

Die Tübingen LernPlattform zum Erwerb numerischer und orthografischer Kompetenzen (TULPE): Individualisierte Förderung durch adaptive Lernspiele

Digitale Medien haben nicht nur die Kinderzimmer erobert, sondern sind mittlerweile fester Bestandteil einer modernen Schulbildung. Der Einsatz von Online-Lernumgebungen und -spielen, in und außerhalb von pädagogischen Kontexten, erlaubt es selbst traditionelle Lerninhalte spielerisch und unabhängig von Ort und Zeit zu vermitteln. Die im Folgenden vorgestellte „Tübingen LernPlattform zum Erwerb numerischer und orthografischer Kompetenzen (TULPE)“ bietet individuelles Lernen zentraler Kulturtechniken auch außerhalb des Klassenraums. Mithilfe adaptiver Verfahren lassen sich die Rechen- und Rechtschreibspiele der TULPE an individuelle Lernermerkmale anpassen: Zuerst wird in einer adaptiven Diagnostik der Lern- und Förderbedarf eingeschätzt. Entsprechend dieser Einschätzung können in einem zweiten Schritt Lernspiele adaptiert bzw. Lern- und Spielpartner mit ähnlichem Leistungsniveau ausgewählt werden. Auf diese Weise soll effektives Lernen ermöglicht werden, das den Bedürfnissen unserer Kinder in ihrer digitalisierten Lebenswirklichkeit entspricht.

DIGITALE MEDIEN – REALITÄT UND LEBENSWIRKLICHKEIT

Digitale Medien gehören heute fest zur Lebenswelt von Kindern, Jugendlichen und jungen Erwachsenen; sie prägen ihre tägliche Freizeitgestaltung und sind Bestandteil ihrer sozialen Interaktion und Kommunikation. Der kompetente Umgang mit diesen Medien ist eine wesentliche Schlüsselqualifikation für den Wissenserwerb, weit über die schulische Bildung hinaus. Damit avanciert Medienkompetenz in der aktuellen bildungspolitischen Diskussion – neben Rechtschreiben, Lesen und numerisch-mathematischen Fähigkeiten – zu einer zentralen Kulturtechnik in unserer

Informationsgesellschaft (Bundesministerium für Bildung und Forschung, BMBF, 2014).

Doch kaum ein anderes Thema wird in der Bildungsforschung so intensiv und kontrovers diskutiert wie die Potentiale und Risiken der Nutzung digitaler Medien in und außerhalb von Schulen (und anderen Bildungseinrichtungen). Dabei geht es sowohl um kommerzielle Unterhaltungsspiele als auch um digitale Lernspiele, die oft mit den englischsprachigen Begriffen ‚Educational Games‘ oder ‚Serious Games‘ beschrieben werden. Die Diskussion dreht sich u. a. um die Gegenüberstellung möglicher positiver Spieleffekte (z. B. verbesserte Aufmerksamkeit, gesteigerte Motivation, Wissenszuwachs, etc.) und negativer Auswirkungen (z. B. Aggressivität, körperlicher Erregtheit, Suchtpotential, soziale Isolation, etc., für eine weiterführende Übersicht siehe u. a. Appel & Schreiner, 2014; Connolly, Boyle, MacArthur, Hainey & Boyle, 2012) sowie um Möglichkeiten und Grenzen digitaler Lernspiele (s. a. Felicia, 2011; Ritterfeld, Cody & Vorderer, 2009; Ritterfeld, 2011). Darüber hinaus steht auch die sinnvolle Ergänzung formeller (schulischer) Lernkontexte durch informelle (außerschulische) Bildungsangebote in Form von digitalen Lernarrangements im Fokus der Diskussion. Insgesamt lässt sich sagen, dass die Einstellungen von Schüler- und LehrerInnen zur Nutzung digitaler Medien in der Schule vergleichsweise positiv sind (Herzig & Grafe, 2007). Dennoch ist die Diskrepanz zwischen häuslicher und schulischer Nutzung digitaler Medien in Deutschland im Vergleich zu den anderen OECD-Staaten sehr groß (Bildung in Deutschland, 2006). Die Verknüpfung von formellen und informellen Lernkontexten stellt hierzulande somit für die Institution Schule im Speziellen aber auch für die Bildungsforschung allgemein eine besondere Herausforderung dar.

Lernplattformen

Lernen und Lehren erfordern vielseitige Aufgaben und Prozesse. Zur Unterstützung von Lern- und Lehrprozessen gewinnen computerunterstützte Lernplattformen (= web-basierte oder virtuelle Lernumgebungen) auch im schulischen Kontext zunehmend an Bedeutung.

Der Begriff Lernplattform umfasst eine Vielzahl unterschiedlicher Software-Systeme, die Lern- und Lehrprozesse organisieren. Je nach System und Umsetzung

- i) stellen sie Lerninhalte zur Nutzung bereit;
- ii) bieten administrative Werkzeuge (z. B. Benutzer- und Kursverwaltung, Methoden zur Evaluation) für Lehrende an und

- iii) fördern die Kommunikation zwischen Lernenden untereinander und mit Lehrenden, z. B. im Chat oder in Foren (vgl. Bäumer, Malys & Wosko, 2004).

Lernplattformen fungieren damit als flexible, orts- und zeitunabhängige Schnittstelle zwischen Lernern und Lehrenden. Zur Anwendung von Lernplattformen in der Schule gibt es hierzulande bislang nur wenige empirische Untersuchungen. Aus Vergleichen mit anderen europäischen Ländern lässt sich jedoch ableiten, dass Lernplattformen vor allem im Sekundarbereich eingesetzt werden, während ihr Einsatz in der Primarstufe eher selten ist (Petko, 2010). Zudem werden in Abhängigkeit von Schulform und Unterrichtsfach unterschiedliche Funktionen angeboten. Für den flexiblen Einsatz digitaler Medien sind geeignete technische und organisatorische Rahmenbedingungen erforderlich (Friedrich, Hron & Töpper, 2011), um online individuelles, didaktisch aufbereitetes und pädagogisch begleitetes Lernen realisieren zu können.

Digitale Lernspiele

Spielend entdecken Kinder ihre Welt. Sie lernen spielend. Spielen ist essentiell mit Lernen verbunden und doch wird Lernen in der Schule vor allem mit voranschreitender Klassenstufe zunehmend formalisiert. Ein großer Teil der Lehrinhalte wird über Schulbücher vermittelt (Herzig & Grafe, 2007) und spielerische Elemente lassen sich kaum (noch) entdecken.

Digitale Lernspiele basieren auf der engen, scheinbar untrennbaren Beziehung von Spielen und Lernen. Als Schnittstelle zwischen beiden nutzen sie Elemente aus digitalen Spielangeboten (Computer- oder Videospiele) zur Vermittlung von Lerninhalten. Sie versuchen Lernen an die digitale Lebenswelt der Kinder und Jugendlichen anzupassen und den Bedürfnissen einer neuen Generation von Lernern gerecht zu werden. Ihre Eignung als Lernmedium steht stark im Fokus öffentlicher Diskussionen, in der verschiedene, mitunter synonym verwendete Begriffe für digitale Lernspiele bzw. den Einsatz digitaler Spielangebote im Lernkontext verwendet werden: u. a. „Serious Games“, „Educational Games“, „Game-Based-Learning“ oder „Edutainment“. Alle Konzepte haben gemein, dass sie positive Spielelemente (z. B. Motivation und Begeisterung) mit didaktischen und pädagogischen Konzepten verbinden und sie „ernsthaft“ im Bildungskontext einsetzen. Die eindeutige Abgrenzung dieser Begriffe ist jedoch schwierig (vgl. Egenfeldt-Nielsen, 2007). Eine mögliche Kategorisierung orientiert sich am Verhältnis von didaktischen zu spielerischen Elementen, wobei

„Serious Games“ und „Edutainment“ die jeweils entgegengesetzten Pole besetzen (Wechselsberger, 2009). Während der Anteil didaktischer Elemente in „Serious Games“ stark ausgeprägt ist, fokussiert „Edutainment“ eher die Unterhaltungsebene.

Eine für die weitere Darstellung geeignete Definition digitaler Lernspiele findet sich bei Hawlitschek (2013, p. 23). Sie versteht darunter „Computerspiele,

- *die explizit und systematisch in Hinblick auf ein bestimmtes Lernziel und für den Einsatz in einem pädagogischen Kontext konzipiert wurden,*
- *die ein positives Spielerleben beim Spieler auslösen,*
- *deren Effektivität bei der Vermittlung der Lerninhalte nachgewiesen werden konnte.“*

Dass digitale Lernspiele vielseitig zur Vermittlung unterschiedlicher Lerninhalte eingesetzt werden können, ist weitgehend unstrittig. Die Frage nach ihrer Effektivität kann jedoch nicht umfassend beantwortet werden: Eine Reihe von Studien konnten positive Lerneffekte belegen, u. a. bei beim Mathe- und Sprachenlernen (Li & Ma, 2010; Torgerson & Zhu, 2003) sowie beim Training allgemeiner kognitiver Fähigkeiten (Ke & Graboski, 2007; Warren, Dondlinger & Barab, 2008). Allerdings stellte sich immer wieder heraus, dass die Effektivität digitaler Lernspiele von zahlreichen Faktoren abhängt. Nach einer aktuellen Metaanalyse von Wouters, van Nimwegen, van Oostendorp und van der Spek (2013) sind Lerneffekte stärker, wenn digitale Lernspiele in der Gruppe gespielt werden; spielerische Gestaltung, Verständlichkeit der Instruktionen und die Einbettung in einen sorgfältig durchdachten didaktischen Rahmen sind ebenso entscheidende Faktoren für den Lernerfolg (vgl. Ke, 2009). Jedoch zeigt sich auch, dass digitale Lernspiele nicht per se motivierender sind als klassische Lernarrangements (Wouters et al., 2013). Als mögliche Ursachen führen die Autoren u. a. an, dass Vorgaben, wie z. B. wann und auf welche Weise digitale Lernspiele gespielt werden, dem Lerner die eigene Kontrolle und damit auch die Motivation zum Spielen nehmen können bzw. der *flow* des Spiels durch eine Fokussierung auf zu lernende Inhalte unterbrochen werden kann. Diese Faktoren können die Identifikation mit dem Spiel(-avatar) und das Eintauchen in die Spielwelt (auch Immersion, engl. *presence*) beeinflussen und somit ein unterhaltsames Spielerleben erschweren (s. a. Ritterfeld, 2011). Darüber hinaus kann eine Vielzahl von Lernspielen nicht mit den grafisch-technischen Möglichkeiten kommerzieller Computerspielentwicklungen konkurrieren (Petko, 2008). Aus Spieler-(Lerner)-Perspektive werden digitale

Lernspiele daher den Erwartungen, die an sie geknüpft sind, nicht immer gerecht.

Aus Lehrerperspektive besteht das Risiko, dass Kosten und pädagogischer Nutzen digitaler Lernspiele in einem Missverhältnis stehen. Eine weitere, häufig genannte Einschränkung sind die fehlenden individuellen Differenzierungsmöglichkeiten digitaler Lernspiele: Während ein Spiel einige Schüler überfordert, kann dasselbe Spiel andere langweilen. Den Lernspielen fehlt es bisweilen an erkennbarer Adaptivität (Petko, 2008). Vor allem Schüler mit einem geringeren Leistungsniveau erleben das Spielen gegen bessere Spielpartner dann oft als frustrierend (Liu, Li, & Santhanam, 2013). Dieses Erleben geht mit einem Motivationsverlust einher, der sowohl Nutzungsdauer und -häufigkeit beeinflussen und sich zudem auf Aufmerksamkeitsprozesse und die Qualität der Verarbeitung kognitiver Lerninhalte auswirken kann (z. B. Pekrun, 1992). Eine Möglichkeit dem entgegenzuwirken und das motivierende Element digitaler Lernspiele zu erhalten, bieten adaptive Verfahren.

Adaptivität – Der Individualität gerecht werden

Zentrales Ziel und zugleich hoher Anspruch aller Lehr- und Lernsituationen ist es, Lernende entsprechend ihres aktuellen Leistungsstandes zu fördern, zu fordern und Lernangebote an den unterschiedlichen Gegebenheiten und Bedürfnissen zu orientieren. Gerade computerbasierte Lernumgebungen, wie Lernplattformen und Lernspiele, bieten die technischen Voraussetzungen, um mithilfe von Adaptivität das „Verhalten“ der Lernumgebung an die Merkmale des Lernalters anzupassen. Adaptive Lernsysteme werden bereits jetzt als eine der nächsten Generationen web-basierter Lernumgebungen diskutiert (z. B. Verdú, Regueras, Verdú, De Castro & Pérez, 2008); insbesondere, da sie es u. a. erlauben, Lernmaterialien automatisiert je nach individuell benötigter Lern- und Verarbeitungszeit in unterschiedlicher Dauer, Komplexität und Struktur anzubieten und dabei individuelles Vorwissen und Lernstrategien zu berücksichtigen. Damit vereinen sie diagnostische und lernförderliche Elemente. Diese grobe Zweiteilung findet sich auch bei der Anwendung von Adaptivität in computerbasierten Lernumgebungen:

Diagnostik: Adaptive Erfassung der Lernerkompetenzen

In einer adaptiven Eingangsdiagnostik erfolgt eine erste Einstufung des Lernalters, meist in Form eines Wissenstests. Zusätzlich zum getesteten (domänenspezifischen) Wissen, können auch weitere Merkmale, z. B.

individuelles Vorwissen, Alter und Geschlecht sowie Lernermerkmale und -gewohnheiten (vgl. Kickmeier-Rust, Albert & Roth, 2007; Oblinger, 2004) erfasst werden. Im Gegensatz zu klassischen Tests, in denen eine bestimmte Anzahl an Aufgaben in immer derselben Reihenfolge vorgegeben wird, orientiert sich die Aufgabenauswahl und -reihenfolge beim adaptiven Testen an dem individuell gezeigten Antwortverhalten: Wird eine Aufgabe „falsch“ beantwortet, erhält der Lerner als nächstes eine einfachere Aufgabe. Ist die Lösung „richtig“, folgt eine schwierigere Aufgabe. Durch dieses sukzessive Vorgehen wird der Lerner nicht über- und nicht unterfordert. Darüber hinaus kann die Testdauer erheblich reduziert werden, ohne dass Messpräzision und -information verloren gehen (für eine detaillierte Einführung: van der Linden & Glas, 2000).

Lernförderung: Adaption des Lernangebots

Auf Grundlage der Einstufung des Lerners wird in einem zweiten Schritt das Lernangebot bzw. die Lernumgebung selbst angepasst. Dies kann sehr unterschiedlich umgesetzt werden: Die Anpassung des Lernangebots auf individuelle Lernverläufe wird im Folgenden als *intra-individuelle* Adaptivität bezeichnet. Sie umfasst vorwiegend die Individualisierung hinsichtlich Schwierigkeit und Komplexität, kann jedoch auch individuelles Vorwissen, Lern- und Lösungsstrategien berücksichtigen. *Inter-individuelle* Adaptivität hingegen meint die Auswahl besonders geeigneter, d. h. im Allgemeinen ähnlich leistungstarker Lern- oder Spielpartner (bzw. Spielgegner). Neben der adaptiven Gestaltung des Lernangebots wird in dieser Phase auch das individuelle Lernverhalten durch den Computer dokumentiert. So können u. a. die Entwicklung von Lernprozessen und -strategien, Spielstände aber auch Fehleranzahl und -typen erfasst werden (u. a. Kalyuga, 2006).

Adaptivität kann in computerbasierten Lernumgebungen sehr unterschiedlich realisiert werden. Eine Vielzahl aktueller computerisierter adaptiver Testverfahren beruht auf mathematischen Modellen der Item-Response-Theorie (IRT, auch probabilistische Testtheorie), denen eine hohe Testökonomie (Effizienz) und Messgenauigkeit zugeschrieben wird (u. a. Kubinger, 1993). In diesen Modellen wird versucht das wahrscheinliche Verhalten eines Lerners (bzw. einer Testperson), dem bestimmte (latente) Fähigkeiten zugrunde liegen, vorherzusagen, wenn ihm eine bestimmte Aufgabe, deren Eigenschaften (wie z. B. Schwierigkeit) man berechnen kann, gestellt wird. Somit wird eine, an der Fähigkeit des Lerners orientierte, selektive Vorgabe einzelner Aufgaben ermöglicht.

DIGITALE MEDIEN UND DIE FÖRDERUNG ZENTRALER KULTURTECHNIKEN

Rechnen, Lesen und Rechtschreiben gehören zu den Schlüsselqualifikationen unserer Informationsgesellschaft. Sie sind wesentlicher Bestandteil und zugleich Grundlage von Schul- und beruflicher Bildung. Störungen im Erwerb dieser Fähigkeiten resultieren in Defiziten, die ohne geeignete Intervention bis ins Erwachsenenalter bestehen können (z. B. Parsons & Bynner, 2005; Daniel, Walsh, Goldston, Arnold, Reboussin et al. 2006).

Klassische Interventionsprogramme zum Rechtschreiben und Rechnen, die häufig schulischem Lernen ähneln, können Kinder in ihrer digitalen Lebenswelt heute meist nur schwer erreichen. Daher wurde in den letzten Jahren verstärkt nach neuen spielerischen Ansätzen zur Förderung schriftsprachlicher und numerisch-mathematischer Fähigkeiten gesucht. Aktuell existieren verschiedene digitale Lernangebote und -spiele, die übergreifend (z. B. Lernwerkstatt: <http://www.lernwerkstatt.de>; Dybuster: <http://www.dybuster.com/de>) oder relativ spezifisch klassische Bildungsangebote zu Lesen/Rechtschreiben (z. B. Tintenflex: <http://www.legasthenie-software.de>) und Rechnen (z. B. The Number Race: <http://www.lacourseauxnombres.com/nr/home.php>; für eine Übersicht siehe auch Moeller, Fischer, Nuerk & Cress, 2015) ergänzen. Während viele dieser Lernumgebungen einen hohen Lernerfolg versprechen und z. T. mit werbewirksamen Preisen ausgezeichnet wurden (z. B. Meister Cody – Talasia, Kaasa health als „Best Educational Game in Europe“), sind nur einige wissenschaftlich evaluiert worden (Rechtschreiben: z. B. Kast, Baschera, Gross, Jaencke & Meyer, 2011; Rechnen: z. B. Wilson, Dehaene, Pinel, Revkin, Cohen et al., 2006; Butterworth & Laurillard, 2010). Unbestritten ist jedoch das Potential webbasierter Lernumgebungen attraktive Lernangebote zu gestalten, die mithilfe des Internets unabhängig von Ort und Zeit genutzt werden und sich mithilfe adaptiver Verfahren an die individuellen Voraussetzungen und Bedürfnisse der Lerner anpassen können.

Tübinger LernPlattform zum Erwerb numerischer und orthografischer Kompetenzen (TULPE)

Die „Tübinger LernPlattform zum Erwerb numerischer und orthografischer Kompetenzen“ bietet

individuelles Lernen unabhängig von formellen Bildungsangeboten. Um dies zu gewährleisten, wurde sie so entwickelt, dass ein Zugriff (auf die Lernplattform auf <http://lernplattform.iwm-knrc.de>¹) mit verschiedenen Endgeräten (Computer, Tablet-PC und/oder Smartphone) möglich ist. Ein wesentliches Unterscheidungsmerkmal und zugleich großer Vorteil gegenüber anderen Lernplattformen, ist die Anwendung adaptiver Verfahren zur individuellen Anpassung des Lernangebots: Auf intra-individueller Ebene werden Lernspiele entsprechend des in einer ersten Diagnostik eingeschätzten Lern- und Förderbedarfs angepasst. Auf inter-individueller Ebene werden Lern- und Spielpartner entsprechend ihres Leistungsniveaus ausgewählt, so dass eine möglichst ausgeglichene Paarung entsteht.

Die „TUEbinger LernPlattform“ vereint dabei (fast) alle Merkmale klassischer Lernplattformen (vgl. Bäumler et al., 2004). Sie

- i) stellt eine Auswahl an Lernspielen bereit;
- ii) bietet eine Benutzerverwaltung zum Anlegen von Benutzerprofilen, auf denen persönliche Informationen (Alter, Geschlecht, Lieblingsfach, Hobbies, etc.) der Nutzer hinterlegt werden können aber nicht müssen. Darüber hinaus können hier Lernstatus und -verlauf dokumentiert und ausgewertet werden;
- iii) ermöglicht die Kommunikation der Spieler untereinander (auch während des Spiels).

und ergänzt diese Elemente mit intra- und interindividueller Adaptivität für ein hohes Maß an Individualisierung von Spielen und Lernen.

Lernspiele der TUEbinger LernPlattform zum Erwerb numerischer und orthografischer Kompetenzen (TULPE)

Derzeit bietet die TULPE eine Auswahl von jeweils vier Rechtschreib- und Rechenspielen. Alle Lernspiele können im Einzel- oder Mehrspieler-Modus für bis zu fünf Mitspieler gespielt werden. Gerade das Spielen, Interagieren und Kommunizieren mit mehreren Mitspielern gleichzeitig ist eine Besonderheit dieser Lernspiele und Grundlage gemeinsamen, interaktiven Lernens.

Rechtschreibspiele

Der Entwicklung der Rechtschreibspiele ging eine detaillierte Analyse der linguistischen Eigenschaften,

auf denen die verschiedenen Rechtschreibregeln beruhen, voraus. Sie diente der Erfassung individueller Kompetenzen in zentralen orthografischen Bereichen, der Identifizierung möglicher Rechtschreibschwierigkeiten sowie der Ableitung adäquater Förderschwerpunkte. Dazu wurde die Rechtschreibleistung von Haupt- und RealschülerInnen bei zentralen Rechtschreibregeln (u. a. Konsonantenverdoppelung, Groß- und Kleinschreibung, Vokaldehnung, Auslautverhärtung) erfasst. Das Testmaterial wurde hinsichtlich Frequenz, Erwerbsalter, semantischen und morphophonologischen (z. B. Betonung, Sonorität) Merkmalen kontrolliert. Die Auswertung erfolgte mit Modellen der Item-Response-Theorie (IRT). Diese ermöglichen es, die Schwierigkeiten von Testitems und die Rechtschreibkompetenz der Schüler und Schülerinnen getrennt voneinander zu betrachten. Somit können der individuelle Leistungsstand berücksichtigt und bestehende Defizite mit einem adäquat an den Lernstand angepassten Schwierigkeitsniveau adressiert werden.

1. *Doppelungsspiel*: In der deutschen Sprache folgt – mit wenigen Ausnahmen (z. B. Bus) – auf einen kurzen Vokal ein Doppelkonsonant (z. B. Mann). Das *Doppelungsspiel* trainiert die Diskrimination von Vokallängen. Sie stellt eine Grundvoraussetzung für die korrekte Realisierung von Doppelkonsonanten dar (Landerl, 2005; Ise & Schulte-Körne, 2010). Das Spiel besteht aus zwei Phasen: In der ersten Phase – Identifikation – geht es um die Vokallängenidentifikation bei einem auditiv vorgegeben Wort (z. B. Tasse). An diese Phase schließt sich ein sogenanntes „Minispiel“ an, in dem herabfallende Münzen eingesammelt werden sollen, wofür Punkte vergeben werden. Auf den Münzen sind verschiedene Doppelkonsonanten abgebildet. Die Spieler dürfen nur die Münzen einsammeln, die den identifizierten Doppelkonsonanten des eingangs präsentierten Zielworts tragen. (z. B. „ss“). Im Anschluss an das Minispiel folgt die zweite Phase des *Doppelungsspiels* – Produktion. Hier soll das Zielwort korrekt eingetippt werden. In beiden Phasen erhalten die Spieler kindgerechtes Feedback zu ihrem Antwortverhalten. Dazu werden fröhliche oder traurige Gesichter (Smileys) gezeigt, je nachdem, ob die Aufgabe richtig oder falsch gelöst wurde. Abbildung 1A zeigt beispielhaft den Ablauf des *Doppelungsspiels*.
2. *LeTris*: Das Spiel „LeTris“ ähnelt dem Computerspieleklassiker „Tetris“. Indem Wörter nach auditiver Vorgabe (z. B.: KETTE) aus zufällig herunterfallenden Buchstaben (z. B.: L, T, E, K, etc.) zusammengesetzt werden sollen, trainiert es sowohl Wortsynthesefähigkeiten als auch Aufmerksamkeitsprozesse.

¹ Aufgrund von Entwicklungsarbeiten ist die TULPE u. U. zeitweise nicht erreichbar.

Wird das Zielwort korrekt zusammengesetzt, verschwindet die betreffende Zeile vom Spielfeld; andernfalls bleibt die Zeile bestehen. Je mehr Wörter fehlerhaft zusammengesetzt werden, desto mehr Zeilen verbleiben auf dem Bildschirm, was schließlich zur Beendigung des Spiels führt (Game Over).

3. **Wortfamilien:** Wörter werden einer Wortfamilie (z. B. spielen, Spiel, verspielt, spielerisch, etc.) zugeordnet, wenn sie das gleiche Stammorphem (z. B. -spiel) besitzen. Das Erkennen dieser morphologischen Beziehung ist ein weiterer Grundbaustein für die Entwicklung ungestörter Lese- und Rechtschreibfähigkeiten (Carlisle & Katz, 2006). Das Spiel *Wortfamilien* nimmt sich dieser Grundfertigkeit an: Zu Beginn wird ein Wort visuell präsentiert (z. B. passen). Dann wird eine Auswahl weiterer Wörter gezeigt (Schwimmflosse, Pass, Eis, verpassen, etc.). Die Spieler sollen sich möglichst alle Wörter zu der präsentierten Wortfamilie merken und diese korrekt eingeben. Sie erhalten Rückmeldung darüber, wie viele und welche Wörter sie richtig erkannt und geschrieben haben.
4. **Wortbausteine:** Dieses Spiel basiert ebenfalls auf dem Konzept der Wortfamilien: Visuell präsentierte Wörter (z. B. sperrig, versperrt, Läufer, verlaufen, Lesebuch, lesbar, etc.) sollen verschiedenen Stammmorphemen zugeordnet werden (z. B. sperr-, lauf-, les-). Beide Spiele *Wortfamilien* und *Wortbausteine* trainieren das Bewusstsein für morphologische Konsistenz, ein entscheidendes Konzept in der Orthografie. In einigen Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass ein derartiges Training die Entwicklung korrekter Rechtschreibfähigkeiten fördert (Ise & Schulte-Körne, 2010).

Rechenspiele

Die Spiele zur Verbesserung der Rechenleistungen trainieren die klassischen Grundrechenarten sowie die Zuordnung von numerisch-räumlichen Relationen. Fast alle Spiele sind als sogenannte Wahl-Reaktionsaufgaben implementiert. Bei diesen Aufgaben werden zwei oder mehr mögliche Lösungen zu einem Problem präsentiert. Der Lerner muss das richtige Ergebnis aus einer Auswahl falscher Ergebnisse herausfinden.

1. **Multiplikationsspiel:** Zur Übung von Multiplikationsfakten, dem sog. „Einmaleins“, wird zuerst das Ergebnis einer Multiplikationsaufgabe präsentiert (z. B. 24). Dann werden Multiplikationsaufgaben, die zum richtigen Ergebnis führen (z. B. 3×8 oder 4×6), und Distraktoren gezeigt (z. B. 4×8 oder 6×6). Es sollen die Aufgaben mit der Maus markiert werden, die das gesuchte Produkt ergeben. Beim

inversen Multiplikationsspiel wird die Aufgabe präsentiert und das korrekte Ergebnis soll ausgewählt werden.

2. **Partnerzahl:** Dieses Additionsspiel übt das Platz \times Wert oder Stellenwertsystem arabischer Zahlen. *Partnerzahl* trainiert die Addition im Zahlenraum bis 10. Den Spielern wird eine Zahl präsentiert (z. B. 4) und sie sollen aus einer Menge von Lösungsmöglichkeiten die Zahl auswählen, die addiert werden muss, damit sich die Summe 10 ergibt (z. B. 6).
3. **Über 10:** *Über 10* ist eine Erweiterung des *Partnerzahl*-Spiels. Hier wird die Addition mit Übertrag trainiert. Zuerst markieren die Spieler den Summanden, der sich mit der vorgegebenen Zahl (z. B. $8 + 2$) zu 10 addiert. Im Anschluss soll die Zahl ausgewählt werden (z. B. 7), die zur richtigen Lösung der eingangs präsentierten Aufgabe (z. B. $8 + 9$) führt.
5. **NumberLine:** Hier werden räumliche Repräsentationen von Zahlen trainiert. In dieser Aufgabe sollen zwei oder mehr Spieler die ungefähre Position einer vorgegebenen Zahl auf einem Zahlenstrahl markieren. Sobald ein Spieler seine Markierung gesetzt hat, kann kein weiterer Spieler diese Position als richtige Lösung angeben. Weder sehr genaue und langsame Schätzungen noch schnelle und inakurate Strategien führen hier zum Ziel. Zahlenstrahl-Spiele wurden bereits erfolgreich zum Training von Zahl- und Raumrelationen und Vermittlung entsprechender Lösungsstrategien eingesetzt (Link, Schwarz, Huber, Fischer, Nuerk et al., 2014). Abbildung 1B zeigt ein Beispiel des Zahlenstrahlspiels.

Die Rechtschreib- und Rechenspiele der TULPE entsprechen in vollen Umfang der obigen Definition digitaler Lernspiele (Hawlitsek, 2013, p. 23):

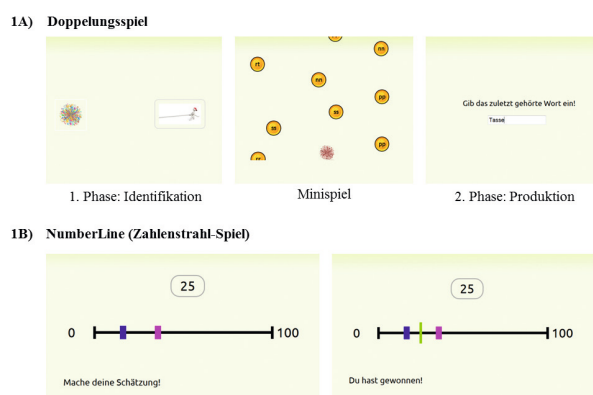


Abbildung 1. 1A: Doppelungsspiel zum Training phonologischer Bewusstheit

1B: NumberLine (Zahlenstrahl-) Spiel zum Training numerischer und räumlicher Relationen

- i) Sie wurden explizit zur Förderung numerischer und schriftsprachlicher Fähigkeiten entwickelt;
- ii) Die Spiele wurden von der entsprechenden Zielgruppe (fünfte und sechste Klasse) getestet, fanden positive Resonanz und wurden von einem großen Teil der Schülerinnen und Schüler mit Freude und Motivation gespielt.
- iii) Ihre Effektivität bei der Vermittlung von Rechen- und Rechtschreibkompetenzen wurde bereits in einer Pilotstudie wissenschaftlich evaluiert (Jung, Roesch, Huber, Heller, Grust et al., 2015). Für die Rechtschreibspiele *Doppelungsspiel*, *Wortfamilien* und *Wortbausteine* konnten dabei differentielle Interventionseffekte nachgewiesen werden. Für die Rechenspiele *Multiplikationsspiel*, *Partnerzahl* und *Über 10* ergab sich lediglich eine generelle Verbesserung über die Studie hinweg. Im Rahmen dieser Evaluation wurden Spielpartner entsprechend ihrer Rechen- und Rechtschreibfertigkeiten ausgewählt, so dass zwischen ihnen keine großen Leistungsunterschiede bestanden. Dieses Vorgehen erwies sich als sehr effektiv – auch wenn es in der Vorbereitung einige Zeit in Anspruch nahm und eine genaue Einschätzung durch den Klassenlehrer voraussetzte – und bestärkt uns in der Entwicklung und Bereitstellung eines individuellen und adaptiven Lernangebots.

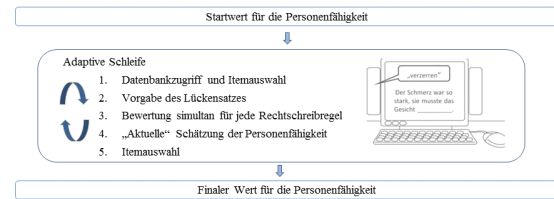
Individualisiertes, adaptives Lernen mit der TUEbinger LernPlattform zum Erwerb numerischer und orthografischer Kompetenzen

Adaptive Lernspiele können unterschiedliche individuelle Fähigkeiten und Lernverhalten erkennen, darauf reagieren und das Spielerlebnis – stets mit Blick auf den Lernerfolg – selbständig differenziert gestalten. Auf der TULPE wird die Adaptivität mit Methoden der Item-Response-Theorie umgesetzt. Für numerische und schriftsprachliche Aufgaben wurden dazu spezifische Aufgabenschwierigkeiten geschätzt und zugeordnet. Diese Parameter werden für die automatisierte selektive Vorgabe von Aufgaben entsprechend des individuellen Kompetenzniveaus des Lernalters benötigt. Die Umsetzung der Adaptivität erfolgt auf der TULPE gemäß der oben beschriebenen Unterscheidung zwischen Diagnostik und Lernförderung.

1. Adaptive Diagnostik der Rechtschreib- und Rechenkompetenz

Zur ersten Einschätzung der Rechen- und Rechtschreibfähigkeiten und als Grundlage für individualisiertes Lernen wurde eine *Initiale Diagnostik*

2A) Initiale (adaptive) Diagnostik am Beispiel Rechtschreibung



2B) Veränderung der Personenfähigkeiten im Verlauf der Rechtschreibdiagnostik

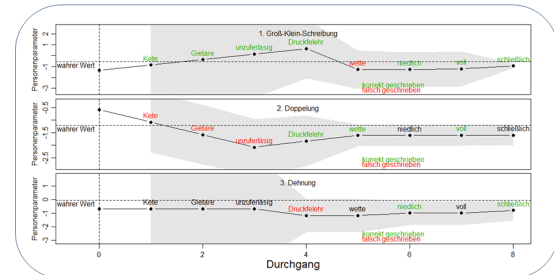


Abbildung 2. 2A: Schematischer Ablauf der Initialen Diagnostik am Beispiel Rechtschreibung

2B: Veränderung der Personenfähigkeiten im Verlauf der Rechtschreibdiagnostik für die Groß-Klein-Schreibung, Doppelung und Dehnung: grün = korrekte Schreibweise entsprechend der spezifischen Rechtschreibregel, rot = falsche Schreibweise, schwarz = Regel für dieses Wort nicht relevant

entwickelt. Sie ist den Lernspielen vorangeschaltet. Je nachdem, für welches Spiel sich ein Lerner entscheidet, wird mithilfe eines kurzen Tests der aktuelle Leistungsstand beim Rechtschreiben oder Rechnen erfasst. Im Bereich numerischer Fähigkeiten wird z. B. das Rechnen in den Grundrechenarten überprüft. Die Rechtschreibfähigkeiten werden hinsichtlich der verschiedenen Rechtschreibregeln (z. B. Groß-Klein-Schreibung, Doppelung, Dehnung, Auslautverhärtung, etc.) untersucht. Entscheidend dabei ist, dass bereits nach der Eingabe eines jeden Wortes automatisch bewertet wird, ob es entsprechend jeder einzelnen Rechtschreibregel richtig oder falsch geschrieben wurde. Dies ist notwendig, um für die nächste Aufgabe ein leichteres oder schwierigeres Wort auszuwählen und vorzugeben – je nachdem, ob das aktuelle Wort falsch oder richtig geschrieben wurde. Abbildung 2 zeigt den schematischen Ablauf der *Initialen Diagnostik* am Beispiel Rechtschreibung (A) und auch die Veränderung der geschätzten Fähigkeiten eines Lernalters im Verlauf der Diagnostik für die drei Rechtschreibregeln: Groß-Klein-Schreibung, Doppelung und Dehnung (B).

Auf Basis dieser *Initialen Diagnostik* können in einem nächsten Schritt die Lernspiele entsprechend des Leistungsniveaus des Lernalters angepasst und Förderungsschwerpunkte abgeleitet werden, so dass, z. B. ein bestimmtes Lernspiel empfohlen werden kann.

2. Adaptivität der Lernspiele

Um das Lernen mit der TULPE effektiv zu gestalten, werden die Lernspiele intra- und interindividuell adaptiv an das schriftsprachliche und numerische Kompetenzniveau der Lerner angepasst. Auf *intra-individueller* Ebene wird der individuelle Leistungsstand eines Lerners berücksichtigt. Zum einen lässt sich daran Lernerfolg und -verlauf des Lerners bewerten und beurteilen. Zum anderen kann bei Spielen mit computergesteuerten Spielpartnern, die Spielweise des Computers so angepasst werden, dass die individuelle Erfolgsrate für den Lerner stets bei über 50 % liegt. Die *inter-individuelle* Adaptivität findet in Lernspielen mit mehreren Lern- und Spielpartnern Anwendung. Das Lernspiel kann entsprechend des Leistungsniveaus des aktuellen Mit- oder Gegenspielers angepasst werden oder in Relation zu allen registrierten Spielern modifiziert werden. Mithilfe gespeicherter Spieldaten lässt sich für jeden Spieler und jedes Spiel eine Art Kompetenzindex bestimmen anhand dessen gleichstarke Mit- oder Gegenspieler ausgewählt werden können (ähnlich wie der ELO-Wert im Schach, vgl. Elo, 1978). Finden sich keine gleichstarken Spielpartner, so können z. B. leistungsstärkere Spieler ein Handicap erhalten. Solche Handicaps können etwa durch Verzögerungen bei der Aufgabenpräsentation oder bei der Registrierung des Antwortverhaltens realisiert werden. Dadurch wird angestrebt, Erfolgsraten auszubalancieren und somit die Motivation der Lerner unabhängig vom individuellen Fähigkeitslevel aufrecht zu erhalten.

Während die adaptive Diagnostik bereits implementiert ist, stellt die Umsetzung und Bereitstellung der adaptiven Lernspiele auf der „Tübinger LernPlattform zum Erwerb numerischer und orthografischer Kompetenzen“ den nächsten Meilenstein auf dem Weg zur maßgeschneiderten und motivierenden Förderung schriftsprachlicher und numerischer Kompetenzen dar.

LERNEN MIT DIGITALEN MEDIEN – PERSPEKTIVEN UND AUSBLICK

Web-basierte Lernumgebungen – Lernplattformen und digitale Lernspiele – haben sich in den letzten Jahren zu vielversprechenden Instrumenten für den Einsatz in und außerhalb von pädagogischen Kontexten

entwickelt. Selbst beim Lernen der zentralen Kulturtechniken Rechtschreiben und Rechnen, das traditionell eher mühsam und zeitaufwendig ist und überwiegend in der Schule stattfindet, hat sich ihr Einsatz fraglos bewährt (siehe Butterworth & Laurillard, 2010, Kast et al., 2011). Mit computerunterstützten Lernumgebungen können diese Fähigkeiten *spielerisch* gefördert und Defizite verringert werden (siehe Li & Ma, 2010; Torgerson & Zhu, 2003). Lerneffekte sind dabei oft sogar höher, wenn digitale Lernspiele in der Gruppe gespielt werden (Wouters et al., 2013). Aus diesem Grund werden Lernspiele auf der TULPE auch im Mehrspielermodus angeboten.

Der oft als motivierend angesehene Charakter von Lernspielen ist jedoch anfällig. So deutet die aktuelle Metaanalyse von Wouters und Kollegen (2013) darauf hin, dass digitale Lernspiele nicht motivierender sind als klassische Lernmethoden. Dabei scheint es entscheidend, wie selbständig ein Nutzer über das Spiel und die Lerninhalte entscheiden kann und wie tief er in der Spielewelt versinkt. Dennoch scheinen sich motivationale Prozesse regulieren zu lassen: Bei der Evaluation der Rechtschreib- und Rechenspielen der TULPE ergab sich, dass ein Aufeinandertreffen gleichfähiger Lern- oder Spielpartner entscheidend dafür ist, dass insbesondere leistungsschwächere Lerner weder Motivation noch Freude am Spiel verlieren – was sich negativ auf den Lernerfolg in Lernspielen auswirken kann (Liu et al., 2013). Hier ansetzend bietet die Implementierung von Adaptivität eine vielversprechende Methode, um Lernspiele automatisiert entsprechend des Leistungsniveaus des aktuellen Mit- oder Gegenspieler anzupassen. Darüber hinaus ermöglicht sie eine hohe Individualisierung diagnostischer Verfahren und darauf aufbauend die Auswahl spezifischer Lerninhalte.

Wie in der personalisierten Medizin werden unseres Erachtens auch Lernspiele und Lernangebote stärker personalisiert und an die individuellen Bedürfnisse adaptiert werden müssen, damit möglichst effektiv gelernt werden kann. Dadurch steigen die Anforderungen an die Entwicklung von Lernplattformen und -spielen, für deren Bewältigung eine enge Zusammenarbeit von Informatik, Psychologie, Pädagogik sowie weiteren beteiligten Fachdisziplinen unerlässlich ist. Gelingt es adaptive Verfahren in web-basierte Lernumgebungen zu integrieren und somit ihr didaktisches und motivationales Potential nutzbar zu machen, bieten sie ein erfolgversprechendes Lernmedium, das der digitalisierten Lebenswirklichkeit unserer Kinder entspricht.

Literatur

- Appel, M. & Schreiner, C. (2014). Digitale Demenz? Mythen und wissenschaftliche Befundlage zur Auswirkung von Internetnutzung. *Psychologische Rundschau*, 65, 1–10.
- Bäumer, M., Malys, B. & Wosko, M. (2004). Lernplattformen für den universitären Einsatz. In K. Fellbaum & M. Göcks (Hrsg.), *eLearning an der Hochschule* (pp. 121–140), Aachen: Shaker Verlag.
- Bildung in Deutschland* (2006). Bielefeld: Bertelsmann Verlag.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF): Digitale Medien in der beruflichen Bildung. Zugriff am 13.11.2014 unter <http://www.bmbf.de/de/16684.php>.
- Butterworth, B. & Laurillard, D. (2010). Low numeracy and dyscalculia: Identification and intervention. *ZDM Mathematics Education*, 42 (6), 527–539.
- Carlisle, J. F. & Katz, L. A. (2006). Effects of word and morpheme familiarity on reading of derived words. *Reading and Writing*, 19 (7), 669–693.
- Connolly, T. M., Boyle, E. A., MacArthur, E., Hainey, T. & Boyle, J. M. (2012). A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games. *Computers & Education*, 59 (2), 661–686.
- Daniel, S. S., Walsh, A. K., Goldston, D. B., Arnold, E. M., Reboussin, B. A. & Wood, F. B. (2006). Suicidality, school dropout, and reading problems among adolescents. *Journal of Learning Disabilities*, 39, 507–514.
- Egenfeldt-Nielsen, S. (2007). *Educational potential of computer games*. Continuum.
- Elo, A. E. (1978). *The rating of chessplayers, past and present* (Vol. 3). London: Batsford.
- Felicia, P. (Hrsg.) (2011). *Handbook of Research on Improving Learning and Motivation through Educational Games*. IGI Global.
- Friedrich, H. F., Hron, A. & Töpfer, J. (2011). Lernplattformen in der Schule. In: *Schule in der digitalen Welt* (pp. 117–141). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Hawlitsek, A. (2013). *Spielend Lernen. Didaktisches Design Digitaler Lernspiele Zwischen Spielmotivation und Cognitive Load* (Vol. 20). Logos Verlag Berlin GmbH.
- Herzig, B. & Grafe, S. (2007). *Digitale Medien in der Schule. Standortbestimmung und Handlungsempfehlungen für die Zukunft. Studie zur Nutzung digitaler Medien in allgemein bildenden Schulen*. Dt. Telekom, Zentralbereich Unternehmenskommunikation.
- Ise, E. & Schulte-Körne, G. (2010). Spelling deficits in dyslexia: evaluation of an orthographic spelling training. *Annals of Dyslexia*, 60 (1), 18–39.
- Jung, S., Roesch, S., Huber, S., Heller, J., Grust, T., Nuerk, H.-C. et al. (2015). An Interactive Web-Based Learning Platform for Arithmetic and Orthography. In N. E. Mastorakis, A. L. Brooks, & I. J. Rudas (Eds.), *Advances in Computers and Technology for Education – Proceedings of the 11th International Conference on Educational Technologies* (pp. 13–22). Dubai: WSEAS.
- Kalyuga, S. (2006). Assessment of learners' organised knowledge structures in adaptive learning environments. *Applied cognitive psychology*, 20 (3), 333–342.
- Kast, M., Baschera, G. M., Gross, M., Jäncke, L. & Meyer, M. (2011). Computer-based learning of spelling skills in children with and without dyslexia. *Annals of dyslexia*, 61 (2), 177–200.
- Ke, F. & Grabowski, B. (2007). Gameplaying for maths learning: cooperative or not?. *British Journal of Educational Technology*, 38 (2), 249–259.
- Ke, F. (2009). A qualitative meta-analysis of computer games as learning tools. *Handbook of research on effective electronic gaming in education*, 1, 1–32.
- Kickmeier-Rust, M. D., Albert, D. & Roth, R. (2007). *A Methodological Approach to Address Individual Factors and Gender Differences in Adaptive E-Learning*. na.
- Kubinger, K. D. (1993). Testtheoretische Probleme der Computertagnostik. *Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie*, 37 (3), 130–137.
- Landerl, K. (2005). Reading acquisition in different orthographies: Evidence from direct comparisons (pp. 513–530). In M. Joshi, & P. G. Aaron (Hrsg.), *Handbook of orthography and literacy*. Hove: Erlbaum.
- Li, Q. & Ma, X. (2010). A Meta-analysis of the Effects of Computer Technology on School Students' Mathematics Learning. *Educational Psychology Review*, 22 (3), 215–243.
- Link, T., Schwarz, E. J., Huber, S., Fischer, U., Nuerk, H.-C., Cress, U. et al. (2014). Mathe mit der Matte – Verkörperlichtes Training basisnumerischer Kompetenzen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 17 (2), 257–277.
- Liu, D., Li, X. & Santhanam, R. (2013). Digital games and beyond: What happens when players compete? *Management Information Systems Quarterly*, 37 (1), 111–124.
- Moeller, Fischer, Nuerk, Cress (2015), Computers in mathematics education – Training the mental number line, *Computers in Human Behavior*, 48, 597–607.
- Oblinger, D. G. (2004). The next generation of educational engagement. *Journal of interactive media in education*, 2004 (1), Art. - 10.
- Parsons, S. & Bynner, J. (2005). *Does numeracy matter more?*. London: National Research and Development Centre for adult literacy and numeracy.
- Pekrun, R. (1992). The impact of emotions on learning and achievement: Towards a theory of cognitive/motivational mediators. *Applied Psychology*, 41 (4), 359–376.
- Petko, D. (2010). *Lernplattformen in Schulen*. Springer Fachmedien.
- Petko, D. (2008). Unterrichten mit Computerspielen. Didaktische Potenziale und Ansätze für den gezielten Einsatz in Schule und Ausbildung. *MedienPädagogik. Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 15, 2008.
- Ritterfeld, U., Cody, M. J. & Vorderer, P. (2009). *Serious games: mechanisms and effects*. New York: Routledge.
- Ritterfeld, U. (2011). Beim Spielen lernen? Ein differenzierter Blick auf die Möglichkeiten und Grenzen von Serious Games. *Computer + Unterricht*, 21 (84), 54–57.
- Torgerson, C. & Zhu, D. (2003). A systematic review and meta-analysis of the effectiveness of ICT on literacy learning in English. In: *Research Evidence in Education Library*.

(pp. 5–16). London: EPPI-Centre, Social Science Research Unit, Institute of Education, University of London.

van der Linden, W. J. & Glas, C. A. (Hrsg.). (2000). *Computerized adaptive testing: Theory and practice*. Dordrecht: Kluwer Academic.

Verdú, E., Regueras, L. M., Verdú, M. J., De Castro, J. P. & Pérez, M. A. (2008). An analysis of the research on adaptive learning: the next generation of e-learning. *WSEAS Transactions on Information Science and Applications*, 5 (6), 859–868.

Warren, S. J., Dondlinger, M. J. & Barab, S. A. (2008). A MUVE towards PBL writing: Effects of a digital learning environment designed to improve elementary student writing. *Journal of Research on Technology in Education*, 41 (1), 113–140.

Wechselberger, U. (2009). Lernspiele aus pädagogischer Sicht. In: B. Hofmann, H.J. Ulbrich (Hrsg.): *Geteilter Bildschirm – getrennte Welten? Konzepte für Pädagogik und Bildung*. (pp. 145–152). Konzepte für Pädagogik und Bildung. München.

Wilson, A. J., Dehaene, S., Pinel, P., Revkin, S. K., Cohen, L., & Cohen, D. (2006). Principles underlying the design of. *Behavioral and Brain Functions*, 2 (1), 19.

Wouters, P., van Nimwegen, C., van Oostendorp, H. & van der Spek, Erik D. (2013). A meta-analysis of the cognitive and motivational effects of serious games. *Journal of Educational Psychology*, 105 (2), 249–265.



Stefanie Jung

*Diplom Lehr- und
Forschungslogopädin
(2010, RWTH Aachen).
Arbeitet als wissen-
schaftliche Mitarbeiterin
am Leibniz-Institut für*

*Wissensmedien und an der Universität Tübingen.
Ihre Forschungsschwerpunkte umfassen das
(Wiederer-)Lernen sprachlicher Kompetenzen,
das evidenzbasiertes Vorgehen in der Sprach-
therapieforschung sowie die Entwicklung web-
basierter Interventionen.*



Juergen Heller, Prof. Dr.

*Diplom-Psychologe,
leitet seit 2006 den
Arbeitsbereich Forschungs-
methoden und Mathe-
matische Psychologie
am Fachbereich Psycho-*

*logie der Eberhard Karls Universität Tübingen.
Seine Forschungsinteressen liegen vor allem im
Bereich der Wahrnehmungspsychologie und der
Repräsentation und Diagnose von Wissen.*



Stefan Huber, Dr.

*Psychologe (2009, Mag.
rer. Nat.) und Informatiker
(2013, B.Eng., 2013, Paris-Lo-
dron Universität Salzburg).
Arbeitet als wissenschaft-
licher Mitarbeiter am*

*Leibniz-Institut für Wissensmedien in Tübingen.
Er untersucht die Grundlagen der Zahlenverar-
beitung und des Rechnens sowie die Entwicklung
und Evaluation computerbasierter Trainings.*



Torsten Grust, Prof. Dr.

*Diplominformatiker, Infor-
matiker an der Universität
Tübingen, Inhaber des
Lehrstuhls für Datenbank-
systeme am Fachbereich
Informatik. Arbeitsschwer-*

*punkte sind die Übersetzung von Anfrage-
sprachen, die wissenschaftliche Datenanalyse,
deren Korrektheit und Nachvollziehbarkeit.*



**Korbinian Möller,
Prof. Dr.**

Diplom-Psychologe (2006, RWTH Aachen), M.Sc. (University of Dundee, Schottland), leitet seit 2012 als Professor die Nachwuchsgruppe Neuro-

kognition am Leibniz-Institut für Wissensmedien in Tübingen. In seiner Forschung befasst er sich mit den neuropsychologischen Grundlagen mathematischen Denkens, sowie der numerischen Entwicklung und deren Störungen bei Kindern.



**Hans-Christoph
Nuerk, Prof. Dr.**

Psychologe und Mathematiker. Er leitet seit 2008 den Arbeitsbereich Diagnostik und Kognitive Neuropsychologie am Fachbereich Psychologie

der Eberhard Karls Universität Tübingen. Sein Forschungsschwerpunkt sind die (neurokognitiven) Grundlagen mathematischen Lernens sowie dessen Störungen und geeignete Interventionen.