

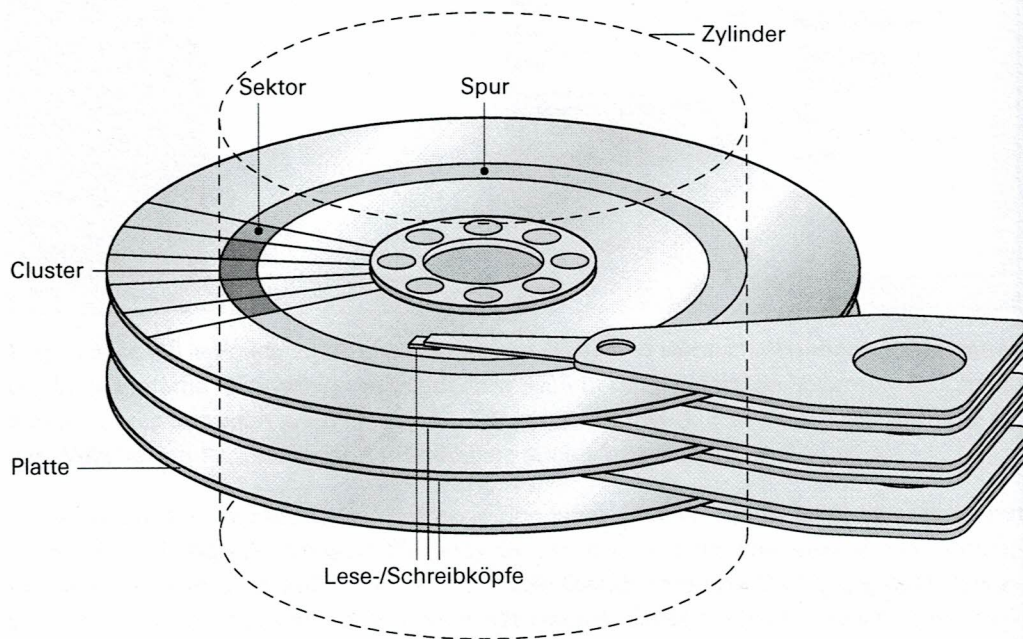
5 Partitionierung und Dateisystem planen

Unterschiedliche Betriebssysteme stellen unterschiedliche Anforderungen an die Struktur einer Festplatte. Um ein System aufzubauen, das wunschgemäß funktioniert, müssen Sie den physikalischen Aufbau einer Festplatte kennen und verstehen, wie das Betriebssystem mit der Partitionierung der Festplatte und dem Dateisystem zusammenhängt. In diesem Kapitel erfahren Sie wichtige Aspekte, die bei der Planung der Partitionierung und des Dateisystems eine Rolle spielen.

5.1 Wie ist eine Festplatte aufgebaut?

Um die Vorgänge bei der Verwaltung einer Festplatte durch das Betriebssystem bzw. durch das Dateisystem zu verstehen, müssen Sie die wichtigsten Bestandteile einer Festplatte kennen. Folgende Abbildung zeigt den schematischen Aufbau einer Festplatte:

[5-1] Aufbau einer Festplatte



5.1.1 Spur^[1]

Eine Festplatte besteht aus einem Stapel von Speicherplatten, die mit einer Schicht aus magnetisierbarem Material überzogen sind. Jede Platte ist dabei in mehrere Spuren und Sektoren unterteilt. Eine Spur ist derjenige Speicherbereich, der im gleichen Abstand vom Zentrum der Platte liegt. Die Daten auf einer Spur können gelesen werden, ohne dass sich die Lese-/Schreibköpfe bewegen müssen. Die Spur 0 liegt am äußersten Rand der Platte. Die Spur mit der höchsten Nummer liegt in der Nähe der Drehachse.

[1] Engl. Fachbegriff: Track.

5.1.2 Sektor

Ein Sektor ist die kleinste Speichereinheit, auf die auf einer Festplatte zugegriffen werden kann. Ein Sektor entspricht einem bestimmten Abschnitt einer Spur und umfasst standardmässig 512 Byte (Industriestandard für alle PC-Festplatten). Aktuelle Festplatten weisen ca. 63 Sektoren pro Spur auf.

5.1.3 Zylinder

Die senkrecht übereinander liegenden Spuren aller Platten bilden gemeinsam einen Zylinder. Da die Lese-/Schreibköpfe fest miteinander verbunden sind und sich gemeinsam bewegen, können alle Spuren gleichzeitig gelesen und beschrieben werden, die sich an der gleichen Position der Lese-/Schreibköpfe befinden. Mit anderen Worten: Die «Daten eines Zylinders» können einerseits gleichzeitig gelesen werden, andererseits werden zusammengehörige Daten auf dem gleichen Zylinder abgelegt. Weil in diesem Fall keine Bewegung der Lese-/Schreibköpfe nötig ist, kann der Datenzugriff und die Datenablage schneller erfolgen.

5.1.4 Cluster bzw. Block

Ein Cluster (bei Linux auch Block genannt) ist die kleinste Speichereinheit, die ein Dateisystem lesen und beschreiben kann, und besteht aus einem oder mehreren benachbarten Sektoren. Typische Clustergrößen^[1] sind 2, 4, 8, 16 oder 64 Sektoren. Die Clustergrösse beträgt dann jeweils 1, 2, 4, 8 oder 32 KB. Cluster erlauben eine effiziente Verwaltung sehr grosser Festplatten, da Dateisysteme nicht einzelne Sektoren lesen, sondern nur ganze Cluster. Auf der anderen Seite belegt jede Datei mindestens einen Cluster. So kann im Extremfall eine Datei mit 100 Bytes Grösse einen Cluster von 32 KB in Anspruch nehmen. Wenn also viele kleine Dateien auf der Festplatte gespeichert werden, liegt ein beträchtlicher Teil der Festplatte ungenutzt brach.

5.2 Was sind Partitionen einer Festplatte?

Partitionen^[2] sind voneinander unabhängige Abschnitte bzw. Speicherbereiche einer Festplatte. Diese sind für den Benutzer als einzelne Laufwerke sichtbar (z.B. als **C:** und **D:** unter MS Windows). Jede Partition kann ihr eigenes Dateisystem haben und Fehler in einer Partition betreffen den Rest der Festplatte nicht.

5.2.1 Partitionssektor und Partitionstabelle

Die Informationen über die Partitionen einer Festplatte werden in der so genannten **Partitionstabelle**^[3] ganz am Anfang der Platte abgelegt. Der erste Sektor der Festplatte heisst deshalb **Partitionssektor**^[4]. Der Partitionssektor ist bei allen PC-Festplatten unabhängig vom Betriebssystem gleich gegliedert. Die Partitionstabelle enthält pro Partition folgende Informationen:

[1] Die Clustergrösse wird bei der Formatierung einer Partition festgelegt.

[2] Abgeleitet vom englischen Wort «part» = Teil.

[3] Engl. Fachbegriff: Partition Table.

[4] Auch Master Boot Record (kurz: MBR) genannt, da sich darin der Bootloader befindet, der beim Starten eines PCs als Erstes ausgeführt wird.

Bus wird also mit **hda** bezeichnet. Die erste Partition auf dieser Festplatte wird mit **hda1** bezeichnet und ist im Dateisystem unter **/dev/hda1** zu finden. Die dritte Partition auf dem zweiten Laufwerk wird mit **hdb3** bezeichnet. Primäre Partitionen erhalten dabei Nummern von 1–4, logische Partitionen dann solche ab 5. Diese Bezeichnungen können nicht geändert werden, da sie Geräte im System abbilden. Eine Änderung der Bezeichnungen (z. B. aus organisatorischen Gründen wie bei MS Windows) ist aber gar nicht notwendig, da ein Benutzer wegen der Organisation des Dateisystems^[1] gar nie mit den einzelnen Partitionen direkt in Kontakt kommt.

Windows kennzeichnet Partitionen mit Buchstaben zwischen **C:** und **Z:**. Die Buchstaben **A:** und **B:** sind für Diskettenlaufwerke reserviert. Bei mehreren Festplatten kommen zuerst alle aktiven primären Partitionen (Bootpartitionen) und anschließend die logischen Partitionen an die Reihe. Bei einer Festplatte heisst also die Bootpartition **C:**, die erste logische Partition **D:** usw. Bei zwei Festplatten mit je einer primären und zwei logischen Partitionen ist **C:** die Bootpartition der ersten, **D:** jene der zweiten Festplatte, danach kommen **E:** und **F:** als logische Partitionen der ersten Festplatte und **G:** und **H:** als logische Partitionen der zweiten Festplatte.

Neuere Versionen von MS Windows (ab Windows NT) erlauben auch das beliebige Umbenennen von Partitionen. Auch Netzlaufwerke werden mit einem vom Benutzer zugewiesenen Laufwerkbuchstaben bezeichnet, meist aber mit Buchstaben von Ende des Alphabets.

5.3 Was ist ein Dateisystem?

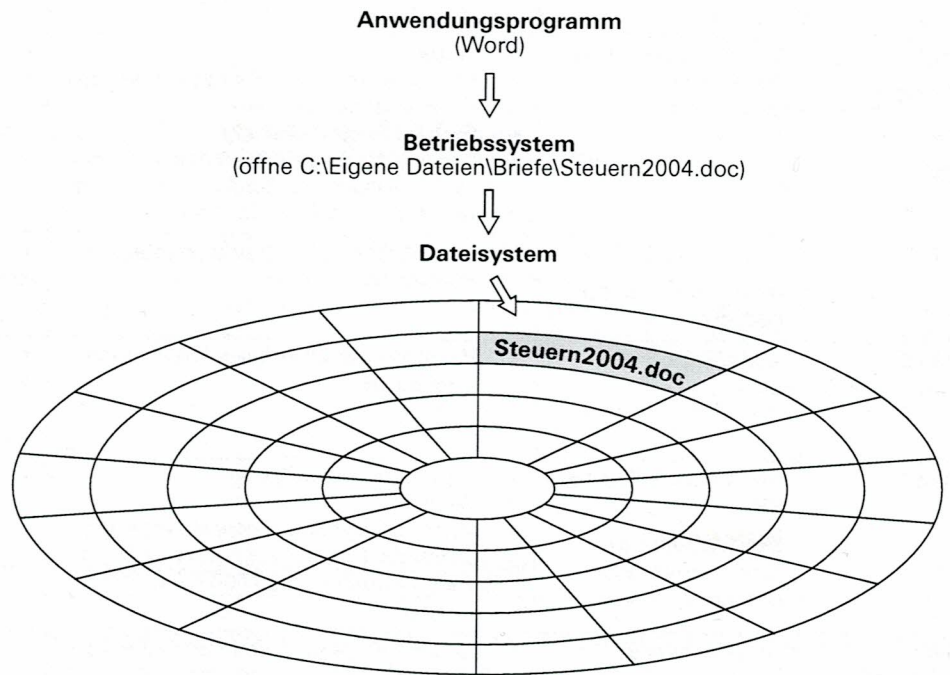
Das Dateisystem^[2] kann als **Schnittstelle zwischen dem Betriebssystem und den Partitionen** (bzw. den Laufwerken) aufgefasst werden. Wenn eine Anwendungssoftware (z. B. Word) eine Datei von der Festplatte anfordert, befiehlt das Betriebssystem (z. B. Windows) dem Dateisystem (z. B. FAT oder NTFS), die gewünschte Datei zu öffnen. Das Dateisystem weiss, wo die entsprechende Datei abgelegt ist, findet sie, liest die relevanten Clusters und liefert sie dem Betriebssystem.

[1] Ein Wurzelverzeichnis und Abbildung der Partitionen in Unterverzeichnisse über so genannte Mountpoints.

[2] Engl. Fachbegriff: Filesystem.

Dieses Zusammenspiel lässt sich wie folgt veranschaulichen:

[5-4] Zusammenspiel zwischen Anwendungsprogramm, Betriebssystem und Dateisystem



Das Dateisystem legt die Art und Weise fest, wie die Daten auf einer Festplatte bzw. Partition gespeichert und verwaltet werden. Da diese Aufgaben von unterschiedlichen Dateisystemen unterschiedlich gelöst werden, hat jedes Dateisystem seine Vor- und Nachteile (z. B. betreffend Geschwindigkeit, Zuverlässigkeit oder Sicherheit).

Bezüglich der Zuverlässigkeit hat bei modernen Dateisystemen v. a. das Journaling an Bedeutung gewonnen. Diese Funktion zeichnet die Aktionen des Dateisystems fortlaufend in einer speziellen Journal-Datei auf. Nach einem Absturz oder bei anderen Problemen kontrolliert das Betriebssystem im Journal, welche Aktionen noch nicht abgeschlossen wurden. Danach müssen lediglich diese Aktionen wiederholt werden, statt die komplette Festplatte auf Fehler hin zu untersuchen (z. B. mittels chkdsk oder scandisk). Die Reparatur einer grossen Partition mit Journaling dauert dann nur wenige Sekunden statt mehrere Stunden.

In der folgenden Übersicht finden Sie weit verbreitete Dateisysteme für Festplatten mit ihren typischen Einsatzgebieten und spezifischen Vor- und Nachteilen:

Betriebssystem	Unterstützte Dateisysteme
Windows 2000/XP	FAT12, FAT16, FAT32 , NTFS4 , NTFS5 [2]
OS/2	FAT12, FAT16, HPFS
Novell NetWare	Netware Dateisystem
Mac OS	HFS, HFS+ , FAT16, FAT32
Linux	ext2 , ext3 , ReiserFS , XFS , JFS , Minix, FAT12/16/32, NTFS

[1] Heute nur noch für Disketten.

[2] Es gibt einige Open-Source-Programme für den Lesezugriff auf Linux-Dateisysteme unter Windows, z. B. Explore2fs für ext2 oder rfstools für Reiserfs. Viele davon sind momentan allerdings noch nicht ausgereift.

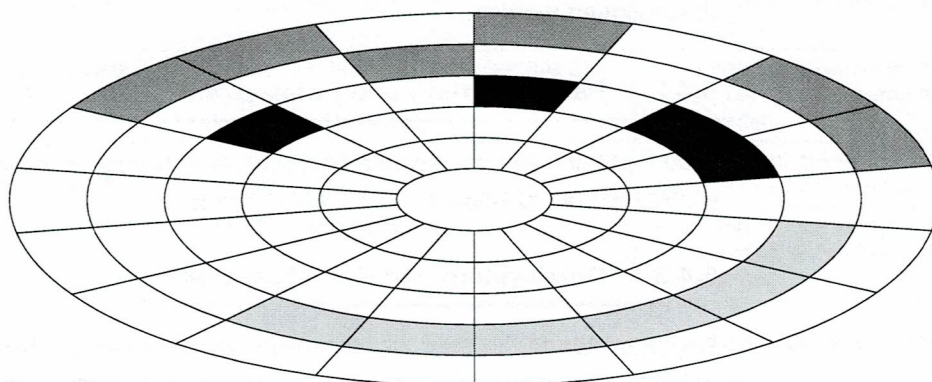
5.4.4 Dateisystem und Fragmentierung

Stellen Sie sich vor, eine grosse Datei belegt mehrere Cluster auf der Festplatte. Liegen diese Cluster räumlich nebeneinander, können die Dateien rasch gelesen werden, da die Lese-/Schreibköpfe nur einen kurzen Weg zurücklegen müssen.

In der Praxis liegen die Dateien aber meist «fragmentiert» auf der Festplatte und nicht in aufeinander folgenden Clustern. Der Grund: Wenn Sie auf einer neuen Festplatte eine Datei abspeichern, werden mehrere aufeinander folgende Cluster beschrieben. Dies geschieht so lange, bis es auf der Festplatte keine freien Cluster mehr gibt. Nun muss das Dateisystem auf Cluster zurückgreifen, die bereits beschrieben worden sind, deren Inhalte aber gelöscht wurden. Beim Löschen von Dateien entstehen freie Speicherbereiche unterschiedlicher Grösse. Eine neu zu speichernde Datei wird auf diese freien Bereiche aufgeteilt und über die Festplatte verstreut («fragmentiert»).

Mit der Zeit wird die Fragmentierung zu einem Problem. Je mehr Dateien auf der Festplatte gespeichert werden, desto weiter schreitet die Zerstückelung fort. Die negativen Folgen: Es entsteht immer mehr freier Platz zwischen den Dateien und der Datenzugriff verlangsamt sich, da die Lese-/Schreibköpfe andauernd verschoben werden müssen, um die weit verstreuten Dateien zu lesen. Folgende Abbildung soll diesen Sachverhalt verdeutlichen:

[5-5] Fragmentierte Festplatte (Beispiel)



Legende:

- Nicht fragmentierte Datei 1
- Fragmentierte Datei 2
- Fragmentierte Datei 3

Die Fragmentierung kann mithilfe von **Defragmentierungs-Tools** behoben werden. Diese Programme fügen die auf der Festplatte verstreuten Teile einer Datei wieder zusammen.

Bei grossen Festplatten kann die Defragmentierung aber viele Stunden oder sogar Tage in Anspruch nehmen.

Fragmentierung kommt prinzipiell bei allen Dateisystemen vor. Neuere Dateisysteme (NTFS, ext3, ReiserFS) haben jedoch eine intelligentere Verwaltung von Clustern. Sie füllen leere Cluster nicht einfach der Reihe nach auf, sondern versuchen, möglichst grosse Blöcke zu bilden, die möglichst nahe beieinander liegen. Ausserdem dauert das Suchen nach den Clustern einer Datei bei modernen Dateisystemen aufgrund besserer Suchalgorithmen weniger lang.

Kritisch ist die Fragmentierung bei allen FAT-Varianten. Diese Dateisysteme sollten regelmässig defragmentiert werden. Weniger problematisch ist die Fragmentierung bei den Dateisystemen NTFS und ext2 bzw. ext3. Zu den modernen Dateisystemen ReiserFS und XFS werden gar keine Defragmentierungs-Tools mehr mitgeliefert, da diese Dateisysteme kaum mehr fragmentieren.

Wenn die Defragmentierung zu lange dauert oder das Dateisystem kein Defragmentierungs-Tool zur Verfügung stellt, ist die Alternative zur Defragmentierung ein vollständiges Backup. Wenn Sie die Partition nach dem kompletten Backup formatieren und das Backup zurückspielen, ist die Festplatte wieder defragmentiert.

5.4.5 Dateisystem und Formatierung

Bei der Formatierung einer Partition mit einem bestimmten Dateisystem wird die betreffende Partition organisiert und auf die Datenspeicherung vorbereitet. Die Formatierung kann mit der Einrichtung einer Bibliothek verglichen werden. Bevor Sie Bücher (Dateien) in die Regale (Verzeichnisse) stellen können, müssen die Regale aufgestellt und ein System zur Katalogisierung eingeführt werden. Ähnlich ist es bei einem Speichermedium, wobei das Dateisystem den Katalog darstellt, um die gewünschten Bücher zu finden.

Unter «**Low-Level-Formatierung**» wird die Einteilung der Festplatte in Spuren und Sektoren (unabhängig vom später gewählten Dateisystem) verstanden. Die «Low-Level-Formatierung» wird bereits vom Hersteller durchgeführt und muss vom Systemadministrator i. d. R. nicht wiederholt werden; sie ist nur mit Spezialprogrammen des jeweiligen Herstellers möglich.

Was landläufig unter Formatierung verstanden wird, ist bereits der zweite Schritt: die Erstellung einer Dateistruktur für ein bestimmtes Dateisystem.

Eine Festplatte lässt sich unterteilen in **Partitionen**. Es gibt primäre (höchstens vier), erweiterte (höchstens drei, statt primäre) und logische Partitionen (beliebig viele), wobei die erweiterten Partitionen als Behälter für logische Partitionen dienen.

Die Daten über die Partitionen werden in der Partitionstabelle im **Master Boot Record** abgelegt. Jede Partition ist für sich formatierbar und erscheint für den Benutzer als logischer Datenträger.

Es gibt verschiedene **Gründe** dafür, eine Festplatte in mehrere Partitionen zu unterteilen, u. a. braucht jedes Betriebssystem seine eigene Partition. Betriebssysteme bevorzugen meist **ein bestimmtes Dateisystem**, verfügen jedoch oft auch über Treiber für andere Dateisysteme. Die verschiedenen Dateisysteme haben unterschiedliche Eigenschaften hinsichtlich maximaler Grösse, Robustheit, Kompatibilität, Anfälligkeit für Fragmentierung, Journaling und Zugriffsrechte.