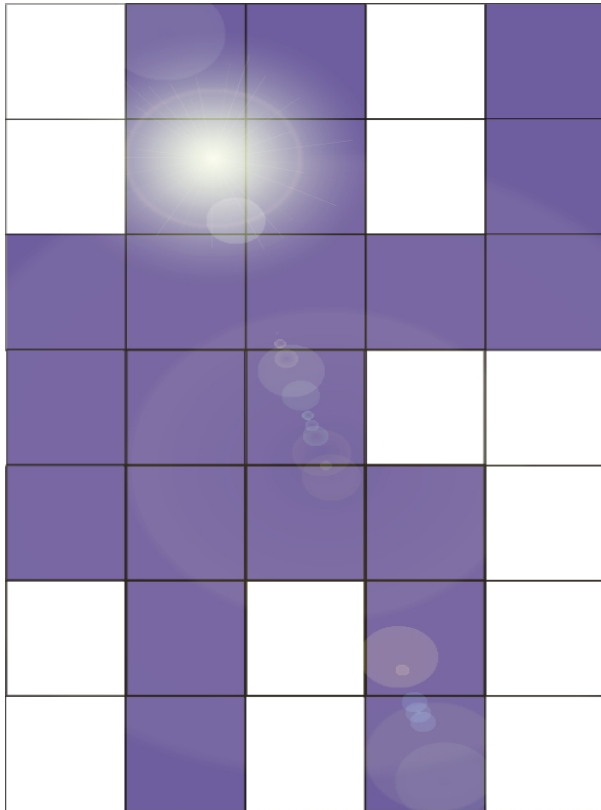


Senden und Empfangen digital verschlüsselter Bilder

in Bezug auf die Nachricht „Messenger bei Merkur“ in SuW 6/2011

Dirk Brockmann



Wir leben heute in einer Welt digital codierter Bilder. Hinter jedem mit einer Digitalkamera aufgenommenen Bild verbirgt sich eine Millionen zählende Folge von Binärzahlen, die jeweils den Farbwert eines Pixels, also eines Punktes im Bild, darstellen. Über die Erzeugung und den Aufbau solcher Bilder nachzudenken, ist eine lohnenswerte Beschäftigung.

Lässt man seiner Kreativität freien Raum, kann man selbst Bilder wie das nebenstehende (35 Pixel, 1 Bit „Farbtiefe“, also Schwarzweiß) entwerfen und ebenso wie das Areciboteleskop 1974 auch versenden.

Dieser Artikel soll Anregungen für Aktivitäten geben, mit deren Hilfe man sich dem gegebenen Thema nähern kann. Neben viel Spaß sollte sich dabei auch ein Verständnis für die Komplexität der Erzeugung und Verarbeitung digitaler Bilder einstellen.

Einordnung und Fachübergreifung

Astronomie	Raumfahrt	Digitalbilder / Botschaften
Verknüpfungen	Astro / Mathematik	Primzahlen / Binärsystem
	Astro / Informatik	Digitalisierung
	Astro / Kunst	Gestaltung digitaler Nachrichten

Botschaften an Außerirdische?

Immer wieder haben namhafte Wissenschaftler, allen voran Carl Sagan, wissenschaftlich fundierte Botschaften erdacht, die entweder als elektromagnetische Signale mittels Radioteleskopen oder in Form von Plaketten an Bord interstellarer Raumsonden in das Weltall geschickt wurden. Für den Fall, dass außerirdische Zivilisationen diese Botschaften dereinst empfangen und decodieren können, künden diese von der Existenz und dem in Teilen friedfertigen Wesen der menschlichen Spezies. Zwei ausgewählte Beispiele für derartige Botschaften sollen nun vorgestellt werden:

Radiobotschaft des Areciboteleskops auf Puerto Rico (1974)

Am 16. November 1974 wurde vom Areciboteleskop ein Radiosignal in Richtung zum 25.000 Lichtjahre entfernten Kugelsternhaufen M13 gesendet, der sich weit oberhalb der galaktischen Ebene des Milchstraßensystems befindet. Es bestand aus 1679 Informationsbits, die jeweils entweder die



Zahl „Null“ oder die Zahl „Eins“ darstellen. Die Zahl 1679 lässt sich nur in die zwei Primfaktoren 76 und 23 zerlegen, was nahe legt, die Bits rechteckig in 76 Zeilen zu 23 Spalten (oder andersherum) anzuordnen. Tut man dies und zeichnet man für jede „Null“ ein weißes und für jede „Eins“ ein schwarzes Kästchen, so ergibt sich die nebenstehende, bildhafte Botschaft (s. [Sa80], S.290).

Weite Teile dieser Botschaft stellen komplizierte wissenschaftliche Sachverhalte wie die Struktur der menschlichen DNS oder die atomaren Massenzahlen der wichtigsten Stoffe im menschlichen Körper dar, andere sind vergleichsweise einfach zu entschlüsseln. So ist die menschliche Figur ebenso gut zu sehen wie, eben unterhalb dieser Figur, die Darstellung unseres Sonnensystems, in dem unsere Erde hervorgehoben ist. Mit einigen Vorkenntnissen in geometrischer Optik ist darunter auch die Parabolantenne des Areciboteleskops nebst Strahlengang zu erkennen. Eine genauere Erläuterung der dargestellten Dinge kann dem angehängten Arbeitsblatt entnommen werden.

Man kann Schülerinnen und Schülern die Arecibo-Botschaft zeigen und interpretieren lassen. Es ergeben sich in der Regel sehr interessante Äußerungen. So wurde der Arecibospiegel mit dem Strahlengang von einer Schülerin in nachvollziehbarer Weise schon als Strohhütte interpretiert. Und warum sollte man möglichen Außerirdischen nicht zeigen, dass wir Menschen in überdachten Behausungen leben! Vielleicht, so eine andere Schülerin, interpretieren die Außerirdischen die Darstellung ja ganz ähnlich.

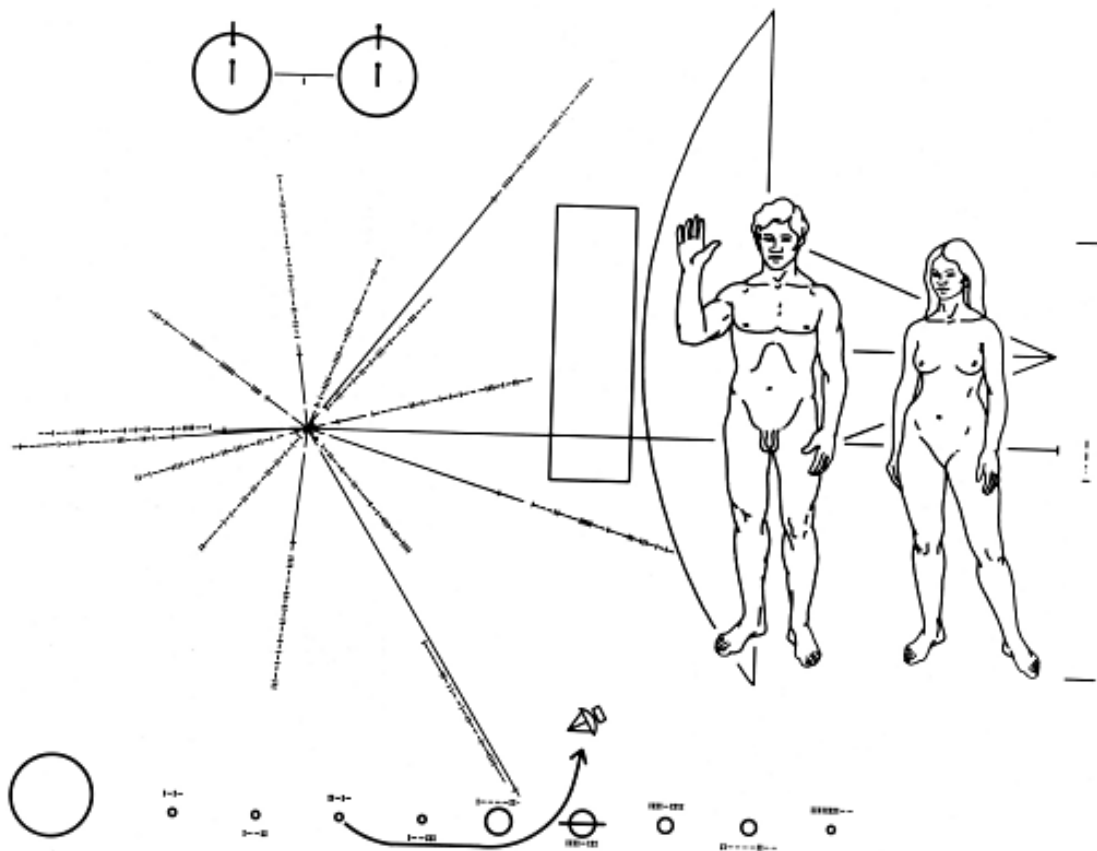
Im Anschluss an die Interpretationen der Schülerinnen und Schüler sollte man diese fragen, was sie selbst im Rahmen einer solchen interstellaren Botschaft darstellen würden und gegebenenfalls entsprechende Zeichnungen anfertigen lassen. Durch diese Frage gewinnt man ganz nebenbei auch aufschlussreiche Einblicke in die Interessenlage der eigenen Schülerschaft.

An Hand des angehängten Arbeitsblatts können kompakte Botschaften entworfen, gesendet und empfangen werden (siehe Abschnitt „Entwurf, Senden und Empfangen von einfachen digitalen Botschaften“).

Grußplaketten an Bord der interstellaren Raumsonden Pioneer 10 und Pioneer 11 (1972)

An Bord der interstellaren Raumsonden Pioneer 10 und Pioneer 11 befinden sich Metallplaketten mit nebenstehender grafischer Darstellung. Die Sonden selbst sind darauf im Größenvergleich zu Mann und Frau gezeigt. Im unteren Teil der Plaketten befindet sich eine symbolische, nicht maßstabgerechte Darstellung unseres Sonnensystems einschließlich der Flugbahn einer Raumsonde. Im oberen Teil wird über die 21-cm-Strahlung des Wasserstoffs, verursacht durch eine Spinumkehr des Orbitalelektrons, eine Längeneinheit normiert. Die weiteren Größenangaben erfolgen durch binäre Zahlen, die Vielfache der Einheit 21 cm darstellen. So wird die Größe der Frau rechts mit acht (binär: 1---) Einheiten, entsprechend 168 cm angegeben. Im mittleren rechten Teil der Botschaft wird die Lage unseres Zentralgestirns, der Sonne, im Vergleich zum galaktischen Zentrum sowie einer Auswahl prominenter Pulsare gezeigt. Auch diese Botschaft kann im Unterricht eingesetzt werden. Impulse für eine Erörterung könnten unter anderem sein:

- Warum werden Mann und Frau nackt dargestellt?
- Warum ist die Einführung eines komplizierten, atomaren Maßsystems erforderlich?
- Warum werden die Zahlen im Binärsystem und nicht in dem uns vertrauteren Dezimalsystem angegeben?
- Lässt die Darstellung von Mann und Frau Rückschlüsse auf das geschlechterbezogene Rollenverständnis der siebziger Jahre zu?



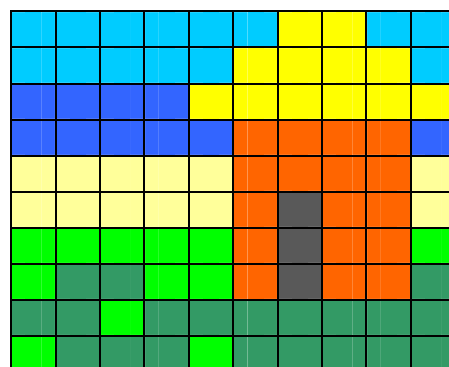
Entwurf, Senden und Empfangen von einfachen digitalen Botschaften

Im Anhang findet sich ein Arbeitsblatt mit einer genauen Erklärung der Arecibo-Botschaft (siehe Abschnitt zuvor) sowie einer Anleitung, einfache dergestaltige Botschaften selbst zu entwerfen, zu senden und entsprechende Botschaften von Mitschülerinnen und Mitschülern zu empfangen. In der Praxis sollten sich die Schülerinnen und Schüler zunächst individuell mit Hilfe der auf dem Arbeitsblatt vorgeschlagenen Vorübungen in die Methodik einüben. Dann sollten sich drei sendende Schülerinnen und Schüler in guter Entfernung von mehreren zehn Metern den restlichen, empfangenden Schülerinnen und Schülern gegenüber setzen. Eine Person der sendenden Gruppe hält einen schwarzen Karton vor sich, eine weitere einen weißen. Dazwischen befindet sich der „Ansager“, der gemächlich die Folge der Bits aus „Schwarz“ und „Weiß“ zeilenweise vorliest. Bei jeder Ansage „Schwarz“ hebt die Person mit dem schwarzen Karton diesen deutlich sichtbar empor, bei jeder Ansage „Weiß“ entsprechend jene mit dem weißen Karton. Die empfangene Gruppe protokolliert die „Signale“ ebenfalls zeilenweise auf den auf dem Arbeitsblatt bereitgestellten Matrizen.

Botschaften mit höherer Farbtiefe

Als Ergänzung zu der zuvor vorgeschlagenen Übung kann man natürlich auch Botschaften mit größerer Farbtiefe entwerfen. Das gezeigte Bild verfügt über acht verschiedene Farben (3 Bit Farbtiefe). Jede Farbe wird gemäß nachstehender Farbtabelle mit einer Binärzahl codiert:

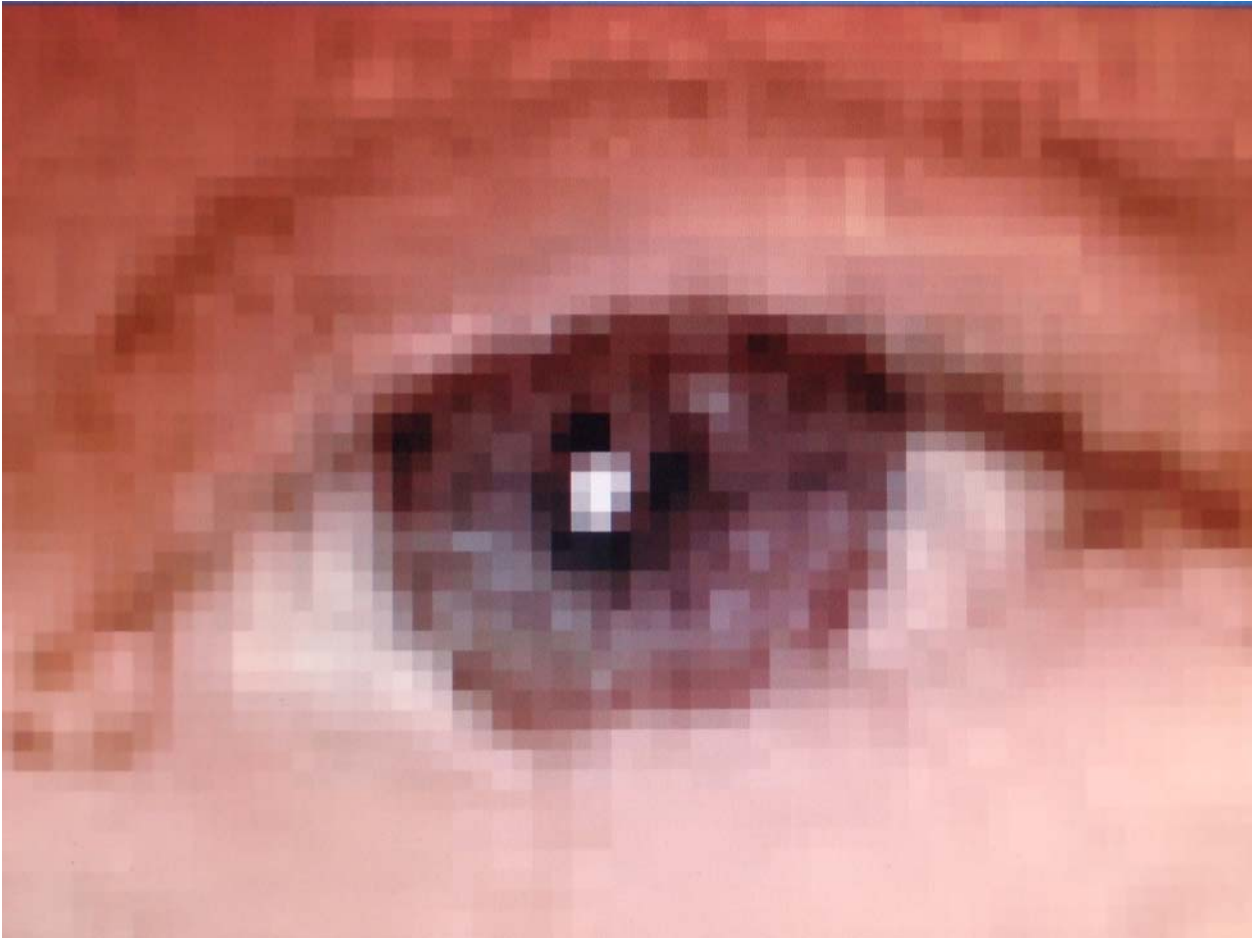
000	001	010	011	100	101	110	111



Der Digitalcode für das nebenstehende Bild besteht aus 100 (Zahl der Pixel) mal drei (Farbtiefe) Bits, also 300 Bits entsprechend einem Bildformat von 37,5 Byte. Die erste und die letzte Zeile des Bildes lauten in Digitalform:

101101101101101101001001101101 ... 011100100100011100100100100100.

Von hier aus ist es ein kleiner Schritt zur Veranschaulichung des Aufbaus professioneller digitaler Bilder. Der nachstehende Ausschnitt eines digitalen Urlaubsfotos ist so stark vergrößert, dass die einzelnen Pixel erkennbar werden. Im Prinzip ist das Foto also mit dem obigen Strandbild vergleichbar, nur dass das Foto über eine weit größere Zahl an Pixeln verfügt, die auf einer wesentlich differenzierteren Farbtabelle basieren:



Lernziele

Die Schülerinnen und Schüler sollen...

- den grundsätzlichen Aufbau digitaler Bilder nachvollziehen.
- eigene digitale Kompaktbotschaften entwerfen, senden und empfangen.
- wissenschaftliche Botschaften, die mittels Radioteleskopen oder Raumsonden in das Weltall transportiert wurden, kennen lernen.

Literatur

[He00] D. B. Herrmann: *Faszinierende Astronomie*, Berlin 2000

[Sa80] C. Sagan: *Cosmos*, 1980