Vom Einzelbit zum Internet

Die Stichwörter
am linken und oberen Rand können angeklickt werden,
dann erscheint die entsprechende Seite.

Matthias Krieser

Vom Einzelbit zum Internet

Computergrundlagen und Fachbegriffe,anschaulich erklärt

www.sola-gratia-verlag.de

ISBN der Print-Ausgabe:
978-3-948712-07-5
Für 18 Euro zu beziehen über:
Sola-Gratia-Verlag 2020
27356 Rotenburg (Wümme)
Königsberger Straße 67

E-Mail: post@sola-gratia-verlag.de

Inhaltsverzeichnis

Vorwort
Willkommen in der digitalen Welt 04

Drei Äpfel
Wie Informationen für den Computer genießbar werden 05

Konferenz der Daten
Was im Computer vor sich geht 23

Die Verwandlungskünstler
Wo die Datenströme herkommen und hinfließen 34

Freie Fahrt auf Datenautobahnen
Wie Netzwerke funktionieren 48

Vorwort

Willkommen in der digitalen Welt

Es ist nicht übertrieben, wenn man den Siegeszug der elektronischen Datenverarbeitung mit dem des Buchdrucks vergleicht. Vielleicht hat die digitale Revolution die Gesellschaft sogar noch stärker verändert als Gutenbergs Idee. Dabei stellte eigentlich schon lange vorher die Erfindung von Schriftzeichen eine Art digitale Revolution dar. Schrift beschreibt unsere Welt nicht anders als digital.

Aber was heißt das überhaupt: „digital“? Das lateinische Wort „digitus“ bedeutet „Finger“. Mit Fingern haben die Römer ihre Zahlen dargestellt: ein Finger für I, zwei Finger für II, fünf Finger für V (nämlich die ganze Hand)... Wenn ein Römer eine Strecke von 216 Meilen beschreiben wollte, konnte er sie „digital“ so darstellen: CCXVI. Er hätte sie auch analog darstellen können – etwa mit einem Steinblock von 216 Zoll bzw. Fingerbreiten Länge. Analog (das Gegenstück zu digital) bedeutet „entsprechend“ in einem Vergleich. Bei unserem Steinblock würde dann jeder Zoll einer Meile entsprechen. Dieses Verfahren ist allerdings umständlich, ungenau und unzuverlässig. Im Lauf der Jahrhunderte bröckelt der Stein ab, und er wird kürzer; außerdem ist eine Fingerbreite kein genaues Maß. Dagegen: Eine digital in Stein gehauene Inschrift mit der Zahl CCXVI gibt auch über Jahrtausende hinweg den Wert hundertprozentig exakt wieder.

Wir merken: Digitale Technik ist nicht an Elektronik gebunden. In Verbindung mit ihr kann sie allerdings ihre Vorteile voll ausspielen: Auch riesige Datenmengen können auf diese Weise zuverlässig und schnell gespeichert, transportiert und abgerufen werden. Man kann sie auch automatisch miteinander verknüpfen und bearbeiten.

Als ich vor etlichen Jahren mit der Computerei anfing, hielt sich meine Begeisterung allerdings in Grenzen. Ich habe mich über fast alle Anleitungen geärgert. Sie waren für Leute geschrieben, die schon viele Vokabeln Fachchinesisch kannten und außerdem eine Ahnung hatten, was in einem Rechner vor sich geht. Eine schlichte Einführung in die digitale Welt suchte ich vergeblich.

Darum habe ich mir die Freude gemacht und nun selbst so etwas geschrieben. Das Resultat liegt hier vor. Vielleicht kann ich damit auch anderen eine Freude machen.

Foto: Rudolf Pfitzinger

Matthias Krieser
Anfang 2020

Drei Äpfel

Wie Daten für den Computer genießbar werden

Zu Beginn stellen wir uns ganz dumm und sagen so: Ein Computer ist ein Kasten, bei dem Informationen hineingehen und herauskommen. Die Informationen, auch „Daten“ genannt, können im Computer gespeichert und bearbeitet werden.

Was genau sind Informationen beziehungsweise Daten? Sie sind Stellvertreter der realen Welt.

Ein Beispiel: In der realen Welt liegen drei Äpfel auf dem Tisch. Als Stellvertreter für einen Apfel kann ich symbolisch einen kleinen Kreis definieren („o“). Mathematisch kann ich dann meine drei Äpfel so bezeichnen: „3 o“. Damit besitze ich eine stellvertretende Darstellung der Wirklichkeit.

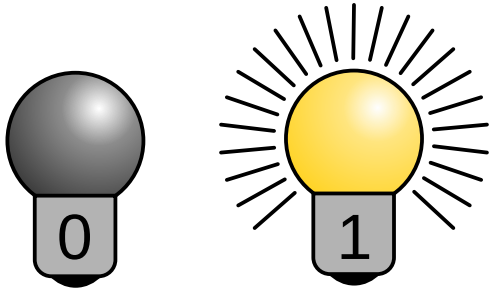
Ich kann dieselbe Wirklichkeit aber auch mit anderen Daten darstellen, zum Beispiel mit Buchstaben: Ich kann „drei Äpfel“ oder „three apples“ schreiben. Auch kann ich die drei Äpfel mit einer Digitalkamera fotografieren und habe dann ein Bild von der Wirklichkeit. Ich kann ebenso einen kundigen Menschen bitten, den Begriff „drei Äpfel“ in die Gebärdensprache Gehörloser zu übersetzen, und das dann mit einer digitalen Videokamera aufnehmen. Schließlich kann ich den Begriff „drei Äpfel“ laut sprechen und das Muster der Schallwellen aufzeichnen. Das Beispiel veranschaulicht, wie vielfältig die reale Welt durch Daten darstellbar ist: mit Buchstaben, Zahlen, Symbolen, Bildern, Filmen und Schallwellenmustern.

Foto: Glysiak / Wikimedia Commons

Foto: Chan / Wikimedia Commons

Allerdings kann ein Computer solche Daten nicht direkt verarbeiten. Mit Schallwellenmustern kann er nichts anfangen, auch nicht mit bewegten oder unbewegten Bildern, auch nicht mit Buchstaben und Symbolen. Sogar mit Zahlen hat ein Computer Schwierigkeiten, wenigstens mit den uns geläufigen zehn Ziffern.

Ein Computer kann Daten nur dann verarbeiten, wenn sie aus den Ziffern 0 und 1 zusammengesetzt sind. Im Computer sind nämlich alle Daten elektrische Impulse und setzen sich aus einer Abfolge der beiden Zustände „Strom aus“ (0) und „Strom an“ (1) zusammen. Solche auf zwei Zustände reduzierten Informationsströme nennt man binäre Daten (das lateinische



Wort „bini“ bedeutet „je zwei“). Weil ein herkömmlicher Computer nur binäre Daten verarbeiten kann, müssen alle Informationen für ihn in lange Kolonnen solcher „Bits“ umgewandelt werden (Bit ist die Kurzform von „binary digit“, „Binärstelle“). Das gilt auch umgekehrt: Daten, die der Computer ausgibt, müssen von Bits (Nullen / Einsen) in eine Form zurückverwandelt werden, die uns geläufig ist.

Wir können uns die Kolonnen von Binärdaten wie lange Ketten mit schwarzen und weißen Perlen vorstellen, die in den Computer hineinwandern und, oft mit Veränderungen, wieder aus ihm herauskommen. Eine Kette zusammengehöriger Daten nennt man Datei.

Die Umwandlung von Informationen in binäre Daten geschieht nach bestimmten Regeln, die für alle modernen Computer weitgehend übereinstimmen. Nur so ist ein Austausch elektronischer Daten und eine Vernetzung von Computern möglich. Diese Regeln sind für jede Art von Information sozusagen maßgeschneidert. Wir wollen uns das jetzt im Einzelnen vor Augen führen und dabei immer wieder auf unser Beispiel mit den drei Äpfeln zurückgreifen.

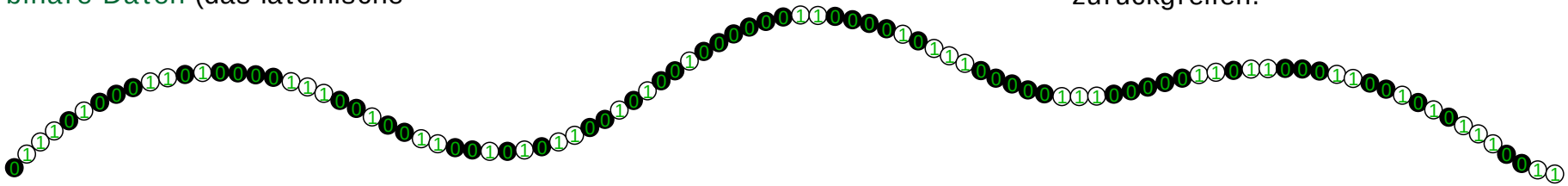


Foto: Krieser

Wir betrachten zunächst die Umwandlung von Zahleninformationen, in unserem Beispiel die Zahl 3. Ich könnte diese Zahl auch ohne Computer ganz einfach in eine Binärzahl umwandeln: Ich müsste dazu nur eine Hand hochhalten, drei Finger ausstrecken und die übrigen zwei einknicken. Jeder eingeknickte Finger steht dann für 0, jeder ausgestreckte Finger für 1. Wir erinnern uns: Das lateinische Wort für „Finger“ heißt „digitus“, daher kommt das Wort „digital“. Der Nachteil dieser Methode: Schon bei der Darstellung der Zahl elf würden beide Hände nicht mehr reichen.

Leistungsfähiger ist das binäre Zahlensystem der Mathematik, auch Dualsystem genannt. Wie beim vertrauten Dezimalsystem zählt nur die rechte Ziffer einzelne Einheiten, die übrigen Ziffern geben die Anzahl bestimmter Vervielfachungen an. Aber während im Dezimalsystem weiter links die Zehner-, Hunderter- und Tausenderstellen stehen, stehen im Dualsystem weiter links die Zweier-, Vierer- und Achterstellen. Mit anderen Worten: Beim Dezimalsystem repräsentieren die Stellen Zehnerpotenzen, beim Dualsystem dagegen Zweierpotenzen.

Das Dualsystem zählt so: 1 für eine Einheit, 10 für zwei Einheiten, 11 für drei Einheiten (eine Zweiereinheit plus eine Einereinheit). Ein weiteres Beispiel: Die Binärzahl 110110 besteht aus null Einereinheiten, einer Zweiereinheit, einer Viereinheit, null Achtereinheiten, einer Sechzehnereinheit und einer Zweiunddreißigereinheit, stellt also insgesamt vierundfünfzig Einheiten dar (im Dezimalsystem: 54). Für uns Menschen ist das Dezimalsystem zweifellos praktischer, aber für den Computer ist das Dualsystem genau das Richtige.

Zweiunddreißiger:	Sechzehner:	Achter:	Vierer:	Zweier:	Einer:	Ergebnisrechnung im Dezimalsystem:
1	1	0	1	1	0	

1 × 32 + 1 × 16 + 0 × 8 + 1 × 4 + 1 × 2 + 0 × 1 = 54

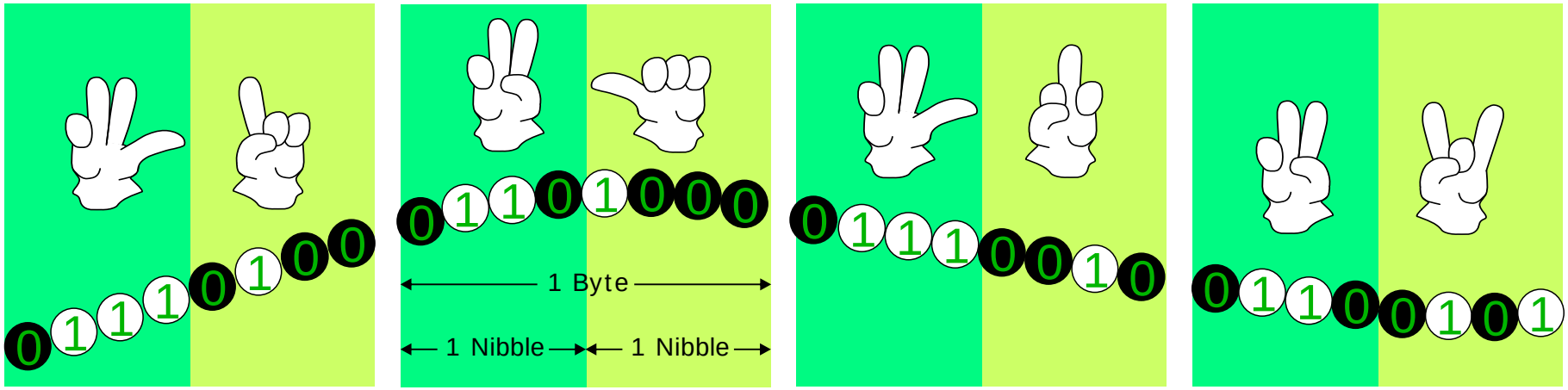
Theoretisch lassen sich mit dem Dualsystem beliebig große Zahlen darstellen. Wollte ich aber eine binäre Zahl nur durch Hochhalten der Hände zeigen, dann wäre bei 11111.11111 Schluss (vorausgesetzt, ich habe noch alle zehn Finger). Wer das System kapiert hat, kann sich ausrechnen, dass das 1023 Einheiten sind.

Für den Computer hat es sich als praktisch erwiesen, die Zahl der Binärstellen tatsächlich zu begrenzen. Ein Computer kann eine lange Zahlenkolonne nämlich immer nur häppchenweise verarbeiten. Ein solches „Häppchen“ bzw. Byte (nach dem englischen Wort „bite“ für „Bissen“) besteht aus acht Bits und wird darum auch Oktett genannt.

Wir können uns das so vorstellen, dass der Computer gewissermaßen zwei Hände mit jeweils nur vier Fingern hat – zwei halbe Bytes mit jeweils vier Bits. Mit ihnen kann er als höchste Binärzahl 1111.1111 darstellen, also das Pendant zu dezimal 255; mehr geht nicht mit acht Bits bzw. einem Byte. Mit einem halben Byte (einem sog. Nibble), also gewissermaßen mit nur einer Hand, kann der Computer höchstens 1111 darstellen, das sind fünfzehn Zähleinheiten.

Allerdings ist das schon mehr als genug, um alle Ziffern des Dezimalsystems wiederzugeben. Über diesen Umweg ist der Computer in der Lage, mit einer Reihe von Nibbles alle Stellen einer beliebig großen Dezimalzahl in binärer Umwandlung darzustellen.

Unsere Binärdaten-Kolonne häppchenweise, d. h. aufgeteilt nach Bytes:



Nicht nur Zahlen, sondern auch alle anderen Arten von Informationen werden für den Computer in Bytes umgewandelt, zum Beispiel Buchstaben, Symbole, Bilder oder Töne. Um die Bytes kommt niemand herum, der mit Computern umgeht.

Wenn auch die Bytes als Achtergruppen von Nullen und Einsen für die elektronische Verarbeitung im Computer bestens geeignet sind, sind sie für das menschliche Auge recht unübersichtlich. Darum hat man sich bemüht, eine menschenfreundliche Darstellung von Bytes zu finden. Man hat sich eine Schreibweise ausgedacht, bei der jedes halbe Byte mit einem einzigen Zeichen wiedergegeben wird: das Hexadezimalsysten. In diesem Zahlensystem werden die Binärzahlen für null bis neun mit den jeweiligen Ziffern des Dezimalsystems dargestellt, die restlichen sechs Binärzahlen mit den Buchstaben A, B, C, D, E und F.

Weil sich jedes Byte durch zwei halbe Bytes darstellen lässt, ist im Hexadezimalsystem ein Byte mit zwei Zeichen darstellbar. Jedes Zeichen repräsentiert dabei gewissermaßen eine bestimmte Fingerstellung für jede vierfingrige „Hand“ des Computers. „Hexadezimalsystem“ bedeutet „Sechzehner-System“, denn es basiert auf der Zahl Sechzehn.

Jedes Byte kann hexadezimal mit zwei Ziffern dargestellt werden. Das niedrigste Byte (0000.0000) wird hexadezimal mit 00 wiedergegeben, das höchste Byte (1111.1111) mit FF. Wenn wir diese Werte ins vertraute Dezimalsystem übertragen, ergibt sich: Ein Byte (bzw. eine zweistellige Hexadezimalzahl) kann 16 × 16 = 256 verschiedene Kombinationen von Nullen und Einsen darstellen, entsprechend den Dezimalzahlen von 0 bis 255.

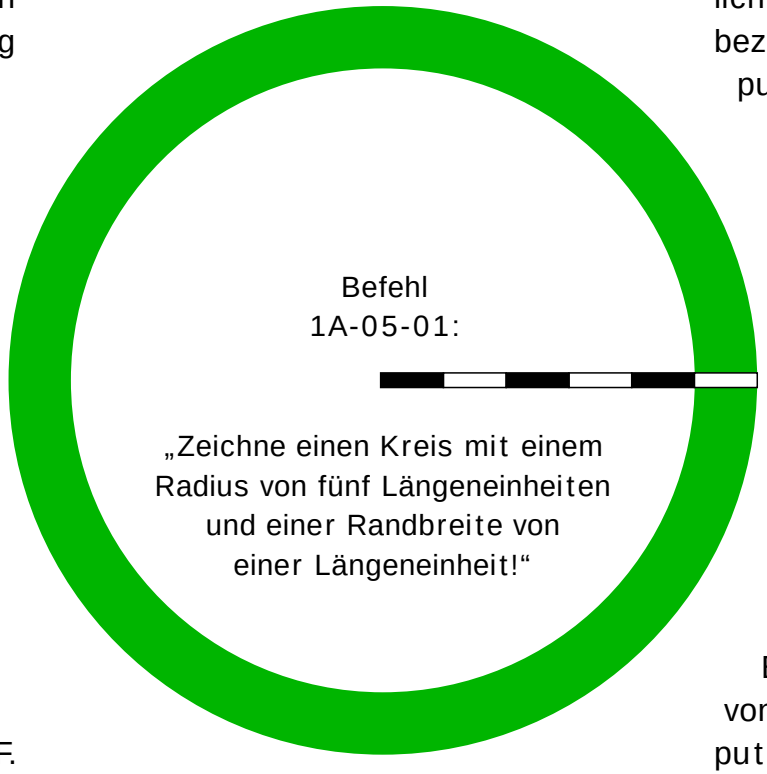
Die sechzehn Ziffern des Hexadezimalsystems:

hexa-dezi-mal:	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
dual:	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
dezi-mal:	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Dem Computer ist es im Prinzip egal, ob die Bytes tatsächlich Zahlen darstellen oder etwas anderes. Letztlich muss der Mensch definieren, was die einzelnen Bytes in einem bestimmten Zusammenhang bedeuten sollen.

Kommen wir noch einmal auf die symbolische Darstellung der drei Äpfel zurück: „3 o“ hatten wir geschrieben. Wir könnten für die elektronische Datenverarbeitung jetzt einfach definieren: Die niedrigsten zehn Bytes (00 bis 09), sollen für die Dezimalziffern 0 bis 9 stehen; das höchste Byte (FF) sei unser Apfel-Symbol „o“. Mit nur zwei Bytes wäre dann die symbolische Darstellung bereits computergerecht umgewandelt: 03-FF.

Ein Problem gibt es erst am Datenausgang: Wie soll der Computer das Apfel-Symbol grafisch darstellen – zum Beispiel auf einem Bildschirm oder mit einem Drucker? Man müsste ihm eine Anweisung mit auf den Weg geben, wie dieses Symbol aussehen soll. Damit kommt eine weitere Art von Daten ins Bild: computergerechte Anweisungen beziehungsweise Befehle. Sie sind enorm wichtig für die elektronische Datenverarbeitung: Sämtliche Computerprogramme setzen sich nämlich aus einem System aufeinander bezogener Befehle zusammen. Computerbefehle sind die „Vokabeln“ der Programmiersprachen.



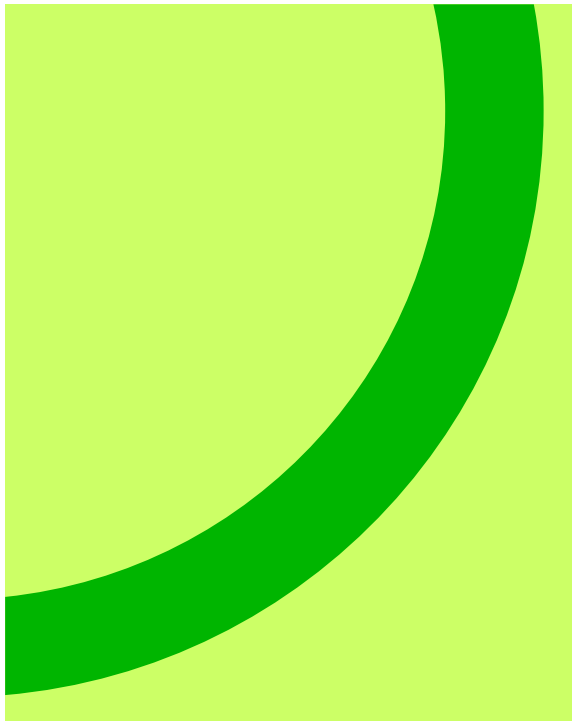
Auch Befehle werden mit Bytes dargestellt. Ich definiere mir jetzt einfach mal ein Befehls-Byte, und zwar als Anweisung zum Zeichnen des Apfel-Symbols: Das Byte 1A bedeute „Zeichne einen Kreis!“; die beiden folgenden Ziffern sollen den Radius und die Randbreite des Kreises angeben. Die drei Bytes 1A-05-01 würden dann, von meiner soeben erfundenen Computersprache ins Deutsche übersetzt, aussagen: „Zeichne einen Kreis mit einem Radius von fünf Längeneinheiten und einer Randbreite von einer Längeneinheit!“

Wie groß der Kreis am Ende wirklich ist (sei es auf dem Bildschirm oder im Druck), das können zusätzliche Informationen regeln, von denen das tatsächliche Ausmaß einer Längeneinheit abhängt. Auch die Position des Kreises und weitere Attribute wie z. B. seine Farbe können mit entsprechenden Zahlen und Befehlen festgelet werden.

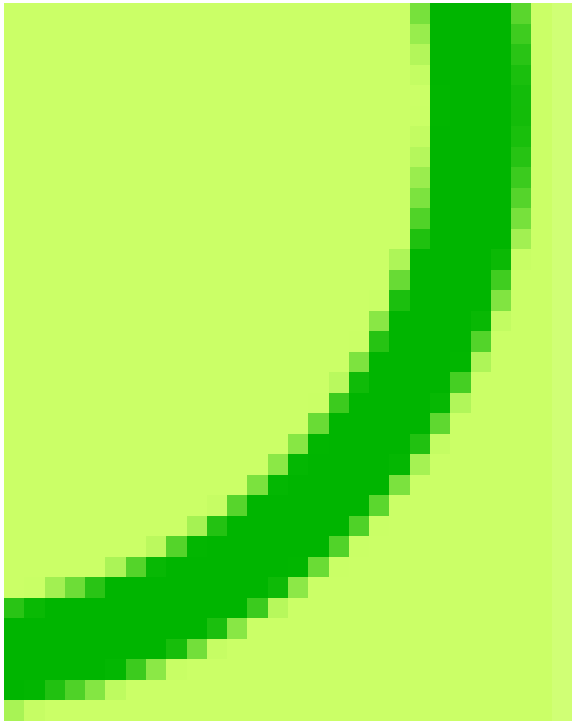
Mit geeigneten Ausgabegeräten kann der Kreis sogar riesig werden, vielleicht mit 10 Metern Durchmesser und einem Meter Randbreite, und er kann trotzdem auf den Millimeter genau gedruckt sein. Diese Präzision und Vergrößerungsfähigkeit (Fachausdruck: Skalierbarkeit) ist der Vorteil von sog. Vektorgrafiken.

Unter einer Vektorgrafik versteht man eine grafische Darstellung, die sich aus einer computergrechten geometrischen Beschreibung eines oder mehrerer Objekte ergibt. Unser Kreis-Befehl ist nichts anderes als eine simple Vektorgrafik, nämlich die genaue geometrische Beschreibung eines bestimmten Kreises. Die grafische Darstellung von Ziffern, Buchstaben und anderen Symbolen ist in modernen Computern zum überwiegenden Teil in Form von Vektorgrafiken gespeichert.

Eine alternative Art und Weise, Bilder mit Bytes darzustellen, ist die Bitmuster-Grafik, auch Bitmap genannt. Sie beschreibt nicht geometrische Objekte, sondern sie funktioniert eher wie ein Mosaik. Genaueres dazu steht auf Seite 15.



Teil eines Kreises als Vektorgrafik...



und als Bitmuster-Grafik (Bitmap).

Über Zahlen und Befehle hinaus können Bytes Schriftzeichen darstellen. Nach unseren erfundenen Zeichen wenden wir uns jetzt ernsthaft der Fragezu: Wie werden Ziffern, Buchstaben und andere Symbole tatsächlich in Bytes umgewandelt? Welche Definitionen sind dafür allgemein verbreitet? Welche Normen gibt es?

Da gibt es den guten alten ASCII-Code. Dieser Zeichensatz ordnet allen Typenhebeln einer klassischen amerikanischen Schreibmaschine Bytes zu. Die Bytes 30 bis 39 stehen für die Ziffern 0 bis 9. Das Byte 20 ist als Wortzwischenraum definiert, so wie die Leertaste einer Schreibmaschine. Die Bytes 41 bis 5A stehen für die Großbuchstaben A bis Z, und 61 bis 7A für die Kleinbuchstaben a bis z. Schließlich sind die Bytes 21 bis 2F, 3A bis 40, 5B bis 60 sowie 7B bis 7E den gängigen Satzzeichen und Symbolen zugeordnet. Die Bytes 00 bis 1F sowie das Byte 7F sind Befehlszeichen, die für Computertexte in verschiedener Weise dienlich sind. Damit belegt der ASCII-Code die niedrigere Hälfte aller Bytes (00 bis 7F); die obere Hälfte (80 bis FF) bleibt zunächst frei.

Nun sind wir in der Lage, „THREE APPLES“ im ASCII-Code zu schreiben: 54-48-52-45-45-20-41-50-50-4C-45-53. Oder auch mit Kleinbuchstaben, „three apples“: 74-68-72-65-65-20-61-70-70-6C-65-73. Oder auch mit Ziffern, „3 apples“: 33-20-61-70-70-6C-65-73.

Probleme gibt es erst, wenn wir das Ganze auf Deutsch schreiben wollen: „3 Äpfel“. Ein Ä sucht man auf einer amerikanischen Schreibmaschine nämlich vergeblich, darum kommt es auch im ASCII-Code nicht vor. Man könnte sich notfalls mit Ae behelfen, aber das sieht nicht gut aus. Ebenso steht es mit Ö und Ü und den Kleinbuchstaben für die Umlaute; auch ß und das dänische Ø sind im ASCII-Code nicht definiert, von griechischen, kyrillischen oder arabischen Schriftzeichen ganz zu schweigen. Was nun?

Man hat sich lange mit verschieden definierten Bytes der oberen Hälfte (80 bis FF) geholfen. In der „westeuropäischen“ Norm ISO 8859-1 (auch „Latin-1“ genannt) entspricht das Byte C4 dem großen „Ä“.

Ziffern und Buchstaben im ASCII-Code:

Byte:	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
Zeichen:	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	5A
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z

61	62	63	64	65	66	67	68	69	6A	6B	6C	6D	6E	6F	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	7A
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z

Unicode

Seit der Jahrtausendwende gibt es ein weltweit anerkanntes System für die einheitliche Codierung sämtlicher Ziffern, Schriftzeichen und Symbole: Unicode.

Da ist zunächst eine Hauptebene, die wir uns als Tabelle mit 256 Spalten und 256 Zeilen vorstellen können. In jedes Tabellenfeld (genannt Codepoint) gehört ein bestimmtes Zeichen. Mit zwei Bytes lässt sich jedes Feld benennen, das erste Byte für die Zeile (00 bis FF), das zweite Byte für die Spalte (ebenfalls 00 bis FF). Auf diese Weise kann jedes Zeichen mit zwei zweistelligen bzw. einer vierstelligen Hexadezimalzahl identifziert werden. Dabei entsprechen die ersten 158 Zeichen dem guten alten ASCII-Code.

Ein Beispiel: Das große „L“ (im ASCII-Code 4C) hat im Unicode die Bytes 00 (für die erste Zeile) und 4C (für die Spalte). Man schreibt diesen Codepoint so: U+004C.

Die Hauptebene von Unicode bietet Platz für 256 × 256 = 65.536 Codepoints. Das war den Vätern und Müttern von Unicode aber noch zu wenig. Darum haben sie 16 weitere Ebenen definiert, die hexadezimal von 1 bis 10 durchnummeriert sind (die Hauptebene hat die Nummer 0). Falls ein Codepoint auf einer dieser weiteren Ebenen bezeichnet werden soll, wird die Ebenen-Nummer einfach den vier Hexadezimalstellen vorangestellt. So umfasst z. B. die zehnte Ebene alle Codepoints von U+A0000 bis U+AFFFF. Insgesamt ergibt das über eine Million Codepoints! Nur ein Bruchteil davon ist bisher belegt. Und es gibt auch frei definierbare Bereiche, wo wir uns einen Codepoint für unser Apfel-Symbol aussuchen könnten.

Beispiele für Codepoints:

U+0041	A
U+00C4	Ä
U+03A9	Ω
U+2EE9	黄
U+0021	!
U+20AC	€
U+00C8	¾
U+1D11E	𝄞
U+2627	☧
U+261B	☛
U+263A	☺
U+2615	☕
U+1F6D1	🛑
U+1F30E	🌎

Hier geht es zu einer Codepoint-Tabelle im Internet.

(www.utf8-zeichentabelle.de/unicode-utf8-table.pl?names=-&unicodeinhtml=hex)

Leider eignet sich Unicode nicht besonders gut zum direkten Gebrauch in Computern, und zwar aus zwei Gründen. Erstens: Für denselben Text braucht man mindestens doppelt so viele Bytes wie beim ASCII-Code (nämlich zwei bis drei Bytes statt einem Byte pro Zeichen). Zweitens: Woher soll der Computer wissen, aus wie vielen Hexadezimalstellen ein einzelner Codepoint besteht? Der Vorsatz „U+“ gehört ja nicht zum eigentlichen Code.

Man hat für beide Probleme eine Lösung gefunden: Die Codepoints werden für den Computer noch einmal umcodiert. Dafür gibt es verschiedene Codierungsarten. Die wichtigste heißt UTF-8 und ist Standard für die Zeichenübertragung im Internet. Alle modernen Computer können mit UTF-8 umgehen.

Wie funktioniert es? Wenn ein Codepoint kleiner als U+0080 ist, dann wird er in UTF-8 mit einem einzigen Byte codiert. Es entspricht dem ASCII-Code und hat als erste Binärstelle immer 0. Wenn ein UTF-8-Byte mit (binär) 110 anfängt, dann zeigt das dem Computer: Achtung, die nächsten zwei Bytes benennen gemeinsam einen Codepoint! 1110 bedeutet: Die nächsten drei Bytes bezeichnen einen Codepoint. Und 11110 bedeutet: Die nächsten vier Bytes bezeichnen einen Codepoint. Die Anzahl der Anfangs-Einsen gibt also die Anzahl der Bytes an, die den Codepoint darstellen. 10 am Byte-Anfang heißt: Dies ist ein zweites, drittes oder viertes Byte nach dem Anfangs-Byte für ein umfangreicheres Zeichen. Die Bits für den Codepoint werden an diese Anfangs-Codes angehängt und dabei auf die UTF-8-Bytes aufgeteilt. Damit die Anzahl der Binärstellen durch acht teilbar bleibt, werden die Binärzahlen des Codepoints ggf. links mit Nullen aufgefüllt.

UTF-8-Codierung für Ä: 1100.0011-1000.0100

Ein Beispiel: Das große Ä in „Äpfel“ hat den Codepoint U+00C4 (binär 0000.0000-1100.0100). Dafür reicht eine Zwei-Byte-Kombination in UTF-8. Das Startbyte in dieser Kombination beginnt daher mit 110, das Folgebyte mit 10. Damit sind im Startbyte noch fünf (von acht) Stellen frei, im Folgebyte sechs (von acht), insgesamt also elf Stellen. Die acht (zählenden) Stellen aus unserer Codepoint-Binärzahl für Ä werden nach links mit drei Nullen aufgefüllt, das ergibt die elf Stellen 00011000100. Mit diesen Binärziffern werden die beiden UTF-8-Bytes jeweils rechts nach dem Anfangs-Code ergänzt: 1100.0011-1000.0100 (hexadezimal C3-84). Nun schreiben wir mal den ganzen Begriff „3 Äpfel“ mit UTF-8-Codierung: 33-20-C3-84-70-66-65-6C. Da merken wir: UTF-8 braucht gar nicht viel mehr Bytes als die alte Kodierung im ASCII-Code!

Wir wenden uns jetzt einem Bild unserer drei Äpfel zu. Zunächst begnügen wir uns mit einem Schwarzweißfoto.

Wie wird ein Bild in Binärdaten umgewandelt? Stellen wir uns ein Mosaik vor, das aus winzigen quadratischen Steinchen zusammengesetzt ist. Einige sind weiß, andere sind schwarz, wieder andere haben verschiedene Grauschattierungen. Von weitem betrachtet, zeigt das Mosaik drei Äpfel.

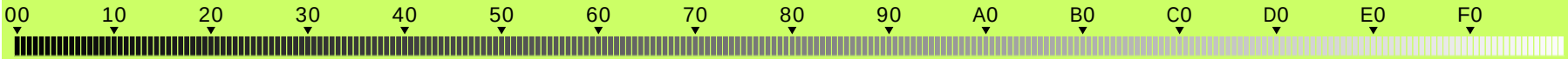
Eine Digitalkamera kann so ein Mosaik herstellen. Wenn sie eine Auflösung von drei Megapixel besitzt, setzt sich das Mosaik aus 1500 Reihen mit jeweils 2000 Steinchen (Pixel) zusammen. Das ganze Mosaik nennt man ein Bitmuster bzw. eine Bitmap. 1500 mal 2000 Pixel ergibt eine Bitmap von drei Millionen Pixel bzw. drei Megapixel.

Für den Computer wird jedes Pixel durch ein Byte repräsentiert. Dabei steht das größte Byte (FF) für ein weißes Mosaiksteinchen, das kleinste (00) für ein schwarzes. Alle anderen Byte-Werte geben nahezu stufenlos die dazwischen liegenden Graustufen an.

Foto: Glysiak / Wikimedia Commons

Nun werden alle Werte für die drei Millionen Mosaiksteinchen in einer gaaanz langen Byte-Kette aufgereiht, angefangen vom ersten Pixel der ersten Zeile bis hin zum letzten Pixel der letzten Zeile. Einige zusätzliche Bytes am Anfang dieser Datei enthalten Informationen über Art und Größe der Bitmap. In unserem Beispiel sagen sie dem Computer etwa Folgendes: „Achtung, die folgende Bytes stellen Pixels einer Grauwert-Bitmap dar; Größe: 2000 mal 1500 Pixel.“

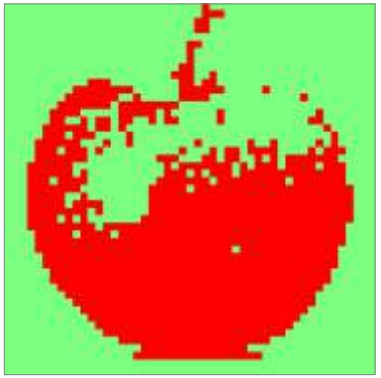
Für Schwarz-Weiß-Bilder werden 16 x 16 = 256 Graustufen verwendet. Jedes Byte repräsentiert einen Grauwert:



Wenn eine Digitalkamera ein Farbbild liefert, besteht es aus bunten Mosaiksteinchen. Deren Farben sind in der Regel mit je drei Bytes bzw. 24 Bits beschrieben. Man nennt das eine „Farbtiefe“ von 24 Bit. Alle Farbtöne entstehen durch Kombination der drei Farben Rot, Grün und Blau (RGB-System), denn aus Leuchtpunkten dieser Grundfarben setzen sich Bildschirme zusammen.

Das erste Byte jeder Dreiergruppe beschreibt die Intensität des Rot-Anteils, das zweite die Intensität des Grün-Anteils und das dritte die Intensität des Blau-Anteils. So sind 256 x 256 x 256 = 16.777.216 verschiedene Kombinationen von Grundfarben-Schattierungen bzw. verschiedene Farbtöne möglich.

Es gibt weitere Farbsysteme mit teilweise anderen Farbtiefen. Das CMYK-System z. B. beschreibt mit stolzen vier Bytes pro Pixel, wie dick die Rasterpunkte beim Vierfarbdruck aufs weiße Papier kommen sollen. C steht für Cyan (ein Blauton), M für Magenta (ein Rotton), Y für Yellow (Gelb), K für Black (schwarz). Die Farbtiefe beträgt 32 Bit.



Mit wesentlich geringerer Farbtiefe kommen Palettensysteme aus. Da werden im Kopf der Zeichenkette ein paar Farben für die ganze Bitmap definiert, und die Pixel werden durch korrespondierende Farbnummern identifiziert. Bei 16 Farben braucht man dann nur vier Bits pro Pixel, bei 256 Farben acht Bits.

Reine Strichzeichnungen, bei denen jedes Pixel entweder ganz schwarz oder ganz weiß ist, haben eine Farbtiefe von nur einem Bit (1 für weiß, 0 für schwarz); das ist der Urtyp einer Bitmap. Man kann dabei für 0 und 1 auch andere Palettenfarben einsetzen und damit z. B. eine rot-grüne Bitmap erzeugen.

Bei manchen Farbsystemen besteht die Möglichkeit, Pixel als durchsichtig zu definieren. Das signalisiert dem Computer: Hier soll die Farbe des Hintergrunds erscheinen.

Einige RGB-Farben: (3 Byte / 24 Bit)	00-00-00	80-40-20	80-00-00	80-00-80	00-00-80	00-80-80	00-80-00	80-80-00	00-00-FF	FF-00-FF	FF-00-00	FF-A5-00	FF-FF-00	00-FF-00	00-FF-FF	FF-FF-FF

Die Zeichenketten für Bitmaps werden schnell ziemlich lang. Ein Drei-Megapixel-Farbbild mit einer Farbtiefe von 24 Bit ist, abgesehen von den Zeichen im Kopf, 72 Millionen Bits bzw. 9 Millionen Bytes lang! Wenn man die für Text verwenden würde, könnte man damit über 4000 Seiten füllen. Zwar kommen moderne Computer mit so einem Massenansturm von Daten relativ gut klar, aber es wird viel Speicherplatz benötigt, und bei einer Übertragung geht viel Zeit verloren.

Foto: Elmar Zenner / Wikimedia Commons

„Gepacktes“ bzw. gestapeltes Kaminholz nimmt weniger Platz weg als geschüttetes. So ist es auch bei „gepackten“ bzw. komprimierten Dateien.

Daher verwendet man Tricks, um die Byte-Ketten kürzer zu machen. Es ist so ähnlich, wie wenn man Kaminholz ordentlich stapelt: Es nimmt weniger Platz weg als geschüttet.

Es gibt verlustfreie und verlustbehaftete Komprimierungsmethoden.

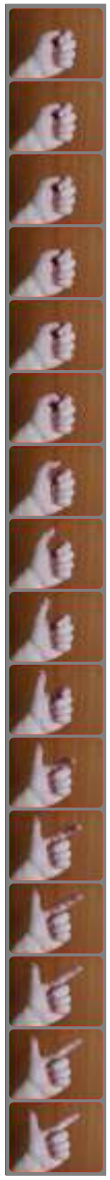
Ein einfacher Trick der verlustfreien Komprimierung besteht darin, dass man anstelle einer langen Reihe von gleichartigen Pixel einfach die Anzahl der Pixel und einmal ihre gemeinsame Farbe beschreibt. Ist also in der obersten Zeile eines Digitalfotos nur gleichförmig blauer Himmel zu sehen, dann braucht man nicht zweitausendmal mit je drei Bytes „hellblau“ zu sagen, sondern kann ersatzweise den Befehl einfügen: „Setze hier zweitausend hellblaue Pixel ein!“

Eine verlustbehaftete Komprimierungsmethode geht noch ein Stück weiter und behandelt alle Pixel mit ähnlicher Farbe wie Pixel mit gleicher Farbe. Auf diese Weise kann die Länge der Datenkette für eine Bitmap drastisch reduziert werden.

Die verlustfreie Komprimierung kann im Prinzip bei allen Dateiarten vorgenommen werden. Es geht immer darum, Wiederholungen von Bitketten-Abschnitten durch bloße Verweise auf das erste Vorkommen zu verkürzen. Dies geschieht auch in sogenannten ZIP-Dateien. Das ZIP-Format kann darüber hinaus Dateien verschlüsseln und mehrere Dateien in einer einzigen zusammenfassen. Jede beliebige Datei kann in eine ZIP-Datei platzsparend „gepackt“ werden, vor der Verwendung muss sie dann aber wieder „entpackt“ werden.

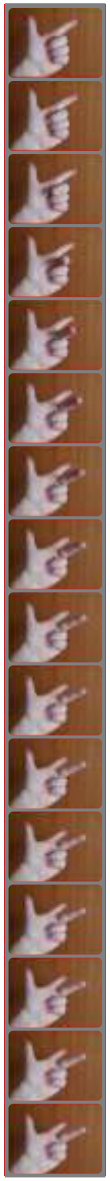
Wenn man mehr als 15 Bilder pro Sekunde mit kleinen Veränderungen sieht, entsteht der Eindruck von Bewegung. Ein digitales Video besteht daher aus einer Datei mit vielen aneinandergereihten Bitmaps. Im Fall von „drei Äpfeln“ in Gebärdensprache zeigen alle die gestikulierende Person, wobei sich die Haltung der Hände in kleinen Schritten verändert.

Es gibt verschiedene Standards und Formate für digitale Videos, die teilweise an alte Fernsehnormen anknüpfen. Das alte PAL-System entspricht einer Bildauflösung von 768 x 576 Pixel (Seitenverhältnis 4:3). Für die heute verbreiteten 16:9-Bildschirme wird diese Bitmap entweder auf 1024 Pixel verbreitert, oder die Pixel werden zu Rechtecken gestreckt. Beim hochauflösenden HD-Fernsehen misst die Bitmap 1920 x 1080 Pixel, bei noch höher auflösenden UHD- bzw. 4K-Geräten sogar 3840 x 2160.



Als Farbsystem wird fast immer das RGB-System verwendet mit einer Farbtiefe von bis zu 24 Bits. Die Bildfrequenz gibt an, wieviele Einzelbilder pro Sekunde laufen. Nach deutscher Fernsehnorm sind das 25, nach amerikanischer Norm 30 fps (d. h. „frames per second“ – „Einzelbilder pro Sekunde“).

Im Prinzip könnte man die Pixel des Videos einfach in einer langen Datenkette aneinanderreihen – Zeile für Zeile, Bild für Bild. Allerdings nimmt dann ein Problem überhand, das sich schon beim Foto abgezeichnet hat: Die Datenmengen werden zu groß. Darum verwendet man nicht nur die oben erwähnten Komprimierungs-Tricks für einzelne Bitmaps, sondern setzt auch einen sehr wirksamen Spezialtrick für bewegte Bilder ein: Man stellt nur ab und zu eine vollständige Bitmap aus der Bildfolge dar und gibt für alle folgenden Einzelbilder lediglich an,



was im Vergleich zum vorausgehenden Bild anders ist. Man macht sich also die Tatsache zunutze, dass sich beim Film das Motiv von Bild zu Bild normalerweise nur minimal verändert. Die gelegentlichen vollständigen Bitmaps werden bei diesem Verfahren I-Frames genannt.

Damit ein digitales Video richtig wiedergegeben wird, muss klar sein, was die Bytes der komprimierten Riesenschlange im Einzelnen aussagen. Die für ein Video angewendeten Normen werden mit einigen Daten am Anfang der Datei genannt. Die entsprechende Umwandlung geschieht dann mit cleveren Programmen, die man „Codecs“ nennt. Ein Codec codiert Bitmap-Reihen zu Videodaten (daher das „Co“ in „Codec“) und decodiert andersherum Videodaten wieder zu bewegten Bildern (daher das „dec“ in „Codec“).

Wenden wir uns nun der Tonaufnahme von „drei Äpfel“ zu. Schallwellen sind rasche Folgen von Luftdruckschwankungen. Ein Mikrofon verwandelt sie in elektrische Spannungsschwankungen. Laute Töne haben größere Schwankungen als leise, d. h. eine größere Amplitude. Nehmen wir an, beim Ä von „Äpfel“ ist die Stimme am lautesten; da pendelt die elektrische Spannung z. B. zwischen -1 und +1 Volt. Die Tonhöhe hängt mit der Anzahl der Schwingungen pro Sekunde zusammen; das ist ihre Frequenz.

Für den Computer muss das Wellenmuster in eine Kette von Bytes umgewandelt werden. Dazu wird in sehr kurzen Abständen die momentane elektrische Spannung gemessen. Diesen Vorgang nennt man Abtastung (engl. Sampling). Je kürzer die Abstände, desto besser die Tonqualität. Wenn 44100-mal pro Sekunde abgetastet wird, erhält man CD-Qualität; man spricht dann von einer Abtastrate (engl. Sampling Rate) von 44100 Hertz (Hz) bzw. 44,1 Kilohertz (kHz). Die bei der Abtastung gemessenen Spannungen werden in Binärzahlen bzw. Bytes umgewandelt; diesen Vorgang nennt man Quantisierung. Bei CD-Qualität stehen dafür 16 Bits bzw. zwei Bytes zur Verfügung, das ergibt 256 x 256 = 65536 mögliche Werte (00-00 bis FF-FF).

Ton mit 1000 Hz bei maximaler Amplitude und 44,1 KHz Abtastrate

Man kann sich ausrechnen, dass Audiodateien ebenso wie Bitmaps sehr groß werden können, zumal sich beim zweikanaligen Stereoton die Datenmenge noch verdoppelt. Darum hat man sich den Kopf zerbrochen, wie große Audiodateien ohne nennenswerten Qualitätsverlust kleiner werden können. Herausgekommen sind einige komplizierte Komprimierungstricks.

Das bekannteste Audio-Komprimierungsverfahren heißt MP3. Es kann auf Audio-Dateien mit verschiedenen Abtast- und Quantisierungsraten angewendet werden. Stellt man die Komprimierung so ein, dass die Tonqualität fast gar nicht leidet, dann kann die Datenmenge trotzdem um mehr als 90 Prozent reduziert werden. Eine Zwei-Sekunden-Aufnahme von „drei Äpfel“ wäre dann nur ca. 280.000 Bit statt ca. 2,8 Millionen Bit groß, das entspricht einer sog. Bit-Rate von 140.000 Bit pro Sekunde.

Wenn jemand über das Internet telefoniert, dann verwandelt sein Computer die Sprach-Schallwellen in eine Bit-Schlange, die sofort an den Empfänger weitergeleitet und von dessen Computer dekodiert wird. Das Kodieren und das Dekodieren geschehen fast gleichzeitig, ohne dass das Ende der Datenschlange absehbar ist. So ein kontinuierlicher Datenstrom wird als Stream bezeichnet.

Bei einer Fernsehübertragung oder einem Film müssen zum Streamen die verschiedenen Bitketten von Bild und Ton miteinander verflochten werden – etwa so wie einzelne Haarsträhnen für einen Zopf: eine „Strähne“ ist das Videosignal, eine weitere „Strähne“ das Audiosignal der Originalversion, eine dritte „Strähne“ das Audiosignal der deutschen Synchron-Fassung. Weitere „Strähnen“ können hinzukommen, z. B. weitere Videosignale für 3D-Filme oder für verschiedene Kamera-perspektiven, oder auch Textdateien für fremdsprachige Untertitel. Es ist wichtig, dass die beteiligten Codecs gut zusammenarbeiten, damit alles synchron wiedergegeben wird.

Foto: Jacek Proszyk / Wikimedia Commons

Beim Streaming von Filmen werden die Bitketten von Bild und Ton miteinander verflochten wie Strähnen eines Zopfes.

Für solche Datenströme und entsprechende Dateien gibt es sog. Containerformate. Sie bilden praktisch einen Rahmen oder „Behälter“ für die verschiedenartigen Bit-Schlangen. Durch Steuerbefehle im Kopf einer Containerdatei bzw. am Anfang eines Datenstroms erfährt der Computer, wie er die Container-Bitkette entflechten und dekodieren muss, damit wieder sinnvolle Video-, Audio- und sonstige Datenschlangen entstehen.

Im Kopf von Container-Dateien werden meistens auch begleitende Informationen untergebracht, sog. Metadaten. Dazu gehören z. B. Angaben über Titel, Urheber, Jahr der Entstehung, Jugendschutz und Kopierschutz.

Wie schon gesagt: Video- und Audio-Dateien können (trotz Komprimierung) irrsinnig lang werden. Auch sonst fallen im heutigen Computerwesen unvorstellbar große Datenmengen an. Wenn man den Umfang solcher Datenmassen beziffern will, ist es nicht besonders praktisch, einfach die Anzahl der Bytes zu nennen, die Zahlen werden einfach zu groß. Man verwendet deshalb gern die Vorsilben Kilo- (K), Mega- (M), Giga- (G) und Tera- (T).

Diese Vorsilben gibt es bei Maßangaben und physikalischen Einheiten schon lange. 1000 Meter kann man auch ein Kilometer (km) nennen, tausend Gramm ein Kilogramm (kg). Die Frequenz von einer Million Schwingungen pro Sekunde heißt ein Megahertz (MHz), bei einer Milliarde Schwingungen pro Sekunde spricht man von ein Gigahertz (GHz), und sogar für die Billion gibt es eine Vorsilbe, nämlich Tera-. Das Prinzip ist leicht zu verstehen: Jede nächsthöhere Vorsilbe vergrößert die vorangehende um das Tausendfache.

Wenn man nach den klassischen Vorbildern physikalischer Einheiten geht sowie auch nach dem Wortlaut der Vorsilben und nach dem Wunsch bedeutender Normierungsbehörden, dann wäre ein Kilobyte tausend Bytes, ein Megabyte eine Million Bytes, ein Gigabyte eine Milliarde Bytes und ein Terabyte eine Billion Bytes. Das stimmt aber leider nach dem allgemein üblichen Gebrauch nicht ganz. Weil wir uns bei Computerdaten in der Welt der Binärzahlen bewegen, meint man mit einem Kilobyte normalerweise 2x2x2x2x2x2x2x2x2x2 Bytes, also binär 10000000000 Bytes bzw. hexadezimal 400 Bytes bzw. dezimal 1024 Bytes. Ein Megabyte besteht dann aus (dezimal) 1024 x 1024 = 1048576 Bytes. Entsprechend sind auch Gigabyte und Terabyte jeweils etwas mehr als das Milliarden- oder Billionenfache. Wer ganz korrekt sein will, nennt 1024 Bytes nicht ein Kilobyte, sondern ein Kibibyte. Entsprechend wird aus Megabyte Mebibyte, aus Gigabyte Gibibyte und aus Terabyte Tebibyte.

Physikalische Einheiten (Beispiel Frequenz)	Digitale Einheiten (Datenmengen)
1 KHz = 1 Kilohertz = 1.000 Hertz	1 KiB = 1 Kibibyte = 1.024 Bytes
1 MHz = 1 Megahertz = 1.000 Kilohertz = 1.000 x 1.000 = 1.000.000 Hertz	1 MiB = 1 Mebibyte = 1.024 Kibibyte = 1.024 x 1.024 = 1.048.576 Bytes
1 GHz = 1 Gigahertz = 1.000 Megahertz= 1.000 x 1.000 x 1.000 = 1.000.000.000 Hz	1 GiB = 1 Gibibyte = 1.024 Mebibyte = 1.024 x 1.024 x 1.024 = 1.073.741.824 B
1 THz = 1 Terahertz = 1.000 Gigahertz = 1.000 x 1.000 x 1.000 x 1.000 = 1.000.000.000.000 Hertz	1 TiB = 1 Tebibyte = 1.024 Gibibyte = 1.024 x 1.024 x 1.024 x 1024 = 1.099.511.627.776 Bytes

Zahlen, Schriftzeichen, Befehle, Bilder, Töne und Videos bestehen in der digitalen Welt immer aus Ketten von Bits und Bytes. Darüber hinaus können diese Schlangen von Einsen und Nullen noch vieles andere darstellen - ganz nach dem Willen der Menschen, die sich entsprechende Kodierungen ausdenken.

Ein Beispiel sind Geodaten. Sie werden u. a. für digitale Landkarten verwendet, wie sie in Navigationsgeräten zum Einsatz kommen. Mit Geodaten kann jeder beliebige Punkt der Erdoberfläche identizifiert und mit Zusatzinformationen versehen werden.

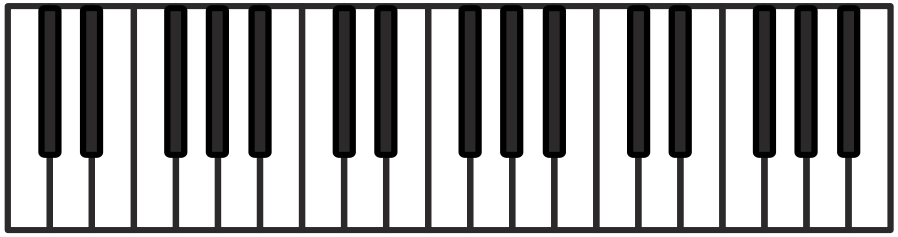
Navigationsgeräte verwenden Geodaten, das sind digitale Landkarten.

Ein weiteres Beispiel sind MIDI-Daten. Es handelt sich dabei um eine Art Notenschrift für Computer, die angibt, welcher Ton von welchem Instrument wann, wie laut und wie lange hörbar sein soll. Eine MIDI-Datei kann man mit der Walze eines traditionellen Musikautomaten vergleichen, z. B. für Spieluhr, Leierkasten oder Orchestrion.

Byte-Schlangen können auch die Messdaten einer Wetterstation enthalten, einen Roboter steuern und.... und... und.... Mit unseren drei Äpfeln hat das allerdings nichts mehr zu tun, und darum ist dieses Kapitel hier zuende.

Foto: Toyota / Wikimedia Commons

Manche Dateien steuern Bewegungsabläufe von Robotern.



MIDI-Dateien sind digitale Partituren: Sie bestimmen welches Instrument wie hoch, laut und lange klingen soll.

Konferenz der Daten

Was im Computer vor sich geht

Das Herzstück jedes Computers (Großrechner, PC – Personal Computer – Laptop oder Smartphone) und jedes computerähnlichen Geräts ist ein elektronisches Bauteil genannt Zentraleinheit (engl. Central Processing Unit, kurz CPU). Dieser Mikrozessor besteht aus Millionen miteinander verknüpfter elektronischer Schalter, die nach dem Prinzip von Druckminen-Kugelschreibern funktionieren: ein Druck auf den Knopf – Mine draußen; ein weiterer Druck auf den Knopf – Mine drinnen! Die logischen Zustände 0 und 1 entsprechen dem Zustand der Mine, und ein ankommender Stromimpuls (1) bewirkt ein „Draufdrücken“. Auf diese Weise kann der Prozessor Daten speichern und miteinander verknüpfen. Eine große Anzahl dieser mikroskopisch kleinen Halbleiter-Elemente sind auf sogenannten Mikrochips vereinigt; das sind kleine graue Quader mit vielen silbernen Beinchen.

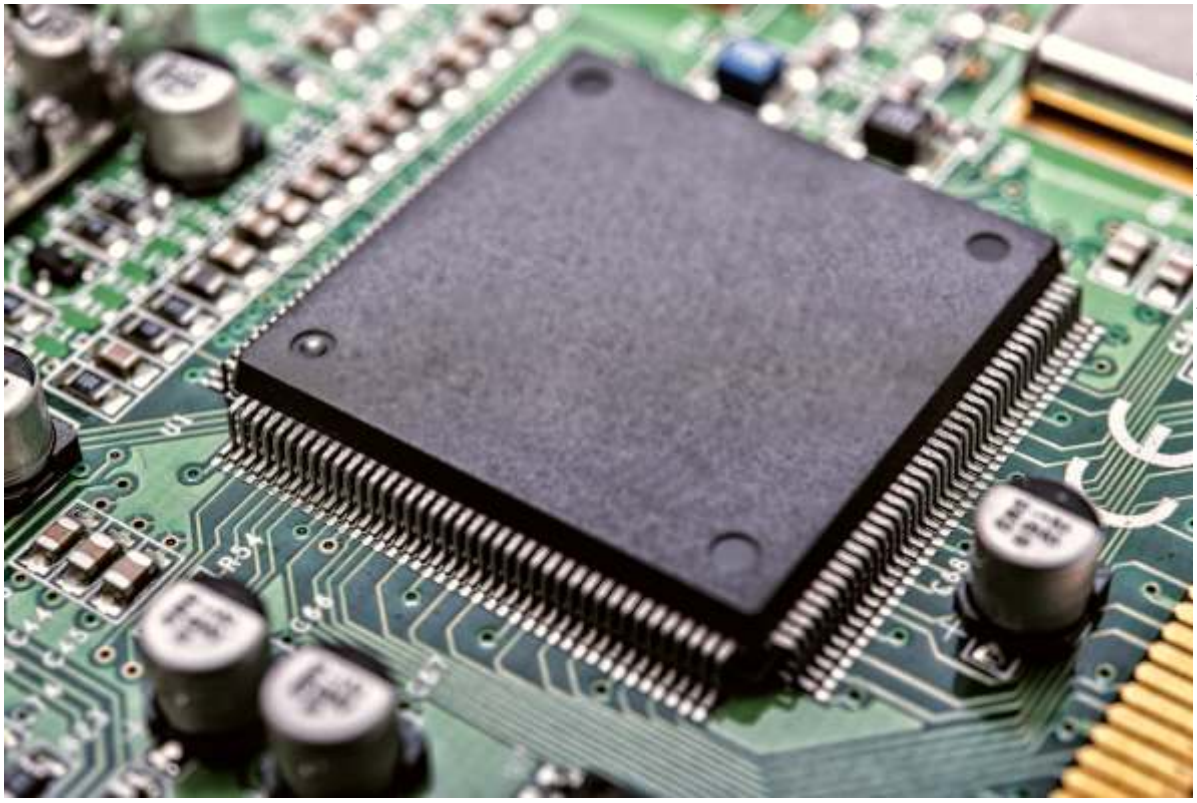
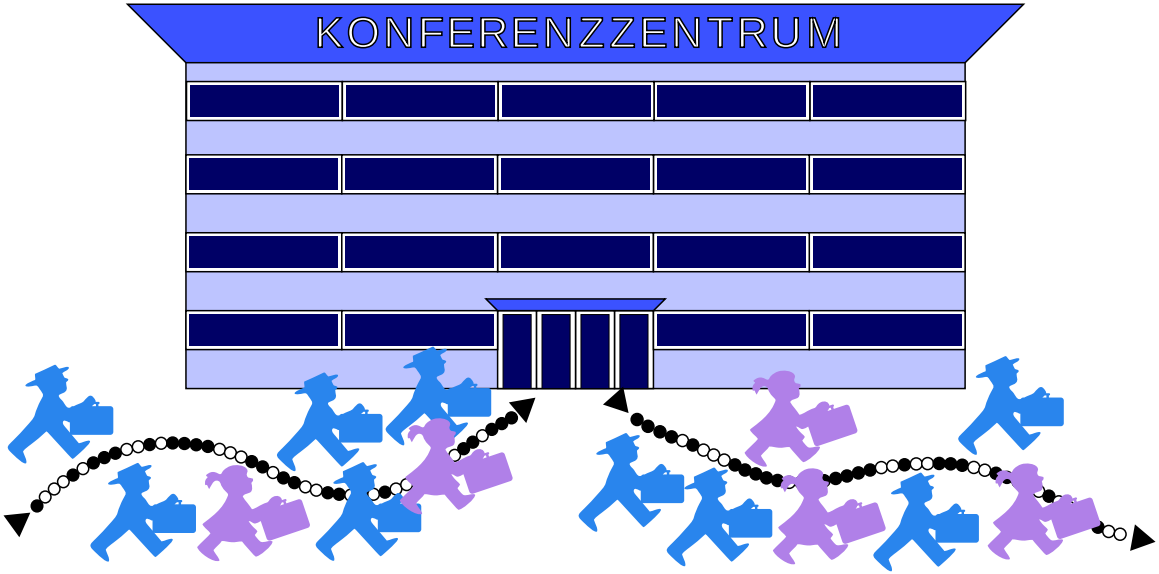


Foto: Timo Klostermeier / Wikimedia Commons

Das Bild zeigt einen großen Mikrochip auf der Hauptplatine eines Computers. Er enthält alle Komponenten der Zentraleinheit (CPU).

Wir können uns die Zentraleinheit wie ein riesiges Konferenzzentrum vorstellen, ein Gebäude mit vielen Ein- und Ausgängen. Geschäftsleute mit Aktenkoffern gehen da ein und aus. Die Anschlussstellen eines Prozessors werden tatsächlich Ein- und Ausgänge genannt. In den Koffern haben die Geschäftsleute Unterlagen: Das sind die Daten, die in Form von Bits und Bytes die CPU betreten und verlassen. Das „Konferenzzentrum“ selbst und seine Einrichtung nebst allen Zusatzgebäuden nennt man „Hardware“, die Daten „Software“. Hardware ist all das, was man sehen und anfassen kann, Software all das, was mit Bits und Bytes dargestellt wird.

Im Inneren des Konferenzzentrums verhalten sich die Geschäftsleute mit ihren Akten unterschiedlich. Manche hasten nur von Eingang zu Ausgang; ihre Daten verlassen das Konferenzzentrum unverändert. Das geschieht z. B. immer dann, wenn sich jemand am PC eine CD anhört:



Ein Audio-Datenstrom fließt aus dem CD-Player über Eingangskontakte in den Mikroprozessor und wird gleich darauf über Ausgangskontakte an die Soundkarte weitergeleitet; diese verwandelt die Impulse in einen Wechselstrom, und der speist Kopfhörer oder Lautsprecher. Andere „Geschäftsleute“ begeben sich erst einmal in eine Lounge und warten, bis sie aufgerufen werden. So ein Warteraum ist der elektronische Arbeitsspeicher, der dem Prozessor angegliedert ist. Wieder andere Geschäftsleute treffen sich in Konferenzräumen und reden sich die Köpfe heiß – mit dem Ergebnis, dass sie schließlich mit veränderten Unterlagen herauskommen. Da werden Zahlen berechnet, Vorlagen kopiert, Texte verändert, Aktenordner neu sortiert und manche Blätter auch vernichtet. Mit veränderten Daten streben die Geschäftsleute dann entweder dem Ausgang zu oder warten auf die nächste Besprechung.

Ein Mikroprozessor ist eine komplizierte Angelegenheit – ebenso wie ein wirkliches Konferenzzentrum. Darum wollen wir uns zunächst eine „Führung“ durch die CPU (Zentraleinheit) gönnen. Wenn wir die einzelnen „Räume“ mit ihren jeweiligen Funktionen erklärt bekommen, verstehen wir das große Ganze besser.

Da gibt es zunächst die Empfangshalle mit der Rezeption: Das ist die Steuereinheit für die Ein- und Ausgabe. Dann gibt es einen Trakt mit Verwaltungsbüros für das Zentrum: Das ist das Leitwerk, das alle Aktivitäten bei der Datenverarbeitung koordiniert. Dann sind da die eigentlichen Konferenzräume: Das ist das Rechenwerk, in dem die einzelnen Bearbeitungsschritte mit den Daten durchgeführt werden. Da gibt es allerlei Pausenbereiche unmittelbar neben den Konferenzräumen: Das sind die Registerspeicher, wo Daten mal eben schnell abgelegt und dann wieder aufgerufen werden.

Und schließlich gibt es da noch in einem separaten Gebäude das Kongresshotel: Das ist der Haupt- oder Arbeitsspeicher, wo alle Daten ruhen, die vorübergehend nicht benötigt werden.

Technisch ist der Arbeitsspeicher ein anderes elektronisches Bauteil als die Zentraleinheit. Der Arbeitsspeicher ist auf einem anderen Mikrochip untergebracht, denn Prozessor-Chips und Speicher-Chips stellen verschiedene Typen elektronischer Bauteile dar. Der Mikroprozessor und der Arbeitsspeicher eines gewöhnlichen Rechners befinden sich auf einer gemeinsamen Leiterplatte, der sog. Hauptplatine (engl. Motherboard oder Mainboard).

pixelio / Henning Hraban Ramm

Hauptplatine (Motherboard) eines Computers (Ausschnitt)

Zwischen „Hotel“ (Arbeitsspeicher) und „Tagungsräumen“ (Mikroprozessor) gibt es noch „Lounges“ und „Cocktailbars“: Das sind die sogenannten Cache-Speicher, aus denen Daten schneller herbeigeholt werden können als aus den anderen Bereichen des Hauptspeichers. Oft sind die Cache-Speicher im Mikroprozessor integriert.

Wenn der Computer ausgeschaltet ist, dann liegt das Zentrum leblos da wie im Dornröschenschlaf. Wird der Computer eingeschaltet, dann werden zunächst einige Befehls-Daten aus einem Chip auf der Hauptplatine geholt; das ist der sogenannte BIOS-Baustein. BIOS steht für Basic Input Output System. Die BIOS-Daten sind „Aktenordner“, die stets beim Konferenzzentrum verbleiben und seine technische Funktionsfähigkeit sicherstellen. In ihnen befinden sich wichtige Befehle zum sog. Hochfahren des Computers. Es handelt sich gewissermaßen um Checklisten für das festangestellte technische Personal des Konferenzzentrums. Sie stellen sicher, dass das Zentrum in einen betriebsbereiten Zustand kommt.

Mit einer dieser Checklisten werden alle wichtigen Bestandteile des Rechners kurz getestet. Wenn bei diesem Power On Self Test (POST) Fehler gefunden werden, meldet der Computer das.

Nun ist das Konferenzzentrum bereit, und das Personal für den Konferenzbetrieb kann einziehen. Auf den BIOS-Checklisten steht am Schluss die Anweisung: „Lasst jetzt die Angestellten für den Konferenzbetrieb kommen – das Empfangspersonal, das Verwaltungspersonal sowie das Küchen- und Hotelpersonal!“ Diese „Angestellten“ ziehen dann als große Datenschlange in den Mikroprozessor ein. Meistens kommen sie aus einem Computer-internen Speicher für große Datenmengen, z. B. von der Festplatte.

Das Personal für den Konferenzbetrieb trägt in der Computerwelt den Namen Betriebssystem. Es muss sich zwar auf die Gegebenheiten des jeweiligen Prozessors einstellen, ist aber grundsätzlich unabhängig davon. Wenn alle wesentlichen Plätze im Konferenzzentrum besetzt sind und alles fertig vorbereitet ist, dann ist der Computer hochgefahren.

Den gesamten Vorgang des Hochfahrens nennt man übrigens auch Bootstrapping, kurz Booten. „Bootstraps“ sind eigentlich Schnürsenkel von Stiefeln. Wie es im Deutschen die Redensart gibt, dass jemand sich an den eigenen Haaren aus dem Sumpf zieht, so gibt es im Englischen die Redensart, dass jemand sich an den eigenen Schnürsenkeln herauszieht. Mit einem Augenzwinkern hat man das auf die Startroutine eines Rechners übertragen: Er macht sich von allein betriebsbereit.

Foto: Wikimedia Commons

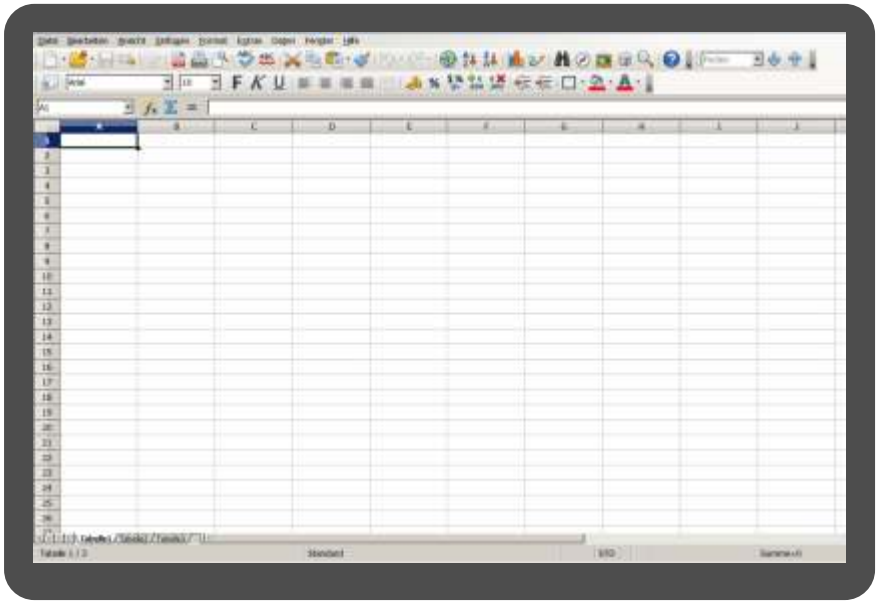
Wenn der Computer hochgefahren ist, wartet er auf Anweisungen vom Benutzer. Der kann auf dem Bildschirm sehen, was ihm sein Betriebssystem alles anzubieten hat. Mit Maus und Tastatur kann er dann Befehle und Daten eingeben.

Nehmen wir an, jemand möchte eine Rechnung schreiben. Dazu muss er zunächst einmal (im Bild des Konferenzzentrums) eine „Datenkonferenz“ einberufen, die für diesen Zweck geeignet ist. Den „Veranstalter“ einer solchen „Datenkonferenz“ nennt man Programm. Für das Schreiben einer Rechnung nimmt man ein Tabellenkalkulationsprogramm, wie es verschiedene Software-Herstellern anbieten.

So ein Programm besteht aus vielen Befehlen und Datenvorlagen. Beim Aktivieren (“Öffnen“) werden seine Anwendungsdaten von der Festplatte oder einem anderen Speicher in den Arbeitsspeicher geladen und dort nach Bedarf aufgerufen.

Ein Tabellenkalkulationsprogramm kann man mit einem Team von Kongressveranstaltern vergleichen, die aufs Schreiben und Rechnen spezialisiert sind. Dieses Team betreut „Kongressteilnehmer“, die zu diesem Zweck in das Zentrum strömen – das sind Daten, die der rechnungsschreibende Anwender nach dem Öffnen des Programms eingibt.

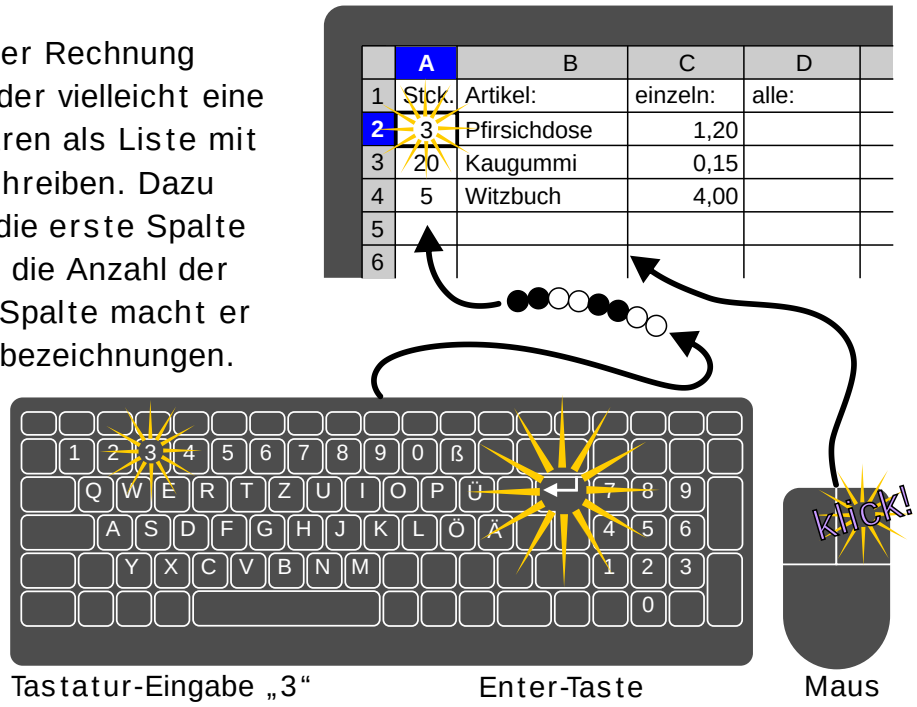
Beim Öffnen des Programms wird meistens eine Standard-Datei gezeigt. Eine Datei ist ein Satz von Daten, die unter einem bestimmten Namen im Computer (oder auch außerhalb) gespeichert sind. Die Standard-Datei des Tabellenkalkulationsprogramms besteht aus mehreren Seiten karierten „Papiers“. Die gibt es allerdings (zunächst) nicht wirklich auf Papier, sondern nur in der Form einer Beschreibung durch Daten. Wenn irgend etwas nur als so eine „Idee“ im Computer existiert, dann spricht man von einer virtuellen Realität. Der Computer denkt sich also die karierten Seiten bloß in seiner Standard-Datei. Die Rechenkästchen (sog. „Zellen“) haben (zunächst) eine Einheitsgröße.



Wenn der Anwender mit der Maus ein Kästchen anklickt (markiert), dann werden Tastatur-Eingaben in diesem Kästchen dargestellt. Mit der Zeilenschaltungs-Taste (Enter-Taste) beendet er seinen Eintrag und zugleich auch die Markierung des Kästchens. Auf diese Weise kann er auf dem virtuellen Rechenpapier schreiben. Er schickt seine Tastatur-Eingaben also in die Datenkonferenz, in deren Verlauf aus der leeren Standard-Datei eine individuell gefüllte Tabellen-Datei wird. Sie liegt für weitere Veränderungen im Arbeitsspeicher bereit.

Der Anwender muss nicht mit den vorgegebenen Verhältnissen der Standard-Datei vorlieb nehmen. Er hat die Möglichkeit, das Format von Seiten, Rechenkästchen und Schriften zu ändern. Damit eröffnen sich ihm sehr viele Gestaltungsmöglichkeiten. Die Änderungen können mithilfe spezieller Tastaturbefehle oder auch mit Mausklicks auf Werkzeugfelder am Bildrand geschehen. Klassisch ist die Bedienung durch Menüs: Bei Mausklicks auf bestimmte Felder öffnen sich Listen mit einem Angebot verschiedener Funktionen, aus denen dann durch weiteres Anklicken das Gewünschte ausgewählt wird. Immer wenn der Anwender so eine Funktion wählt, werden die passenden Befehle aus dem Arbeitsspeicher geholt.

Beim Schreiben einer Rechnung möchte der Anwender vielleicht eine Aufstellung von Waren als Liste mit mehreren Zeilen schreiben. Dazu formatiert er sich die erste Spalte ziemlich schmal für die Anzahl der Artikel. Die zweite Spalte macht er breit für die Warenbezeichnungen. Die dritte und vierte Spalte behalten ihre Standardbreite; sie sollen Einzelpreis und Gesamtpreis des Artikels aufnehmen. Wenn die Spalten so formatiert sind und auch die Schriftgröße stimmt, kann der Anwender seine Rechnungsposten eingeben. Alle eingegebenen Buchstaben und Zahlen wandern in die Datenkonferenz und werden dort mit den Daten der entsprechenden Seiten und Zellen in die richtige Reihenfolge gebracht.



Wer aufgepasst hat, dem fällt auf: Die vierte Spalte für den Gesamtpreis ist noch leer. Der Anwender könnte jetzt natürlich mit einem Taschenrechner oder auch im Kopf die nötigen Multiplikationen vornehmen und die Ergebnisse eintippen. Aber wozu hat er einen Rechner und ein Kalkulationsprogramm? Der schlaue Anwender wird in die Zellen der vierten Spalte deshalb nur Rechenbefehle eingeben, sog. Funktionen. Diese Rechenbefehle besagen im Klartext: „Multipliziere die Zahl aus der ersten Spalte mit der Zahl aus der dritten Spalte und zeige das Ergebnis hier in dieser Zelle!“ Das Rechenwerk der CPU führt diesen Befehl für alle Zeilen wahnsinnig schnell aus und zeigt dann die entsprechenden Summen.

Darunter kann man noch eine Zeile für die Endsumme anlegen. Da steht dann in der vierten Spalte eine Funktion, die im Klartext lautet: „Bilde die Summe aller darüber stehen Zahlen und zeige das Ergebnis in dieser Zelle!“ Sobald dieser Befehl eingegeben ist, erscheint wie von Geisterhand die Endsumme.

	A	B	C	D
1	Stck.	Artikel:	einzeln:	alle:
2	3	Pfirsichdose	1,20	3,60
3	20	Kaugummi	0,15	3,00
4	5	Witzbuch	4,00	20,00
5		SUMME		26,60
6				

Immer wenn der Anwender irgendwo die Menge oder den Einzelpreis eines Artikels ändert, ändert das Programm die in der vierten Spalte gezeigten Summen entsprechend. Dabei ist zu beachten: Es ändert sich nicht der Zellinhalt (der besteht ja aus gleichbleibenden Funktionen), es ändert sich aber das, was diese Zellen am Bildschirm zeigen!

Eigentlich steht in der Zelle die Formel: = A2 x C2

Eigentlich steht in der Zelle die Formel: = A3 x C3

Eigentlich steht in der Zelle die Formel: = A4 x C4

Eigentlich steht in der Zelle die Formel: = D2 + D3 + D4

Wir haben mit unserem Tabellenkalkulationsprogramm eine wunderschöne selbstrechnende Rechnung erstellt. Aber wehe, wenn jetzt jemand den Strom ausschaltet! Dann „sterben“ alle Datenkonferenzteilnehmer eines schnellen Todes – nichts bleibt übrig von der ganzen Tabellen-Herrlichkeit (sofern nicht Batterien helfend eingesprungen sind).

Um für den Fall der Fälle gerüstet zu sein, empfiehlt es sich, zwischendurch immer wieder Kopien der in Arbeit befindlichen Datei auf die sichere Festplatte zu schicken. Dazu muss man der Datei allerdings einen Namen geben, unter dem sie gespeichert wird. Für unser Beispiel empfiehlt sich der Name „Rechnung“. Eigentlich muss es heißen „Rechnung.ods“, denn jeder Dateiname hat eine Endung bzw. Erweiterung, bestehend aus einem Punkt und (meistens) drei Buchstaben. Die Erweiterung zeigt an, für welches Programm eine Datei geeignet ist.

Viele Programme sowie auch Betriebssysteme bieten darüber hinaus die Möglichkeit, Sicherungskopien einer in Arbeit befindlichen Datei automatisch zu speichern. Falls es dann zum Stromausfall oder zu einem „Absturz“ des Computers kommt, braucht nach erneutem Hochfahren nur die Sicherungsdatei wieder geöffnet zu werden, und schon kann die Datenkonferenz an der Stelle fortgesetzt werden, wo sie unterbrochen wurde.

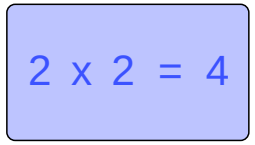
Geöffnete Festplatte

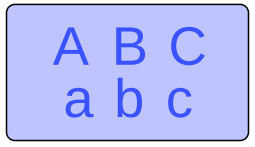
Foto: Sam Gamdschie / Wikimedia Commons

Irgendwann ist die Datenkonferenz beendet, und es liegen schöne Ergebnisse vor. In unserem Beispiel ist das Ergebnis die fertige Tabellen-Datei mit dem Namen „Rechnung“. Die Daten dieser Datei verlassen dann das „Hotel“ des Arbeitsspeichers; die Teilnehmer reisen mit ihren datengefüllten Aktenkoffern wieder ab. Sie reisen vielleicht auf einen Ruhesitz: die Festplatte, einen Speicherstick oder eine Daten-CD. Von dort aus können sie jederzeit wieder auf neue Datenkonferenzen geschickt werden. Oder sie reisen zu einem Drucker, wo die Codes aus Einsen und Nullen in vernünftige Schrift umgewandelt und zu Papier gebracht werden. Oder sie reisen als E-Mail über das Internet zu anderen Datenkonferenzen, möglicherweise in ferne Länder...

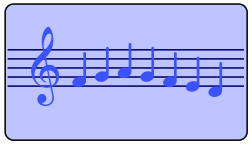
In einem Kongresszentrum können Konferenzen jeder Fachrichtung abgehalten werden. Für die Konferenz-Logistik ist es letztlich egal, ob sich da Konditoren oder Konzernchefs, Kaninchenzüchter oder Kernphysiker treffen. Dasselbe gilt für den Computer: Wenn das Betriebssystem hochgefahren ist, können die verschiedensten Programme bzw. Anwendungen geöffnet werden (engl. Applications, kurz Apps).

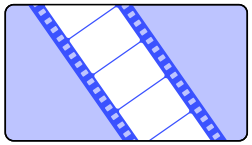
Jede Anwendung kann etwas Bestimmtes besonders gut, aber es gibt auch Überschneidungen. Das Tabellenkalkulationsprogramm kann besonders gut rechnen, aber es kann auch Texte verarbeiten. Will man allerdings nur Briefe schreiben oder mit Manuskripten umgehen, dann ist ein reines Textprogramm besser geeignet. Für Digitalfotos und andere Bitmaps gibt es Bildbearbeitungsprogramme.

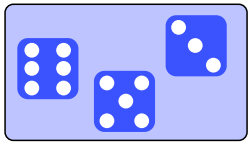




Mit ihnen kann man Bilder in jeder erdenklichen Weise verändern, verfremden oder ganz neu gestalten. Für das Erstellen von Vektorgrafiken gibt es auch besondere Programme. Mit anderen Anwendungen kann man Noten schreiben und anhören, mit wieder anderen Audiodateien wie in einem Tonstudio bearbeiten. Auch für die digitale Videobearbeitung gibt es besondere Software; da wird der Computer zum virtuellen Schneideplatz. Mit Präsentationsprogrammen kann man aus Bildern, Texten, Filmen und Musik Bildschirmpräsentationen zusammenstellen, die herkömmliche Dias und Overhead-Folien alt aussehen lassen.







Manche Software dient in erster Linie zum komfortablen Anschauen von Dateien; dazu gehören die Web-Browser, mit denen man Internet-Seiten betrachten kann. Andere Programme sind aufs Sortieren und Archivieren spezialisiert, angefangen vom digitalen Fotoalbum bis hin zur professionellen Datenbank.

Spezielle Konvertierungsprogramme dienen dazu, Dateien eines bestimmten Typs in Dateien eines anderen Typs umzuwandeln. Zum Beispiel gibt es Schrifterkennungsprogramme, die eine abfotografierte Textseite in eine digitale Textdatei verwandeln.

Besonders beliebt sind Spiele-Programme. Kleine Apps für unzählige spezielle Zwecke werden gern mit Kleinstcomputern (z. B. Smartphones) verwendet. Und für den Computerfan oder Profi gibt es viele Service-Anwendungen, die ausschließlich computertechnische Bedeutung haben.

Ein Konferenzzentrum braucht Schlösser, Wächter, Pförtner und Alarmanlagen für die Sicherheit. Es muss verhindert werden, dass Störer, Randalierer, Spione, Saboteure, Diebe oder Terroristen eindringen.

Dasselbe gilt für den Computer: Er muss vor schädlicher Software geschützt werden. Die bekannteste Gruppe solcher Malware sind die Computerviren. Sie sind raffiniert getarnt und können sich in schlecht geschützte Rechner unbemerkt einschleichen. Drinnen stören sie den geordneten Ablauf der Datenkonferenzen, und der Computer wird „krank“. Aggressive Computerviren können dazu führen, dass Daten unrettbar zerstört werden oder dass der Computer überhaupt nicht mehr arbeitet. Andere unerwünschte Programme spionieren Daten aus und versenden sie unbemerkt per E-Mail, schicken im Namen des ahnungslosen Anwenders Kettenbriefe los oder treiben einfach Schabernack mit ihm.

Die meisten Anwender finden das allerdings überhaupt nicht lustig. Wer klug ist, beauftragt einen professionellen „Sicherheitsdienst“ mit dem Schutz seines Daten-Konferenzzentrums. Moderne Betriebssysteme haben eine eingebaute „Brandmauer“ (eng. Firewall), die verhindert, dass verdächtige Konferenzteilnehmer die CPU überhaupt betreten.

Foto: Thorben Wengert / pixelio

Anti-Viren-Programme unterziehen alle eingehenden Daten einer genauen Kontrolle und warnen den Anwender, wenn sie etwas Verdächtiges finden. Auf Wunsch durchsuchen diese überaus nützlichen Anwendungen auch den ganzen Computer bis in den letzten Winkel. So eine Systemprüfung dauert zwar eine Weile, aber hinterher kann man ziemlich sicher sein, dass sich nirgends gefährliche Daten versteckt halten. Ein Anti-Viren-Programm kann allerdings nur dann zuverlässig schützen, wenn es sich stets über die neusten Virustypen informiert. Das geschieht zweckmäßigerweise durch regelmäßige Aktualisierung (engl. Updates).

Alle Vergleiche hinken – auch das Bild vom Kongresszentrum. Viele Vorgänge, die bei wirklichen Konferenzen gleichzeitig ablaufen, geschehen im Computer nacheinander, dafür aber blitzschnell. Wer auch nur ein bisschen was von Strom versteht, der weiß, dass elektrische Impulse nicht hintereinander im Gänsemarsch durch einen Draht wandern. Entweder fließt durch den ganzen Stromkreis derselbe Strom, oder es fließt kein Strom. Die Bits einer Datenkette werden im Computer als kurze Stromstöße nacheinander verarbeitet. So ähnlich war das früher beim Telegrafieren mit Morsezeichen: Die Striche und Punkte des Morsecodes wurden nacheinander als kurze oder lange Piepser übertragen.

Weil das so ist, muss die CPU und jedes andere Computer-Bauteil getaktet werden. Das bedeutet: Die Bit-Impulse werden von einem Taktgeber in festen Zeitabschnitten aufgerufen und weiterverarbeitet. Nur so können die Bauteile die Verarbeitung von Daten koordinieren.

Bei modernen PCs beträgt so ein Zeitintervall weniger als eine Milliardstel Sekunde. Anders ausgedrückt: Die Taktfrequenz von modernen PCs liegt über einer Milliarde Hertz bzw. einem Gigahertz (GHz). Ein Stromstoß in einem Draht, der mit Lichtgeschwindigkeit in einer Sekunde siebeneinhalbmal die Erde umrunden kann, legt in einem Takt-Intervall keine 30 cm zurück!

Es geht aber noch schneller: Wenn ein Eingang statt eines Kontakts acht Kontakte besitzt, können mit jedem Taktimpuls acht Bits gleichzeitig ausgelesen werden – ein vollständiges Byte also. Man nennt das eine parallele Schnittstelle (im Unterschied zur seriellen Schnittstelle für den Ein-Bit-Betrieb). Auch im Prozessor selbst werden die Bits nicht eins nach dem anderen bearbeitet, sondern auf parallelen Leiterbahnen. Bei modernen PCs sind das sogar 64 Stück! Es werden also Daten-„Wörter“ von 8 Bytes beziehungsweise 64 Bits Länge auf einen Streich verarbeitet. Man sagt, dass solche Prozessoren eine 64-Bit-Architektur haben. Und immer mehr moderne Computer haben auch mehrere Kerne (engl. Cores), das sind mehrere miteinander verbundene CPUs, die sich die Rechenarbeit aufteilen, damit es schneller geht. Zusammen mit Taktfrequenzen von mehreren Gigahertz können dann in kürzester Zeit so viele Daten verarbeitet werden, dass selbst hochauflösende Videobilder ruckelfrei erzeugt beziehungsweise wiedergegeben werden.

Foto: Hp. Baumeler / Wikimedia Commons

Mit Morsetasten wurden Codes in aufeinander folgende Impulse verwandelt.

Verwandlungskünstler

Wo die Datenströme herkommen und hinfließen

Die Zentraleinheit eines Computers bildet das Zentrum für andere Geräte. Diese fasst man unter dem Begriff Peripherie zusammen. Von ihnen kommen die Datenströme her, die in die Zentraleinheit fließen, und an sie werden sie ausgegeben. Dieser sternförmige Aufbau einer Computeranlage ist im Prinzip immer gleich, ganz egal, welche Einheiten zusammen mit der CPU in einem Gehäuse stecken und welche als selbstständige Geräte außen angeschlossen sind. Grundsätzlich ist es auch egal, ob die Geräte per Kabel oder per Funk mit der Zentraleinheit in Verbindung stehen. Die Datenübergabepunkte nennt man Schnittstellen.

Peripheriegeräte sind Verwandlungskünstler: Sie verwandeln elektronische Datenströme in andere Formen von Information – oder umgekehrt.

Man kann die Peripheriegeräte in drei Familien gliedern: Speichergeräte, Eingabegeräte und Ausgabegeräte.

Zu den Speichergeräten gehören z. B. Festplatten, CDs und Speicherkarten. Mit ihnen lassen sich Bits und Bytes mehr oder weniger dauerhaft aufbewahren.

Zur Familie der Eingabegeräte gehört zunächst alles, was Handbewegungen in Daten verwandelt: Tastaturen, Mäuse, Touchscreens, Joysticks und Ähnliches. Bewegte und unbewegte Bilder werden mit Kameras und Scannern in Datenströme verwandelt, Schallwellen mit Mikrofonen und digitalen Wandlern, z. B. Soundcards. Es gibt auch spezielle Eingabegeräte, die z. B. Messwerte in Datenströme umwandeln.

Drittens ist da die Familie der Ausgabegeräte. Am wichtigsten sind Anzeigegeräte, die Computerdaten sichtbar machen: Bildschirme, Drucker, Beamer und Plotter. Einige Spezialgeräte können Daten sogar fühlbar machen: Eine Einheit für tastbare Braille-Schrift erleichtert Blinden die Arbeit am Computer. Wieder andere Ausgabegeräte erzeugen Töne. Hier muss noch einmal die Soundkarte genannt werden: Sie kann nicht nur Tonsignale in Daten verwandeln, sondern umgekehrt auch Daten in Wechselströme, die über Verstärker und Lautsprecher Schallwellen erzeugen. Schließlich kann man im weitesten Sinne Roboter oder sogar computergesteuerte elektrische Eisenbahnen als Ausgabegeräte für Daten bezeichnen.

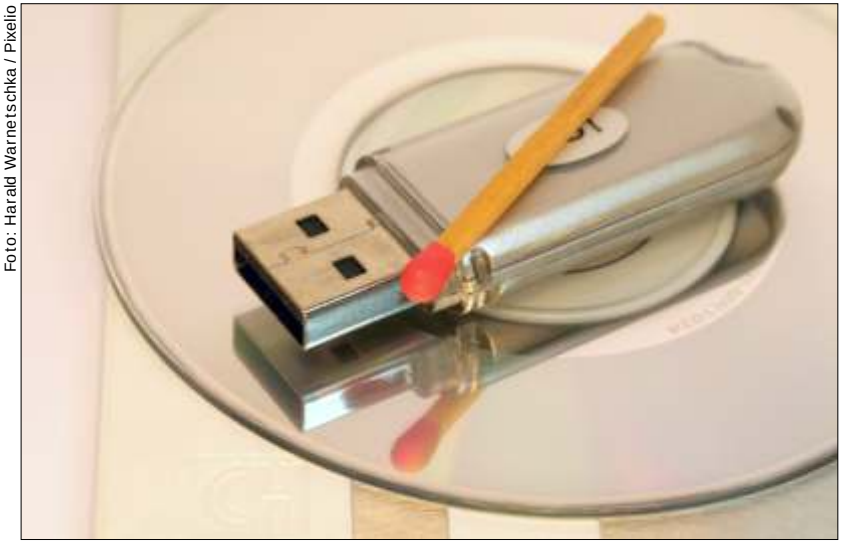
Schauen wir uns die Peripheriegeräte der einzelnen Familien genauer an, zunächst die Speichergeräte!

Das wichtigste Speichermedium für große Datenmengen ist die Festplatte. Sie hält Daten auch dann noch fest, wenn der Computer ausgeschaltet ist. Das liegt daran, dass sie elektrische Impulse in magnetische verwandelt. Eine Festplatte ist eine Scheibe mit magnetisierbarer Oberfläche, die in einer luftdicht verschlossenen Kammer rotiert. Ein magnetisierbarer Kopf „schreibt“ und „liest“ an einem beweglichen Arm die Daten auf der Festplatte als mikroskopisch kleine Magnetpünktchen. Alte Daten können dabei unzählige Male durch neue überschrieben werden. Manche Computer beherbergen mehrere Festplatten in ihrem Gehäuse. Es gibt auch externe Festplatten, die über Kabel oder Funk mit einem PC verbunden werden. Das Prinzip der magnetischen Speicherung wurde in früheren Zeiten mit sogenannten Disketten und Magnetbändern genutzt.

Scheiben anderer Art sind die optischen Speichermedien: CD (Compact Disc, bis 879 Megabyte Kapazität), DVD (Digital Versatile Disc, bis 8,5 Gigabyte Kapazität) und Bluray Disc (teilweise über 100 Gigabyte Kapazität). Hier werden Daten mithilfe von Laserstrahlen als winzige „Gräben“ in Spiegelfolien gebrannt und ausgelesen. Bei wiederbeschreibbaren Scheiben können die optischen Löcher nach Bedarf geflickt und damit Daten geändert werden. Ein Player kann Daten von eingelegten Scheiben nur lesen, ein Brenner bzw. Recorder kann sie auch mit neuen Daten beschreiben. Eine unbeschriebene Scheibe nennt man einen Rohling.

Ein weiteres beliebtes Speichermedium ist der Flash-Speicher. Dabei werden Bits und Bytes als elektrische Ladungen in einem speziellen Mikrochip aufbewahrt. Flash-Speicher gibt es als USB-Sticks (USB gehört zu den bekanntesten genormten Schnittstellen bzw. Steckkontakten für digitale Verbindungen). Flash-Speicher sind auch als Speicherkarten mit diversen Steckkontakten erhältlich. Sie werden oft in Digitalkameras und anderen Kleingeräten eingesetzt.

Foto: Harald Warnetschka / Pixelio



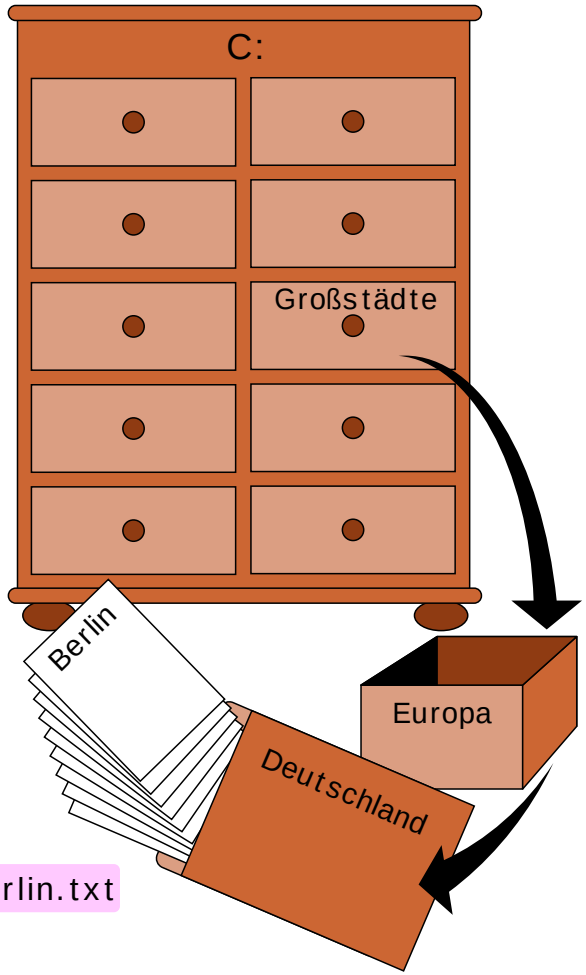
Mini-CD und USB-Stick – viele Daten auf kleinstem Raum!

Die Speichermedien, die mit einem Computer verbunden sind, erhalten als Kennzeichnung Großbuchstaben mit nachfolgendem Doppelpunkt. So hört die Festplatte, die im Gehäuse des Rechners fest eingebaut ist, meistens auf den Namen „C:“.

Innerhalb eines Datenspeichers können die Dateien mit sogenannten Ordnern (engl. Folders) gegliedert werden. Nur so kann man die Übersicht über Hunderte oder sogar Tausende von Dateien behalten. Wenn wir uns die Festplatte als Schrank und die Dateien als Schriftstücke vorstellen, dann ähneln die Ordner Schubfächern, Kartons und Umschlägen, in denen mehrere Schriftstücke oder auch kleinere Umschläge stecken können. Und wie jede einzelne Datei einen Namen hat, so tragen auch die Ordner Namen.

Der Computer bzw. sein Benutzer kann über die Nennung des Speichermediums und der Ordner auf jede beliebige Datei zugreifen. So ein Zugriff über mehrere Ordner-Ebenen hinweg wird Pfad genannt (engl. Path). Im vollständigen Pfadnamen sind, ausgehend vom Speichermedium, die betreffenden Ordnernamen und schließlich der Dateiname mit Strichen voneinander getrennt – und zwar mit besonderen Schrägstrichen, die von oben links nach unten rechts gehen; man nennt sie Backslash.

Wenn zum Beispiel ein Geografielehrer auf seiner Festplatte Dateien mit Informationen zu allen Großstädten der Welt fein säuberlich nach Ländern und Kontinenten geordnet hat, könnte der Pfadname für die Berlin-Datei so aussehen:



C:\Großstädte\Europa\Deutschland\Berlin.txt

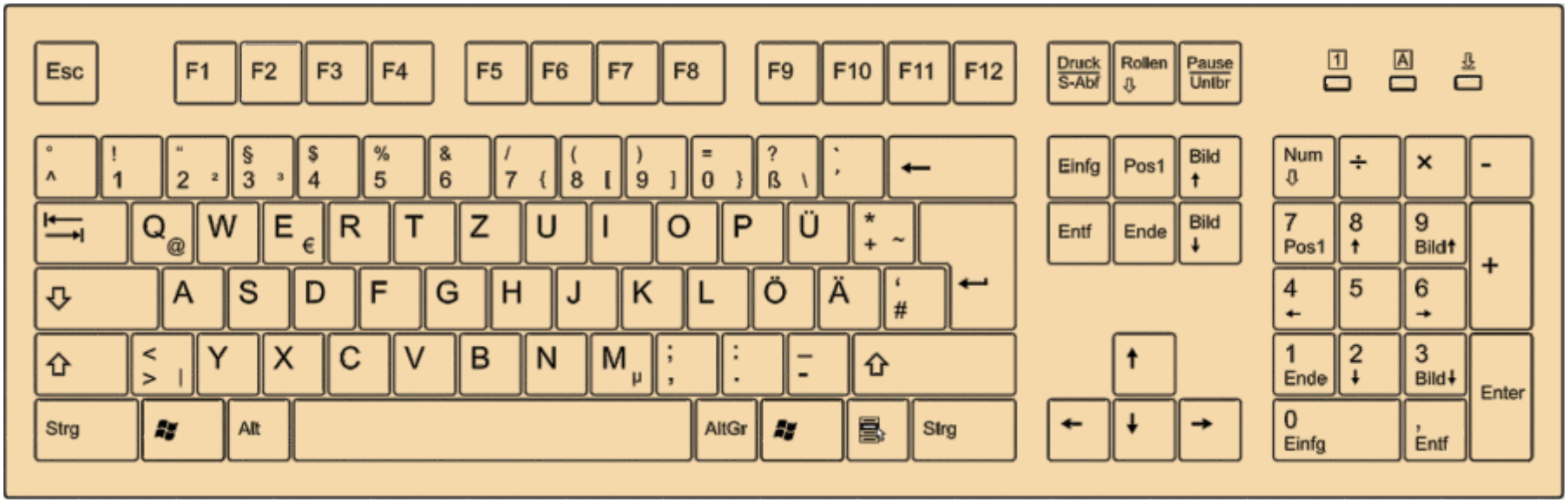
Pfade weisen den Weg innerhalb eines Speichermediums (z. B. Festplatte C:) zu einer bestimmten Datei (z. B. zur Textdatei über Berlin). Man spricht auch von einer Baumstruktur: Das Speichermedium ist der Stamm, die Ordner sind die Äste bzw. Zweige und die Dateien sind die Blätter an den Zweigen.

Wenden wir uns nun den Eingabegeräten zu!

Am nächsten liegt es, Daten mit der Hand einzugeben. Das wichtigste Gerät dafür ist die gute alte Tastatur (engl. Keyboard - aber nicht zu verwechseln mit dem gleichnamigen Musikinstrument!). Hier werden auf Knopfdruck Bytes erzeugt, die das Zeichen der entsprechenden Taste darstellen.

Es gibt Normtastaturen für alle gängigen Sprachräume; sie entsprechen grundsätzlich den früheren Schreibmaschinentastaturen. Zusätzlich enthalten sie eine Reihe von Sondertasten, die allein oder in Verbindung mit anderen spezielle Computerfunktionen auslösen. Bei manchen Programmen kann man individuell einstellen, was bei welcher Tastenkombination passieren soll.

Die meisten Tastaturen haben auf der rechten Seite einen separaten Ziffern- oder Nummernblock, der einer Taschenrechner-Tastatur ähnelt. Manche Computerbenutzer finden es nämlich praktisch, Ziffern über diese Tastenanordnung einzugeben.



Deutsche Norm-Tastatur

Fast ebenso unverzichtbar beim PC wie die Tastatur ist die sog. Maus. Wer dieses handliche Teil auf dem Schreibtisch hin- und herschiebt, kann damit einen Pfeil oder ein anderes Symbol auf dem Bildschirm bewegen. Befindet sich dieser „Zeiger“ über einem sensiblen Bereich des Bildschirms, kann durch Anklicken der linken Maustaste eine Funktion ausgelöst werden: Es ist so, wie wenn man über einen virtuellen Knopf etwas einschaltet. Die rechte Maustaste ermöglicht weitere Funktionen mit demselben „Knopf“. Linkshänder können die Maus übrigens so einstellen, dass die beiden Tasten genau umgekehrt funktionieren. Viele Mäuse haben oft auch ein Rädchen zum Rauf- und Runterschieben (engl. Scrollen) des Bildschirminhalts. Schließlich lassen viele Programme es zu, mit der Maus ein Objekt auf dem Bildschirm zu verschieben beziehungsweise zu „ziehen“. Das geht so: Mauszeiger auf das Objekt bringen, linke Maustaste gedrückt halten, Mauszeiger mit Objekt an gewünschte Stelle bewegen, loslassen, fertig!

Prinzipiell funktionieren Mäuse auf jeder flachen Unterlage, aber am besten geht es auf einer Spezialunterlage genannt Mousepad.

Mäuse brauchen Platz zum Hin- und Herhuschen. Das ist für einen unterwegs benutzten Laptop unpraktisch. Als Alternative dienen Touchpads: Man streicht mit dem Finger über ein sensibles Feld unter der Tastatur und bewegt so den Zeiger auf dem Bildschirm; dazu können Pendants zur linken und rechten Maustaste mit dem Daumen bedient werden. Komfortabler ist der Trackball: Eine Kugel ragt teilweise aus dem Gerät heraus und kann mit der Handfläche beliebig gedreht werden; entsprechend bewegt sich der Zeiger.

Foto: Webwebwebber / pixelio

Maus mit Funkverbindung

Weit verbreitet sind inzwischen berührungsempfindliche Bildschirme (engl. Touchscreen). Der Bildschirm, eigentlich ein Ausgabegerät, wird dabei zum Eingabegerät: Man kann die sensiblen Stellen eines Bildes direkt mit dem Finger aktivieren, Elemente verschieben, ihre Größe verändern, Seiten „umblättern“...

Für Computerspiele gibt es eine breite Palette spezieller Eingabegeräten, die Hand- und Körperbewegungen in Datenströme verwandeln. Klassisch ist der Joystick, ein multifunktionaler Steuerknüppel. Mit ihm wird nicht nur gespielt, sondern mit ihm können sogar echte Flugzeuge und Schiffe gesteuert werden.

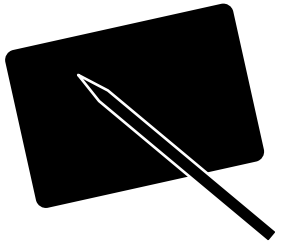
Musikliebhaber können ihr E-Piano oder ihr (musikalisches) Keyboard als Eingabegerät benutzen. Die Datenströme geben dabei an, wie lange und wie stark welche Taste gedrückt wurde und welcher Klang dabei ertönen soll. Die Datenübertragung an der Schnittstelle ist dabei mit dem sogenannten MIDI-Standard genormt.

Grundsätzlich anders ist die Eingabe von akustischen Informationen mit Audio-Geräten, zum Beispiel mit einem Mikrofon. Das Mikrofon verwandelt Schallwellen in elektrische Stromschwankungen. Der so erzeugte Wechselstrom ist für den Computer aber gänzlich unbrauchbar, selbst wenn er verstärkt wird. Wir erinnern uns: Der Computer benötigt digitale Impulse – Strom an, Strom aus. Der eigentliche „Verwandlungskünstler“ steckt in der Soundkarte des Computers: Da wird der Wechselstrom in einen binären Zahlenstrom verwandelt,

Foto: Nan Palmero / Wikimedia Commons

der das Muster der Schallwellen in einem bestimmten Zeitraster beschreibt. Der Soundkarte ist es dabei im Prinzip egal, ob der Schallwellen-ähnliche Wechselstrom von einem Mikrofon oder einem anderen Audiogerät kommt; er kann ebensogut von einem Radio, einem Plattenspieler oder einem Mischpult stammen. Viele moderne Exemplare dieser Geräte haben inzwischen schon einen eingebauten „Verwandlungskünstler“ und können (meist über USB) direkt an den Computer angeschlossen werden; der Umweg über die Soundkarte entfällt dann.

Wer mit dem Computer lieber grafisch kreativ ist, hat vielleicht schon mal probiert, mit der Maus Bilder auf den Monitor zu zaubern. Das Ergebnis muss enttäuschen: Eine Maus ist nicht in der Lage, die Feinmotorik der Künstlerhand in saubere Grafik-Daten zu verwandeln. Abhilfe schafft ein Zeichentablett (engl. Sketchboard), eine spezielle Platte, auf der man mit einem elektronischen Griffel zeichnen kann. Die Zeichnung wird



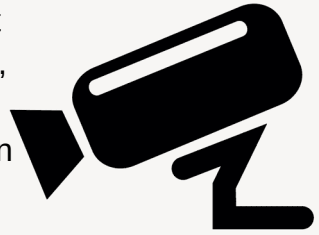
als Bitmap an den Rechner gesendet und kann sofort am Bildschirm besichtigt werden, auch wie jede andere Bitmap digital bearbeitet und gespeichert werden.

Die meisten überlassen die Herstellung eines Bildes lieber einer Digitalkamera. Ihr Aufbau ist im Prinzip immer gleich, egal, ob es sich um einen Fotoapparat, eine Videokamera, eine Handy-Kamera oder eine Webcam handelt: Ein Linsensystem

projiziert in einer kleinen „Kammer“ (daher der Name Kamera) ein Abbild der Wirklichkeit auf einen Bildsensor. Dieser Halbleiterchip trägt Millionen von lichtempfindlichen Bauteilen. Eine Elektronik fragt diese Bauteile der Reihe nach ab, welche Farben sie gerade sehen und wie hell sie sind. Jede Antwort wird in eine computerfreundliche Zahl umgewandelt und das Ergebnis als Datenschlange weitergeleitet. Bei Fotos wird immer nur ein Bild digitalisiert, bei Filmen eine ganze Sequenz schnell aufeinander folgender Bilder.

Aus der nicht-digitalen Zeit gibt es immer noch Geräte, die Fernsehbilder statt mit Datenströmen mit analogen elektrischen Strömen darstellen. So liefert der klassische Videorekorder parallel drei Ströme, je einen für die Farben rot, grün und blau. Will man solche Bildsignale in den Computer einspeisen, dann muss als „Verwandlungskünstler“ ein Grabber zwischengeschaltet werden. Er macht aus analogen Video-Signalen digitale Videos.

Ein Scanner ist ein Zwischending zwischen einer Digitalkamera und einem Kopiergerät. Wie eine Digitalkamera verwandelt er ein Bild in einen Bitmap-Datensatz – nur viel langsamer. Außerdem muss die abgebildete Wirklichkeit ziemlich flach sein und auf ein Vorlagenglas gelegt werden. Ein Lichtstrahl tastet die Vorlage dann Zeile für Zeile ab. Das reflektierte Licht wird nach Farbe und Helligkeit analysiert und in entsprechende Bytes umgewandelt.



Handscanner können Bildmuster über kleine Entfernungen abtasten und kommen daher ohne Vorlagenglas aus. Sie werden gern zum Lesen von Strich-Codes eingesetzt – z. B. auf Waren an der Supermarktkasse.

Kommen wir zur dritten Gruppe der Peripheriegeräte, zur Ausgabe.

Mit Abstand am wichtigsten sind Geräte, die Informationen sichtbar machen, zum Beispiel Monitore und Beamer. Sie funktionieren im Prinzip nicht anders als Fernseher. Ihre Aufgabe ist es, Bitmap-Daten als ein Mosaik von vielen Leuchtpunkten darzustellen. Auch Daten, die von Hause aus keine Bitmaps repräsentieren, können angezeigt werden, zum Beispiel Texte und zwei- oder dreidimensionale Vektorgrafiken.

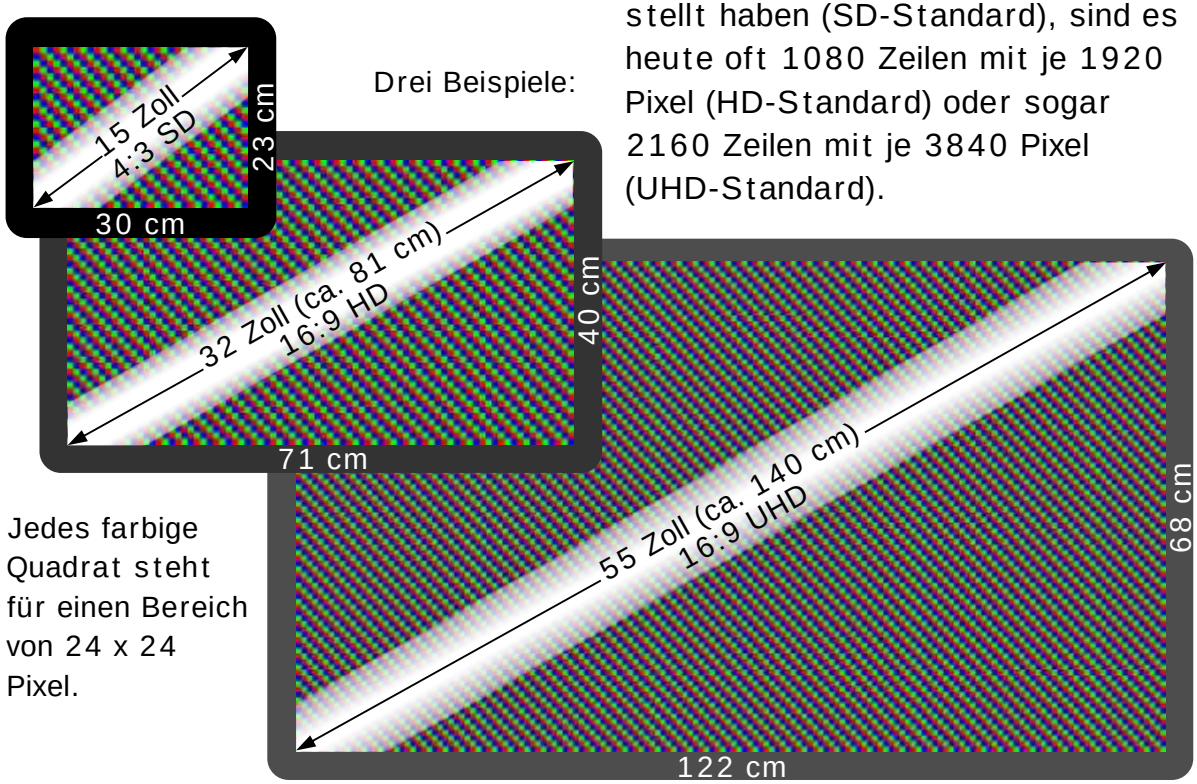
Die Verwandlung von allen möglichen Daten in Bytes für die Bildausgabe geschieht in der sog. Grafikkarte. Sie ist das Verbindungsglied zwischen CPU und Anzeige (engl. Display). In die Grafikkarte fließen alle darzustellenden Informationen wie Texte, Vektorgrafiken und Bitmaps. Sie verarbeitet und kombiniert alles blitzschnell zu Daten einer Ausgabe-Bitmap und gibt sie an das Display (Monitor, Beamer...) weiter. Dabei kann das Bild z. B. 60-mal pro Sekunde aktualisiert werden; man spricht dann von einer Bildwiederholfrequenz (kurz: Bildfrequenz) von 60 Hertz (Hz).

Die Grafikkarte ist ein elektronisches Bauteil, das sich im Gehäuse des Computers befindet und eng mit der CPU zusammenarbeitet. Bei einfachen Computern ist der Grafikprozessor Bestandteil der Hauptplatine. Hochwertige Grafikkarten müssen extreme Anforderungen erfüllen, nämlich in kürzester Zeit hochauflösende Bilderdaten liefern – ansonsten kann das Bild ruckeln oder auch völlig zusammenbrechen. Gute Grafikkarten leisten mitunter mehr als die CPU, die sie mit Daten beliefert.

Es ist im Prinzip egal, ob zur Bildausgabe als Monitor eine altmodische Bildröhre, ein Flachbildschirm, ein Handy-Display oder ein digitaler Projektor (engl. Beamer) verwendet wird. In jedem Fall wird wie beim Farbfernseher jedes Pünktchen durch Kombination der mehr oder weniger hellen drei Grundfarben rot, grün und blau dargestellt (RGB-System).

Die Anzeigegeräte unterscheiden sich außer durch die Bauart durch Bildgröße, Bildformat und Auflösung. Da gibt es zunächst die mit dem Zollstock abmessbaren Maße Breite und Höhe. Das Verhältnis von Breite zu Höhe ergibt das Bildformat. Standardformate sind 4:3 (altes Fernsehformat) und 16:9 (heutiges Fernsehformat). Man spricht das wie Fußballergebnisse: vier zu drei bzw. sechzehn zu neun. Meistens wird die Größe eines Bildschirms aber nur mit einer einzigen Zahl angegeben, nämlich mit der Bildschirmdiagonalen in Zoll (ein Zoll sind 2,54 cm). So ist beim 15-Zoll-Bidschirm das untere linke Bildpünktchen vom obern rechten etwa 38 cm entfernt. Beim 4:3-Format entpricht das einer Breite von 30 cm und einer Höhe von 23 cm, beim 16:9-Format ist die Bildfläche dann 33 cm breit und 19 cm hoch.

Drei Beispiele:



Jedes farbige Quadrat steht für einen Bereich von 24 x 24 Pixel.

Neben der Bildgröße und dem Bildformat spielt die Anzahl der dargestellten Pixel eine Rolle. Je mehr Pixel ein Bildschirm darstellen kann, desto besser ist seine sog. Auflösung: Das Bild erscheint dann detailreich und scharf. Während früher Monitore gerade einmal 576 Bildzeilen mit je 768 Pixel dargestellt haben (SD-Standard), sind es heute oft 1080 Zeilen mit je 1920 Pixel (HD-Standard) oder sogar 2160 Zeilen mit je 3840 Pixel (UHD-Standard).

Trotz hochauflösender Displays halten viele es immer noch mit Goethe: „Was man schwarz auf weiß besitzt, kann man getrost nach Hause tragen.“ Sie möchten das, was der Computer ausspuckt, auf Papier gedruckt sehen – gern auch bunt auf weiß. Bedrucktes Papier stürzt nicht ab, funktioniert auch bei Stromausfall und lässt sich in einen Umschlag stecken. Da kommen die Drucker (engl. Printer) ins Bild.

Am weitesten verbreitet sind Tintenstrahldrucker und Laserdrucker. Beide ordnen auf Papier oder Folie Punkte nach Bitmap-Daten an. Der Tintenstrahldrucker tut das mit feinen Tintenspritzern. Beim Laserdrucker wird das Papier mithilfe eines Laserstrahls zunächst an den Stellen der Punkte elektrisch aufgeladen; dort zieht es ein feines Pulver an; schließlich wir das Pulverbild mit Druck und Hitze auf dem Papier fixiert. Das schwarze oder farbige Pulver nennt man Toner.

Schwarzweiß-Drucker arbeiten mit schwarzer Tinte beziehungsweise schwarzem Toner. Farbdrucker benutzen üblicherweise vier, manchmal auch mehr Grundfarben, aus denen sich durch Überlagerung alle gewünschten Farbtöne ergeben.

Die Auflösung von Druckern wird mit der Einheit dpi angegeben, das bedeutet „dots per inch“ bzw. „Punkte pro Zoll“ (ein Zoll sind 2,54 cm). Ab einer Auflösung von 300 dpi sind die Punkte mit bloßem Auge nicht mehr zu unterscheiden.

Nicht selten werden Scanner und Drucker zu Kombigeräten vereinigt. Sie können unabhängig vom Computer Vorlagen kopieren: Der vom Scanner erzeugte Datenstrom wird direkt an das Ausgabegerät Drucker weitergeleitet.

Es gibt Drucker, die statt auf Papier oder Folie auf allen möglichen anderen Materialien farbige Bitmaps aufbringen können, zum Beispiel auf T-Shirts, auf Tassen oder (mit Lebensmittelfarben) auf Platten aus weißer Schokolade.

Foto: Dieter Schütz / pixelio

Farbpatronen in einem Vierfarb-Tintenstrahldrucker: BK=black (schwarz), C=cyan, M=magenta, y=yellow (gelb)

Ähnlichen Zwecken wie Drucker dienen Plotter, Cutter und weitere Geräte. Ein Plotter ist eine elektronische Zeichenmaschine; er bewegt nach Vektorgrafik-Daten farbige Stifte über Papierbögen. Ein Cutter bewegt auf dieselbe Weise ein kleines Messer über eine Selbstklebefolie und schneidet dabei Symbole und Ornamente aus. Man kann die Einzelteile dann von der Trägerfolie abziehen und auf Schilder oder Planen kleben. Auch spezielle Stickmaschinen können zur Datenausgabe verwendet werden und z. B. nach digitalen Entwürfen kunstvolle Monogramme in Handtücher sticken.

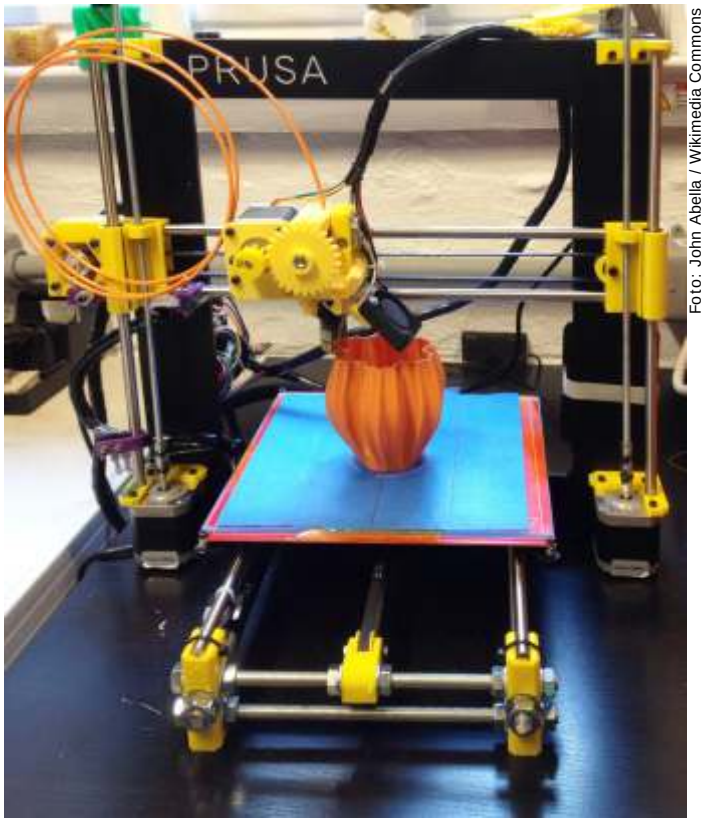


Foto: John Abella / Wikimedia Commons

3D-Drucker mit Werkstück

3D-Drucker erschließen eine weitere Dimension: Sie bedrucken nicht eine flachen Unterlage, sondern sie drucken in die Höhe. Da werden viele Schichten spezieller „Tinte“ übereinander gedruckt, bis ein Relief oder ein dreidimensionaler Gegenstand entsteht. Den umgekehrten Weg gehen digitale Fräsmaschinen: Wie ein Bildhauer entfernen sie alles Überflüssige von einem Materialblock, sodass am Ende die von den Daten beschriebene Figur übrigbleibt.

Übrigens kann ein Computer auch so tun, als ob er druckt – selbst wenn gar kein Drucker angeschlossen ist. Er gibt dann die fertigen Druckdaten nicht an einen Drucker aus, sondern speichert sie in einer sogenannten PostScript-Datei oder im daraus weiterentwickelten PDF-Format (engl. Portable Document Format). Diese Dateien können mit jedem Computer und jedem Lesegerät wie bedrucktes Papier angeschaut oder zum Ausdrucken an andere Orte weitergeleitet werden. Professionelle Druckereien können mit solchen Datensätzen Flugblätter oder auch dicke Bücher in kleiner oder großer Auflage herstellen.

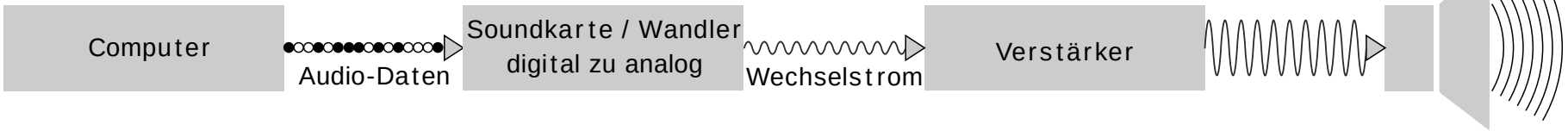
Manche Verlage gehen dazu über, ihre Titel nur digital zu publizieren und erst bei Bestellung einzelne Exemplare zu drucken. Man nennt dieses System „Books-on-Demand“.

Die Verwandlung von Daten in Hörbares geschieht in drei Schritten: Erstens wird der digitale Bit-Strom in einen analogen Wechselstrom verwandelt, zweitens wird dieser Wechselstrom verstärkt, drittens werden in einem Lautsprecher oder Kopfhörer mit dem verstärkten Wechselstrom Schallwellen erzeugt. Wenn der erste Schritt innerhalb des Computers geschieht, nennt man das dafür zuständige Peripheriegerät Soundkarte. Es handelt sich meistens um denselben Bereich der Hauptplatine, der bereits bei der Audio-Eingabe gute Dienste leistete. Am Ausgang der Soundkarte kann ein Kopfhörer oder ein Verstärker mit Lautsprecher angeschlossen werden.

Moderne Verstärkeranlagen und andere Audiogeräte verfügen über digitale Eingänge und machen selber das Signal analog; die Computer-Soundkarte bleibt dabei arbeitslos. Die Verbindung geschieht dann z. B. über ein Glasfaserkabel oder per Funk. Die Vorteile: Vor der Umwandlung kann das Signal im angeschlossenen Gerät noch digital gemischt, bearbeitet oder mit Effekten versehen werden. Außerdem sind Störgeräusche und Qualitätsverluste, die durch analoge Verbindungen entstehen, bei digitalem Anschluss ausgeschlossen.

Meistens kommt das Audio-Signal als Paar aus dem Computer, nämlich für den linken und den rechten Stereo-Kanal zum räumlichen Hören. Bei Kopfhörern funktioniert das immer perfekt; bei Lautsprechern kommt es auf deren Position an. Will man für viele Zuhörer einen guten räumlichen Höreindruck erzielen, dann braucht man ein Mehrkanal-Tonsystem. Für eine hochwertige Tonwiedergabe etwa bei Spielfilmen können parallel bis zu acht Audioströme aus dem Computer kommen. Sie werden über einen Mehrkanalverstärker mit einer entsprechenden Anzahl geschickt verteilter Lautsprecher hörbar gemacht. Verbreitet ist der sog. Surround-Sound 5.1 (fünf-Punkt-eins), bei dem fünf Richtungslautsprecher und ein (akustisch nicht lokalisierbarer) Tieftöner (engl. Subwoofer) zusammenwirken.

Ein Sonderfall sind die MIDI-Daten. Sie können Synthesizer (elektronische Musikinstrumente, die vom Computer „gespielt“ werden) als Ausgabegeräte steuern. Es ist dasselbe Prinzip wie beim Leierkasten oder beim Orchestrion: Die Computerdatei entspricht der Walze bzw. dem Lochstreifen, der Synthesizer entspricht der Drehorgel bzw. der Musikmaschine.



Wir betreten schließlich die große weite Welt der digital gesteuerten Arbeitsmaschinen, auch Roboter genannt.

Wenn ein elektronisches Klavier von einer MIDI-Datei gesteuert wird, dann wird es gewissermaßen von einem unsichtbaren Roboter-Pianisten gespielt. Auf dieselbe Weise können alle Maschinen bedient werden, die eine Schnittstelle für digitale Steuersignale besitzen bzw. einen eingebauten Computer haben. So können Computerprogramme ein Werkstück auf der Drehbank bearbeiten, einen Rasensprenger bedienen, einen Rasenmäher oder Staubsauger ohne menschliche Kontrolle führen, Rollos schließen, eine Kaffeemaschine einschalten oder mehrere Züge einer elektrischen Eisenbahn unfallfrei über die Gleise führen.

Foto: Wolfgang Dirscherl / pixelio

Rasenmähender Roboter unterwegs

In Verbindung mit sensorischen Eingabegeräten und einer eingebauten Kalenderuhr ist ein Computer sogar in der Lage, „intelligente“ Entscheidungen zu treffen: Wenn es zu trocken ist, sprengt er den Rasen – aber nur nachts und nie am Samstag, damit das Grillfest nicht ins Wasser fällt! Manche Leute meinen, wir gehen herrlichen Zeiten entgegen mit dem vollautomatischen Eigenheim.

Foto: Mixabest / Wikimedia Commons

Über den privaten Bereich hinaus gibt es unzählige weitere Anwendungen für digitale Maschinenführung: Kirchenglocken läuten zur rechten Zeit, Pumpwerke werden gesteuert, und Werkzeugroboter stellen am Fließband selbstständig Autos her. Diese Industrieroboter haben die Arbeitswelt nachhaltig verändert.

Wer einige praktische Erfahrungen mit Peripheriegeräten gesammelt hat, der weiß, dass ihr Gebrauch manchmal frustrierend sein kann. Da hat man ein neu gekauftes Teil am Computer angeschlossen, aber es tut nicht, was es soll. Oft tut es überhaupt nichts: Der Verwandlungskünstler verweigert seine Kunst! Wer dann einen Computerfachmann zu Rate zieht, bekommt zu hören, dass es „Probleme mit dem Treiber“ gibt – genauer: mit dem Geräte-Treiber. Denn ohne die richtigen und korrekt installierten Gerätetreiber läuft gar nichts an der Peripherie. Das sollte bei modernen Geräten eigentlich vollautomatisch im Hintergrund geschehen, tut es aber nicht immer.

Was ist ein Treiber? Zunächst einmal ist er eine schlechte Übersetzung des englischen Worts Driver. In der nicht-digitalen Welt ist damit ein Kraftfahrer gemeint, oder ein Kutscher, oder ein Cowboy, der Rinder über die Prärie treibt. In der digitalen Welt jedoch ist damit ein kleines Programm gemeint, das den Computer anleitet, mit dem Peripheriegerät sinnvoll Zwiesprache zu halten. Die Verbindung über eine Schnittstelle reicht dafür nämlich nicht aus, egal ob mit oder ohne Kabel. Der Grund: Es müssen diverse Betriebssysteme mit einer Fülle von verschiedenen Gerätetypen und Fabrikaten an der Peripherie zusammenarbeiten. Jede dieser Kombinationsmöglichkeiten braucht ihren eigenen maßgeschneiderten Treiber.

Fragt sich nur, wen oder was er eigentlich treibt: Treibt er das Peripheriegerät dahin, dass es dem Datenstrom aus dem Computer gehorcht? Oder treibt er den Computer dahin, dass er dem Peripheriegerät brauchbare Daten ausspuckt? Oder treibt er nur den Benutzer zur Weißglut? Eigentlich treibt er nichts und niemanden – wie gesagt, die Übersetzung ist schlecht. Vielmehr steuert er (wenn er funktioniert) die Kommunikation zwischen Computer und Peripheriegerät. Er ist also eher so etwas wie ein Dolmetscher oder ein Vermittlungsausschuss, kein Kutscher und kein Cowboy.

Foto: Wikimedia Commons

Sechs Treiber (bzw. Driver) aus dem Jahr 1939 im Bundesstaat Neu-Mexiko (USA)

Freie Fahrt auf Datenautobahnen

Wie Netzwerke funktionieren

Machen wir uns noch einmal kurz klar, was in einem Computer geschieht: Zuerst werden Dinge der realen Welt in computergerechte Datenhäppchen verwandelt, die sog. Bytes. Diese Daten wandern aus Eingabegeräten in die Zentraleinheit des Computers. Dort werden sie zwischengespeichert, bearbeitet, kopiert, weitergeleitet und manchmal auch vernichtet. Die Daten, die aus dem Prozessor herauskommen, gelangen in Ausgabegeräte und stehen dort wieder in menschenfreundlicher Form zur Verfügung. An die Stelle von Ein- und Ausgabegeräten können auch Speichergeräte treten, wo Daten für eine spätere Verwendung aufbewahrt werden.

Das ist eigentlich ganz übersichtlich. Kniffliger wird die Angelegenheit, wenn man mehrere Computer bzw. andere prozessorgesteuerte Geräte miteinander verbinden will. Das entspricht, bildlich gesprochen, dem ehrgeizigen Plan, mehrere Konferenzzentren miteinander zu vernetzen. Genau dies geschieht bei digitalen Netzwerken – sei es ein kleines ortsgebundenes Netzwerk (Local Area Network, kurz LAN) oder sei es das weltweite Internet.

Warum will man Rechner miteinander verbinden? Nehmen wir an, in einem Büro gibt es zwei Computer, A und B. Nun kann es sein, dass der Benutzer von Computer A dem Benutzer von Computer B bestimmte Daten zur Verfügung stellen will. Er könnte sie auf eine CD brennen oder auf einem Flash-Stick speichern und diesen Datenträger dann zu B bringen. Schneller und einfacher geht es, wenn zwischen den beiden Computern eine direkte Verbindung besteht, mit der die Daten direkt von A nach B geschickt werden können. Es kann auch sein, dass B von sich aus auf Daten zugreifen möchte, die A auf seiner Festplatte hat, da hilft die Verbindung ebenfalls weiter. Oder A und B teilen sich den einzigen Drucker des Büros, dann müssen beide mit ihm und somit auch untereinander verbunden sein. Wenn Computer A schneller rechnen kann als Computer B, dann könnte B ihm hin und wieder ein paar umfangreiche Aufgaben rüberschicken und bekommt die Ergebnisse schneller zurück, als wenn er das selber bearbeitet hätte.

Kurz gesagt: Die Verbindung bzw. Vernetzung von Computern und Peripheriegeräten dient der direkten Übermittlung von Daten sowie dem Zugriff auf andere Rechner und Geräte.

Das Verbinden von Computern klingt einfacher, als es ist. Damit eine Netzwerkverbindung funktioniert, müssen mehrere Voraussetzungen erfüllt sein. Wir wollen uns das am Beispiel der beiden Computer A und B klarmachen.

Zunächst veranschaulichen wir uns das wieder im Bild der Konferenzzentren. Es geht darum, Akten zwischen den Zentren A und B hin- und herzuschicken. Dazu braucht man eine Straße und einen Botendienst. Wäre die Verbindung zwischen A und B eine Einbahnstraße, dann könnten die Informationen immer nur in eine Richtung geschickt werden; in der Nachrichtentechnik nennt man das Simplex-Betrieb. Er hat für Computernetzwerke praktisch keine Bedeutung. Wandern die Akten abwechselnd in die eine oder die andere Richtung, dann spricht man von einem Halbduplex-Betrieb. Funktioniert der Kurierdienst gleichzeitig in beide Richtungen, dann haben wir einen Vollduplex-Betrieb. In jedem Konferenzzentrum muss es nun aber auch eine Stelle geben, wo die zu verschickenden Daten verpackt und so beschriftet werden, dass der Kurier weiß, wohin sie geliefert werden sollen. Bei größeren Informationsmengen werden die Akten auf mehrere Pakete verteilt, damit der Bote sie noch tragen kann. Die Versandstellen sind zugleich Empfangsstellen, die Aktenpakete annehmen und auspacken. Dabei wird auch geprüft, ob sie unbeschädigt geblieben sind, und ihr Empfang wird quittiert. Der Bote bringt die Quittung zurück zum Absender.

Foto: MobiusDaXter / Wikimedia Commons

Netzwerkverbindungen sind Paketdienste.

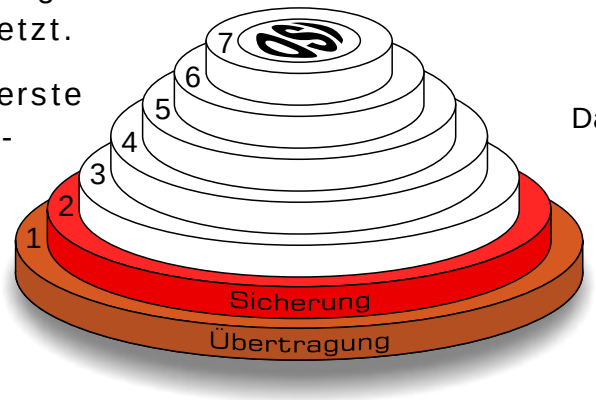
Nun übertragen wir das Bild auf die Computer-Wirklichkeit. In der Netzwerk-Sprache heißen die Computer A und B Netzknoten (engl. Nodes). Die Straße zwischen ihnen ist die Netzwerkverbindung. Bei verkabelten Büro- oder Heimnetzwerken besteht sie aus sog. LAN-Kabeln mit vier Paaren von Kupferadern. Die „Versand- und Empfangsstellen“, an denen die Kabelenden angeschlossen sind, heißen Netzwerkadapter oder Netzwerkkarten. Wie Sound- und Grafikkarten kann man sie als Peripheriegeräte bezeichnen. Sie sorgen dafür, dass die vom Computer ausgegebenen Daten in genormte versandfertige Datenpakete „verpackt“ und losgeschickt werden; ebenso können sie genormte Datenpakete von anderen Netzknoten empfangen, prüfen, quittieren und als Datenstrom in den Computer weiterleiten.

Als Norm für lokale Netze hat sich der Ethernet-Standard durchgesetzt und inzwischen zu einem ganzen Paket von Normen gemausert, die teilweise auch auf große Netze angewendet werden. Mit Ethernet sind heute Übertragungsgeschwindigkeiten von mehreren Milliarden Bit pro Sekunde möglich. Die Datenpakete, die dabei verschickt werden, sind zwischen 64 und 1522 Byte groß. Man nennt sie Frames. Es handelt sich dabei um Bit-Ketten mit Steuerdaten am Anfang. Dieses Präfix (engl. Header) enthält Absender (Quell-Adresse) und Empfänger (Ziel-Adresse) des Datenpakets in codierter Form sowie eine Prüfsumme. Diese Zahl gibt an, wieviele Einsen die gesammelten Binärzahlen des Pakets enthalten. Beim Empfang berechnet der Zielrechner die Prüfsumme neu, vergleicht das Ergebnis mit der übermittelten Prüfsumme und quittiert dem Quellrechner die Übereinstimmung. Wenn die Quittung ausbleibt, muss das Datenpaket noch einmal versendet werden, denn es ist dann unterwegs etwas verlorengegangen oder beschädigt worden.

Wir merken: Für eine fehlerfreie Datenübertragung sind eine ganze Menge Vereinbarungen nötig. In der Netzwerktechnik heißen die entsprechenden Normen Protokolle. Es gibt sogar eine internationale Norm dafür, wie diese Normen grundsätzlich aufeinander aufbauen: das OSI-Schichtenmodell. Es unterscheidet sieben Schichten von Protokollarten für Netzwerkverbindungen, wobei jede höhere Schicht den reibungslos funktionierenden Betrieb der darunter liegenden Schichten voraussetzt.

Die erste bzw. unterste Schicht heißt Übertragungsschicht. Hier geht es um die physikalische Übertragungstechnik, also die Verbindung per Stromkabel oder Lichtleiter (Glasfaser). Die entsprechenden Ethernet-Normen legen fest, mit was für Signalen die Bits übertragen werden sollen – die grundlegende Voraussetzung dafür, dass überhaupt Datenströme fließen können.

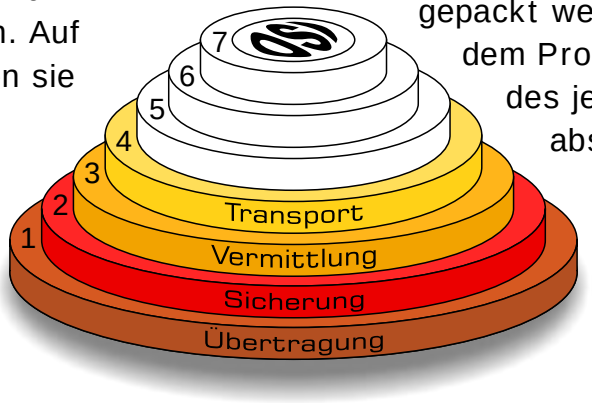
Die zweite Schicht nennt man Sicherungsschicht. Die entsprechenden Ethernet-Normen legen fest, wie die Frame-Pakete aufgebaut sein müssen und wie mithilfe ihrer Präfixe die korrekte Datenübertragung zwischen Quellcomputer und Zielcomputer sichergestellt werden kann.



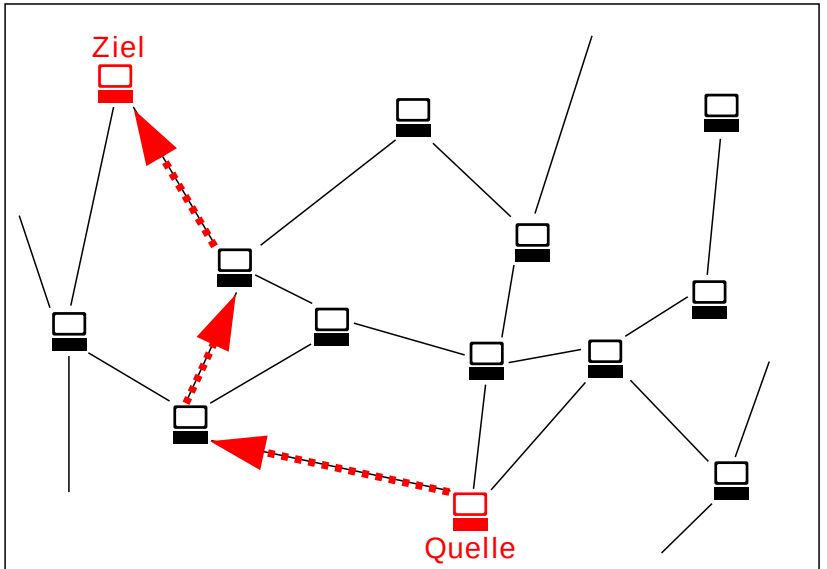
Das Sieben-Schichten-Modell macht die Voraussetzungen für eine erfolgreiche digitale Datenübertragung deutlich.

Die meisten Netzwerke bestehen aus mehr als nur zwei „Knoten“ bzw. Computern. Da kommen die nächsten Schichten ins Bild: Es ist die Aufgabe der dritten und vierten Protokollschicht dafür zu sorgen, dass Datenpakete automatisch sicher an ihr Ziel kommen.

In lokalen Netzwerken ist das ganz einfach so gelöst, dass sämtliche Knoten alle Datenpakete geschickt bekommen und dann selbst herausfinden müssen, welche für sie bestimmt sind. In umfangreicheren Netzen sorgt die dritte Schicht, die Vermittlungsschicht, dafür, dass die Datenpakete den schnellsten Weg vom Quellcomputer zum Zielcomputer finden. Auf diesem Weg müssen sie oft viele weitere Netzknoten bzw. Zwischenstationen passieren. Was in der Vermittlungsschicht geschieht, nennt man Routing. Es funktioniert im Prinzip ebenso wie ein Navi im Auto, das mithilfe digitaler Karten und aktueller Verkehrsinformationen automatisch die schnellste Route zwischen Start und Ziel berechnet; Kreuzungen und Weggabelungen entsprechen dabei den Netzknoten. Unterwegs müssen unter Umständen große Datenpakete in kleinere umgepackt werden, damit sie dem Protokoll-Standard des jeweiligen Streckenabschnitts entsprechen.



Die vierte Protokollschicht, die sog. Transportschicht, überwacht den Weg einer Datensendung und meldet die Ankunft jedes Pakets an den Quellcomputer zurück. Sollte die Erfolgsmeldung nach Ablauf einer bestimmten Frist ausbleiben, schickt der Quellcomputer das entsprechende Datenpaket noch einmal los – in der Hoffnung, dass es seinen Weg nun besser findet.



Beim Routing geht es darum, Datenpakete möglichst schnell und sicher über diverse Netzknoten vom Quellcomputer zum Zielcomputer zu befördern.

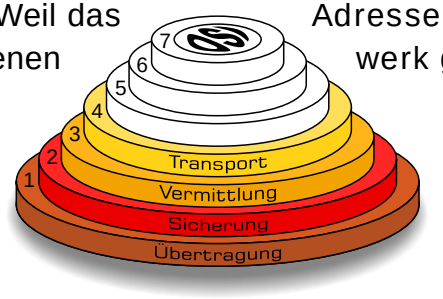
Für die dritte Schicht hat sich der IP-Standard weltweit durchgesetzt (Internet Protocol), für die vierte Schicht der TCP-Standard (Transmission Control Protocol). In ihrer Kombination als TCP/IP bilden beide eine übergeordnete Norm für fast alle Computernetzwerke der Welt, angefangen vom kleinen Heimnetzwerk bis hin zum Internet. Die Datenpakete heißen bei den TCP/IP-Protokollen Datagramme und sind maximal 64 Kilobyte groß.

In einem Netz mit TCP/IP-Standard bekommt jeder Netzknoten eine eigene IP-Adresse. Im IPv4-Protokoll besteht sie aus 32 Bits bzw. vier Bytes. So eine IP-Adresse wird üblicherweise mit vier durch Punkte getrennte Dezimalzahlen zwischen 0 und 255 dargestellt. Weil das Internet in den vergangenen Jahren über alle Erwartungen gewachsen ist und auch viele Nicht-Computer wie z. B. Haushaltsgegenstände als Netzknoten berücksichtigen soll, hat man das IPv6-Protokoll eingeführt: Hier hat jede IP-Adresse 128 Bits beziehungsweise 16 Bytes. Sie werden durch acht vierstellige Hexadezimalzahlen mit Doppelpunkten als Trennzeichen dargestellt. Rein rechnerisch stehen damit so viele verschiedene IP-Adressen zur Verfügung, dass man jedem Kubikmillimeter des Erdballs 600 Millionen IP-Adressen zuweisen könnte!

Jede IP-Adresse besteht aus zwei Teilen. Der erste Teil, das Präfix, bezeichnet einen bestimmten Bereich des Netzes, Subnetz genannt; der zweite Teil identifiziert den Netzknoten innerhalb des Subnetzes. Das lässt sich mit einer Post-Adresse vergleichen: Das Netzwerk gleicht einer Stadt, das Subnetz einer Straße in dieser Stadt und die Netzknotennummer einer Hausnummer in dieser Straße.

Viele kleinere Netze sind so aufgebaut, dass IP-Adressen immer nur für einen bestimmten Zeitraum an diejenigen Geräte vergeben werden, die gerade im Netz aktiv sind. Es ist ungefähr so, wie wenn die Menschen einer Stadt ständig neue Hausnummern zugewiesen bekämen. Das Verfahren heißt DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) und wird von einem zentralen Netzknoten aus für das ganze Netz gesteuert.

Außer der veränderlichen IP-Adresse hat jeder Netzknoten noch eine unveränderliche MAC-Adresse sowie häufig auch einen frei wählbaren Namen.



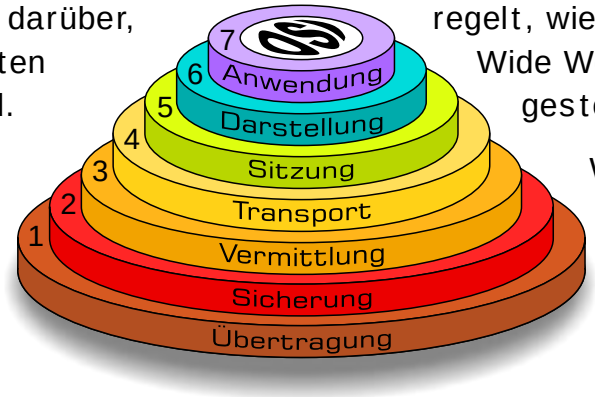
Beispiel für eine Netzknoten-Adresse im IPv4-Protokoll:

1 9 2 . 1 6 8 . 0 . 8

Subnetz = „Straße“ „Haus-Nr.“

Die fünfte Schicht des OSI-Modells heißt Sitzungsschicht. Die entsprechenden Protokolle sorgen dafür, dass eine Verbindung zwischen zwei oder mehr Computern aufgebaut wird. Den Aufbau einer Verbindung nennt man Einloggen (engl. Login), das Beenden Ausloggen (engl. Logout). In der Zeit dazwischen, der sog. Sitzung (engl. Session), können die Datenpakete hin- und herwandern. Auf dieser Ebene einigen sich die beteiligten Computer auch, ob sie im Halb- oder Vollduplex-Betrieb Daten austauschen wollen.

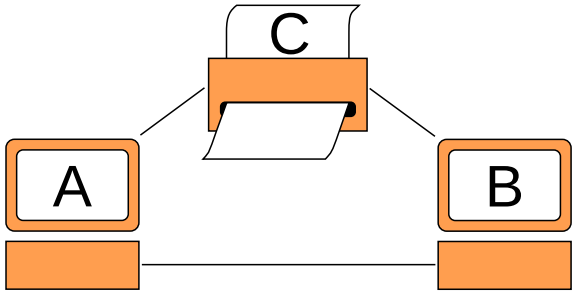
Die sechste Schicht heißt Darstellungsschicht. Hier verständigen sich die Computer darüber, wie die übermittelten Daten codiert sind. Wenn es sich zum Beispiel um Text handelt, muss klar sein, welche Bytes welche Zeichen darstellen. Auf dieser Ebene können Daten vom Quellcomputer komprimiert und vom Zielcomputer nach demselben Verfahren wieder entpackt werden. Und es können hier Verschlüsselungen angewendet werden, damit unterwegs niemand erkennt, was in den Datenpaketen drinsteckt.



Die siebente und oberste Schicht ist die Anwendungsschicht. Die entsprechenden Protokolle regeln, mit was für Programmen die Daten im Zielcomputer dargestellt bzw. weiterverarbeitet werden können. Das berühmteste Protokoll der siebenten Schicht ist das Hyertext Transfer Protocol, kurz HTTP. Es regelt, wie Daten des World Wide Web (WWW) dargestellt werden.

Wenn Daten nicht aktiv von A nach B geschickt werden, sondern wenn B von sich aus auf A zugreifen will, dann muss außer der Übereinstimmung der Protokolle noch eine weitere Voraussetzung erfüllt sein: Computer A und alle für den Austausch bestimmten Dateien müssen vom Nutzer für das Netzwerk freigegeben werden. Daten können auch eingeschränkt freigegeben werden, sodass man sie von außen nur einsehen und nicht ändern kann.

Nicht nur Computer, auch andere Geräte können in ein Netzwerk eingebunden sein, zum Beispiel Drucker oder externe Speicher. Jedes dieser Geräte bekommt dann seine eigene IP-Adresse und kann direkt mit jedem anderen Gerät im Netz Daten austauschen.



Wir sind bis jetzt davon ausgegangen, dass die Datenkuriere auf den „Straßen“ der Netzwerkkabel entlangsausen. Es geht aber auch kabellos, ohne „Straßen“: Die Daten werden dann per „Luftpost“ zugestellt. Örtlich begrenzte Netzwerke, die nach diesem Prinzip arbeiten, nennt man WLAN-Netze (das W steht für „wireless“, „kabellos“).

Das Ganze funktioniert so: Jedes angeschlossene „Konferenzzentrum“ hat hinter seiner Versandabteilung einen Start- und Landeplatz für Kurierflugzeuge. Außerdem gibt es einen Zentralflughafen, wo die Datenpakete für den Bestimmungsort umgeladen werden. Ohne Bild: Der Ausgang jeder Netzwerkkarte ist an ein spezielles Funkgerät angeschlossen – z. B. an einen sog. WLAN-Stick. In vielen Computern ist dieses Gerät bereits eingebaut. Außerdem gibt es ein „Zentralflughafen“-Gerät genannt Access Point. Dieser Netzknoten steht per Funk in Verbindung mit allen Geräten, die sich beim Netzwerk drahtlos angemeldet haben. Meistens hat das Teil auch „Straßenanschluss“: Zusätzliche Geräte können über LAN-Kabel in das Netz eingebunden werden. Einen weiteren Access Point zur Vergrößerung der Reichweite nennt man Repeater.

Kleiner Trompeter (Dresden), Plastik von Ch. Sommer-Landgraf

Nun werden bei einem WLAN-Netz ja nicht wirklich Datenpakete zielstrebig von einem Punkt zum andern geflogen. In Wahrheit werden die Daten als Funksignale ins gesamte Umfeld ausgestrahlt, sodass man sie im Umkreis von mehreren hundert Metern empfangen kann. Es ist eher so, wie wenn Trompeter bestimmte Signale blasen: Die Empfangsstation muss die Ohren spitzen, damit sie aus der Tonhöhe und dem Rhythmus des Signals heraushört, ob es für sie bestimmt ist. WLAN-Netze stellen somit hohe Anforderungen an die Protokolle der ersten und zweiten Schicht. In dicht besiedelten Gebieten kann es passieren, dass viele WLAN-Netze durcheinandertrompeten und die Verbindung abbricht.

Ein weiteres Problem: Unbefugte können mithören, was ich über mein WLAN-Netz in der Gegend herumtrompete. Wenn ein Spaziergänger an einem Haus mit WLAN vorbeikommt und ein passendes Gerät bei sich hat, kann er mit dem Netz in Verbindung treten. Das ist meistens unerwünscht, darum werden die Daten in WLAN-Netzen normalerweise verschlüsselt. Um am Netz teilnehmen zu können, muss man ihm erst einen bestimmten „Ausweis“ zeigen, den sogenannten Netzwerkschlüssel. Der besteht aus einer Zeichenkette, mit der man sich wie mit einem Passwort anmeldet.

Neben Kupferdrähten und Funkwellen gibt es eine dritte Art von Datenwegen für Netzwerke: die Lichtwellenleiter oder Glasfaserkabel. Hierfür werden die elektrischen Impulse des Computers mithilfe eines Lasers in Lichtimpulse umgewandelt. Die Lichtwellen fließen durch haardünne Glasfäden wie durch Schläuche. Am anderen Ende wird das Licht wieder in elektrische Bits zurückverwandelt. Diese Prozedur ist zwar technisch aufwändig, aber es lassen sich damit große Mengen von Daten verschicken, auch über weite Entfernungen hinweg.

Moderne Glasfaserkabel arbeiten im Terabit-Bereich, können also über eine Billionen Bits pro Sekunde übertragen – auf einem einzigen Leiter! Wir haben es hier mit einer regelrechten „Datenautobahn“ zu tun, die auch mit extrem hohem Verkehrsaufkommen locker fertig wird. Solche Kabel bilden das Rückgrat großer Netze. Für das weltweite Internet sind Seekabel mit mehren parallelen Glasfasern verlegt worden, die Netzknoten über Entfernungen von Tausenden von Kilometern verbinden und nicht viel dicker sind als ein Gartenschlauch.

Foto: Foeck / Wikimedia Commons

Ein Glasfaserkabel wird verlegt.

Wir haben damit den Mikrokosmos der Local Area Networks (LAN) verlassen und den Makrokosmos der Wide Area Networks (WAN) betreten. Solche Netzwerke können ganze Länder und Kontinente verbinden. Als Netzknoten fungieren dabei nicht einzelne Rechner, sondern kleinere Netzwerke. Diese erhalten im größeren Netzwerk eine eigene IP-Adresse und empfangen Daten zur lokalen Weiterverteilung.

Wir haben vorhin IP-Adressen mit Straßen und Hausnummern verglichen und das dazugehörige Netz mit einer Stadt. In jeder Stadt gibt es ein besonderes Gebäude, das man früher als Postamt bezeichnete, heutzutage aber „Briefzentrum“ nennt. Hier landet die gesamte Post der Stadt. In der Computersprache heißt so ein Briefzentrum Router. Dieses Gerät kann von einem WAN angesteuert werden und bildet die Verbindung zum kleineren Netz. Auf diese Weise ist ein riesiger weltweiter Netzverbund entstanden – das Internet!

Das Internet wird nicht von einer einzelnen Firma oder von einer internationalen Behörde betrieben, sondern von unabhängigen Betreibern vieler verschiedener Netze. Sie müssen sich lediglich an die allgemein gültigen Protokolle und Richtlinien halten, um am Internet teilnehmen zu dürfen.

Eine ganz wichtige Übereinkunft ist dabei die Art und Weise, wie die Datenpakete adressiert werden. Dafür hat jeder Netzknoten seine eigene IP-Adresse. Außerdem ist das Internet in Bereiche (engl. Domains) eingeteilt. Diese Einteilung ist nicht zwangsläufig an eine räumliche bzw. geografische Gliederung gebunden. Auf der obersten Gliederungsebene unterscheidet man mehrere sog. Top-Level-Domains (TLD). Sie werden mit Kürzeln benannt, denen bei ganz korrekter Schreibweise jeweils ein Punkt folgen müsste. Die TLD für den Bereich deutscher Domains lautet „de.“, die weltweite TLD für den Bereich kommerzieller Domains lautet „com.“, die TLD für den Bereich großer Organisationen lautet „org.“. Länder-TLDs bestehen immer aus zwei Buchstaben, sonstige TLDs aus drei und mehr Buchstaben. In jeder TLD gibt es viele Domains, die jeweils in Unterbereiche (Subdomains) gegliedert sein können. Ihre Namen stehen links von der TLD und enden jeweils mit einem Punkt. Nehmen wir z. B. die Domain „landtag.brandenburg.de“: Es handelt sich um die Subdomain „landtag“ in der Domain „brandenburg“ auf der deutschen Top-Level-Domain „de“.

Jeder Domain ist eindeutig eine bestimmte IP-Adresse zugeordnet, die zum entsprechenden lokalen Netzwerk oder Computer führt. Häufig verwalten große Computer auch mehrere Domains, die über jeweils eigene IP-Adressen angesteuert werden.

Über die ordnungsgemäße Vergabe von IP-Adressen und TLDs wacht die IANA (Internet Assigned Numbers Authority); für die Domain-Namen sind verschiedene Organisationen auf der TLD-Ebene zuständig. Damit ein Datenpaket zur richtigen IP-Adresse findet, gibt es das Domain Name System (DNS). Dabei handelt es sich um ein ständig aktualisiertes Verzeichnis von vergebenen Domain-Namen und den zugehörigen IP-Adressen. Man kann das DNS als „Telefonbuch“ des Internets bezeichnen, wobei die Domain-Namen den Teilnehmernamen entsprechen und die IP-Adressen den Rufnummern. Dieses Verzeichnis ist auf Tausenden von Rechnern im gesamten Internet vorhanden und trägt entscheidend dazu bei, dass Datenpakete automatisch ihren Weg zum richtigen Zielcomputer finden.

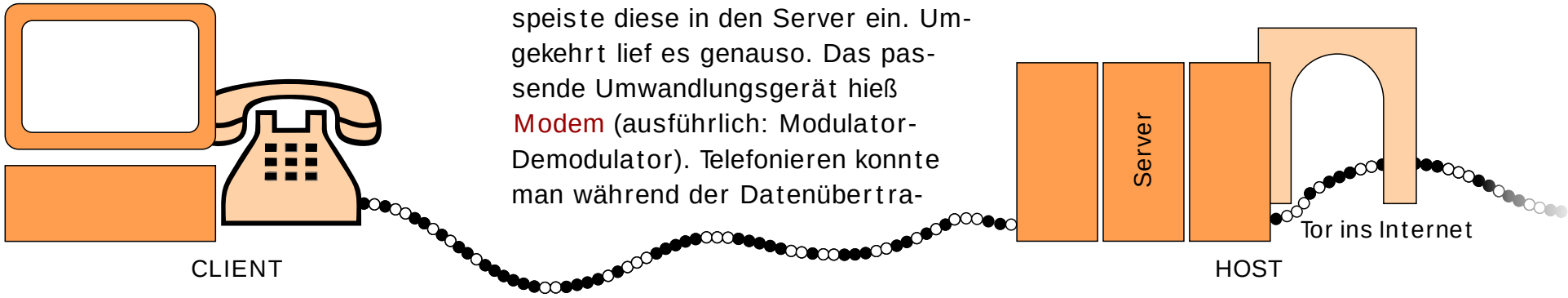
Foto: NASA

Ein Privatmensch sieht sich mit seinem Heimcomputer (PC) oder Heimnetz dem gigantischen Internet gegenüber und möchte mit ihm in Verbindung treten. Dazu braucht er einen Vertrag mit einer Firma oder einer Institution, die ihm gewissermaßen ein Tor ins Internet öffnet – das ist der Internetdienstanbieter (engl. Internet Service Provider). Dieser besitzt eine große Computeranlage, die einen permanenten Netzknoten im Internet darstellt und viele Domains verwaltet. Zugleich dient dieser Rechner als Router für alle angeschlossenen kleinen Rechner und Netzwerke, die sog. Clients. Der Rechner des Providers wird Server oder Host genannt.

Wenn ein Client selbst ein (lokales) Netzwerk besitzt, braucht auch dieses seinen Router. Bei WLAN-Netzen sind Router und Access Point oft in einem Gerät vereinigt.

Weil der Host-Server normalerweise nicht im selben Haus steht wie die Geräte der Clients, benötigt man Datenstraßen zu ihm hin. In der „Steinzeit“ des Internets nahm man dafür normale Telefonleitungen. Die (digitalen) Datenpakete, die aus der Netwerkkarte des PCs sprudelten, wurden zu (analogen) Tonfrequenzen „moduliert“ und als Töne zum Telefonanschluss des Providers übertragen. Dieser „demodulierte“ die Töne wieder, verwandelte sie also in digitale Daten zurück, und speiste diese in den Server ein. Umgekehrt lief es genauso. Das passende Umwandlungsgerät hieß Modem (ausführlich: Modulator-Demodulator). Telefonieren konnte man während der Datenübertragung nicht, es sei denn, man besaß eine zweite Telefonleitung. Übrigens funktionieren alte Faxgeräte nach demselben Prinzip, deshalb kann man sie im Telefonhörer pfeifen und zwitschern hören.

Inzwischen hat sich digitale Übertragungstechnik auch im Telefonnetz weitgehen durchgesetzt, deshalb können sich Clients jetzt ohne Modulation mit ihrem Host verbinden. Mit dem DSL-Standard funktioniert das sogar über die guten alten Telefondrähte. An die alten Zeiten erinnert lediglich der Name „Modem“ für das Anschlussgerät zur Datenfernübertragung (DFÜ) – obwohl jetzt eigentlich nichts mehr moduliert und demoduliert werden muss.



Was für Daten werden denn nun über das Internet ausgetauscht? Häufig sind es elektronische Briefe genannt E-Mails. Jedes Jahr werden weltweit rund 500 Milliarden Stück über das Internet verschickt.

Grundsätzlich sind E-Mails reine Textdateien. Bilder, Filme und Daten aller Art können zwar auch per E-Mail verschickt werden, müssen dafür aber nach vereinbarten Regeln als Datei-Anhänge dem Mailtext angefügt werden. Außer dem codierten Text enthält jede E-Mail einen Kopf, in dem Quellcomputer, Zielcomputer, Übertragungsweg und andere technische Informationen ihren Platz haben.

Um E-Mails empfangen zu können, braucht man außer der Verbindung zum Internet noch ein sog. Konto. Das kann man sich bei irgendeinem Service Provider einrichten lassen; es muss nicht unbedingt derjenige sein, der einem auch Zugang ins Internet gewährt. Unter einem unverwechselbaren Namen wird dann Speicherplatz in einer bestimmten Domain bereitgestellt. Ein Benutzername und der Domainname hängen mit jenem berühmten Zeichen aneinander, das man At-Zeichen oder auch „Klammeraffe“ nennt: @. Die vollständige E-Mail-Adresse sieht dann prinzipiell so aus: benutzername@maildomain.de.

Foto: PeeF / pixelio

So wie bei der Post Papierbriefe in Postfächern zur Abholung bereitliegen, so liegen E-Mails auf Servern zum Download bereit.

Groß- und Kleinschreibung spielen keine Rolle. Ein Konto ist also gewissermaßen ein elektronisches Postfach in einer bestimmten Domain.

Wenn jemand eine E-Mail senden will, schreibt er sie auf seinem Computer, versieht sie mit der E-Mail-Adresse des Empfängers und lädt den Datensatz zu seinem Host hoch. Von dort wird sie über das Internet automatisch an das E-Postfach der Zieladresse weitergeleitet. Obwohl die Reise durch viele Netze und über viele Zwischencomputer gehen kann, dauert sie normalerweise nur wenige Sekunden. Wenn der Empfänger nun in „seinem“ E-Mail-Postfach nachschaut, findet er dort die Mail und kann sie auf seinen Computer herunterladen.

Eine E-Mail kann auch als Rundbrief an Gruppen von Adressaten geschickt werden. Unerwünschte E-Mails, z. B. nicht erbetene Werbung, bezeichnet man als SPAM.

Die größte Bedeutung hat das Internet in seiner Funktion als World Wide Web (WWW). Dieser Dienst wird mittlerweile so stark genutzt, dass viele das Web mit dem Internet gleichsetzen; aber es handelt sich eigentlich nur um eine bestimmte Art von Nutzung.

Vergleichen wir das WWW mit einer riesigen Bibliothek! In vielen Räumen stehen die unterschiedlichsten Bücher und Broschüren in den Regalen, ganz dünne Heftchen und auch dicke Wälzer – zu allen erdenklichen Themen und Sachgebieten. Die meisten Werke kann jeder Nutzer uneingeschränkt und kostenlos einsehen, aber für manche braucht er eine Berechtigung und für manche muss er bezahlen. Die „Räume“, in denen die Werke stehen, sind in Wirklichkeit die Netzknoten im Internet, die Server. Das einzelne „Buch“ nennt man Website.

Alle Websites werden grundsätzlich nach einer einheitlichen Norm über tragen, dem Hypertext Transfer Protocol (HTTP). So ist es möglich, sie auf jedem beliebigen Rechner mit einer passenden Betrachtungs-Software genannt Browser darzustellen. Wenn der Datenverkehr verschlüsselt abläuft, spricht man von einer sicheren Verbindung; das entsprechende Protokoll heißt dann HTTPS.

Nehmen wir an, jemand will die Website des Deutschen Bundestags betrachten. Dazu muss er zunächst das Browser-Programm öffnen, das auf seinem Computer installiert ist. Dann kann er in der Adresszeile des Browsers angeben, wie die Website heißt, die er sehen will, z. B.:

www.bundestag.de

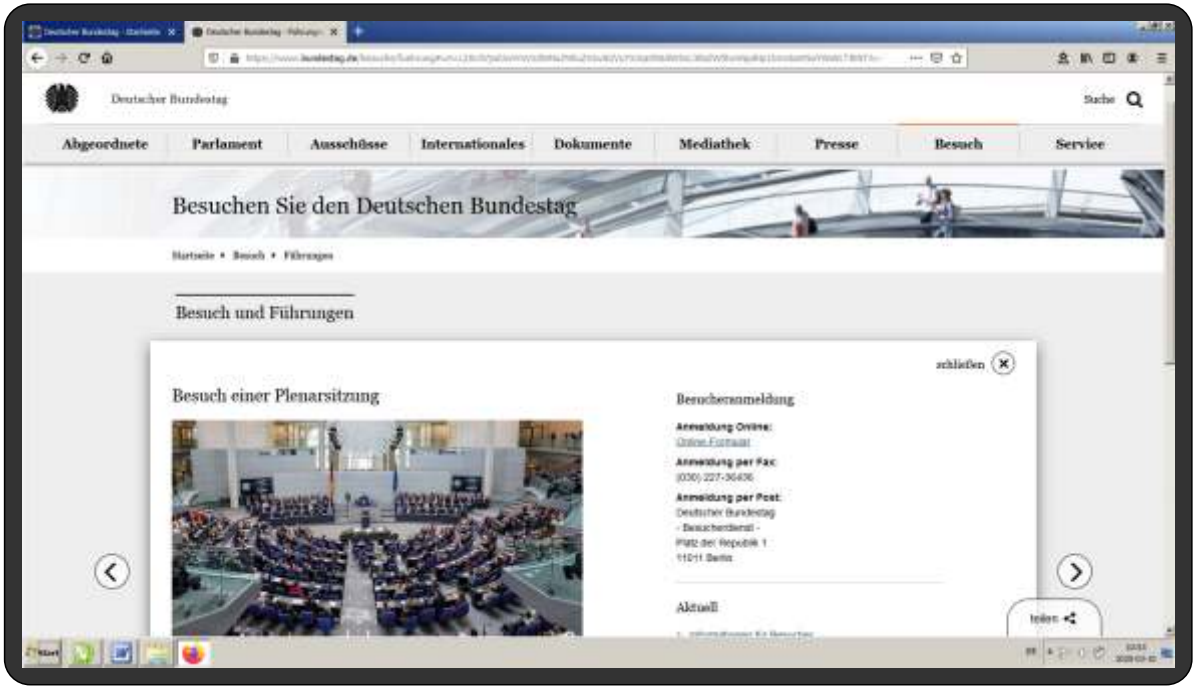
(damit ist der Bereich in der Bundestags-Domain gemeint, der im World Wide Web zugänglich ist). Der Browser ergänzt den Eintrag zur vollständigen Suchadresse https://www.bundestag.de. Wir sehen: die vollständige Adresse enthält auch das verwendete Protokoll. Der Fachmann nennt die korrekte Adresse Uniform Resource Locator (URL). Dann sucht der Browser sich die dazugehörige IP-Adresse und schickt ein Anforderungs-Datenpaket ins Internet. Der Bundestags-Server (oder wo auch immer die Website-Daten bereit liegen) reagiert darauf, und die Startseite von www.bundestag.de wird an den Quellcomputer der Anfrage geschickt. Das alles geht so schnell, dass der Nutzer am Browser schon wenige Sekunden nach der Adresseingabe die gewünschte Homepage vor sich sieht.

Vergleichen wir das WWW noch einmal mit einer Bibliothek. Das einzelne „Buch“ heißt engl. Website, auf deutsch Internetauftritt. Die Übersetzung „Webseite“ ist irreführend, weil es sich meistens nicht nur um eine einzelne Seite, sondern um ein mehrseitiges digitales Dokument handelt.

Als Homepage bezeichnet man die Start- oder „Titel-“seite eines angeforderten Website-“Buchs“. Alle weiteren Seiten können mit jeweils eigenen Adressen angefordert werden. Klassische „statische“ Seiten haben die Datei-Erweiterung „.html“. HTML meint Hypertext Markup Language und bezeichnet die übliche Codierung für Text und Aufbau einer Seite im World Wide Web. HTML kann zum Beispiel eine Webseite in Absätze oder Tabellen gliedern, Überschriften kennzeichnen sowie Bereiche definieren, in denen Bilder oder andere Medien eingefügt werden sollen. Diese Medien kommen dann in anderen Dateien, die zusammen mit der Webseite übermittelt werden.

Hinter größeren modernen Websites stecken meistens komplexe Datenbanken, aus denen die Seiten nach den Besucherwünschen automatisch „dynamisch“ aufgebaut werden.

In modernen Browsern ist meistens auch die passende Software enthalten, um Filme und Hördateien wiederzugeben.



Der Browser stellt eine dynamisch erzeugte Webseite des Internetauftritts des Deutschen Bundestags dar. Die Adresse der Seite lautet: https://www.bundestag.de/besuche/fuehrung#url=L2Jlc3VjaGUvYmVzdWNoZWluZXJwbGVuYXJzaXR6dW5nL3BsZW5hcnNpdHp1bmctaW5oYWx0LTI0NTAwMA==&mod=mod454680

Einer der Hauptvorzüge des WWW besteht darin, dass man sehr leicht von Seite zu Seite „springen“ kann, auch ohne jeweils umständlich die Adresse der angeforderten Seite einzugeben. Das Zauberwort dafür heißt Hyperlink. Ein Hyperlink, kurz Link, ist ein sensibler Textteil oder eine andere sensible Stelle auf einer Webseite. Wenn man so eine sensible Stelle mit der Maus anklickt oder sonstwie aktiviert, dann wird sogleich eine neue Webseite heruntergeladen und geöffnet, deren Adresse mit der sensiblen Stelle verknüpft ist. Wer zum Beispiel eine Homepage aufruft, findet auf ihr meistens eine Reihe von Links, die zu Unterabschnitten und Einzelseiten desselben Internetauftritts führen. Ebenso können Links zu ganz anderen Websites führen, oder aber auch zu bestimmten Stellen auf derselben Seite.

Schließlich machen Links den Einsatz sog. Suchmaschinen möglich. Es handelt sich dabei um Websites,

Die am häufigsten aufgerufene Seite im WWW ist die Startseite der Suchmaschine

Google

die für alle Arten von Stichwörtern Linklisten zur Verfügung stellen. Die Links führen zu Webseiten, die von dem betreffenden Stichwort handeln oder auf denen es zumindest vorkommt. Die bekannteste dieser Suchmaschinen heißt Google. Wenn jemand bei Google nachschaut, was das Internet alles zu einem bestimmten Namen oder Begriff zu bieten hat, nennt man das googeln.

Suchmaschinen werden größtenteils von Wirtschaftsunternehmen betrieben, die sich aus Werbeeinnahmen finanzieren. Sie halten ihre Linklisten auf dem Laufenden, indem sie spezielle Computerprogramme systematisch das gesamte Web nach Stichwörtern durchkämmen lassen.

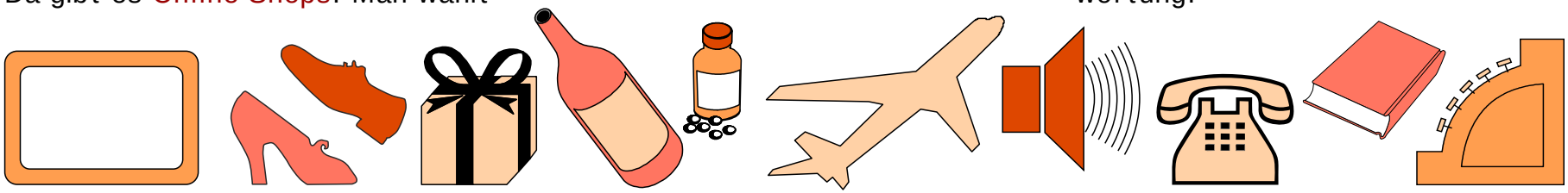
Das World Wide Web hat aber noch mehr Vorzüge zu bieten: Der gesamte weltweite Bestand von mehreren Milliarden Seiten kann von jedem Computer aus eingesehen werden, der einen Zugang zum Internet hat. Viele Informationen werden ständig aktualisiert und stehen dann auch sogleich zur Verfügung. Aus diesem Grund gibt die Deutsche Bahn kein gedrucktes Kursbuch mehr heraus, und manche großen Enzyklopädien haben ihr Erscheinen eingestellt.

Weitere Vorteile: Internetseiten können nicht nur Texte und starre Bilder darstellen, sondern auch Töne und Videoclips. Und die Verlinkung erspart ein umständliches Blättern und Suchen in alphabetischen Registern. Alle Browser bieten außerdem die Möglichkeit, jede beliebige Seite mit einem Lesezeichen zu markieren. Das geschieht, wenn man einen entsprechenden Link in eine Favoritenliste einträgt.

Webseiten können auch interaktiv sein. Das bedeutet: Der Nutzer kann etwas verändern oder ausfüllen. Zum Beispiel kann er den Inhalt einer Webseite filtern – wenn er etwa nicht alle Filme genannt bekommen möchte, die in dieser Woche in Berliner Kinos laufen, sondern nur die Action-Filme. Er kann seinen Namen und seine Adresse über eine Formular-Funktion an den Server der betreffenden Domain zurückmelden, um irgendetwas zugeschickt zu bekommen. Oder er kann sich nach Eintragung eines bestimmten Geldbetrags den Gegenwert in einer anderen Währung nach aktuellem Wechselkurs ausrechen lassen.

Vor allem die Interaktivität hat in vielfältiger Weise zur Beliebtheit des World Wide Web beigetragen. Da gibt es Online-Shops: Man wählt Produkte von Webseiten aus, die ähnlich wie Prospekte gestaltet sind, und kann diese Produkte dann auch gleich übers Internet bestellen. Per Online-Banking kann man Überweisungen tätigen und sich Kontoauszüge anschauen. Man kann Reisen buchen, Antiquitäten versteigern oder ehemalige Klassenkameraden wiederfinden. In sog. sozialen Netzwerken präsentiert man sich in Bild und Text, tauscht Informationen oder Meinungen aus. Man kann auf diesem Weg neue Freunde finden, mit Freunden über weite Entfernungen hinweg Kontakt halten oder Netzfreundschaften auch wieder aufkündigen. Viele Menschen lesen Zeitung, hören Radio oder sehen fern über das World Wide Web. Man kann sich Computerprogramme auf den eigenen Rechner herunterladen, viele davon kostenlos. Speziell für mobile Kleincomputer und Smartphones gibt es da unzählige Apps für spezielle Anwendungen. Leider gibt es sogar ein illegales Netzwerk für Kriminelle im Internet, das sog. Darknet.

In Zukunft werden sich nicht nur Menschen, sondern vermehrt auch Computerprogramme und Geräte selbständig über das Internet vernetzen. Da kann dann z. B. eine Werkzeugmaschine von allein neues Material beim Zulieferer bestellen, und eine Buchhaltungs- und Bank-Software sorgt selbständig für die Bezahlung. Es gibt viele weitere Beispiele für sog. Künstliche Intelligenz. Die Menschen, die solche Systeme einrichten und kontrollieren, tragen allerdings eine hohe Verantwortung.



Eigentlich haben wir damit die Grenzen des herkömmlichen World Wide Web schon überschritten. Vieles von dem Datenverkehr, der im Internet läuft, geht über die Funktion traditioneller Webseiten hinaus.

Wer z. B. an seinem Computer ein Mikrofon, eine kleine Kamera und entsprechende Software installiert hat, der kann über das Internet weltweit telefonieren und dabei den Gesprächspartner sogar sehen. Anstelle von Texten werden dann einfach digitale Bilder und Töne als Datenpakete durchs Netz geschickt.

Zunehmend werden die Server des Internets auch als universelle Datenspeicher genutzt. Da hat man dann zum Beispiel sein virtuelles Fotoalbum irgendwo im Netz unter einer bestimmten Adresse. Auf diese Datenbestände kann man von überall her zugreifen, wo man gerade Zugang zum Internet hat. Oder man schickt Freunden Links zu bestimmten Daten; oder man veranlasst, dass mehrere Computer an verschiedenen Orten automatisch ihre Dateien mit den neusten Daten aus dem Netz abgleichen. Das Ganze nennt sich Cloud Computing, Datenspeicherung in der „Wolke“, nämlich in irgendwelchen unbekannten Netzknoten.

Man muss kein Hellseher sein um vorauszusagen, dass nach und nach alle technischen Kommunikationswege mit dem Internet verschmelzen werden: schriftliche Mitteilungen, Telefon, Radio, Fernsehen, Geldverkehr und was es sonst noch gibt.

Persönlich gefällt mir am besten, dass das Internet so eine Art Prof. Dr. Allwissend ist. Die große Online-Enzyklopädie Wikipedia ist dabei nur eine von vielen Informationsquellen. Es gibt wohl kaum eine Frage, auf die das Internet keine Antwort hat, und kaum ein Thema, zu dem ich nicht einen Text, ein Bild oder ein Video finde. Natürlich kann das WWW auch mal eine falsche Antwort geben – da muss man auf der Hut sein. Die Informationen, die im Web stehen, werden von keiner Redaktion geprüft oder gefiltert; sie kommen genauso bei mir an, wie der Betreiber der Website sie auf seinen Server hochgeladen hat. Das World Wide Web Consortium (W3C) sorgt lediglich für sinnvolle internationale Protokoll-Standards, die die technische Funktion sicherstellen, über die Inhalte wacht es nicht. Aber wenn man Gewissheit bezüglich einer bestimmten Information haben möchte, dann kann man ja leicht an drei oder vier Stellen im Netz nachschlagen.

Auch auf alle Fragen, die bei dieser kleinen Einführung in die Computergrundlagen offen geblieben sind, hält das Netz Antworten bereit. Wer auf den Geschmack gekommen ist, kann da nach Herzenslust weiterstöbern und wird mithilfe der entsprechenden Fachbegriffe und interaktiver Suchfunktionen fündig werden.