

Speicherkomponenten eines PC

Belegarbeit
von

Chi Trung Nguyen

an der Hochschule für Telekommunikation Leipzig
in der Studienrichtung Wirtschaftsinformatik

Erstgutachter:

Prof. Dr. Jens Wagner

Bearbeitungszeit: 11.Juni 2012 – 30.Juni 2012
Modul: Hardwaresysteme
Sommersemester 2012

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe.

München, den 11. Juli 2012

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|-------------------------------------|-----------|
| 1 | Einleitung | 1 |
| 1.1 | Zielsetzung der Arbeit | 1 |
| 1.2 | Gliederung der Arbeit | 2 |
| 2 | Nichttechnische Speicherung | 5 |
| 3 | Technische Speicherung | 7 |
| 3.1 | Elektronische Speicherung | 7 |
| 3.1.1 | Flüchtig | 7 |
| 3.1.1.1 | DRAM | 7 |
| 3.1.1.2 | SRAM | 7 |
| 3.1.2 | Permanent | 8 |
| 3.1.2.1 | ROM | 8 |
| 3.1.2.2 | PROM | 8 |
| 3.1.3 | Semi-permanent | 8 |
| 3.1.3.1 | EPROM | 8 |
| 3.1.3.2 | Flash-EEPROM | 9 |
| 3.1.3.3 | SSD | 9 |
| 3.2 | Magnetische Speicherung | 9 |
| 3.2.1 | Festplatte | 10 |
| 3.3 | Optische Speicherung | 10 |
| 3.3.1 | CD | 11 |
| 3.3.2 | DVD | 12 |
| 3.3.3 | Blu-Ray | 12 |
| 4 | Zusammenfassung und Ausblick | 13 |
| | Literaturverzeichnis | 15 |

1. Einleitung

In der digitalen Gesellschaft und im Zeitalter des Internets wird es immer wichtiger immer mehr Daten so schnell wie möglich zu speichern. *Ein Speicher (v. lat.: spicarium Getreidespeicher, aus spica Ähre)[...] ist ein Ort oder eine Einrichtung zum Einlagern von materiellen oder **immateriellen** Objekten.*[1]

Ein Speichermedium dient also zur kurz- oder langfristigen „Einlagerung“ bzw. Erhaltung von immateriellen Objekten — oder anders ausgedrückt Informationen. Es stellt sich die Frage: Was sind Informationen?

Im Laufe der Geschichte wurde der Informationsbegriff immer wieder neu definiert. Für die Informatik ist die Beschreibung nach Claude Elwood Shannon¹ relevant. Demnach muss man ein Zeichen als kleinste Informationseinheit und dessen statistische Häufigkeit in einem Code als Information sehen.

Die Information darf nicht mit dem Bedeutungsgehalt verwechselt werden. Eine Information die wenig Sinn ergibt ist einer Information mit großem Sinngehalt gleichwertig. Wichtiger zu betrachten ist die Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines Zeichens im vorgegebenen Code. Je geringer diese ist, desto höher ist sein Informationsgehalt.

Im wesentlichen werden Informationen aber in Form von Daten auf Speichermedien abgelegt.

Mehrere aufeinanderfolgende Zeichen werden als Zeichenfolge bezeichnet.[2]

Daten sind nach ISO 2382 „*Gebilde aus Zeichen oder kontinuierliche Funktionen, die aufgrund bekannter oder unterstellter Abmachungen Informationen darstellen, vorrangig zum Zweck der Verarbeitung und als deren Ergebnis.*“**TODO:quelle**

Somit sind nach einer bestimmten Syntax angeordneten Zeichen **Daten**.

1.1 Zielsetzung der Arbeit

Mit dieser Arbeit möchte ich auf grundlegende Prinzipien der Speicherung von Informationen auf verschiedenen Medien, insbesondere in der Informatik eingehen. Sie soll eine Übersicht auf Möglichkeiten der Datenspeicherung für Personal Computer im heutigen Informationsalter schaffen und die grundsätzliche Funktionsweise der

¹Claude Elwood Shannon:* 30. April 1916 in Petoskey, Michigan; † 24. Februar in Melford, Massachusetts gilt als Begründer der Informationstheorie

Speichermedien erklären. Auch wenn der Titel „Speicherkomponenten eines PCs“ ist, wird der Vollständigkeit halber trotzdem zum Teil auf ältere Wege Daten zu speichern Rücksicht genommen. Der Leser sollte nach dem Lesen der Arbeit einen Überblick darüber haben, welche modernen Methoden es gibt Informationen aufzubewahren. Es werden keine neuen wissenschaftlichen Erkenntnisse vorgestellt, sondern fachliche Informationen zusammengestellt.

1.2 Gliederung der Arbeit

Man unterscheidet zwischen technischer und nichttechnischer Speicherung. Die Speicherung von Informationen ist aber nicht einer Erfindung der Neuzeit. Seit jeher versucht der Mensch Informationen zu bewahren, damit diese nicht in Vergessenheit geraten.

So gehören auch Höhlenmalereien dazu. Man schätzt, dass die älteste Höhlenmalerei etwa 40.000 Jahre alt ist. Die Abbildung 1.1 zeigt diese Höhlenmalerei — es sind Hände auf einer Steinwand. Bei dieser sogenannten nichttechnischen Speicherung benötigt es ein Trägermaterial wie Papier, Pergament, Papyrusrollen oder wie in diesem Beispiel Stein um Informationen zu erhalten. Ein großer Nachteil kann jedoch die spätere Entzifferung der „Daten“ sein, aber immerhin kann man diese sofort auslesen, das heißt es werden keine zusätzlichen technischen Geräte benötigt Informationen zu lesen.

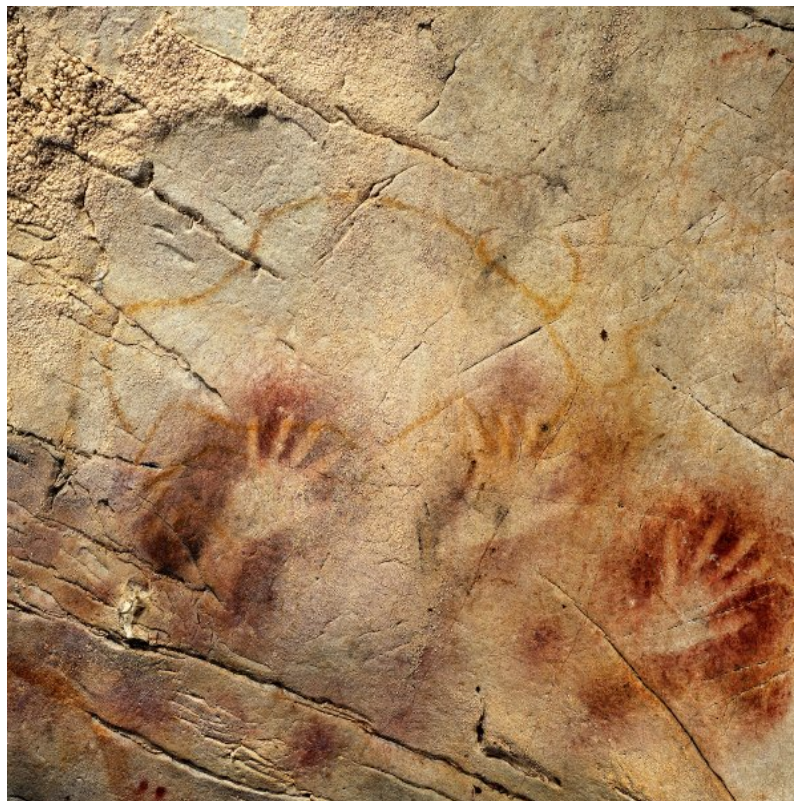


Abbildung 1.1: älteste bekannte Höhlenmalerei

Bei der technischen Speicherung bedarf es einer speziellen Methode um die gewünschten Daten auszulesen.

Diese sind nicht sofort per Auge oder mit der Hand erkennbar(vgl. Braille²). Die Arbeit ist dementsprechend in diese beiden Teile strukturiert, wobei auf den nichttechnischen Teil nur kurz der Vollständigkeit halber eingegangen wird. Im zweiten Teil ist die Arbeit nach der Zugriffsgeschwindigkeit der einzelnen Speicherkomponenten sortiert. Dabei wurde sich grob an Abbildung 1.2 gehalten. Sie zeigt das Verhältnis von Kapazität zu Zugriffsgeschwindigkeit. Umso größer die Speicherkapazität eines Mediums ist, desto langsamer ist dessen Zugriffsgeschwindigkeit. In der Regel sind Komponenten, die intern verbaut sind durch ihren kurzen Weg zur CPU³ und Bauartbedingt schneller.

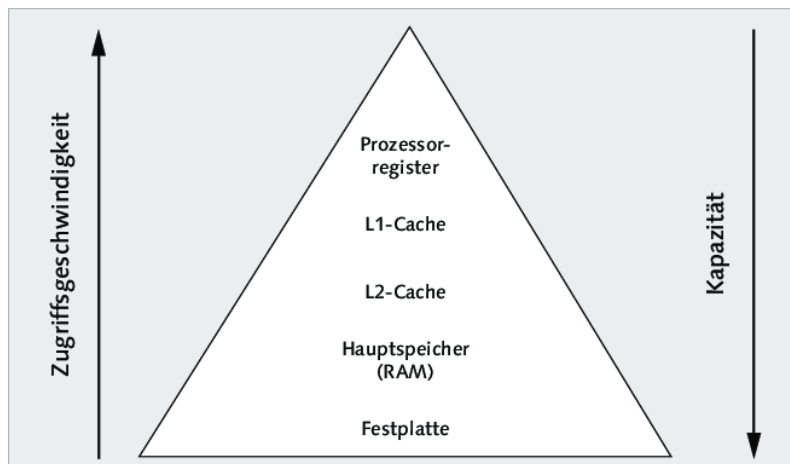


Abbildung 1.2: „Speicherpyramide“

Die Speichermedien mit der größten Speicherkapazität werden dabei wie erwähnt meist extern angeschlossen(also „weit weg“ von der CPU), die mit geringer Kapazität sind in die CPU verbaut.

Zum Schluss wird versucht einen kleinen Ausblick auf die Entwicklung der Speicherkomponenten eines PCs zu geben.

²Braille: Schrift der Blinden. Die Schrift(verschiedene angeordnete Punkte) wird von Hinten auf Papier gepresst. Diese sind so mit den Fingern ertastbar

³Central Processor Unit: Hauptprozessor

2. Nichttechnische Speicherung

Das nichttechnische Speichern von Information erfolgt mit Hilfe von einfachen Mitteln wie Messer, Pinseln oder dem Führen der Hand auf einem Trägermaterial. So hinterließen die ersten Menschen in Höhlen etwa vor 40.000 Jahren ihre Handabdrücke im Norden von Spanien[3]. Die Nachteile ergeben sich offensichtlich aus der geografischen Beschränkung und was wir heute mit Information letztendlich anfangen können.

Auch das Kerbholz ist ein weiterer historischer Beweis zum Merken von Daten im Mittelalter. In ein Stück Holz wurde für jede Bringschuld eine Kerbe eingeritzt, dieses wurde dann zweigeteilt. Auf jedem Teilstück des Holzes waren nun die gleiche Anzahl an Kerben. Da nun die Schnittstelle einzigartig war, konnten nur jeweils genau diese beiden Teilstücke zusammenpassen. Dem Gläubiger war es so nicht möglich dem Schuldner mehr anzuhängen, denn spätestens beim Vergleichen der Stücke wäre die Manipulation aufgefallen.[4]

In der Antike und vor allen im alten Ägypten wurden Papyrusrollen — aus der Papyruspflanze hergestellt — zur Aufzeichnung von Literatur, aber auch für Amts-, Geschäfts- oder Rechtdokumente benutzt. Der Nachteil von Papyrus lag aber darin, dass es sehr anfällig gegen Feuchtigkeit und Insekten war.

Später, etwa im 11. Jahrhundert wurde dann Papyrus durch das widerstandsfähigere, aber dafür teurere Pergament ersetzt, welches aus Tierhaut gemacht wurde. Obwohl das Papier schon etwa 200 vor Christus von den Chinesen erfunden wurde, dauert es noch lange Zeit bis es sich auch in Europa durchsetzte.**TODO:quelle**

Doch auch mit dem Papier löste sich das Problem der Vervielfältigung von Dokumenten noch nicht: Jedes einzelne Dokument musste in mühsamer Handarbeit geschrieben werden.

Erst die Weiterentwicklung des Buchdrucks mit beweglichen Lettern durch Johannes Gutenberg brachte den wirtschaftlichen Erfolg des Buches. Gutenberg veränderte die bereits erfundene Spindelpresse³ und fügte eigene neue Ideen wie den austauschba-

³Spindelpresse: Gerät zur Münzprägung

ren Lettern oder den Setzkasten hinzu und entwickelte so die Druckpresse im Jahr 1440. Die Abbildung 2.1 zeigt die von Gutenberg erste gebaute Druckerpresse.

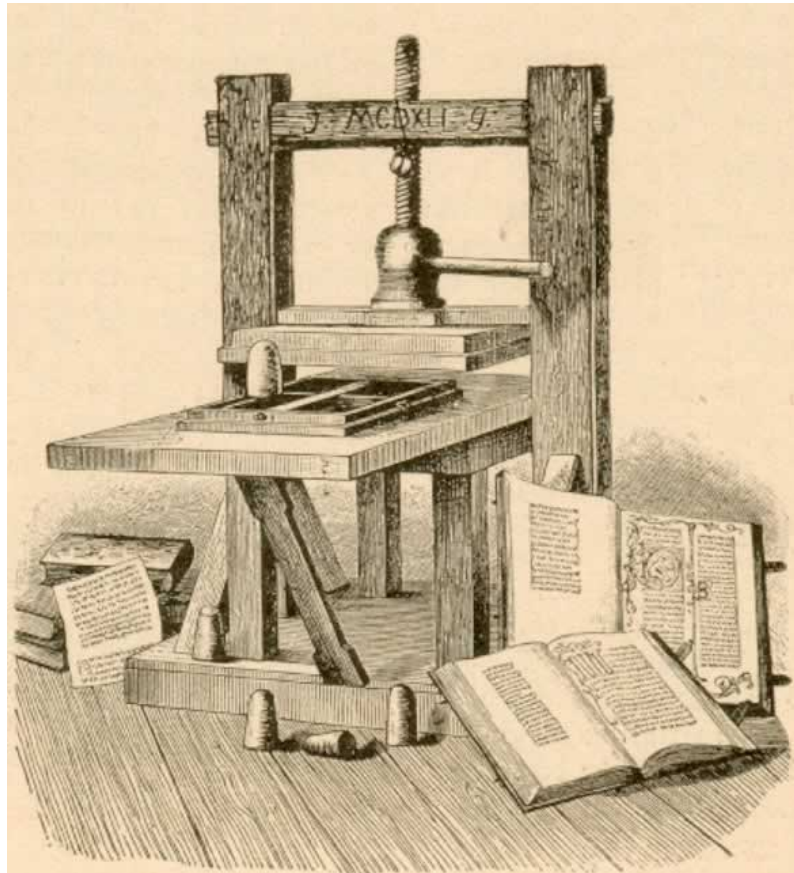


Abbildung 2.1: Druckerpresse von Gutenberg

Das Buch wurde zum Massenprodukt und damit zum Katalysator der Wissensgesellschaft die in logischer Konsequenz zur heutigen Informationsgesellschaft führte.

3. Technische Speicherung

3.1 Elektronische Speicherung

Alle Speichermedien die Daten auf Basis von elektronischen Bauelementen speichern sind unter dem Begriff elektronische Speicher zusammengefasst. Heutzutage werden die integrierten Schaltkreise, die zur elektrischen Speicherung notwendig sind fast nur noch mit Silizium realisiert. Die einzelnen können beliebig angesprochen werden, es ist also keine weitere Teilung des Speichers in Sequenzen notwendig. Weiter unterschieden werden elektronische Speichermedien in flüchtige Speicher, permanente Speicher und semi-permanente Speicher.

3.1.1 Flüchtig

Ein flüchtiger Speicher kann seine Information nur behalten, wenn er an einem Strom liegt, andernfalls verliert er diese Informationen.

3.1.1.1 DRAM

Beim „Dynamic Random Access Memory“ handelt es sich um Speicherbausteine, die nach dem Abschalten der angelegten Spannungsversorgung oder zu späten Wiederauffrischung ihren Dateninhalt auf den Speicherzellen verlieren. Der volatile¹ Speicher wird hauptsächlich in Computern als Arbeitsspeicher eingesetzt, man findet ihn aber auch beispielsweise in Druckern oder in Videospielkonsolen.

Technisch gesehen speichert ein Kondensator die Daten, also Einsen und Nullen in dem er entweder geladen oder entladen ist. Ein Schalttransistor beschreibt oder liest den Inhalt dann aus.

3.1.1.2 SRAM

Der „Static Random Access Memory“ ist wie der DRAM ebenfalls ein Halbleiterspeicher, der volatil ist. Dauerhaft kann er Daten nur speichern, wenn er mit Strom versorgt wird. Der Unterschied zum DRAM ist dabei, dass der Inhalt nicht wiederaufgefrischt werden muss, da SRAM mit Flipflops realisiert wird. Ein Flipflop oder

¹flüchtig

auch bistabile Kippstufe kann zwei Zustände(Eins oder Null) einnehmen und über lange Zeit speichern, allerdings ist die Speicherzelle des SRAM im Vergleich zum DRAM relativ groß.

Anwendung findet SRAM in Prozessoren als *Cache* oder in Bereichen bei denen der Dateninhalt über längere Zeit gespeichert werden soll wie beim CMOS-RAM zur Erhaltung von BIOS-Einstellung² in PCs und Laptops. Zur Aufrechterhaltung der Stromversorgung genügt meist eine kleine Pufferbatterie.

3.1.2 Permanent

Permanenter Speicher behält seine Daten, die einmal in ihm gespeichert oder verdrahtet wurde. Er kann dann nicht mehr verändert werden.

3.1.2.1 ROM

Ein typisches Beispiel für permanenten Speicher ist der „Read Only Memory“ — zu Deutsch *Festwertspeicher* oder *Nur-Lese-Speicher*. ROM kann nur einmal beschrieben werden, dann lassen sich die darauf geschriebenen Daten nicht mehr verändern. Die Hauptanwendung ist somit die Verbreitung und Speicherung von Firmware³. Auch das BIOS eines PCs wurde früher auf einem ROM gespeichert.

Klassische Masken-ROM werden so genannt, weil ursprünglich ROM in der Herstellung mit einer Art Filmnegativ — der „Maske“ direkt auf den Chip aufbelichtet wird. Das Verfahren ist aber nur in Massenproduktion ökonomisch sinnvoll, weshalb bald Speicherbausteine entwickelt wurden, die auch nach der Fertigung noch mit Daten befüllt werden konnten.

Dieser klassische ROM, wird aufgrund der Neuentwicklungen und dadurch, dass man sich eine Möglichkeit zum Updaten der Firmware oder des BIOS bewahren möchte nicht mehr verwendet.

3.1.2.2 PROM

Einer dieser neu entwickelten Speicherbausteine ist das „Programmable Read Only Memory“. Diese lassen sich nach der Fertigung genau einmal programmieren und behalten dann ihren Zustand. Anfangs enthalten alle Speicherzellen eine „1“, einzelne Speicherzellen können dann später in eine „0“ gewandelt werden.

Praktisch werden PROMs heute nicht mehr verwendet.

3.1.3 Semi-permanent

Von semi-permanenten Speichern spricht man, wenn die Daten permanent gespeichert werden, aber im Gegensatz zum permanenten Speicher auch wieder verändert werden können.

3.1.3.1 EPROM

Bei der EPROM-Technologie handelt es sich um die Weiterentwicklung von ROM. EPROM steht für „Erasable Programmable Read Only Memory“ und ist ROM, der aber auch wieder gelöscht(und damit verändert) werden kann. Damit man aber

²Basic Input Output System

³Software die spezifisch an Hardware angepasst ist, ähnlich einem Betriebssystem, aber selten ein Update braucht

EPROMs programmieren kann, bedarf es spezieller Programmiergeräte — dem „EPROM-Brenner“. Mit UV-Licht kann der Speicher dann wieder gelöscht werden.

Weiterhin gibt es noch elektronisch löschbaren Speicher EEPROM („Electrical Erasable Read Only Memory“), welches mit Flash-EEPROM EPROM verdrängt hat.

3.1.3.2 Flash-EEPROM

Dieser elektronisch löschbare ROM EEPROM („Electrical Erasable Read Only Memory“) hat den entscheidenden Vorteil, dass er kein spezielles Verfahren braucht um neu beschrieben zu werden; gleichzeitig behält er auf ihm gespeicherte Daten auch ohne eine Spannung aufrecht erhalten zu müssen. Ein im Alltag sehr bekannter Begleiter dieses Speicherverfahrens ist der USB-Stick.

Durch seine kompakten Maße ist er sehr portabel und die mittlerweile gängigen Speichergrößen reichen von 2 Gigabyte bis zu 256 GB. Er lässt sich an jeden USB-Host anschließen, Daten lassen sich so einfach austauschen.

Da die Entwicklung der Flash Speicher erst spät begonnen hat, lassen sich heute noch nicht die Speichergrößen von handelsüblichen Festplatten erreichen, doch dafür sind sie stromsparender und deutlich praktischer.

3.1.3.3 SSD

Die Solid State Drive (SSD) ist ein nichtflüchtiger und auf Flash-Technologie basierender Speicher. Er hat keine mechanisch beweglichen Teile mehr wie bei der konventionellen Festplatte. Dadurch verbraucht sie weniger Strom und die Zugriffszeiten sind enorm hoch. Häufig werden SSDs im 2,5" Format verkauft, sie sind allerdings nicht an die Normen für optische oder magnetische Speicherplatten gebunden und sind daher z.B. auch als PCI-Steckkarte aufzufinden. Die nachfolgende Abbildung zeigt das Innenleben einer SSD im 2,5" Format halbtransparent.



Abbildung 3.1: SSD innenleben

Durch die immer weiter sinkenden Preise pro Gigabyte und die unumstößlichen Vorteile ist eine dauerfristige Ablösung von magnetischen Festplatten durch Solid State Drives zu sehen.

3.2 Magnetische Speicherung

Magnetische Speichermedien behalten ihre Informationen, in dem mit Hilfe eines Lese-Schreib-Kopfes Daten auf magnetisierbares Material gebracht werden. Unterschieden wird dann jeweils weiter in nicht rotierende und rotierende Speichermedien. Die nicht rotierenden Speichermedien werden weiter in digitale und analoge Medien unterteilt. Zum ersteren gehören Magnetstreifen oder Magnetband. Ein analoges nicht rotierendes Speichermedium ist das Ton- oder Videoband. Die bekannten Festplatten werden zu rotierenden Speichermedien gezählt und sind heute der weit verbreiteste Massenspeicher.

3.2.1 Festplatte

Die Festplatte oder das Festplattenlaufwerk speichert Informationen, in dem sie Daten auf die Oberfläche einer rotierenden Scheibe schreibt. Die Scheiben sind genau übereinander gelagert und drehen sich zur selben Zeit. Die hartmagnetische Beschichtung an der Plattenoberfläche wird dann mit den Lese-Schreib-Kopf entweder gelesen oder beschrieben. Auf die Daten kann wahlfrei zugegriffen werden und auch nach dem Ausschalten bleiben die Daten durch Remanenz⁴ erhalten. Während die erste Festplatte noch eine Tonne wog und nur eine Kapazität von 5 Megabyte hatte, haben heutige Festplatten eine Größe von bis zu 4 Terabyte. Im Gegensatz zu einer SSD können Festplatten nahezu beliebig oft gelöscht und neu beschrieben werden. Die Abbildung 3.2 zeigt den schematischen Aufbau einer Festplatte.

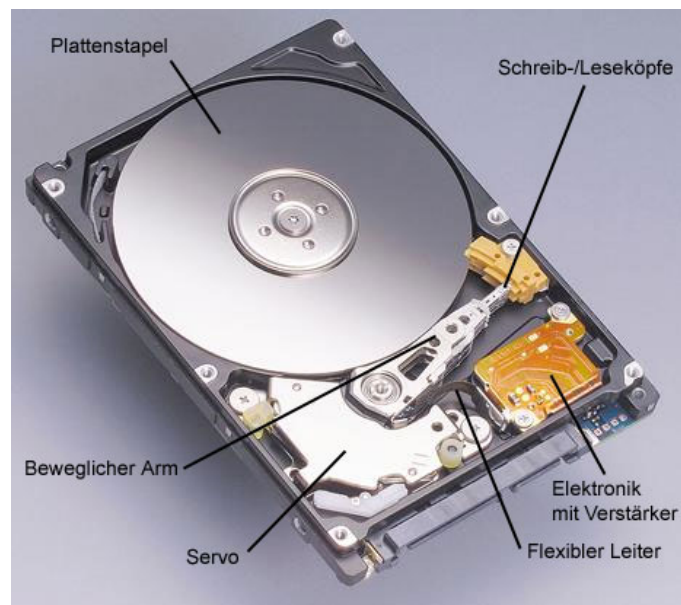


Abbildung 3.2: Festplattenaufbau

Das Anschließen an einen PC erfolgt mittlerweile entweder intern über den Serial ATA-Anschluss oder extern über USB⁵, Firewire, Thunderbolt oder eSATA.

⁴Remanenz ist die zurückbleibende Magnetisierung eines magnetischen Körpers

⁵Universal Serial Bus

3.3 Optische Speicherung

Das optische Speichermedium erhält die Daten entweder mechanisch in einem Presswerk (meist kommerziell hergestellte Disks) oder über einen Laser (meist private so genannte „gebrannte“ Disks) in Form von Erhöhungen (Pits) und Vertiefungen (Lands) auf eine Scheibe. Meistens trifft man bei optischen Speichermedien auf die CD, der DVD oder der Blu-ray Disc. Diese unterscheiden sich in ihrer Speicherkapazität, jedoch nicht in ihrer physikalischen Größe — 8" Durchmesser.

Die Funktionsweise ist nochmals in der Abbildung 3.3 dargestellt.

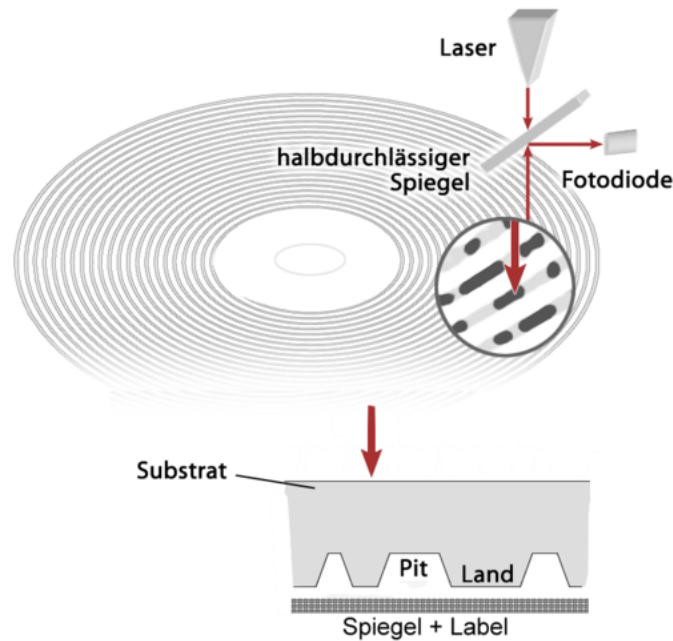


Abbildung 3.3: Funktionsweise optisches Medium

Die allgemeinen Verkaufszahlen von optischen Speichermedien sind in den letzten Jahren gesunken, da nun zunehmen durch höhere Bandbreiten des Internets sich neue Distributionswege eröffnet haben.

| | CD | DVD | Blu-ray |
|------------------------|---|--|---|
| Kapazität | bis zu 900 MB | 4,7 GB (Single Layer) 8,5 GB (Dual Layer) | 25 GB (Single Layer) bis zu 500 GB (20 Layer) |
| Lesegeschwindigkeit | 176 KB/s (CD-DA) 150 KB/s (1x) 10800 KB/s (72x) | 1,385 MB/s (1x) | 36 Mbit/s (8x) |
| Schreibgeschwindigkeit | 150 KB/s (1x) 8400 KB/s (56x) | 1,385 MB/s (1x) | 4,5 MB/s (1x) (DVD 3x) |
| Gebrauch | Datenspeicher, Audio-CD | Datenspeicher, Video-DVD | Datenspeicher, Video-Blu-ray |
| Vorstellung | 1981 | 1995 | 2002 |

Tabelle 3.1: Vergleich optischer Medien

3.3.1 CD

Die Compact Disk wurde von Phillips und Sony im Jahr 1981 als Speichermedium für Audio(CD-DA⁶) eingeführt(vgl. Tabelle 3.1). Später erst wurde die CD als CD-ROM zur Datenspeicherung bei Computer benutzt.

3.3.2 DVD

Die Digital Versatile Disk⁷ ist der direkte Nachfolger der CD und wurde mit anwachsenden Speicherbedarf nötig.

Die höhere Speicherkapazität bei gleichen Durchmesser kommt durch verschiedene Techniken zu Stande. Zum einen wurden die Strahlen des Abtastlasers gekürzt und auch die Wellenlänge wurde kürzer.

Der kleine Laserspot ermöglichte dann feinere Flächen abzutasten und somit mehr Informationen pro Flächeneinheit zu speichern. Außerdem wurde im Jahr 2004 die Dual Layer DVD vorgestellt, also die „Doppel-Schichten DVD“. Somit konnte man doppelt so viele Daten wie auf einer Single Layer DVD speichern. Bis zu 8,5 Gigabyte waren nun möglich.

3.3.3 Blu-Ray

Die Blu-ray Disc Association stellte 2002 die Blu-ray Disc vor. Der Name zielt auf den Abtastlaser ab, der eine violette Farbe hat. Blue Ray wurde absichtlich falsch geschrieben, um die Registrierung als Namen zu vereinfachen. Die Blu-ray setzte sich 2008 gegen den Konkurrenten HD-DVD durch und fasst schon mit einem Single Layer 25 Gigabyte.[5] Der Markt für hochauflösende Filme war damit für den Endverbraucher geöffnet.

⁶Compact Disc - Digital Audio

⁷engl. für digitale vielseitige Scheibe

4. Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassend lässt sich also sagen, dass es viele Möglichkeiten heute gibt, Daten zu speichern. Die einen sind praktischer, die anderen etwas unpraktischer. Der meist genutzte Massenspeicher ist im Moment wohl die Festplatte, seine Entwicklung war rasant – ähnlich dem *Moore'schen Gesetz* zeigt sie einen annähernd exponentiellen Verlauf wie die Abbildung 4.1 zeigt. Alle 16 Monate etwa, verdoppelt sich damit die Speicherkapazität

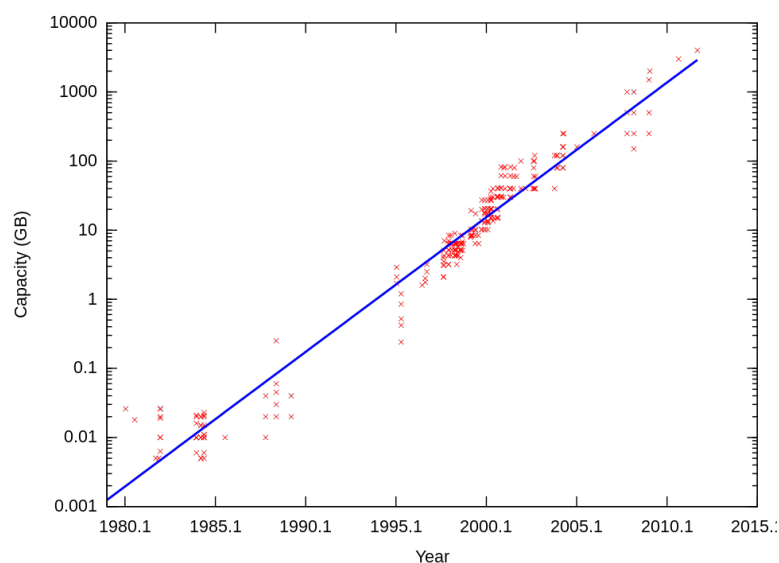


Abbildung 4.1: Entwicklung Speicherkapazität Festplatte in halblogarithmischer Skalierung

Auch die Rohstoffverknappung könnte den Speicherhunger behindern, wie die Flutkatastrophe Ende 2011 in Thailand zeigte. Die Preise für Festplatten stiegen darauf hin, da nahezu alle Festplatten der Marktriesen dort produziert wurden.

Doch irgendwann wird die physikalische Grenze erreicht werden.

Das Ziel ist 1 Bit = 1 Atom, das Speichern auf atomarer Ebene. Im Januar 2012 konnten die Forscher des IBM Almaden Research Centers zusammen mit Forschern der Max-Planck-Gesellschaft den kleinsten Speicher der Welt bauen. Sie haben es

geschafft einen 12 Atom Speicher zu bauen, allerdings ist dieser nur bei -268 Grad zuverlässig. Bis er bei Raumtemperaturen funktioniert und Marktreif ist, wird es wohl noch einige Zeit dauern.[6]

Dann wird es aber wohl möglich sein die gesamte Weltliteratur auf einen Speicher von der Größe einer Briefmarke zu speichern.

Literaturverzeichnis

- [1] Wikipedia, "Speicher." <http://de.wikipedia.org/wiki/Speicher>, June 2012.
- [2] H. R. Hansen and G. Neumann, *Wirtschaftsinformatik 1*. UTB, 10 ed., 2009.
- [3] dpa, AFP, and boj, "Rote handabdrücke sind älteste höhlenmalerei europas." <http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/neandertaler-aelteste-hoehlenmalerei-europas-in-nordspanien-entdeckt-a-838916.html>, June 2012.
- [4] L. Carlen, "Zum rechtlichen gebrauch von kerbhölzern im 17. jahrhundert," *Forschungen zur Rechtsarchäologie und Rechtlichen Volkskunde*, vol. 13, pp. 173–177, 1991.
- [5] R. Wojciechowski, "Wie schnell kann man daten auf eine blu-ray disc schreiben/lesen?" <http://www.bluray-disc.de/faq/wie-schnell-kann-man-daten-auf-eine-blu-ray-disc-schreibenlesen>, June 2012.
- [6] C. Windeck, "Ibm-forscher speichern ein bit in zwölf atomen." <http://heise.de/-1412899>, January 2012.
- [7] Wikipedia, "Read only memory." http://en.wikipedia.org/wiki/Read-only_memory, June 2012.
- [8] Wikipedia, "Programmable read only memory." http://en.wikipedia.org/wiki/Programmable_read-only_memory, June 2012.
- [9] Wikipedia, "Usb-stick." <http://de.wikipedia.org/wiki/USB-Stick>, June 2012.
- [10] Wikipedia, "Solid state drive." <http://de.wikipedia.org/wiki/Solid-State-Drive>, June 2012.
- [11] Wikipedia, "Fesplattenlaufwerk." <http://de.wikipedia.org/wiki/Festplattenlaufwerk>, June 2012.
- [12] K. Kreimeier, "Gutenberg druckerpresse." <http://www.kreimeier-online.de/presse.jpg.jpg>, June 2012.
- [13] "Ssd innenleben." http://www.memory-king.info/bilder/beschreibung/SSD/SSD_innenleben_flash.jpg, June 2012.
- [14] Wikipedia, "Funktionsprinzip cd." http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/df/CD_Prinzip.png/512px-CD_Prinzip.png, June 2012.
- [15] "Festplattenaufbau." http://www.mikrocontroller.net/wikifiles/f/f6/Festplatte_1.jpg, June 2012.

- [16] Wikipedia, “Entwicklung festplattenspeicherkapazität.” http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hard_drive_capacity_over_time.png, June 2012.
- [17] “Speicherpyramide.” <http://openbook.galileocomputing.de/linux/bilder/speicherpyramide.png>.
- [18] dpa, “Höhlenmalerei.” <http://www.spiegel.de/fotostrecke/neandertaler-aelteste-hoehlenmalerei-europas-in-nordspanien-entdeckt-fotostrecke-83673.html>, 2012.
- [19] J. Plötner and S. Wendzel, *Linux*. No. 5 in 1, Galileo Computing, 2012.
- [20] J.-C. Brendel, “Im delta des datenflusses,” *Linux Magazin*, 11 2004.
- [21] H. Gumm and M. Sommer, *Einführung in die Informatik*. Oldenbourg, 8 ed., 2009.
- [22] C. Roth, “Speichermedien,” *Belegarbeit Hard- und Softwaresysteme*, 2011.
- [23] C. E. Shannon, “A mathematical theory of communication.” <http://cm.bell-labs.com/cm/ms/what/shannonday/shannon1948.pdf>, 1948.
- [24] Wikipedia, “Buchdruck.” <http://de.wikipedia.org/wiki/Buchdruck>, June 2012.
- [25] Wikipedia, “Papier.” <http://de.wikipedia.org/wiki/Papier>, June 2012.
- [26] Wikipedia, “Papyrus.” <http://de.wikipedia.org/wiki/Papyrus>, June 2012.

Abbildungsverzeichnis

| | | |
|-----|--|----|
| 1.1 | älteste bekannte Höhlenmalerei [18] | 2 |
| 1.2 | Speicherpyramide [17] | 3 |
| 2.1 | Druckerpresse von Gutenberg [12] | 6 |
| 3.1 | SSD innenleben [13] | 9 |
| 3.2 | Festplattenaufbau [15] | 10 |
| 3.3 | Funktionsweise optisches Medium [14] | 11 |
| 4.1 | Entwicklung Speicherkapazität Fesplatte in halblogarithmischer Skalierung [16] | 13 |

Tabellenverzeichnis

| | | |
|-----|--------------------------------------|----|
| 3.1 | Vergleich optischer Medien | 11 |
|-----|--------------------------------------|----|

