

Intelligenz oder Wissen ?

—

Mit Intelligenz zum intelligenten Wissen

Aljoscha Neubauer

Vortrag im Symposium zur Übergabe der Festschrift
,Wie guter Unterricht intelligentes Wissen schafft‘
an

Elsbeth Stern

3.2.2023

ÜBERBLICK

1. Was ist Intelligenz?
2. Intelligenz, Lernen und Expertise
3. Intelligenz, Expertise und das Gehirn
4. Gehirnjogging, Neuroenhancement & Co:
Intelligenz trainieren ohne Wissenserwerb?
5. (Wann) Werden die Maschinen intelligenter sein als wir Menschen?

Was ist Intelligenz?

- Intelligenz ist eine breite Fähigkeit, die (u.a.) folgende Eigenschaften umfasst: die Fähigkeit zum schlussfolgernden und abstrakten Denken, zum Planen, zum Verstehen und Lösen komplexer Probleme, und zum Lernen aus Erfahrung... Eine so definierte Intelligenz kann man messen und Intelligenztest sind sehr gut dazu geeignet.

(Gottfredson, 1997, *Intelligence*; Mainstream science on intelligence: an editorial with 52 signatories, history, and bibliography;
Übersetzung v. Verf.)

Elsbeth Stern | Aljoscha Neubauer

Intelligenz
Große
Unterschiede
und ihre
Folgen



DVA

- **Intelligenz ist ein polygenetisch vererbtes uniformes Persönlichkeitsmerkmal mit grosser Reaktionsnorm, das einen entscheidenden Einfluss auf die **Nutzung von Lerngelegenheiten** hat.**
- **Quantitative und qualitative Aspekte der Schulbildung beeinflussen die Intelligenzentwicklung bis in die Adoleszenz**

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

Richard Snow (1926-1997)

School of Education, Stanford University



- **IQ und Schulleistung**
- Korrelationen zwischen IQ und Schulleistungen im Mittel $r=.50$, variiert zwischen $r=0$ und $r=.77$
- Höher für Tests als für Noten
- Sinkt seit 2000
- In der Primarschule niedriger als in der Sekundarschule
- In MINT-Fächern höher als in sprachlichen Fächern



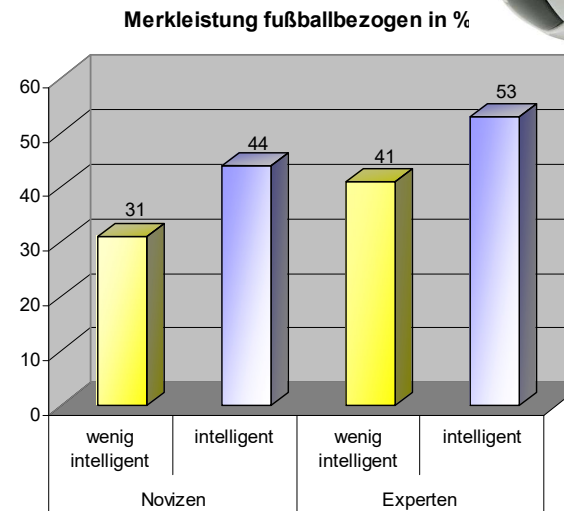
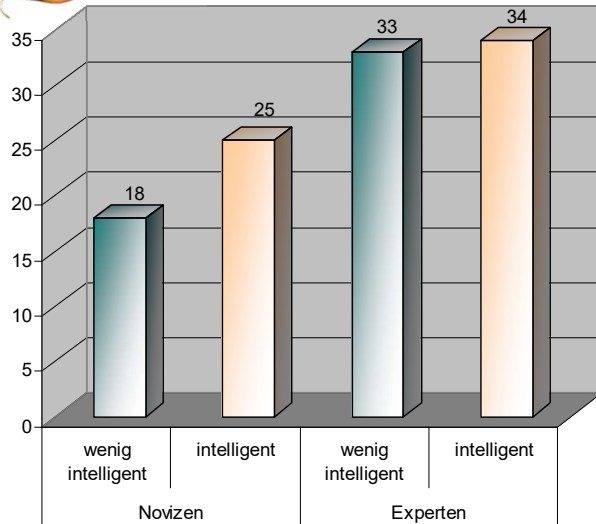
Lernforschung

- Bestehendes Wissen in einem Gebiet ist der beste Prädiktor für zukünftiges Lernen
- Intelligenz ist der Rohstoff, der seine Wirkung nur entfalten kann, wenn er in Wissen umgesetzt wird
- In der Expertiseforschung (Schach, Fussball) und für die Schulmathematik wurde gezeigt: Wissen schlägt Intelligenz

Begabung vs. Wissen

Wissenspsychologie und Expertiseforschung:

→ Wissen ist wichtiger als
Intelligenz/Begabung
(,weiche' Expertise Hypothese)



→ wenn Wissen erworben wurde,
ist Intelligenz/Begabung irrelevant
(,harte' Expertise Hypothese; *umstritten!*)

Ist Intelligenz irrelevant, wenn man Expertise erworben hat?

- Intelligenz nur am Beginn des Lernens relevant: Circumvention-of-Limits-Hypothese
- 10 Jahres Regel für absolute Spitzenleistungen: *deliberate practice (bewusstes/ reflektiertes Lernen)*



Anders Ericsson



Zwei Alternativen zur Circumvention-of-Limits -Hypothese

- Building blocks-Hypothese: Einfluss der Intelligenz unabhängig vom Intelligenzniveau
- Rich get richer-Hypothese (Matthäus-Effekt): Intelligentere profitieren mit zunehmendem Expertiseniveau stärker von der besseren Wissensbasis
- Mehr Evidenz für die Building blocks-Hypothese (Grabner & Meier, 2021)

PNAS

Check for updates

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

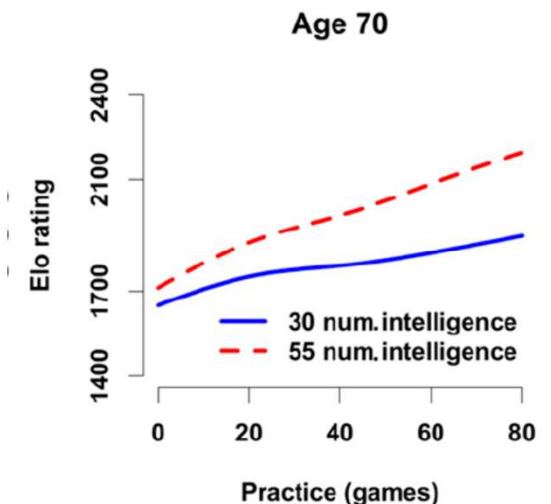
Nemanja Vaci^a, Peter Edelsbrunner^b, Elsbeth Stern^b, Aljoscha Neubauer^c, Merim Bilalic^{d,1,2}, and Roland H. Grabner^{c,1}

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

Edited by D. Zachary Hambrick, Michigan State University, East Lansing, MI, and accepted by Editorial Board Member Susan A. Gelman July 2, 2019 (received for review November 6, 2018)

The relative importance of different factors in the development of human skills has been extensively discussed. Research on expertise

Expertise Mechanism and Its Relation to (Deliberate) Practice and Intelligence



Phase der Annäherung zwischen Intelligenz- und Lehr-Lernforschung

- Intelligenz braucht eine anregende Umwelt, in der sie sich entwickeln und in spezifisches Wissen investiert werden kann.
- Auch sehr intelligente Menschen brauchen anregenden Unterricht
- Intelligenz wirkt sich qualitativ und quantitativ auf die Nutzung von Lerngelegenheiten und damit auf die Repräsentation und die Nutzung von Wissen aus

»When entering new learning settings, students often differ from one another. Domain-specific knowledge and intelligence have been identified as the two major sources of difference« (Stern, 2015, S. 327).

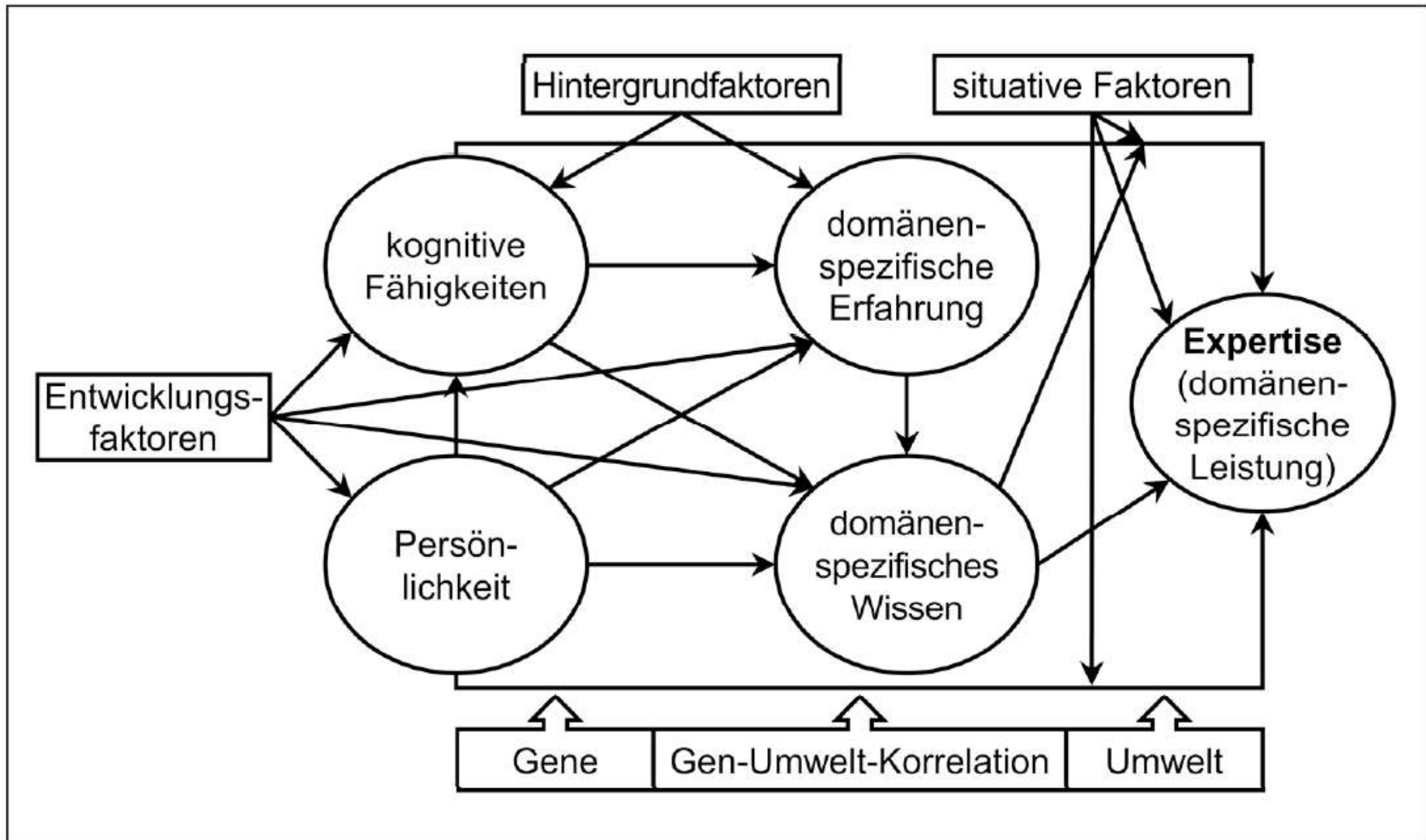
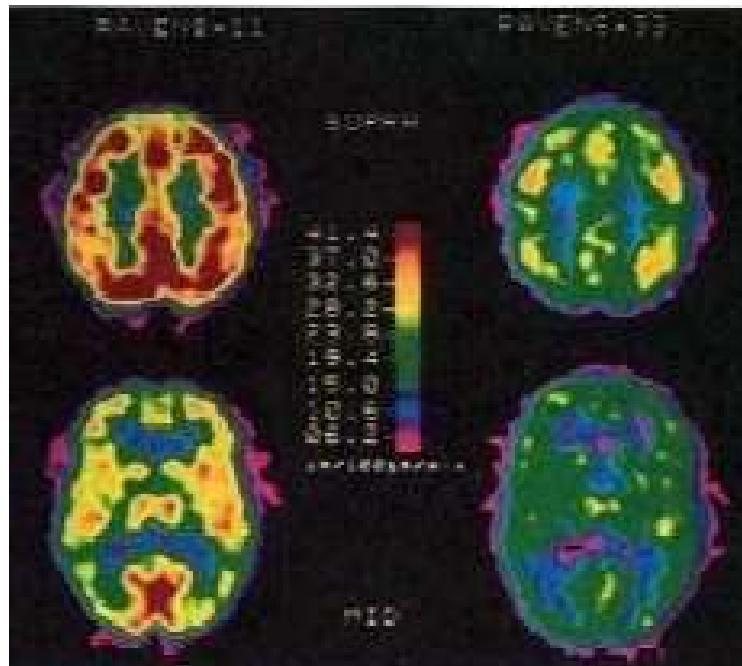


Abb. 2: Das »Multifactorial Gene-Environment Interaction Model« (MGIM; nach Hambrick et al. 2016, S. 43)

Wo im Gehirn ist die Intelligenz?

Die neural efficiency-Hypothese der Intelligenz

Haier et al. (1988): RAPM * glucose metabolism (PET)



IQ low

IQ high

$$r_{(RAPM \times GMR)} = -.44 \text{ bis } -.84$$

NEURAL EFFICIENCY

„Intelligence is not a function of how hard the brain works but rather how efficiently it works. ... This efficiency may derive from the disuse of many brain areas irrelevant for good task performance as well as the more focused use of specific task-relevant areas.“

(Haier et al., 1992)



Review

Intelligence and neural efficiency

Aljoscha C. Neubauer*, Andreas Fink

Pro: *Negative g* * brain activation/usage relationships in $k = 29$ (out of 54) studies, i.e. higher $g \rightarrow$ less brain activation = higher neural efficiency

e.g. confirmed with

- **PET:** *Haier et al. (1988, 1992, 1995, etc.)*
- **rCBF:** *Charlot et al. (1992)*
- **fMRI:** *Reichle et al. (2000); Ruff et al. (2003); Rypma et al. (2002)*
- **EEG:** *Jausovec (1998, 2000 etc.); Lamm et al. (1999); Neubauer et al. (1995, 2002, 2005, 2009 etc.)*

„Two individuals might achieve identical intelligence test scores through different neuronal routes because they have different brain structures or different *expertise* and *training* (emph. added) or they might have used different cognitive strategies.“ (p. 209)

(„The neuroscience of human intelligence differences“ by Deary, Penke, Johnson, 2010, Nature Rev. Neuroscience)

Wird man durch Wissenserwerb neural effizienter?

*Hypothese der
Neuralen Effizienz*

Ausmaß der kortikalen
Aktivierung abhängig vom
Intelligenzniveau



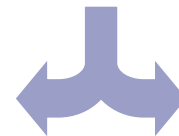
*Befunde aus
Expertiseforschung*

Expertenleistungen weitgehend
unabhängig vom
Intelligenzniveau



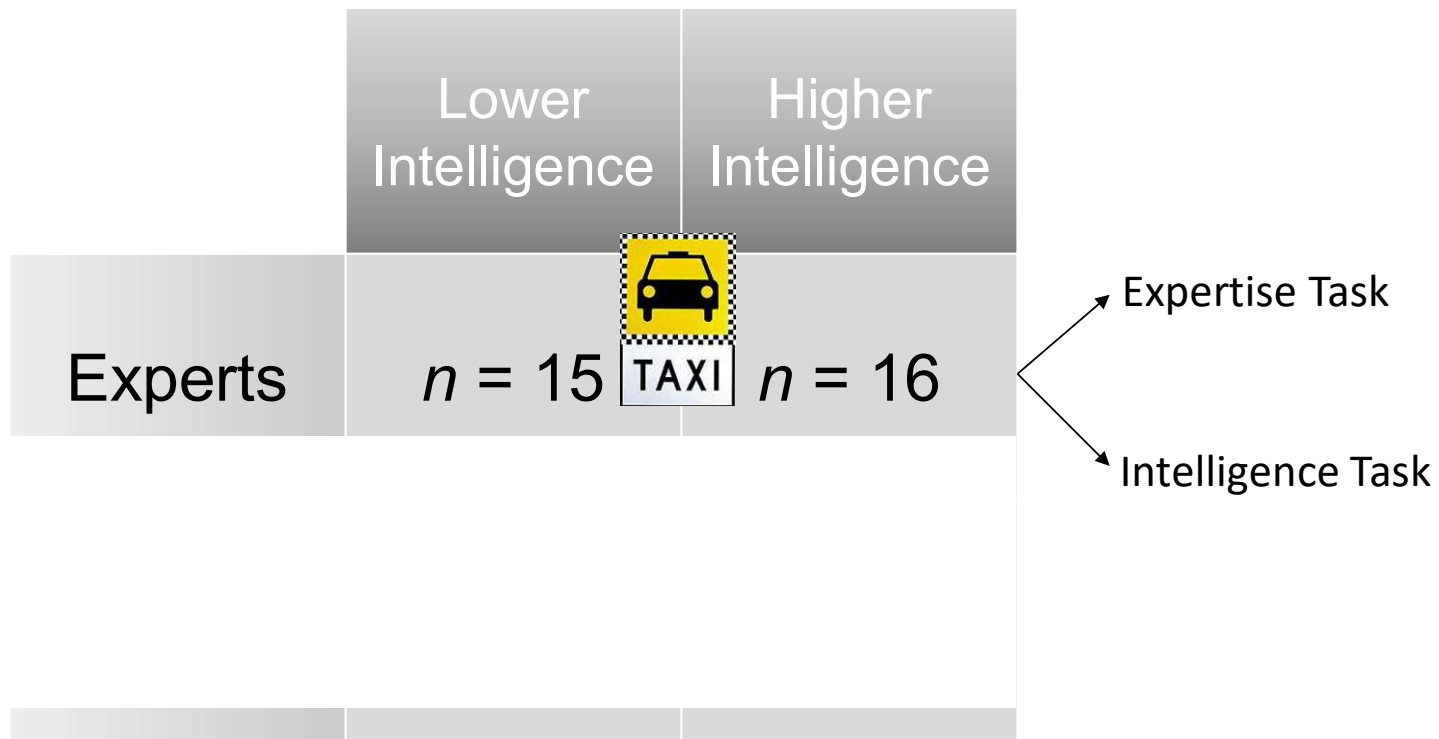
Expertise und Neurale Effizienz?

Intelligenzaufgaben

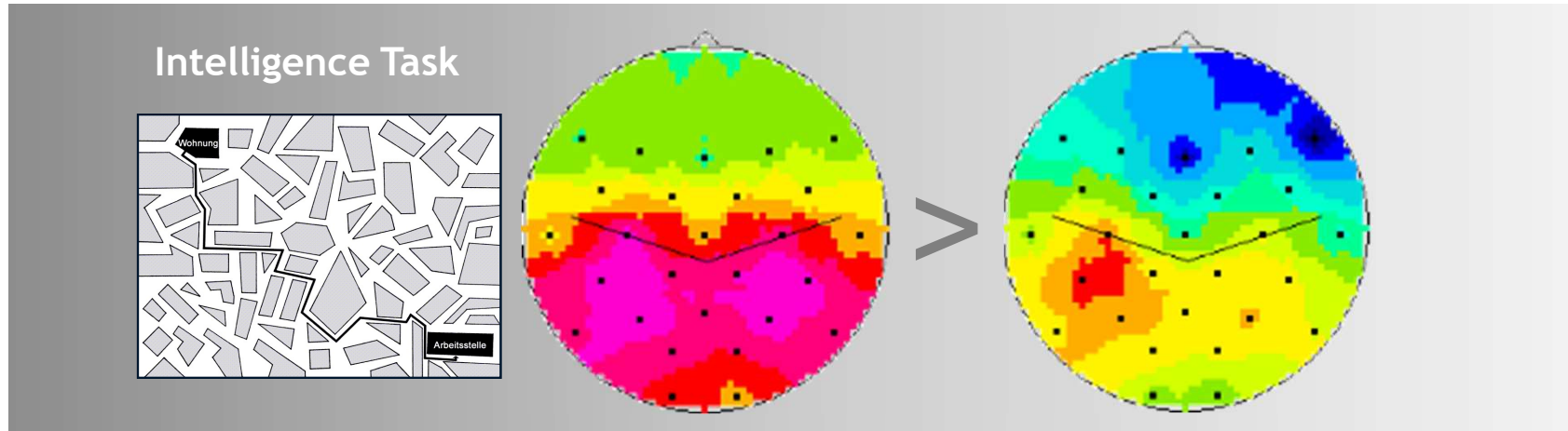


Expertiseaufgaben

Brain usage: Effects of expertise vs. intelligence



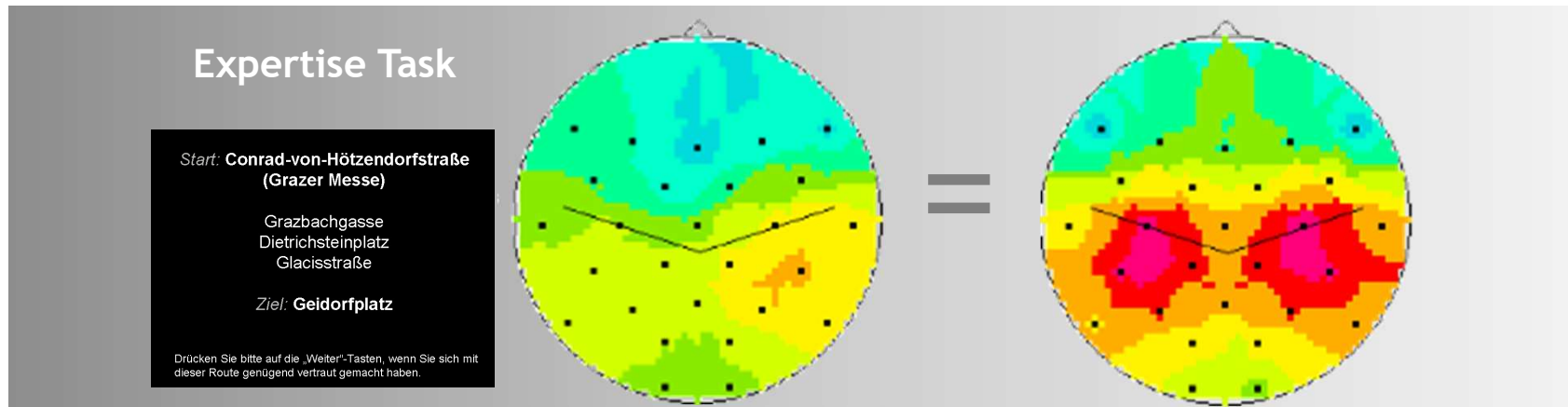
Results



r with IQ = .50**

IQ lower

IQ higher



r with IQ = .10

Grabner, et al., 2003, Int. J. Psychophysiol

Resumée aus neurowissenschaftlicher Intelligenz*Expertise-Forschung

- **Gehirnaktivierung**
 - Unabhängige Effekte von Intelligenz & Expertise
 - Intelligenzeffekte topografisch eher global
 - Expertise-Effekte eher lokal: mit zunehmender Expertise mehr posteriore, weniger anteriore Aktivierung
- **Effiziente Gehirnaktivierung ist eine Funktion von Intelligenz und Expertise/Wissen**

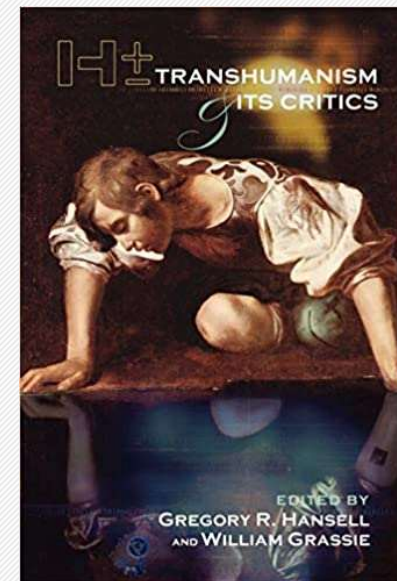
4. Gehirnjogging, Neuroenhancement & Co:
Intelligenz trainieren ohne Wissenserwerb?
(Der Traum der Transhumanisten)

Die Philosophie des Transhumanismus



- philosophische Denkrichtung, die die biologischen Grenzen des Menschen mittels Wissenschaft und Technologie überwinden will
- Wurzeln im Renaissance-Humanismus und in Aufklärung (Nietzsches Übermensch)
- Ziele: Erweiterung der Lebensspanne (Unsterblichkeit), Maximierung von Intelligenz & Wohlbefinden, u.v.m.
- der Mensch soll seine eigene Evolution durch technologische Selbst-Transformation beschleunigen
- Vision einer posthumanen Zukunft: Verschmelzung der Menschheit mit Technologie als die nächste Stufe der Evolution -
> Erschaffung einer neuen Spezies als letzte Aufgabe des Homo Sapiens

Walker (2009), Peters (2011)

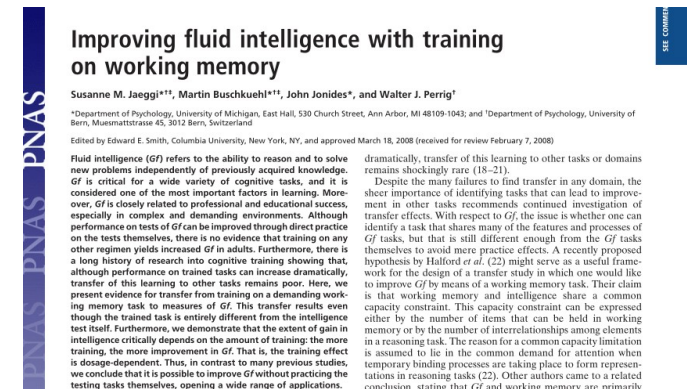


Intelligenz trainieren ohne Wissenserwerb?

- Enhancing intelligence = Holy grail of neurocognitive sciences
- 3 Zugänge:
 - 1) Arbeitsgedächtnis (AG)-Training
 - 2) Gehirnstimulation (Transkranielle Elektrische Stimulation, TES)
 - 3) Pharmaka

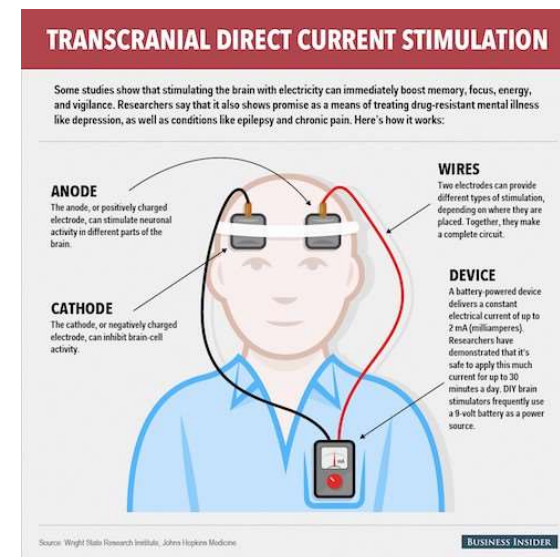
ad 1) Arbeitsgedächtnis-Trainings:

- Jaeggi-Studie (2008) praktisch nie repliziert und heftig kritisiert (z.B. Shipstead et al., 2012)
- Immer nur Nahtransfer, Ferntransfer nie schlüssig nachgewiesen



2) Intelligenz trainieren durch Neuromethoden: Transkranielle Stimulation?

- TDCS: Stimulierung des Gehirns mit geringem Gleichstrom (0.5-2mA)
- Depolarisation der Nervenzellkörper unter Anode
- Hyperpolarisation unter Kathode
- Erhöhung oder Verminderung der kortikalen Erregbarkeit
- TACS: Induktion zB von Theta-Rhythmen (4-7 Hz)->AG
- **Effekte allenfalls sehr klein: 3 – 4 IQ-Punkte**
- Matthäus- oder Kompensationseffekte? (Jausovec & Pahor, 2017)



3) Pharmakologische kognitive Enhancer

- **Methylphenidat (Ritalin)**
- **Modafinil (Vigil & Provigil)**
- **gemischte Amphetaminsalze (Adderall)**
 - Bestehen hauptsächlich aus D-Amphetamin

NA und/oder Dopamin
Behandlung von
ADHS / Narkolepsie

(Husain & Mehta, 2011; Jausovec & Pahor, 2017)

Meta-Analyse (Roberts et al., 2020): 47 Studien

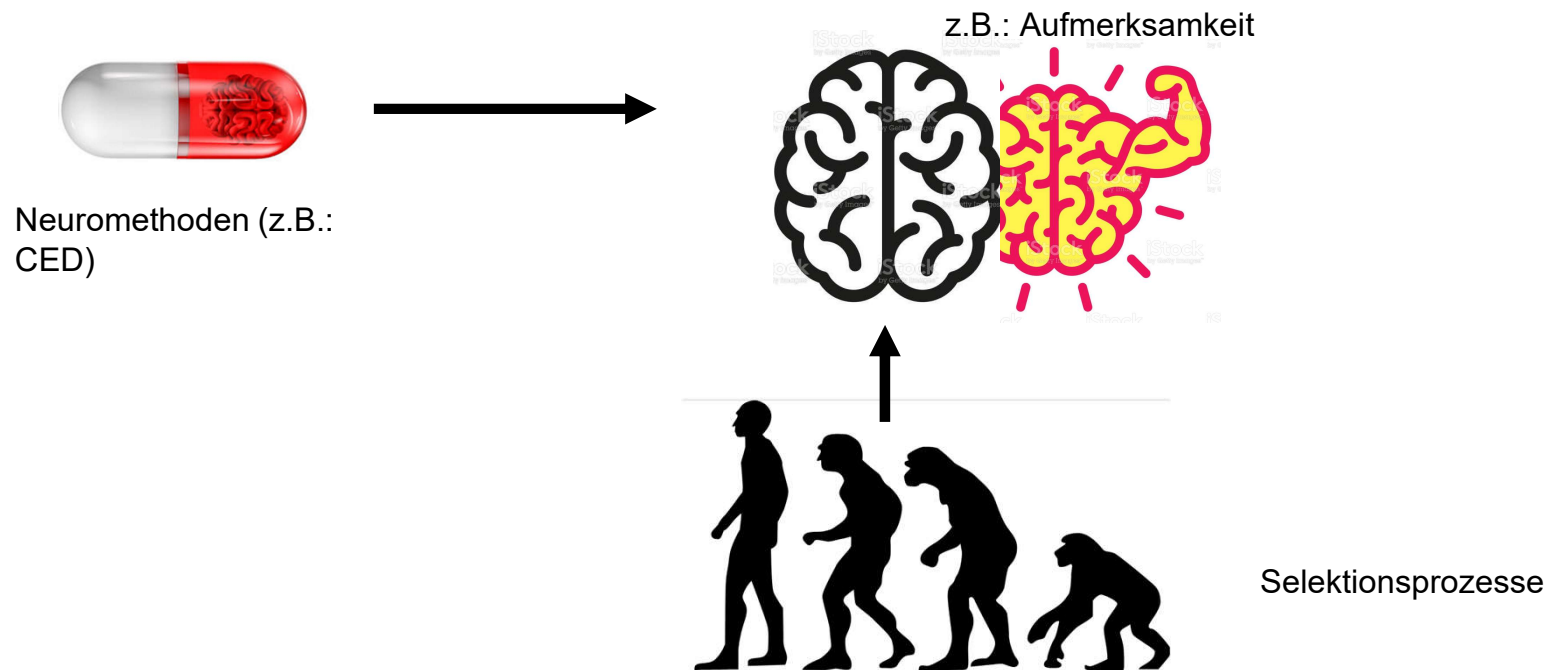
Auswirkungen v. Modafinil, Methylphenidat, D-Amphetamin auf:

- Exekutive Funktionen: Aktualisierung, Switching, Inhibitionskontrolle,
- Zugriff auf das semantische /Langzeitgedächtnis
- räumliches Arbeitsgedächtnis
- Abruf
- selektive Aufmerksamkeit
- anhaltende Aufmerksamkeit

EFFEKTE: 3-4 IQ-Punkte (Modafinil, Methylphenidat); 0 IQ-Punkte f. Amphetaminsalze

Evolutionäre Grenzen

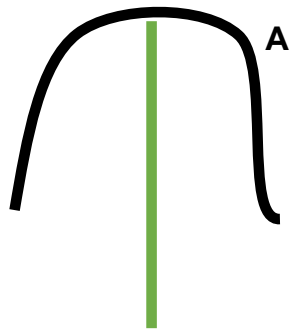
Warum haben sich jene kognitiven Kapazitäten im Rahmen der Evolution noch nicht weiterentwickelt, welche durch Neuromethoden verbessert werden (können/ sollen) ?



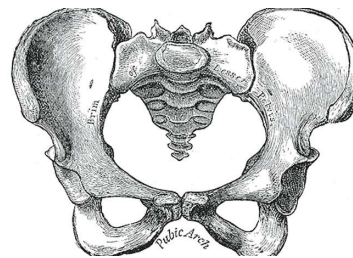
Evolutionäre ‚Trade-offs‘

Wieso hat die Evolution nicht dafür gesorgt, dass analog zum Kopf des Babys, auch das weibliche Becken größer wird?

Trade-offs innerhalb von Domänen

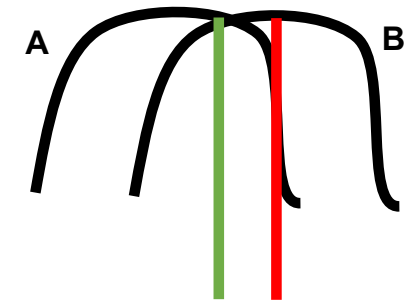


Bipedie



Hills & Hertwig, 2011

Trade-offs zwischen Domänen



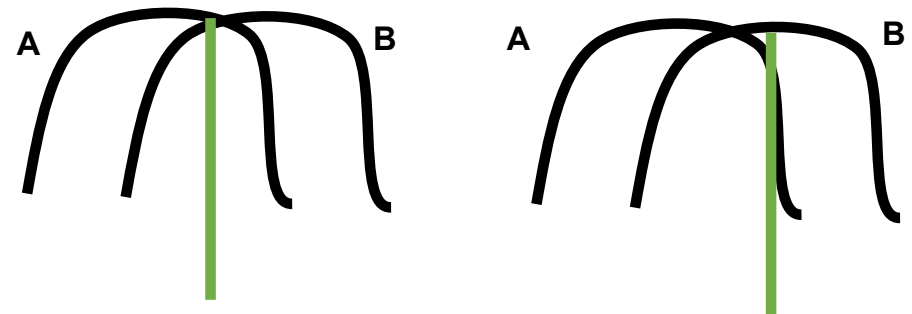
Bipedie vs. Encephalization

Evolutionäre ‚Trade-offs‘

... zwischen Domänen

kognitive „Nebenwirkungen“

a) z.B. LZG vs. AG



b) Zwischen Fähigkeiten des AG:
Flexibilität vs. kog. Ausdauer

Implikationen von (wissens-unabhängigen) Intelligenz-Enhancements

Offene Fragen / Kritik:

- Unterschiedlicher Zugang zu Enhancement-Methoden (SES, Bildungsgrad)
- Wer profitiert (mehr): Die *pre-treatment* Intelligenteren oder die weniger Intelligenen -> Abhängigkeit von individuellen Faktoren (Matthäus- oder Kompensationseffekt)
- Wer möchte sich enhance? Abhängig von Persönlichkeit, von Werten ((Grinschgl et al., 2022; Schönthaler et al. 2022);
z.B. Wechselwirkungen mit Persönlichkeit: Z.B. Hochängstliche verweigern Enhancement --> negative Intelligenz * Ängstlichkeit-Korrelation?
- Makroökonomie: Was passiert, wenn alle (in einer Volkswirtschaft) hochbegabt: IQ>130?
- Auswirkungen auf Volkswirtschaften, Welt-Ökonomie,
- Werden wir rationaler, cf. Verschwörungstheorien (nein: Stanovich, 2009)
- Verlust der evolutionär begründeten Variation von Eigenschaften?
- Entwertung der Eigenschaft?



5. Wann werden die Maschinen intelligenter sein als wir Menschen?

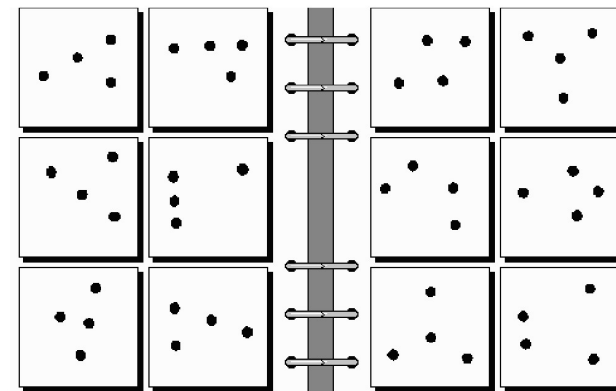
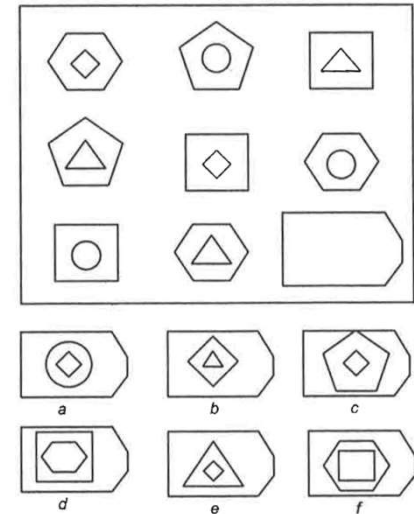
ODER

Ist im kommenden KI-Zeitalter die menschliche Intelligenz bald obsolet?

Künstliche Intelligenz vs. Menschliche Intelligenz

- Wenig über Gemeinsamkeiten und Unterschiede veröffentlicht
- Benötigt KI die psychologische Definition von Intelligenz?
 - Soll KI menschliche Intelligenz durch Wissen aus Psychologie und Neurowissenschaften simulieren?
- Bereiche, in denen KI menschliche Intelligenz übertrifft (Verarbeitungsgeschwindigkeit bei stark formalisierten Aufgaben; zB Zahlenreihen, Matrizentests)
- Bereiche, in denen KI scheitert:
 - Wechsler-Subtest für „Allgemeines Verständnis („Was würden Sie tun, wenn Sie im Theater als Erster Feuer oder Rauch bemerken“)
 - -Insight-Problems (z.B. Bongard-Figuren)

(Van der Maas et al., 2021; Neubauer, 2022)



KI – Künstliche Intelligenz

- Schwache bzw. enge KI → vorher erlernte Denk- oder Problemlöseaufgaben (Schach spielen, Sprache übersetzen, ChatGPT?)
- Starke (allgemeine, vollständige) KI → logisches Denken, Planung, Verarbeitung
- Langfristiges Ziel: „Hypothetische Intelligenz eines Computerprogramms, das in der Lage ist, jede intellektuelle Aufgabe zu verstehen oder zu erlernen, die ein Mensch lösen kann“
- „... eine Maschine, die zum Generalisieren fähig ist, also eine, die gespeichertes Weltwissen zum Lösen von gänzlich neuen Problem heranziehen kann die die erfolgreiche Problemlösung auch erklären kann

(f. Referenzen siehe Neubauer, 2022, Festschrift)



Linda Gottfredson

- “Intelligence is a very general mental capability that, among other things, involves the ability to reason, plan, solve problems, think abstractly, comprehend complex ideas, learn quickly and learn from experience. It is not merely book learning, a narrow academic skill, or test-taking smarts. Rather, it reflects **a broader and deeper capability for comprehending our surroundings — ‘catching on,’ ‘making sense’ of things, or ‘figuring out’ what to do...**”

Implikationen für Schule & Lernen - Grundfragen

- Wird allgemeines Wissen bzw. kristalline Intelligenz und werden klassische Fertigkeiten in Zeiten immer mächtigerer KI-Systeme obsolet?
- Wird ‚fluide Intelligenz‘ (generelle Abstraktionsfähigkeit) an Bedeutung gewinnen?
- Was kann Schule dabei leisten?
- Welche Berufe werden durch KI obsolet werden, welche werden ‚boomen‘?

KI als ‚Jobkiller‘?

- Schätzungen 9 bis ca. 50% der Berufe werden obsolet durch KI & Robotik
- Frey & Osborne (2017): Ausbildungsniveau & Einkommen/Gehalt in stark negativem Zusammenhang zur Automatisierbarkeit von Berufen
- Beides ist positiv korreliert mit Intelligenz (Strenze, 2007)
- -> Zunahme der Bedeutung kognitiver Intelligenz ...
....welche in den Erwerb komplexen Wissens investiert werden muss (Stern, 2015)

Drei zentrale Aufgaben für die Schule der Zukunft

- Erwerb intelligenten Wissens bzw. Förderung der generalisierbaren Fähigkeit zum schlussfolgenden Denken, zum Planen, Problemlösen, abstrakten Denken; (Erwerb von Konzepten der Mathematik, formales Denken, Induktion, Deduktion)
- Förderung des kreativen Potentials; Fähigkeit zur ‚Einsicht‘, divergentes Denken, intellektuelle Offenheit & Neugierde (motivationaler Aspekt)
- Förderung sozialer & emotionaler Kompetenzen (‚Emotionale Intelligenz‘);
 - > auch auf lange Sicht nicht durch KI ersetzbar

**Danke für die
Aufmerksamkeit !**

Institut für Psychologie
Differentielle Psychologie
Universität Graz

E-mail: aljoscha.neubauer@uni-graz.at

<https://psychologie.uni-graz.at/dips/>

