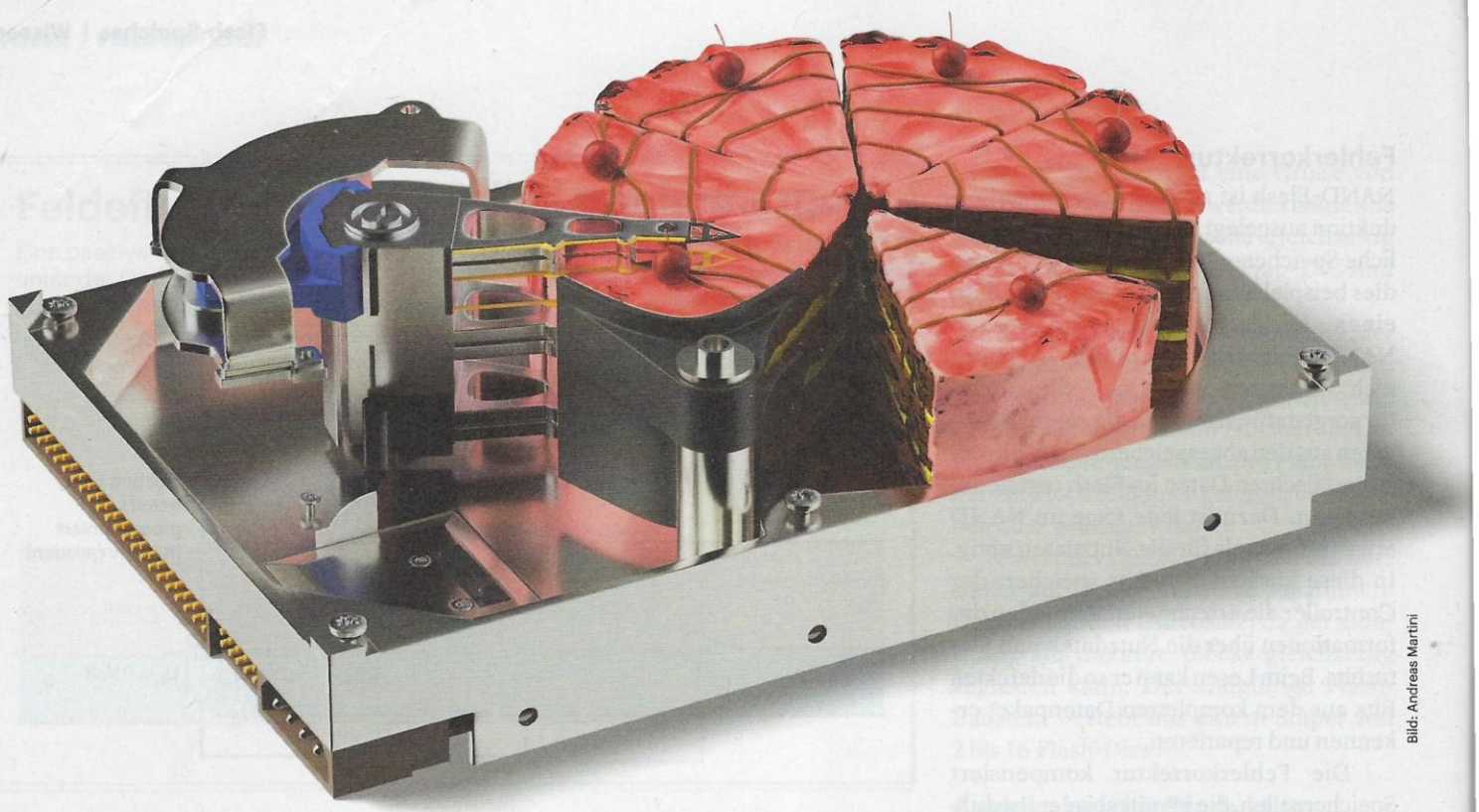


Bild: Andreas Martini

Datenbuffet

MBR oder GPT, FAT oder NTFS: Wer braucht was?

Eine neue Festplatte oder SSD, die man in einen Windows-Rechner einbaut oder zum ersten Mal daran anschließt, will in der Regel partitioniert und formatiert werden, bevor man sie benutzen kann. Mit dem Wissen um die verfügbaren Formate und Optionen holen Sie für Ihren Anwendungsfall das Optimum heraus.

Von Hajo Schulz

Festplatten, SSDs, USB-Sticks und Konsorten sind von Haus aus nicht besonders schlau: Abgesehen von Wartungsfunktionen besteht ihre logische Schnittstelle aus nicht viel mehr als einer Anzahl von durchnummerierten Speicherblöcken, sogenannten Sektoren. Jeder Sektor hat Platz für eine vorbestimmte Anzahl von Bytes und kann nur am Stück beschrieben oder ausgelesen werden. Desktop-Laufwerke fassen meist 512 Bytes pro Sektor, nach und nach setzen sich auch Festplatten mit 4096 Bytes großen Sektoren durch (4K-Sektoren).

Von denen hat beispielsweise eine Terabyte-Platte 2^{28}, also gut 268 Millionen Stück. Da wäre es ziemlich unpraktisch, wenn man sich als Anwender merken müsste, in welchen Sektoren etwa das Word-Dokument mit dem eigenen Lebenslauf gespeichert ist. Das möchte man doch eher unter einem leicht zu merkenden Dateinamen finden und Dateien in Ordner sortieren. Genau dafür gibt es Dateisysteme: Sie vermitteln zwischen physischen Sektoren auf dem Datenträger und der logischen Sicht aus Dateien und Ordnern.

Aufgeteilt

Ein Datenträger kann nicht nur ein Dateisystem haben, sondern mehrere. Das ist zum Beispiel praktisch, wenn man auf einem Rechner mit nur einer Festplatte mehrere Betriebssysteme betreiben möchte: Dann bekommt jedes eine eigene Partition, also einen abgeteilten Bereich auf dem Datenträger, der nach außen wie ein eigenes Laufwerk aussieht. Jedes dieser logischen Laufwerke besitzt dann sein eigenes Dateisystem.

Beschreibt der Begriff Partition die physische Sicht der Dinge auf dem Datenträger, so ist in der Windows-Welt für ein logisches Laufwerk eher der Begriff Volume üblich. Auf Desktop-Rechnern sind die mit großem Abstand am häufigsten vorkommenden Laufwerke „einfache" Volumes, die genau eine komplette Partition umfassen. Das muss aber nicht so sein: RAID-Verbünde, „erweiterte" Volumes und Storage Spaces [1] können Partitionen auch über mehrere physische Datenträger hinweg zu einem logischen Laufwerk zusammenfassen, dessen Inhalte dann ein gemeinsames Dateisystem verwaltet. Zudem ist es nicht ungewöhn-

lich, dass ein Systemlaufwerk Partitionen enthält, auf denen gar kein Volume eingerichtet ist, beispielsweise eine MSR-Partition (MicroSoft Reserved), die Windows bei der Installation für künftige Erweiterungen reserviert [2]. Was Sie im Explorer unter „Dieser PC“ angezeigt bekommen, sind also streng genommen keine Laufwerke oder Partitionen, sondern Volumes – und auch nur die, die einen Laufwerksbuchstaben abbekommen haben. Umgangssprachlich redet man aber häufig von Partitionen, wo eigentlich Volumes gemeint sind.

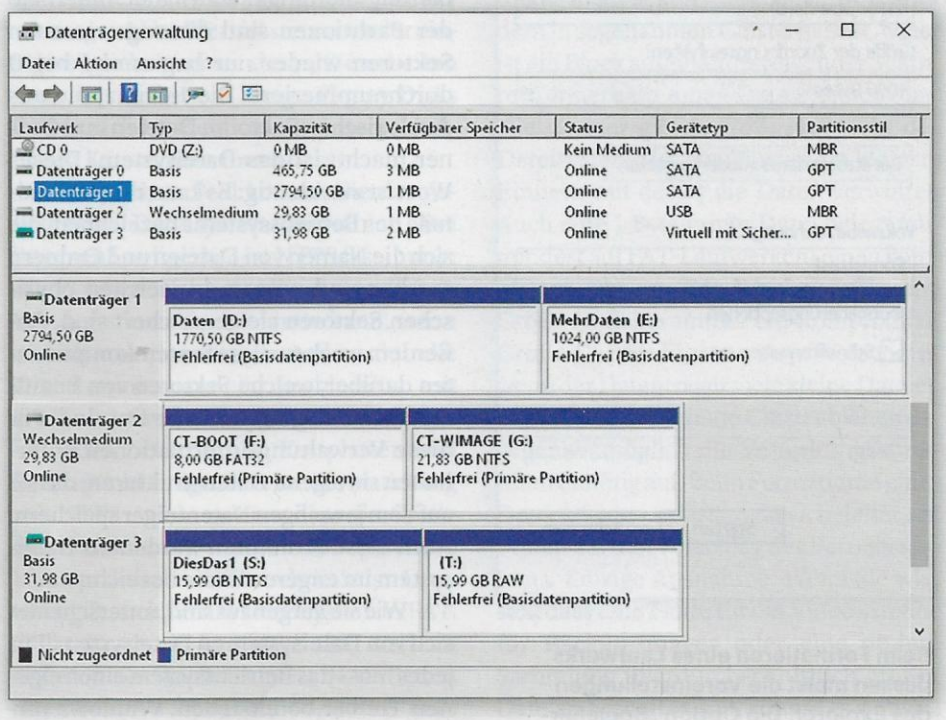
Um festzulegen, welche Sektoren eines Datenträgers zu welcher – physischen – Partition gehören, sind im PC-Bereich zwei Schemata gebräuchlich, die mit den Abkürzungen MBR und GPT gekennzeichnet werden. MBR steht für „Master Boot Record“ und bezeichnet eigentlich den allerersten Sektor (Sektor 0) des Datenträgers. Sein Name rührt daher, dass er unter anderem den Programmcode beherbergt, den ein Rechner nach dem Einschalten und internen Initialisierungen als Erstes ausführt, um den Bootloader für ein Betriebssystem zu suchen und zu starten. Zudem enthält der MBR eine Tabelle mit maximal vier Einträgen, die angeben, welche Sektoren die jeweiligen Partitionen umfassen. Wer mehr als vier logische Laufwerke auf einem Datenträger braucht, kann den letzten Eintrag für eine sogenannte erweiterte Partition benutzen und in der dann „virtuelle Laufwerke“ anlegen. Abgesehen davon, dass sie sich nicht eignen, um ein Betriebssystem davon zu booten, lassen sie sich genauso wie „echte“ Partitionen verwenden.

Sektoren werden in der MBR-Partitionstabelle auf zwei verschiedene Weisen adressiert: Noch aus der Computersteinzeit stammend und heute nur noch aus Kompatibilitätsgründen vorhanden ist die CHS-Adressierung, die angibt, auf welcher Spur (Cylinder) und unter welchem Schreib-/Lesekopf (Head) in welchem Segment (Sector) sich der Sektor im Plattenstapel einer Magnetfestplatte befindet. Dieses Schema sieht maximal 1024 Spuren, 256 Köpfe und 64 Sektoren pro Spur vor und kann damit höchstens 2^{24} = 16.777.216 Sektoren adressieren, was bei 512-Byte-Sektoren einer maximalen Kapazität des Datenträgers von schon lange nicht mehr zeitgemäßen 8 GByte entspricht. Maßgeblich ist daher die LBA-Adressierung (Logical Block Addressing), die die Sektoren einfach linear durchnummeriert und die Zuordnung zu physischen Speicherplätzen der Firmware im Datenträger überlässt. Die verfügbaren Sektornummern reichen von 0 bis $2^{32}-1$, was mit 512-Byte-Sektoren für Datenträger mit einer Kapazität von maximal 2 TByte reicht.

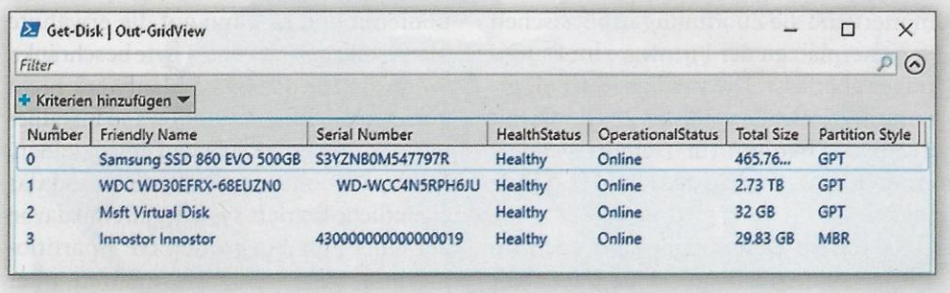
Größere Datenträger sind auch im Desktop-Bereich längst keine Seltenheit mehr. Für sie ist die GPT-Partitionierung Pflicht: Die namensgebende „GUID Partition Table“ enthält 64-bittige Sektornummern und reicht mit 4K-Sektoren theoretisch für Datenträger mit bis zu 64 Zettabyte ($\approx 7{,}6 \cdot 10^{22}$ Bytes) Kapazität – das dürfte auf absehbare Zeit keine praxisrelevante Einschränkung darstellen. Die Partitionstabelle bietet von vornherein Platz für 128 Einträge und lässt sich bei Bedarf sogar noch erweitern. Die GPT-Spezifikation ist wesentlich neuer als das MBR-Schema und Teil des UEFI-Standards (Unified Extensible Firmware Interface).

Mit GPT-partitionierten Datenträgern können mittlerweile alle einigermaßen aktuellen Betriebssysteme umgehen. Für interne Datenträger gibt es allerdings bei Windows die Einschränkung, dass es von GPT-Partitionen nur im UEFI-Modus booten kann. Wer wegen älterer Hardware beziehungsweise inkompatibler Treiber noch auf den BIOS-Modus angewiesen ist, muss das Boot-Laufwerk mit MBR partitionieren und ist dann auf die erwähnte Maximalkapazität von 2 TByte beschränkt. Wem die für das Systemlaufwerk nicht ausreicht, der kann Windows so installieren, dass der Bootloader auf einer kleinen, MBR-partitionierten Platte liegt und das eigentliche Betriebssystem getrennt davon auf einer beliebig großen GPT-partitionierten. Reine Datenfestplatten oder -SSDs dürfen seit Windows 7 ohnehin GPT-partitioniert sein, selbst wenn das Betriebssystem im BIOS-Modus startet.

Einen internen Datenträger per MBR zu partitionieren empfiehlt sich eigentlich nur noch aus Kompatibilitätsgründen, etwa wenn man zusätzlich zum aktuellen Windows noch einen vom Netz abgeklemmten Oldie wie XP betreiben muss, der nicht UEFI-fähig ist. Auch USB-Sticks oder Speicherkarten, die gelegentlich in älteren Geräten wie Smart-TVs oder digitalen Bilderrahmen ihren Dienst verrichten sollen, partitioniert man besser per MBR. Wenn man von einem USB-Laufwerk booten will, ist ebenfalls MBR die richtige Wahl. In allen anderen Fällen ist GPT besser geeignet: Die Einträge in der Partitionstabelle sind per Hash gesichert, außerdem sieht die Spezifikation vor, dass es eine Kopie der Tabelle in den letzten Sektoren des Datenträgers gibt. So sind die Partitionierungsinformationen wesentlich besser vor Beschädigungen geschützt –



Wenn man die Ansicht der Datenträgerverwaltung passend einstellt, gibt sie Auskunft über die Partitionierungsschemata aller Datenträger.

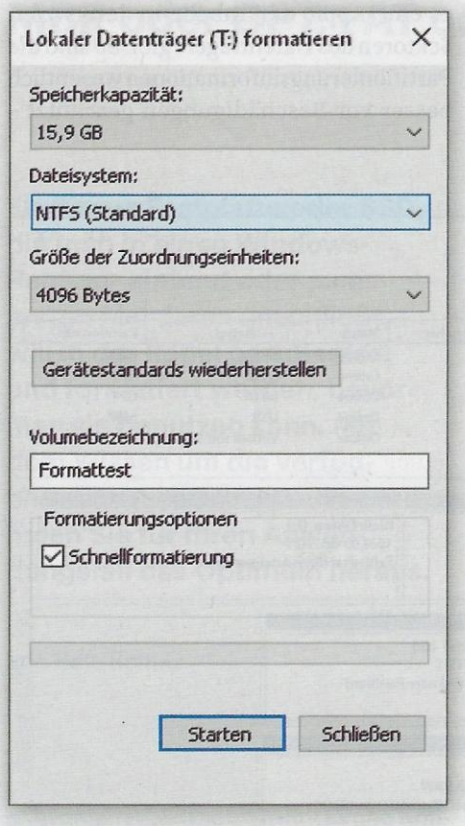


In der PowerShell liefert der Befehl Get-Disk Informationen zu vorhandenen Datenträgern und zeigt unter anderem die verwendete Partitionierung an.

und mit ihnen die Integrität der Nutzdaten.

Nach welchem Schema ein Datenträger partitioniert ist, finden Sie unter Windows am einfachsten heraus, indem Sie die Datenträgerverwaltung über das Windows+X-Menü öffnen und dann oben unter „Ansicht/Anzeige oben" umstellen auf „Datenträgerliste". In der Liste erscheint dann ganz rechts die Spalte „Partitionsstil".

Kommandozeilenfans starten eine Eingabeaufforderung mit Administratorrechten und geben den Befehl `diskpart` ein. Dieses Programm funktioniert ähnlich wie die Eingabeaufforderung selbst, indem es Befehle entgegennimmt und deren Ergebnisse als Text anzeigt [3]. Eine Liste aller Datenträger liefert `list disk`. Die resultierende Tabelle enthält ganz rechts eine Spalte namens „GPT", in der entsprechend partitionierte Datenträger mit einem * gekennzeichnet sind; ein leerer Eintrag bedeutet MBR. In der PowerShell liefert der Befehl `Get-Disk` (der keine Admin-Rechte braucht) eine tabellarische Liste aller Laufwerke, die unter anderem eine Spalte „Partition Style" enthält.



Beim Formatieren eines Laufwerks passen meist die Voreinstellungen des Explorer. Die Option „Speicherkapazität" ist ohnehin ein Relikt aus der Vergangenheit.

Dateisysteme

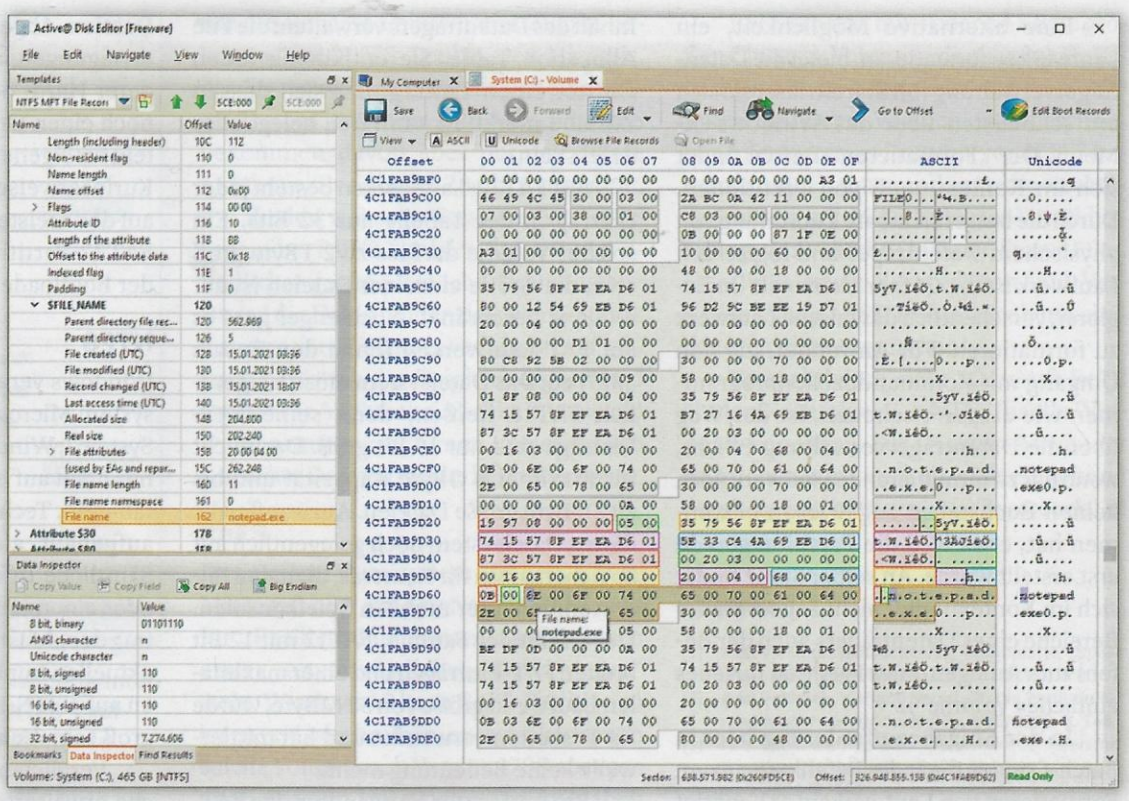
Dem eingangs erwähnten Ziel, Daten nicht über nummerierte Sektoren, sondern über Datei- und Ordnernamen ansprechen zu können, kommt die Partitionierung allerdings kaum näher: Innerhalb der Partitionen sind die zugewiesenen Sektoren wieder nur beginnend bei 0 durchnummeriert. Die Instanz, die aus den logischen Sektoren Dateien und Ordner macht, ist das Dateisystem. Dieses Wort ist zweideutig: Es kann die Bestandteile des Betriebssystems bezeichnen, die sich die Namen von Dateien und Ordnern merken und wissen, in welchen physischen Sektoren sie gespeichert sind. Außerdem wachen diese Systemkomponenten darüber, welche Sektoren von Benutzerdaten belegt und welche frei sind. Für diese Verwaltungsinformationen unterhalten sie eigene Datenstrukturen, die sie auf dem jeweiligen Datenträger speichern. Auch diese Strukturen werden als Dateisystem im engeren Sinne bezeichnet.

Wie sie aufgebaut sind, unterscheidet sich von Dateisystem zu Dateisystem. Für jedes muss das Betriebssystem einen eigenen Treiber bereitstellen. Windows verwendet als Standard-Dateisystem NTFS. Für Datenträger, die auch zu anderen Geräten oder Systemen kompatibel sein sollen, gibt es außerdem noch die Dateisysteme der FAT-Familie, das gebräuchlichste heißt FAT32. Als NTFS-Nachfolger hat Microsoft ein Dateisystem namens ReFS auserkoren; auf den Desktop-Ausgaben für Consumer unterstützt Windows 10 aber ReFS noch nicht voll. Der Vollständigkeit halber sei noch erwähnt, dass Windows außerdem noch Treiber für das CD-ROM-Dateisystem CDFS und das CD-RW-Dateisystem UDF enthält.

Welches Dateisystem für ein Volume verwendet werden soll, entscheidet während einer Windows-Installation das Setup-Programm, sonst der Anwender beim Formatieren: Dieser Vorgang markiert den gesamten für Nutzdaten zur Verfügung stehenden Platz als leer und initialisiert die Strukturen des gewünschten Dateisystems auf dem Datenträger. Die Information, mit welchem Dateisystem das Volume formatiert wurde, landet dabei gemeinsam mit einigen Basisinformationen des Dateisystems im Sektor 0 der Partition. Man nennt ihn auch Bootsektor, weil hier außerdem der Code steht, den der Rechner im BIOS-Modus zum Booten des Betriebssystems lädt und ausführt.

Eventuell schon auf dem Laufwerk gespeicherte Daten gehen beim Formatieren verloren – mit der üblichen, zeitsparenden Schnellformatierung allerdings nur oberflächlich: Hierbei werden nur die Dateisystemstrukturen neu geschrieben, die eigentlichen Daten, also etwa die Pixel eines Fotos oder die Zeichen eines Dokuments, bleiben in der Regel unangetastet. Sollte die Formatierung irrtümlich passiert sein, können Datenrettungsprogramme sie daher mit meist recht guten Erfolgsaussichten wiederherstellen [4], zumindest wenn man das Malheur entdeckt, bevor große Datenmengen neu geschrieben wurden. Verlassen sollte man sich darauf allerdings nicht und vor dem Formatieren gründlich prüfen, dass man das richtige Laufwerk beim Wickel hat.

Andererseits heißt das aber auch: Die bloße Schnellformatierung eines Laufwerks beseitigt die darauf enthaltenen Daten keineswegs so gründlich, dass man den Datenträger danach unbesorgt verkaufen, verschenken oder anderweitig weggeben kann. Bevor er in fremde Hände kommt oder entsorgt wird, sollte man einen Datenträger – zumal, wenn er vertrauliche Daten enthält – daher gründlich löschen. Das besorgt das Programm



Mit seinen Templates und farbigen Hervorhebungen hilft das Programm Active@ Disk Editor dabei, die internen Strukturen des Dateisystems zu erkunden.

`diskpart`. Seine Bedienung haben wir in [3] ausführlich erklärt. Die Befehlsfolge im Schnelldurchlauf: Zunächst besorgt man sich mit `list disk` einen Überblick über die vorhandenen Datenträger, wählt mit `select disk 2` (die Nummer bitte anpassen) das gewünschte Laufwerk aus und überzeugt sich mit `detail disk`, dass man das richtige erwischt hat. Anschließend löscht der Befehl `clean all` den Datenträger, indem er ihn komplett mit Nullen überschreibt. Achtung: Diskpart hält sich nicht mit einer „Sind Sie sicher?"-Nachfrage auf, sondern geht direkt zu Werke! Sie sollten sich also wirklich vergewissert haben, dass Sie das richtige Laufwerk löschen.

Spezielle Löschprogramme wie das beliebte Eraser oder das Tool File Shredder sind für diesen Zweck übrigens Overkill: Die von solchen Programmen angebotenen Optionen, den Datenträger gleich mehrfach mit wechselnden Mustern zu beschreiben, sind ebenso Zeitverschwendung wie die Option `/p` des Windows-eigenen `format`-Befehls. Schon nach einmaligem Überschreiben bleibt allenfalls eine theoretische Chance, in einem Hochsicherheitslabor, wie es Geheimdienste betreiben mögen, Daten doch noch wieder lesbar zu machen. Wenn Sie sich davor fürchten, ist es schneller und effizienter, den Datenträger physisch zu zerstören, bevor Sie ihn aus der Hand geben.

Formatieren

Formatieren kann man ein Laufwerk unter Windows am einfachsten über sein Kontextmenü im Ordnerbaum oder in der Ansicht „Dieser PC" im Explorer. Der Aufruf des zuständigen Menübefehls ruft ein Fenster auf den Plan, das zunächst die gewünschte Speicherkapazität wissen will. Die Angabe können Sie ignorieren; der vorausgewählte Wert ist stets auch der einzig mögliche – es sei denn, Sie arbeiten noch mit Disketten: Einige Floppy Disks ließen sich tatsächlich mit unterschiedlichen Kapazitäten formatieren.

Im zweiten Feld können Sie das gewünschte Dateisystem auswählen. Bei internen Laufwerken ist NTFS fast immer die richtige Wahl. Auch ein parallel zu Windows installiertes Linux kann, wenn es sich um eine einigermaßen aktuelle Distribution handelt, problemlos mit NTFS-Laufwerken umgehen.

Auch bei externen Festplatten und SSDs spricht einiges für eine Formatierung mit NTFS – nicht zuletzt, dass die Größe der Dateien, die man darauf speichern kann, praktisch nicht beschränkt ist. Letzteres gilt auch für das Dateisystem exFAT. Will man so ein Laufwerk aber auch an anderen Gerätschaften wie NAS-Boxen oder Smart-TVs betreiben, sollte man zunächst prüfen, ob die mit NTFS beziehungsweise exFAT umgehen können – wenn nicht, führt an FAT32 kein Weg vorbei. Dasselbe gilt, wenn Sie vom externen Laufwerk per UEFI booten wollen.

Als Nächstes will der „Formatieren"-Dialog, dass man sich für eine „Größe der Zuordnungseinheiten" entscheidet. Dazu muss man wissen, dass die gängigen Dateisysteme den Platz auf dem Datenträger nicht sektorweise verwalten, sondern in sogenannten Clustern: Ein Cluster ist ein Block aufeinanderfolgender Sektoren. Innerhalb eines Dateisystems sind alle Cluster gleich groß. Aus Sicht des Dateisystems ist ein Cluster die kleinste Einheit, mit der es die Daten verwaltet: Auch eine 1 Byte große Datei belegt (zumindest auf FAT-Laufwerken) einen kompletten Cluster. Die Wahl der Cluster-Größe ist daher immer ein Kompromiss: Große Cluster führen zu viel Verschnitt, wenn der Datenträger viele kleine Dateien aufnehmen soll; kleine Cluster blähen dagegen womöglich die Verwaltungsstrukturen unnötig auf. Beim Formatieren eines Datenträgers verlässt man sich daher am besten auf den Vorschlag des Betriebssystems. Einzige Ausnahme: Wenn Sie wissen, dass eine Platte für ein Video-Archiv, für Backup-Images oder eine andere Sammlung überdurchschnittlich großer Dateien herhalten soll, könnte es sinnvoll sein, beim Formatieren größere Cluster einzustellen.

Eine alternative Möglichkeit, ein Laufwerk zu formatieren, bietet die Datenträgerverwaltung [5]. Starten lässt sie sich am schnellsten über das Windows+X-Menü. Der „Formatieren"-Befehl findet sich im Kontextmenü von Partitionen. Durch die besser sichtbare Zuordnung von physischem Datenträger und logischem Laufwerk ist die Gefahr kleiner als im Explorer, versehentlich das falsche Laufwerk zu formatieren. Für Anwender, die den Umgang mit Kommandozeilenprogrammen wie `diskpart` scheuen, ist der Weg über die Datenträgerverwaltung Pflicht, wenn das zu formatierende Laufwerk noch keinen Buchstaben zugewiesen bekommen hat, etwa weil die Partition gerade erst erstellt wurde. An selber Stelle findet sich im Kontextmenü nicht zugeordneter Bereiche eines Datenträgers auch der Befehl zum Anlegen einer Partition („Neues einfaches Volume").

In der Eingabeaufforderung oder in Batch-Dateien dient der Befehl `format` zum Formatieren von Laufwerken; er benötigt Administratorrechte. Im einfachsten Fall sieht ein Aufruf zur Schnellformatierung eines Laufwerks so aus:

```
format x: /q
```

Dabei gibt `x:` das zu formatierende Laufwerk an, `/q` schaltet die Schnellformatierung ein – ohne diese Option prüft `format` für jeden Sektor der Partition zeitraubend, ob er sich beschreiben lässt, und überschreibt ihn dabei mit Nullen. Das gewünschte Dateisystem kann man mit der zusätzlichen Option `/fs:NTFS` oder `/fs:FAT32` angeben; lässt man sie weg, formatiert der Befehl das Laufwerk mit dem bereits bestehenden Dateisystem neu oder wählt bei dessen Abwesenheit NTFS. Weitere, größtenteils esoterische Optionen listet `format /?`.

FAT

Der Name der FAT-Dateisysteme leitet sich von der zentralen Datenstruktur ab, mit der sie die Informationen über den Inhalt des Datenträgers verwalten: die File Allocation Table. Sie enthält für jeden Cluster einen Eintrag, der sich dessen Zustand merkt: Er kann frei, belegt oder defekt sein.

Auf FAT32-Laufwerken besteht jeder Eintrag in der Tabelle aus 32 Bits. Ein solches Volume darf bis zu 2 TByte groß sein, die Größe einzelner Dateien ist auf 4 GByte beschränkt. Noch enger geht es auf FAT-Laufwerken (ohne den Zusatz „32") zu: Das Dateisystem müsste eigentlich FAT16 heißen, denn seine FAT-Einträge sind nur 16 Bit groß. Das reicht für maximal 4 GByte Kapazität und bis zu 2 GByte große Dateien. Anzutreffen ist dieses Dateisystem noch gelegentlich auf Speicherkarten für Kameras, digitalen Bilderrahmen oder mobilen Spielkonsolen. Der Urahn der Familie, FAT12 mit 12 Bit breiten FAT-Einträgen und einer maximalen Laufwerksgröße von 32 MByte, wurde für Disketten verwendet und hat mittlerweile keine Bedeutung mehr.

Ein entfernter Verwandter der FAT-Dateisystemfamilie ist das von Microsoft speziell für große Speicherkarten und -sticks entwickelte exFAT. Aber Achtung: Außer dem Namen haben FAT- und exFAT-Laufwerke nicht viel gemeinsam. Das bedeutet insbesondere, dass Geräte, die mit FAT(32)-Datenträgern umgehen können, nicht automatisch auch exFAT-Laufwerke verdauen. Unter Windows lässt sich das Dateisystem aber uneingeschränkt verwenden. Sowohl Datenträger als auch einzelne Dateien dürfen bei exFAT theoretisch bis zu 128 PByte (2^{57} oder rund $144 \cdot 10^{15}$ Bytes) groß werden, Microsoft empfiehlt aber je höchstens 512 TByte.

Man merkt den FAT-Dateisystemen deutlich an, dass sie schon einige Jahre auf dem Buckel haben: Gemessen an dem, was moderne Dateisysteme leisten, ist ihr Funktionsumfang ziemlich rudimentär. Anzahl der belegten Bytes, ein paar Attribut-Bits, Erstell- und letztes Änderungsdatum – viel mehr weiß ein FAT-Datenträger nicht über die auf ihm gespeicherten Dateien. Abgesehen von Kompatibilitätserwägungen im Zusammenspiel mit anderer Hard- oder Software gibt es kaum noch einen Grund, FAT(32) als Dateisystem für eigene Datenträger zu verwenden. Kurioserweise benötigt Windows selbst auf den meisten Rechnern auch noch eine FAT32-Partition: Beim UEFI-Boot liegt der Bootloader darauf.

NTFS

Windows verwendet als Standard-Dateisystem Microsofts „New Technology File System"; Windows 10 lässt sich überhaupt nur noch auf einem NTFS-Laufwerk installieren. Technisch ist NTFS ganz anders aufgebaut als die FAT-Dateisysteme: Sämtliche Informationen zu einer Datei oder einem Ordner stehen in einem Eintrag der „Master File Table" (MFT). In der aktuellen Implementierung dürfen Dateien auf NTFS-Laufwerken bis zu 16 TByte groß sein, Volumes maximal 8 PByte.

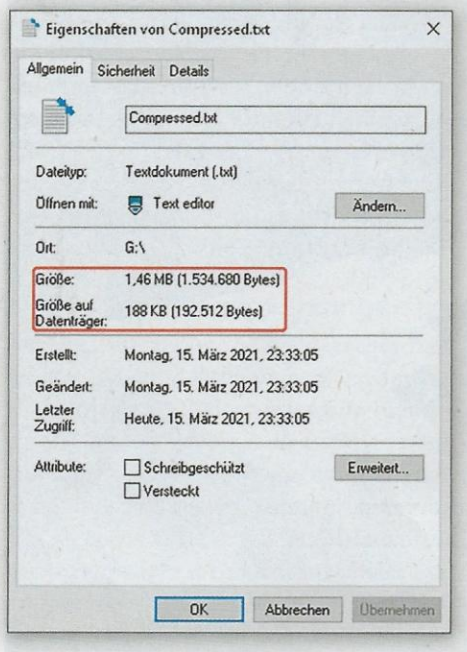
Verglichen mit FAT bietet NTFS etliche erweiterte Möglichkeiten zur Dateiverwaltung. Detailliert haben wir sie in [6, 7] beschrieben, hier die wichtigsten im Telegrammstil: Zu jeder Datei und jedem Ordner gehören auf NTFS-Laufwerken Sicherheitsinformationen. Sie legen haarklein fest, welche Benutzerkonten ein Dateisystemobjekt lesen, ändern oder löschen dürfen.

Diese „Access Control Lists" (ACL) sind allerdings mehr Konvention als echtes Sicherheits-Feature: Ein regulär installiertes Windows hält sich daran, aber mit Systemen wie dem c't-Notfall-Windows oder einem parallel installierten Linux überwinden Sie die Beschränkungen problemlos. Eine zusätzliche Sicherheitsebene bildet daher die Möglichkeit, Dateien transparent zu verschlüsseln. Als Schlüssel für dieses „Encrypted File System" (EFS) dient ein Eintrag im benutzereigenen Zertifikatsspeicher, der durch das Anmeldekennwort gesichert ist. In Windows 10 Home ist EFS allerdings nicht verfügbar. Alternativ lassen sich komplette Volumes

Windows-Dateisysteme

Dateisystem	FAT12	FAT(16)	FAT32	exFAT	NTFS	ReFS
maximale Volume-Größe theoretisch / praktisch[1]	32 MByte / 32 MByte	4 GByte / 4 GByte	16 TByte / 2 TByte	128 PByte / 512 TByte	16 YByte / 8 PByte	1 YByte / 32 PByte
maximale Dateigröße theoretisch / praktisch[1]	32 MByte / 32 MByte	4 GByte / 2 GByte	4 GByte / 4 GByte	16 EByte / 512 TByte	16 EByte / 16 TByte	16 EByte / 32 PByte
Einsatzzwecke	nur noch für Disketten	Speicherkarten und Sticks für primitive Geräte	Kompatibilität mit Nicht-Windows-Geräten; Boot-Laufwerk für Windows 10	für große Dateien, wenn NTFS nicht erwünscht oder von Geräten nicht unterstützt	natives Windows-Dateisystem	sehr große Datenmengen vor allem auf Servern; designierter NTFS-Nachfolger

[1] mit 512-Byte-Sektoren



Mit Datenkompression und sogenannten Sparse Files kann man auf NTFS-Laufwerken bei geeigneten Dateien jede Menge Platz sparen.

auch per Bitlocker verschlüsseln; Windows 10 Home kann sie dann lesen und beschreiben, aber keine Bitlocker-Laufwerke anlegen.

Um Platz zu sparen, kann NTFS Daten komprimiert speichern. Einmal für einen Ordner eingeschaltet („Eigenschaften" im Explorer, Schaltfläche „Erweitert", Option „Inhalt komprimieren, um Speicherplatz zu sparen"), geschieht das beim Schreiben und Lesen von Daten völlig transparent. Ebenfalls der Platzersparnis dienen sogenannte Sparse Files. Entwickler können sie nutzen, um Dateien so anzulegen, dass Bereiche, die nur Nullen enthalten, zunächst keinen Speicherplatz fressen. Als Anwender kommt man mit dieser Eigenheit kaum in Kontakt, sie kann aber bei der Datensicherung bedeutsam werden: Backup- und Kopierprogramme, die sie nicht kennen, brauchen für die Sicherung womöglich viel mehr Platz, als die Daten auf dem Originallaufwerk belegen.

Manchmal kann es sinnvoll sein, auf ein und dieselbe Datei aus verschiedenen Ordnern heraus zuzugreifen. Für solche Fälle unterstützt NTFS Links, die es in zwei Geschmacksrichtungen gibt: Hardlinks sind zusätzliche Verzeichniseinträge für bestehende Dateien, symbolische Links enthalten in Textform einen Verweis auf eine andere Datei oder einen Ordner. Ganz ähnlich funktionieren auch Junctions. Technisch sind Symlinks und Junctions sogenannte Reparse Points: Beim Zugriff bekommt der NTFS-Treiber den Hinweis, dass jetzt etwas folgt, um das sich ein anderer Treiber kümmern soll. Anwendungen bekommen davon aber normalerweise nichts mit, für sie ist der Zugriff transparent.

Zu den weiteren Vorteilen von NTFS gegenüber FAT(32) gehört, dass es unempfindlicher gegen plötzliche Stromausfälle ist und die Daten tendenziell weniger stark fragmentiert. Letzteres verbessert auf Magnetfestplatten die Geschwindigkeit und erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass ein Datenrettungsprogramm versehentlich gelöschte Dateien wiederherstellen kann.

ReFS

Das neueste Dateisystem aus dem Hause Microsoft hört auf den Namen ReFS, was für „Resilient File System", auf Deutsch etwa „unverwüstliches Dateisystem" steht. Windows 10 kann ReFS-Partitionen lesen und beschreiben, anlegen kann man solche Volumes seit Version 1709 aber nur noch mit den Unternehmens-Ausgaben Enterprise und Pro for Workstations. Gedacht ist das Dateisystem bislang auch eher für Server, wo Datensicherheit und -verfügbarkeit im Vordergrund stehen. So kann ReFS die gespeicherten Daten mit Prüfsummen absichern und – auf einem gespiegelten oder Paritäts-„Speicherplatz" [1] – als defekt erkannte Dateien automatisch durch eine heile Kopie ersetzen.

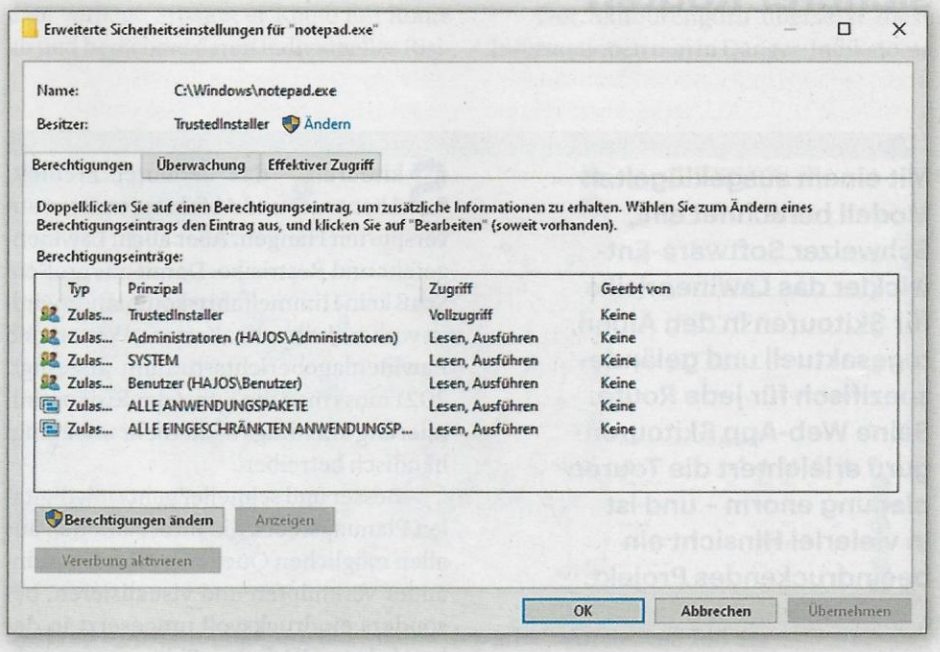
ReFS arbeitet mit 4 oder 64 KByte großen Clustern; Volumes wie einzelne Dateien dürfen bis zu 32 Petabytes ($2^{55} \approx 3{,}6 \cdot 10^{16}$ Bytes) umfassen. Von den oben beschriebenen erweiterten Features von NTFS beherrscht ReFS unter anderem die Rechteverwaltung mit ACLs, Bitlocker-Verschlüsselung, symbolische Links und Sparse Files. Hardlinks sowie Kompression und Verschlüsselung auf Dateisystemebene sind dagegen nicht vorgesehen.

Perspektivisch sieht Microsoft ReFS als den Nachfolger von NTFS für alle Windows-Versionen. Für Desktop-Anwender ist es aber noch zu früh, sich eingehend damit zu beschäftigen. *(hos@ct.de)* c't

Literatur

[1] Axel Vahldiek, Mitwachsende Datenplatte, „Speicherplätze" unter Windows 8, c't 4/2013, S. 86
[2] Axel Vahldiek, Vielfach unterteilt, Die Partitionierung moderner Windows-PCs, c't 5/2018, S. 146
[3] Axel Vahldiek, Tipp-Schnippler, Partitionieren mit Windows-Bordmitteln – Teil 2: Diskpart, c't 3/2018, S. 144
[4] Hajo Schulz, Jäger der verlorenen Daten, Datenrettungssoftware im Test, c't 19/2018, S. 118
[5] Axel Vahldiek, Plattenteiler, Partitionieren mit Windows-Bordmitteln – Teil 1: Datenträgerverwaltung, c't 2/2018, S. 154
[6] Hajo Schulz, Platzverwalter, Eigenheiten und Fähigkeiten des NTFS-Dateisystems ausreizen, c't 20/2019, S. 158
[7] Hajo Schulz, Einlasskontrolle, Das Rechte-System von Windows, c't 25/2019, S. 158

Download der erwähnten Tools:
ct.de/y6c3



Auf NTFS-Laufwerken gehört zu jeder Datei und jedem Ordner eine Sicherheitsbeschreibung, die bestimmt, wer was damit anstellen darf.