

Menschliche Intelligenz: Wie, wann und wo zeigt sie sich?

Elsbeth Stern

Professorin für Lehr- und Lernforschung



Unterschiede im Lernpotenzial



Intelligenztests seit 120 Jahren

Förderbedarf feststellen

UK: Zugang zu tertiärer Bildung über Grammar Schools

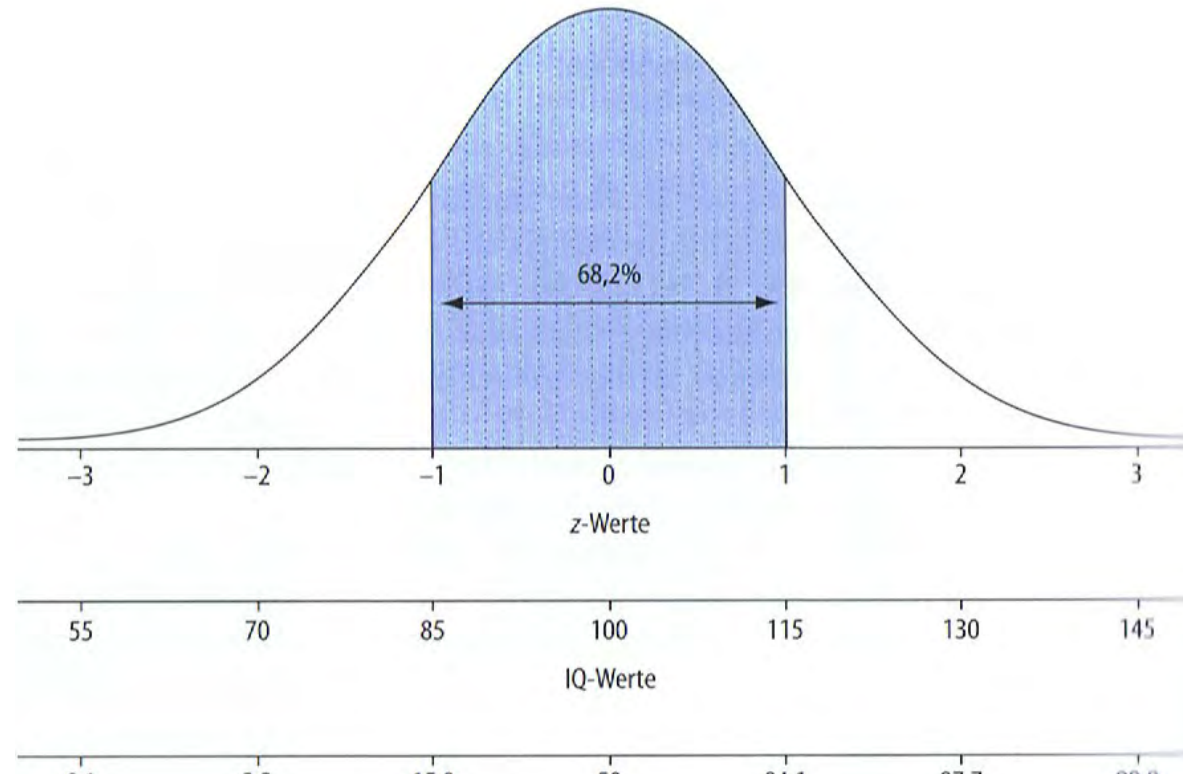
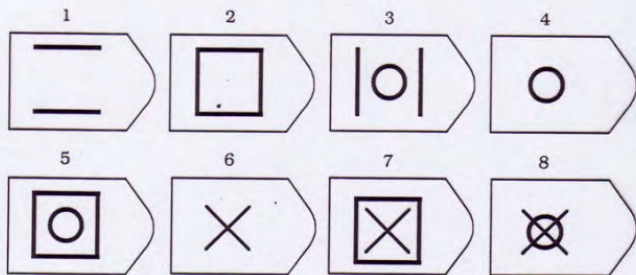
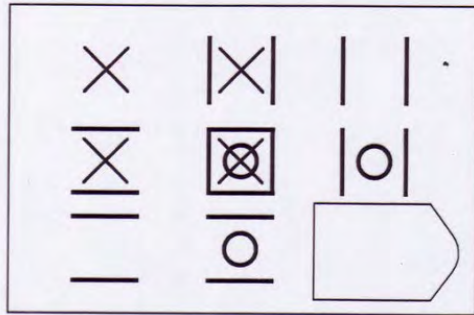
US: Rekrutierung für anspruchsvolle Aufgaben in der Armee

WIE zeigt sich Intelligenz? Der IQ und seine Messung

Zahlenreihen: 57 60 30 34 17 22 11 ?

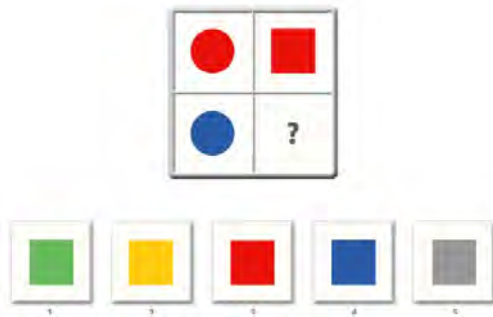
Analogien: Krankenbett : Station → Soldat : ?

a) Division b) Krieg c) Schlacht d) Panzer e) Armee

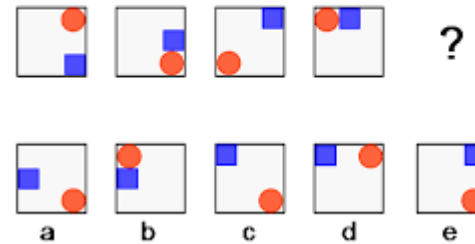


Kern von Intelligenztest:

- Schlussfolgerndes Denken, d.h. aus verfügbarem Wissen neues Wissen ableiten
- Regeln und Zusammenhänge entdecken
- Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Elementen beziehen mit zunehmender Schwierigkeit der Aufgaben eher auf **Relationen zwischen Elementen** als auf deren Merkmale



Wähle die Figur, welche die Reihe fortsetzt



ChatGPT:

Krankenbett : Station → Soldat : ?

a) Division b) Krieg c) Schlacht d) Panzer e) Armee

Die beste Antwort auf die Analogie „Krankenbett : Station → Soldat : ?“ wäre e) Armee.

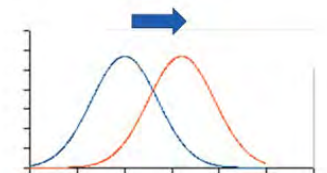
Ein Krankenbett ist typischerweise in einer Station (z.B. einem Krankenhaus) zu finden, während ein Soldat Teil einer Armee ist.

Was zeichnet Intelligenztests aus?

- Hohe psychometrischen Qualität (Reliabilität, Validität)
- Hohe Stabilität von Unterschieden in Intelligenztestleistungen über die Lebensspanne
- Erklären Erfolg in Beruf, Bildung und im Leben allgemein
- Unterschiede sind normalverteilt
- Hohe Erbllichkeit der IQ-Unterschiede (Zwillingsstudien)

Befunde, die das Konzept der Intelligenz nicht erschüttern konnten

- Mittelwertverschiebung u.a. als Folge Verbesserung der Lebensbedingungen: Flynn-Effekt
- Testleistung kann (moderat) durch Übung verbessert werden, ABER man wird dadurch nicht intelligenter



Was zeichnet Intelligenztests aus?

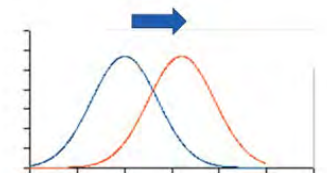
- Hohe psychometrischen Qualität (Reliabilität, Validität)
- Hohe Stabilität von Unterschieden in Intelligenztestleistungen über die Lebensspanne
- Erklären Erfolg in Beruf, Bildung und im Leben allgemein
- Unterschiede sind normalverteilt
- Hohe Erbllichkeit der IQ-Unterschiede (Zwillingsstudien)

Befunde, die das Konzept der Intelligenz nicht erschüttern konnten

- Mittelwertverschiebung u.a. als Folge Verbesserung der Lebensbedingungen: Flynn-Effekt
- Testleistung kann (moderat) durch Übung verbessert werden, ABER man wird dadurch nicht intelligenter

Bisher nicht widerlegte Erkenntnisse

- Positive Manifold: Alle kognitiven Tests korrelieren positiv miteinander (Faktor g)
- Sprachliche und formal-mathematische Aufgaben korrelieren hoch miteinander



ETH zürich

Sprachlich oder mathematisch begabt? Faktor g ermöglicht beides

Unser Schulsystem erzwingt früh ein fachspezifisches akademisches Selbstkonzept

Möller et al

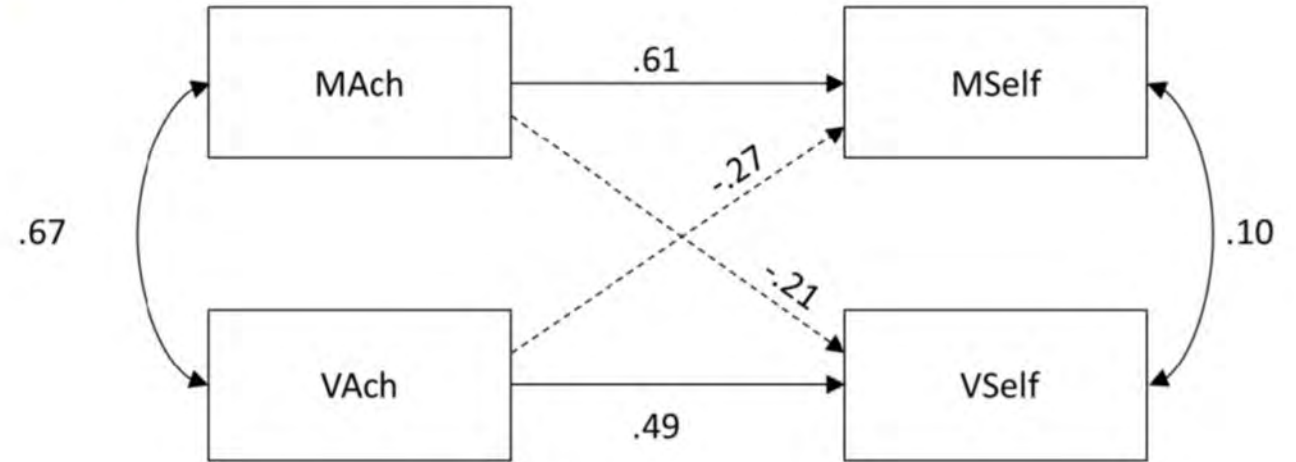
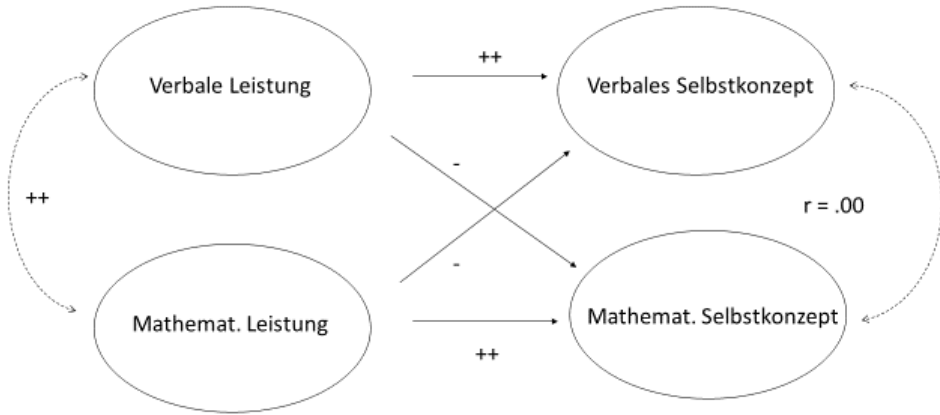


Figure 1. The IE model: Results of a meta-analytic path-analysis on the relations between math and verbal achievement and math and verbal self-concept (from Möller et al., 2009). MAch = math achievement; MSelf = math self-concept; VAch = verbal achievement; VSelf = verbal self-concept.

Sozialer Vergleich (interindividuell): Wie stehe ich im Vergleich zu meinen Mitschülern

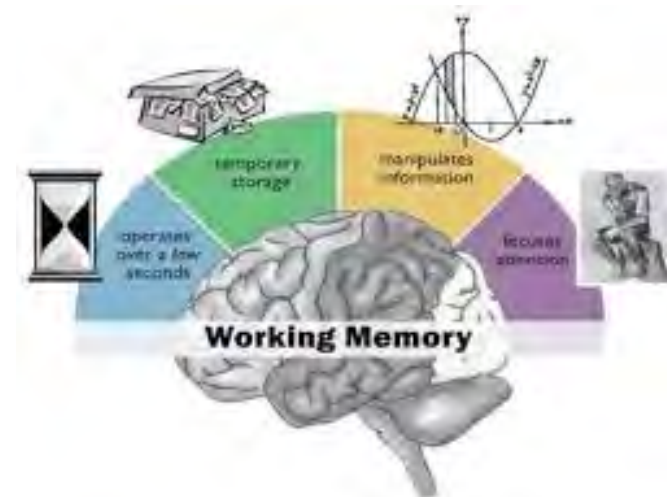
Dimensionaler Vergleich (intraindividuell): Wie stehe ich in einem Fach verglichen mit einem anderen Fach?

Positive Manifold: Was steckt hinter Faktor g?

Nur ein statistisches Konstrukt aus
«overlapping cognitive processes»?

Der menschliche Geist als Summe von
modularisierten Kompetenzen?

- ODER ein **breit einsetzbares grundlegendes geistiges Potenzial** mit nachweisbaren neuronalen Korrelaten?
- Ewige Diskussion mit vielen Kompromissen
- Gibt es einen überzeugenden Kandidaten für g?



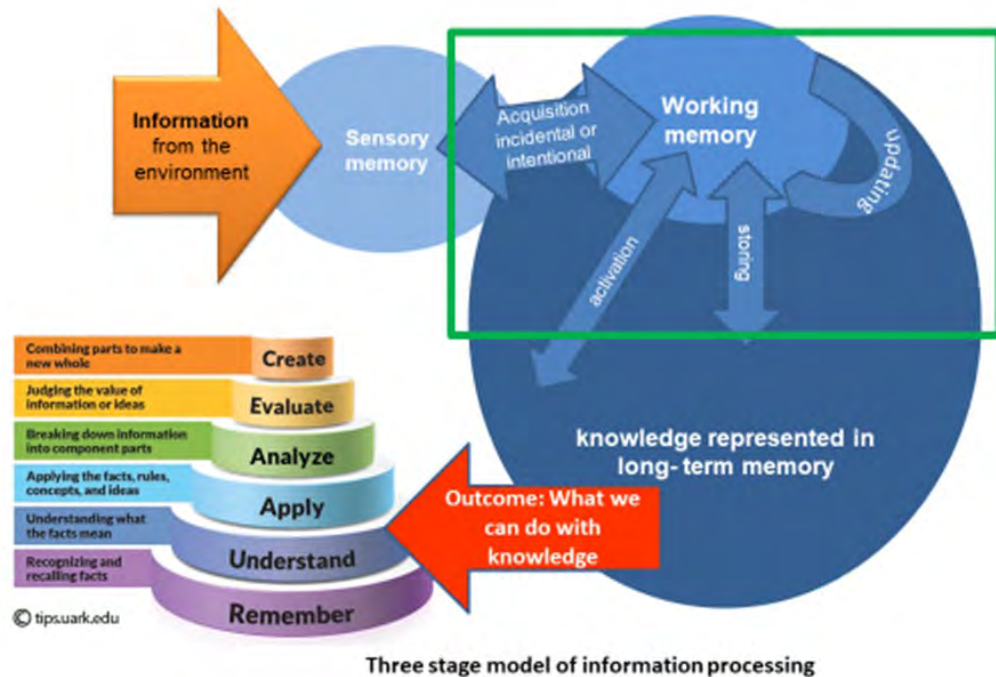
REVIEW ARTICLE OPEN

Individual differences in the learning potential of human beings

Elsbeth Stern¹

Arbeitsgedächtnis

- Limitierte Kapazität
- Flaschenhals zwischen sensorischem Gedächtnis und im Langzeitgedächtnis gespeicherten Inhalten
- Ermöglicht zielgerichtetes Handeln durch Fokussierung der Aufmerksamkeit
- Balance zwischen Hemmung und Aufrechterhaltung von Information (***maintenance and disengagement***)
- Neben Sprache ein wichtiges Alleinstellungsmerkmal von Menschen
- An Frontalhirnfunktionen gebunden

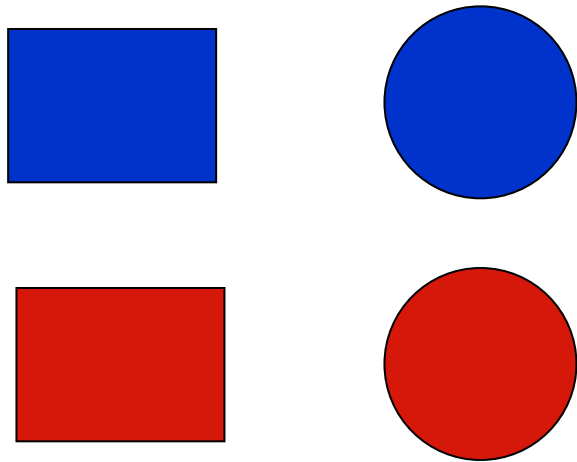


Three stage model of information processing

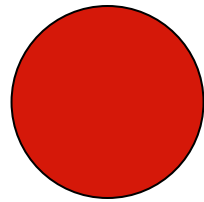
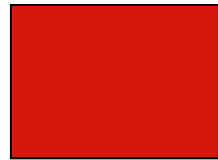
Herausforderung an das Arbeitsgedächtnis:

1. Information umgruppieren
2. Information halten, auch wenn zwischenzeitlich ein anderes Ziel verfolgt werden muss
3. Mehrere Ziele im Auge behalten und ggf. wechseln
4. Hemmung von Information, die nicht zum Ziel passt

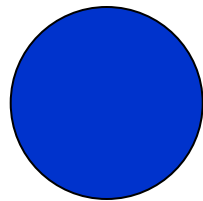
Task Switch-Aufgaben



Wenn rot: Taste drücken

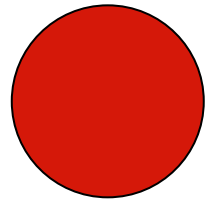


ja

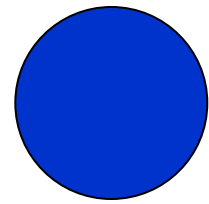


nein

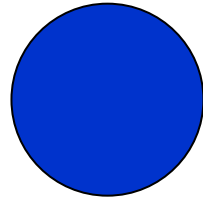
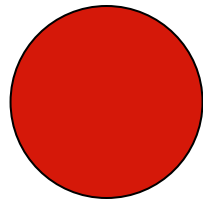




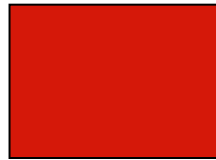




Wenn Kreis: Taste drücken



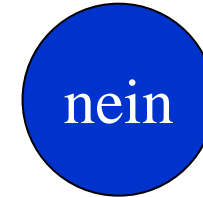
ja



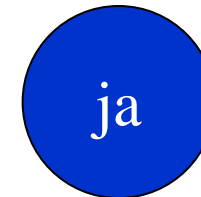
nein

Fehler oder Verzögerung nach Task-Switch

Wenn rot: Taste drücken



Wenn Kreis: Taste drücken



Unterschiede in AG-Funktionen lassen sich messen

1. Merken Sie sich die Konsonanten in der richtigen Reihenfolge
2. Beurteilen Sie, ob es sich um eine Gleichung handelt
3. Reproduzieren Sie die Buchstaben

G R C B

$$16 - 5 = 4 + 8$$

Gleichung w oder f?
Konsonanten: _____

R K T H P

$$17 - 3 = 5 + 9$$

Gleichung w oder f?

Konsonanten: _____

- Hohe Korrelationen ($r=.50$ bis $.80$) zwischen AG-Leistung und IQ
- Schlussfolgerndes Denken: oberflächliche Assoziationen müssen gehemmt werden
Krankenbett : Station → Soldat : ? a) Schlacht b) Krieg c) Division d) Panzer e) Armee
- Text lesen: den roten Faden nicht verlieren und gleichzeitig für neue Information offen sein
- Mathematische Textaufgaben: Hans hat 6 Hasen. Er hat 2 Hasen mehr als Peter. Wie viele Hasen haben die beiden zusammen?

Die quadratische Funktion f besitzt die Nullstellen $x = 1$ und $x = 5$ sowie den y -Achsenabschnitt 5. Der Graph der Funktion f ist symmetrisch bezüglich der vertikalen Achse $x = 3$. Über dem Intervall $[5, 10]$ ist f streng monoton steigend, während f über dem Intervall $[-1, 1]$ streng monoton fallend ist. Der Graph der quadratischen Funktion h ist gegenüber dem Graphen der Funktion f am Ursprung gespiegelt. Die Funktion h ist über dem Intervall $[-1, 1]$ streng monoton fallend. Zudem ist der Graph der Funktion h symmetrisch bezüglich der vertikalen Achse $x = -3$.



- Bestimmen Sie den Scheitelpunkt von f .
- Bestimmen Sie die Funktionsgleichung von h .
- Betrachten Sie die Funktion $i(x) = -4x + p$. Wie muss der Parameter p gewählt werden, damit der Funktionsgraph von i im Punkt $I(-1, 0)$ eine Tangente an den Funktionsgraphen von h ist?

Intelligence 92 (2022) 101649

Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Intelligence


journal homepage: www.elsevier.com/locate/intell

The relation between working memory and mathematics performance among students in math-intensive STEM programs

Michal Berkowitz^{*}, Peter Edelsbrunner, Elsbeth Stern

ETH Zurich, Department of Humanities, Social and Political Sciences, Zurich, Switzerland



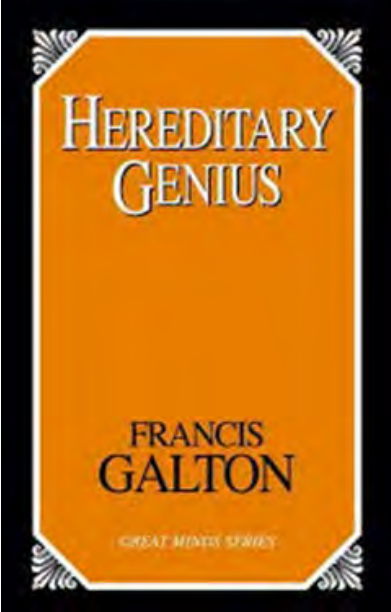
WANN zeigte sich Intelligenz in der Geschichte der Menschheit?



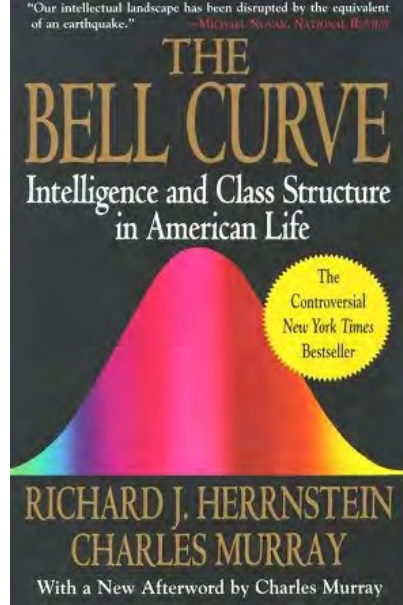
Vor ca. 40'000 Jahren etablierte sich der grundlegende genetische Bauplan des menschlichen Gehirns

- **5.000: Schrift in Gebrauch**
- **3.000: mathematische Symbolsysteme in Gebrauch**
- **2.200: Konzept der Dichte (Archimedes)**
- **800: Arabisches Zahlensystem in Europa gängig**
- **400: Analytische Geometrie entwickelt (Descartes)**
- **300: Mechanik (Newton)**
- **70: Struktur der DNA bekannt**

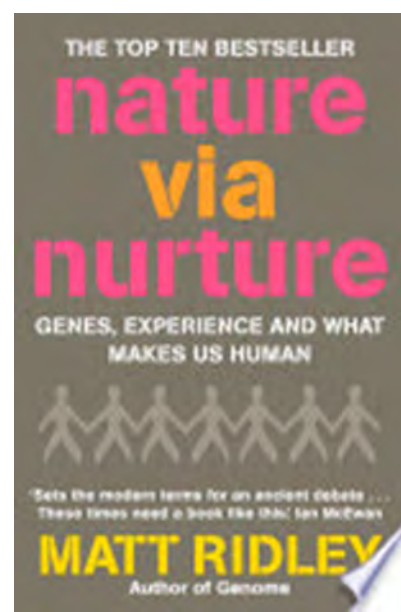




1868



1994

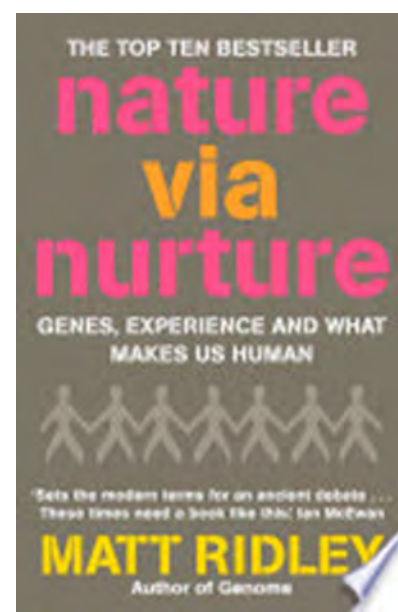
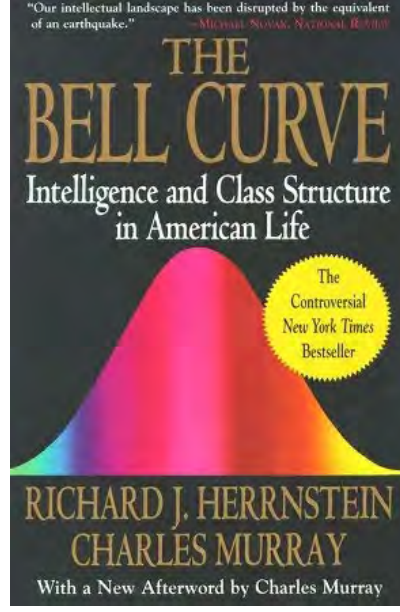
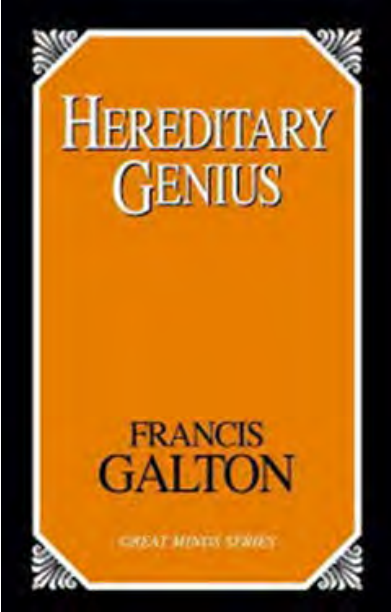


2003

- **Polygenetische Vererbung** der Intelligenz: Genorte trotz GWAS weitgehend unbekannt (**missing heritability problem**)
- **Reaktionsnorm**: Genexpression wird von Umweltbedingungen gesteuert
- Hohe Erblichkeit in einer Gesellschaft spricht für optimierte Umweltbedingungen für alle

Vergleich eineiiger und zweieiiger Zwillinge: Bis zu 80% der Intelligenz**unterschiede** lassen sich mit Genvariationen erklären

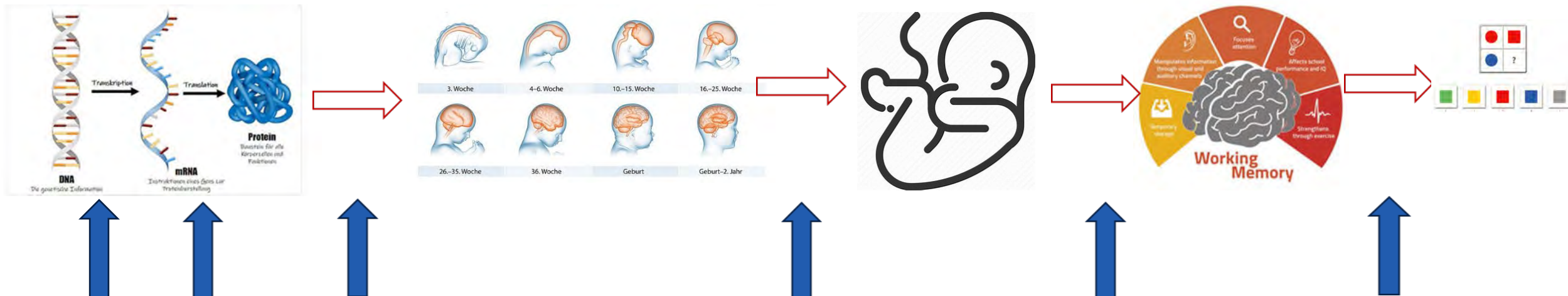
Ca. 5% der Unterschiede lassen sich auf spezifische Genorte zurückführen



- **Polygenetische Vererbung** der Intelligenz: Genorte trotz GWAS weitgehend unbekannt (**missing heritability problem**)
- **Reaktionsnorm:** Genexpression wird von Umweltbedingungen gesteuert
- Hohe Erblichkeit in einer Gesellschaft spricht für optimierte Umweltbedingungen für alle

Intelligenz ist ein polygenetisch vererbtes uniformes Persönlichkeitsmerkmal mit grosser Reaktionsnorm, das einen entscheidenden Einfluss auf die Nutzung von Lerngelegenheiten hat.

Umwelteinflüsse auf dem langen Weg von der DNA zur Intelligenz





Richard Snow (1926-1997)
School of Education, Stanford University

*Psychology now recognizes intelligence as education's most important **product**, as well as its most important **raw material**.*

Schule ist DER Intelligenzbooster: Arbeitsgedächtnisfunktionen werden zur Entwicklung des schlussfolgernden Denkens genutzt

Unterschiede stabilisieren sich in den ersten Schuljahren

Verlängerung der Schulzeit hatte einen sehr starken Einfluss auf den Anstieg der gelösten Intelligenzaufgaben



Kulturelle Werkzeuge als Schlüssel zur effizienten Nutzung des Arbeitsgedächtnisses

CIV : XXVI =

104 : 26 =

天 天 天 天 天
地 地 地 地 地
玄 玄 玄 玄 玄
黃 黃 黃 黃 黃

A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L	M
ā	bē	cē	dē	ē	ef	gē	hā	i	kā	el	em
[a:]	[be:]	[ke:]	[de:]	[e:]	[ɛf]	[ge:]	[ha:]	[i:]	[ka:]	[ɛl]	[ɛm]
N	O	P	Q	R	S	T	V	X	Y	Z	
en	ō	pē	qū	er	es	tē	ū	ex	i Graeca	zēta	
[ɛn]	[o:]	[pe:]	[k ^u u:]	[ɛr]	[ɛs]	[te:]	[u:]	[ɛks]	[i: 'grajka]	[ˈze:ta]	

Kulturelle Werkzeuge als Schlüssel zur effizienten Nutzung des Arbeitsgedächtnisses

Lernen heisst: Das Arbeitsgedächtnis durch Wissensrepräsentation optimieren

Symbolische Repräsentationen ermöglichen Fokussierung auf relationale Aspekte und verhindern nicht zielführende Assoziationen



Hund

$$P(A|B) = P(A \cap B) / P(B)$$

天 天 天 天 天
地 地 地 地 地
玄 玄 玄 玄 玄
黃 黃 黃 黃 黃

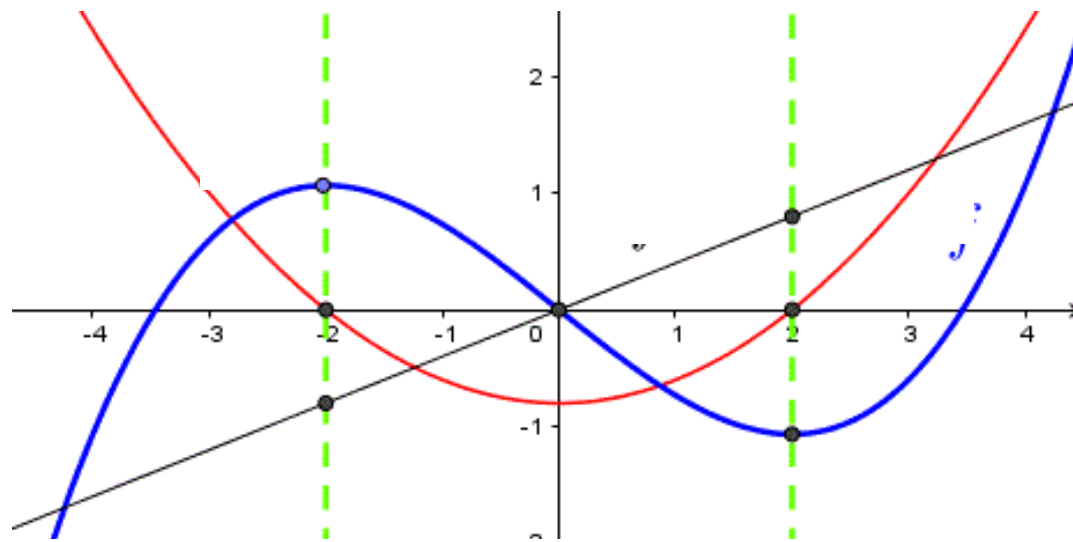
A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L	M
ā	bē	cē	dē	ē	ef	gē	hā	i	kā	el	em
[a:]	[be:]	[ke:]	[de:]	[e:]	[ɛf]	[ge:]	[ha:]	[i:]	[ka:]	[ɛl]	[ɛm]
N	O	P	Q	R	S	T	V	X	Y	Z	
en	ō	pē	qū	er	es	tē	ū	ex	i Graeca	zēta	
[ɛn]	[o:]	[pe:]	[k ^u u:]	[ɛr]	[ɛs]	[te:]	[u:]	[ɛks]	[i: 'grajka]	[ˈzɛ:ta]	

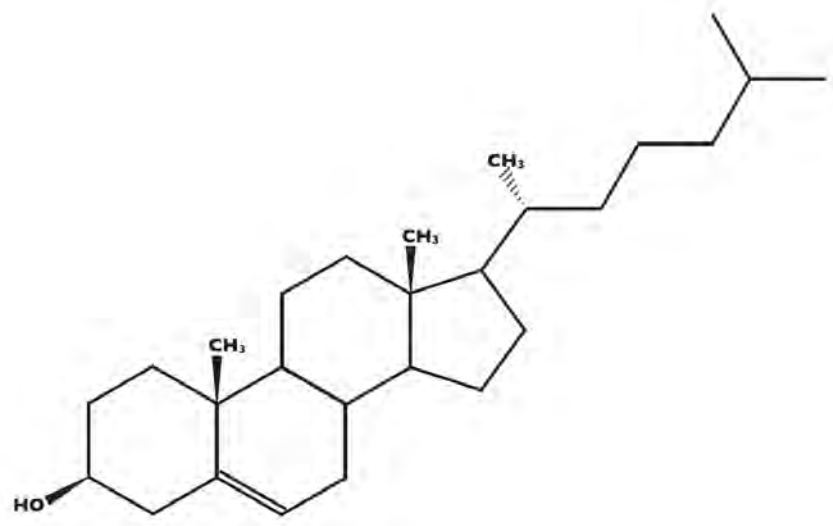
1980 und 1990er: Jahrzehnte des Wissens

- Intelligenz verliert an Vorhersagekraft, sobald Vorwissen einbezogen wird
- Schach, Regeln beim Fussball, Time on task
- Wissen ist situiert, keine unspezifischen Transfereffekte
- Gedächtnisleistungen und schlussfolgerndes Denken hängen vom bestehenden Wissen ab

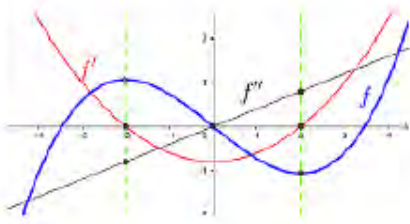
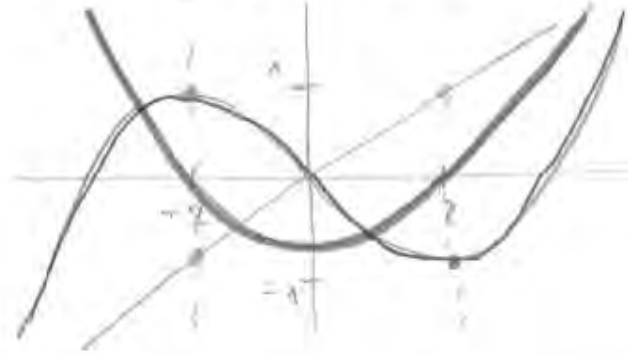
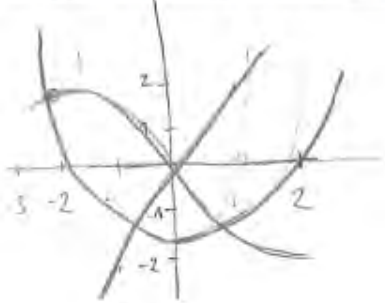
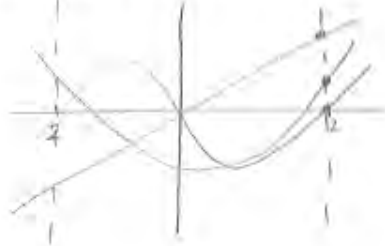
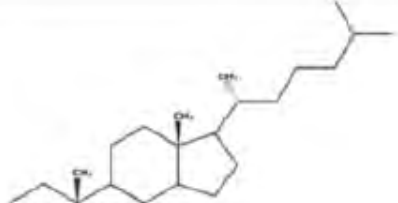


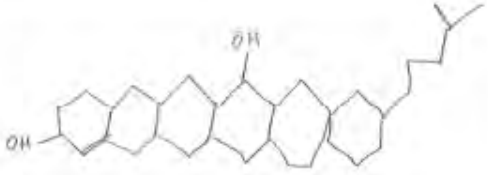




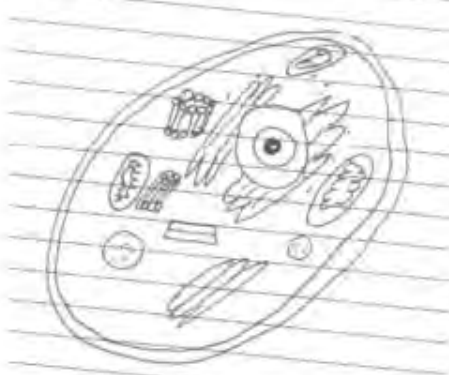
Vorlesung «Menschliches Lernen»

- MINT-Studierende der ETH
- Jedes Bild wird für 5 Sekunden gezeigt
- Danach soll eine Zeichnung angefertigt werden





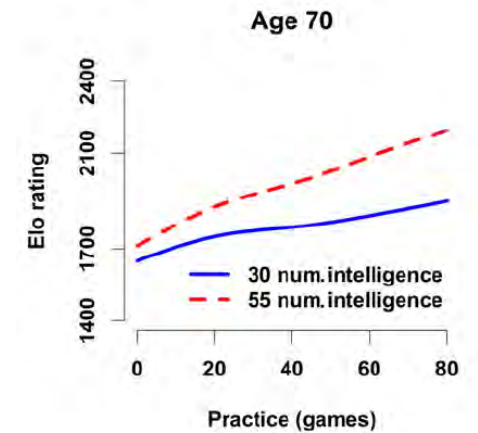


To be memorized	Mathematics student	Chemistry student	Biology student
			
			
<p>Optimierung der Arbeitsgedächtnisfunktionen: Chunking von Mustern, Automatisierung von Handlungen</p>			
			
			

Leistungsbereiche unterscheiden sich in ihrer „Intelligenztoleranz“

- In durch Routinen geprägten Bereichen lassen sich Intelligenzunterschiede durch Erfahrung meist gut kompensieren
- Durch Prozeduralisierung und Chunking von Wissen können Unterschiede in den Arbeitsgedächtnisfunktionen kompensiert werden
- Aber

Intelligenzunterschiede: Und sie zeigen sich doch ...



The joint influence of intelligence and practice on skill development throughout the life span

Nemanja Vaci^a, Peter Edelsbrunner^b, Elsbeth Stern^b, Aljoscha Neubauer^c, Merim Bilalić^{d,1,2}, and Roland H. Grabner^{c,1}

^aDepartment of Psychiatry, Warneford Hospital, Oxford University, Oxford OX3 7JX, United Kingdom; ^bDepartment of Humanities, Social and Political Sciences, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (ETH Zurich), 8092 Zürich, Switzerland; ^cInstitute of Psychology, University of Graz, 8010 Graz, Austria; and ^dDepartment of Psychology, Northumbria University, Newcastle NE1 8ST, United Kingdom

Schwer zu kompensierende Intelligenzunterschiede

- Umgang mit komplexen, nicht eindeutig definierten Problemen: Zielkonflikte müssen bewältigt werden, auf dem Weg zu einem Ziel treten immer wieder neue Ereignisse auf
- Schlussfolgerndes Denken: Erspart das Einholen zusätzlicher Information
- Inhaltsgebiete, die durch ***relationale Konzepte*** charakterisiert sind (Mathematik, Physik,)
- *Was zeichnet intelligente Menschen sonst noch aus?*

Intelligenz, Persönlichkeitseigenschaften und Gewissen

(Fast) keine Korrelation zu den Big Five, d.h. alles ist möglich:

- **Gewissenhaftigkeit** (Perfektionismus)
- **Extraversion** (Geselligkeit)
- **Verträglichkeit** (Rücksichtnahme, Kooperationsbereitschaft, Empathie)
- **Neurotizismus** (emotionale Labilität und Verletzlichkeit).
- **Ausnahme: Offenheit für Erfahrungen** (Aufgeschlossenheit)



Auch kein Zusammenhang zwischen Intelligenz und dunkler Triade

Aber: Intelligente wissen ihren Vorteil zu nutzen

Der IQ der Hauptangeklagten in den Nürnberger Prozessen

Schacht, Hjalmar 143

Freispruch

Seyss-Inquart, Arthur 141

Zum Tode verurteilt und hingerichtet

Dönitz, Karl 138, **10 Jahre**

Göring, Hermann 138 Suizid

Papen, Franz von 134

Raeder, Erich 134

Frank, Hans 130

Fritzsche, Hans 130

Schirach, Baldur von 130

Keitel, Wilhelm 129

Ribbentrop, Joachim von 129

Speer, Albert 128

Jodl, Alfred 127

Rosenberg, Alfred 127

Neurath, Konstantin von 125

Frick, Wilhelm 124

Funk, Walther 124

Hess, Rudolf 120

Sauckel, Fritz 118

Kaltenbrunner, Ernst 113

Streicher, Julius 106

ETH zürich

Auf der Grundlage heutiger Normen
sind die Werte weit überschätzt, aber
die Reihenfolge dürfte stimmen

The Psychology of
Dictatorship: Based on an
Examination of the
Leaders of Nazi Germany

Gilbert, G. M.

Note: This is not the actual book cover

NUREMBERG
DIARY

G. M. GILBERT



Und jetzt?

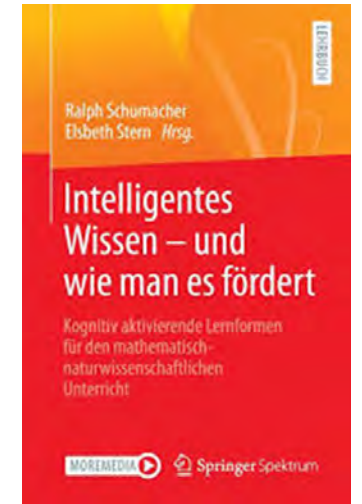
- Intelligenztests sind relativ faire und aussagekräftige diagnostische Instrumente, die bei der Personalauswahl durch zusätzliche Auswahlkriterien ergänzt werden sollten
- Bildungssystem: Von Anfang an eine grosse Bandbreite an Lerngelegenheiten bieten, die auf individuelle Unterschiede in der Intelligenz abgestimmt sind
- Frühe Aufteilung in Gymnasium und Regelschulen lässt sich NICHT aus der Intelligenzforschung ableiten
- Gute Berufsbildung: Bei sehr vielen aber nicht bei allen Tätigkeiten können Intelligenzunterschiede durch Übung und Erfahrung kompensiert werden

ETH

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich



Danke für Ihre Aufmerksamkeit



www.educ.ethz.ch/lernzentren/mint-lernzentrum.html

