

## RAID-Grundlagen

Gefunden und stellenweise geändert:

<http://tomshardware.thgweb.de/1999/07/05/grundlagen RAID/>

<http://www3.alternate.de/html/includeStaticSmall.html?file=myalternate/myservice/faq/007&LastPage=FAQ&>

## RAID-Grundlagen

### Warum RAID

**Hinter dem Begriff verbirgt sich das Zusammenschalten mehrerer Festplatten, mit dem Ziel die Datensicherheit zu verbessern. Ferner will man sicherstellen, dass die Daten auch dann verfügbar bleiben, wenn eine Festplatte ausfällt. Unternehmen, die auf den Datenbestand angewiesen sind, waren schon sehr früh bereit Geld für dieses Mehr an Sicherheit aus zu geben.**

Die älteste Version einer RAID (Redundant Array of Inexpensive Disks) Installation hat sich in der PC-Welt allerdings unter einem anderen Namen seinen Platz erobert. Unter Novell (Netzwerk-Betriebssystem) wurden die Techniken wie Duplex und Mirror angeboten. Dabei wurden Daten immer auf zwei Festplatten abgelegt. Fällt eine Platte aus, so sind die Daten ohne Zeitverzögerung von der zweiten Platte verfügbar. Diese Verdoppelung der Daten wird in der RAID Sprache als RAID Level 1 bezeichnet.

An diesem Beispiel lassen sich zwei wichtige Grundlagen der gesamten Technik sehr gut beschreiben:

RAID Levels beschreiben lediglich eine grundsätzliche Verfahrensweise. Die technische Umsetzung wird nicht beschrieben. So passiert es, dass **Duplex (zwei Festplatten an einem Controller)** und **Mirroring (Zwei Festplatten mit jeweils einem eigenen Controller)** als Level 1 bezeichnet werden. Das Verfahren ist eindeutig unterschiedlich, das Ergebnis ist in beiden Fällen aber gleich und erfüllt dementsprechend die gleichen Anforderungen.

Die zweite Grundsätzlichkeit ist der Umstand, dass **die RAID Levels keine Wertung darstellen**. Jedes Level ist allen Anderen an bestimmten Stellen immer überlegen. Der Anwender ist es, der sich, basierend auf seinen Anwendungen, entscheiden muss, welches Level für ihn das Richtige ist. So ist die Verbreitung des RAID Levels 5 auch dem Irrglauben zuzuschreiben, dass große Zahlen eine fortgeschrittene Entwicklung bedeuten.

Zentraler Satz zum Thema Disk Array in der Organisation eines definierten RAID Levels:

Es darf etwas kaputt gehen (Controller, Platte, Netzteil, Cache) und die Daten sind trotzdem nicht verloren.

### Sicherheit und der Preis

RAID Systeme sind in aller Regel relativ teuer. Die Preise entsprechen nicht der Summe der einzelnen Bestandteile, sondern liegen deutlich darüber. Wer aber auf die Verfügbarkeit der Daten angewiesen ist, nimmt dies gerne in Kauf. Zusätzlich werden Systeme verfügbar, die preisgünstigere IDE Platten und SATA verwenden. Früher war die Organisationsform RAID Array nur unter SCSI Bedingungen üblich.

Wie nebensächlich der Preis für ein Disk Array im professionellen Bereich ist, zeigt sich allerdings schon bei der Frage, was kostet es ein Unternehmen, einen Tag lang nicht auf Daten zugreifen zu können oder die Aufträge eines Tages ein zweites Mal manuell zu erfassen oder die Produktion fällt eine Zeit aus.

### Performance

Die verschiedenen Levels je nach Anwendung unterschiedlich zu bewerten.

Am einfachsten lassen sich die Vorteile in der Performance an einem RAID Level beschreiben, das für sich alleine genommen keinerlei zusätzliche Sicherheit bietet. Ganz im Gegenteil. RAID Level 0 verringert die Chance, Daten über einen längeren Zeitraum verfügbar zu halten.

[MTBF (Lebensdauer der Platte) des Array gleich MTBF einer Platte geteilt durch die Anzahl der Platten] Erst in Verbindung mit einem der anderen Levels entsteht wieder ein gewisses Maß an Sicherheit.

Hier aber nun die Sache mit der Performance:

Bei einer einzelnen Festplatte ist es die Mechanik, die verhindert, dass die Daten in der vollen Geschwindigkeit des Interfaces übernommen werden können. Selbst ein langsames IDE Interface muss in aller Regel auf die Mechanik der Festplatte warten. Platt ausgedrückt, werden beim RAID Level 0, ankommende Daten aufgespaltet und auf die gesamte Anzahl der Platten verteilt. Im Zuge eines einzelnen Schreibauftrages werden also alle Platten immer nur mit den Daten versorgt, die im Cache der Platte zwischengelagert werden können. Während die anderen Platten des Verbundes mit Daten versorgt werden, hat die Mechanik Zeit, die Daten auf die Platte zu schreiben. Damit wird ein größerer Teil der Bandbreite des Interfaces ausgenutzt. Immer dann, wenn bei einer einzelnen Platte die Meldung kommt "bitte warten ich muss erst die Daten mechanisch auf die Platte schreiben" wird beim RAID Level 0 die nächste Platte im Verbund zur Aufnahme des nächsten Datenblocks verwendet. So entsteht ein kontinuierlicher Datenstrom am Interface.

Das Aufsplitten der Daten ist es auch, was die anderen Levels in aller Regel, trotz des Overheads für die Verwaltung, **oft in der Performance besser** aussehen lässt als eine einzelne Festplatte.

### Wie entsteht die Sicherheit

Bei den RAID Levels 2, 3, 4 und 5 werden Prüfsummen gebildet, die beim Lesen immer dann verwendet werden, wenn eine der Platten ausgefallen ist. Beim Level 1 (Verdoppelung der Daten) hat man dagegen keinen Vorteil in der Performance. Dafür aber eine Verdoppelung der Daten und damit Sicherheit.

### Hot Plug

Eines der entscheidenden Kriterien bei Disk Arrays ist immer auch die Möglichkeit eine Festplatte oder eine beliebige Baugruppe während des laufenden Betriebes auszutauschen. Festplatten werden dann mit den Daten versehen, die die alte Platte gespeichert hatte. Dabei werden die Restdaten und die Checksumme zur Rekonstruktion verwendet.

In der Zeit eines solchen Recoveries sinkt die Performance und die Sicherheit vor Datenverlusten ist zunächst nicht gegeben, wenn in dieser Zeit eine weitere Festplatte ausfallen sollte.

Aber nicht nur die Platten sind bei guten Anlagen "on the flight", d. h. im laufenden Betrieb, austauschbar.

**Auch Netzteile, Kontroller und andere Komponenten, sollten ebenfalls Hot plugable sein. Sie können im laufenden Betrieb ausgetauscht werden.**

### Die Levels

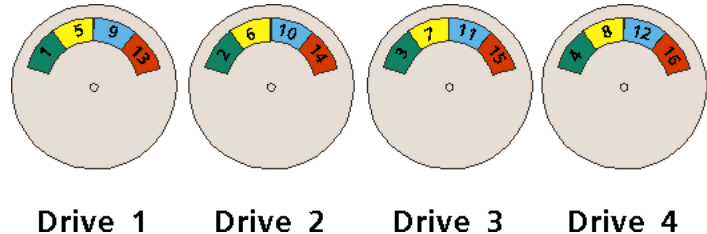
Die Levels sind an der Universität von Berkley definiert worden und haben sich als Standard etabliert. Bei der Definierung der Levels wurde die technische Umsetzung jedoch bewusst nicht berücksichtigt. So kommt es, dass es ein RAID Level 2 gibt, dass mit den Möglichkeiten des PC nicht sinnvoll umsetzbar ist. Wir werden es hier an dieser Stelle deshalb auch nicht weiter betrachten, da es nahezu ausschließlich im Bereich der Mainframes eingesetzt wird.

Die Levels 1, 3, 4 und 5 sind es, die als echte RAID Levels mit dem Anspruch auf Datensicherheit heute in der PC Umgebung eingesetzt werden. Das vielfach benannte Level 0 ist kein echtes RAID Level, da **keinerlei Redundanz** eingebaut ist. Lediglich in Verbindung mit einem anderen Level bietet dieses einen echten Vorteil.

Auch das RAID Level 4 konnte sich in der PC Welt nie wirklich durchsetzen. Wir schließen es in unsere Betrachtung aber mit ein.

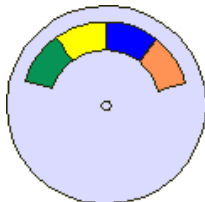
**RAID Level 0** (mehrere Festplatten sind zu einer großen Platte angeordnet)

**Der Einfachheit halber wurde bei dieser Darstellung davon ausgegangen, dass eine Datei immer genau so groß ist, wie vier Schreibblöcke bei einer Festplatte.** Eine Datei ist immer mit der gleichen Farbe dargestellt. Für den Fall, dass eine Datei größer ist, wird fortlaufend geschrieben, wodurch der Block mit der Ziffer 5 dann ebenfalls grün sein müsste. Mit dem Level 0 wird zwar die beste Performance (Schnelligkeit) erreicht. Es wird aber auch deutlich, dass beim Ausfall einer Platte der gesamte Datenbestand unbrauchbar geworden ist. **Dadurch ist diese reine Level 0 wenig sinnvoll bezüglich der Datensicherheit.** Diese Sicherheitslücke sollte aber durch die Entwicklung der "echten" RAID Levels geschlossen werden, welche nun besprochen werden.

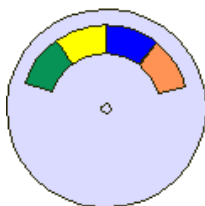


### RAID Level 1

Bei dieser Darstellung entspricht eine Farbe ebenfalls einer Datei. Diese Variante ist die Bekannteste innerhalb der PC Welt und wurde bereits zu Beginn der 90er Jahre von Novell unterstützt. Allerdings bietet dieses Level im Vergleich zu den anderen Versionen zwei entscheidende Nachteile: Die **Geschwindigkeit wird beeinträchtigt**, da die Dateien zweimal geschrieben werden müssen. Zusätzlich kostet diese Installation bei den Festplatten genau doppelt soviel, wie ein normales System. Allerdings ist der Kostenfaktor Plattenkauf nur bei SCSI Platten eine merkliche Verteuerung. IDE oder SATA Platten sind „preisgünstig“.



Drive 1



Mirror 1

Bei **RAID Level 1** werden mindestens zwei Festplatten benötigt, wobei der Inhalt der einen auf die andere **gespiegelt** wird ("Mirroring"). Dabei wird eine zu schreibende Datei immer komplett auf beiden Laufwerken geschrieben. Dadurch ist eine hohe Datensicherheit gewährleistet, selbst bei einem Totalausfall einer Platte ist die Datei auf der anderen noch vorhanden. Ein Geschwindigkeitsvorteil ergibt sich aber nur beim Lesen, weil dann von zwei Platten gleichzeitig gelesen werden kann. Da auch beim Einsatz von zwei Festplatten nur die Kapazität einer einzigen Platte zur Verfügung steht, ist RAID Level 1 mit höheren Investitionen verbunden. In einem System mit RAID Level 1 sind alle Festplatten doppelt ausgelegt, dadurch ist ein solches System gut gegen Ausfälle von Festplatten gesichert. In Verbindung mit passender Hot-Swap-Hardware kann eine ausgefallene Festplatte im Betrieb ausgetauscht werden, ohne den Zugriff auf die andere unterbinden zu müssen. Um gegenüber einzelnen Laufwerken auch bei RAID Level 1 die Geschwindigkeit zu steigern, kann dieser RAID Level mit anderen kombiniert werden.

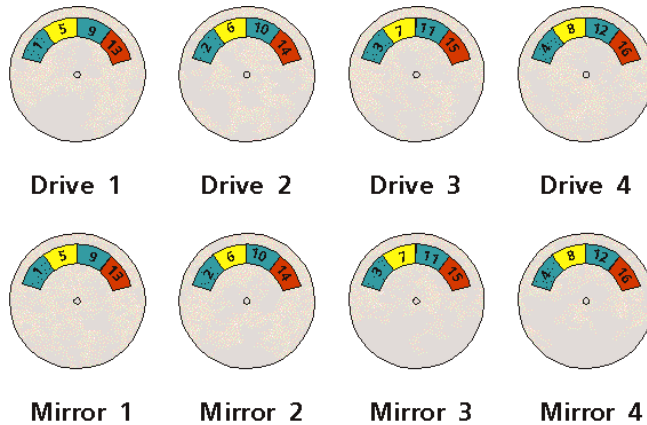
#### An der BBS Landau hatten wir ursprünglich ein RAID Level 1.

Zwei SATA Platten laufen gespiegelt und die dritte ist ein Hot-Spare-Laufwerk (auch eine SATA-Platte). Sie ist ein unbenutztes Reservelaufwerk. Fällt ein Laufwerk/Platte innerhalb unseres RAID1-Verbundes aus, wird es/sie durch das Reservelaufwerk/Platte ersetzt. Dadurch ist die Redundanz schnellstmöglich wiederhergestellt. Während der Rebuild-Phase hat man allerdings keine Redundanz. Bis die Spiegelung angeschlossen ist vergehen mehrere Stunden!

Mittlerweile haben wir an der BBS Landau Windows Server 2008 und RAID 5.

## RAID Level 10

Hier findet sich eine Mischung aus den Levels 1 und 0. Der Nachteil in der Performance wird von einer solchen Installation mehr als ausgeglichen. Obwohl die Sache bei der Sicherheit und dem Preis nicht unbedingt die beste Lösung ist, ist diese Form durch die Vorteile in der Geschwindigkeit bei den verschiedensten Anwendungen, sehr beliebt. Ein gewisses Maß an Sicherheit und hoher Datendurchsatz sind hier die ausschlaggebenden Punkte.

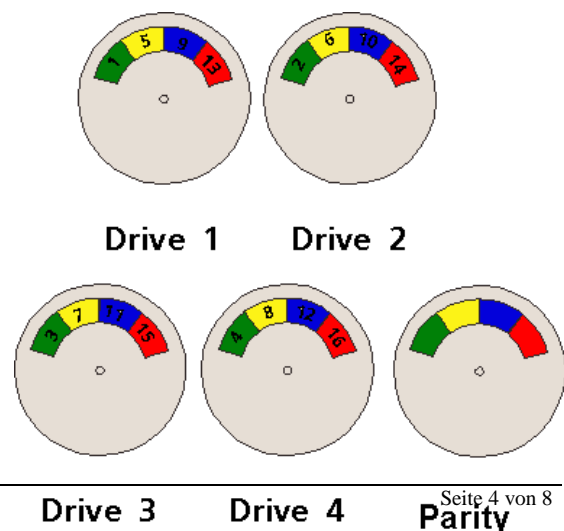


Der **RAID Level 0+1** (manchmal auch RAID 10 genannt) ist eine Kombination aus den Leveln 0 und 1 und benötigt mindestens vier Festplatten. Jeweils zwei Festplatten werden in diesem Fall per Striping zu einem RAID 0 verbunden und anschließend per Mirroring gespiegelt. Dabei erhöht sich sowohl die Lese- als auch die Schreibgeschwindigkeit. Da nur die Hälfte der eingesetzten Brutto-Festplattenkapazität für Daten zur Verfügung steht, setzt ein RAID 0+1 höhere Investitionen in Hardware voraus. Dafür wird eine recht hohe Daten- und Ausfallsicherheit geboten. Ein mit 4 Festplatten bestücktes System kann den Ausfall eines einzelnen Laufwerkes ohne Datenverlust verkraften. Mit passender Hot-Swap-Hardware kann das defekte Laufwerk auch im Betrieb getauscht werden.

Der **RAID Level 1+0** ist eine andere Kombination aus den Leveln 0 und 1 und eine Umkehr des RAID Levels 0+1. Auch hier werden mindestens vier Festplatten benötigt. Jeweils zwei Festplatten werden in diesem Fall per Mirroring gespiegelt und anschließend per Striping zu einem RAID 0 verbunden. Dadurch erhöht sich sowohl die Lese- als auch die Schreibgeschwindigkeit gegenüber einem einzelnen Laufwerk, es steht aber nur die Hälfte der Bruttokapazität der Festplatten für Daten zur Verfügung. Der RAID Level 1+0 bietet aber eine höhere Daten- und Ausfallsicherheit als RAID Level 0+1. Ein mit 4 Festplatten bestücktes System kann den Ausfall von bis zu zwei Laufwerken ohne Datenverlust verkraften. Mit passender Hot-Swap-Hardware können die defekten Laufwerke auch im Betrieb getauscht werden.

## RAID Level 3

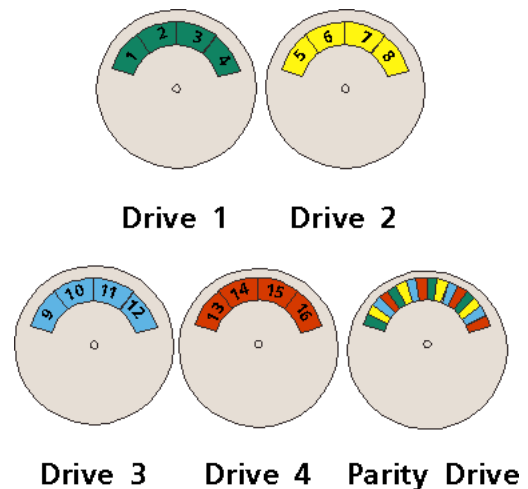
Dieses Level bietet besonders bei Anwendungen, die mit großen Dateien umgehen, Vorteile in der Performance. Dabei ist die Ausbaufähigkeit einer entsprechenden Anlage allerdings sehr eingeschränkt. Es ist nicht möglich weitere Platten nachzurüsten um die Kapazität zu verbessern. In den meisten Fällen ist man auch auf den Einsatz von genau 5 Festplatten beschränkt, da die zu schreibenden Dateien in Vierer-Gruppen aufgespaltet werden. Innerhalb der PC Welt also in Netzwerken an einem Server hat auch dieses Level **kaum Bedeutung**. Es findet jedoch bei Workstations, die komplexe graphische Dateien



erstellen Verwendung, da sie an dieser Stelle anderen Versionen gegenüber einen Vorteil in der Performance haben. In allen anderen Bereichen sind sie dem beliebten RAID Level 5 nur ebenbürtig.

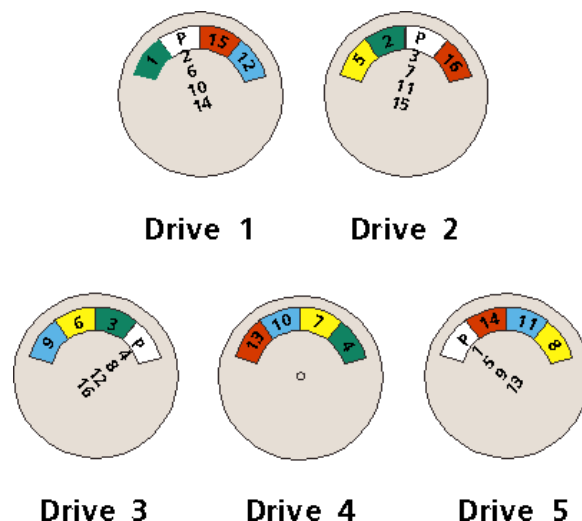
## RAID Level 4

Auch hier wird eine dedizierte Platte für die Checksumme verwendet. Dateien werden aber sequentiell geschrieben, was zu keinerlei Verbesserung in der Performance führt. Die **Akzeptanz am Markt ist entsprechend gering.**



## RAID Level 5

**Wann immer von RAID die Rede ist, handelt es sich in erster Linie um ein System nach dem Level 5.** Wie bei den anderen vorgestellten Systemen werden auch hier die Daten zerlegt. Es wird allerdings keine dedizierte Platte für die Checksumme eingerichtet, sondern die Checksumme auf die nächste erreichbare Platte geschrieben. Dadurch ist jede der Platten, in unserem Beispiel, zu 4/5 Datenplatte und zu 1/5 Checksummenplatte. Der Vorteil bei einer solchen Installation ist die Flexibilität was die Menge der Platten betrifft. Damit ist dann auch die Grenze der Kapazität sehr viel höher als bei den anderen, insbesondere beim Level 3. Zu beachten bleibt aber auch hier der Spruch: Jedes Level ist einem anderen Level in bestimmten Bereichen immer überlegen und die Ziffer sagt nichts über die Qualität aus.



Level 5 Installationen haben gegenüber Level 3 Anlagen nur dann einen Vorteil in der Performance, wenn die Dateien kleiner als ein Schreibblock sind. Bei Netzwerken oder Anwendungen des täglichen Lebens ist dies meist der Fall. Dank der Beliebtheit findet sich ein breites Angebot dieser Anlagen, was letztlich auch Auswirkungen auf den Preis hat.

## Gemischte Levels

In den Listen der einschlägigen Anbieter finden sich immer wieder Anlagen, die nach RAID Leveln organisiert sind, die mit zwei Ziffern beschrieben werden. Dabei handelt es sich um Mischungen aus den bestehenden Systemen. Aus Gründen des Marketing werden dabei die Kombinationen gewählt, die über eine hohe Zahl auch ein hohes Maß an Sicherheit vorgaukeln. (Level 31 statt 13) taucht in einer solchen Beschreibung die Ziffer 1 auf, so handelt es sich

lediglich um die Verdoppelung eines bestehenden Arrays.

(siehe RAID Level 10)

Bei Kombinationen wie Level 53 wird in einem RAID Array nach Level 5 anstelle von einzelnen Festplatten ein Disk Array nach dem Level 3 verwendet. Diese Extrem-Anlagen werden in erster Linie im militärischen Bereich eingesetzt, da hier auf eine permanente Datenversorgung größter Wert gelegt wird. Da solche Anlagen zusätzlich meist komplett redundant ausgelegt sind, können sie während des Betriebes Stück für Stück ausgewechselt werden, ohne die Datenverfügbarkeit zu beeinträchtigen. (Siehe Hot Plugable)

Über die Nutzung der LUN Adressen, die in der SCSI Definition möglich sind werden solche Monster möglich.

Diese Technologien sind nicht definiert sondern entspringen den Köpfen von findigen Entwicklern. Dabei sind diese Mischungen entweder in puncto Sicherheit (35, 53, 15, 13) oder in Hinblick auf die Geschwindigkeit (10, 30, 50) einer Anlage nach den Definitionen Level 1, 3, 4 oder 5 überlegen.

### Die technische Umsetzung

Da in den Vorgaben aus Berkley lediglich ein theoretisches Verfahren beschrieben wird, ohne auf die technische Umsetzung einzugehen, war von Anfang an zu erwarten, was sich heute auf dem Markt findet: Vielfalt

Eines hatten alle in der PC Welt eingesetzten RAID Anlagen gemeinsam: Sie verwendeten ein SCSI Interface. Dabei unterschieden sich grundsätzlich drei Varianten. Eine vierte Variante wird direkt ans Netzwerk angeschlossen und funktioniert ähnlich wie ein Print Server. Heute finden sich auch IDE und SATA Platten bei den Angeboten.

### Software Steuerung

Beim Software-RAID übernimmt eine auf der CPU des Hosts laufende Software die Steuerung des Plattenverbunds. Oft bringt bereits das Betriebssystem entsprechende Komponenten mit. So beherrschen ab Windows 2000 und XP sowohl RAID 0 als auch RAID 1 und 5 - letztere allerdings nur in der Server-Version. An der BBS Landau hatten wir Windows Server 2003 und ein Software RAID 1 auf dem laufenden Server konfiguriert. Ab Herbst 2006 setzten wir auf dem neuen Server ein Hardware RAID 1 ein. Mittlerweile haben wir Windows SERVER 2008 und Raid 5.

(Linux verwaltet generell Arrays der Level 0, 1, 4 und 5 sowie ab Kernel 2.6 auch solche des Levels 6.)

Über einen Treiber werden Festplatten in ein RAID Array verwandelt. Die Organisation und die Berechnung der Aufsplittung und Prüfsumme bleiben hierbei dem Prozessor überlassen. Software-RAID stellt die preisgünstigste und einfachste Lösung dar. Eine hohe CPU-Belastung ist die Folge und es arbeitet naturgemäß plattform- und betriebssystemgebunden. Auch stehen zur Ansteuerung der Laufwerke meist nur ein oder zwei Anschlüsse zur Verfügung. Dies beschränkt die mögliche Parallelisierung der Plattenzugriffe und damit auch die Performance.

### Controller Arrays

Dagegen übernimmt bei Hardware-RAID ein eigener Controller die Ansteuerung des Arrays. Es werden handelsübliche Festplatten verwendet und der Controller verbindet sie aber zu einem RAID System. Alle Aufgaben der Organisation werden auf dem Controller ausgeführt, wodurch die CPU keine weitere Belastung erfährt. Das



4-Kanal RAID-Controller

bringt eine Entlastung der Host-CPU und eine höhere Performance mit sich. Zudem binden RAID-Controller die Laufwerke über mehrere Kanäle an, was gleichzeitige Laufwerkszugriffe und damit hohe Transferraten ermöglicht. Dafür gilt es aber, einen deutlich höheren Preis zu zahlen. Hardware-RAIDs arbeiten zwar plattformunabhängig. Auch sie benötigen zur Verwaltung Software, die auf ein bestimmtes Betriebssystem zugeschnitten ist.

Software- vs. Hardware-RAID

	Software-RAID	Hardware-RAID
Implementationskosten	niedrig	hoch
Performance	niedrig	hoch
CPU-Last am Host	hoch	niedrig
Plattformabhängigkeit	ja	nein
Betriebssystemabhängigkeit	ja	ja

### Zusammenfassung

RAID Levels sind nicht nur im Betrieb mit Festplatten, sondern überall dort, wo Massenspeicher eingesetzt werden eine Verbesserung, sobald es um die Datensicherheit geht.

Der Einzug der DIE und der SATA Platten hat die Kosten reduziert.

Die oben erwähnten RAID-Levels können untereinander in verschiedenen Konfigurationen je nach Anwendung kombiniert werden. Von den Herstellern werden für diese Kombinationen teilweise widersprüchliche Bezeichnungen verwendet. Ein "RAID 0+1" ist zum Beispiel nicht identisch mit einem "RAID 1+0". Dies ist zudem manchmal von Hersteller zu Hersteller unterschiedlich und erfordert besondere Aufmerksamkeit. RAID-Systeme gibt es von RAID Level 0 für nur zwei Festplatten zur Steigerung der Geschwindigkeit ohne hohe Datensicherheit, bis hin zu RAID Level 5 mit zehn oder mehr Festplatten bei hoher Daten- und Ausfallsicherheit. Bei all diesen Systemen ist allerdings anzumerken, dass RAID-Systeme zwar die Geschwindigkeit steigern und vor Hardwareausfällen schützen, gegen versehentliches Löschen oder Befall durch Viren aber nichts ausrichten können.

Daher ist es auch beim Einsatz von RAID-Systemen wichtig, auf einem RAID-unabhängigen Speichermedien Sicherheitskopien und Backups anzulegen.

**Beispiel A:**

Welche Information ist **nicht** richtig?

1. Bei RAID 0 werden die Datenblöcke in Streifen (stripes) aufgeteilt.
2. Bei RAID 1 werden die Daten auf jeweils 2 Festplatten gespeichert
3. RAID 5 bietet Data Striping mit verteilter Parität auf alle Festplatten.
4. RAID 0 bietet eine hohe Redundanz.
5. RAID 1 wird auch als Disk Mirroring bezeichnet.

Antwort 4 ist falsch.