

Silke BRINKSCHMIDT, Springe

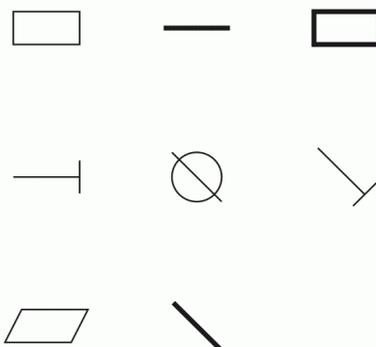
## **Einblicke in die Unterschiedlichkeit kognitiver Prozesse durch Analyse von Blickbewegungen**

Die Erforschung kognitiver Prozesse hat am Institut für Kognitive Mathematik der Universität Osnabrück lange Tradition. Das von Schwank geleitete DFG-Projekt „Individuelle Unterschiede in der Kognition mathematischer Begriffsbildung“ (SCHW 579/3-1) hatte unter anderem zum Ziel, Unterschiede zwischen prädikativem und funktionalem Denken zu ergründen (Schwank, 2003). Dazu bearbeiteten Versuchspersonen Aufgaben aus dem Test QuaDiPF (Schwank, 1998 / 2000). Neben der Analyse von Argumentationen wurden auch die Blickbewegungen der Versuchspersonen untersucht (vgl. Schwank, 2002).

Erste Ergebnisse dieses Projekts waren Anlass, derartige Untersuchungen auch an größeren Stichproben (vier Versuchsgruppen mit insgesamt 57 Versuchspersonen; Gymnasiasten der Jahrgangsstufen 10 – 13) mit einem teilweise modifizierten Aufgabensatz zu erproben. Von einigen Methoden, die zur Auswertung dieser weiteren Untersuchungen neu konzipiert wurden, und den daraus resultierenden Ergebnissen soll hier berichtet werden.

Um die individuell unterschiedlichen Vorstellungen, die Versuchspersonen von der Regelmäßigkeit einer Aufgabe entwickeln, auszuwerten, wurde ein standardisiertes Klassifikationssystem zur Einordnung von Begründungen von Versuchspersonen in Argumentationsklassen entwickelt (vgl. Brinkschmidt, 2005). Auf Basis einer systematischen Aufgabenanalyse wurde der Frage nachgegangen, welche unterschiedlichen Vorstellungen und Fehlvorstellungen die Darstellung einer Aufgabe (vgl. Abbildung) bei potentiellen Versuchspersonen hervorrufen könnte. Diese denkbaren, konkreten Vorstellungen potentieller Versuchspersonen zu einer Aufgabe wurden in einem nächsten Schritt zu Vorstellungen von der Regelmäßigkeit bei Aufgabentypen abstrahiert. Dazu wurden Musterargumentationen entworfen, die die denkbaren unterschiedlichen Vorstellungen bei verschiedenen Aufgabentypen illustrieren. Die Auswertung der Argumentationen von Versuchspersonen bestand letztlich darin, diese möglichst zuverlässig in eine der bestehenden Argumentationsklassen einzusortieren.

Wie solche Argumentationsklassen aussehen, soll am Beispiel der hier dargestellten Aufgabe vorgeführt werden.



**Klasse I:**

In der Mitte einer jeden Zeile und Spalte stehen Figuren, die anzeigen, wie die jeweils erste Figur dieser Zeile zu verändern ist. Das Resultat dieser Veränderung steht am Ende der entsprechenden Zeile oder Spalte. Die Figuren in der Mitte der zweiten Zeile und Spalte greifen auf Figuren zu, die ihrerseits den „Befehl“ für eine auszuführende Tätigkeit geben. Sie verändern daher die Wirkungsweise, die diese Figuren anzeigen. Daher zeigen die Figuren in der dritten Zeile und Spalte zwei Tätigkeiten an, die verkettet auf die ersten Figuren dieser Zeile bzw. Spalte auszuführen sind.

**Klasse IV:**

Die Figuren dieser Aufgabenart lassen sich durch Eigenschaften in drei Dimensionen charakterisieren. Die jeweils erste und dritte Figur einer Zeile weisen die gleiche Form auf, die jeweils zweite und dritte die gleiche Ausrichtung und die gleiche Strichdicke.

**Klasse VI:**

Die drei Eckfiguren haben eine Eigenschaft gemeinsam: Sie sind alle viereckig. Die erste und dritte Figur der ersten und zweiten Zeile stimmen dabei exakt in der Form überein. Die erste und dritte Figur der ersten und zweiten Spalte stimmen in der Strichdicke überein.

Die unterstrichenen Textpassagen haben konkreten Bezug zu der in der Abbildung dargestellten Aufgabe. Sie lassen sich bei anderen Aufgaben desselben Typs durch analoge Passagen ersetzen. Die abstrakte Vorstellung von der Regelmäßigkeit dieses Aufgabentyps bleibt dabei gleich.

Wie man der Nummerierung der vorgestellten Klassen entnehmen kann, gibt es bei dieser Aufgabe noch einige weitere, hier nicht dargestellte Argumentationsklassen. Als ein Ergebnis dieser Art der Auswertung von Argumentationen lässt sich festhalten, dass die definierten Argumentationsklassen das Spektrum der in den Untersuchungen bei insgesamt 57 Versuchspersonen auftretenden Argumentationen sehr gut abdecken. Nur wenn Versuchspersonen sprachlich sehr wenig präzise argumentieren oder ihre Überlegungen nur sehr unvollständig wiedergeben, können sie keiner der Klassen zugeordnet werden.

Die Definition von Argumentationsklassen ermöglicht es zudem, zu einer standardisierten Beurteilung hinsichtlich der eingesetzten kognitiven Werkzeug bei der Lösung einer Aufgabe zu gelangen: Wer wie unter Klasse I vorgestellt argumentiert, zeigt in besonderer Weise, dass er in der Lage ist in Wirkungsweisen zu denken, also funktional. Wer wie unter Klasse IV vorgestellt argumentiert, bevorzugt ein Denken in Eigenschaften, denkt also prädikativ. Gleiches gilt für Versuchspersonen, die wie unter Klasse VI

vorgestellt argumentieren. Allerdings ist die Fähigkeit zum prädikativen Denken hier weniger ausgeprägt, da einige wichtige Eigenschaften von Figuren unberücksichtigt bleiben.

Neben der vorgestellten Methode zur Auswertung von Argumentationen wurden verschiedene quantitative Auswertungsmethoden für Blickbewegungsparameter entwickelt. Aus zahlreichen psychologischen Untersuchungen (z.B. Carpenter & Just, 1976) ist bekannt, dass das Sehen in gewisser Weise an das Denken gekoppelt ist. Ziel bei der vorliegenden Untersuchung war es, von der Zugehörigkeit einer Versuchsperson zu einer „Blickbewegungsklasse“ auf die Zugehörigkeit zu einer Argumentationsklasse zu schließen. Eine „Blickbewegungsklasse“ ist dabei im Idealfall eine Charakterisierung der Blickbewegungen anhand messbarer Daten, die alle Versuchspersonen, die ähnlich denken, von allen Versuchspersonen, die anders denken, unterscheidet. Wie solche „Blickbewegungsklassen“ prinzipiell konstruiert werden und mit welchen Problemen man dabei rechnen muss, soll hier kurz skizziert werden.

Normalerweise führt die Aufmerksamkeit das Auge zu einem bestimmten Ziel. Bei einer einzelnen Versuchsperson gibt es also einen Zusammenhang zwischen Denken und Sehen. Wenn eine Versuchsperson Figuren gedanklich miteinander in Verbindung bringt, dann sieht sie diese Konstellation von Figuren auch (mehrfach) nacheinander an.

Fraglich ist aber, ob man umgekehrt aus der Kenntnis der Blickbewegungsdaten erschließen kann, wie eine Versuchsperson gedacht hat. Das setzt voraus, dass man messbare Unterschiede in den Blickbewegungen derjenigen Versuchspersonen findet, die zu verschiedenen Argumentationsklassen gehören, also verschieden gedacht haben.

Versuchspersonen, die wie unter Klasse I dargestellt argumentieren, stellen beispielsweise einen logischen Zusammenhang zwischen den Figuren einer Zeile und Spalte her. Sie haben, um diesen logischen Zusammenhang herstellen zu können, die Figuren einer Zeile und Spalte mehrfach hintereinander angesehen. Versuchspersonen, die wie unter Klasse VI dargestellt argumentieren, stellen einen logischen Zusammenhang zwischen den Eckfiguren und der jeweils ersten und dritten Figur einer Zeile und Spalte her. Sie haben, um diesen logischen Zusammenhang herstellen zu können, diese Konstellationen von Figuren angesehen (vgl. Cohors-Fresenborg et al. 2003, Abb. 6a).

Die Versuchspersonen, die sich in ihren Erklärungen auf verschiedene Konstellationen von Figuren beziehen (wie etwa Versuchspersonen der Klasse I im Vergleich zu Versuchspersonen der Klasse VI), lassen sich mit den insgesamt vier entwickelten Methoden zur Auswertung von Blickbe-

wegungen (vgl. Brinkschmidt, 2005) bei allen Aufgabentypen zuverlässig trennen, da sie verschiedene Konstellationen von Figuren bevorzugt ansehen.

Problematischer ist es aber, Versuchspersonen zu unterscheiden, die sich in ihren Erklärungen auf dieselben Konstellationen von Figuren beziehen, dabei aber ganz unterschiedliche Überlegungen anstellen.

Sowohl die Versuchspersonen der Klasse I als auch die Versuchspersonen der Klasse IV beziehen sich in ihren Erklärungen auf alle Figuren einer Zeile. Das Interesse von Versuchspersonen der Klasse I gilt dabei dem funktionalen Zusammenhang zwischen den Figuren einer Zeile. Versuchspersonen der Klasse IV analysieren hingegen die Eigenschaften der Figuren. Den Blickbewegungen sieht man dabei aber nur an, dass das Interesse den Zeilen gilt, nicht aber, welche Überlegungen dabei angestellt werden. Um solche Versuchspersonen anhand ihrer Blickbewegungen zu unterscheiden, muss man also nach weiteren Charakteristika in den Blickbewegungsdaten suchen. Eine charakteristische Blickbewegung, die zur Unterscheidung solcher Versuchspersonen beiträgt, ist in Cohors-Fresenborg et al. (2003) dargestellt und analysiert (vgl. Abb. 5b). Bei den Operatoraufgaben ermöglichen die vier entwickelten Methoden daher letztlich auch eine recht zuverlässige Unterscheidung von Versuchspersonen mit Operatorvorstellung und anderen Versuchspersonen, die über Zeilen und Spalten argumentieren.

## Literatur

- Brinkschmidt, S. (2005): Über die Unterschiedlichkeit kognitiver sowie metakognitiver Prozesse beim Bearbeiten von QuaDiPF-Aufgaben. Empirische Untersuchungen mit Blickbewegungsanalysen. Osnabrück: Forschungsinstitut für Mathematikdidaktik.
- Carpenter, P.A. & Just, M. A. (1976): Eye fixations and cognitive processes. *Cognitive Psychology*, 8, 441-480.
- Cohors-Fresenborg, E., Brinkschmidt, S. & Armbrust, S. (2003): Augenbewegungen als Spuren prädikativen oder funktionalen Denkens. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, Vol. 35(3), 86-93.
- Schwank, I. (1998/2000): QuaDiPF – Qualitatives Diagnoseinstrument für prädikatives versus funktionales Denken. Sets A/B/C/D. Osnabrück: Forschungsinstitut für Mathematikdidaktik.
- Schwank, I. (2002): Analysis of eye-movements during functional versus predicative problem solving. In J. Novotna (Ed.): *European Research in Mathematics Education II. Selected papers from the 2<sup>nd</sup> Conference of the European Society for Research in Mathematics Education*. Prag: Charles University, 489-498.
- Schwank, I. (2003): Einführung in funktionales und prädikatives Denken. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, Vol. 35(3), 70-78.