

## Komplementäres Scaffolding: digital und haptisch

In diesem Beitrag wird das Konzept des komplementären Scaffolding am Beispiel der Erweiterung des dezimalen Stellenwertsystems von den natürlichen Zahlen zu den Dezimalbrüchen vorgestellt. In dieser Erweiterung werden die vier Prinzipien des Stellenwertsystems, Positions-, Multiplikations-, Additions- und Bündelungsprinzip (Ross 1989), beibehalten. Die Erweiterung auf Dezimalbrüche wird adressiert, weil die Begriffsbildung zu Dezimalbrüchen mit zahlreichen Fehlvorstellungen verbunden ist (Padberg & Wartha 2017, Heckmann 2006) und deshalb fachlich passende Unterstützung benötigt. Diese Unterstützung soll theoretisch als Scaffolding-Angebot ausgearbeitet werden. Die Metapher des Scaffolding geht auf Wood, Bruner und Ross (1976) im Kontext von Problemlösen zurück. Im vorliegenden Projekt verstehen wir „Scaffold“ als kognitiv unterstützendes und zum Lernziel passendes semiotisches Angebot, das erst dann zu einem „Scaffolding“ wird, wenn sein Gebrauch sozial-handelnd die Zone der nächsten Entwicklung (ZPD) etabliert (vgl. Schnotz 2006). Die Kernfrage aber ist: Wie können unterschiedliche Scaffolds fruchtbar zu einem so genannten „komplementären Scaffolding“ verzahnt werden?



Abb. 1: Eigenes Diagramm, in Anlehnung an Stanford Encyclopedia of Philosophy, 2010.

### Semiotische Kennzeichnung von Scaffolds und Scaffolding

Nach der semiotischen Erkenntnistheorie von Peirce (Stanford Encyclopedia of Philosophy 2010) sind Scaffolds (z.B. ein Legoturm aus 10 Legoscheiben, Abb. 1) Zeichen, die durch das Dezimalbruchkonzept (als Objekt) bestimmt sind und Interpretanten (z.B. Deutungen von Lernenden) initiieren sollen, die die Scaffolds (Zeichen) als Unterstützung zur Etablierung eines inhaltlichen Verständnisses zum

Dezimalbruchkonzept verstehen und dies als *unmittelbares Objekt* deuten. Die Interpretanten werden dann zu neuen Zeichen, die wiederum ein unmittelbares Objekt (z. B. durch Interpretanten anderer Lernenden) erzeugen. Es

entsteht bezogen auf die Interpretantenfolge eine Folge unmittelbarer Objekte, die den Prozess der Konzeptbildung in der ZPD kennzeichnen.

### In drei Optimierungsschritten zum komplementären Scaffolding

Ziel unseres Projektes war es, ein Lehr-Lernarrangement und theoretische Einsichten dazu zu gewinnen sowie das Konzept des komplementären Scaffolding empirisch zu klären. Zu diesem Zweck wurde ein Design-Based Research Ansatz in sechs Zyklen mit Schülerpaaren der fünften Klasse einer Oberschule durchgeführt und die Zeichentriade (Abb. 1) als Analysewerkzeug zur Rekonstruktion der unmittelbaren Objekte verwendet. Es entstanden drei zentrale Optimierungsschritte, die im Folgenden vorgestellt werden.

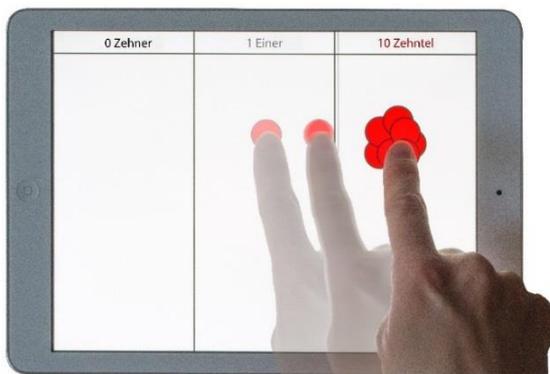


Abb. 2: Digitale Stellenwerttafel

Die Lernenden waren mit der digitalen Stellenwerttafel (dSWT) im Umgang mit den natürlichen Zahlen vertraut. Diese dSWT (Abb. 2) erzeugt beim Verschieben von Plättchen neue Darstellungen desselben Dezimalbruchs, indem automatisch entbündelt und – falls möglich – gebündelt wird (Abb. 2).

Die dSWT war bei der Erweiterung des dezimalen Stellenwertsystems das *erste Scaffolding-Angebot*, das sich für ein inhaltliches Verständnis (vgl. Prediger 2009) jedoch als unzureichend erwies (Behrens & Bikner-Ahsbahs 2016). Im ersten Optimierungsschritt wurde die dSWT durch Legotürme, die aus 10 Plättchen aufgebaut waren, als *haptisches Scaffolding-Angebot* ergänzt, denn dadurch wurde in der Aufsicht das gleiche Plättchenbild erzeugt und somit eine *ikonische Verbindung* zwischen digitalem und haptischem Scaffold hergestellt (Abb. 3 a) und b)).

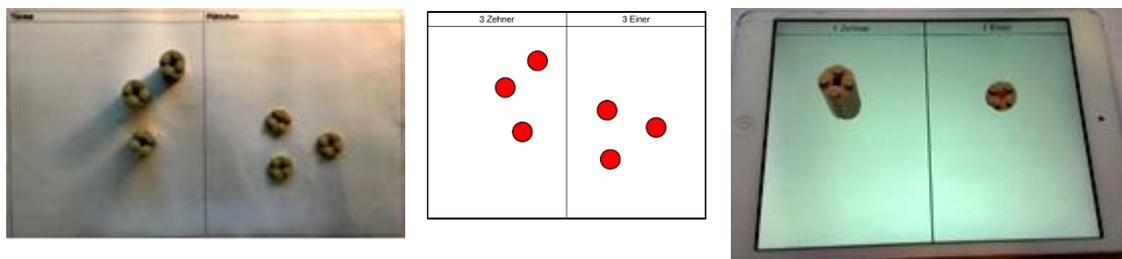


Abb. 3: Indexikalität zwischen Legotürmen und Plättchen (von links: a), b), c))

Aufgabe war, die dSWT (HZE) so zu erweitern, dass für die Zahl 5 weitere Darstellungen möglich sind. Leider gelang dies nicht wie erwartet unter Rückbezug auf die Plättchen in der dSWT und Türmchen. Diese wurde von den Lernenden erst dann hergestellt, als wir im zweiten Optimierungsschritt

die Türme direkt auf die Plättchen platzierten und damit eine direkte *visuelle und physische* Verbindung produzierten (Abb. 3c).



62 **Andreas:** *Die Türme*

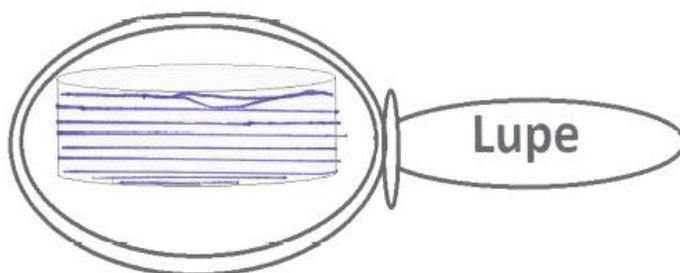
63 **Maximilian:** *teilen sich*

66 **Andreas:** *So als wäre hier so ein Messer mit neun Klingen und dann so tsch (bewegt den Lego-Turm in die Plättchenspalte)*

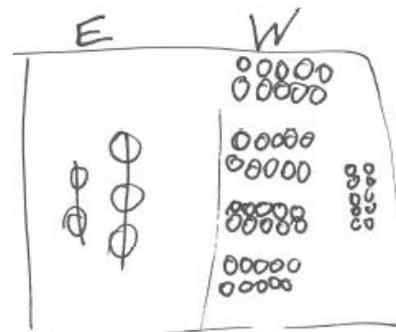
**Abb. 4:** Abbau des Legoturms wird als Entbündeln der Plättchen gedeutet

Danach interpretieren Andreas und Maximilian nun das Entbündeln eines Einers als Zerschneiden des Legoturms mit einem Messer mit neun Klingen. Mit der linken Hand stellt Andreas den Turm auf das nächste Feld (Abb. 4).

Durch diesen Optimierungsschritt gelang es allen Gruppen, das Entbündeln als Turmzerlegung zu deuten. Nur geschah dies nicht durchweg unter Beibehaltung des Basis-10-Prinzips. Maximilian und Andreas z. B. erweiterten die Stellenwerttafel zunächst durch Anfügen einer „Halbespalte“, die es ihnen erlaubte, 5 Einer als 1 Einer und 8 Halbe darzustellen.



**Abb. 5:** Lupenmetapher



Winztürme W

Durch Hinzufügen eines dritten Scaffolding-Angebots, nämlich der Lupenmetapher, wurden Zehner-Entbündelungen initiiert (Abb. 5), wie die Partition des Legoplättchens in der Lupe und die Winzturmsspalte zeigen. Die Lupenmetapher legt offenbar nahe, die Entbündelung des Legoplättchens nach dem Permanenzprinzip zu verfeinern und fortzusetzen und dabei die vier Prinzipien zum Dezimalsystem beizubehalten. Es wurden aber nicht nur Plättchen und Türmchen als wechselseitige Deutungsperspektiven verwendet und in die jeweils andere Darstellung übersetzt, auch die fortgesetzte Entbündelung konnte auf diese Weise antizipiert werden.

201 **I:** *In wie viele?*

202 **Philip:** *In zehn*

203 **I:** *Ok, dann macht das mal*

204 **Philip:** *Sonst wärs ja kein richtiger Turm*

....

378 **Philip:** *Gibs noch höhere?.*

379 **I:** *Wie könnte das denn weitergehen?*

380 **Philip:** *Ja, es gibt noch Tausendstel, ehm (..)*

*Zehntausendstel und Hunderttausendstel und Millionstel, nein.*

Der Lerngegenstand der Erweiterung des dezimalen Stellenwertsystems auf Dezimalbrüche wird demnach angelegt, indem die 10er-Partition von Einern (1) als inhaltlich realisierbar sowie (2) als beliebig fortsetzbar gestaltet und nahegelegt wird.

Interessant ist, dass Lernende Phänomene auch als Scaffolding-Angebote interpretierten, die von der Lehrkraft nicht als solche gemeint waren (*nicht-intendiertes Scaffolding*). Angebote werden also erst dann zum Scaffolding, wenn Lehrkraft und Lernende diese Angebote als Scaffolding etablieren. *Komplementäres Scaffolding* liegt dann vor, wenn die Scaffolding-Angebote den Prinzipien der *semiotisch-handelnden* sowie der *sozial-interaktionalen Passung* folgen, d. h. die Scaffolding-Angebote müssen *semiotisch* und *handelnd* aufeinander und auf den Lerngegenstand abgestimmt sein und *deren Gebrauch sozial-interaktiv in die Zone der nächsten Entwicklung* hineinführen.

## Literatur

- Behrens, D. & Bikner-Ahsbahr, A. (2016). Die digitale Stellenwerttafel: Aufgabendesign zur Einführung von Dezimalbrüchen. In Institut für Mathematik und Informatik Heidelberg (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2016* (S. 117–120). Münster: WTM-Verlag.
- Heckmann, K. (2006). *Zum Dezimalbruchverständnis von Schülerinnen und Schülern. Theoretische Analyse und empirische Befunde*. Berlin: Logos-Verlag.
- Padberg, F. & Wartha, S. (2017). *Didaktik der Bruchrechnung* (5. Aufl.). Heidelberg: Springer Spektrum.
- Prediger, S. (2009). Inhaltliches Denken vor Kalkül – Ein didaktisches Prinzip zur Vorbeugung und Förderung bei Rechenschwierigkeiten. In A. Fritz & S. Schmidt (Hrsg.), *Fördernder Mathematikunterricht in der Sekundarstufe I* (S. 213–234). Weinheim: Beltz Verlag.
- Ross, S. H. (1989). Parts, Wholes and Place Value: A Developmental View. *The Arithmetic Teacher*, 36 (6), 47–51
- Schnotz, W. (2006). *Pädagogische Psychologie Workbook*. Weinheim: Beltz PVU.
- Stanford Encyclopedia of Philosophy (Hrsg.). (2010). *Peirce's Theory of Signs*. Zugriff auf: <https://plato.stanford.edu/entries/peirce-semiotics/> [31.07.2017].
- Wood, D., Bruner, J. S. & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem-solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*