

# Magnetische Massenspeichermedien

Kianusch Oliver Sezari

18.02.2019

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Vorwort</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Einordnung in Speicher- Dateisysteme</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Magnetische Speicherung</b>	<b>4</b>
3.1	Speicherprinzip . . . . .	4
3.2	Schreibvorgang . . . . .	5
3.3	Lesevorgang . . . . .	6
<b>4</b>	<b>Magnetische Speichermedien</b>	<b>6</b>
4.1	Historie . . . . .	6
4.2	Magnettrommelspeicher . . . . .	7
4.3	Diskette . . . . .	8
4.4	Magnetstreifen . . . . .	9
4.5	Magnetblasenspeicher . . . . .	10
4.6	Festplattenlaufwerk (Hard Disk Drive) . . . . .	11
4.6.1	Flying Height . . . . .	12
4.6.2	Head Crash . . . . .	13
4.6.3	Problematik der Fragmentierung einer HDD . . . . .	13
<b>5</b>	<b>Vergleich HDD vs. SSD</b>	<b>14</b>
<b>6</b>	<b>Fazit</b>	<b>16</b>
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>17</b>
<b>8</b>	<b>Anhang</b>	<b>20</b>
<b>9</b>	<b>Selbstständigkeitserklärung</b>	<b>24</b>

# 1 Vorwort

Im Rahmen des Proseminars werde ich mich genauer mit Magnetischen Speichermedien auseinandersetzen. Dabei wird ein genauerer Blick auf die Prinzipien der Speicherungen von magnetischen Speichern und auf die Entwicklung der verschiedenen Speichermedien der letzten Jahrzehnte mit einem Ausblick auf die Zukunft geworfen. Zuletzt wird ein Vergleich zwischen den beiden bedeutendsten Speichermedien: der HDD und der SSD gezogen.

Heutzutage ist die Verarbeitung, Speicherung und Transferierung von enormer Bedeutung und wird in einer digitalisierten Welt immer mehr an Bedeutung gewinnen. Dabei ist die Entwicklung von Speichermedien im Bezug auf die technische Entwicklung in Form von Verarbeitungsgeschwindigkeit und die wirtschaftliche Entwicklung in Form von Preis/Leistungs Vergleichen sowohl im privaten als auch im ökonomischen Bereich relevant.

## 2 Einordnung in Speicher- Dateisysteme

Allgemein unterscheidet man bei Speichermedien zwischen den permanenten Speichern und den flüchtigen Speichern. Während zum Beispiel Speichermedien wie RAM zu den flüchtigen Speichern gehören, zählen Magnetische Speicher zu den permanenten Speichern.

Die Speicherung von Daten beruht auf den physikalischen Phänomenen des Magnetismus und der Reflexionseigenschaft von verspiegelten Oberflächen (z.B.: CD-ROM).

Die magnetischen Speichermedien Diskette und die HDD waren lange weltweiter Standard und Marktführer.

Heutzutage übernimmt die SSD (Solid State Drive) den Markt. Tendenziell sinken die Absatzzahlen von HDD und die Absatzzahlen der SSD steigen (vgl.: Grafik 7 Anhang)[24].

Die drei größten Hersteller Seagate, Toshiba und WD haben circa zwei Prozent weniger Festplatten verkauft als im Vergleichsquartal.

[1, 2, 24, 25, 35]

## 3 Magnetische Speicherung

### 3.1 Speicherprinzip

Das Speicherprinzip von magnetischen Speichermedien beruht der Magnetisierung von magnetischen Elementen. Ferner werden Ferromagnete auf unmagnetischen Trägerscheiben aufgebracht. Bei Ferromagneten handelt es sich um permanent magnetisierbaren Elementen, die aus mikroskopisch kleinen Magneten zusammengesetzt werden.

Beim Schreiben beziehungsweise beim Lesen wird die Trägerscheibe, die mit den Ferromagneten beschichtet ist, an dem Schreib-/Lesekopf, welcher aus einem winzigen Elektromagnet besteht, vorbeigeführt. Der Schreib-/Lesekopf bewegt sich auf konzentrischen Ringen (symmetrisch zum Mittelpunkt) auf oder über der runden Trägerschei-

be.

Dabei verändert der Schreibkopf die Magnetisierung der Ferromagnete oder liest diese aus. [1, 2]

### 3.2 Schreibvorgang

Bei dem Schreibvorgang eines magnetischen Speichermediums wird die Magnetisierung der Schicht der Trägerscheibe verändert.

Im unbeschriebenen Grundzustand einer Trägerscheibe sind die Magnete auf dieser regellos und zusammenhangslos verteilt. Durch ein äußeres Magnetfeld wird das Speichermedium bis zur Sättigung magnetisiert. In das Magnetisierungsmuster wird die Information codiert, wobei es an dieser Stelle mehrere verschiedene Möglichkeiten gibt. Da beim Lesen die Veränderung der Magnetischenflussdichte (positiv oder negativ) ausschlaggebend ist, bietet sich eine Binärcodierung an.

Beim Schreibvorgang verfolgt man folgende zwei Ziele:

1. möglichst viele Information pro Flächeninhalt speichern
2. Informationen beim Lesen sicher zurückgewinnen

Für eine permanente Magnetisierung wird eine Mindestgröße des Magnetisierungsabschnittes benötigt. Im Fachjargon wird der kleinste Abschnitt als Spurelement bezeichnet mit einer Dichte von 500.000 Elementen pro Inch. Im Umkehrschluss kann man durch eine Erhöhung der Spurdichte die Abstände zwischen den Spuren verringern, wodurch ein Anstieg des Speichers erzielt wird.

In der Praxis werden die verschiedenen Daten durch eine Veränderung des Schreibstroms, der durch eine Spule samt Spulenkern fließt, programmiert. Die Veränderung des Schreibstroms

erzeugt eine Veränderung des erzeugten Magnetfeldes in der Spule, welches beim laufen über die Trägerscheibe auf diese Übertragen wird (vgl.: Grafik 1 Anhang). [1, 2]

### **3.3 Lesevorgang**

Beim Lesevorgang an einem magnetischem Speichermediums wird von dem Lesekopf der Wechsel der Magnetisierung beziehungsweise die Veränderung des magnetischen Flusses aufgenommen und verarbeitet.

Der Lesekopf schwebt über das Magnetisierungsmusters der Trägerscheibe. Durch eine Änderung des magnetischen Flusses wird durch die elektromagnetische Induktion im Lesekopf eine Spannung induziert. Durch die Änderung der Stromrichtung (positive oder negative) können die Daten gelesen werden. Es bietet sich eine Binärcodierung an (vgl.: Grafik 2 Anhang).

Allgemein versucht man beim Lesevorgang zwei Ziele zu verfolgen:

1. Gespeicherte Daten müssen im Magnetisierungsmuster sein
2. Daten müssen sicher rekonstruierbar sein (durch Flusswechsel)

[1, 2]

## **4 Magnetische Speichermedien**

### **4.1 Historie**

Über die letzten Jahre wurden viele magnetische Speichermedien geschaffen. Dabei haben es einige auf den Markt geschafft, andere wurden nur konzipiert.

Im folgenden Verlauf dieser Arbeit werden der Magnettrommelspeicher, die Diskette, der Magnetstreifen, der Magnetblasenspeicher und das Festplattenlaufwerk genauer

Jahr	Speichermedium
1940	Magnetbänder
1950-1960	Trommelspeicher
1959	Diskette
1970	Magnetstreifen
1970	Magnetblasenspeicher
1975	Magnetband
1978	SSD(ab 1983 Flashbasiert)
1979	CD
1980	HDD

betrachtet.

Es folgt eine Tabelle mit Speichermedien und deren Erfindungsjahr:

## 4.2 Magnettrommelspeicher

Bei der 1940 entwickelten Magnettrommel handelt es sich um einen Vorläufer der Festplatte.

Technisch ist der Magnettrommelspeicher ein Zylinder, auf dessen Mantel eine Schicht aus Ferromagneten angebracht ist. Vergleichsweise ist bei einer Festplatte die Schicht auf den runden, flachen Trägerscheiben angebracht. Die Besonderheit bei einem Magnettrommelspeicher ist, dass jede Datenspur ihren eigenen Lese-/Schreibkopf besitzt. Dadurch sind keine Kopfbewegungen und Suchzeiten erforderlich, und sowohl die Zugriffszeit auf die Daten als auch die Leistung ist nur von der Rotationsgeschwindigkeit abhängig. Praktisch muss somit die Steuerung nur warten, bis die entsprechenden Daten unter dem Kopf sind. Neben den Datenspuren gibt es noch eine Synchronspur die lediglich dem Zwecke der Orientierung auf dem Zylindermantel dient (vgl.: Grafik 3 Anhang).

Darauf aufbauend ergibt sich eine entscheidende Problematik für Programmierer: Wie legt man die Daten beziehungsweise positioniert die Daten optimal, um die Zeitspanne zwischen den Zugriffen gering zu halten?

Dies wurde meist mit einem Speicherbelegungsplan gelöst, vor allem wenn die Trom-

mel als Arbeitsspeicher genutzt wurde.

Da das Konzept der Magnettrommel nach der Erfindung der HDD kaum weiter verfolgt wurde, sind ihre Spezifikationen vergleichsweise veraltet: Die mittlere Zugriffszeit beträgt 10ms, die mittlere Datenrate 10 MBit/s, die maximale Speicherkapazität 10 MBit. [7, 16, 27]

### 4.3 Diskette

Die Diskette, oder wie sie auch liebevoll genannt wird Floppy Disk, war über einen langen Zeitraum der weltweite Standard und hat die Anfänge der Standardisierung von Computern geprägt.

Bei der Diskette besteht, im Vergleich mit der Festplatte, die Trägerscheibe aus einer runden, dünnen und biegsamen Kunststoffscheibe. Zudem schleift der Schreib-/Lesekopf auf der magnetischen Oberfläche, während bei der HDD alles kontaktlos vonstatten geht. Auch die Magnetscheibe schleift bei der Floppy Disk an der Hülle. Bei manchen Modellen wurde deshalb auf der Innenseite der Hülle eine Teflonschicht eingefügt, um den Verschleiß zu minimieren. Gerade durch die hohe Abnutzung eignen sich Disketten nicht zur dauerhaften Verwendung beziehungsweise die Dauerhafte Verwendung ist eingeschränkt.

Bei den Disketten existieren verschiedene Version. Es wird zum einem zwischen den Größen 8; 5.25; 3.5 und 3 Zoll unterschieden. Im Segment der Aufzeichnungsdichte des magnetischen Material wird zwischen single, double, quad, high und extra-high density unterschieden.

Eine Diskette ist wie folgt aufgebaut (vgl.: Grafik 5 Anhang): Hier (1) befindet sich die HD-Erkennung. Sie ist direkt gegenüber des Schreibschutzschiebers. Das Drehlager (2), treibt die Rotation der Magnetscheibe an. Um die Schnittstelle mit der Magnetscheibe zu schützen befindet sich am unteren Ende der Diskette die Schutzblende (3).

Der innere Kern, bestehend aus der Magnetscheibe (6) sowie einem Ring aus Teflonbeschichtetem Papier (5), ist von einem Gehäuse bestehend aus Kunststoff (4) ummantelt. Jede Magnetscheibe hat mehrere Sektoren (7).

Eine Diskette hat in etwa eine Lebensdauer von 5 bis 30 Jahren. Dies ist von der Nutzung dieser abhängig. Die Kapazitäten lagen zwischen 80 KB bis 3250 KB. Bei 125 KBit/s bis zu 1 MBit/s lag die Datenübertragungsrate.

[6, 8, 14, 28, 29]

#### 4.4 Magnetstreifen

Der Magnetstreifen ist einer der wichtigsten Speichermedien des Alltages. Üblicherweise kommt er auf der Rückseite einer Kreditkarte zum Einsatz. Grundsätzlich existieren 2 Varianten des Magnetstreifens, die sich einzig und alleine in der magnetischen Flussdichte unterscheiden.

Die erste sogenannte Low Coercivity besitzt eine magnetische Flussdichte von 30 mT. Sie ist der Standard, jedoch lassen sich die Daten zum Beispiel durch ein äußeres Magnetfeld löschen.

Der high Coercivity Magnetstreifen hat eine magnetische Flussdichte von etwa 275 bis 400 mT ist nicht handelsüblich und ist sicher gegenüber versehentlichem Löschen.

Der Magnetstreifen besteht aus 3 Spuren mit samt 1024 Bit Speicherkapazität, wobei die erste und die zweite Spur zum Lesen benutzt, und die dritte Spur sowohl zum Lesen als auch zum Schreiben benutzt wird.

Heutzutage wird der Magnetstreifenspeicher vor allem zur Identifikation mit PIN eingesetzt beispielsweise im Hotel als Schlüsselersatz, im Parkhaus oder auch als Kundenkarte. Aus Gründen mangelnder Sicherheit wird dieser nicht mehr im Bankwesen eingesetzt. Früher wurde der PIN als Hashwert auf dem Magnetstreifen gespeichert, im

EC-Automaten berechnet und anschließend verglichen. Heutzutage wird der Hashwert mit einem verbundenen Rechenzentrum verglichen.

[6, 19, 29]

#### 4.5 Magnetblasenspeicher

Bei einem Magnetblasenspeicher handelt es sich um einen Computer-Datenspeicher. Er zählt zu einem der unbekanntesten Speichersystemen. 1970 galt er als eine Vielversprechende Technologie, jedoch ist er durch das Festplattenlaufwerk in den Hintergrund geraten.

Ein Magnetblasenspeicher besteht aus einem dünnen Film eines magnetisierbarem Elements mit kleinen magnetischen Bereichen die Blasen genannt werden. Jede Blase hält ein Bit an Informationen. Das Magnetkernspeicher-System basiert auf einem Transistor-Controller. Ein Transistor ist ein elektrischer Halbleiter zum Steuern niedriger elektrischer Spannungen (vgl.: <https://de.wikipedia.org/wiki/Transistor>). Grundsätzlich basiert der Magnetblasenspeicher auf dem Phänomen der Magnetostraktion. Diese ist ein Effekt, durch den Magnetisierungsmuster bewegt werden können mittels Strom. Dabei bewegt sich das gesamte Magnetisierungsmuster in Stromrichtung (vgl.: <https://www.novotechnik.de/produkte/sensortechnologien/magnetostraktion/>). Dieses Magnetisierungsmuster wird bei dem Speicher auf einem Band angebracht, welches man unter Strom setzt. Durch die Magnetostraktion bewegt sich das Magnetisierungsmuster, indem die Informationen gespeichert sind, in Stromrichtung. Legt man nun über das Magnetisierungsmuster einen Detektor, kann dieser die Informationen auslesen und über die Steuerung des Stromes zwischen den gespeicherten Bereichen auf dem Band wechseln.

Vorteilhaft bei solch einem Speicher ist die hohen Informationsdichte und, dass dieser ohne mechanische Teile auskommt.

Jedoch ist die Auslesegeschwindigkeit mit einem Zugriff von 500 ms gering.

[10, 12]

#### 4.6 Festplattenlaufwerk (Hard Disk Drive)

Das Festplattenlaufwerk oder auch Festplatte genannt war das global am weitesten verbreitetste Speichermedium, und hat die Entwicklung von Computern tatkräftig vorangetrieben. Sie ist der Nachfolger der Magnettrommel.

Bei der Festplatte werden die Daten auf der Oberfläche von starren, rotierenden Trägerscheiben gespeichert, weshalb sie auch Hard Disk Drive oder HDD genannt wird. Der Schreib-/Lesevorgang findet komplett berührungslos von statten. Zudem ist das Festplattenlaufwerk ein direktadressiertes Speichermedium, wodurch es eine konstante Zugriffszeit hat, da kein linearer Durchlauf notwendig ist, um Informationen zu finden.

Die Kapazitäten entwickeln sich bei der HDD exponentiell (Vergleichbar mit dem Moore'schem Gesetz). In den Anfängen lag die Kapazität im MegaByte Bereich. 1997 gab es die ersten im GigaByte Segment. 2008 kam die erste Festplatte mit einem TeraByte Speicher auf den Markt. 2018 gibt es Festplatten mit bis zu 15 TB.

Produziert wurde die HDD in den Größen 5.25; 1.8; 3.5 und 2.5 Zoll, wobei sich die letzten beiden durchgesetzt haben.

Das Festplattenlaufwerk besteht üblicherweise aus einer bis vier rotierbaren befestigten Scheiben (bis zu 12 möglich). Diese befinden sich auf dem sogenannten Spindel, einem Halter für die Scheiben, der elektrisch angetrieben wird. Des weiteren besteht sie aus dem Schreib-/Lesekopf, einem Aktuator (ein Bauelement, das elektrische Signale in mechanische Bewegung umsetzt) (vgl.: <https://de.wikipedia.org/wiki/Aktor>), den Antrieb für die Aktuatorachse und einem Lager für den Spindel, der Aktuatorachse und dem Kopf. Zudem befinden sich noch diverse Steuerelemente in der Festplatte.

Die äußerste Schicht besteht aus dem Gehäuse und einer Schnittstelle (vgl. Grafik 4 Anhang).

Die Platten bestehen aus nicht-magnetisierbaren Scheiben, welche aus einer Aluminiumlegierung, Magnesiumlegierung oder auch aus Glas zusammengefügt werden. Dies ist wichtig, da sie sowohl Wirbelströmen standhalten müssen, als auch formstabil und gering leitfähig sein müssen. Die magnetisierbare Schicht besteht aus Eisenoxid oder Kobalt und wird etwa 1 mm dick aufgetragen.

Bei den Platten werden alle Oberflächen genutzt. Das bedeutet bei  $n$  Scheiben werden  $2n$  Oberflächen beschrieben und gelesen. Der Zwischenraum zwischen den einzelnen Platten muss rein sein um Schäden auszuschließen, weshalb das Gehäuse Staubdicht und häufig Luftdicht ist.

Normale Festplatten rotieren mit 5400 bis zu 1000  $\text{min}^{-1}$ . Hochleistungsfestplatten im Bereich von 10000 bis 15000  $\text{min}^{-1}$ .

Die Zugriffszeiten liegen bei einem Desktop bei etwa 4.2 ms, bei einem Notebook bei circa 5.6 ms. Die Datenrate liegt bei über 500 MB/s.

Die Problematik bei der HDD sind größtenteils mechanisch bedingt. Beispielsweise kann es zu Schäden durch die bei der Rotation entstehende thermische Energie kommen. Zudem kann es zu einem Headcrash kommen oder das Festplattenlaufwerk wird durch ein äußeres Magnetfeld beschädigt oder sogar zerstört. Wenn die HDD länger nicht in Betrieb genommen wurde, können die Platten hängen beziehungsweise klemmen.

[6, 15, 22, 23, 32, 33, 34, 35]

#### 4.6.1 Flying Height

Die Flying Height ist die Distanz zwischen der Disk und dem Lesekopf. Anfangs lag sie bei 51  $\mu\text{m}$ . Sie konnte durch Druckluftpolster auf 6.35  $\mu\text{m}$  reduziert werden. Seit 2011 liegt sie im Nanometer-Bereich, was etwa so dünn ist wie ein Rauchpartikel. Bei

Festplatten ab 10 TB werden heutzutage Edelgase wie Helium benutzt, um die Flying Height weiter zu senken.

Die Regulierung der Flying Height wird immer wichtiger, vor allem im Bereich hoher Kapazitäten, um einen Head Crash zu vermeiden.

[39]

#### 4.6.2 Head Crash

Unter einem Head Crash versteht man die direkte Berührung des Lesekopfes mit der Magnetscheibe. Dabei wird die Speicherschicht beschädigt und es kann zur Verunreinigung des Platters durch abgetragenes Material kommen. Dabei lagert sich dünnes Material auf den Plattern. Im Extremfall bleibt der Lesekopf an der Oberfläche vom Platter hängen und wird durch die Rotation abgerissen.

Nach einem Head Crash ist die Hard Disk Drive nicht mehr startfähig oder läuft nicht mehr lange. Die Daten können anschließend nur noch mit Spezialausrüstung gerettet werden. Ursachen für ein Head Crash sind Verschleiß, Erschütterungen oder auch sinkenden Rotorgeschwindigkeit, bei denen der Lesekopf aufsetzen kann.

Eine mögliche Maßnahme ist die Autoparkfunktion. Hier fährt der Lesekopf in eine Ladezone beim Ausschalten, um einen Head Crash bei einer Erschütterung vorzubeugen.

Eine andere Maßnahme ist das Einbauen von Bewegungssensoren, die Geschwindigkeitsveränderungen registrieren und bei sinkender Geschwindigkeit den Lesekopf parken. Dies wird vor allem bei Lenovo eingesetzt.

[32, 38, 42]

#### 4.6.3 Problematik der Fragmentierung einer HDD

Die Problematik der Fragmentierung existiert bei den meisten, aber vor allem bei alten Speichermedien. Eine SSD beispielsweise hat trotz Fragmentierung eine konstante Zu-

griffszeit. Die Fragmentierung wird hier am Beispiel der HDD veranschaulicht.

Durch eine Fragmentierung der Daten kann es zu Geschwindigkeitseinbußen kommen. Zudem steigt die Anzahl an Meta-Daten.

Beim Lesen von fragmentierten Daten sind diese überall auf den Magnetplatten verstreut. Der Lesekopf muss in kürzesten Abständen sehr oft über längere Strecken sich neu auf der Magnetscheibe positionieren. Dabei kommt es zu vielen kleinen Verzögerungen im ns Bereich. Je nach Größe der Datei und des Fragmentierungsgrades kann es auch zu spürbaren Verzögerungen kommen.

Vermeiden kann man dies durch Partitionierung, also der Trennung von Programm-, und Nutzerdaten, und indem man 5-20% des Speichers frei lässt.

[36, 37]

## 5 Vergleich HDD vs. SSD

Sowohl die HDD als auch die SSD gehören zu den permanenten Speichern. Während bei der HDD der gesamte Betrieb (Magnetscheiben mit Lesekopf und Rotorenbetrieb) mechanischer Natur ist, ist der Flashspeicher, auf dem die SSD basiert, elektronischer Natur. Dadurch kommt es bei der SSD weder zu Suchzeiten noch zu Rotationsverzögerungen.

Durch das Nichtvorhandensein mechanischer Bauteile ist die SSD fast geräuschlos und robuster, da sie auch Stürze und externe Magnetfelder übersteht. Zudem ist sie deutlich schneller und leichter, da sie aus Halbleitern besteht und auch kein dickes und dichtes Gehäuse braucht.

Der Vorteil bei der HDD ist, dass die Daten erheblich einfacher wiederherzustellen sind. Zudem sind Festplattenlaufwerke kostengünstiger.

Der Preis für eine HDD liegt bei 2,2 cent / GB, eine SSD kostet 20 cent / GB. Die

aktuell höchstmögliche Kapazität einer HDD ist mit 15 TB deutlich geringer als die einer SSD mit 100 TB. Beide haben eine Lebensdauer von etwa 10 Jahre, wobei dies von der Nutzung abhängt. Bei der HDD sind dabei Feuchtigkeit, Stöße und der Kontakt zu äußeren Magnetfeldern ausschlaggebend, bei der SSD gibt es eine Obergrenze an Schreibzyklen, die bei normaler Nutzung etwa nach 10 Jahren erreicht ist. Die SSD hat eine konstante Zugriffszeit von 0.1 bis 0.2 ms, während die HDD, abhängig von der Umdrehungsgeschwindigkeit, eine Zugriffszeit von 4.2 bis 5.8 ms hat.

[9, 11, 13, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 35, 40, 41]

## 6 Fazit

Allgemein kann man sagen, dass es einen starken Wandel der Speichermedien gibt. Von allen betrachteten Speichermedien ist heutzutage nur noch die HDD relevant. Sie ist am verbreitetsten und globaler Standard. Jedoch wird auch sie inzwischen von der SSD abgelöst. Während der Preis der HDD stagniert, nähert sich der Preis der SSD diesem immer mehr an (vgl.: Grafik 6, Grafik 8 Anhang). SSDs sind so günstig wie nie zuvor und es ist kein Ende in Sicht. Sie werden voraussichtlich 2021 den globalen Absatz der HDDs überholen (vgl. Grafik 7 Anhang).

Zudem sinkt der Preis pro Speicher immer weiter, während die Speicherkapazitäten weiter steigen [41]. Folglich kann man sagen, dass neue Speichermedien mit neuen dahinter steckenden Technologien vielversprechende Speichermöglichkeiten bieten und, sobald sie auf den Markt kommen und sich etablieren, immer kostengünstiger und somit bezahlbarer werden.

[25, 35, 40, 41]

## 7 Literaturverzeichnis

### Literatur

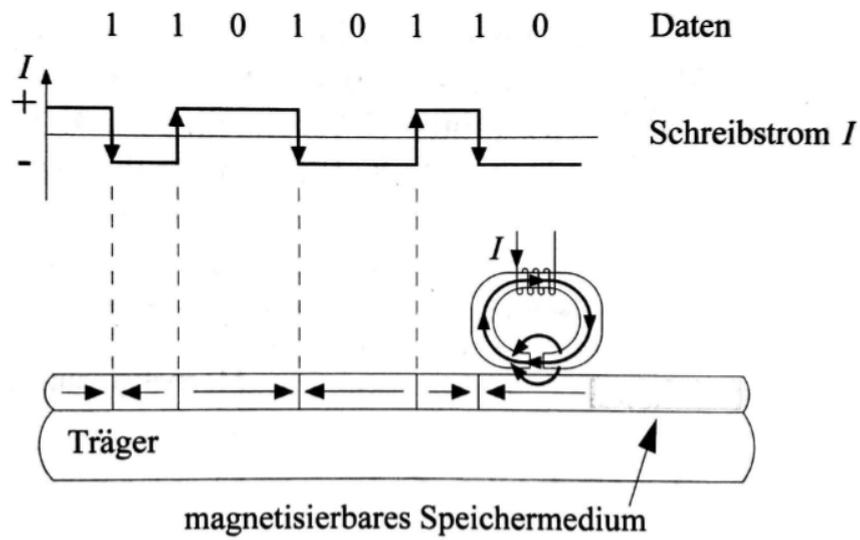
- [1] Schiffmann, Wolfram ; Bähring, Helmut ; Hönig, Udo: Technische Informatik 3 : Grundlagen der PC-Technologie. 2011. Aufl.. Berlin Heidelberg New York: Springer-Verlag, 2011. V.a. Seite 261 bis 273
- [2] Schiffmann, Wolfram: Technische Informatik 2 : Grundlagen der Computertechnik. 5. Aufl.. Berlin Heidelberg New York: Springer-Verlag, 2004. V.a. Seite 153 bis 177
- [3] Wilfried de Beauclair: Rechnen mit Maschinen : Eine Bildgeschichte der Rechen-technik. Berlin Heidelberg New York: Springer-Verlag, 1968.
- [4] Steinbuch, Karl: Information, Computer und kuenstliche Intelligenz : Zwoelf amerikanische Wissenschaftler zeigen den zukuenftigen Einfluss d.Computer auf d.menschliche Gesellschaft. Mit e.Vorw. v.Karl Steinbuch. Frankfurt am Main: Umschau-Verlag, 1967.
- [5] Thomas Sterling: High Performance Computing : Modern Systems and Practices. San Francisco, Calif: Morgan Kaufmann, 2017.
- [6] <https://www.mkdiscpress.de/ratgeber/chronik-der-speichermedien/>
- [7] <http://rechentechnik.foerderverein-tds.de/speicher/node4.html>
- [8] <https://sciencing.com/types-diskettes-7374832.html>
- [9] <https://www.pcwelt.de/produkte/SSD-versus-Festplatte-Tempo-Vergleich-398580.html>
- [10] <https://de.wikipedia.org/wiki/Magnetblasenspeicher>

- [11] [https://praxistipps.chip.de/festplatten-hdd-und-ssd-wo-liegt-der-unterschied\\_43249](https://praxistipps.chip.de/festplatten-hdd-und-ssd-wo-liegt-der-unterschied_43249)
- [12] <https://www.itwissen.info/Bitzelle-bit-cell.html>
- [13] [https://www.storagereview.com/ssd\\_vs\\_hdd](https://www.storagereview.com/ssd_vs_hdd)
- [14] <https://de.wikipedia.org/wiki/Diskette>
- [15] <https://de.wikipedia.org/wiki/Festplattenlaufwerk>
- [16] <https://de.wikipedia.org/wiki/Trommelspeicher>
- [17] <https://www.itwissen.info/Bitzelle-bit-cell.html>
- [18] [https://www.storagereview.com/ssd\\_vs\\_hdd](https://www.storagereview.com/ssd_vs_hdd)
- [19] <https://de.wikipedia.org/wiki/Magnetstreifen>
- [20] <https://winfuture.de/news,103903.html>
- [21] <https://de.wikipedia.org/wiki/Solid-State-Drive>
- [22] <https://praxistipps.chip.de/durchschnittliche-lebensdauer-einer-festplatte-alle-inf-97262>
- [23] <https://www.itwissen.info/Zugriffszeit-access-time.html>
- [24] <https://winfuture.de/news,104179.html>
- [25] <https://www.computerbase.de/2017-10/prognose-2021-ssds-hdds-absatz/>
- [26] [https://de.wikipedia.org/wiki/Trommelspeicher#/media/File:Drum\\_Memory\\_in\\_Moscow\\_Politechnical\\_Museum.jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/Trommelspeicher#/media/File:Drum_Memory_in_Moscow_Politechnical_Museum.jpg)
- [27] <http://rechentechnik.foerderverein-tds.de/speicher/node4.html>
- [28] <https://sciencing.com/types-diskettes-7374832.html>

- [29] Gemeinfrei, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=428278>
- [30] <https://www.alamy.de/stockfoto-eine-visa-kreditkarte-mit-emv-chip-nebeneinander-auc.html>
- [31] [https://de.wikipedia.org/wiki/Magnetblasenspeicher#/media/File:KL\\_Bubble\\_Memory\\_MemTech.jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/Magnetblasenspeicher#/media/File:KL_Bubble_Memory_MemTech.jpg)
- [32] <https://www.computerwissen.de/hardware/pc-tipps/artikel/festplatte-erschuetterungen.html>
- [33] [https://de.wikipedia.org/wiki/Festplattenlaufwerk#/media/File:Hard\\_drive-de.svg](https://de.wikipedia.org/wiki/Festplattenlaufwerk#/media/File:Hard_drive-de.svg)
- [34] [https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Kopftraeger\\_WD2500JS-00MHB0.jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Kopftraeger_WD2500JS-00MHB0.jpg)
- [35] <https://winfuture.de/news,90078.html#>
- [36] [https://de.wikipedia.org/wiki/Fragmentierung\\_\(Dateisystem\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Fragmentierung_(Dateisystem))
- [37] <https://blog.comspace.de/fragmentierung-digitaler-endgeraete-macht-responsive-design>
- [38] <https://de.wikipedia.org/wiki/Head-Crash>
- [39] [https://en.wikipedia.org/wiki/Flying\\_height](https://en.wikipedia.org/wiki/Flying_height)
- [40] <https://intelligence.org/2014/05/12/exponential-and-non-exponential/>
- [41] <http://wiki.r1soft.com/pages/viewpage.action?pageId=22208355&navigatingVersions=true>
- [42] <http://gisbers.de/2010/02/16/festplatten-sterben-langsam/festplatte-nach-headcrash-2/>

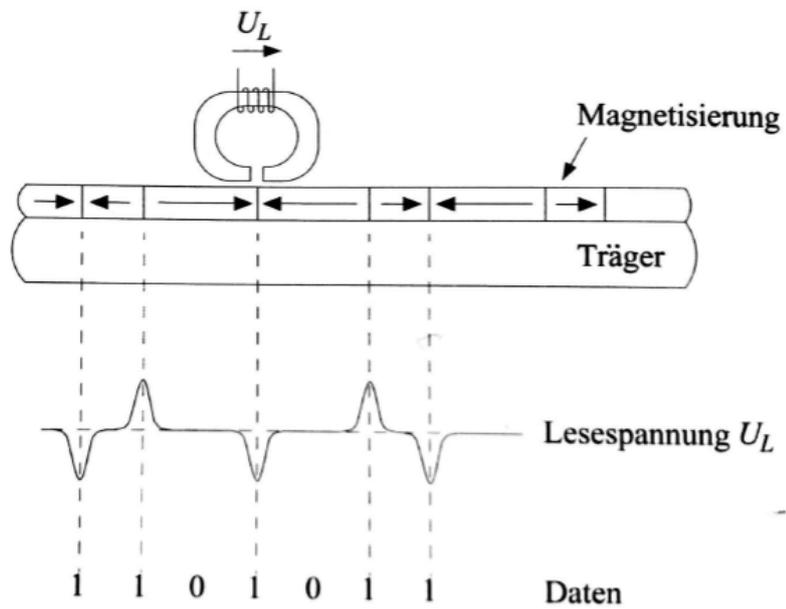
## 8 Anhang

Grafik 1:



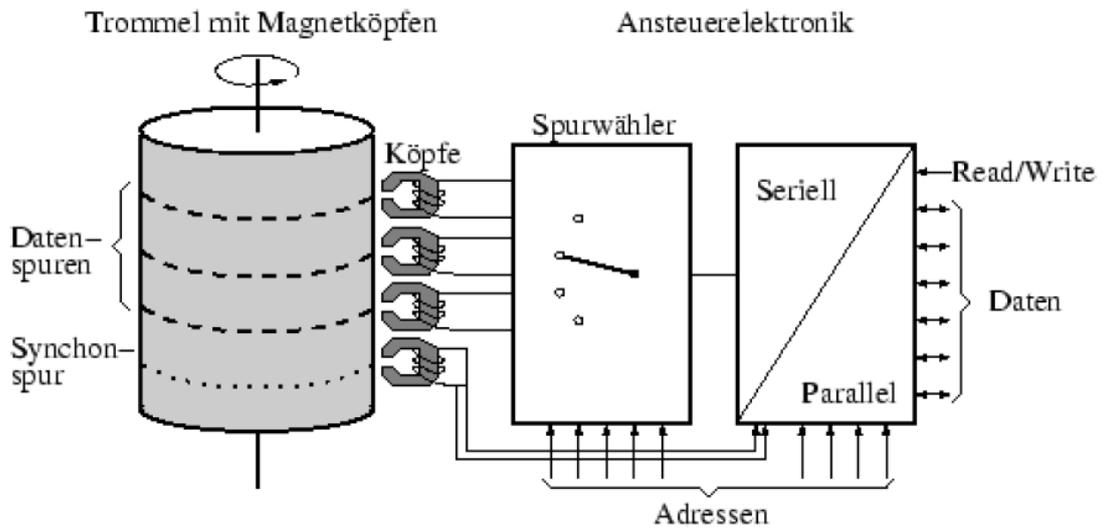
Quelle: [1] Abb. 3.1 Schreibvorgang bei magnetomotorischen Speichermedium

Grafik 2:



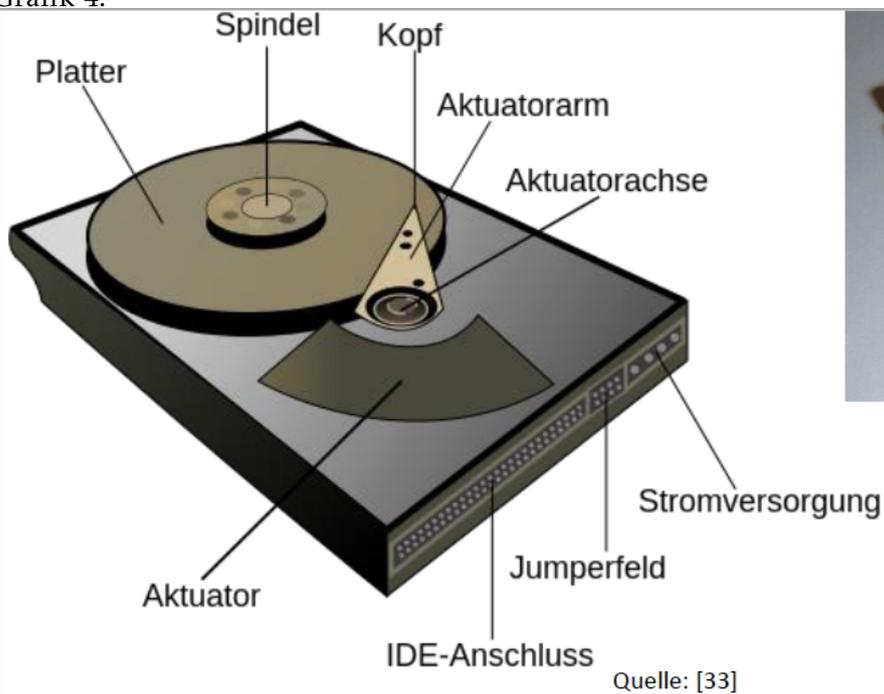
Quelle: [1] Abb. 3.2 Lesevorgang bei magnetomotorischen Speichermedium

Grafik 3:

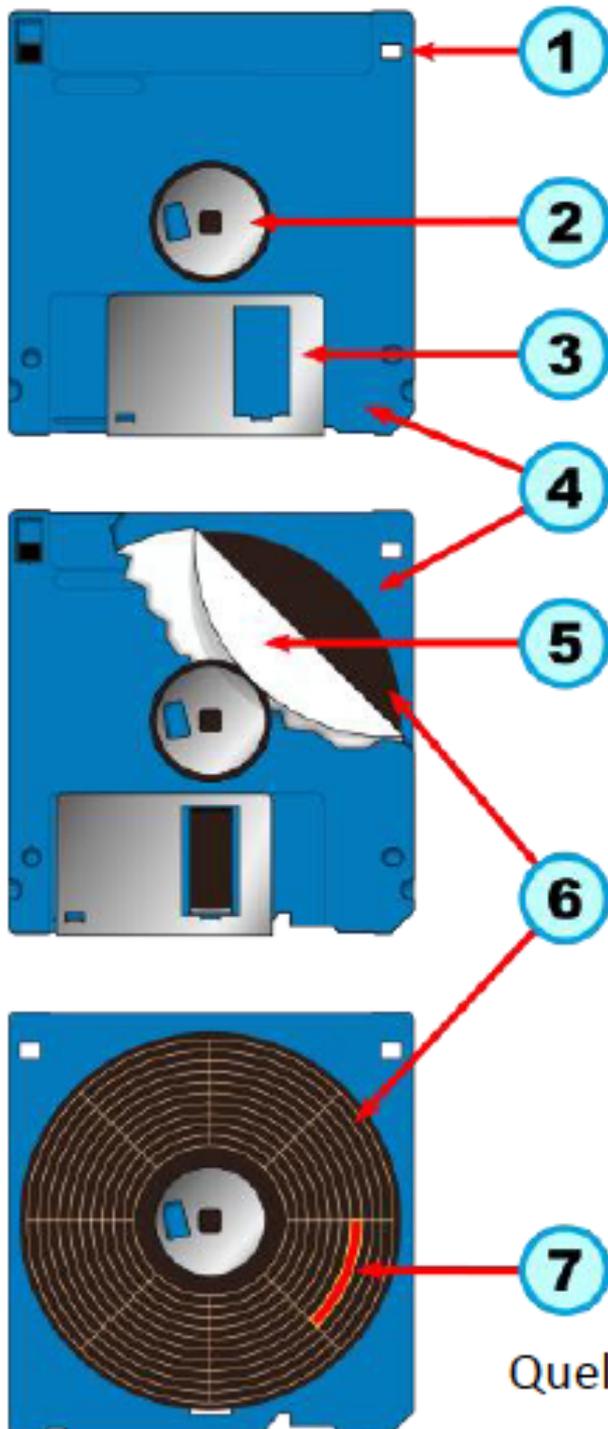


Quelle[27]

Grafik 4:



Grafik 5:



Quelle: [29]

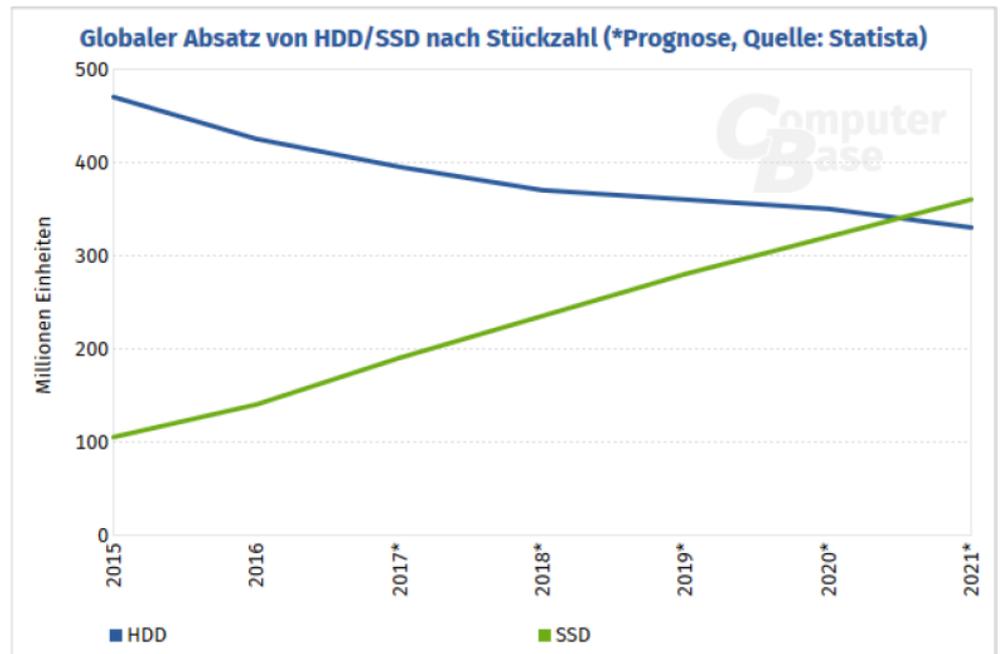
Grafik 6:

	2012	2013	2014	2015E
HDD	0.09	0.08	0.07	0.06
2,5" SSD	0.99	0.68	0.55	0.39

HDD Tabelle.png

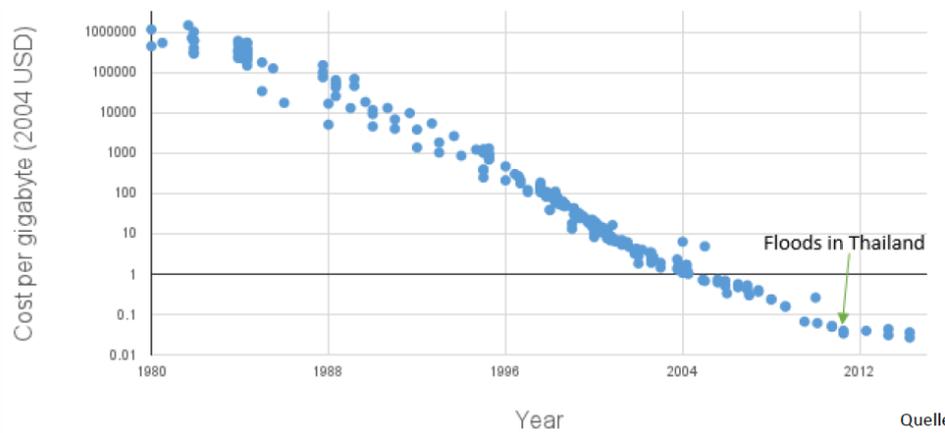
Quelle: [35]

Grafik 7:



Absatz HDD SSD.png

Grafik 8:



per Gigabyte HDD.png

Quelle:[40]

## 9 Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit mit dem Titel Magnetische Massenspeichermedien selbstständig und ohne unerlaubte fremde Hilfe angefertigt, keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet und die den verwendeten Quellen und Hilfsmitteln wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.