuspüren. Hieraus läßt sich eine eigentlich triviale Aussage herleiten, gegen die jedoch Verstöße vorgekommen sind: Die Auswertung von *IQ*-Unterschieden in der Bevölkerung liefert *keine* Information über die Möglichkeit oder Unmöglichkeit von noch unbekannten *IQ*-fördernden Umweltbedingungen (JENSEN, 1976).

Die drei hiermit skizzierten Zusammenhänge schließen es zwar nicht unbedingt aus, daß man aus der Statistik der *IQ*-Unterschiede in der Bevölkerung Aussagen über die Erbgut-Umwelt-Problematik in der *IQ*-Entwicklung herleiten kann; denn es gibt durchaus Argumente dafür, daß (1) die *IQ*-Skala einer Intervallskala gleichwertig sei, daß (2) die Umweltvariabilität etwas anderes ist als „nur noch nicht eliminierte kulturelle Einflüsse", und daß (3) *IQ*-relevanten *Variabilitäts*werten ähnlich wie in Abbildung 1 vergleichbare *absolute* Werte entsprechen. Trotzdem ist zu bezweifeln, ob statistische Untersuchungen das Mittel der Wahl sind, um die Bedeutung von Anlage und Umwelt für die *IQ*-Entwicklung zu erfassen. Vergleichende Beobachtungen an Einzelmenschen dürften sich in der Zukunft als zuverlässigere Informationsquellen über das Zusammenspiel von Anlagen und Umwelteinflüssen erweisen (z. B. KLIX 1978).

Nur durch vergleichende Beobachtungen an Einzelmenschen ließe es sich beispielsweise entscheiden, ob die intellektuelle Regsamkeit eines Menschen nicht vielleicht in hohem Maße davon abhängt, ob sein spontaner Wissens- und Entdeckungsdrang in der Kleinkindzeit von seinen Eltern und sonstigen erwachsenen Partnern abgelehnt und zurückgewiesen oder aber bejaht, nach Kräften befriedigt und über das gegebene Maß noch weiter angeregt wurde. Lebenseinstellungen in diesem Bereich können sich sogar durch Tradition von den Eltern auf die Kinderfamilien übertragen.

Zusammenfassung

1. Aus dem durchschnittlichen *IQ*-Punkte-Unterschied zwischen erbgleichen Zwillingen, die getrennt voneinander in zufallsgemäß unterschiedlichen Umwelten aufwuchsen, ergibt sich das Verhältnis zwischen den *IQ*-Varianzanteilen „Erbgut" und „Umwelt" in vier einfachen Rechenschritten: (1) Multiplikation mit $\frac{1}{2}\sqrt{\pi}$; (2) Erhebung ins Quadrat; dies ergibt den *umwelt*abhängigen *IQ*-Varianzanteil; (3) dessen Subtraktion von der (definitionsbedingten) *IQ*-Varianz; diese Differenz ist der durch das *Erbgut* bedingte *IQ*-Varianzanteil; (4) Bilden der Relation zwischen den beiden Varianzanteilen (2) und (3) sowie Ermitteln der entsprechenden Prozentzahlen.

2. Der relative Einfluß zufallsgemäß kombinierter und dabei additiv zusammenwirkender normalverteilter Variablen auf die Streuungsmaße der resultierenden Normalverteilung wird nicht durch das Verhältnis der Varianzanteile, sondern durch das der (nicht quadrierten) Standardabweichungen ausgedrückt (Abb. 1). Ein *IQ*-Varianzanteilverhältnis von 80 % zu 20 % zugunsten des Erbguts zeigt daher an, daß die *IQ*-Unterschiede in der Bevölkerung in Wirklichkeit zu 67 % auf Unterschiede im Erbgut und zu 33 % auf Unterschiede in den Umweltbedingungen zurückzuführen sind.

3. Der erbgut-unabhängige *IQ*-Variationsbeitrag der Umwelt repräsentiert nicht, wie man meinen könnte, die von der Umwelt beigesteuerten Realisationsbedingungen für *IQ*-bedeutsame Erbanlagen, sondern im Gegenteil den Variationsbeitrag des *Defizits* an Umweltbedingungen, die

zur Realisation von *IQ*-relevanten Erbanlagen nötig gewesen wären, aber gefehlt haben (Abb. 3 und 4c). Aus dem *IQ*-Varianzanteilverhältnis von 80 % zu 20 % zugunsten des Erbguts würde demnach folgen: Im Durchschnitt *fehlen* 33 % der variablen *IQ*-relevanten Umweltwirkungen, die zur 100 %igen Realisierung der im Erbgut verankerten, in der Bevölkerung variablen *IQ*-relevanten Anlagen erforderlich wären.

4. Anlage- und Umweltwirkungen auf eine variable Eigenschaft (z. B. den *IQ*) verhalten sich *additiv* nur soweit, als (a) variable Erbgut-Anteile lediglich mit essentiellen (stets vorhandenen) Umweltfaktoren und (b) variable Umweltfaktoren lediglich mit essentiellen Erbgut-Anteilen zusammenwirken (Abb. 5). Diese Voraussetzung dürfte allerdings, wenn überhaupt, nur ausnahmsweise zutreffen. Soweit dagegen *variable* Umweltbedingungen zur Realisation von *in der Bevölkerung variierenden* Erbanlagen erforderlich sind, repräsentiert der *Variationsbeitrag* der Umwelt – wie unter Punkt 3 genannt – das *Defizit* solcher Umweltwirkungen, die zur Realisation von Erbfaktoren erforderlich gewesen wären (Abb. 4c).

5. Der als „Heritabilität" (Erblichkeit) definierte statistische Ausdruck beschreibt nicht die relative Wirksamkeit der Erbanlagen, sondern eine in mehrfacher Hinsicht abgeleitete Größe (die jeweils auch nur für eine bestimmte Bevölkerung gültig ist): den von der Unterschiedlichkeit der Erbanlagen herrührenden Beitrag zur Variation des Phänotyps (hier des *IQ*) *nach Abzug* des Variationsbeitrags des umweltbedingten Realisations-Fehlbetrages für die Erbanlagen – all dies gemessen in der Dimension „*IQ*-Punkte zum Quadrat" und in Prozent der Gesamtvarianz ausgedrückt. Das damit ausgesprochene Mit-Bedingtsein durch Umweltwirkungen kommt in dem Wort „Heritabilität" nicht zum Ausdruck (erst recht nicht in dem Wort „Erblichkeit"). Dies verstößt gegen eine stets stillschweigend als selbstverständlich vorausgesetzte Regel der wissenschaftlichen Terminologie, nach der man einen Koeffizienten oder sonstigen Funktionswert nach der Größe benennt, mit der sein Betrag variiert.

6. Bevor wir den menschlichen Gen-Code unmittelbar lesen und verstehen können, liefert die Auswertung von *IQ*-Unterschieden in der Bevölkerung (einschließlich der Bestimmung der „*IQ*-Heritabilität") prinzipiell keine Information über die Möglichkeit *oder* Unmöglichkeit von noch unbekannten *IQ*-fördernden Umweltbedingungen. Allgemein dürften vergleichende Beobachtungen an Einzelmenschen zuverlässigere Hinweise auf das Zusammenspiel von Anlagen- und Umwelteinflüssen liefern als noch so differenziert ausgewertete statistische Erhebungen.

7. Die Erörterungen dieses Beitrags beziehen sich auf die logisch-mathematische Beziehung zwischen dem gemessenen *IQ* und den im Erbgut und der Umwelt liegenden, den *IQ* beeinflussenden Bedingungen. Sie sollen den dadurch gegebenen Rahmen nicht überschreiten, nehmen also beispielsweise keinen Bezug auf das Verhältnis zwischen den gemessenen *IQ*-Werten und dem, was man *begrifflich* als „Intelligenz" verstehen kann.

Summary

The author investigates the problem of the proportion of heredity and environment in the determination of *IQ*-differences in the population. This important issues can up to date only be investigated indirectly by the evaluation of *IQ*-differences between subjects as to the degree of their relationship and as to the degree of correspondence or differences in their environment. The author analyzes the question which conclusions can be drawn principally from these investigations in relation to the determination of test-intelligence.

Literatur

Eysenck, H. J.: Intelligenz. Struktur und Messung. Berlin – Heidelberg – New York: Springer-Verlag 1980.

Eysenck, H. J.: The Structure and Measurement of Intelligence. Die Naturwissenschaften *68* (1981) 491–497.

Freye, H.-A.: Humangenetik. Berlin: Volk und Gesundheit 1975.

Hassenstein, B.: Erziehung und Schule in der Sicht der biologischen Anthropologie des Kindes. In: König, E., und Ramsenthaler, H. (Hrsg.): Diskussion Pädagogische Anthropologie. München: W. Fink 1980. S. 137–160.

Hassenstein, B.: Begabung und Intelligenz. Bemerkungen zu zwei anthropologischen Schlüsselbegriffen. In: Peisl, A., und Mohler, A. (Hrsg.): Reproduktion des Menschen. Frankfurt – Berlin – Wien: Ullstein 1981.

Jensen, A.: IQ's of identical twins reared apart. Behav. Genet. *1* (1970) 133–148.

Jensen, A.: Wie sehr können wir Intelligenzquotient und schulische Leistung steigern? In: Skowronek, H. (Hrsg.): Umwelt und Begabung. Stuttgart: E. Klett 1976[2].

Klix, F. (Hrsg.): Human and Artificial Intelligence. Berlin: Dt. Verlag der Wissenschaften 1978.

Knussmann, R.: Vergleichende Biologie des Menschen. Stuttgart: G. Fischer 1980.

Mehlhorn, G., und Mehlhorn, H. G.: Intelligenz. Berlin: Dt. Verlag der Wissenschaften 1981.

Merz, F., und Stelzl, W. I.: Einführung in die Erbpsychologie. Stuttgart: W. Kohlhammer 1977.

Roth, E., Oswald, W. D., und Daumenlang, K.: Intelligenz. Stuttgart: W. Kohlhammer 1975[3].

Seidler, H.: Zur Kontroverse über Erb- und Umweltfaktoren der Intelligenz: Humanbiologische Aspekte. Z. f. Differentielle und Diagnostische Psychologie *2* (1981) 157–187.

Skowronek, H. (Hrsg.): Umwelt und Begabung. Stuttgart: E. Klett 1976[2].

Vogel, F., und Motulsky, A. G.: Human Genetics. Heidelberg: Springer-Verlag 1979.

Weber, E.: Mathematische Grundlagen der Genetik. Jena: G. Fischer 1967.

Wold, H.: Random Normal Deviates. Cambridge: University Press 1955.

Zimmer, D. E.: Der Streit um die Intelligenz. München: HanserVerlag 1975.

Eingegangen am: 1. 1. 1982

Anschrift des Verfassers: Prof. Dr. Bernhard Hassenstein,
Institut für Biologie I der Universität Freiburg
Albert Str. 21a, D - 7800 Freiburg/Br.