

Dr. Jens Gallenbacher

Was ist denn binär?

Zahlendarstellung im Binärsystem einfach erklärt

Dieser erste Teil einer dreiteiligen Mini-Serie geht einem wichtigen Thema der Informatik auf den Grund – nämlich der Frage, wie Zahlen im Binärsystem dargestellt werden. Die Erklärungen sind so einfach wie möglich gehalten und simple Experimente geben auch jüngeren Kindern Gelegenheit, die dargestellten Zusammenhänge im wahrsten Sinne des Wortes zu begreifen.



Das Computer „nur mit 0 und 1 rechnen“, gehört heute zur Allgemeinbildung. Genau genommen stimmt das aber gar nicht, denn 0 und 1 sind nur die für uns Menschen verständlichen Symbole für zwei unterschiedliche Zustände wie „An“ und „Aus“, „Strom“ und „kein Strom“ oder „Spannung 0 V“ und „Spannung 3 V“. Computer arbeiten mit diesen unterschiedlichen Zuständen.

Im ersten Teil dieser kleinen Serie geht es um die Zahlendarstellung mit nur zwei Zuständen. Dazu bereiten Sie zunächst fünf gleich große Pappkarten vor; eine weitere Karte sollten sie bereitlegen. Auf die Vorder-

seiten malen Sie unterschiedlich viele Punkte, die Rückseiten bleiben leer. Beginnen Sie mit einem Punkt und verdoppeln Sie die Anzahl auf jeder weiteren Karte; auf der fünften sind so schließlich 16 Punkte zu sehen. Legen Sie die Karten nun der Reihe nach nebeneinander.

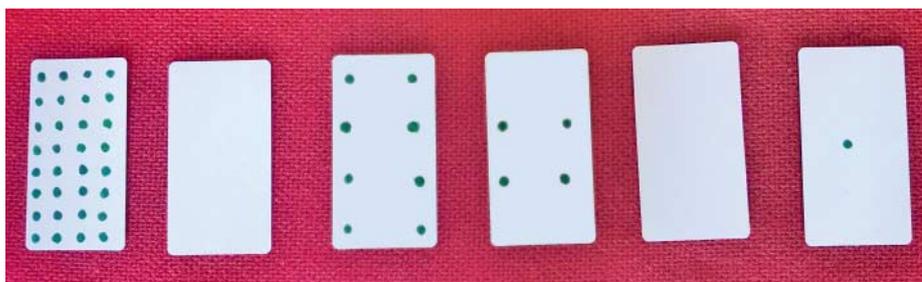
Karten legen

Je nach Alter des Kindes versuchen Sie nun entweder gemeinsam, die Karten durch Umdrehen so aufzudecken, dass insgesamt 13 Punkte sichtbar sind oder lassen das Kind

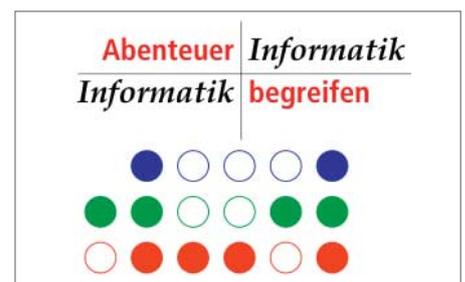
allein die passende Anordnung herausfinden. Alle Karten bleiben dabei an ihrer Position liegen. Schafft es das Kind auch, 21 Punkte aufzudecken? Und welches ist die größte Zahl, die sich auf diese Weise darstellen lässt? Richtig: 31. Um größere Zahlen darzustellen, braucht man eine weitere Karte. Kinder ab dem zweiten Schuljahr kommen sicher selbst schnell darauf, dass auf diese sechste Karte 32 Punkte gehören. Legen Sie die neue Karte ans Ende der Reihe und experimentieren Sie noch ein wenig mit den neuen Möglichkeiten.

Jetzt soll mit den Punktekarten konsequent gezählt werden. Bitten Sie das Kind, die Karten so hinzulegen, dass insgesamt 0 Punkte sichtbar sind – das ist einfach. Nun soll es sie so aufdecken, dass ein Punkt zu sehen ist, danach zwei Punkte, dann drei und so weiter. Tipp: Besonders viel Spaß macht das Zählen mit den Binärkarten im Team. In einer Gruppe mit sechs Kindern kann jedes eine der Karten bedienen. Schnell wird klar, dass die Arbeit nicht gleich verteilt ist – wer muss seine Karte am häufigsten umdrehen? Wer hat den ruhigsten Job?

Wenn die Kinder den Dreh heraushaben und das Zählen zügig klappt, lässt sich besonders leicht beobachten, wie oft beim Zählen die Karte ganz rechts – also die mit einem Punkt – umgedreht wird, nämlich jedes Mal. Bei der Karte mit den zwei Punkten ist es jedes zweite Mal. Und bei der drit-



Um die 45 darzustellen, wird noch eine sechste Karte mit 32 Punkten benötigt. Der Zusammenhang zwischen dieser Kartenreihe und der Binärzahl 101101 ist offensichtlich.



Die Binäruhr auf der Webseite www.abenteuer-informatik.de funktioniert genauso wie die Punkte-Karten.

ten Karte mit den vier Punkten? Genau: jedes vierte Mal.

Ratespiel

Lassen Sie die Kinder eine Weile mit den Punktekarten hantieren, sodass sich ein Gefühl für die Logik dahinter einstellt. Dann ist es Zeit für ein weiteres Experiment, das Sie zusammen mit Ihrem Kind durchführen; alternativ arbeiten dabei zwei Kinder zusammen. Eine Person schließt die Augen oder dreht sich um, sodass sie den Zahlenkärtchen den Rücken zukehrt. Der Partner legt nun mit den Karten eine beliebige Zahl. Die wird aber nicht verraten! Stattdessen schreibt der Partner für alle Karten von links nach rechts auf, ob die Punkte darauf sichtbar oder nicht sichtbar sind. Die erste Person muss nun herausfinden, welche Zahl dargestellt ist, indem sie in Gedanken jeder Position die richtige Zahl von Punkten zuordnet und alles addiert.

Hinter der Ansage „sichtbar – nicht sichtbar – sichtbar – sichtbar – nicht sichtbar – sichtbar“ verbirgt sich beispielsweise die 45. Mit diesem Ratespiel sind die Kinder hinter das Geheimnis der Binärzahlen gekommen. Statt „sichtbar“ lässt sich kürzer auch das Symbol „1“ verwenden und statt „nicht sichtbar“ die „0“. Die Zahl 45 kann also auch als „101101“ dargestellt werden.

Blinkende Kreise

Um eine praktische Anwendung dieses Systems anzuschauen, besuchen Sie nun die Webseite <http://www.abenteuer-informatik.de/bu.html>. Ist das eine Uhr? Selbst wenn man mit den blinkenden Kreisen zunächst noch nichts anfangen kann, gibt es doch einige Indizien, die für eine Zeitmessung sprechen: Die roten Kreise verändern sich im Sekundentakt und wenn man lange genug hinschaut, stellt man fest, dass die grünen minütlich und die blauen stündlich ihren Zustand ändern. Ein Klick auf den roten Knopf bringt auch die Dezimaldarstellung der Uhrzeit zum Vorschein und mit einem Klick auf den grünen Knopf lassen sich zusätzlich Zahlenkärtchen einblenden – so wird der Zusammenhang zu den ersten Experimenten auch für jüngere Kinder schnell nachvollziehbar.

Bei den roten Kreisen wechselt der ganz rechte jede Sekunde seinen Zustand, der daneben jede zweite Sekunde, der dritte von rechts jede vierte Sekunde und so weiter. Die Kreise verhalten sich also exakt so, wie die Punktekärtchen beim Zählen. Prinzipiell macht eine Uhr ja auch nichts anderes, als Sekunden, Minuten und Stunden zu zählen.

Sobald die Kinder das Prinzip verstanden haben, können sie auch die Binäruhr ablesen. Bis sie das so gut wie im gewohnten Zehnersystem schaffen, braucht es allerdings ein bisschen Übung. Da stellt sich schon die Frage, warum heutige Computer im Binärsystem arbeiten und nicht einfach in dem für uns gewohnten Zahlensystem, dem Dezi-

malsystem. Fragen Sie einfach mal im Freundeskreis herum – auch gestandenen Informatikern fällt die Antwort oft nicht leicht.

Warum binär?

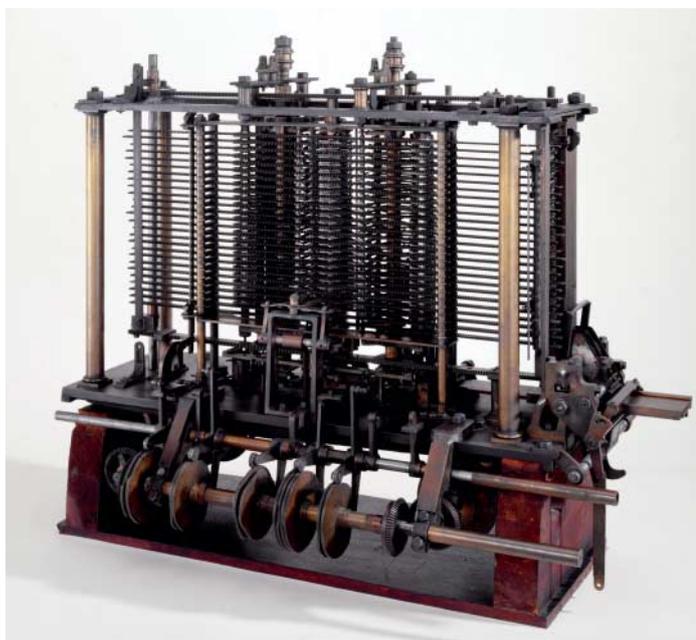
Eine häufige Antwort lautet: „Elektronische Bauteile sind darauf ausgelegt, mit zwei Zuständen zu schalten – wie damals die Relais, die Konrad Zuse in seinem ersten funktionierenden Computer verwendet hat: Ein Stromkreis war geschlossen oder unterbrochen.“ Das stimmt! Aber die Erklärung wirft ein Henne-Ei-Problem auf: Wäre es nicht auch möglich gewesen, elektronische Schaltkreise zu entwickeln, die mit mehr als zwei Zuständen arbeiten? Schon zu Zeiten von Konrad Zuse gab es zum Beispiel den Drehwähler aus der Telefontechnik, der zehn verschiedene Zustände annehmen konnte.

Auch Charles Babbage entwarf bereits Mitte des 19. Jahrhunderts seine „Analytical Engine“, die praktisch schon alle Einheiten eines modernen Computers gehabt hätte – leider konnte er nie einen Prototyp bauen. Aber ein Modell des Londoner Science Museum zeigt, dass seine – auf dem Dezimalsystem beruhenden – Rechenwerke durchaus auch damals schon funktioniert hätten. Dass die entsprechenden Bauteile nicht verfügbar waren, kann also nicht der Grund dafür sein, dass die Menschheit noch fast ein Jahrhundert auf den ersten funktionsfähigen Computer warten musste.

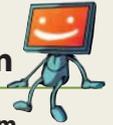
Eine weitere mögliche Antwort auf die Frage nach den Vorzügen des Binärsystems: „Mit mehr als zwei Zuständen werden die Störungen auf den Leitungen höher“. Auch das stimmt – der sogenannte Signal-Rauschabstand nimmt ab, falls gültige Signale enger beieinander liegen, also etwa nicht nur Spannungen von 0 V und 5 V unterschieden werden müssen, sondern auch 0,5 V, 1 V, 1,5 V und so weiter.

Bild: Science Museum London,
Science & Society Picture Library

Dieses nach Plänen von Charles Babbage angefertigte Modell seiner „Analytical Engine“ steht im Science Museum in London. Das Rechenwerk beruht auf dem Dezimalsystem.



Der c't-Tipp für Kinder und Eltern



Experimente zum Binärsystem

-  Stift, Pappkarten, Internetzugang
-  keine Vorkenntnisse erforderlich
-  mit Vorbereitung ungefähr zwei Stunden
-  Kinder ab ca. 7 Jahren, sie sollten im Zahlraum bis 100 rechnen können
-  keine Kosten

Dies würde man allerdings in den Griff bekommen. Tatsächlich könnte man sogar elektronische Schaltungen entwerfen, für die zumindest eine ternäre Logik mit zum Beispiel -5 V , 0 V und $+5\text{ V}$ als Schaltzuständen gewisse Vorteile böte. Auch das kann also nicht der entscheidende Grund für den Siegeszug des Binärsystems sein.

Im zweiten Teil wird die Frage, warum heutige Computer überwiegend im Binärsystem arbeiten, mit einem Experiment beantwortet und ganz nebenbei auch erklärt, was heutige Computer mit den Kaufleuten im Ägypten der Pharaonen gemeinsam haben.

Weitere Experimente zu Grundlagen der Informatik finden Sie in dem Buch „Abenteuer Informatik“ (Spektrum Akademischer Verlag, ISBN 978-3827429650). Die gleichnamige Ausstellung ist fest in der ExperiMINTa in Frankfurt, am Chemikum Marburg und an einigen anderen Orten wie Science-Centern, Schulen und Universitäten zu sehen. (dwi@ct.de)

ct Webseite „Abenteuer Informatik“: ct.de/y5vy