

## Entropiereduktion im Denken in China

Diese wissenschaftliche Mitteilung betrifft die Entropiereduktion im Denken in China.

Die Messung geistiger Leistungen ist nach wie vor ein ungelöstes Problem. In der Plenarsitzung im Dezember 2016 hatten wir ( Krause, 2017a ) einen möglichen Ansatz zur Ordnungsbildung im Denken und damit zur Quantifizierung geistiger Leistungen vorgestellt. Das Fazit: Mathematisch Hochbegabte weisen eine signifikant höhere Entropiereduktion im Denken auf als Normalbegabte. Dies gilt für die ersten 10 Sekunden beim Lösen eines mathematischen Problems. In Abbildung 1 ist der von Seidel (2004) gemessene Befund für die Stichprobe der Deutschen Probanden angegeben. Auf die Methodik wird hier nicht näher eingegangen. Auf einer Skala von 0 bis 2,59 beträgt hier die Entropiereduktion für Hochbegabte 1,21 und für Normalbegabte 0,90. **Die Unterschiede sind signifikant.**

Zur Erinnerung: Während des Denkprozesses wird das EEG registriert. Daraus werden die Mikrozustände bestimmt: zeitlich konstante Aktivationsmuster. Die bedingten Wahrscheinlichkeiten in den Mikrozustandssequenzen sind die Grundlage der Berechnung der Entropiereduktion nach Shannon. Die höhere Ordnungsbildung Hochbegabter gegenüber Normalbegabten ist interpretierbar als: „Hochbegabte wissen, worauf es ankommt“ ( Klix, 1992 ).

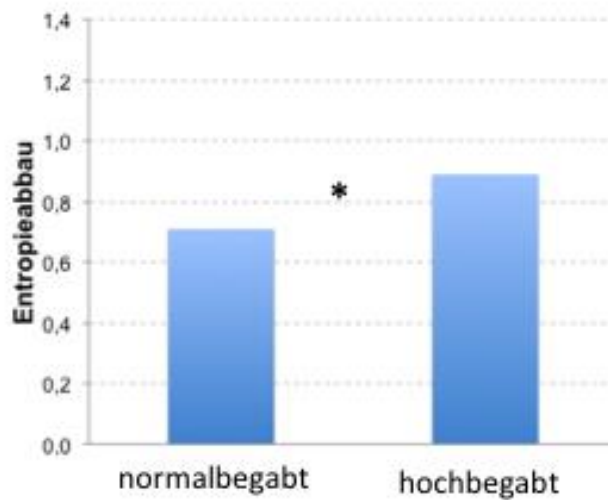
Dieser Ansatz zur Entropiereduktion im Denken könnte zur Objektivierung der Messung geistiger Leistungen beitragen, jedoch fehlte bisher eine von unseren Messungen unabhängige Wiederholung.

In China ist von Li Zhang (2017) die Messung der Entropiereduktion im Denken bei mathematisch Hoch – und Normalbegabten wiederholt worden. Sie betrachtet die ersten 9 Sekunden beim Lösen der Aufgabe.

Li Zhang findet bei ihren chinesischen Versuchspersonen eine signifikant höhere Entropiereduktion mathematisch Hochbegabter im Vergleich zu Normalbegabten. Auf einer Skala von 0 bis 2,59 beträgt hier die Entropiereduktion für Hochbegabte 0,89 und für Normalbegabte 0,71. Die Ergebnisse sind in Abbildung 1 dargestellt. **Die Unterschiede sind signifikant.**

## Entropieabbau im Denken

Chinesen



Deutsche

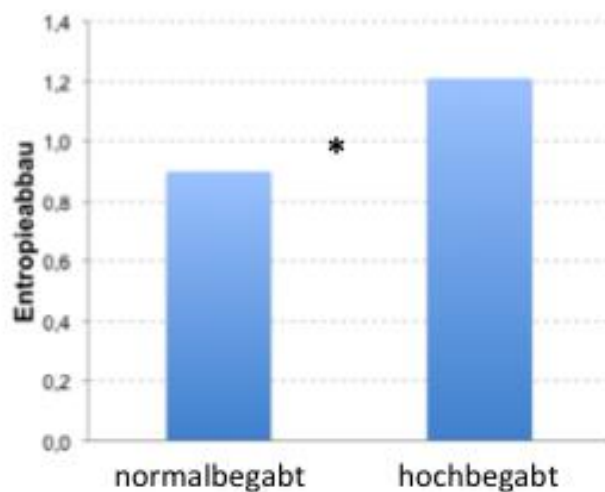


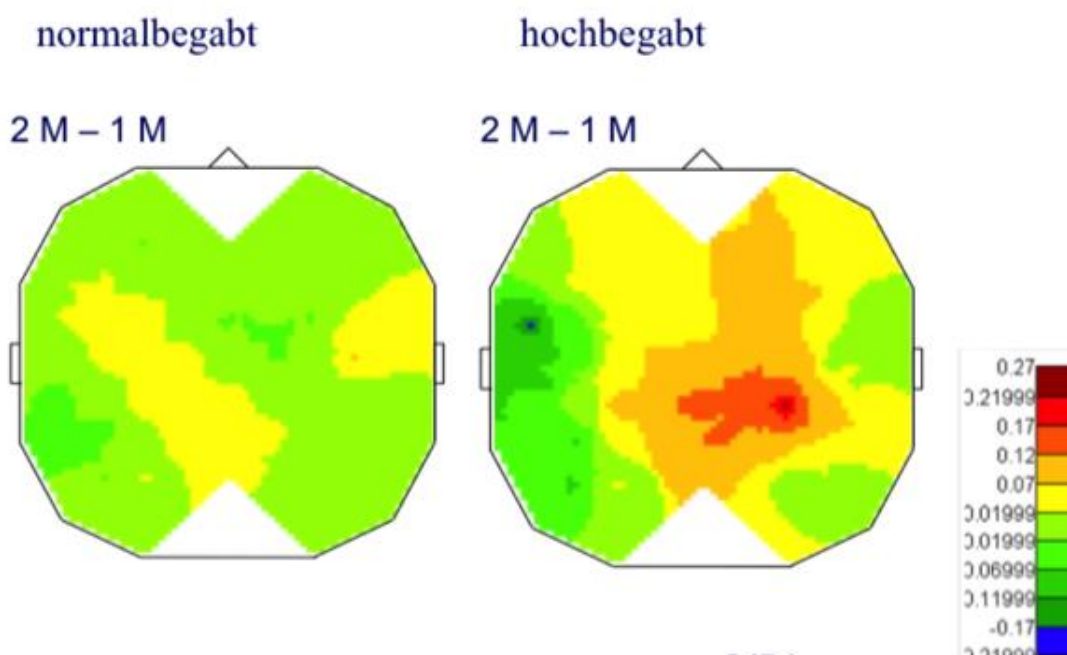
Abb. 1: Entropieabbau im Denken bei Chinesen und Deutschen (\* = sign.).

**Damit werden unsere Befunde zur Entropiereduktion im Denken bestätigt.**

Noch ungeklärt ist die von Li Zhang gefundene hohe Entropiereduktion im Ruhezustand. Der Ruhezustand wird in der Literatur kontrovers diskutiert. Wir selbst haben dazu keine Messung vorgenommen. Hier bedarf es noch weiterer Aufklärung sowohl bezüglich des internen Prozesses im Ruhezustand als auch bezüglich der von Li Zhang angegebenen Messwerte.

Eine Bestätigung findet sich auch für die Multimodalitätshypothese (Li Zhang, 2016a) :  
 Zunächst: die Multimodalitätshypothese besagt, dass mehrere – im allgemeinen zwei –  
 Modalitäten beim Lösen eines Problems oder bei einer beliebigen  
 Anforderungsbewältigung repräsentiert sein können. Auf der externen  
 Repräsentationsebene denke man etwa an Kreis und Kreisgleichung oder an Bild und  
 Wort. Beim Behalten führt die interne Doppelrepräsentation bildhaft-anschauliche  
 Vorstellung / Begriff zu einer besseren Behaltensleistung. Beim Lösen etwa  
 geometrischer Probleme kann zwischen den Modalitäten in Abhängigkeit vom  
 kognitiven Aufwand gewechselt werden: Es wird z.B. diejenige Modalität zum Lösen  
 eines Problems gewählt, die den geringeren kognitiven Aufwand verspricht.  
 Die Multimodalitätshypothese wird in der Hochbegabungsforschung intensiv diskutiert.  
 Hinweise für die wahrscheinliche Berechtigung dieser Annahme kommen von den  
 bildgebenden Verfahren. Hier ein Beispiel aus unseren Untersuchungen ( Seidel, 2004;  
 Schack, 1997, 1999; Heinrich, 1997, Krause, 2017b) . Mathematisch Hochbegabte zeigen  
 eine höhere Aktivierung rechts temporo parietal gegenüber Normalbegabten innerhalb  
 der ersten Sekunde beim Lösen eines Problems.

## Deutsche



Seidel (2004), Schack (1997), Heinrich (1997), Krause (1991, 2017b).

Abb. 2: Gemittelte Differenzkohärenzmaps beim Lösen mathematischer Anforderungen („zwei Modalitätsstrategien (2M ) minus eine Modalitätsstrategie (1M)“) für Normal – und Hochbegabte. Die Kohärenzdifferenz von 0,27 über dem Elektrodenpaar C4P4 ( der rote Fleck centroparietal rechts) ist signifikant ( $p < 0,001$ , Bonferronikorrektur). Die Skala der Kohärenzwerte: von +0,30 (dunkelrot) bis -0,30 (dunkelblau). (Abbildung aus Krause, Seidel und Heinrich, 2003; mit freundlicher Genehmigung des Erhard Friedrich Verlages, Seelze.) Jede der 14 normal- und hochbegabten Versuchspersonen wurde einzeln ausgewertet und im Hinblick auf die Differenz zwischen der Menge der beiden Anforderungen auf Signifikanz geprüft. Bei 12 von 14 Hochbegabten fand sich ein signifikanter Unterschied über dem Elektrodenpaar C4P4. Über diese 12 Hochbegabten erfolgte die Mittelung der Maps. Bei den Normalbegabten fand sich kein signifikanter Unterschied (Krause, 2017b).

Die Schlussfolgerung von dieser Aktivierung auf die interne Repräsentation beruht auf Ähnlichkeiten bzw. Analogien zwischen Topologien und Anforderungen. Naturgemäß sind solche Ähnlichkeitsbeziehungen mit Fehlern behaftet. Interpretationen waren häufig spekulativ.

Li Zhang hat eine neue Stützung der Multimodalitätshypothese vorgelegt, die auf Einbeziehung der Mikrozustandssequenzen beruht und damit den Gedanken der Ordnungsbildung im Denken mit berücksichtigt.

Li Zhang gibt 4 Mikrozustände A , B, C und D an, deren Sequenz den Lösungsprozess beim logischen Schließen (hier Syllogismen) abbilden.

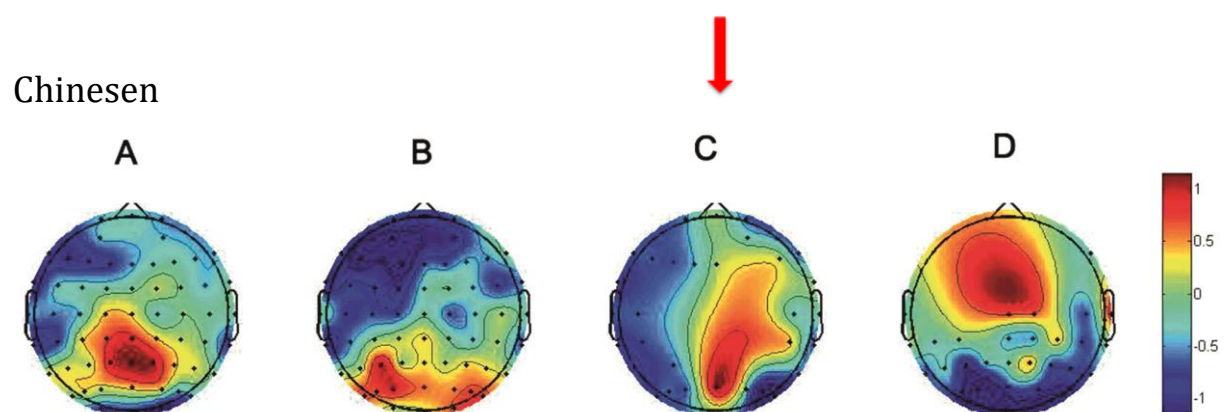


Abb. 3: Die Befunde von Li Zhang et al (2016): signifikante Mikrozustandsdifferenzen zwischen mathematisch Hoch – und Normalbegabten. Mikrozustand C weist Aktivationsmuster auf, wie sie von mathematisch Hochbegabten aus der Multimodalitätshypothese bekannt sind: Hochbegabte haben Lösungsstrategien für beide Modalitäten (rechnerisch und bildhaft-anschaulich) verfügbar. Dieser Mikrozustand tritt bei mathematisch Hochbegabten signifikant häufiger auf (vgl. Abb. 4)..

Der Mikrozustand C weist rechts temporo parietal eine erhöhte Aktivierung gegenüber Normalbegabten auf. Im Sinne des Bisherigen würde das als ein Hinweis aufgefasst werden, Hochbegabte aktivieren bildhaft-anschauliche Vorstellungen bevorzugt gegenüber Normalbegabten. Diese Interpretation ist aber zunächst genau so spekulativ wie die oben angestellte.

Durch Messung der Mikrozustandssequenzen ist es nun möglich, Dauer und Auftrittshäufigkeit der Mikrozustände in die Argumentation mit einzubeziehen. Li Zhang zeigt, dass sich die Mikrozustände in ihrer Dauer zwischen Hoch- und Normalbegabten so gut wie nicht unterscheiden, wohl aber in ihrer Auftrittshäufigkeit. Jener **Mikrozustand C**, der topologisch für eine bildhaft-anschauliche Repräsentation spricht, tritt in den Mikrozustandssequenzen Hochbegabter **signifikant häufiger** auf als in denen Normalbegabter. Dieser von Li Zhang angegebene Befund stellt ein neues Argument für die Multimodalitätshypothese dar.



## Chinesen

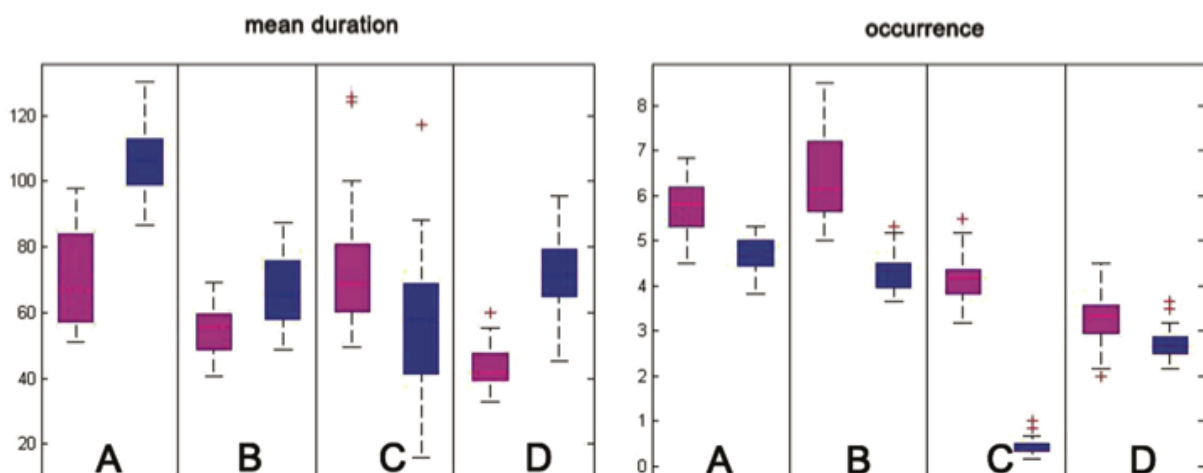


Abb. 4: Aus Li Zhang et al (2016): Mittlere Dauer und Häufigkeit des Auftretens der Mikrozustände A,B,C und D bei mathematisch Hochbegabten (rot) und mathematisch Normalbegabten (blau).

Dass die Dauer der Mikrozustände gegenüber persönlichen Leistungsunterschieden weniger sensibel ist, hat möglicherweise etwas mit dem Gedanken der Taktung (Geissler, 1994) zu tun und unterstreicht das Modulare (Klix, 1992) in der menschlichen

Informationsverarbeitung. Die differentielle Sensibilität liegt vielleicht stärker in der Kombinatorik. Aber das ist natürlich Spekulation.

#### Literatur:

- Geissler, Hans-Georg (1994): Über Möglichkeiten zeitlich-diskreter Strukturierung in Wahrnehmung und Gedächtnis: Betrachtungen in Sachen "Zeitquanten". In: Dörner, Dietrich; van der Meer, Elke (Hg.): Das Gedächtnis. Göttingen: Hogrefe, S. 19-52.
- Heinrich, F. (1997). Diskussionsmaterial zur Untersuchung der Doppelrepräsentationshypothese und einige Bemerkungen aus mathematikdidaktischer Sicht. (unveröffentlicht).
- Krause, W. (1991). Ordnungsbildung im Denken und kognitiver Aufwand. *Zeitschrift für Psychologie (Suppl.)*, 11, 404-421.
- Krause, W. (2017a). Entropiereduktion im Denken. *Leibniz Online*, 25, 1 - 16. <https://leibnizsozietaet.de/wp-content/uploads/2017/01/WKrause-1.pdf>
- Krause, W. (2017b). Processing of Information in Microstates. *Leibniz-Online*, 25, 1 - 26. <https://leibnizsozietaet.de/wp-content/uploads/2017/01/WKrause-2.pdf>
- Schack, B. (1997). Adaptive Verfahren zur Spektralanalyse Instationärer Mehrdimensionaler Biologischer Signale. Habilitationsschrift, Technische Universität Ilmenau.
- Schack, B. (1999). Dynamic Topographic Spectral Analysis of Cognitive Processes. In Ch. Uhl (Ed.), *Analysis of Neurophysiological Brain Functioning*. Berlin, Heidelberg, New York
- Seidel, G. (2004). *Ordnung und Multimodalität im Denken mathematisch Hochbegabter: sequentielle und topologische Eigenschaften kognitiver Mikrozustände*. Berlin: WVB.
- Zhang, Li., Cao, M. & Shi, B. (2016a). Identifying Gifted Thinking Activities Through EEG Microstate Topology Analysis. In A. Hirose et al. (Eds.): *ICONIP 2016, Part I, LNCS 9947*, pp. 123–130. : Springer.
- Zhang, L., Gan, J.Q., Wang, H. (2016b): Neurocognitive mechanisms of mathematical giftedness: a literature review. *Appl. Neuropsychol. Child.* 1–16
- Zhang, L. (2017). Mitteilung per email am 08.08.2017

Email-adressen:

[urwe.krause@t-online.de](mailto:urwe.krause@t-online.de)

[li\\_zhang@bbmc.edu.cn](mailto:li_zhang@bbmc.edu.cn)