

Förderung der Entwicklung des Gleichgewichtskonzepts durch Vergleichen

Heiko Oberfell und Katrin Lohrmann

Children need content-related and process-related competences to access their environment autonomously. Comparing promotes such competences as it helps to develop conceptual knowledge as well as methodological knowledge. So far, little attention has been paid to explore if interventions of short durations cause the described positive effects on learning and how they encourage conceptual change. It was examined which conceptual developments can be identified in primary school students after a short-term intervention which design is didactically based on comparing. Data were collected using semi-structured individual interviews. During the interviews, 18 school students (2nd year) compared two examples concerning the principle of the lever (see-saw, coat-hanger). Before and after this learning intervention, the students' concepts of balance were explored using structured picture cards. Afterwards the students had to transfer the acquired knowledge to four additional examples. After a period of eight months, once again the students' concepts were gathered. The results indicate that even short-term interventions induce different types of conceptual development.

1. Einleitung

Wesentliche Ziele des Sachunterrichts sind der Aufbau von konzeptuellem Wissen, das für weiterführende Lernprozesse anschlussfähig ist, sowie der Erwerb fachgemäßer Arbeitsweisen. Diese Kompetenzen sind notwendig, damit sich Kinder im Grundschulalter ihre Umwelt selbstständig erschließen können (GDSU 2013).

2. Theoretische Grundlagen

Im (naturwissenschaftlichen) Sachunterricht wird Lernen als Konzeptentwicklung beschrieben (Möller 2019). Vorhandene Präkonzepte der Kinder sollen durch adaptive Lernangebote weiterentwickelt (Konzeptentwicklungen) oder neu strukturiert werden (Konzeptwechsel). Mit Blick auf den Erwerb von konzeptuellem Wissen wird dem Vergleichen von Beispielen besonderes Potenzial zugeschrieben, weil es das Erkennen tiefenstruktureller Gemeinsamkeiten fördert (Lipowsky et al. 2019). Zudem wird durch das Vergleichen der Erwerb einer perspektivenübergreifenden Denk-, Arbeits- und Handlungsweise (erkennen/verstehen) unterstützt (GDSU 2013). Eine wichtige theoretische Grundlage des Vergleichens ist die Structure Mapping Theory (Gentner 1983). Mapping zielt auf den strukturellen Abgleich zweier Beispiele in Bezug auf einzelne Elemente sowie Relationen, d. h. Beziehungen zwischen Elementen (Gentner 1989).

Aus entwicklungspsychologischer Sicht wurde jüngeren Kindern lange die Fähigkeit abgesprochen, die Komplexität des Hebelgesetzes zu verstehen (z. B. Siegler 1976). Aktuellere Forschungen zu (Un)Gleichgewichtsbeziehungen zeigen jedoch, dass auch jüngere Kinder ein Konzeptverständnis aufbauen können (Flottmann et al. 2014). Als Bedingung für diese Konzeptentwicklung gilt in der Forschung insbesondere eine konstruktive Lernunterstützung (z. B. Naber 2016; Wilkening & Anderson 1990). Auch Lernsituationen, die das Vergleichen

funktionsgleicher Beispiele zum Hebel fokussierten, erwiesen sich im Rahmen einer Unterrichtsstudie als förderlich, um Konzeptentwicklungen bei Drittklässler*innen anzuregen (Schwelle 2016). Weniger im Fokus bisheriger Forschung war die Untersuchung des Prozesses, den Kinder bei der Entwicklung von Konzepten durchlaufen. Von Interesse ist zudem, ob bereits eine kurzfristige Intervention mögliche Entwicklungen anstoßen kann.

3. Fragestellung

Welche Konzeptentwicklungen zum Gleichgewicht (zweiarmiger Hebel) lassen sich vor und nach didaktisch initiierten Vergleichsprozessen (im Rahmen einer kurzfristigen Intervention) bei Grundschulkindern identifizieren?

4. Methoden

4.1. Stichprobe und Untersuchungsdesign

Die Stichprobe der vorliegenden Studie besteht aus 18 Grundschüler*innen der zweiten Jahrgangsstufe (neun Mädchen und neun Jungen), zu denen Daten zum Prä-, Post- und Follow-Up-Messzeitpunkt vorliegen; die Stichprobengröße gegenüber der Gesamtstichprobe (vgl. Oberfell 2021) von 38 Kindern reduziert sich dadurch entsprechend. Es wurden ca. 30-minütige, halbstrukturierte Einzelinterviews durchgeführt ($M = 25.5$; $SD = 5.1$).

Das Interview beinhaltete folgende Phasen: Eine *Lernsituation*, die durch zwei Konzepterhebungssituationen gerahmt wurde (Prä, Post), sowie eine sich anschließende *Transfer-situation*. Acht Monate später (Follow-Up) wurden die Konzepte der Kinder zum Gleichgewicht erneut erhoben (vgl. im Einzelnen: Oberfell 2021; Oberfell et al. i. D.).

Im Fokus dieses Beitrages liegt die in das Einzelinterview integrierte *Lernsituation* mit dem Vergleich zweier tiefenstrukturell ähnlicher Beispiele zum Hebelgesetz: Bei dem ersten Phänomen handelt es sich um eine Wippe mit zwei gleich langen Hebelarmen, auf denen mit Klebestreifen vier Positionen markiert waren (vgl. Abb. 1). Bei dem zweiten Phänomen handelt es sich um einen Kleiderbügel mit zwei gleich langen Hebelarmen, auf denen an vier Positionen Metallhaken befestigt waren (vgl. Abb. 2). Gleichgewicht und Ungleichgewicht konnte bei beiden Phänomenen durch die Verwendung von bis zu vier Gewichten (Smartiesboxen bzw. Foldback-Klammern) hergestellt werden. Die Kinder konnten diese beiden Phänomene in der Lernsituation gleichzeitig explorieren. Dabei wurden sie angeregt, durch offene Impulse Gemeinsamkeiten zu entdecken: „Welche Gemeinsamkeiten haben die beiden Beispiele?“ – „Funktionieren die beiden Beispiele gleich?“ Nach den offenen Vergleichsimpulsen wurde das Vergleichen im Sinne der Structure-Mapping-Theory (Gentner 1983) auf die strukturelevanten Elemente und Relationen fokussiert: Mit Blick auf die Elemente sollten zunächst Drehpunkt, Hebelarme, Positionen auf den Hebelarmen, Gewichte von einem Beispiel auf das andere bezogen werden („Kommen die beim anderen auch vor?“); dabei wurden die Kinder durch verbale Impulse instruktional unterstützt. Die Kinder stellten anschließend mit den Gewichten Relationen her und explorierten so Gleichgewicht und Ungleichgewicht.

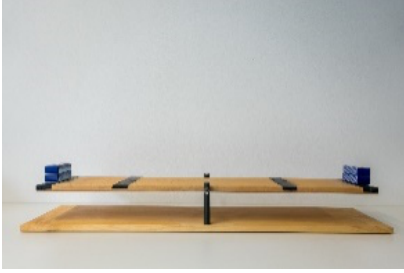


Abb. 1 Wippe

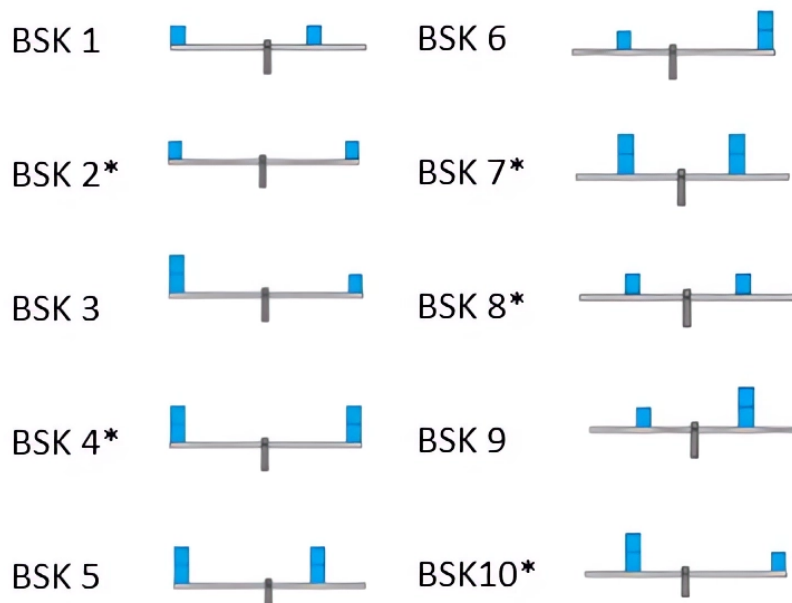


Abb. 2 Kleiderbügel

An die Lernsituation schloss sich eine Transfersituation an. In dieser erhielten die Kinder drei Beispiele, die den beiden Beispielen aus der Lernsituation tiefenstrukturell ähnlich sind (Ägypterkran, auf dem Zeigefinger ausbalanciertes Lineal, Mobile) sowie einen Distraktor (Holzsteinschleuder). Diese Beispiele lagen als Abbildungen vor und weisen eine nahe bis mittlere Transferdistanz zu den Beispielen aus der Lernsituation auf (vgl. Barnett & Ceci 2002). Die Kinder wurden aufgefordert, Gemeinsamkeiten bzw. gleiche Funktionalität zwischen Wippe bzw. Kleiderbügel und den vier Bildbeispielen zu beschreiben.

4.2. Erhebungsinstrumente

Vor und nach der Lernsituation (Prä, Post) sowie zum Follow-Up-Messzeitpunkt wurden die Konzepte zum Gleichgewicht mittels an logischen Bildern (Martschinke 2007) orientierten Bildstrukturkarten erhoben. Die zehn Bildstrukturkarten (vgl. Abb. 3) griffen mit der Wippe ein Phänomen aus der Lernsituation auf (vgl. Abb. 1) und visualisierten wesentliche strukturelle Merkmale einer Wippe in reduzierter Form. Die Karten berücksichtigten alle Gewichtsverteilungen, die bei zwei bis vier Gewichten und zwei Positionen je Hebelarm möglich sind. Um die Anzahl der Karten und damit den cognitive load zu reduzieren, wurde auf spiegelverkehrte, inhaltsgleiche Anordnungen verzichtet.



Anmerkungen: BSK=Bildstrukturkarte *= Darstellung von Gleichgewicht

Abb. 3 Bildstrukturkarten

Die zehn Bildstrukturkarten wurden von den Kindern an einer Magnetwand sortiert, im Mittelpunkt stand die Frage: „Stell dir vor, das wäre eine echte Wippe. Welche Wippen wären gerade (Gleichgewicht), welche würden zu einer Seite kippen (Ungleichgewicht)?“ Diese Sortierung nahmen die Kinder vor und nach der Explorationsphase vor. Bezugnehmend auf die Zuordnung vor der Lernsituation lautete der Impuls nach der Lernsituation: „Willst du jetzt etwas an deiner Sortierung ändern?“ Die Lernsituation wurde aus zwei Perspektiven videografiert: Die Kindperspektive nahm Gestik und Mimik der Kinder in den Blick, die Materialperspektive zeigte die Exploration der Phänomene und ermöglichte es damit, das Zeigen und Handeln der Kinder auf die sprachlichen Äußerungen zu beziehen.

Acht Monate später (Follow-Up) schätzten die Kinder nochmals die gleichen zehn Bildstrukturkarten ein. Anstelle des Interviews wurde ein Fragebogen eingesetzt, da das Interview nach den Erfahrungen aus dem Post-Messzeitpunkt keine ergiebige Gesprächssituation mehr erwarten ließ. Auf dem Fragebogen waren die aus dem Interview bekannten Bildstrukturkarten identisch abgebildet (vgl. Abb. 3), zu jeder sollten die Kinder eine von vier Antwortmöglichkeiten auswählen (bleibt gerade, kippt rechts, kippt links, ich weiß es nicht).

4.3. Auswertungsverfahren – Kategorienbildung

Die Kategorien zum Gleichgewichtskonzept wurden nach der inhaltlich strukturierenden Inhaltsanalyse (Kuckartz 2016) induktiv entlang einer typenbildenden und skalierenden Vorgehensweise entwickelt, dabei wurden Fälle mit vergleichbaren Mustern zu einem Typ gruppiert. Elemente eines Typs sind möglichst ähnlich, verschiedene Typen möglichst unterschiedlich. Da sich die Typen dann in ihrer Qualität hinsichtlich der Gleichgewichtskonzepte unterscheiden, kann von einer skalierenden Typisierung gesprochen werden (Mayring 2015; Kuckartz 2016). Ausgewertet wurde dabei die abschließend vorgenommene Sortierung der Bildstrukturkarten durch das jeweilige Kind. Aufsteigend von Typ 1 zu Typ 3 wird somit ein zunehmend ausdifferenziertes Gleichgewichtskonzept mit jeweils zusätzlichen Verstehenskomponenten sichtbar, Typ 0 erfasst widersprüchliche Konzepte. Ankerbeispiele verdeutlichen die in der Studie induktiv gebildeten Typen.

Typ 1: Die Kinder identifizieren Gleichgewichtssituationen (gerade bleibendes Wippenbrett) auf all jenen Bildstrukturkarten mit einer gleichen Anzahl von Gewichten auf beiden Hebelarmen. Unberücksichtigt lassen die Kinder allerdings die Distanz der Gewichte zum Drehpunkt (vgl. Abb. 3, Bildstrukturkarten 2, 4, 7, 8, fälschlicherweise ebenso 1, 5). Ungleichgewicht erkennen die Kinder auf den Bildstrukturkarten 3, 6, 9 und 10).

Kind 21 erklärt, warum aus seiner Sicht die Bildstrukturkarte 5 gerade bleibt (gleich viele Gewichte auf den Hebelarmen) und die Bildstrukturkarte 3 nicht (unterschiedliche viele Gewichte auf den Hebelarmen): K21, Z43 (Prä): „*Weil da* (zeigt nach links, hoch und runter, BSK 5) *es gleich viele so welche Boxen sind, und da* (zeigt nach rechts, BSK 3) *nicht.*“

Typ 2: Hier beziehen die Kinder die Distanz zum Drehpunkt als zusätzliches Kriterium ein. Als Gleichgewicht definieren sie ausschließlich die Bildstrukturkarten 2, 4, 7 und 8. Im Gegensatz zu Typ 1 sortieren sie die Bildstrukturkarten 1 und 5 (vgl. Abb. 3) – mit gleicher

Anzahl von Gewichten, aber unterschiedlicher Distanz zum Drehpunkt – separat. Sie erkennen also, dass die Wippen auf diesen Darstellungen Ungleichgewicht visualisieren. Fälschlicherweise sortieren sie aber auch die Bildstrukturkarte 10 zum Ungleichgewicht.

K26, Z53 (Post): „Ähm (...) weil da (BSK 5) ist es so am Ende (zeigt auf das linke, doppelte äußere Gewicht) dann kippt es halt nach unten.“

Typ 3: Diese Kinder ordnen neben den Kriterien des Typs 2 auch die Bildstrukturkarte 10 richtig ein, auf der die Anzahl der Gewichte und die Distanz zum Drehpunkt variiert werden. Sie erkennen, wie es auch mit drei Gewichtselementen möglich ist, unter Einbezug der Distanz zum Drehpunkt Gleichgewicht herzustellen. Als Ungleichgewicht definieren die Kinder hier die Bildstrukturkarten 1, 3, 5, 6 und 9. Dieser Typ 3 kam erst in der Post-erhebungsphase vor, also unmittelbar nach der Lernintervention. Hier korrigierten sich einige Kinder, die die Bildstrukturkarte 10 zuvor als Visualisierung von Ungleichgewicht eingruppiert hatten:

K35, Z255 (Post): (geht in Distanz, schaut die Karten an) „Also nein, das ist falsch“ (zeigt auf BSK 10 und hängt sie zu ‚gerade‘).

Typ 0: Diese Kinder folgen beim Sortieren ihrer Bildstrukturkarten keinem Muster, strukturell gleiche Bildbeispiele werden unterschiedlich sortiert, das Konzept erscheint nicht konsistent, widersprüchlich.

K23, Z206 (Post): (...) schaut, schiebt dann BSK 1 von ‚gerade‘ nach ‚ungerade‘ – [...] schiebt dann BSK 8 von ‚gerade‘ nach ‚ungerade‘. Die dazu analoge BSK 7 belässt das Kind bei ‚gerade‘.

4.4. Gütekriterien der Studie

Die interne Studiengüte (Nachvollziehbarkeit und Regelgeleitetheit der Datenerfassung) wurde durch eine vollständige Transkription der Interviews und die Kategorisierung der Daten in MAXQDA (Version 2018) entlang der vier induktiv entwickelten Typen gestützt (vgl. Abschnitt 4.3). Jeder Fall wurde mit einem Überblicksmemo zusammengefasst. Zur besseren Nachvollziehbarkeit der Kategorien wurde mit Ankerbeispielen gearbeitet. Die externe Studiengüte (Verallgemeinerung der Befunde) ist angesichts der kleinen Stichprobengröße nicht gegeben. Ziel dieser qualitativen Studie war es nicht, verallgemeinerbare Befunde zu generieren, sondern unterschiedliche Konzepte zu identifizieren und die individuelle Konzeptentwicklung bei einigen wenigen Kindern zu beschreiben.

5. Ergebnisse

5.1. Konzeptverständnis zu einzelnen Messzeitpunkten

Bereits zum Prä-Messzeitpunkt, also bevor die Kinder die Gelegenheit hatten, die realen Phänomene zu explorieren und zu vergleichen (vgl. Abschnitt 4.1), zeigen sich bei der Sortierung der Bildstrukturkarten die induktiv entwickelten Typen 0, 1 und 2 zum Gleichgewichtskonzept. Typ 3 zeigt sich erst nach der Lernsituation (vgl. Abschnitt 4.3). Tabelle 1 gibt durch die zusammenfassende Darstellung Auskunft über deren Vorkommen zu den jeweiligen Messzeitpunkten, jeweils über alle 18 Kinder hinweg.

Tab. 1 Vorkommen der Typen zum Gleichgewichtskonzept zu den drei Messzeitpunkten

	Prä (vor Vergleich)	Post (nach Vergleich)	Follow-Up (nach 8 Monaten)
Typ 1	7	0	0
Typ 2	10	2	10
Typ 3	0	11	2
Typ 0	1	5	6
Σ	18	18	18

Anmerkung: Zum jeweiligen Messzeitpunkt wird die Anzahl der Kinder dargestellt.

Auffällig ist beispielweise der Anstieg von Typ 3 vom Prä- zum Post-Messzeitpunkt und wiederum der rapide Abfall zum Follow-Up-Messzeitpunkt. Eine nahezu gegensätzliche Entwicklung zeigt Typ 2, Konzepte dieses Typs finden sich v. a. zum Prä- und Follow-Up-Messzeitpunkt. Ein Anstieg wird auch beim Typ 0 (von Prä zu Post) sichtbar. Typ 1 ist hingegen ausschließlich beim Prä-Messzeitpunkt zu finden.

Die Darstellung zeigt Verschiebungen der Häufigkeiten mit Blick auf die vier Typen, nicht ersichtlich werden hingegen individuelle Konzeptentwicklungen über die drei Messzeitpunkte hinweg. Diese sind Gegenstand des folgenden Kapitels.

5.2. Konzeptentwicklung einzelner Kinder

Bezüglich der Konzeptentwicklung zum Gleichgewicht zeigen sich bei den 18 Kindern vielfältige Verläufe. Ausgehend von dem jeweils identifizierten Typ zum Prä-Messzeitpunkt werden in Tabelle 2 die individuellen Konzeptentwicklungen dargestellt.

Tab. 2 Individuelle Konzeptentwicklung

Nummer des Kindes (N=18)	Prä (vor Vergleich)	Post (nach Vergleich)	Follow-Up (nach 8 Monaten)
17, 23	Typ 1	Typ 0	Typ 0
21		Typ 2	Typ 0
33		Typ 3	Typ 0
30, 37		Typ 3	Typ 2

Nummer des Kindes (N=18)	Prä (vor Vergleich)	Post (nach Vergleich)	Follow-Up (nach 8 Monaten)
28		Typ 3	Typ 3
12, 18	Typ 2	Typ 0	Typ 2
36		Typ 2	Typ 2
16, 26		Typ 3	Typ 0
20, 27, 32, 34		Typ 3	Typ 2
35		Typ 3	Typ 3
31	Typ 0	Typ 0	Typ 2

Von den 18 Kindern lässt sich vor der Lernsituation (Prä-Messzeitpunkt) bei sieben Kindern das Konzept Typ 1, bei zehn Kindern der Typ 2 und bei einem Kind der Typ 0 identifizieren.

Konzeptentwicklung der Kinder vom Typ 1 (Prä-Messzeitpunkt)

Die sieben Kinder, die zum Prä-Messzeitpunkt dem Typ 1 zugeordnet wurden, entwickeln sich zum Post-Messzeitpunkt auf unterschiedliche Weise: Zwei Kinder (17, 23) entwickeln nach der Lernsituation widersprüchliche Konzepte, die bis zum Follow-Up erhalten bleiben. Ein Kind (21) erweitert sein Konzept zunächst, zum Follow-Up zeigt sich dieses dann als widersprüchlich (Typ 0). Die Lernsituation führt bei vier Kindern zu einer erheblichen Lernentwicklung, sie befinden sich zum Post-Messzeitpunkt auf Typ 3. Zum Follow-Up bleibt dies nur bei einem Kind (28) erhalten, bei zwei Kindern lässt sich eine Entwicklung hin zu Typ 2 (30, 37) beobachten. Interessant erscheint zudem, dass sich bei einem Kind (33), das zum Post-Messzeitpunkt dem elaborierten Typ 3 zugeordnet wurde, zum Follow-Up der nicht-konsistente Konzept Typ 0 zeigt. Die Entwicklung von Prä zu Follow-Up zeigt, dass vier Kinder (17, 23, 21, 33) keine gefestigten Konzepte entwickelt haben, drei Kinder (30, 37, 28) konnten ihre Konzepte hin zu Typ 2 bzw. 3 weiterentwickeln.

Exemplarisch wird die Konzeptentwicklung von einem Kind (37) detaillierter dargestellt. Das Gleichgewichtskonzept dieses Kindes ist zum Prä-Messzeitpunkt an die Vorstellung gebunden, dass nur die gleiche Menge von Gewichten Gleichgewicht schaffen. Nach der Lernsituation kann dieses Kind zusätzlich ungleiche Distanzen zum Drehpunkt bei gleichen Mengen richtig interpretieren und sogar die BSK 10 richtig zuordnen. Diese Fähigkeit (BSK 10) geht zum Follow-Up allerdings wieder verloren.

K37, Z45 (Prä, Typ 1): „*Weil hier hinten sind gleich viele drauf* (zeigt dies an BSK 1 und BSK 7), *deswegen kann es halt* (macht mit beiden Händen eine synchrone Handbewegung, hoch und runter), *und deswegen kann es halten.*“

K37, Z136 (Post, Typ 3): „*Es ist gerade!* (hängt BSK 10 nach ‚gerade‘)“.

K37 (Follow-Up, Typ 2): BSK 10 kippt auf der Seite mit zwei Gewichten.

Konzeptentwicklung der Kinder vom Typ 2 (Prä-Messzeitpunkt)

Auch die zehn Kinder, die vor der Lernintervention (Prä) dem Typ 2 zugeordnet wurden, entwickeln sich – mit Ausnahme von Kind 36 – in vielfältiger Weise. Zwei Kinder (12, 18) lassen sich zum Post-Messzeitpunkt dem Typ 0 zuordnen, sie ordnen die Bildstrukturkarten also in widersprüchlicher Weise. Zum Follow-Up wird das ursprüngliche Konzept (Prä) wieder sichtbar. Sieben Kinder erweitern ihr Konzept und befinden sich nach der Lernintervention zum Post-Messzeitpunkt auf Typ 3, ihre weitere Entwicklung zum Follow-Up ist facettenreich: Zwei Kinder zeigen beim Follow-Up kein konsistentes Konzept (16, 26), vier Kinder fallen auf den ursprünglichen Typ 2 zurück (20, 27, 32, 34). Ein Kind (35) erhält das Konzept vom Typ 3 über den Post-Messzeitpunkt hinaus bis zum Follow-Up. Vergleicht man die Entwicklung von Prä zu Follow-Up, so zeigt sich, dass sieben von zehn Kindern im Typ 2 verbleiben. Nur Kind 35 lernt über die Zeit hinweg dazu (Typ 3). Zwei Kinder (16, 26) entwickeln widersprüchliche Konzepte vom Typ 0.

Auch in Bezug auf den Ausgangstyp 2 wird eine Konzeptentwicklung exemplarisch dargestellt. Zum Prä-Messzeitpunkt kann Kind 18 alle Karten außer BSK 10 richtig sortieren. Es erkennt also ungleiche Distanzen bei gleicher Mengenverteilung als Ungleichgewichtssituation. Die Lernsituation führt dazu, dass zwar die BSK 10 zum Post-Messzeitpunkt als Gleichgewichtssituation eingeordnet wird, andere Karten, die zuvor als Ungleichgewicht definiert wurden, werden nun auch als Gleichgewicht definiert (z. B. BSK 6). Zum Follow-Up folgt das Kind dann wieder seinem ursprünglichen Präkonzept (Typ 2).

K18, Z41/45 (Prä, Typ 2): „*Und bei denen ist es zwei* (zeigt bei BSK 10 auf linkes Gewicht) *eins*, (zeigt auf rechtes Gewicht) *und das ist auch weiter unten* (fährt zwischen den zwei unterschiedlich positionierten Gewichten hin und her).“

K18, Z261/265 (Post, Typ 0): „*Hier ist es einfach gleich* (BSK 10). [...] *Ja, ist das Gleiche* (hebt BSK 6 hoch zur BSK 10) *da ist eins und das ist eins* (zeigt zwischen den Positionen/Gewichten der Karten hin und her).“

K18 (Follow-Up, Typ 2): BSK 10 kippt auf der Seite mit zwei Gewichten.

Konzeptentwicklung des Kindes vom Typ 0 (Prä-Messzeitpunkt)

Lediglich ein Kind (31) lässt sich zum Prä-Messzeitpunkt dem Typ 0 zuordnen (unterschiedliche Sortierung der strukturell identischen BSK 2 und BSK 4). Dieses Kind zeigt auch beim Post-Messzeitpunkt widersprüchliche Einschätzungen und verbleibt auf Typ 0. Zum

Follow-Up-Messzeitpunkt kann das Kind jedoch bis auf die Bildstrukturkarte 10 alle anderen richtig einschätzen (Typ 2).

K31, Z70/72 (Prä, Typ 0): „*Ja, ähm, weil da sind zwei (zeigt bei BSK 2 zwischen den Boxen hin und her) und dann kippen die runter. [...] Und da (zeigt auf BSK 4) sind, und dann sind vier, dann kippen die nicht runter (zeigt zwischen den zwei Doppelboxen außen auf BSK 4 hin und her).*“

K31 (Follow-Up, Typ 2): BSK 1 und BSK 5 kippen auf der Seite mit gleichem Gewicht außen.

6. Diskussion

Die individuellen Konzeptentwicklungen zeigen, dass die im Sinne des Vergleichens didaktisch gestaltete, aber recht kurze Lernsituation unterschiedliche Konzeptentwicklungen anstößt:

Bei einem Kind wird *keine Veränderung* sichtbar, es sortiert die Bildstrukturkarten zu allen drei Messzeitpunkten gleich. Das Kind verfügt offenbar über ein stabiles Konzept – durch die Lernsituation wird keine Weiterentwicklung angeregt, die in der Sortierung sichtbar wird.

In allen anderen Fällen scheint die Lernsituation zu einer *Auseinandersetzung mit dem vorhandenen Konzept* über die acht Monate hinweg zu führen, möglicherweise handelt es sich auch um ad-hoc Konstruktionen von Vorstellungen zum Erhebungszeitpunkt. Sichtbar wird dies insbesondere beim Auftreten von Typ 0, der mit einem widersprüchlichen Sortierverhalten der Bildstrukturkarten einhergeht. Dieser Typ 0 kann als Zwischenvorstellung (Lohrmann & Hartinger 2012) interpretiert werden. Er taucht zum Prä-Messzeitpunkt nur einmal auf und scheint erst durch die Lernsituation zu entstehen. Die Kinder erwerben offenbar neues Wissen, haben dieses aber noch nicht gänzlich durchdrungen. Gerade in solchen Phasen können Maßnahmen der Lernunterstützung (Möller 2015) die Konzeptentwicklung der Kinder unterstützen.

Die Lernsituation bewirkt vielfach eine *kurzfristige Konzeptentwicklung* von Prä zu Post. Diese bleibt zum Follow-Up jedoch oftmals nicht erhalten – das ursprüngliche Prä-Konzept setzt sich bei einigen Kindern wieder durch.

Die Daten zeigen, dass selbst eine kurze Lernsituation, wie hier realisiert, Anlass sein kann, *nachhaltigere Konzeptentwicklung* anzuregen. Eine solche Entwicklung ist über alle Lernausgangslagen hinweg beobachtbar, die in dieser Studie gestaltete Lernsituation kann also adaptives (Weiter)Lernen auf verschiedenen Niveaustufen ermöglichen. Diese Ausdifferenzierung der Konzepte zum Gleichgewicht zeigt sich auch darin, dass zum Follow-Up-Messzeitpunkt kein Kind mehr dem Typ 1 zugeordnet wird, dieser Typ verschwindet nach der Lernsituation dauerhaft.

Zusammenfassend wird deutlich, dass eine solche Lernsituation Potenzial für eine Weiterentwicklung des Gleichgewichtskonzepts hat. Die Exploration der Phänomene sowie der didaktisch initiierte und instruktional unterstützte Vergleich können dazu beitragen, dass sich

Konzepte (weiter)entwickeln. Gleichzeitig wird deutlich, dass ggf. eine (zu) kurze Intervention dazu führt, dass ein Teil der Kinder zum Follow-Up-Messzeitpunkt zumindest ihre Präkonzepte nicht mehr verfolgen und Zwischenvorstellungen entwickeln (Typ 0). Diese Ergebnisse sind anschlussfähig an den vorhandenen Forschungsstand mit Blick auf Stabilität bzw. Veränderbarkeit von Präkonzepten (Adamina et al. 2018; Posner et al. 1982). Das Alter der Kinder erweist sich erneut nicht als hinderlich für Konzeptentwicklungen (im Gegensatz zu den Befunden von z. B. Siegler 1976). Die Ergebnisse zeigen vielmehr, dass bereits Kinder der zweiten Jahrgangsstufe durch anregende Lernumgebungen Konzepte zum (Un)Gleichgewicht aufbauen können. Durch das Vergleichen kann darüber hinaus eine perspektivenübergreifende Denk-, Arbeits- und Handlungsweise (erkennen/verstehen) angebahnt werden.

Limitationen der Studie liegen in der geringen Reichweite der Ergebnisse durch die kleine Stichprobe. Zudem mussten die Denkprozesse der Kinder vorwiegend aus ihren mündlichen, z. T. sehr verkürzten Aussagen erschlossen werden. Durch die Videographie war es zumeist jedoch gut möglich, das Zeigen und Handeln der Kinder auf ihre mündlichen Äußerungen zu beziehen. Zudem war die Interview- und somit Lernsituation vergleichsweise kurz. Die Ergebnisse dieser Studie legen nahe, dass Lernumgebungen, die im Rahmen einer mehrstündigen Unterrichtssequenz zum Vergleichen anregen, vielversprechend sind: Hier erschließt sich Schüler*innen die Möglichkeit, über einen längeren Zeitraum bei tiefenstrukturell ähnlichen Beispielen Gemeinsamkeiten zu entdecken und Konzepte zu verstehen.

Literatur

- Adamina, M., Kübler, M., Kalcsics, K., Bietenhard, S. & Engeli, E. (Hrsg.) (2018): „Wie ich mir das denke und vorstelle...“ Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern zu Lerngegenständen des Sachunterrichts und des Fachbereichs Natur, Mensch, Gesellschaft. Bad Heilbrunn.
- Barnett, S. M. & Ceci, S. J. (2002): When and where do we apply what we learn? A taxonomy for far transfer. In: *Psychological Bulletin*, 128 (4), 612–637.
- Flottmann, J., Naber, B., Blöger, I. & Leuchter, M. (2014): Erfassung sachunterrichtlich relevanter Wissens Elemente in der Schuleingangsphase: Hebel, Statik und potenzielle Energie. In: *Zeitschrift für Grundschulforschung* 7, 33–45.
- Gentner, D. (1983): Structure-Mapping: A Theoretical Framework for Analogy. In: *Cognitive science*, 7 (2), 155–170.
- Gentner, D. (1989): The mechanisms of analogical learning. In: Vosniadou, S. & Ortony, A. (Hrsg.): *Similarity and analogical reasoning*. New York, 199–241.
- Gesellschaft für die Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) (2013): *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Bad Heilbrunn.
- Kuckartz, U. (2016): *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. Weinheim.
- Lipowsky, F., Hess, M., Arend, J., Böhnert, A., Hirstein, A. & Rzejak, D. (2019). Lernen durch Kontrastieren und Vergleichen: Ein Forschungsüberblick zu wirkmächtigen Prinzipien eines verständnisorientierten und kognitiv aktivierenden Unterrichts. In: Steffens, U. & Messner, R. (Hrsg.): *Beiträge zur Schulentwicklung: Bd. 3. Unterrichtsqualität: Konzepte und Bilanzen gelingenden Lehrens und Lernens. Grundlagen der Qualität von Schule 3*. Münster, 373–402.
- Lohrmann, K. & Hartinger, A. (2012): Kindliche Präkonzepte im Sachunterricht: Empirische Forschung und praktischer Nutzen. In: *Die Grundschulzeitschrift*, 26 (252/253), 16–21.

- Martschinke, S. (2007): Bilder. In: Kahlert, J., Fölling-Albers, M., Götz, M., Hartinger, A., Reeken, D. von & Wittkowske, S. (Hrsg.): Handbuch Didaktik des Sachunterrichts. Bad Heilbrunn, 501–507.
- Mayring, P. (2015): Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. Weinheim.
- Möller, K. (2015): Bedingungen und Effekte qualitativ hochwertigen Unterrichts – ein Beitrag aus fachdidaktischer Perspektive. In: McElvany, N., Bos, W., Holtappels, H.-G., Gebauer, M. M. & Schwabe, F. (Hrsg.): Bedingungen und Effekte guten Unterrichts. Münster, 43–64.
- Möller, K. (2019): Lernen von Naturwissenschaft heißt: Vorstellungen verändern. In: Labudde, P. & Metzger, S. (Hrsg.): Fachdidaktik Naturwissenschaft. 1.–9. Schuljahr. Bern, 59–74.
- Naber, B. (2016): Wissens Elemente und Vorstellungen 6- bis 7-Jähriger erfassen und verändern. Studien zum naturwissenschaftlichen Thema einseitiger Hebel. Münster.
- Oberfell, H. (2021): Analoges Enkodieren im naturwissenschaftlichen Sachunterricht. <https://phfr.bsz-bw.de/frontdoor/index/index/docId/878> [20.02.2022].
- Oberfell, H., Lohrmann, K. & Hartinger, A. (i. D.): Lernen aus Beispielen – eine Studie zu Vergleichsprozessen von Schülerinnen und Schülern zum Hebelgesetz. In: Zeitschrift für Grundschulforschung.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. & Gertzog, W. A. (1982): Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. In: Science Education, 66 (2), 211–227.
- Schwelle, V. (2016): Lernen mit (un-)ähnlichen Beispielen. Zur Bedeutung der Oberflächenstruktur von Beispielen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht. Münster.
- Siegler, R. S. (1976): Three aspects of cognitive development. In: Cognitive Psychology, 8 (4), 481–520.
- Wilkening, F. & Anderson, N. H. (1990): Representation and diagnosis of knowledge structures developmental psychology. In: Anderson, N. H. (Hrsg.): Contributions to information integration theory. Hillsdale, 45–80.