

# Prozeduralisieren: deklarativ nach prozedural

Aus: Kaiser, H. (2005) Wirksames Wissen aufbauen. Ein integrierendes Modell des Lernens. Bern: h.e.p. verlag S. 127, 130-133

Übungsaufgaben werden geleitet durch deklaratives Wissen und allgemeine Problemlösetechniken bearbeitet. Dabei entstehen in Form von prozeduralem Wissen Wenn-Dann-Regeln als Zusammenfassung häufiger Lösungswege. Dieser Übergang wird im Modell absichtlich nicht «Üben», sondern «Prozeduralisieren» genannt, denn beim realen Üben, d.h. beim Lösen von Aufgaben, entsteht neben dem sich langsam bildenden prozeduralen Wissen immer auch situatives Wissen in Form von Erinnerungen an die ganze Übungssituation und die konkreten Aufgaben (vgl. 14.6).

## 1 Schwierigkeiten beim Prozeduralisieren

### ***Zu schwierige Aufgaben***

Auch Übungsaufgaben müssen zuerst einmal gelöst werden, damit sich irgendein Übungseffekt einstellen kann. Prinzipiell können hier also dieselben Schwierigkeiten auftreten, wie sie beim Sammeln von Erfahrungen beschrieben wurde (vgl. 9.2.1). Meist dürften sie sich aber weniger stark auswirken als dort. Denn im Gegensatz zur Situation beim Sammeln von Erfahrungen, wo die Lernenden unter Umständen mit sehr wenig konkretem Vorwissen auskommen müssen, sollten sie beim Prozeduralisieren doch prinzipiell über genügend deklaratives Wissen verfügen, um Aufgaben von der zu übenden Art im Prinzip lösen zu können. Aber zumindest zu Beginn kann auch dies immer noch recht schwierig sein.

Damit können auch Kapazitätsprobleme auftreten, wie sie beim Abstrahieren beschrieben wurden (vgl. 9.4.1), d.h. die hohe Kapazitätsauslastung durch das Problemlösen könnte verhindern, dass Kapazität für Übungseffekte übrigbleibt.

### ***Unlösbare Aufgaben***

Dass die Übungsaufgaben prinzipiell lösbar sind, gilt natürlich nur, wenn die Übungsaufgaben tatsächlich zum deklarativen Vorwissen passen. Es kann nun aber auch geschehen, dass entweder von den Lernenden weniger oder anderes deklaratives Wissen aufgebaut wurde, als die Lehrenden annehmen, welche die Übungsaufgaben generieren, oder dass die Lernenden sogar absichtlich Aufgaben vorgesetzt bekommen, die über den «behandelten» Stoff hinausgehen.

VanLehn (VanLehn, 1990) beobachtet z.B., dass es in den Lehrmitteln, welche die von ihm untersuchten Schüler und Schülerinnen verwendeten, durchaus üblich ist, zum Ende der Übungsaufgaben hin ein paar Aufgaben einzustreuen, die den bisher behandelten Stoff klar übersteigen (z.B. Subtraktion von Zahlen mit drei Ziffern, wenn bisher nur Beispiele mit zwei Ziffern behandelt wurden, oder «Borgen über eine Null hinweg», wenn bisher in allen Aufgaben immer in der anschliessenden Kolonne «geborgt» wurde, etc.). Solche Aufgaben stellen keine Übungsaufgaben dar, sondern sind Aufgaben, die von den Lernenden verlangen, dass sie z.B. generalisieren oder gar neue Regeln abstrahieren.

Dies mag durchaus Absicht sein. VanLehns Analyse illustriert aber schön, was geschieht, wenn die Lernenden diese Aufgaben trotzdem als Übungsaufgaben behandeln. Sie müssen – so VanLehns Sicht – annehmen, dass die Beispiele, die sie bisher behandelt haben, eigentlich auch diese neuen Aufgaben abdecken müssten. Ist dies nicht der Fall, kann es nur darauf zurückzuführen sein, dass sie etwas falsch verstanden haben. Sie wählen dann einen von drei Auswegen. Entweder überspringen sie die Regel, die ihnen Mühe macht, oder sie

ändern sie relativ willkürlich ab, oder sie gehen in der Prozedur zurück, bis sie zu einer Stelle kommen, an der sie einen anderen (falschen!) Weg einschlagen können. Dies führt als Übungsprodukt zu einer Vielzahl von fehlerhaften Regeln, die z.T. recht stabil über Monate oder sogar Jahre hinweg auftauchen.

### ***Zu wenig elaboriertes Vorwissen***

Man kann aus VanLehns Daten allerdings auch andere Schlüsse ziehen. Resnick (Resnick, 1987) untersuchte ebenfalls Fehler beim schriftlichen Rechnen. Und auch sie führt diese Fehler darauf zurück, dass die Lernenden die Prozeduren nur mechanisch, d.h. auf einer syntaktischen Ebene, erlernen und nicht verstehen, wieso sie diese Form haben. Denn bei einem Verständnis für die Funktionsweise der Prozeduren wären Fehler, wie sie oben beschrieben wurden, nicht sehr naheliegend. VanLehn teilt zwar diese Ansicht, geht aber davon aus, dass eine begleitende Instruktion, die z.B. eben das «Warum» der Prozedur erklären würde, normalerweise nicht wirksam ist, sondern dass nur die «syntaktische» Demonstration des Vorgehens wirkt. Er führt dies darauf zurück, dass mathematische Prozeduren allgemein ein sehr abstraktes und auch komplexes «Warum» haben, und es sich folglich nicht vermeiden lässt, dass Lernende in diesem Gebiet nur über mechanisches Wissen verfügen. Pirollis (Pirolli, 1991) Beobachtungen mit Lernenden, die das Programmieren rekursiver Funktionen erlernen sollten, unterstützen ihn hier, denn auch dort waren rein syntaktische Beispiele gegenüber «Warum»-Erklärungen überlegen. Resnick (Resnick, 1987) scheint da anderer Meinung zu sein und hofft, Fehler durch mehr Verständnis vermeiden zu können.

Wie dem auch sei. Gewisse Fehler treten nur auf, wenn das Vorwissen der Lernenden für das Prozeduralisieren zu wenig reich ist, so dass sie notwendige Transformationen des Wissens nur mehr oder weniger «blind» durchführen können. Dass ein reiches Vorwissen das Prozeduralisieren erleichtert, zeigen auch die Untersuchungen von Chi, Bassok, Lewis, Reimann und Glaser (Chi, Bassok et al., 1989). Ihre guten Lernenden konnten in der Übungsphase sehr gezielt auf einzelne Aspekte der vorher durchgearbeiteten Beispiele (z.B. die zentrale Formel) zugreifen. Sie hatten also die Beispiele irgendwie verstanden. Die schlechten Lernenden hingegen begannen jeweils bei jeder Übungsaufgabe die Beispiele wieder von vorne durchzulesen und versuchten sie dann mechanisch Schritt um Schritt auf die Übungsaufgabe zu übertragen.

### ***Vergessen des einzuübenden Wissens***

Prozeduralisieren führt auch dazu, dass Wissen im Gedächtnis geeignet verankert wird. Dies bedeutet aber auch, dass vor und während des Prozeduralisierens dieses Wissen recht flüchtig sein kann und schlimmstenfalls verloren geht, bevor es die Form von Prozeduren angenommen hat.

## **2 Hilfestellungen**

### ***Angepasste Aufgaben stellen***

Wenn das Problem bei zu schwierigen Aufgaben liegt oder Aufgaben, die nicht das behandelte Wissen betreffen, ist es naheliegend, als Abhilfe angepasste Aufgaben zu stellen. In der eigentlichen – von den Lernenden so wahrgenommenen – Übungsphase sollten nur Aufgaben gestellt werden, die ohne erneutes Abstrahieren auf Grund des vorhandenen Wissens gelöst werden können. Dieser Rahmen ist umso enger, je weniger Verständnis der einzuübenden Prozesse auf der Seite der Lernenden vorausgesetzt werden kann.

Da Übungseffekte erst nach einiger Zeit eintreten, sollten die Aufgaben zu Beginn eher einfach sein. Optimalerweise wird die Schwierigkeit so gesteigert, dass die subjektive

Schwierigkeit dank fortschreitendem Übungseffekt für die Lernenden mehr oder weniger konstant und im optimalen Bereich bleibt (Pask, 1975).

### ***Adäquates Vorwissen sichern***

Wenn bei wenig Vorverständnis nur ein enger Rahmen für mögliche Übungsaufgaben gegeben ist, kann man umgekehrt annehmen, dass umso weniger Schwierigkeiten mit nicht adäquaten Aufgaben auftreten, je besser das Vorverständnis elaboriert ist. Es ist also sicher sinnvoll, vor dem Prozeduralisieren so viel Vorverständnis wie möglich zu schaffen.

Das Sichern des Vorwissens beinhaltet aber auch, dass das Wissen in einer Form vorliegt, in der es nicht vergessen gehen kann, bis es durch Prozeduralisieren verankert wurde. Dies lässt sich durch ein externes Gedächtnis wie ein schriftlicher Instruktionstext oder von den Lernenden erstellte Notizen erreichen. Ebenfalls nützlich sind natürlich auch Lehrende, welche die Lernenden immer wieder befragen können.

Wie Untersuchungen von Schneider und Oliver (Schneider & Oliver, 1991) nahe legen, könnte es aber sein, dass gewisse Übungsmechanismen darauf angewiesen sind, dass das Vorwissen immer wieder in exakt derselben Form anliegt. Paraphrasieren der Information durch die Informationsquelle oder sogar Darstellung der Information aus immer wieder anderen Gesichtspunkten während der Übungsphase könnte deshalb mehr störend als hilfreich sein.