

Wolfgang SCHLÖGLMANN, Linz (Österreich)

Fehler beim Lösen von Nichtroutineaufgaben

1. Einleitung

Betrachtet man den Lösungsprozess beim Bearbeiten von Nichtroutineaufgaben, so kann man, neben dem Nichtverstehen der Aufgabenstellung, hauptsächlich zwei Fehlerkategorien erkennen:

- 1) Fehler, die auf Fehlvorstellungen beruhen.
- 2) Fehler, die auf die fehlerhafte Verwendung von Routinen zurückzuführen sind.

Während Fehlvorstellungen, deren Entstehung und ihre Korrektur, ein viel diskutiertes Thema der Mathematikdidaktik darstellt, werden Routinefehler oder Flüchtigkeitsfehler kaum beachtet. Dies ist auch nicht weiter verwunderlich, da diese Fehler auch in anderen Bereichen des Alltags oder der beruflichen Tätigkeit immer wieder vorkommen und zu deren Behebung keine „Therapie“ notwendig ist. Andererseits kommen diese Fehler vor allem auch in Prüfungsarbeiten sehr häufig vor und sind dort für Geprüfte sehr unangenehm, da sie den Prüfungserfolg gefährden können. Es ist daher sinnvoll sich mit dieser Fehlerkategorie auseinanderzusetzen, auch wenn in dieser Frage keine spektakulären Einsichten zu erwarten sind.

2. Fehler aus neurowissenschaftlicher Sicht – einige Anmerkungen

Die Neurowissenschaften haben in den letzten Jahren die Prozesse im Gehirn genauer untersucht, die ablaufen, wenn eine mathematische Aufgabe gelöst werden soll. Dehaene (1999; 256 - 260) hat die Gehirnvorgänge beschrieben, die erfolgen, wenn entschieden werden soll, ob eine auf dem Bildschirm erscheinende Zahl kleiner oder größer als 5 ist. Dazu ist je nach Ergebnis der erfolgten Vergleichsoperation eine entsprechende Taste zu drücken. Neben der interessanten Tatsache, dass die Darstellung der Zahl, nämlich mittels arabischer Ziffer oder als Zahlwort, andere Zentren im Gehirn aktiv werden lässt, ist eine automatisch ablaufende Fehlerkorrektur von Interesse.

„Unmittelbar nach der Bewegung läuft ein sehr interessanter elektrischer Vorgang ab. Wir machen ja selbst bei einer so einfachen Aufgabe wie dem Zahlenvergleich gelegentlich Fehler, die zumeist durch eine falsche Vorwegnahme der Reaktion zustande kommen und sofort entdeckt und

korrigiert werden. Ereigniskorrelierte Potentiale verraten uns den Ursprung dieser Korrektur, denn unmittelbar nach einem Fehler bildet sich plötzlich an den vorderen Elektroden ein sehr starkes negatives elektrisches Signal aus. Da nach der richtigen Reaktion kein solches Signal gefunden wird, muss diese Aktivität die Entdeckung und die versuchte Korrektur des Fehlers anzeigen. Seine Topographie lässt vermuten, dass es im anterioren Cingulum generiert wird, einem Gehirnareal, das mit der aufmerksamkeitsbasierten Kontrolle von Handlungen und der Hemmung unerwünschten Verhaltens zu tun hat. Es reagiert so rasch – weniger als siebenzig Millisekunden nach dem Drücken der falschen Taste –, dass es nicht von einer Rückkopplung von den Sinnesorganen herrühren kann. Außerdem wurde bei meinem Experiment nicht mitgeteilt, ob eine Antwort richtig war oder nicht. Das anteriore Cingulum wird also endogen immer dann aktiviert, wenn man entdeckt, dass eine gerade durchgeführte Handlung nicht der beabsichtigten Reaktion entspricht.“ (Dehaene, 1999; 259 – 260)

Weiters lassen sich auch auf der Ebene der Gehirnaktivität unterschiedliche Fehlerkategorien feststellen und zwar Fehler, die man üblicherweise als „Flüchtigkeitsfehler“ bezeichnet und Fehler, die auf Fehlvorstellungen beruhen (Posner and Digirolamo, 1999; 628).

Aufgrund der Ergebnisse aus den Neurowissenschaften stellt sich die Frage, wie weit diese Resultate auch für unsere Fragen bedeutsam sind. Ein Argument, das sofort auffällt, ist der unterschiedliche Schwierigkeitsgrad der Aufgabenstellung. Die getestete Aufgabenstellung weist einen sehr geringen Schwierigkeitsgrad auf, sodass die Autoren vermuten, dass die Fehler aufgrund zu rascher Reaktion entstanden waren. Weiters ist noch anzumerken, dass die Probanden bei der Aufgabenbeantwortung auf die (einfache) Problemstellung konzentriert waren. Dies verweist uns auf das Problem der Aufmerksamkeitsfokussierung bei Nichtroutineaufgaben.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass unser Gehirn in der Lage ist, einfache Fehler automatisch zu erkennen und eine Korrektur einzuleiten. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage in wie weit Fehler bei Routinen, wie z. B. das richtige Anwenden algebraischer Regeln in diese Kategorie fallen und wenn ja, warum diese Korrektur offensichtlich nicht immer erfolgt. Um diese Frage besser beurteilen zu können, ist es notwendig sich den Prozess des Routineerwerbs genauer anzusehen.

3. Routinen und Aufmerksamkeitsfokussierung

Wie wir alle wissen erwerben Schüler im Verlaufe ihrer mathematischen Ausbildung eine Vielzahl von Algorithmen und Formeln, die so wichtig

sind und so oft verwendet werden, dass sie automatisiert werden. Damit der Einsatz solcher Regeln und Verfahren automatisch erfolgen kann, muss ein Prozess ablaufen, der auf Übungseffekten beruht und zu einer immer größeren Verdichtung des Wissens führt (Anderson, 1982; 370). Eine Konsequenz dieses Prozesses ist, dass wir diese Verfahren zwar routinemäßig einsetzen können, aber die Berichtbarkeit dessen was wir tun im Verlaufe des Übens der Routine immer mehr verloren geht (Roth, 2001; 229).

Nun ist aber zur Lösung aller Nichtroutineaufgaben auch die Verwendung von Routinen erforderlich, seien es einfache Rechnungen oder die Verwendung von Formeln, deren richtiger Einsatz einfach vorausgesetzt wird. Dem Einsatz dieser Routinen wird auch wenig Aufmerksamkeit zuteil, da sie aus der Sicht des Nichtroutineteils einfach sind und implizit vorausgesetzt wird, dass man sie beherrscht und sie korrekt ablaufen. Wichtig ist es zu erwähnen, dass Routinen anders abgespeichert sind und auch abgerufen werden können, wenn andere Aufgaben mathematischer Art nicht mehr gelöst werden können, da der dafür zuständige Bereich im Gehirn geschädigt ist (Dehaene, 1999; 249).

Wir wissen aber auch aus eigener Erfahrung beim Bearbeiten von Aufgaben, dass wir manchmal auf Fehler sofort aufmerksam werden, was auf eine automatische Fehlerkorrektur hinweist, dass dies aber nicht immer der Fall ist. Es könnte sein, dass die automatische Fehlerkorrektur eine gewisse Konzentration auf die Aufgabe erfordert, die bei Nichtroutineproblemen den verwendeten Routinen oft nicht zukommt.

Routinen sind von ihrer Zielsetzung her so angelegt, dass sie möglichst wenig Aufmerksamkeit erfordern (Schlögmann, 2004), denn mit ihnen soll ja der Alltag bewältigt werden und es ist auch Aufgabe der Routinen, dass sie durch die geringe Aufmerksamkeit, die sie erfordern, diese freimachen für die neuen und herausfordernden Problemstellungen (Roth, 2001; 229 – 230). Es lässt sich aber aus dem häufigen Auftreten von Routinefehlern bei der Bearbeitung von Nichtroutineaufgaben, die übrigens auch bei sehr guten Studierenden und auch erfahrenen Mathematikern beobachtbar sind, dass mathematische Routinen ein Mindestmaß an Aufmerksamkeit benötigen um fehlerfrei anzulaufen. Besonders bei starker Anspannung, wie sie z. B. in Prüfungssituationen vorherrscht, dürfte die Konzentration auf die Nichtroutineteile so groß sein, dass Routinen nicht fehlerfrei ablaufen. Auch lässt sich vermuten, dass die vorhandenen automatischen Korrekturvorgänge ebenfalls der Aufmerksamkeit auf den ablaufenden Routinevorgang bedürfen. Dies lässt sich daraus vermuten, dass die automatische Fehlerkorrektur dort im Gehirn situiert ist, wo sich auch das Zentrum für die Aufmerksamkeitsfokussierung befindet.

Nun stellt sich natürlich die Frage, ob es Strategien zur Vermeidung von Routinefehlern gibt? Die Antwort auf diese Frage widerspricht eigentlich dem Prinzip der Routine, nämlich dieser genügend Aufmerksamkeit zukommen zu lassen. Nur dadurch können die Mechanismen der automatischen Fehlererkennung greifen und darüber hinaus ist auch noch eine Kontrolle auf visueller Basis möglich. Das Problem dieses Vorschlages liegt nur darin, dass vor allem in Prüfungssituationen die Aufmerksamkeit sehr stark auf die Nichtroutineteile gerichtet ist und damit nicht auf die Routineteile gelenkt werden kann. Auch lassen sich bei manchen Lernenden regelrechte „Blockaden“ feststellen, die ein ruhiges und gezieltes Arbeiten fast unmöglich machen. Als eine weitere Anregung für Lernende kann nur eine sorgfältige Überprüfung am Ende der Aufgabenbearbeitung gesehen werden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das Problem der Routinefehler einerseits weit verbreitet ist und andererseits eine Behebung schwer umzusetzen ist, da sie dem eigentlichen Sinn der Routine, keine oder wenig Aufmerksamkeit zu erfordern, widerspricht.

4. Literatur

Anderson, J. R. (1982). Acquisition of Cognitive Skill. *Psychological Review* 89, 369 - 406.

Dehaene, St. (1999). *Der Zahlensinn oder warum wir rechnen können*. Basel-Boston-Berlin, Birkhäuser Verlag.

Posner, M. I. & Digirolamo, G. J. (2000). Attention in Cognitive Neuroscience: An Overview. In: M. S. Gazzaniga (Ed.): *The New Cognitive Neurosciences* (Second Edition). A Bradford Book. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts; London, England, 623 – 631.

Roth, G. (2001). *Fühlen, Denken, Handeln*. Frankfurt/Main, Suhrkamp Verlag.

Schlöglmann, W. (2004). Routines in non-routine problem solving processes. In: M. Johnsen Hoines & A. B. Fuglestad (Eds.): *Proceedings of the 28th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, Bergen University College, Bergen 2004/4, 161 – 168.