

Interview mit Solange Denervaud

Zentrum für Biomedizinische Bildgebung (CIBM) an der
Eidgenössischen Technischen Hochschule Lausanne (EPFL)

Thema: Lernen, mit Fehlern in der Schule umzugehen: Warum Pädagogik wichtig ist

Zusammenfassung: Die Lernstrategien in der Schule prägen die Gehirne der Kinder und zeigen sich in einer langfristigen Ausrichtung auf das Lernen: Entweder man lässt sich auf den Prozess ein, der zum Erfolg führt, oder man versucht, Fehler zu vermeiden und sich die richtige Antwort zu merken. Montessori-geschulte Kinder sind eher prozessorientiert als ihre Altersgenossen aus traditionellen Schulen, die eher ergebnisorientiert sind. Diese Orientierungen wirken sich auch auf die Kreativität und die sozialen Fähigkeiten aus.

Profil: Solange Denervaud wechselte nach einem Montessori-Diplom (2010) und einigen Jahren als Lehrerin in der Schule in die Wissenschaft. Nach einem Abschluss in Bioingenieurwesen an der École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) promovierte sie in Neurowissenschaften am Universitätsspital Lausanne (CHUV-UNIL) und untersuchte die Auswirkungen der Montessori-Pädagogik auf die Gehirnentwicklung. Im Jahr 2021 wurde sie mit dem Biaggi de Blasys-Preis für die beste neurowissenschaftliche Dissertation von Universitäten in der Genferseeregion ausgezeichnet.



Ihre aktuelle Forschung konzentriert sich auf die Auswirkungen des Lernumfelds auf die Entwicklung grundlegender Bewältigungsmechanismen bei Schulkindern und Jugendlichen. Sie erforscht Fehlerkontrolle, kognitive Flexibilität, Kreativität und Peer-Learning. In ihrer Arbeit setzt sie Psychophysik, Neuropsychologie, Elektroenzephalographie (EEG) und Magnetresonanztomographie (MRT) ein.

Einschlägige publizierte Arbeiten:

https://www.researchgate.net/publication/375774975_SEE_BEYOND_BEHAVIORAL_COMPARISONS_NEUROSCIENTIFIC_PERSPECTIVES_ON_THE_MONTESSORI_PEDAGOGY

Interviewer: Jörg Boysen, *Montessori Deutschland*



Jörg Boysen:

Das von Ihnen untersuchte Thema ist im engeren Sinne die "Fehlerbeobachtung", also die Art und Weise, wie Kinder aus ihren Fehlern lernen: Erstens das Bemerkens eines Fehlers und zweitens die Strategie, die eingesetzt wird, um ihn während des Lernprozesses zu korrigieren.

Solange Denervaud:

Genau. Wir haben beobachtet, dass Schulkinder sowohl ihr Verhalten als auch ihr Gehirn danach ausrichten, wie sie Fehler in der Schule erlebt haben. Für Kinder mit Montessori-Schulbildung sind Fehler eine Tatsache, die nützliche Informationen liefert, um das Ziel zu erreichen. Ihr Gehirn ist darauf ausgerichtet, Probleme zu lösen, und sie neigen sozial dazu, bei Bedarf um Hilfe zu bitten. Im Gegensatz dazu werden Fehler von traditionell unterrichteten Kindern als nutzlose Schritte wahrgenommen, die angesichts der potenziell schädlichen Folgen (z. B. schlechte Noten) vermieden werden sollten - daher lernen sie hauptsächlich, sich die richtigen Antworten einzuprägen. Auch in sozialer Hinsicht sind sie weniger zuversichtlich, dass Gleichaltrige eine Ressource sind, mit der sie lernen können.

Jörg Boysen:

Ich kann mir vorstellen, dass, wenn man die Fehlerrückmeldung nicht sofort erhält, z. B. bei Hausaufgaben oder Tests, dies auch die Möglichkeit einschränkt, daraus zu lernen.

So ist es, vor allem bei kleinen Kindern, denn sie haben noch nicht die Fähigkeit zur Abstraktion, also brauchen sie sehr konkretes Feedback, und zwar ohne Verzögerung. Andernfalls vergessen sie, was sie getan haben, so dass sie nicht direkt aus dem Geschehen lernen können. Dies gilt umso mehr, als es unmittelbar nach einem Fehler oder einem überraschenden Ereignis ein Zeitfenster der neuronalen Plastizität gibt, in dem die neuronalen Verbindungen "verändert" und "verbessert" werden können, und alle unsere Sinne sind viel empfindlicher.

Unsere Beobachtungen führten zu der Erkenntnis, dass man - wenn man Fehler ansprechen kann, ohne Angst oder Furcht zu haben oder einfach nur emotional überwältigt zu sein, wenn man einen Fehler macht - lediglich nach Lösungen sucht. Langfristig könnte dies zu sich etablierenden Denkweisen führen, wobei Schüler mit Montessori-Schulbildung eher dazu neigen, neue Ideen "auszuprobieren", während Schüler mit traditioneller Schulbildung riskante Aktionen vermeiden.

Diese Beobachtung hat uns dazu veranlasst, die Kreativitätsergebnisse von Schulkindern in Abhängigkeit von der Schulerfahrung zu untersuchen, und diese hängen mit den Kreativitätsfähigkeiten zusammen. Wenn man gelernt hat, mit Fehlern positiv umzugehen, ist man eher in der Lage, sich anzupassen und flexibel zu sein. Man weiß, wie man neue Wege und neue Perspektiven findet, um ein Problem zu lösen.



Jörg Boysen:

Um auf Ihre ersten Ergebnisse zurückzukommen: Sind sie nicht ziemlich offensichtlich? Man muss kein Montessori-Akademiker oder -Lehrer sein, um zu verstehen, dass man erfolgreicher ist, wenn man keine Angst vor der Lernerfahrung hat. Aber sieht das jeder so? Oder ist das eine neue Erkenntnis?

Solange Denervaud:

Ich denke, Sie haben Recht. Es ist völlig vernünftig, einfach zu forschen, und durch das Forschen erwirbt man neues Wissen und trainiert sich selbst. Auf diese Weise wird man mit der Zeit flexibler und kreativer. Aber zumindest in der Schweiz ist es so, dass das traditionelle Bildungssystem Fehler als negativ identifiziert, indem es mit Noten und Strafen bewertet, wenn Kinder falsch liegen. Und das ist der größte Fehler, den wir derzeit in Bezug auf das Lernen und Erforschen von Kindern machen, denn: Was macht das Gehirn? Es stellt neuronale Verbindungen her, wodurch das Kind - allein durch Erfahrung - lernt, dass das Ausprobieren von Dingen schlecht, gefährlich oder sozial beschämend sein kann. Das Kind lernt auch, dass das Auswendiglernen von richtigen Antworten die beste Strategie ist, um in einem solchen System zu überleben. Es geht nicht um die Freude am Verstehen und Herausfinden, sondern darum, beschämende Ergebnisse zu vermeiden. In diesem Zusammenhang lernt es einfach, nicht mehr zu forschen.

Als Erwachsene haben wir diese Erfahrung gemacht, also reproduzieren wir bei unseren Kindern nur das, was wir selbst erlebt haben!

Kinder, die sich entwickeln - das ist ihr "Job"; sie nehmen einfach Informationen aus der Außenwelt auf und machen daraus einen Sinn. Meiner Meinung nach sind die Wissenschaft und insbesondere die Neurowissenschaften heutzutage sehr wertvoll, weil wir wirklich zeigen und beweisen können, dass wir das Gehirn falsch verdrahten, während es noch "plastisch" ist für entscheidende und zentrale Prozesse des *Lernens*.

Jörg Boysen:

Ihre Botschaft scheint von großer Bedeutung zu sein. Ihre Experimente fanden in der Schweiz statt, aber überall auf der Welt gibt es die gleiche Art von Doktrin im Bildungswesen, was das Erkennen von Fehlern usw. und die Bewertung von Schülern und deren Benotung angeht.

Solange Denervaud:

Ganz genau. Und Schüler sozial zu vergleichen. Die Wirkung des Vergleichs wird ebenfalls unterschätzt. Eine Stärke der Montessori-Pädagogik ist zum Beispiel, dass die Kinder sich nicht mit einander vergleichen, weil sie in ihrer Gruppe unterschiedlich alt sind und nicht die gleichen Aktivitäten durchführen.

Jörg Boysen:

Hätten wir Ihre Schlussfolgerungen nicht auch ohne jegliche Forschung erkennen können?



Solange Denervaud:

Ja, und genau das hat Montessori getan: Sie hat Kinder und deren Verhalten beobachtet, das für sich selbst spricht. Und ihr eigenes Interesse an sozialen Aktivitäten, das einfach durch ihre biologische Entwicklung gesteuert wird. Mit den Neurowissenschaften oder anderen wissenschaftlichen Ansätzen versuchen wir nur, den verborgenen Teil dieses biologischen Prozesses besser zu verstehen.

Jörg Boysen:

Kehren wir zu Ihrer Studie zurück - welche Hypothese haben Sie getestet? Bitte beschreiben Sie, was Sie getan haben.

Solange Denervaud:

In den meisten Studien werden verschiedene pädagogische Ansätze verglichen. So lässt sich feststellen, wer bei einer bestimmten Aufgabe am besten abschneidet, mehr leistet und so weiter. Das ist ein guter Ansatzpunkt. Das Risiko, bei diesen Studien stehen zu bleiben, besteht jedoch darin, dass wir eine binäre Perspektive auf die Realität bekommen - diese Pädagogik ist gut oder diese ist schlecht - was die Durchführung großer Veränderungen im Bildungswesen einschränkt. Es handelt sich um eine voreingenommene Debatte, und die Menschen werden zustimmen oder entschieden widersprechen und gegen eine solche Schwarz-Weiß-Perspektive sein. Wenn man jedoch *versteht*, wie sich das Kind entwickelt und warum, dann steht es jedem frei, nach seinen Schlussfolgerungen pädagogisch zu handeln.

Ich wollte also nicht zeigen, wer "besser" war, denn in meinen Augen war klar, dass man in einem Montessori-Klassenzimmer beobachten kann, wie neugierig die Kinder sind und wie höflich sie miteinander umgehen, was später im Leben wertvolle Kompetenzen sind. Mir ging es nicht darum, wer besser war, sondern *warum*. Das ist eine andere Frage, wenn man das "Warum?" beantworten will, nämlich welche Mechanismen diesen Verhaltensweisen zugrunde liegen. Deshalb braucht man die Neurowissenschaften oder zumindest Neuroimaging, um die Bausteine zu verstehen, die uns zu Menschen machen.

Jedenfalls war das meine Perspektive. Deshalb habe ich Neurowissenschaften studiert, einfach um zu verstehen, wie das Gehirn funktioniert, denn wir alle haben ein ähnliches Gehirn. In gewisser Weise ist das Gehirn ein Werkzeug, und je nach der Umgebung, in der sich dieses Werkzeug entwickelt, sind wir unterschiedlich verdrahtet. Also "Wo?", "Warum?", "Wann" - das waren meine Beweggründe.

Ich habe mich gefragt, ob das unterschiedliche Verhalten von Kindern auf unterschiedliche Fähigkeiten zur Ausführung von Handlungen zurückzuführen ist. Haben sie bessere exekutive Funktionen? Tatsächlich unterschieden sie sich in diesem Punkt nicht.

Also habe ich versucht zu verstehen, wo und warum sie sich in ihrem Verhalten unterscheiden. Um die Geschichte kurz zu machen, wissen Sie, manchmal braucht man in der Wissenschaft etwas Glück. Ich war auf einer Konferenz und hörte jemanden sprechen über die Fehlerkontrolle bei Erwachsenen und die Art und Weise, wie wir mit Fehlern umgehen. Ich war begeistert davon und ging in diese Richtung. Und raten Sie mal? Dort beobachteten wir Unterschiede auf der Verhaltensebene, aber auch auf der neuronalen Ebene, und zwar in



zwei verschiedenen Experimenten, die völlig kohärent zueinander zu sein schienen. Ich gewann die Gewissheit, dass die Fehlerverarbeitung ein zentraler Mechanismus ist, den es zu erforschen gilt.

Dies führte zu Entdeckungsverhalten und dann zu Kreativität, später auch zu sozialer Vielfalt und dazu, dass man kooperiert, anstatt zu konkurrieren.

Es hilft auch, die Bedeutung der sozialen Dimension von Kindern zu verstehen. Wenn sie nicht die Erfahrung machen, miteinander zu reden und die - möglicherweise andere - Sichtweise des anderen zu sehen, dann sind auch diese Personen und Ideen "Fehler", dann haben sie Angst davor, sich auf soziale Vielfalt und Kreativität einzulassen.

Daraus ergibt sich ein inklusives Verhalten im Gegensatz zu einem exklusiven. Das Kind, das von der sozialen Vielfalt in seinem Klassenzimmer profitiert, darf "soziale Fehler" machen. Da das Kind in diesem Klassenzimmer von Gleichaltrigen lernt, lernt es, sich nicht zu fürchten oder zu verurteilen, sondern stattdessen die Ideen anderer anzunehmen. Das ist eine Art kreatives menschliches Verhalten.

Jörg Boysen:

Wie haben Sie Ihre Experimente konkret durchgeführt?

Solange Denervaud:

Wissen Sie, manchmal haben Wissenschaftler eine Idee, und dann muss man den besten Weg finden, um sie zu testen. Und manchmal liegt man mit der Richtung, die man zuerst einschlägt, völlig falsch. Ich lag anfangs in dem Sinne falsch, dass ich zunächst darauf abzielte, die exekutiven Funktionen zu messen, aber ich hatte das Glück, einige Maßnahmen zu ergreifen, die mir bei der Beantwortung von Fragen zur Fehlerkontrolle helfen konnten, auch wenn das nicht meine erste Frage war.

Wir hatten uns einige Aufgaben für Kinder ausgedacht, die sie in einem MRT-Scanner umsetzen sollten. Wir haben viele verschiedene Experimente gemacht, aber eines davon war zum Beispiel, die Wirkung von Belohnung zu testen. Es handelte sich jedoch um eine mathematische Aufgabe, so dass die Kinder manchmal falsch lagen und manchmal richtig. Ich beschloss, diese Daten zu nutzen, um die Reaktionen ihres Gehirns zu untersuchen, wenn sie falsch oder richtig lagen. Und das war großartig, denn so konnten wir sehen, dass sie - aus Sicht des Gehirns - unterschiedliche Strategien anwendeten. Entweder erinnerten sie sich an korrekte Handlungen, oder sie lernten aus ihren Fehlern und versuchten, Probleme zu lösen. Und man konnte sehen, wie die Gehirnaktivierung und die Konnektivität auf unterschiedliche Weise zunahmen.

Jörg Boysen:

Ja, aber man kann unterschiedliche Strategien verfolgen und trotzdem das gleiche Ergebnis erzielen.



Solange Denervaud:

Ich denke, dass Sie auf kurze Sicht vollkommen Recht haben; die Kinder unterscheiden sich noch nicht drastisch im Verhalten. Das ist der Grund, warum wir unser Bildungssystem nicht ändern, denn wenn man kurzfristig einen Test macht, könnten sie die gleichen Ergebnisse erzielen. Man sieht also nicht das eigentliche Problem, nämlich welche Strategien sie in ihren Gehirnen entwickeln. In der Tat dauert es Jahre, vom 6. bis zum 12. Lebensjahr, bis sich die Denkweise herausbildet, wie man mit Widrigkeiten umgeht: Entweder man vermeidet Fehler und lernt nur die richtigen Antworten auswendig, oder man lässt sich auf Fehler ein und lernt daraus, um sich zu korrigieren. Viele der langfristigen Auswirkungen der Schulbildung entgehen uns, weil wir uns, selbst in der Wissenschaft, auf kurzfristige Maßnahmen konzentrieren.

Anfangs unterscheiden die Kinder sich nicht in ihrem Verhalten. Aber was passiert, wenn sie aufwachsen, wenn sie zu einer Gesellschaft gehören, wenn sie über ihre Handlungen und Gedanken bestimmen können und wenn sie in sozialer Hinsicht interagieren? Das ist eine große Frage.

Jörg Boysen: Tatsächlich! Herzlichen Dank, dass Sie die Ergebnisse Ihrer Forschung mit uns geteilt haben.