



www.gdmschweiz.ch

Vorsitz: Prof. Dr. Esther Brunner, Pädagogische Hochschule Thurgau, Unterer Schulweg 3, 8280 Kreuzlingen, +41 71 678 56 56, esther.brunner@phtg.ch

MSc. Lis Reusser, Pädagogische Hochschule Bern, Institut für Heilpädagogik, Fabrikstrasse 8, 3012 Bern, +41 31 309 26 41, lis.reusser@phbern.ch

Preisverleihung an die fachlich problematische Lernsoftware „Calcularis“

Anlässlich der Didacta 2014 wird die Lernsoftware „Calcularis“ mit einem Worlddidac Award ausgezeichnet. Die Bekanntgabe dieses Preises war für den Vorstand der GDM Schweiz Anlass, sich an die Entwickler von Calcularis sowie an die Jury des Worlddidac Award zu wenden und in einer ausführlichen inhaltlichen Stellungnahme darzulegen, warum der Vorstand der GDM Schweiz Vorbehalte sowohl an der Preisverleihung als auch an Calcularis hat. Gleichzeitig wurden die Hauptkritikpunkte in einem Gespräch den Entwicklern der Software persönlich dargelegt.

Die Jury des Worlddidac Award hat unsere Kritikpunkte zwar verdankt und das stattgefunden Gespräch mit den Entwicklern explizit begrüsst, findet die Preisverleihung aber dennoch gerechtfertigt und verzichtet nicht darauf. Der Vorstands der GDM Schweiz bedauert dies ausserordentlich, denn die fachliche Kritik an der Trainingssoftware aus dem Hause Dybuster/Calcularis wiegt unseres Erachtens schwer.

Diese Kritikpunkte lassen sich folgendermassen gliedern: Wir kritisieren aus fachlich-fachdidaktischer Perspektive insbesondere 1) das im Programm grundlegende Fachverständnis, 2) das vorherrschende Übungsverständnis, 3) die fehlende Anschlussfähigkeit an empirische Erkenntnisse, 4) die gewählten Veranschaulichungsmittel und 5) die fehlende Anschlussfähigkeit an die in der Schule üblicherweise verwendeten Materialien.

Fachverständnis

Kompetenzmodelle, wie sie seit einigen Jahren auch für das Mathematiklernen vorliegen (z.B. EDK, 2011; KMK, 2005; NCTM, 2000) fassen die mathematischen Kompetenzen einerseits in Handlungsaspekten und kombinieren diese andererseits mit Inhaltsbereichen. Zu den Handlungsaspekten, die es zu erwerben gilt, gehört weit mehr als lediglich rechnen. Kompetenzmodelle, wie sie für die Schweiz im Projekt HarmoS (EDK, 2011) oder für Deutschland im Zusammenhang mit den Bildungsstandards (KMK, 2005) vorgelegt wurden, nennen als weitere wichtige und zu erwerbende Kompetenzen unter anderem Argumentieren, Explorieren, Mathematisieren und Modellieren. Calcularis beschränkt sich ausschliesslich auf Rechnen und nicht auf den Aufbau vielfältiger mathematischer Kompetenzen und auf deren Anwendung in (neuen) Kontexten, wie das beim Sachrechnen (Modellieren) notwendig ist.

Übungsverständnis

Calcularis wählt ein sehr kleinschrittiges Arbeiten, das durch die adaptive Zuteilung weiterer Aufgaben noch verstärkt wird. Dies verunmöglicht den Schülerinnen und Schülern, grössere Sinnzusammenhänge und Gesetzmässigkeiten zu erkennen. Die Calcularis-

Aufgaben müssen nach einem vorgegebenen Rezept gelöst werden. Lösen bedeutet bei Calcularis deshalb nicht Denken und Strategien entwickeln, sondern Ausführen von vorgegebenen Lösungsschritten in einem ganz bestimmten Ablauf. Raum für eigene und verschiedene Lösungsstrategien beim Rechnen besteht nicht. Unterschiedliche Lösungsstrategien wären aber gerade deshalb wichtig, damit Schülerinnen und Schüler beim Rechnen verstandene mathematische Beziehungen als Rechenvorteil sowie Rechengesetze nutzen könnten (Gerster, 2005; Krauthausen, 2009; Scherer, 2009). Das ist insbesondere für rechenschwache Schülerinnen und Schüler wichtig, da diese häufig Probleme mit dem Arbeitsgedächtnis haben und deshalb auf mathematische Strukturen angewiesen sind, die ihnen helfen, die Ergebnisse abzuleiten.

Anschlussfähigkeit an empirische Erkenntnisse

Die empirische Forschung zeigt, dass rechenschwache Schülerinnen und Schüler spezifische Schwierigkeiten beim Erwerb der Grundschulmathematik haben, insbesondere beim konzeptuellen Verständnis des Dezimalsystems und der Grundoperationen, beim Lösen von Sachaufgaben sowie beim Abrufen von Kopfrechenaufgaben (z.B. Anderson, 2010; Geary, 2004; Moeller et al., 2011; Moser Opitz, 2013; Vukovic et al., 2010). Gerade Letzteres führt dazu, dass insbesondere beim Addieren und Subtrahieren häufig Abzählstrategien (Finger, Arbeitsmittel) eingesetzt werden. Zählendes Rechnen gilt als ein zentrales Merkmal von Rechenschwäche (z.B. Andersson, 2008; Geary et al., 2007; Stock et al., 2010), das insbesondere den Erwerb von Rechenfähigkeiten verhindert.

Förderprogramme müssen deshalb einerseits auf den Erwerb der genannten basalen Kompetenzen ausgerichtet sein (Andersson, 2010; Maccini et al., 2007; Montague, 2011) und zweitens die Ablösung vom zählenden Rechnen fördern (Gaidoschik, 2009). Beiden Forderungen wird Calcularis nicht gerecht. Erstens werden nur ausgewählte Teilkompetenzen gefördert (Kopfrechnen, Platzierung von Zahlen am Zahlenstrahl) und zweitens fördert Calcularis das abzählende Rechnen geradezu, indem die Schülerinnen und Schüler bei den Aufgaben aufgefordert werden, abzuzählen. Besonders stossend und sinnlos ist dies bei Aufgaben wie $0 + 8$.

Umgang mit Veranschaulichungen

Ein wichtiger Aspekt beim Mathematiklernen ist die Verwendung von geeigneten Veranschaulichungen und Arbeitsmitteln (Lorenz, 1998), welche die verschiedenen Zahlaspekte mathematisch korrekt veranschaulichen. So müssen beispielsweise die Zahlen, wenn sie ordinal erfasst werden sollen, als Reihenfolge verstanden werden und werden somit bevorzugt auf einer Zahlengerade visualisiert. Zahlen haben aber auch einen kardinalen Charakter, hierzu sind insbesondere strukturierte Mengendarstellungen geeignet (Scherer, 1999, 2003; Scherer & Moser Opitz, 2010), wie sie in vielen Schulbüchern (z.B. Schweizer Zahlenbuch oder Mathematik 1-4 für die Primarstufe in der Schweiz oder das Zahlenbuch oder Mathematikus in Deutschland) verwendet werden.

Bei Calcularis stellen sich bezüglich der Wahl der Veranschaulichungen mehrere Probleme: Calcularis versucht, die Grössenvorstellung von Zahlen am Zahlenstrahl zu fördern. Das ist grundsätzlich eine wichtige Zielsetzung, die auch in anderen Förderprogrammen verfolgt wird. Allerdings wird eine zentrale Unterscheidung nicht gemacht. Laut Geary (2007, 2008) ist es wichtig, zwei verschiedene Aspekte zu unterscheiden: Die angeborene (logarithmische) Zahlvorstellung und der Zahlenstrahl, wie wir ihn als Veranschaulichung in unserem metrischen System verwenden. Für den arithmetischen Lernprozess ist es wichtig, dass die Einsicht in diese Skala sorgfältig aufgebaut wird, damit die Schülerinnen und Schüler verstehen, was die einzelnen Striche auf dem Zahlenstrahl bedeuten (Freeseemann, 2014). Bei Calcularis erfolgt das nicht und es wird vor-

ausgesetzt, dass die Schülerinnen und Schüler diese Einsicht bereits erworben haben, was bei Rechenschwäche jedoch oft nicht der Fall ist.

Für die Einsicht ins Dezimalsystem müssen Ziffern in der Stellenwerttafel als Repräsentanten für Zehnerpotenzen verwendet und als entsprechende Bündel verstanden werden. Auch dieser Zugang fehlt in *Calcularis*. Stattdessen werden die Stellenwerte der Zahlen in drei Farben – rot, grün und blau – markiert und sollen dadurch wohl einen (unverstandenen und nicht nachvollziehbaren) Automatismus generieren.

Das Verständnis des Zahlaufbaus aus dezimalen Einheiten kann nicht auf dem Zahlenstrahl erfolgen, weil der Zahlenstrahl eine ordinale Darstellung ist, der Zahlaufbau als Bündelungseinheiten aber kardinal zu verstehen ist. Das Konzept der Bündelung, das jedem Zahlssystem zugrunde liegt, braucht aber nicht nur eine formale Repräsentation durch Ziffern in der Stellenwerttafel, sondern auch eine sinnvolle Repräsentation, welche die zentralen mathematischen Aspekte fokussieren. Oft verwendet wird das Material zum Dezimalsystem (Einerwürfel, Zehnerstab, Hunderterplatte, Tausenderwürfel).

Calcularis veranschaulicht die Zehnerpotenzen (10^0 , 10^1 , 10^2 , 10^3 usw.) alle als zwei- bzw. dreidimensionale Stangen in verschiedenen Farben mit Griffen (welche bei der perspektivisch rasanten Fahrt vom Hintergrund des Bildes in den Vordergrund wieder verschwinden). Diese Veranschaulichung verfehlt sowohl den Kern des Vorgangs Bündeln und erschwert auch das Erkennen der Basis 10, auf welcher die Bündelung beruht, da die einzelnen Einheiten (Einer, Zehner, Hunderter, Tausender) nicht entsprechend ihrer Anzahl visualisiert werden. Besonders bedeutsam ist im Zusammenhang mit Veranschaulichungs- bzw. Arbeitsmitteln, dass diese als Repräsentationen unterschiedlicher Aspekte miteinander vernetzt und bezüglich ihres Einsatzes erkundet werden. Auch dieser Aspekt fehlt in *Calcularis* vollständig. *Calcularis* setzt – einseitig – auf den Zahlenstrahl (korrekt wäre: die Zahlengerade, weil es auch negative Zahlen gibt, mit denen die Kinder konfrontiert sind). Dadurch fehlen wesentliche Aspekte der Zahlendarstellung und der Repräsentation unterschiedlicher Zahlaspekte.

Die Anschlussfähigkeit der in *Calcularis* gewählten Veranschaulichung an weitere Operationen ist zudem fraglich. Insbesondere für den Aufbau des Verständnisses der Multiplikation und Division genügt das Modell Zahlenstrahl nicht. Und auch für das Verstehen von Bruchzahlen ist der Zahlenstrahl allein ein ungenügendes Veranschaulichungsmittel. Didaktisch sinnvolle Veranschaulichungen müssen – um den bestehenden innermathematischen Vernetzungen zwischen Zahlen, Zahlbereichen und Operationen gerecht werden zu können – eine breite Nutzung gewährleisten und dürfen daher nicht nur isoliert für einen lokalen Bereich einsetzbar sein.

Anschlussfähigkeit an Lehrmittel und Unterricht

Damit Förderprogramme erfolgreich sind, ist es wichtig, dass die verwendeten Aufgaben, Arbeitsmittel und Vorgehensweisen anschlussfähig sind an den Mathematikunterricht bzw. die verwendeten (obligatorischen) Schulbücher. *Calcularis* erfüllt dieses Kriterium nicht, im Gegenteil, es werden verschiedene Veranschaulichungen verwendet, die mathematische Inhalte unvollständig, missverständlich oder an einigen Stellen falsch abbilden.

Des Weiteren könnten auch zahlreiche der vorhandenen Übungen im Einzelnen kritisiert werden. Wir beschränken uns hier aber auf die fünf erwähnten Hauptkritikpunkte und hoffen, dass damit deutlich wird, warum wir *Calcularis* aus fachlicher und fachdidaktischer Sicht als problematisch bezeichnen und warum es unserer Ansicht nach in

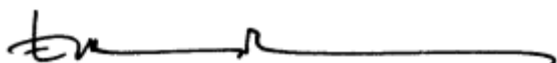
keiner Weise an gute, fachlich durchdachte Veranschaulichungs- und Arbeitsmittel und fachliches Lernen anschlussfähig ist.

Selbst wenn Aufgaben aus Calcularis nach intensivem Training besser gelöst werden, wie dies die Ergebnisse der (von den Entwicklern selbst durchgeführten) Evaluation nahelegen (Vögeli, 2012), müsste überprüft werden, ob sich die Wirkungen auch im Langzeiteffekt bestätigen und sich auf die arithmetische Kompetenz generell auswirken. Damit tatsächlich eine breitere Unterstützung für Schülerinnen und Schüler mit Rechenschwäche für fachliche Anforderungen, wie sie in der Schule gestellt werden, durch ein Lernprogramm erreicht werden könnte, wäre die Zusammenarbeit zwischen Software-Entwickelnden und der Mathematikdidaktik zwingend notwendig.

Für den Vorstand der Gesellschaft Didaktik der Mathematik GDM Schweiz:

Esther Brunner, Co-Präsidentin

Lis Reusser, Co-Präsidentin



Zitierte Literatur:

- Andersson, U. (2010). Skill development in different components of arithmetic and basic cognitive functions: Findings from a 3-year longitudinal study of children with different types of learning difficulties. *Journal of Educational Psychology, 102*(1), 115-134.
- EDK. (2011). *Grundkompetenzen für die Mathematik. Nationale Bildungsstandards*. Frei gegeben von der EDK Plenarversammlung am 16. Juni 2011. Bern: EDK.
- Freeseemann, O. (2014). *Schwache Rechnerinnen und Rechner fördern*. Springer. Heidelberg: Springer.
- Gaidoschik, M. (2009). Didaktogene Faktoren bei der Verfestigung des zählenden Rechnens. In A. Fritz, G. Ricken & S. Schmidt (Hrsg.), *Handbuch Rechenschwäche* (2. erw. und aktual. Aufl.) (S. 100-117). Weinheim: Beltz. (S. 166-180).
- Geary, D. C. (2004). Mathematics and learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities, 37*(1), 4-15.
- Geary, D. C., Hoard, M. K., Byrd-Craven, J., Nugent, L. & Numtee, C. (2007). Cognitive mechanisms underlying achievement deficits in children with mathematical learning disabilities. *Child Development, 78*(4), 1343-1359.
- Gerster, H.-D. (2005). Anschaulich rechnen - im Kopf, halbschriftlich, schriftlich. In M. von Aster & J.-H. Lorenz (Hrsg.), *Rechenstörungen bei Kindern* (S. 202-236). Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- KMK. (2005). *Bildungsstandards der Kultursministerkonferenz. Erläuterungen zur Konzeption und Entwicklung*. München: Luchterhand.
- Krauthausen, G. (2009). Entwicklung arithmetischer Fertigkeiten und Strategien - Kopfrechnen und halbschriftliches Rechnen. In A. Fritz, G. Ricken & S. Schmidt (Hrsg.), *Handbuch Rechenschwäche* (2. erw. und aktual. Aufl.) (S. 100-117). Weinheim: Beltz.
- Lorenz, J.-H. (1998). *Anschauung und Veranschaulichungsmittel im Mathematikunterricht* (2. unveränderte Aufl.). Göttingen: Hogrefe.
- Lorenz, J.-H. (2007). *Mathematikus*. Braunschweig: Westermann.
- Maccini, P., Mulcahy, C. A. & Wilson, M. G. (2007). A follow-up of mathematics interventions for secondary students with learning disabilities. *Learning Disabilities Research & Practice, 22*(1), 58-74.
- Montague, M. (2011). Effective instruction in mathematics for students with learning difficulties. In C. Wyatt-Smith, J. Elkins, & S. Gunn (Eds.), *Multiple perspectives on difficulties in learning, literacy and numeracy*. Dordrecht: Springer Science and Business.
- Moeller, K., Pixner, S., Zuber, J., Kaufmann, L. & Nuerk, H.-C. (2011). Early place value understanding as a precursor for later arithmetic performance – a longitudinal study on numerical development. *Research in Developmental Disabilities, 32*(5), 1837-1851.
- Moser Opitz, E. (2013). *Rechenschwäche/Dyskalkulie. Theoretische Klärungen und empirische Studien an betroffenen Schülerinnen und Schülern* (2. Aufl.). Bern: Haupt.
- NCTM (Hrsg.). (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston: NCTM.
- Scherer, P. (1999). *Produktives Lernen für Kinder mit Lernschwächen. Fördern durch Fordern. Band 1: Zwanzigerraum*. Stuttgart: Klett.
- Scherer, P. (2003). *Produktives Lernen für Kinder mit Lernschwächen. Fördern durch Fordern. Band 2: Hunderterraum*. Horneburg: Persen.
- Scherer, P. (2009). Produktives Mathematiklernen - auch in der Förderschule?! In A. Fritz, G. Ricken & S. Schmidt (Hrsg.), *Handbuch Rechenschwäche* (2. erw. und aktual. Aufl.) (S. 434-447). Weinheim: Beltz.
- Scherer, P. & Moser Opitz, E. (2010). *Fördern im Mathematikunterricht der Primarstufe*. Heidelberg: Spektrum.
- Stock, P., Desoete, A. & Roeyers, H. (2010). Detecting children with arithmetic disabilities from kindergarten: Evidence from a 3-year longitudinal study on the role of preparatory arithmetic abilities. *Journal of Learning Disabilities, 43*(3), 250-268.
- Vögeli, C. (2012). *Resultate der Parallelstudie Okt. 2011 – März 2012*. Verfügbar unter: http://www.calcularis.ch/assets/321/NewsletterResultateParallelstudie_12Jul12.pdf [Abgerufen am 6.8.2014].
- Vukovic, R. K. & Siegel, L. S. (2010). Academic and cognitive characteristic of persistent mathematics difficulty from first through fourth grade. *Learning Disabilities Research & Practice, 25*(1), 25-38.
- Wittmann, E. C. & Müller, N. G. (2012). Grundkonzeption des ZAHLENBUCHS. In E. C. Wittmann & N. G. Müller, *Zahlenbuch 1. Begleitband* (S. 158-173). Stuttgart: Klett.