

Wenn Simon den Garten giesst, zerbricht sich Stefan den Kopf

Wie können Schülerinnen und Schüler leichter mit mathematischen Problemen vertraut gemacht werden? Auf fast spielerische Weise schafft es ein Computerprogramm: HERON wurde von Kurt Reusser entwickelt, einem Spezialisten für pädagogische Psychologie.

Zu lösen gilt es folgende Rechenaufgabe: «Simon und sein Vater giessen den Garten. Vaters Giesskanne fasst 15 Liter Wasser. Jene von Simon ist fünfmal kleiner. Beide begeben sich je zwölfmal zum Wasserfass, um ihre Giesskannen zu füllen. Nach dem Giessen hat es noch 24 Liter Wasser im Fass. Wieviel Wasser hatte es am Anfang darin?»

Ein Erwachsener kann nach kurzem Überlegen (tatsächlich?) die richtige Antwort nennen: 240 Liter. Doch für Stefan, einen durchschnittlichen Schüler von elf Jahren, bedeutet diese Aufgabe minutenlanges Kopferbrechen. Bis er nur schon verstanden hat, worum es eigentlich geht, muss er den Text dreimal lesen.

Anschliessend kämpft unser junger Freund mit der Schwierigkeit, die kleine Geschichte vom Gartengiessen in eine Folge mathematischer Grundoperationen (Addition, Subtraktion, Multiplikation, Division) zu übersetzen. Falls Stefan dabei nicht stolpert und die Operationen dann auch korrekt ausführt, wird er schliesslich zum Resultat gelangen.

Stefan zeigt sowohl in Sprache wie auch im mündlichen Rechnen gute Leistungen. An Verständnisgrenzen jedoch stösst er, wenn er Zahlen und mathematische Operationen in einen Text verpackt vorfindet. Wie ihm geht es vielen anderen Schülerinnen und Schülern seines Alters: Sie glauben – natürlich zu unrecht – dass Deutsch und Mathematik zwei völlig verschiedene Sprachen seien, und sie sehen nicht, dass sich beide durch die Gesetze der Logik miteinander verbinden lassen.

Besser als Stefan haben es bald einmal jene Schulkinder zwischen 9 und 14 im Kanton Bern, in deren Schulzimmer

ein PC steht. Sie können ein Lernprogramm benutzen, das sie schrittweise mit dem Lösungsmechanismus mathematischer Probleme vertraut macht. HERON verwandelt jeden IBM compatible (und bald auch Macintosh) in einen Dialogpartner – einen geduldigen und nie um Rat verlegenen Lehrmeister. HERON korrigiert jeden Fehler und zeigt verschiedene Wege auf, um zu einem Resultat zu gelangen. Wenn der junge Mensch vor dem Bildschirm mit seiner Maus einen ersten Lösungsschritt vorschlägt, reagiert der Computer sofort: «OK, gut gemacht! Fahr weiter!», heisst es dann – oder aber «Falsch! Versuch es noch einmal!» (siehe Kasten).



«HERON regt das Kind zu einer Denkweise an, die alle nötigen Überlegungen zum Verständnis eines mathematischen Problems umfasst», erklärt Kurt Reusser, Professor am Pädagogischen Institut der Uni Zürich. Als ehemaliger Lehrer mit der Schulpraxis bestens vertraut, hat Reusser das Lernprogramm entwickelt, zusammen mit Ruedi Stüssi und Xander Kämpfer (Preisträger des «Swiss Artificial Intelligence-Preises» der Firma IBM) sowie Fritz Staub, Rita Stebler und Markus Sprenger.

Indes soll HERON die Lehrkraft aus Fleisch und Blut keineswegs verdrängen. Im Gegenteil: Vom Computerprogramm profitieren erfahrungsgemäss ausser den Kindern auch die Pädagogen. «Vor einiger Zeit dachte man, dank Fortschritten der Informatik könnten intelligente Lehrmaschinen konstruiert werden, die sich dem Verständnisniveau der Schülerinnen und Schüler selber anpassen würden», merkt Kurt Reusser an. «Das war eine reichlich romantische Vorstellung. Was wir heute entwickeln können, sind aber immerhin brauchbare Arbeitsinstrumente zur

Verbesserung des Unterrichts und des selbständigen Lernens.»

Der Mythos einer «intelligenten Maschine» geht auf die sechziger und siebziger Jahre zurück, als auch der Begriff der «künstlichen Intelligenz» geprägt wurde. Die damalige Pioniergeneration (es gab noch nicht einmal Mikroprozessoren) stellte sich vor, ein Computer werde bald auf die gleiche Weise denken wie das menschliche Gehirn. So sahen gewisse Spezialisten für die künstliche Intelligenz ein breites Anwendungsfeld voraus: Robotik, Formerkennung, Übersetzungs- und Mathematikcomputer. Ja, Psychoanalytiker freuten sich darauf, dank der Informatik einen Blick in die tieferen Schichten unseres Bewusstseins werfen zu können...

Heute haben die Fachleute solche allzu hochgeschraubten Erwartungen etwas zurückgesteckt. Es zeigte sich nämlich, dass unsere Denkprozesse komplizierter ablaufen als angenommen und sich daher nicht so leicht imitieren lassen. Trotz einiger Einsichten in das verwickelte Geschehen weiss man heute noch nicht genau, wie man menschliche Gedankengänge – und die Sprache, mit der sie ausgedrückt werden – in eine Abfolge einfacher, computertauglicher Regeln fassen kann.

Nehmen wir zum Beispiel unsere kleine Rechenaufgabe vom Gartengiessen. Um die Geschichte von Simon und seinem Vater zu erfassen, braucht das Lernprogramm HERON mehr als 150 «logische» Regeln. Jede Regel entspricht einem – richtigen oder falschen – Schritt auf dem Lösungsweg des Schülers.

Interessanterweise ist der Unterricht einer der wenigen Bereiche, wo die künstliche Intelligenz bisher eine praktische Anwendung gefunden hat. In Frankreich laufen Versuche mit Computertutoren zum Erlernen von Algebra und Geometrie. Ausserdem studiert die

Industrie Möglichkeiten, Lernprogramme zur Schulung von Arbeitern für gewisse Fabrikationsprozesse einzusetzen.

In der Schweiz dürfte es noch einige Jahre dauern, bis HERON zum Standard des Mathematikunterrichts gehört. Der Testlauf in den bernischen Schulklassen ist zwar befriedigend verlaufen: Die Akzeptanz des Lernprogrammes war sehr gut. Doch fehlt es offenbar noch am Willen der Lehrkräfte, die vorhandenen Geräte und Programme auch tatsächlich zu brauchen. Eine von der ETH Zürich durchgeführte Studie hat gezeigt, dass 75 Prozent der Schulkinder auf der Sekundarstufe (12-15 Jahre) Informatikkurse besuchen, aber nur 15 Prozent ihrer Lehrerinnen und Lehrer wenigstens einmal jährlich den Computer im Unterricht zu Hilfe nehmen.

The screenshot shows the HERON program interface. On the left, a 'Problem' window contains the text: 'Simon und sein Vater giessen den Garten. Vaters Giesskanne fasst 15 Liter Wasser. Jene von Simon ist fünf mal kleiner. Beide begeben sich je zwölf mal zum Wasserfass, um ihre Giesskannen zu füllen. Nach dem Giessen hat es noch 24 Liter Wasser im Fass. Wieviel Wasser hatte es am Anfang darin?' Below this is a menu with options like 'Soviel mal ist Simons Kännchen kleiner als Vaters', 'Fassungsvermögen Giesskanne Simon', 'Fassungsvermögen beider Giesskannen', 'Inhalt des Wasserfasses vor dem Giessen', 'Vom Vater verbrauchte Wassermenge', 'Von Simon verbrauchte Wassermenge', and 'Verdunstete Wassermenge'. On the right, a 'Lösungsbaum' (solution tree) shows a flow from 'Fassungsvermögen Giesskanne Vater' (15 Liter) and 'Soviel mal ist Simons Kännchen kleiner als Vaters Kanne' (5) to 'Fassungsvermögen Giesskanne Simon' (3 Liter), then to a plus sign, and finally to 'Anzahl Füllungen' (12) and 'Fassungsvermögen Wasserreservoir nach dem Giessen' (24 Liter). Numbered callouts 1-5 point to specific elements in the interface.

Nachdem ein Kind (in der Regel arbeiten jeweils zwei Kinder als Lernpartner) eine Aufgabe gelesen hat (1), erfolgt die Afforderung, quantitative Grössen zu markieren (2) und mit Hilfe von Menüs von Sachbegriffen (3) und Masseinheiten (hier «Liter») zu interpretieren. Anschliessend beginnen die Kinder in der mausgesteuerten Lernumgebung mit dem Aufbau einer sachbegrifflich-mathematischen Struktur, dem Lösungsbaum. Um etwa zuerst das Fassungsvermögen von Simons Spritzkanne zu kennen, müssen zwei Grössen verknüpft werden: das Fassungsvermögen der väterlichen Spritzkanne und das Verhältnis der Fassungsvermögen beider Gefässe (4).

Unter Verwendung des Zwischenresultates kann zur nächsten Verknüpfung fortgeschritten werden, sagen wir zum Bestimmen der Wassermenge, die von Vater und Sohn zusammen verbraucht wird (5). Die letzte Verknüpfung führt sodann bereits zum vollständigen Rechenbaum mit Schlussergebnis.

Unterlaufen Schülern bei ihrer Denkarbeit Fehler, oder wissen sie nicht weiter, so hilft ihnen der Computer – von sich aus oder auf Anfrage – mit Korrekturen und abgestuften Hilfen.

Dadurch, dass HERON die Kinder anhält, ihr Aufgabenverständnis als Lösungsnetze auf dem Bildschirm darzustellen, können sie ihre sichtbar (!) gewordenen – richtigen und falschen – Überlegungen leicht mit den Verstehenswegen ihrer Klassenkameraden vergleichen und untereinander – sowie natürlich mit der Lehrerin – diskutieren...