

# Dybuster – Ein adaptives, multi-modales Therapiespiel für Legastheniker

Gian-Marco Baschera, Markus Gross

Departement für Informatik  
ETH Zürich  
Universitätstrasse 6  
8092 Zürich  
gianba@inf.ethz.ch  
grossm@inf.ethz.ch

**Zusammenfassung:** Wir stellen ein multi-modales Therapiespiel für Legastheniker vor. Das Training der Rechtschreibung wird unterstützt durch multi-sensorische Lernhilfen, welche recodierte Information über die Orthographie enthalten. Die Computerspiel-ähnliche Lernumgebung, mit 3D Graphik und Interaktionskomponenten, erlaubt ein Eintauchen in die spielerische 3D-Welt. Zusätzlich kann während dem Training durch korrekte Eingaben virtuelles Geld gesammelt werden, welches dem Benutzer erlaubt im Shop verschiedene Items, wie Hintergrundbilder und visuelle Effekte, zu erwerben. Die Software wurde mit einem Phonem-basierten Benutzermodell erweitert und in zwei Benutzerstudien evaluiert.

## 1 Einleitung

Legasthenie zeichnet sich durch unterdurchschnittliche Lese- und Rechtschreibfähigkeiten, trotz durchschnittlichem oder überdurchschnittlichem IQ, adäquater Ausbildung und unauffälligem sozialem Umfeld, aus [WO93]. Legasthenie tritt hauptsächlich in westlichen Sprachen, wie Englisch, Deutsch, Französisch oder auch Spanisch, auf. Schätzungsweise 5-7% der westlichen Bevölkerung leiden an unterschiedlich ausgeprägten Formen von Legasthenie [RE89].

### 1.1 Konzept

Gross und Vögeli [GV07] entwickelten an der ETH einen multi-modalen Therapieansatz für Legastheniker. Die Trainingssoftware basiert auf den

Konzepten der Informationstheorie und des multi-sensorischen Lernens. Die Grundidee ist eine Recodierung von Wörtern in multi-modale Repräsentationen unter Verwendung unterschiedlicher Codes. Ein topologischer Code zerlegt die Wörter in ihre Silben und visualisiert diese in einer Baumstruktur. Ein Symbol- und ein Farbcode weisen Buchstaben entsprechende 3D-Objekte zu, welche Gross-Kleinschreibfehler und die Vertauschung von phonologisch ähnlichen Buchstaben zu verhindern versuchen. Ein zusätzlicher auditiver Code berechnet eine wortspezifische Tonsequenz, welche dem Benutzer vor der Worteingabe vorgespielt wird. Diese Codierung in strukturelle, symbolische, farbliche und melodische Repräsentationen ist in Abbildung 1 schematisch dargestellt. Neben der Informationsübermittlung dienen die verschiedenen Kanäle auch der Stimulierung unterschiedlicher Sinne, was das Ausbilden neurologischer Verknüpfungen stärkt und somit die Aufnahmefähigkeit an Information anhebt [SS08].

### 1.1 Trainingsspiele

Die Dybuster Software ist in drei Spiele gegliedert. Im ersten Spiel, dem Farbspiel (Abbildung 2, links-oben), wird die Farb-Buchstaben Zuordnung trainiert. Die Kinder müssen sich an die immer mehr verblassende Farbe der Buchstaben erinnern und die jeweils Richtige auswählen. Das zweite Spiel, das Graphspiel (Abbildung 2, rechts-oben) fordert den Benutzer auf, die

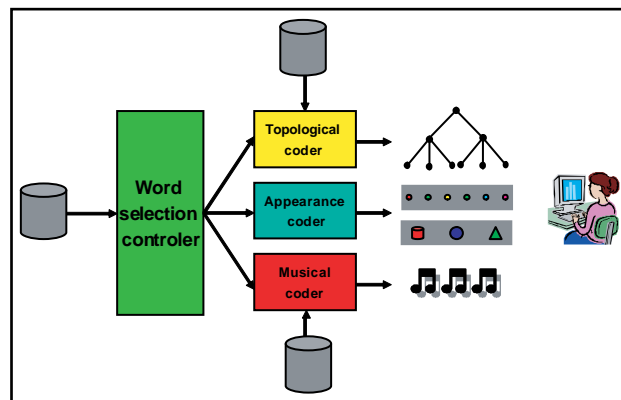


Abbildung 1 [GV07]: Die konzeptionellen Komponenten der Legasthenie-Therapiesoftware Dybuster. Der Wortselektionskontroller wählt die zu übenden Worte aus der Datenbank. Diese werden dann in die verschiedenen Repräsentationen kodiert und dem Benutzer zur Lernunterstützung präsentiert.

Struktur eines Wortes mittels des Silbengraphen zu visualisieren. Diese ersten zwei Spiele dienen hauptsächlich dazu, die in Dybuster integrierten Codes zu lernen. Im dritten Spiel, dem eigentlich Wortlernspiel (Abbildung 2, Mitte-unten), werden dem Benutzer alle Lernhilfen präsentiert. Der physikalisch animierte Graph und die Symbole werden dargestellt, die wortspezifische Melodie abgespielt und das Wort von einer Stimme diktiert. Die Kinder müssen dann die Worte, mit Hilfe der Rechtschreibhilfen, korrekt auf der Tastatur eingeben.

Die Wortselektion des Wortlernspiels basiert auf einer Buchstabenvertauschungsmatrix und einem Wortschwierigkeitsmass. Das heisst, während des Trainings erstellt das Lernspiel ein Profil des Benützers und speichert sich die Häufigkeit von Buchstabenvertauschungen. Gleichzeitig wird für jedes Wort eine Fehlerhistorie gespeichert. Anhand dieser zwei Masse und der Worthäufigkeit in Textkorpora, werden die Wörter fürs Training ausgewählt, um einen optimalen Lernfortschritt des Benützers

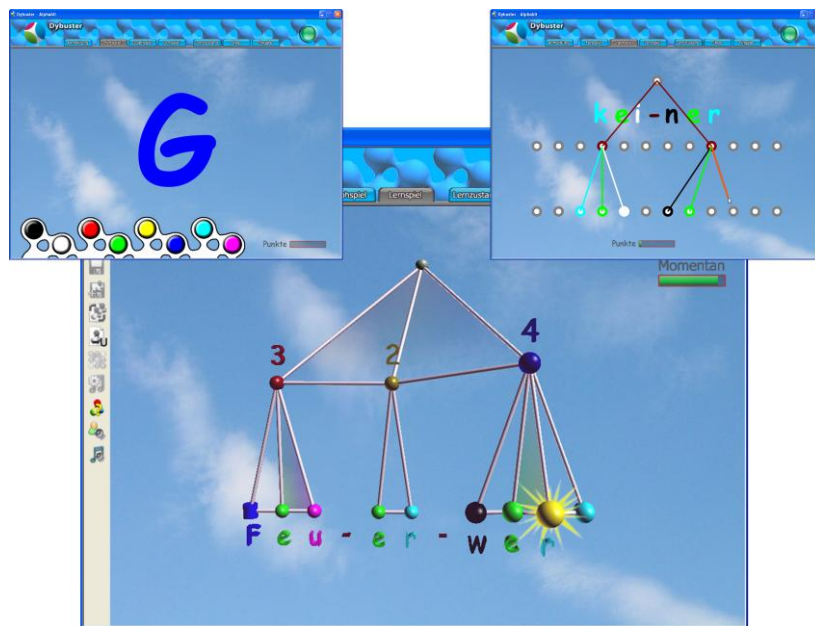


Abbildung 2: Die drei Lernspiele: (links-oben) Farbspiel zum Training der Buchstaben-Farb-Zuordnung, (rechts-oben) Graphspiel zum Training der Silbenstruktur, (Mitte-unten) Wortlernspiel mit visueller Präsentation der Informationskanäle. Gelbes Halo signalisiert, dass die Farbzordnungsinformation des korrekten Buchstaben „h“ den Fehler verhindern könnte.

zu erzielen. Dies beinhaltet sowohl die Auswahl von noch nicht abgefragten Wörtern aus einer Datenbank, welche einen hohen Trainingseffekt versprechen, als auch die Repetition von falsch geschriebenen Wörtern.

Im überwachten Modus, welcher in den Studien eingesetzt wurde, steuert der Spielkontroller die Wechsel zwischen den einzelnen Spielen, um ein ausgewogenes Training zu garantieren. Zu Beginn werden das Farb- und Graphspiel verstärkt eingesetzt, um die verschiedenen Informationsrepräsentationen zu lernen. Im Verlaufe des Trainings wird deren Anteil jedoch reduziert und nur noch zur Auffrischung der Codes verwendet.

## 2 Trainingsmotivation

Die Trainingsmotivation ist ein wichtiger Bestandteil der Wirksamkeit eines Therapieansatzes. Die beschriebene Therapiesoftware ist selbst kein hochkomplexes Computerspiel. Spielkonzepte wie das Memory-ähnliche Farbspiel tragen nur einen Teil zur Trainingsmotivation der Kinder bei. Die Lernspiele wurden vor allem auch mit, von Computerspielen bekannten, Elementen erweitert.

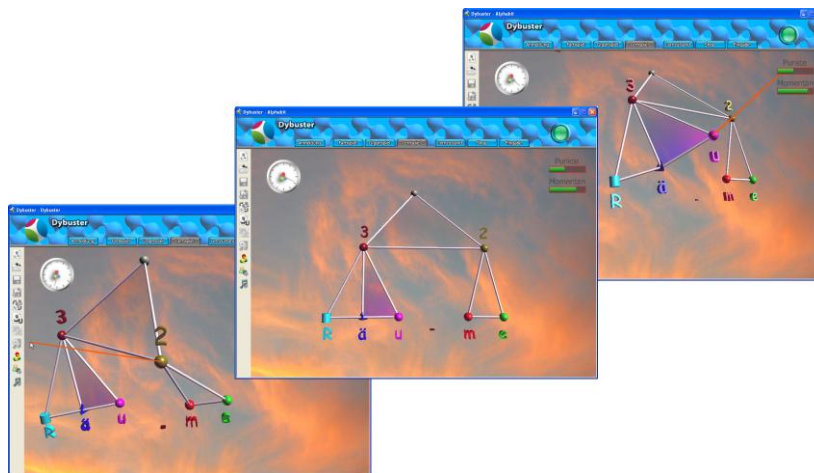


Abbildung 3: Interaktion mit dem physikalisch animierten Silbenbaum. Unterschiedliche Interaktionsmöglichkeiten können im Shop erworben werden. Der animierte Graph dient nicht nur zur Motivationssteigerung, sondern ermöglicht Rückmeldungen auf gemachte Fehler.

## 2.1 Physikalisch animierte 3D Graphik

Die spielerische Lernumgebung mit 3D Graphik und Interaktionskomponenten erinnert eher an gängige Computerspiele als an einen Vokabeltrainer. Legasthenische Kinder, welche verstärkt eine Abneigung gegen das Training der Rechtschreibung zeigen, können so in einer Lernumgebung arbeiten, mit welcher sie positive Assoziationen hegen. Die Interaktion mit dem physikalisch animierten Graphen (siehe Abbildung 3) erlaubt ein Eintauchen in die spielerische 3D-Welt. Auch die einzelnen Informationskanäle interagieren selbst mit dem Benutzer und versuchen, durch visuelle und auditorische Rückmeldung auf Fehler, die vollständige Darstellung falsch geschriebener Wörter zu verhindern. So ertönt bei einer fehlerhaften Eingabe ein Signal und Codes, welche zur Fehlervermeidung hilfreich wären, werden verstärkt hervorgehoben. Bei einer Eingabe eines falsch gefärbten Buchstaben, z.B., deutet ein Halo in der korrekten Farbe die falsche Farbzuordnung an (siehe Abbildung 2, Mitte-unten). Dies ermöglicht es dem Benutzer während des Wortlernspiels zu erkennen, wie

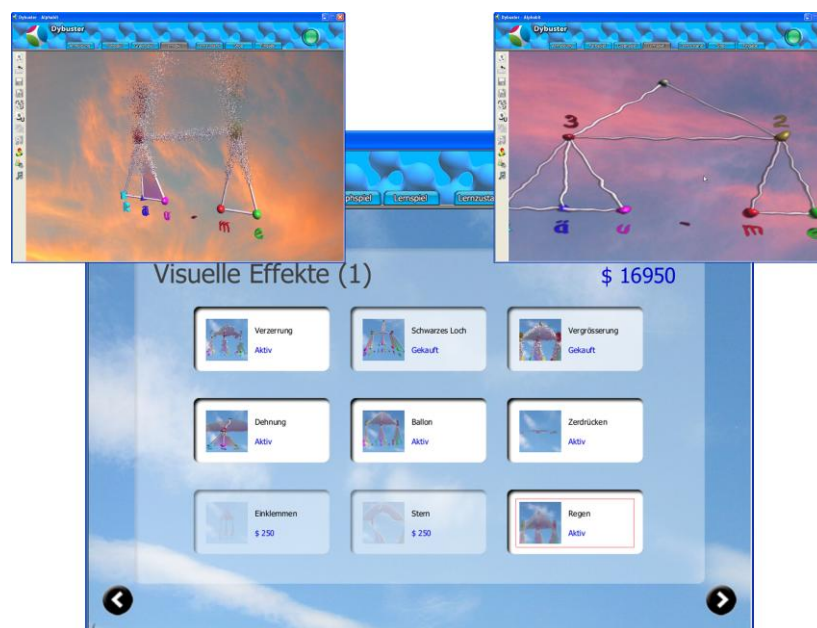


Abbildung 4: Virtueller Shop (Mitte-unten): Mit dem verdienten virtuellen Geld können im Shop neue Hintergründe, visuelle und auditive Effekte und Interaktionsmöglichkeiten gekauft werden. Zwei visuelle Übergangseffekte sind links- und rechts-oben dargestellt.

die unterschiedlichen Kanäle verwendet werden können, um Fehler zu verhindern.

## **2.2 Virtueller Shop**

Zusätzlich können während dem Training durch korrekte Eingaben Punkte gesammelt werden, welche, in gewissen Intervallen, in virtuelles Geld umgewandelt werden. Damit kann der Benutzer dann verschiedene Items im virtuellen Shop kaufen. Diese umfassen z.B. neue Hintergrundbilder, visuelle Übergangseffekte und unterschiedliche Instrumente für die Darbietung der auditiven Codes (siehe Abbildung 4). Diese extrinsischen Belohnungen verstärken zwar nicht die intrinsische Motivation für ein Rechtschreibtraining [DK99], der aus Rollenspiel bekannte Sammeltrieb treibt die Kinder jedoch stark zum weiteren Spielen an.

## **3 Resultate**

Zur Evaluation des multi-modalen Therapieansatzes wurde an der ETH Zürich, in Kollaboration mit dem Institut für Neuropsychologie der Universität Zürich, über 6 Monate eine Benutzerstudie durchgeführt [KM07]. 43 deutschsprachige Legastheniker im Alter von 9-11 Jahren und eine damit abgestimmte Kontrollgruppe von 37 Kindern, mit durchschnittlichen Lese- und Rechtschreibfähigkeiten, nahmen an der Studie teil. Die Kinder wurden in vier Gruppen aufgeteilt. Eine Legastheniker- (LT) und eine Kontrollgruppe (KT), welche die ersten 3 Monate trainierten, und eine zweite Legastheniker- (LN) und Kontrollgruppe (KN), die währenddessen nur den normalen Schulunterricht besuchten. In den zweiten 3 Monaten sistierten die Gruppen LT und KT ihr Training, und die anderen zwei Gruppen LN und KN begannen mit dem Therapiespiel zu arbeiten. Während dem jeweils dreimonatigen Training übten die Kinder im Schnitt 965 Minuten mit den Lernspielen. Dies zeigt eindeutig, dass trotz einer Abneigung gegen ein Rechtschreibtraining, die Kinder dank der spielerischen Lernumgebung für die eher trockene Materie der Rechtschreibung motiviert werden konnten. Rechtschreibtests am Anfang, in der Mitte und am Ende der Studie ergaben einen starken Lernfortschritt in allen Gruppen. Die Legastheniker verbesserten ihre Rechtschreibfähigkeiten mit dem Training um 27% im Vergleich zu einem Lernfortschritt von 4% der Kinder, welche nur den regulären Schulbetrieb besuchten (siehe Abbildung 5). Die Kontrollgruppe konnte mit dem Training ihren Lernfortschritt von 17% auf 30% steigern.

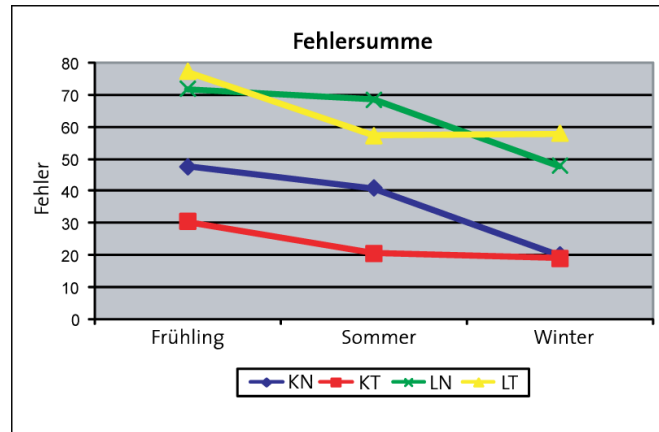


Abbildung 5: Lernfortschritt der zwei Legasthenikergruppen (LN/LT) und der zwei Kontrollgruppen (KN/KT).

Anhand der Logdateien, in welchen alle Interaktionen der Kinder mit zugehörigem Zeitstempel gespeichert wurden, wurde ein verbessertes Benutzermodell erarbeitet [BG09]. Basierend auf der phonologischen Repräsentation der Worte konnte eine detailliertere Fehlerklassifikation und die daraus folgende Schwierigkeitseinschätzung noch nicht abgefragter Wörter berechnet werden (siehe Abbildung 6, links). Dies ermöglichte eine verbesserte Anpassung der Wortselektion an den Benutzer. Das Wortlernspiel wählt die Wörter aus der Datenbank aus, welche den größten Lernfortschritt für den Benutzer versprechen. Zufällig verteilte Fehlern, wie Tippfehler, werden z.B. weniger Beachtung geschenkt als den, für Legastheniker sehr relevanten, Phonem-Graphem Zuordnungsfehlern.

In einer zweiten Benutzerstudie mit demselben Aufbau wurde das optimierte Therapiespiel evaluiert. 40 legasthenische und 27 Kontrollkinder trainierten erneut über den Zeitraum von 3 Monaten im Durchschnitt 940 Minuten. Die aufgezeichneten Trainingsdaten wurden anhand von Lernkurven [NR81] analysiert. Dabei werden aus den empirisch erhobenen Daten die Parameter einer exponentiellen Fehlerabnahmefunktion geschätzt. In Abbildung 6 (rechts) sind die Trainingsfortschritte in der Phonem-Graphem Zuordnung der Kinder der ersten und der zweiten Studie dargestellt. Die Analysen zeigen eine 104 prozentige Erhöhung des Trainingsfortschrittes in der Phonem-Graphem Zuordnung durch das verbesserte Benutzermodell auf. Im Gegensatz dazu konnte kein signifikanter Unterschied bei den Tippfehlern zwischen den beiden Studien festgestellt werden.

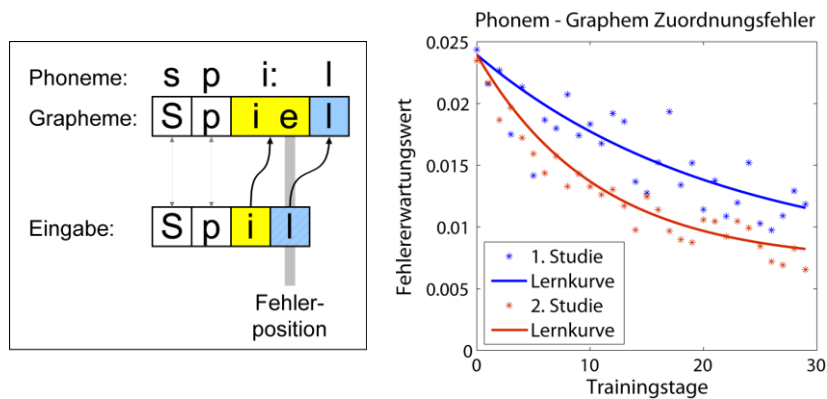


Abbildung 6: (links) Die Phonem-basierte Fehlerklassifikation erkennt den Dehnungsfehler korrekt, im Gegensatz zur Buchstabenvertauschungsmethode, welche auf ein „e“-„l“-Vertauschungsproblem schliesst. (rechts) Lernfortschritt in der Phonem-Graphem Zuordnung für erste und zweite Studie.

#### 4 Schlussfolgerungen und weiterführende Arbeiten

Die präsentierte Software Dybuster zeigt wie Spielelemente erfolgreich in eine Therapiesoftware integriert werden können. Das zentrale Konzept ist, anstatt Lerninhalte in richtige Computerspiele zu integrieren, Computerspiel-ähnliche Elemente zu verwenden, um eine vertraute Lernumgebung mit positiven Assoziationen zu erzeugen. Die Resultate der zwei Benutzerstudien belegen, dass die anhaltende Lernmotivation zu grossen Lernfortschritten in der Rechtschreibung führte.

In folgenden Projekten werden wir versuchen weitere Elemente aus dem Gebiet der Computerspiele zu integrieren. Ein Hauptaugenmerk liegt dabei auf dem Verwenden von Charakteren, welche eine menschenähnlichere Interaktion mit dem Benutzer ermöglicht. Wir werden untersuchen, wie eine solche Interaktion mit einer Figur, welche die Erzählung einer fortlaufenden Geschichte ermöglicht, die Langzeitmotivation beeinflusst.

#### Literatur

- [BG09] Baschera, G.; Gross, M.: A Phoneme-based Student Model for Adaptive Spelling Training. In Proceedings of Artificial Intelligence in Education, 2009; IOS Press; S. 614-616.



- [DK99] Deci, E.; Koestner, R.; Rayn, R.: A Meta-Analytic Review of Experiments Examining the Effects of Extrinsic Rewards on Intrinsic Motivation. In: *Psychol Bull*, 1999; 125(6); S. 627-668.
- [GV07] Gross, M.; Vögeli, C.: A Multimedia Framework for Effective Language Training. In: *Computer & Graphics*, 2007; 31; S. 761-777.
- [KM07] Kast, M.; Meyer, M.; Vögeli, C.; Gross, M.; Jäncke, L.: Computer-based Multisensory Learning in Children with Developmental Dyslexia. In: *Restorative Neurology and Neuroscience*, 2007; 25(3-4); S. 355-369.
- [NR81] Newell, A.; Rosenbloom, P. S.: Mechanisms of Skill Acquisition and the Law of Practice. In (Anderson, J. R. (eds)): *Cognitive Skills and their Acquisition*. 1981; S. 1-55.
- [RE89] Reitsma, P.: Orthographic memory and learning to read. In (Aaron, P.G., & Joshi, R.M. (eds)): *Reading and Writing Disorders in Different Orthographic Systems*, 1989; 52, S. 51-74.
- [SS08] Shams, L.; Seitz, A.: Benefits of multisensory learning. In: *Trends Cogn Sci*, 2008; 12(11); S. 411-417.
- [WH93] World Health Organization: ICD-10. The international classification of diseases, Vol. 10: Classification of mental and behavioral disorders; Geneva, 1993.