

Analoges Schlussfolgern und digitale Medien: Warum Europa beim PISA-Vergleich zurückfällt

Autor: Hans Bertram

Status: Erweiterte und überarbeitete Fassung

Datum: Mai 2026

1. Der empirische Befund: Europa fällt zurück

Die Ergebnisse der PISA-Studien der OECD zeigen seit dem Jahr 2012 eine bemerkenswerte und anhaltende Divergenz: Während ostasiatische Bildungssysteme ihre Spitzenpositionen halten oder kontinuierlich ausbauen, verzeichnen die meisten europäischen Länder signifikante Leistungsrückgänge. Diese Abwärtstrends sind besonders ausgeprägt in der mathematischen Kernkompetenz sowie in der Lesekompetenz¹.

Tabelle 1: Entwicklung der PISA-Mathematikkompetenzen im internationalen Vergleich (2012–2022)

Land / Region	Kompetenz 2012	Kompetenz 2022	Veränderung	Region
Singapur	573	575	+2	Asien
Japan	536	536	0	Asien
Korea	554	527	-27	Asien
Vietnam	511	k.A.*	—	Asien
Finnland	519	484	-35	Europa
Deutschland	514	475	-39	Europa
Frankreich	495	474	-21	Europa
Schweden	478	462	-16	Europa
OECD-Schnitt	494	472	-22	—

¹OECD (2013). PISA 2012 Results: What Students Know and Can Do – Student Performance in Mathematics, Reading and Science (Volume I). OECD Publishing.

** Hinweis: Vietnam nahm an der PISA-Erhebung 2022 nicht teil; der Vergleichswert basiert auf der Erhebung von 2015 (495 Punkte). Quellen: OECD PISA-Datenbank 2012, 2022.*

Besonders markant und besorgniserregend ist der deutsche Befund. Die PISA-Ergebnisse des Jahres 2022 markieren die schlechtesten Werte, die in der Bundesrepublik seit dem Start der Erhebungen je gemessen wurden – und dies in allen drei Kompetenzbereichen gleichzeitig². Frankreich, Schweden und weitere westeuropäische Staaten spiegeln diesen negativen Trend. Demgegenüber verbesserte sich Japan im Zeitraum zwischen 2018 und 2022, Singapur hält konstant die weltweite Spitze, und Vietnam erzielte bereits in den Jahren 2012 und 2015 Resultate, die weit über dem OECD-Durchschnitt lagen.

Diese Divergenz bedarf einer tiefgreifenden Erklärung, die über rein finanzielle Ressourcenunterschiede oder die formale Lehrerausbildung hinausgeht. Im Folgenden wird die kognitionswissenschaftliche These entwickelt, dass der grundlegend unterschiedliche Umgang mit digitalen Medien in der schulischen Bildung – und die damit verbundene Frage, welche kognitiven Strukturen trainiert oder vernachlässigt werden – die zentrale Rolle spielt.

2. Die digitale Wende in europäischen Schulen: Infrastruktur-Illusion und Zustand des Konsums

Seit Beginn der 2010er Jahre haben europäische Bildungssysteme massiv in digitale Infrastruktur investiert. Dieser Prozess wurde durch die COVID-19-Pandemie in den Jahren 2020 bis 2022 erheblich beschleunigt, als der Fernunterricht die Digitalisierung zunächst als Notlösung etablierte und anschließend als Normalzustand manifestierte. Bei einer kognitionspsychologischen Analyse zeigt sich jedoch ein fundamentales Versagen: Europa hat keine pädagogisch gesteuerte Digitalisierung geliefert, sondern befindet sich flächendeckend in einem **Zustand des passiven Konsums**.

Anstatt ein staatlich geschütztes, logisch forderndes digitales Ökosystem aufzubauen, wurde der unregulierte, private Medienkonsum aus den Kinderzimmern

²OECD (2023). PISA 2022 Results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education. OECD Publishing.

direkt in die Klassenzimmer verlagert. Dies manifestiert sich in drei strukturellen Defiziten:

- **Der passive Konsument:** Die typische Nutzungsform digitaler Geräte im europäischen Unterricht ist rein reaktiv und oberflächlich. Kinder wischen (*swipen*), tippen und navigieren sprunghaft zwischen Inhalten. Eine App führt zur nächsten, ein Bild folgt auf das andere, ein kurzes Video wird durch das nächste ersetzt. Die Interaktion ist rein assoziativ: Der Nutzer stellt lediglich flüchtige Verbindungen zwischen Elementen her, die ihm visuell präsentiert werden. Was dabei kausal verhindert wird, ist das eigenständige, schrittweise Konstruieren einer logischen Gedankenkette über mehrere Inferenzschritte hinweg.
- **Das BYOD-Chaos (*Bring Your Own Device*):** Aus Mangel an einer flächendeckenden, standardisierten und staatlich gesicherten Hardware-Lieferung greifen viele europäische Schulen auf die Notlösung zurück, dass Schüler ihre privaten Endgeräte mitbringen. Dadurch kapitulieren die Schulen vor der kommerziellen Ablenkungsökonomie. Im Hintergrund des Unterrichts laufen permanent dieselben manipulativen Social-Media-Algorithmen, Spiele und Benachrichtigungen, die das Kind bereits im privaten Raum kognitiv fragmentieren.
- **Strukturelle Fragmentierung:** Das Springen zwischen Relationen ist kein Nebeneffekt, sondern das explizite Grundprinzip moderner Benutzeroberflächen. Social Media, kommerzielle Lern-Apps und selbst viele Bildungssoftware-Produkte sind neurobiologisch darauf ausgelegt, die Aufmerksamkeit durch schnelle, visuelle Wechsel und Belohnungsreize (*Gamification*) zu binden. Dies hat gravierende Konsequenzen für die kognitive Entwicklung.

3. Relationales versus analoges Schlussfolgern: Kognitiver Shift und Neurobiologie

In der kognitiven Psychologie lassen sich zwei grundlegend verschiedene Formen des Schlussfolgerns unterscheiden, die für das Verständnis des PISA-Absturzes zentral sind:

Relationales Denken

Relationales Denken bezeichnet das Erkennen und Verknüpfen von Beziehungen zwischen gegebenen Elementen. Es ist assoziativ, netzwerkartig, sprunghaft und kontextsensitiv. Es stellt die Frage: *Was gehört zusammen? Welche Elemente sind ähnlich, verwandt oder verbunden?* Dieses Denken ist die spezifische Stärke moderner Systeme der Künstlichen Intelligenz (KI), wie großen Sprachmodellen (LLMs). Diese operieren ausschließlich auf statistischen Relationen und Mustern in riesigen Datenmengen.

Analoges Schlussfolgern

Analoges Schlussfolgern hingegen bezeichnet das schrittweise, logische Ableiten von Schlussfolgerungen entlang einer geordneten Kausalkette. Es stellt die Frage: *Was folgt zwingend woraus? Welche logische Regel gilt invariant, unabhängig von der äußeren Erscheinungsform?* Dieses Denken ist streng sequenziell, unnachgiebig und in seiner Konstruktionslogik irreversibel. Es erfordert das geduldige Durcharbeiten von Schritt zu Schritt – ohne die Möglichkeit, einen Zwischenschritt zu überspringen, da andernfalls das Gesamtergebnis sofort verfälscht wird.

Ein einfaches Beispiel verdeutlicht die Struktur: Wenn $A > B$ und $B > C$, dann folgt zwingend $A > C$. Diese Transitiv-Schlussfolgerung duldet keinen Sprung – sie muss vollständig konstruiert werden.

Neurobiologische Konsequenzen (Cognitive Load Theory)

Bildschirmarbeit in ihrer typischen, westeuropäischen Nutzungsform trainiert fast ausschließlich das relational-assoziative Denken und vernachlässigt das analoge. Die moderne Kognitionswissenschaft untermauert dies durch die *Cognitive Load Theory* (kognitive Belastungstheorie)³. Das permanente visuelle Task-Switching (Suchen, Klicken, App-Wechsel) führt zu einer akuten Überlastung des Arbeitsgedächtnisses.

Dem kindlichen Gehirn fehlen dadurch die synaptischen Kapazitäten, um Informationen tiefenstrukturell zu verarbeiten und im Langzeitgedächtnis zu verankern. Wer nur vom Bild zum Bild springt, lernt oberflächliche Relationen. Wer

³Sweller, J. (2011). Cognitive Load Theory. In: Mestre, J. (Eds.): The Psychology of Learning and Motivation, Vol. 55, Academic Press, pp. 37–76.

hingegen einen Turm baut, ein Schriftzeichen manuell schreibt oder ein Computerprogramm debuggt, muss eine vollständige, fehlerfreie Konstruktionsleistung erbringen – und lernt analoges Schlussfolgern.

4. Entwicklungspsychologische Begriffsbildung: Die Modernisierung Piagets

Jean Piagets Entwicklungspsychologie liefert den theoretischen Rahmen, um die Konsequenzen dieser Vernachlässigung zu verstehen. In seinem klassischen Modell beschreibt Piaget die Phase zwischen dem 4. und 11. Lebensjahr als die entscheidende Periode der kognitiven Begriffsbildung: Kinder entwickeln in dieser Zeit die elementare Fähigkeit zur Konservierung (Menge bleibt gleich, auch wenn sich die Form ändert), zur Klasseninklusion (Verständnis von Über- und Untermengen) und zum transitiven Schließen (Wenn $A > B$ und $B > C$, dann folgt zwingend $A > C$)⁴.

Die moderne Kritik am Stufenmodell

Die heutige Entwicklungspsychologie hat Piagets starre, chronologische Altersstufen – ähnlich wie die Stufentheorie von Lawrence Kohlberg in den 1980er Jahren – als empirisch zu unflexibel erkannt. Begriffsbildung verläuft nicht als automatischer, biologischer Reifungsprozess. Sie ist vielmehr ein dynamisches, plastisches Netzwerk, das massiv von der Umwelt und den aktiv genutzten Kulturtechniken geprägt wird.

Die Displacement-Hypothese und die Theory of Mind

Die aktuelle psychologische Forschung untersucht diese Themen heute intensiver denn je, fokussiert sich jedoch auf zwei erweiterte, empirisch messbare Phänomene:

1. **Die Verdrängung (Displacement-Hypothese):** Der kognitive Schaden digitaler Medien entsteht primär dadurch, dass sie die aktive, körperliche Auseinandersetzung mit der widerständigen Realität verdrängen⁵. Piaget beschreibt die Begriffsbildung als operativ: Ein Begriff ist kein passives

⁴Piaget, J. (1952). The origins of intelligence in children. International Universities Press.

Abspeichern von Merkmalen, sondern eine verinnerlichte, körperliche Handlung, die reversibel angewendet werden kann (z. B. das Verständnis von Volumen durch das physische Umschütten von Wasser). Bildschirme in ihrer reinen Konsumform bieten diese operative, dreidimensionale Erfahrung nicht.

2. **Der Verlust der sozialen Kognition (Theory of Mind):** Wer in der kritischen Entwicklungsphase keine vollständigen Begriffe für kausale Handlungsfolgen im realen Raum bildet, dem fehlt das kognitive Werkzeug, um die Handlungslogik anderer Menschen psychologisch zu rekonstruieren. Aktuelle Längsschnittstudien zeigen, dass exzessiver, passiver Medienkonsum die *Theory of Mind* (ToM) bei Kindern messbar schwächt⁶. Dies hat unmittelbare Defizite in der sozialen Kompetenz, der Empathie und dem moralischen Urteilen zur Folge.

5. Zwei Gegenmodelle: Das kognitive Schutzschild in Ostasien

Ein detaillierter Blick auf die ostasiatischen Lehrpläne verdeutlicht das zentrale Argument: Länder wie Japan und Vietnam, die das analoge, sequenzielle Denken zum unumstößlichen Kern ihres Curriculums machen, bauen bei ihren Schülern ein **kognitives Schutzschild** auf. Diese Schüler können in der Folge kompetent und schadlos mit digitalen Bildschirmen umgehen, weil ihre Gehirne bereits vorab auf logische Kausalketten konditioniert wurden.

Japan: Graphomotorische Sequenzierung als neuronales Fundament

Japan digitalisiert Schulen im Rahmen des nationalen *GIGA-School-Programms* entschlossen⁷. Doch diese digitalen Werkzeuge treffen auf ein unnachgiebiges analoges Fundament, das tief in die neuronale Architektur der Kinder eingreift:

⁶Twenge, J. M. & Campbell, W. K. (2019). Media Use Is Linked to Lower Psychological Well-Being: Evidence from Three Datasets. *Psychiatric Quarterly*, 90, 311–331.

⁷Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology Japan – MEXT (2020). *GIGA School Program Policy Paper*. Tokyo.

- **Die Strichreihenfolge-Logik (Stroke Order):** Das tägliche, intensive Schreiben von Kanji-Zeichen in der Grundschule ist kein grafisches Abmalen, sondern streng getaktete Gehirnakrobatik. Jedes komplexe Zeichen unterliegt einer unumstößlichen, mathematisch-räumlichen Sequenzierungsregel. Ein einziger falscher Zwischenstrich oder eine falsche Richtung zerstört die strukturelle Integrität des Zeichens.
- **Neuronale Transformation:** Neurobiologische Studien belegen, dass das präzise Schreiben logografischer Zeichen spezifische Areale im Gehirn – insbesondere den *linken mittleren Frontalwindungskomplex (left middle frontal gyrus)* – massiv aktiviert⁸. Diese Region ist direkt für das visuell-orthografische Arbeitsgedächtnis und die exekutive Kontrolle zuständig. Das Kind verinnerlicht über die eigene Hand eine räumlich-logische Invarianz. Das Gehirn wird im analogen Denken physikalisch verdrahtet.
- **Informatik ohne Wisch-Assoziation:** Seit 2020 ist Programmieren in Japan ab der Grundschule Pflicht. Der Fokus liegt hierbei explizit nicht auf dem spielerischen Konsum vorgefertigter Oberflächen, sondern auf der strikten Konstruktion von Algorithmen. Fehler in einer Sequenz machen das gesamte Programm augenblicklich ungültig. Dieses binäre, unnachgiebige Feedback duldet kein assoziatives Überspringen von Schritten.

Vietnam: Curriculare Entschleunigung und MINT-Disziplin

Vietnam beweist empirisch, dass ein weltweites Spitzenniveau in der Bildung nicht von reichen finanziellen Ressourcen abhängt, sondern von einer klaren sequenziellen Priorisierung im Curriculum⁹:

- **Der erzwungene analoge Übergang:** Die Handschrift ist in Vietnam bis mindestens zur Klasse 3 ein eigenständiges Hauptfach im offiziellen Lehrplan, nicht bloß ein Nebenprodukt des Sprachunterrichts. Der Übergang von

⁸Uchida, A. et al. (2023). The unique contribution of handwriting accuracy to literacy skills in Japanese adolescents. PLOS ONE, 18(4), e0284358.

⁹OECD Education GPS (2024). Policy Profile: Vietnam – Student Performance and Equity. OECD GPS Standard Database.

Bleistift zu Füller wird bewusst verlangsamt. Das Kind muss lernen, Druck, Tintenfluss und räumliche Aufteilung vorausschauend zu koordinieren. Dies trainiert die motorisch-kognitive Selbstregulation, bevor ein digitales Gerät diese Leistung abnimmt.

- **STEM-Logik:** Die umfassende Bildungsreform von 2018 verzahnt landesweite MINT-Aufgaben direkt mit projektbasierten, realen Konstruktionsleistungen¹⁰. Digitale Medien dienen hier ausschließlich der Datenauswertung, niemals dem Ersatz der physischen Kausalkette.

6. Das strukturelle Steuerungsdefizit: Vom Föderalismus-Chaos zum Zentralexpertentum (Das Beispiel Türkei)

Neben der kognitiven Inhaltsleere leidet Europa – und insbesondere die Bundesrepublik Deutschland – an einem fatalen **strukturellen Steuerungsdefizit**. Während in Europa tausende Einzelschulen, Kommunen und regionale Ministerien im digitalen Föderalismus-Chaos das Rad separat neu erfinden müssen (was unweigerlich im BYOD- und Konsum-Chaos endet), zeigen Reformstaaten wie die Türkei einen hocheffizienten, strategischen Weg auf.

Das türkische Zentralexperten-Modell

Die Türkei nutzt für die Steuerung ihrer Bildungslandschaft ein hochgradig zentralisiertes System über das nationale Bildungsministerium (*Milli Eğitim Bakanlığı* - MEB). Bei weitreichenden Modernisierungen - wie der Einführung des aktuellen nationalen Curriculums *Das Bildungsmodell des Jahrhunderts der Türkei (Türkiye Yüzyili Maarif Modeli)* - setzt das Land auf eine radikale Bündelung von Spitzenkompetenz:

- **Bündelung der besten Köpfe:** Das Ministerium überlässt die Programmentwicklung nicht den einzelnen Schulen, regionalen Behörden oder kommerziellen Schulbuchverlagen. Es beruft stattdessen Hunderte der landesweit führenden Universitätsmitarbeiter, Kognitionswissenschaftler,

¹⁰Vietnam Ministry of Education and Training (2018). General Education Curriculum 2018: National STEM and Mathematics Framework. Hanoi.

Psychologen und profiliertesten Lehrkräfte in eine zentrale, nationale Fachkommission.

- **Einheitliche Spitzenqualität per Knopfdruck:** Diese zentrale Kommission entwickelt standardisierte, wissenschaftlich fundierte und curricular stringente Programme für das gesamte Land. Über zentrale staatliche Plattformen wie das *EBA-Netzwerk (Eğitim Bilişim Ağı)* werden diese hochwertigen, logisch aufgebauten Inhalte, digitalen Werkzeuge und Lehrerhandbücher flächendeckend und einheitlich an jede Schule des Landes geliefert.

Anzumerken ist, dass die türkischen PISA-Ergebnisse bislang noch unterhalb des OECD-Durchschnitts liegen. Das Türkei-Modell wird hier nicht als Beleg für Spitzenleistungen zitiert, sondern als **strukturelles Steuerungsmodell**: Es zeigt, wie ein zentralisierter Expertenansatz die Verbreitung logisch fordernder, pädagogisch kohärenter Programme über ein gesamtes Schulsystem ermöglicht – eine Kompetenz, die dem deutschen Föderalismus strukturell fehlt.

Dieses Modell demonstriert eindringlich: Ein modernes Bildungssystem muss die digitale und analoge Programmatik zentral und auf höchstem wissenschaftlichen Niveau orchestrieren. Nur so wird wirksam verhindert, dass überlastete Schulen vor Ort zu reinen Konsumräumen für private Technologiekonzerne verkommen.

7. Schlussfolgerung und Forschungsperspektive: Der Verlust der logischen Souveränität

Der PISA-Rückgang westeuropäischer Bildungssysteme ist kein primäres Ressourcen- oder Lehrermangelproblem. Er ist das Resultat eines doppelten Versagens: Europa hat die Schulen für den ungesteuerten, privaten Konsum geöffnet, ohne den Kindern zuvor das logische, graphomotorisch verankerte Rüstzeug mitzugeben, um sich gegen die manipulative Struktur digitaler Medien zu behaupten. Gleichzeitig verhindert die föderale Fragmentierung eine koordinierte, expertengestützte Gegensteuerung.

Das relationale Denken reicht für mathematische Beweisführung, das Verstehen von Kausalstrukturen in den Naturwissenschaften und eine vollständige soziale Kognition nicht aus. Wenn das analoge Fundament durch den reinen Zustand des Medienkonsums wegbricht, verliert die nachfolgende Generation ihre logische Souveränität.

Der Kategoriefehler moderner KI

Dieses Defizit zeigt sich auch in der aktuellen Debatte um KI-Systeme. Große Sprachmodelle operieren ausschließlich auf relationalen Wahrscheinlichkeiten. Sie wirken nur deshalb so, als ob sie begrifflich dächten, weil sie von Menschen gebaut und trainiert wurden, die noch analog und begrifflich denken konnten. KI-Systeme parasitieren auf einer Bevölkerung mit intakter analoger Begriffsbildung. Wenn diese Grundlage wegbricht, bricht auch die Basis weg, auf der solche Systeme überhaupt sinnvoll genutzt werden können.

Für die Politik und Kognitionswissenschaft ergibt sich daraus ein klares, zweistufiges Programm:

1. **Kognitiv:** Die unnachgiebige Re-Etablierung sequenzieller, analoger Kulturtechniken (Schönschrift, reales Konstruieren, fehlerresistentes Programmieren) als kognitives Schutzschild in der kritischen Phase zwischen dem 4. und 11. Lebensjahr.
2. **Strukturell:** Die Abkehr vom schulischen Föderalismus-Stückwerk hin zu zentralen nationalen Expertenräten, die standardisierte, logisch fordernde Bildungsprogramme für alle Schulen verbindlich vorgeben.

Anhang: Literatur- und Fußnotenverzeichnis

[1] OECD (2013). *PISA 2012 Results: What Students Know and Can Do – Student Performance in Mathematics, Reading and Science (Volume I)*. OECD Publishing.

[2] OECD (2023). *PISA 2022 Results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education*. OECD Publishing.

[3] Sweller, J. (2011). *Cognitive Load Theory*. In: Mestre, J. (Eds.): *The Psychology of Learning and Motivation*, Vol. 55, Academic Press, pp. 37–76.

[4] Piaget, J. (1952). *The origins of intelligence in children*. International Universities Press.

[5] Twenge, J. M. & Campbell, W. K. (2019). *Media Use Is Linked to Lower Psychological Well-Being: Evidence from Three Datasets*. *Psychiatric Quarterly*, 90, 311–331.

[6] Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology Japan – MEXT (2020). *GIGA School Program Policy Paper*. Tokyo.

[7] Uchida, A. et al. (2023). The unique contribution of handwriting accuracy to literacy skills in Japanese adolescents. *PLOS ONE*, 18(4), e0284358.

[8] OECD Education GPS (2024). *Policy Profile: Vietnam – Student Performance and Equity*. OECD GPS Standard Database.

[9] Vietnam Ministry of Education and Training (2018). *General Education Curriculum 2018: National STEM and Mathematics Framework*. Hanoi.