

Die Organisation einer Festplatte

Unsichtbare Ordnung

Festplatten gehen ören zusammen mit dem Hauptprozessor eines PCs zu den kompliziertesten und am weitesten entwickelten Bauteilen. Wieso die Daten auf ihren Magnetscheiben organisieren, ist nicht leicht zu durchschauen.

Von Ingo Steinhaus

Moderne Festplatten sind wahre Hightech - Monster: Die Hersteller bringen inzwischen selbst auf den winzigsten Modellen im 2,5 - Zoll-Format (etwa die Größe einer Streichholzschachtel) problemlos 10 Gigabyte an Daten unter. Das entspricht der Datenmenge von rund 7.100 Disketten.

Es gibt Hunderte von Festplattenmodellen auf dem Markt, die zu verschiedenen Typen gehen ören und sich nach Bauart und Steuerelektronik unterscheiden. Sie haben jedoch Gemeinsamkeiten, die hier für ein vereinfachtes, aber korrektes Schema des Aufbaus einer Festplatte dienen sollen.



Typischer Aufbau: Eine Festplatte besitzt in der Regel drei Platten und sechs Schreib-/Leseköpfe.

So ist eine Festplatte aufgebaut: Eine Festplatte speichert Daten auf magnetisierbaren beschichteten, kreisrunden Scheiben ("Platten"). Diese Platten sind fest miteinander in der Mitte angeordnet und sind mit einer Spindel verbunden, die von einem Motor in schneller Umdrehung gehalten wird. Dadurch wird auch der Plattenstapel in Drehung versetzt.

Die Daten werden als magnetische Muster auf der Ober- und der Unterseite jeder Platte gespeichert. Über und unter jeder Seite einer Platte schwebt jeweils ein beweglicher Schreib-/Lesekopf, der für das Speichern und Auslesen der Daten verantwortlich ist. Eine Standardfestplatte besitzt drei Platten und somit sechs magnetisierbare Oberflächen und sechs Schreib-/Leseköpfe.

Der gesamte Plattenstapel mit Spindel, Motor und Schreib-/Leseköpfen befindet sich in einem luftdichten Gehäuse, das auf der Außenseite die Steuerelektronik für die Festplatte beherbergt. Die gesamte Festplatte ist über ein Flachbandkabel mit dem sogenannten HD-Controller verbunden.

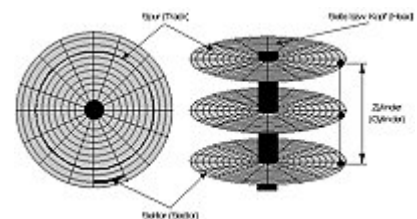
Diese Kontrolleinheit befindet sich entweder in einem Steckplatz oder direkt auf der Hauptplatine des Rechners. Der HD-Controller verwaltet den Datenaustausch zwischen Festplatte und den restlichen Komponenten des Rechners.

Spuren, Zylinder und Sektoren

Die Daten auf der Festplatte sind in "Spuren" aufgezeichnet. Diese Spuren sind konzentrische Kreise rund um die Spindel. Sie werden von der Außenseite her und mit Null beginnend durchnummeriert. Ein moderne Festplatte hat einige zehntausend Spuren auf jeder Seite ihrer Platten.

Die Festplatte greift auf die Daten zu, indem ein Motor (der "Schrittmotor") die Schreib-/Leseköpfe über die Spuren bewegt. Jede Spur kann Tausende Bytes Daten beherbergen. Der Einfachheit halber wird in kleinen Einheiten, den sogenannten Sektoren, auf die Daten zugegriffen. Ein Sektor umfasst 512 Byte Nutzdaten und einige Bytes interner Daten für die Steuerelektronik der Platte.

Eine Gruppe übereinanderliegender Spuren wird "Zylinder" genannt. Ebenso wie Spuren werden



Vereinfachte Darstellung: Jede Festplatte ist in Spuren, Sektoren und Zylinder eingeteilt.

Zylinder von der Außenseite ausgehend und mit Null beginnend durchnummeriert. Bei einer Standardfestplatte mit drei Platten und sechs Schreib-/Leseköpfen entspricht also ein Zylinder einer Gruppe aus sechs Spuren – jede auf einer der sechs Seiten des Plattenstapels.

Diese Bezeichnung hat ihren Grund in einer technischen Besonderheit: Die Schreib-/Leseköpfe einer Festplatte können nicht unabhängig voneinander bewegt werden. Das heißt: Wenn die Festplatte auf einer Platte die Spur 15 anfahren will, bewegen sich alle Schreib-/Leseköpfe über Spur 15.

Die Gesamtzahl der Sektoren: Die Gesamtzahl der Sektoren einer Festplatte errechnet sich nach der Formel

$$\text{Köpfe} \times \text{Zylinder} \times \text{Sektoren pro Zylinder}$$

Das Rechner-BIOS (BIOS: Basic Input/Output-System) und einige Programme zur Einrichtung einer Festplatte arbeiten mit Hilfe der Angabe von Köpfen, Sektoren und Zylindern. Aufgrund einiger technischer Einschränkungen eines Computer-BIOS wird allerdings selten die originale Anzahl von Köpfen, Sektoren und Zylindern benutzt, sondern stattdessen mit Hilfe eines in die Festplattelektronik eingebauten Verfahrens und einer Erweiterung des BIOS die Einteilung umgerechnet. Diese technischen Details sind allerdings bei der Betrachtung des Dateisystems auf der Festplatte ohne Belang. Zur Vereinfachung wird eine Festplatte so betrachtet, als sei sie eine Reihe von fortlaufenden Sektoren aufgeteilt, die bei 0 beginnend durchnummeriert werden.

Dateisysteme: Eine Reihe abfolgend durchnummerierter Sektoren ermöglicht noch keine sinnvolle Arbeit mit der Festplatte. Damit das Betriebssystem des Rechners die Festplatte benutzen kann, benötigt es ein sogenanntes Dateisystem. Diese Bezeichnung ist ein Sammelname für die logische Organisation der Festplatte und die Software, die den Zugriff auf die Festplatte regelt.

Jedes Betriebssystem – ob Windows, Linux oder OS/2 – besitzt ein eigenes Dateisystem und damit eine spezifische Art und Weise, die Festplatte zu organisieren. Das Windows-Dateisystem wird auch FAT-Dateisystem genannt, da die zentrale Organisationsstruktur die FAT (File Allocation Table, in Deutsch die "Dateizuordnungstabelle") ist. Das FAT-Dateisystem informiert Windows darüber, an welchen Stellen auf der Festplatte bestimmte Dateien zu suchen sind. Außerdem regelt das Dateisystem die Vergabe von Dateinamen und weiteren internen Datenstrukturen wie zum Beispiel dem Datum, an dem die Datei erzeugt wurde.

Neben dem betriebssystemspezifischen Dateisystem gibt es jedoch auch noch einige logische Strukturen auf der Festplatte, die unabhängig vom verwendeten Dateisystem sind. Dies ist vor allem die Partitionstabelle, in der die verschiedenen Partitionen (Abschnitte) auf der Festplatte eingetragen sind.

Partitionen und logische Laufwerke

Moderne Betriebssysteme wie Windows bieten die Möglichkeit, eine Festplatte in eine oder mehrere Partitionen einzuteilen. Eine Partition ist ein Abschnitt auf der Festplatte, der für einen bestimmten Zweck genutzt werden kann. Welcher Zweck dies ist, ist abhängig vom Dateisystem. Unix-Varianten wie Linux nutzen Partitionen beispielsweise zur Trennung von Betriebssystemkern und allen anderen Programmen sowie den Anwenderdaten. Windows nutzt Partitionen, um auf der Festplatte neben dem Startlaufwerk C: noch ein oder mehrere weitere Laufwerke (D:, E:, ...) anzubieten.

"Master Boot Record" und Partitionstabelle: Die Kernstruktur einer Festplatte befindet sich auf dem ersten Sektor mit der Nummer 0 (Kopf 0, Zylinder 0, Sektor 0). Dieser Sektor einer Festplatte ist lebenswichtig: Er enthält alle Informationen, die der Computer beim Startvorgang benötigt, um einen magnetisierbaren Plattenstapel in einem Blechgehäuse in ein nutzbares Laufwerk zu verwandeln.

Auf dem Sektor 0 befindet sich das sogenannte "Master Boot Record" (MBR). Er enthält ein kleines Startprogramm, das der Rechner nach dem Anschalten als erstes ausführt. Es leitet die weitere Startprozedur, in deren Verlauf Windows hochfährt.

Neben diesen Startprogrammenseitigen MBR die "Partitionstabelle". Sie informiert den Rechner

darüber, wie die Festplatte aufgeteilt ist und wo sich das Betriebssystem befindet. Jede Festplatte muss zumindest eine Partition besitzen. Sie sorgt dafür, dass Windows auf die Festplatte als Laufwerk zugreifen kann. Das Bild zeigt eine Partitionstabelle, wie sie von einem geeigneten Hilfsprogramm, hier dem "Norton Disk Editor", angezeigt wird. Ein Hinweis am Rande: Norton Disk Editor zählt Sektoren mit 1 beginnend.

System	start	seite	zyl.	sektor	Endposition	seite	zyl.	sektor	Relative	Anzahl der
									sektoren	sektoren
FAT32	Ja	1	0	1	254	555	63		63	8932077
EXTNDX	Nein	0	556	1	254	1022	63		8932140	8916075
unused	Nein	0	0	0	0	0	0		0	0
unused	Nein	0	0	0	0	0	0		0	0

Die Partitionstabelle: So sieht die Aufteilung einer typischen Windows Festplatte mit zwei Partitionen aus.

Die Partitionstabelle ist nur eine sehr kleine Datenstruktur, die lediglich den Platz für maximal vier Einträge reserviert. Das heißt: Sie können auf einer Festplatte – völlig unabhängig von ihrer Größe – nur vier Partitionen anlegen. Diese vier Partitionen heißen "primäre Partitionen".

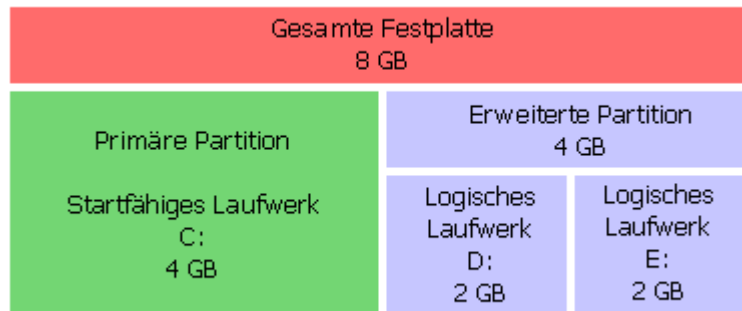
Um mehr als vier Partitionen nutzen zu können, bieten verschiedene Betriebssysteme Möglichkeiten zum Erzeugen von logischen Partitionen an, die miteinander die primären Partitionen verknüpft sind.

Primäre und erweiterte Partitionen

Jede Festplatte **muss** mindestens eine Partition enthalten, damit überhaupt ein Betriebssystem installiert werden kann. Die erste Partition einer Festplatte beginnt üblicherweise auf Kopf 1, Zylinder 0, Sektor 0 – also auf Sektor 63. Windows nutzt im Normalfall die gesamte Festplatte für seine primäre Partition. Es ist jedoch möglich, die primäre Partition für Windows zu verkleinern und eine weitere primäre Partition zu erzeugen, um beispielsweise Linux zusammen mit Windows auf einem Rechner zu installieren.

Aufgrund einer historischen, auf MS-DOS begründeten Einschränkung kann Windows aber nur zwei Partitionen erzeugen und nutzen: Eine "primäre Partition" (das Startlaufwerk C:) und eine "erweiterte Partition", auf der sich bis zu 24 verschiedene "logische Partitionen" erzeugen lassen. Da jede der logischen Partitionen für ein einzelnes Laufwerk (D:, E:, etc.) reserviert werden muss, nennt man sie auch "logische Laufwerke". Im Unterschied zum Laufwerk C:, das Windows immer auf der primären Partition erzeugt, sind logische Laufwerke nicht startfähig. Anders ausgedrückt: Windows muss in Systemen mit einer Festplatte immer auf Laufwerk C: installiert werden.

Die Informationen über die erweiterte Partition und die logischen Laufwerke werden etwas anders verwaltet als die Informationen für primäre Partitionen: Die Partitionstabelle enthält einen Eintrag für eine erweiterte Partition, die auf die erste erweiterte Partitionstabelle mit Informationen über das erste logische Laufwerk verweist. Diese erweiterte Partitionstabelle wiederum verweist auf die Tabelle für das nächste logische Laufwerk und so weiter. Die erweiterten Informationen befinden sich auf dem ersten Sektor der erweiterten Partition.



Festplatte, Partition und Laufwerk: Eine Festplatte kann mehrere Partitionen enthalten. Der PC -Nutzer sieht sie als "logische Laufwerke".

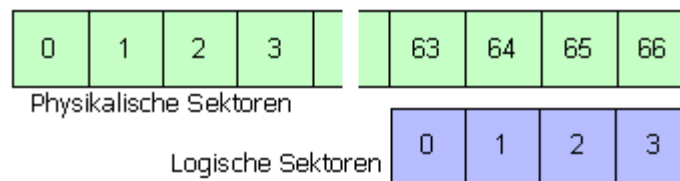
Das Schema zeigt die gleiche äßige Einteilung einer 8 -GB-Festplatte in zwei Partitionen und drei Laufwerke. Die prim äre Partition nimmt die erste H älfte der Festplatte ein, die erweiterte Partition die zweite H älfte. Dies bedeutet: Laufwerk C: ist auf jeden Fall 4 GB groß. Die Gr öße der beiden weiteren logischen Laufwerke ist beliebig w ählbar, sie k önnen jedoch zusammen nur maximal 4 GB groß werden.

Physikalische und logische Sektoren

Die Partitionstabelle enth ält Informationen über den Beginn und das Ende eines f ür Dateisysteme reservierten Abschnitts auf der Festplatte. Ein Beispiel: Ein typische prim äre Partition f ür Windows beginnt auf dem Sektor 63 und ist 8,9 Millionen Sektoren lang. Dies entspricht einer Partitionsgr öße von rund 4 GB.

W ährend des Startprozesses und zur Identifikation des Startlaufwerks nutzt der PC die in der Partitionstabelle eingetragenen Sektorangaben. Auf der Windows -Ebene gibt es jedoch keine Partitionstabelle und keine Partitionen – hier sind nur Laufwerke bekannt. Das Dateisystem "erkennt" nur diejenigen Sektoren, die f ür seine Zwecke reserviert sind. Diese Sektoren werden auch als logische Sektoren bezeichnet.

Die Angabe eines "physikalischen Sektors" (auch "absoluter Sektor" genannt) bezieht sich auf die Festplatte und ist unabh ängig von der Einteilung in Partitionen und Laufwerke. Ein "logischer Sektor" dagegen ist ein Sektor innerhalb eines Dateisystems – zum Beispiel des Laufwerks C:.

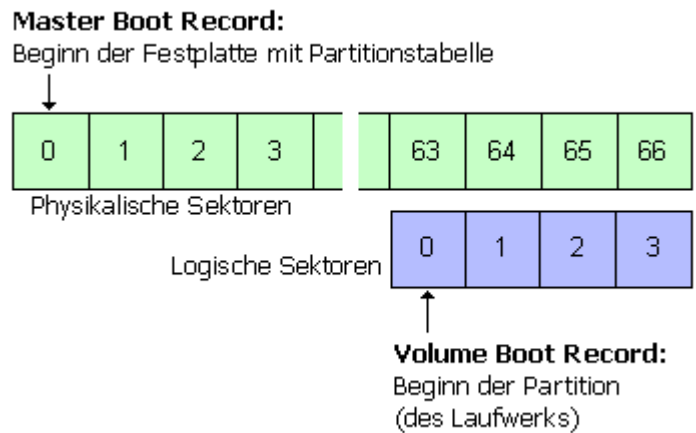


Verschiedene Arten von Sektoren: Physikalische Sektoren bezeichnen Datenabschnitte auf der Festplatte, logische dagegen Abschnitte, die das Dateisystem verwaltet.

Beide Arten von Sektoren werden mit 0 beginnend durchnummeriert. Allerdings sind physikalische und logische Sektoren nicht deckungsgleich. Der physikalische Sektor 0 ist immer der erste Sektor am "Beginn" der Festplatte. Der logische Sektor 0 markiert zwar den Beginn eines Laufwerks, liegt aber auf einer typischen Festplatte mit Windows beispielsweise auf dem 64. physikalischen Sektor mit der Nummer 63 – die ersten 63 Sektoren von 0 bis 62 werden nicht von Windows benutzt.

Der Boot Record eines logischen Laufwerks: Jedes Laufwerk besitzt noch ein eigenes Boot Record, das manchmal auch "Volume Boot Record" oder kurz VBR genannt wird. Er befindet sich

auf dem ersten (logischen) Sektor einer Partition. Dessen physikalische Sektornummer lässt sich aus der Partitionstabelle ermitteln. Er enthält Informationen über das logische Laufwerk, die von Windows beim Start ausgewertet werden, sowie ein weiteres Startprogramm, das vom Hauptstartprogramm im MBR aufgerufen wird.



Master Boot Record und Volume Boot Record: Derein gearbeitet mit physikalischen, deranderemit logischen Sektoren.

Direkt im Anschluss an den Boot Record gibt es noch einen Sektor mit weiteren Informationen, der den Namen "FSINFO Sector" (File System Information Sector) trägt. Er enthält zusätzliche Informationen über das Dateisystem der Partition.

Das folgende Bild zeigt den Aufbau von Boot Record und FSINFO-Block, wie er von einem geeigneten Hilfsprogramm (hier: Norton Disk Editor) angezeigt wird. Sie sehen, dass eine große Zahl an Informationen enthält, die alle für die korrekte Funktionieren von Windows benötigt werden.



Eine Fülle von Daten: Mit Hilfe eines Programms wie "Norton Disk Editor" lassen sich wichtige Informationen einer Festplatte anzeigen.

Sos startet Windows

Die bisher vorgestellten logischen Strukturen MBR, Partitionstabelle und VBR sorgen für den korrekten Start von Windows 95/98. Dieser Prozess läuft (bei Festplatten) ungefähr so ab:

Schritt 1: Nachdem Einschalten des Rechners wird zunächst das BIOS aktiv. Es überprüft unter anderem die Verfügbarkeit der Laufwerke und beginnt meist auf Laufwerk A: mit einem Startversuch. Wenn keine Diskette eingelegt ist, liest es den Master Boot Record der ersten Festplatte aus und lädt das dort vorhandene Hauptstartprogramm (den "Master Boot Code") in den Hauptspeicher und übergibt die Kontrolle an dieses Programm.

Schritt 2: Das Hauptstartprogramm wertet nun die Partitionstabelle aus. Es erfüllt hier bei zwei Aufgaben: Die Suche nach einer erweiterten Partition und die Suche nach einer primären Partition, die als "aktiv" (also startfähig) markiert ist.

Schritt 3: Wenn das Hauptstartprogramm eine erweiterte Partition entdeckt, interpretiert es zunächst die Abfolge aller vorhandenen erweiterten Partitionstabellen für die verschiedenen logischen Laufwerke in der erweiterten Partition.

Schritt 4: Sobald das Hauptstartprogramm eine evtl. vorhandene erweiterte Partition ausgewertet hat, sucht es nach einer primären Partition, die als "aktiv" markiert ist. Wenn eine solche Partition nicht gefunden wurde, bricht es mit einer Fehlermeldung wie "No boot device" ab.

Schritt 5: Wenn das Hauptstartprogramm eine aktive Partition gefunden hat, wird das Startprogramm im Volume Boot Record (der "Volume Boot Code") der primären Partition in den Hauptspeicher des Rechners geladen. Anschließend übergibt es die Kontrolle an das VBR - Startprogramm.

Schritt 6: Anschließend sucht das VBR - Startprogramm nach dem Windows - Ladeprogramm "io.sys" sowie der Hauptkonfigurationsdatei "msdos.sys". Wenn diese Dateien nicht gefunden werden, bricht das VBR - Startprogramm mit der Meldung "No system disk" oder "Unusable system" ab.

Schritt 7: Falls das VBR - Startprogramm den Windows - Lader ("io.sys") entdeckt hat, wird er in den Hauptspeicher geladen und ausgeführt. Anschließend übernimmt dieses Programm die Kontrolle über den sehr aufwendigen Startprozess von Windows 95/98.

Somit zur Datenstruktur, mit der eine Festplatte oder eine Diskette arbeitet. Wie Windows diese Struktur nutzt, um Dateien zu organisieren, lesen Sie im Beitrag zum [Dateisystem FAT32](#) ^[1].

Einen ausführlichen Überblick über die Datenstruktur bietet der Tabellenteil [FAT-Strukturen zum Nachschlagen](#) ^[2].

Die Links aus diesem Artikel:

[1] http://www.computerchannel.de/knowhow/fat32/fat32_1.phtml

[2] <http://www.computerchannel.de/knowhow/fat32tabellen/>

Die Online - Version dieses Artikels finden Sie unter http://www.computerchannel.de/knowhow/hdorg/hdorg_1.phtml