

## **Daniel L. Schwartz, Ph.D.**

Stanford-Universität / Stanford, Kalifornien

### **Klaus J. Jacobs Research Prize 2021**

**„Neue Erkenntnisse darüber, wie Kinder lernen, werden in Zukunft unsere Unterrichtsmethoden verbessern“**

**Mit kreativen Ansätzen und Experimenten schliesst Daniel Schwartz die Lücke zwischen der Grundlagenforschung zur menschlichen Kognition und dem MINT-Lernen. Dadurch verbessert er den Lernerfolg in allen Altersgruppen.**

### **Wie wurde Ihr Interesse an diesen Themen geweckt?**

Ich habe viele Jahre lang an der Mittelschule unterrichtet, bevor ich meinen Ph.D. in humanem Lernen und Kognition an der Columbia-Universität in Angriff genommen habe. Vielleicht ist meine Forschung aufgrund meines Bachelors in Philosophie oder meiner langjährigen Tätigkeit als Lehrer an einer öffentlichen Schule von der ganz grundsätzlichen Frage angetrieben worden: „Wie können Menschen lernen und neue Vorstellungen entwickeln?“. Vereinfacht ausgedrückt bezeichnet eine „neue Vorstellung“ etwas, das eine Person von Natur aus nicht erkennen würde. Die „neue Vorstellung“ kann Menschen helfen, die Welt besser zu verstehen und zu organisieren. Eines meiner Lieblingsbeispiele für eine neue Vorstellung sind negative Zahlen. Das Wissen darüber ist weder angeboren, noch aufgrund einer Erfahrung erworben.

### **Ihr Forschungsschwerpunkt hat auch mit der Bearbeitung kognitiver Fragen mit innovativen Lernexperimenten zu tun. Wie haben Sie das auf das Erlernen negativer Zahlen angewendet?**

In einer Reihe von Experimenten kombinierten wir die funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRI) mit Reaktionszeiten, innovativen Lehrtechnologien sowie Daten und Interventionen aus dem Unterricht. Dabei haben wir entdeckt, dass das Gehirn das Konzept negativer Zahlen durch Assoziation mit der Wahrnehmung von Symmetrie erlernt. Wir haben dann die Wirksamkeit eines symmetrie-basierten Curriculums beim Unterrichten negativer Zahlen nachgewiesen. Wenn wir den Lernenden helfen, ihre angeborenen Fähigkeiten bei der Symmetrie-Wahrnehmung zu erweitern und sie mit Grössen- und Verbalsystemen zu verbinden, können sie das Konzept negativer Zahlen besser verstehen. Viele Menschen denken, dass es sich beim Lernen um die Stärkung eines Gehirnmuskels handelt.

Wenn es allerdings darum geht, neue Ideen zu entwickeln, wäre “dem Gehirn das Tanzen beibringen” wohl die bessere Analogie.

### **Wie wirkt sich frühes Lernen auf späteres Lernen aus?**

Meine Forschungsergebnisse zeigen, dass Frühförderung oder Frühunterricht spätere Lernvorgänge entweder unterstützt oder behindern kann und dass die Auswirkungen von Lernerlebnissen nicht – wie bisher angenommen – abgeschlossen sind, sobald wir etwas gelernt haben. Wenn Menschen in ihrer anfänglichen Wahrnehmung eines Problems gefangen sind, denken sie möglicherweise zur Lösung neuer Probleme nicht weiter. Eine unserer grundlegenden Erkenntnisse ist, dass ein Grossteil des schulischen Lernens von der Koordination unterschiedlicher Gehirnsysteme abhängig ist und von der Unterstützung durch das richtige Lernumfeld. Eines der wichtigsten Ergebnisse dieser Arbeit ist der Nachweis, dass wir über unterschiedliche Arten des logischen Denkens und Lernens verfügen, wie zum Beispiel verbale und nonverbale. Wenn diese nicht gut aufeinander abgestimmt sind, können sie miteinander in Konflikt geraten. Das verbale und verfahrensorientierte Instruktionsdenken kann das nonverbale logische Denken und Lernen untergraben. Das ist einer der Gründe, warum Menschen besser lernen, wenn sie zuerst über Probleme nachdenken, bevor man ihnen erklärt, wie sie sie lösen sollen.

### **Was sagt Ihre Forschung über den Transferprozess in der Pädagogik aus?**

Der Transfer bezeichnet die Art und Weise, wie Menschen ihr erlerntes Wissen auf neue Kontexte übertragen, zum Beispiel vom Unterricht auf ihr Zuhause, auf den Beruf oder von einem Fach in ein anderes. Ein Grossteil der Forschung zum Transfer hat das Lösen von Problemen in Kontexten untersucht, welche die Fähigkeit erfordern, vorhandenes Wissen unmittelbar zur Lösung neuer Probleme einzusetzen. Dies unterscheidet sich deutlich von der Frage, ob Menschen gelernt haben, neuartige Probleme zu lösen und damit andere produktive Dinge zu tun. Das ist eine Fähigkeit, die sich Pädagoginnen und Pädagogen für ihre Schülerinnen und Schüler wünschen.

Wir konnten nachweisen, dass bestimmte Lernmethoden die Schüler besser darauf vorbereiten, flexibel zu sein und ihr erlerntes Wissen für zukünftige Lernprozesse zu nutzen. Beispielsweise haben wir in einer unserer Studien zum Physikunterricht für Jugendliche festgestellt, dass das Erlernen tiefgreifender Strukturen in der Physik unbeabsichtigt untergraben werden kann, wenn vor der Problemlösung die Verfahren und Konzepte erläutert werden. Wenn die Schülerinnen und Schüler die zugrundeliegende Struktur physikalischer Phänomene nicht verstehen, zeigen sie künftig einen schwächeren Wissenstransfer. In einer Welt, in der sich Arbeitsplätze und Wissensgrundlagen regelmässig wandeln, sollte die Vorbereitung auf künftiges Lernen ein wichtiges pädagogisches Ziel sein.

Unsere Forschung legt nahe, dass wir ein Gleichgewicht zwischen Innovation und Effizienz beim Wissenstransfer berücksichtigen sollten.

**Sie haben eine Technologie namens Teachable Agent erfunden. Können Sie erklären, worum es sich handelt und wie sie funktioniert?**

Ein Teachable Agent oder TA ist ein Avatar, der Lernende unterrichtet. Der TA nutzt künstliche Intelligenz, um zu lernen und Schlussfolgerungen aus dem zu ziehen, was ihm beigebracht wurde. Er widerspiegelt das Wissen seines Lehrers, hat allerdings seinen eigenen Willen. Eines der von uns mit TAs studierten Konzepte ist der Protegé-Effekt. In unserer Betty's-Brain-Studie lernten Schüler der achten Klasse Biologie mit der Software Betty's Brain. Dabei ging eine Gruppe davon aus, dass sie dem TA etwas beibringen sollte, während eine andere der Ansicht war, dass sie mithilfe des Avatars für sich selbst lernten. Die Schüler zeigten einen Protegé-Effekt – die Gruppe, die den TA unterrichtete, strengte sich mehr an als die Gruppe, die für sich selbst lernte. Die erste Gruppe lernte mehr und länger. Im zweiten Teil der Studie wurden Fünftklässler gebeten, während ihrer Arbeit laut zu denken und ihre Gedanken und Emotionen nach aussen zu tragen, während sie mit einem TA oder Avatar zusammenarbeiteten. Die hier gesammelten Daten helfen uns, die psychologischen Mechanismen hinter der gesteigerten Lernmotivation der TA-Schüler offenzulegen, weil die Kinder ihre TAs sozial behandelten, indem sie ihnen Geisteszustände und Verantwortung zuschrieben.

**Warum sind Teachable Agents effektiv, und auf welche Arten von Lernvorgängen können Sie sich positiv auswirken?**

Teachable Agents können das Verantwortungsbewusstsein der Schüler wecken, welches zum Lernen motiviert. Sie können ihnen eine Umgebung bieten, in der Wissen durch Korrektur verbessert wird und die das Selbstbewusstsein der Schüler vor den psychologischen Folgen des Versagens schützt. Wir haben herausgefunden, dass Lernende diese Form des logischen Denkens auf das Erlernen neuer Themen übertragen, selbst wenn sie den TA nicht mehr einsetzen. Wir haben Belege für den Transfer von kausalem logischen Denken bei Sechstklässlern und Aussagelogik bei Oberschülern gefunden. Wir werden demnächst eine neue Hypothese experimentell testen: warum TAs wirksame Werkzeuge für den Unterricht in logischem Denken sein können.

**Mit welchen Verfahren übermitteln Sie Ihre Befunde an ein breiteres Publikum und eine pädagogische Zielgruppe?**

Ich bin Mitveranstalter des Stanford-Podcasts und der SiriusXM-Radiosendung „School's In“, in der wir aktuelle Themen aus der Lehre und über Lernvorgänge erörtern, damit Pädagogen und Eltern die neuesten Forschungsergebnisse nachvollziehen und umsetzen können.

Mit zwei ehemaligen Doktoranden habe ich eine Anleitung für Pädagogen, Forscher und Lerntechnologen mit dem Titel *The ABCs of How We Learn* verfasst, davon wurden bislang schon mehr als 30'000 Exemplare verkauft. Das Buch richtet sich auch an Lehrkräfte und Schüler, damit sie Forschungsergebnisse über das Lernen bei sich selbst anwenden können. Ich bin Mitglied in Fachgruppen, die für zwei bedeutende Berichte der US-amerikanischen National Academy of Science verantwortlich sind: *How People Learn II* und *Learning Science Through Computer Games and Simulations*. Und ich war im President's Council on Science and Technology und habe dort im Jahr 2010 den einflussreichen Bericht zur Verbesserung der Hochschullehre mitgeschrieben. Mit dem Schulbezirk der Stadt San Francisco habe ich ein neues Programm für den Vorschulunterricht ausgearbeitet und die Amerikanischen Gesellschaft für Klinische Onkologie bei der Verbesserung der Berufsausbildung ihrer Mitglieder beraten.

### **Welches sind Ihre zukünftigen Forschungsziele?**

In den kommenden fünf Jahren ist eines meiner grossen Forschungsziele Online-Lernerfahrungen zu ermöglichen, die einer persönlichen Lernerfahrung möglichst nahekommen. Beispielsweise arbeite ich derzeit in einem Projekt mit Geologen an virtuellen Exkursionen, die ein gemeinsam erlebtes Abenteuer ermöglichen. Die Hypothese lautet, dass gemeinsam erlebte Abenteuer die Lernprozesse verbessern, Langzeitfreundschaften ermöglichen und das Verantwortungsbewusstsein für das eigene Land steigern. Als Teil davon möchten wir Kinder befähigen, selbst virtuelle Outdoor-Exkursionen zu entwickeln, die für ihr Leben wichtig sind. Diese sollen sie dann mit anderen Kindern auf der ganzen Welt teilen können. Ein anderes wichtiges Ziel ist die Zusammenarbeit mit Kollegen auf dem Gebiet der Künstlichen Intelligenz, um wichtige neue Lehr- und Lernverfahren auszuarbeiten. In einem Projekt entwickeln wir derzeit zum Beispiel Verfahren zur automatischen Erzeugung kontrastierender sowie analoger Fälle, welche die Möglichkeiten der Schüler erweitern, Muster zu erkennen und Erläuterungen zu finden.

### **Wie werden Sie das Preisgeld des Klaus J. Jacobs Research Prize einsetzen?**

Wir werden einen neuen Ansatz in Angriff nehmen und einen Teachable Agent bauen, der das Erlernen des logischen Denkens durch Daten und Behauptungen unterstützt. Wir testen allgemeine Hypothesen darüber, wie man Menschen logisches Denken leichter beibringen kann oder wie man den Mehrwert des TA bei der Unterstützung des Lernprozesses und beim Transfer im Unterricht sowie bei informellen Lernerfahrungen einsetzen kann. Das grundsätzliche Muster wird sein, dass die Schüler mit dem TA Experimente entwickeln und Daten erfassen. Sie füttern den TA mit den Daten, wobei dieser mit einer visuellen Schnittstelle sichtbar macht, wie er über die Daten nachdenkt und welche gültigen Folgerungen er daraus zieht.

In der Vergangenheit haben wir verschiedene Gestaltungselemente für TAs präsentiert und werden eine designbasierte Untersuchung durchführen. Damit wollen wir entscheiden, wie wir die erfolgreichsten Verfahren miteinander kombinieren können.

Ausserdem werden wir eine neue Hypothese überprüfen, warum TAs allem Anschein nach wirksame Mittel für den Unterricht in logischem Denken sind. Die zentrale Hypothese ist: Menschen lernen logisch zu denken, wenn Person 1 Person 2 dabei beobachtet, wie diese über die Ideen von Person 1 nachdenkt. Nehmen wir das Beispiel eines Hochschulabsolventen, der die Ergebnisse einer Studie vorstellt. Ein Student hört die Argumentation des fortgeschritteneren Studenten oder eines Fakultätsangehörigen zu den Schlussfolgerungen, die durch die Beweislage gestützt und nicht gestützt werden, und welche weiteren Beweise erforderlich sind. Dies hilft dem Studenten, etwas über Betrachtungsweisen für künftige Studien zu lernen. Andere bei ihrer Argumentation in Bezug auf ihre Daten oder eigenen Ideen zu beobachten, ist ein besonders effektives Verfahren zum Erlernen des logischen Denkens. Wir empfehlen, dieses Verfahren in sich wiederholenden Zyklen anzuwenden. Im Vergleich schneidet dieses Verfahren besser ab, als wenn Studierende eigenständig argumentieren oder der Lehrkraft dabei zuhören, wie sie zu Daten und Aussagen eines Dritten argumentiert. Falls sich diese Hypothese belegen lässt, wird diese Erkenntnis weitreichende Folgen für kognitive Lernmodelle und die Gestaltung effektiver Lernerlebnisse haben.

Im Rahmen der Arbeit wird ausserdem eine öffentlich zugängliche Datenbank entwickelt, in der gängige Forschungskonzepte – gute und schlechte – von Schülern unterschiedlicher Altersgruppen erfasst werden und als Grundlage für eine präzisere Unterrichtspraxis dienen können. Falls diese Forschungsarbeit erfolgreich ist, liefert sie uns eine attraktive und effektive Methode, wie wir die wissenschaftliche Kompetenz zum Beispiel im Hinblick auf Lernprozesse und Schlussfolgerungen in Pandemien verbessern können.