

Renate DELUCCHI DANHIER, Philipp NEUGEBAUER,
Jennifer DRÖSE, Susanne PREDIGER & Barbara MERTINS, Dortmund

Eye-Tracking-Studie zum Erfassen von Referenzstrukturen in Textaufgaben der Klasse 5

Zahlreiche empirische Studien zu Lese- und Lösungsprozessen von Textaufgaben haben Hürden für Schülerinnen und Schüler unterschiedlicher Altersstufen identifiziert, die das Bilden eines angemessenen Situationsmodells verhindern. Sie umfassen habituelle und strategische Hürden (z. B. durch Oberflächenstrategien), konzeptuelle Hürden (z. B. fehlende Grundvorstellungen), aber auch sprachliche Hürden auf lexikalischer und syntaktischer Ebene (Reusser, 1997), letztere werden hier fokussiert.

Der Beitrag berichtet erste Schritte einer noch laufenden Studie, die die Lese- und Lösungsprozesse von Kindern der Klasse 5 mit Eye-Tracking-Verfahren untersucht. Im Fokus der Studie steht die Erfassung einer spezifischen *syntaktischen Hürde*, nämlich der Referenzstrukturen für die Subjekt-Objektbeziehungen.

1. Hintergründe zu Referenzstrukturen in Textaufgaben

„Hans und Lea sind Geschwister. Hans hat 20 Bonbons und Lea hat 16 Bonbons. Seiner Schwester Lea schenkt er gerne 14 Bonbons. Wie viele Bonbons hat Lea?“

Der dritte Satz dieser Textaufgabe enthält eine syntaktische Hürde in der Referenzstruktur, da die Subjekt-Objekt-Reihenfolge *erwartungswidrig* ist: Die erste Nominalphrase gehört nicht zum Subjekt, wie in anderen Sprachen zwingend erforderlich (z. B. Englisch), sondern zum Objekt. Im Deutschen ist die Subjekt-Objekt-Struktur nicht durch Reihenfolge, sondern durch Kasusmarkierungen enkodiert: Das Subjekt steht immer in Nominativ, das Objekt hier im Dativ. Die Umstellung ist gleichwohl erwartungswidrig, weil sie deutlich seltener vorkommt.

Generell ist der Umgang mit erwartungswidrigen Texten ein wichtiger Prädiktor für die Textaufgaben-Lösekompetenz (Boonen et al. 2013). In Bezug auf die Subjekt-Objekt-Zuordnung weisen videogestützte qualitative Analysen von Lese- und Lösungsprozessen darauf hin, dass gerade leseschwache Kinder die sprachlichen Feinheiten der Kasusmarkierungen oft überlesen und die Subjekt-Objekt-Zuordnung über die Reihenfolge im Satz statt über Kasusmarkierungen identifizieren (Dröse & Prediger 2018). Die Studie untersucht, wie sich dies im Eye-Tracking ausdrückt.

2. Eye-Tracking in der mathematikdidaktischen Forschung

Eye-Tracking ist eine in der Psycholinguistik gut etablierte Methode (Lai et al. 2013), die auch in der Mathematikdidaktik zunehmend genutzt wird, weil sie Aussagen zu nicht sichtbaren kognitiven Prozessen ermöglicht, z. B. beim Lesen von heuristischen Lösungsbeispielen (Beitlich, Obersteiner & Reiss 2015) oder Textaufgaben (Strohmaier et al. 2018). Untersucht und interpretiert werden in der Regel räumliche Merkmale (z. B. Bewegungspfade), zeitliche Merkmale (z. B. Zeit oder Anzahl der Fixationen auf bestimmte Areas of Interest und der Sakkaden, in sogenannter Dwell Time) oder Reihenfolgenmuster (Strohmaier et al. 2018). Drei Hauptfaktoren beeinflussen die per Eye-Tracking messbare Verarbeitung von Wörtern: die Vertrautheit, Länge und Vorhersehbarkeit eines Wortes (Inhoff & Rayner, 1986), denn aus dem Kontext vorhersehbare Wörter werden öfter visuell komplett übersprungen oder kürzer fixiert als semantisch unerwartete (Rayner & Well, 1996). Da Pronomen hochfrequent und kurz sind, wird erwartet, dass die Vorhersehbarkeit der Pronomen die Schnelligkeit der Verarbeitung beeinflusst, sie wurde zwischen erwartungswidrigen und -konformen Items daher gezielt variiert. In der hier vorgestellten interdisziplinären Studie kooperieren Psycholinguistik (RD, BM) und Mathematikdidaktik (JD, PN, SP) zu zwei Fragen:

F1 Wie unterscheiden sich Fixationsanzahl und Dwell-Time auf Kasusmarkierungen bei erwartungskonformen und -widrigen Textaufgaben?

F2 Wie unterscheiden sich Fixationsanzahl und Dwell-Time in erwartungskonformen und -widrigen Items bei lesestarken und -schwachen Kindern?

3. Forschungsdesign

Struktur der Itemblöcke: An einem remote Eye-Tracker (SMI RED250, 250Hz Abtastfrequenz) bearbeiten die Kinder individuell acht Textaufgaben und zwölf sogenannte Fillers (zur Ablenkung und Motivation, z. B. Tiere auf Wimmelbildern finden oder Farben vergleichen). Alle Textaufgaben haben die gleiche Struktur wie das obige Beispiel (bzw. einen Rechenschritt mehr), sie unterscheiden sich bzgl. des Geschlechts der Akteure und der Struktur des dritten Satzes. Die Itemblöcke wurden randomisiert aus je vier Möglichkeiten zusammengestellt:

Erwartungsgemäß	↔	Erwartungswidrig
<u>Ihr</u> Freund Jonas schenkt <u>ihr</u> gerne 21€. Subjekt Objekt		<u>Ihrem</u> Freund Jonas schenkt <u>sie</u> gerne 21€. Objekt Subjekt
<u>Seine</u> Freundin Emma schenkt <u>ihm</u> gerne 21€. Subjekt Objekt		<u>Seiner</u> Freundin Emma schenkt <u>er</u> gerne 21€. Objekt Subjekt

Stichprobe und Gruppeneinteilung nach Lesekompetenz: Untersucht wurden $n = 22$ Kinder der Klasse 5 einer Gesamtschule im Ruhrgebiet mit sozial heterogenem Einzugsgebiet. Die Lesekompetenz der Kinder wurde mit dem ELFE-Test erhoben (Leseschnelltest auf Wort-, Satz- und Textebene); die Gruppeneinteilung in leseschwache und lesestarke Kinder erfolgte nach Mediansplit bei 60 Punkten.

Methoden der Datenanalyse: Die Auswertung der Eye-Tracking Daten erfolgt mittels automatischer Ereignisse-Erkennung in Hochgeschwindigkeit (Fixationen werden mit Mindestdauer von 50ms definiert, Sakkaden mit 22ms und einer Spitzenschnelle von 40°/s). Zwei *Areas of Interest* (AoI) wurden über die kasusmarkierten Pronomen der Nominalphrase des Subjekts/Objekts definiert. Ausgewertet wurden die Fixationen im Hinblick auf Anzahl und Dauer für die erwartungskonformen und –widrigen Items im Vergleich der beiden Gruppen. Die Signifikanz der Gruppenunterschiede wurde mit t-Tests 5%-Niveau überprüft.

4. Fixationen bei erwartungskonformen und –widrigen Items

Insgesamt erzielten die leseschwachen Kinder bei durchschnittlich 4 von 8 Items die richtige Lösung, die lesestarken Kinder 4,9 Items. Tabelle 1 zeigt erste Ergebnisse zum Vergleich ihrer Fixationsanzahlen (Wie oft wurden die Areas of Interest der kasusmarkierenden Referenzstrukturen fixiert) und Dwell time (Dauer der Fixationen und Sakkaden in Areas of Interest), jeweils getrennt nach den erwartungskonformen und –widrigen Textaufgaben.

Tabelle 1: Erste Ergebnisse zum Gruppenvergleich bei erwartungskonformen und –widrigen Textaufgaben je nach Voraussetzungen: Mittelwerte (Standardabweichung)

	Fixationsanzahl bei		Dwell-Time bei	
	erwartungs-widrigen Items	erwartungs-konformen Items	erwartungs-widrigen Items	erwartungs-konformen Items
Gesamtstichprobe (n=22)	3.81 (1.51)	3.45 (1.55)	970.78 (541.45)	822.62 (479.41)
Lesestarke Kinder (n=11)	3.11 (1.37)	2.98 (1.16)	725.68 (365.86)	637.54 (294.42)
Leseschwache Kinder (n=11)	4.50 (1.30)	3.98 (1.72)	1215.89 (576.48)	1007.70 (551.78)

Im Gesamtsample wurden die kasusmarkierenden Pronomina bei den erwartungswidrigen Items im Mittel 3.81 mal fixiert, bei den erwartungskonformen nur 3.45. Die Dauer der Fixationen (971 ms vs. 823 ms) unterscheidet sich mit kleinem Effekt (Cohens $d = 0.28$). In die Eye-Tracking-Maßen zeigen sich also interessante Unterschiede zwischen erwartungskonformen- und –widrigen Satzstellungen. Die Unterschiede werden allerdings in der kleinen Stichprobe nicht signifikant (mit $t = 1.02$, $df = 21$, $p = .31$ für die Fixationsanzahl und mit $t = 1.60$, $df = 21$, $p = .12$ für die Dwell-Time).

Auffällig ist weiterhin, dass die leseschwachen Kinder erheblich (wenn auch nicht signifikant) länger die AOI fixieren als die lesestarken Kinder, sie haben allerdings insgesamt auch deutlich längere Lesezeiten. Der (in der Tabelle vertikale) Unterschied der Dwell-Times zwischen lesestarken und -schwachen ist daher vermutlich eher auf die geringere Lesegeschwindigkeit zurück zu führen als auf Unterschiede in den Fixationen.

5. Diskussion und Ausblick

Bei dieser Pilotstudie ist die Stichprobengröße noch zu gering, um signifikante Unterschiede zu erwarten. Dennoch lassen sich interessante Tendenzen bereits erkennen: Dwell-Time und Fixationsanzahl scheinen beides Maße zu sein, die die Erwartungswidrigkeit der Subjekt-Objekt-Beziehung in den Leseprozessen der Kinder widerspiegeln. Dabei zeigen sowohl lesestarke als auch -schwache Kinder deutliche Unterschiede zwischen den erwartungskonformen und –widrigen Items.

In einer Vertiefung der Datenanalyse sollen weitere Eye-Tracking-Maße (wie etwa die mittlere Fixationszeit) sowie die Zusammenhänge zum Lösungserfolg untersucht werden, in Anschlussstudien auch die Förderbarkeit der Bewusstheit für syntaktische Feinstrukturen und ihre Erfassbarkeit durch Eye-Tracking.

Literatur

- Beitlich, J., Obersteiner, A., & Reiss, K. (2015). How do secondary school students make use of different representation formats in heuristic worked examples? In K. Beswick, T. Muir, & J. Wells (Hrsg.), *Proceedings of PME39* (Vol. 2, S. 97–104). Hobart: PME.
- Boonen, A. J. H., van der Schoot, M., van Wesel, F., de Vries, M. H., & Jolles, J. (2013). What underlies successful word problem solving? *Cont. Ed. Psychology*, 38, 271-279.
- Dröse, J. & Prediger, S. (2018). Enhancing fifth graders' awareness of syntactic features in mathematical word problems. *Eingereichtes Manuskript*.
- Inhoff, A. W., & Rayner, K. (1986). Parafoveal word processing during eye fixations in reading: Effects of word frequency. *Perception & Psychophysics*, 40, 431–440.
- Lai, M.-L., Tsai, M.-J., Yang, F.-Y., Hsu, C.-Y., Liu, T.-C., Lee, S. W.-Y., . . . Tsai, C.-C. (2013). A review of using eye-tracking technology in exploring learning from 2000 to 2012. *Educational Research Review*, 10, 90-115.
- Rayner, K., & Well, A. D. (1996). Effects of contextual constraint on eye movements in reading: A further examination. *Psychonomic Bulletin & Review*, 3, 504–509.
- Strohmaier, A. R., Tatsidou, K., Reiss, K. (2018). Eye movements during the reading of word problems. Advances in the use of eye tracking data. In Fachgruppe Paderborn (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht* (S. 1759-1762). Münster: WTM.