
1.1 Disk-Arrays und RAID für eine hohe Datenverfügbarkeit

1.1.1 HP Disk-Arrays

Ein Disk-Array ist ein Speichersystem aus mehreren Plattenlaufwerken, die über einen Array-Controller gesteuert werden. Disk-Arrays bieten eine höhere Datenverfügbarkeit, eine höhere Gesamtspeicherkapazität sowie eine höhere Flexibilität hinsichtlich der Leistung durch die selektive Verteilung von Daten über mehrere Plattenlaufwerke.

1.1.1.1 Datenschutz

Ein Plattenausfall hat in den meisten Fällen auch einen Ausfall des Gesamtsystems zur Folge. Das System ist erst wieder einsatzfähig, nachdem [CustomerName] das Problem ermittelt, behoben und die Daten erneut geladen hat. Die meisten Disk-Arrays bieten eine Option zum Schutz der Daten bei einem Plattenausfall. Eine solche Funktion wird umso wichtiger, je mehr Platten an ein System angeschlossen sind, da durch eine größere Anzahl von Platten auch die Wahrscheinlichkeit eines Ausfalls steigt. Bei bestimmten Arten von Disk-Arrays generiert der Array-Controller codierte Daten, die mit Paritäts- oder Prüfsummendaten vergleichbar sind. Dieses Codierungsschema ermöglicht die Wiederherstellung fehlender Benutzerdaten über einfache arithmetische Operationen, sodass die Daten trotz des Plattenausfalls noch zur Verfügung stehen. Ein entscheidender Vorteil dabei ist, dass der Computer online bleibt und seine Dienste ohne Unterbrechung zur Verfügung stellen kann.

Andere Arrays verwenden eine Plattenspiegelung als Option zum Schutz der Daten durch die Pflege von zwei identischen Exemplaren aller gespeicherten Daten. Diese Array-Typen duplizieren die Daten auf den redundanten Plattenlaufwerken. Dadurch ist auch beim Ausfall eines Laufwerks der Zugriff auf die Daten über die verbleibende Platte weiterhin möglich. Das Endergebnis ist dasselbe – eine hohe Datenverfügbarkeit.

1.1.1.2 Höhere Speicherkapazität

Der typische Disk-Array ist ein Speichersystem mit mehreren Plattenlaufwerken, die über einen intelligenten Controller miteinander verbunden sind und so eine hohe Speicherkapazität aufweisen. Die Kapazität der Plattenlaufwerke wurde kontinuierlich erweitert, je weiter die Hersteller die Grenzen der Aufzeichnungstechnologie ausdehnten. Durch ein Gruppieren solcher Laufwerke kann eine enorme Speicherkapazität erzielt werden, die den Anforderungen der meisten Computersysteme gerecht wird. Disk-Arrays bieten [CustomerName] eine Vielzahl innovativer Möglichkeiten, die mit herkömmlichen Plattenlaufwerken nicht zur Verfügung stehen.

1.1.1.3 Flexible Leistung

Der Disk-Array-Controller kann auf unterschiedliche Weise konfiguriert werden und bietet somit eine große Flexibilität für unterschiedlichste Benutzeranforderungen. Eine von Array-Controllern verwendete Technik schreibt ein oder mehrere Daten-Bytes im Parallelmodus auf alle Laufwerke, sodass alle Laufwerke bei einer einzigen Datenübertragung unisono arbeiten können. Aus Gründen der Leistung werden die Plattenlaufwerke normalerweise synchronisiert, sodass die Daten zum gleichen Zeitpunkt an die gleiche Stelle geschrieben werden.

Eine andere Array-Technik nutzt den überlappenden Plattenzugriff durch die parallele Anordnung größerer Datenblöcke oder die unabhängige Anordnung mehrerer kleinerer Datenblöcke. Das Ergebnis ist eine Steigerung der Datenübertragungsrate bei langen

Übertragungen, da mehrere Platten an der gleichen Transaktion arbeiten. Ein überlappender Plattenzugriff verbessert die Leistung bei kleineren Datenübertragungen.

1.1.1.4 HP Disk-Arrays

HP bietet [CustomerName] Speicherprodukte für mittlere bis große Unternehmen. Mit ESCON- (Enterprise System Connection), FC- (Fibre Channel) und SCSI-Arrays (Small Computer System Interface), Gigabit Ethernet, Fibre Channel über Ethernet (FcoE), sowie iSCSI (Internet SCSI) bieten HP Platten-Subsysteme eine maximale Flexibilität bei der Konzeption zentralisierter oder modularer Speicherlösungen. Das HP Angebot umfasst:

- HP 3PAR StoreServ Storage Systeme
- HP XP 9000 Storage
- HP EVA 6000 Storage
- HP StoreVirtual 4000 Storage
- HP MSA P2000 Storage
- HP MSA 2040 Storage
- HP StoreOnce Backup Familie
- HP Removable Disk Backup
- HP Virtual Libraries
- HP Networked Attached Storage Systeme
- HP BladeSystem Storage Blades

1.1.1.5 Das RAID-Konzept

Der Begriff RAID bezeichnet ein Akronym, das zum ersten Mal in einem 1987 an der University of California in Berkeley von Patterson, Gibson und Katz verfassten Papier mit dem Titel „A Case for Redundant Arrays of Inexpensive Disks, or RAID“ auftauchte. Später wurde das Wort „inexpensive“ (kostengünstig) in „independent“ (unabhängig) geändert, wobei heutzutage beide Begriffe verwendet werden.

In den letzten Jahren wurde das RAID-Konzept aus mehreren Gründen zunehmend erfolgreich:

- Zunehmender Bekanntheitsgrad und mehr Wissen über RAID.
- Niedrigere Preise, schnellere Prozessoren und die Verbesserung der allgemeinen E/A-Leistung haben ein günstigeres Preis-/Leistungsverhältnis ermöglicht.
- Der Bedarf an Speicherkapazität und Data-Warehouse-Umgebungen ist gestiegen
- Fortschritte bei der Möglichkeit, verschiedene RAID-Stufen in Disk-Arrays zu kombinieren, haben die Flexibilität verbessert.
- Größere Netzwerke und unternehmenskritische Umgebungen gewinnen an Bedeutung.
- Multimedia-, Video- und Imaging-Server erfordern zusätzliche Plattenkapazitäten.
- Die meisten Hardware-Plattformen und Betriebssysteme unterstützen RAID.

1.1.2 Zertifizierte RAID-Stufen

1992 bildete eine Gruppe von Herstellern und anderen Interessierten das RAID Advisory Board (RAB) zur Standardisierung der RAID-Stufen und zur Information der Benutzer. Derzeit hat RAB für sich drei Ziele definiert – Ausbildung, Standardisierung und Zertifizierung über eine Reihe von Tests.

Das RAID Advisory Board kennt die RAID-Stufen 0 bis 6 (auch als 5DP bezeichnet). Weitere Stufen werden entwickelt und in manchen Fällen auch implementiert. Jede

Controller-Konzeption hat eine andere Funktionalität für bestimmte Ziele hinsichtlich der Leistung und der Datenverfügbarkeit. Da für die meisten Online-Transaktionsverarbeitungssysteme, Dateiserver und Workstations nur wenige dieser Konfigurationen in Frage kommen, sind die RAID-Stufen 0, 1, 3 und 5 die gebräuchlichsten.

In den folgenden Abschnitten werden die verschiedenen RAID-Stufen mit ihren Vorteilen und Möglichkeiten beschrieben.

1.1.2.1 Unabhängiger Modus („Independent Mode“)

Dieser Array-Typ bietet keinen speziellen Schutz der Daten. Die Plattenmodule werden als Gruppe einzelner Platten angeordnet; jede Platte kann als separate logische Einheit adressiert werden. Dieser Aufbau ermöglicht eine hohe E/A-Leistung, sofern die Platten richtig konfiguriert werden, und der gesamte Plattenplatz steht für die Benutzerdaten zur Verfügung.

1.1.2.2 RAID-Stufe 0

Bei diesem Array-Typ werden die vom Host übertragenen Daten vom Array-Controller in Segmente unterteilt und auf alle Platten verteilt. Diese Technik wird auch als Striping bezeichnet. Die Größe der Segmente hängt von der definierten Blocklänge ab. Für kurze Übertragungen sind eventuell nur ein oder zwei Platten erforderlich, während lange Übertragungen die gesamte Gruppe nutzen. Lese- und Schreibvorgänge auf den Platten können parallel oder unabhängig voneinander ausgeführt werden; es kann also gleichzeitig auf mehrere Platten zugegriffen werden.

Der Vorteil eines Arrays der RAID-Stufe 0 besteht darin, dass mehrere kleine Übertragungen gleichzeitig verarbeitet werden können. Dadurch wird eine gewissen Überlappung und eine Erhöhung der E/A-Geschwindigkeit erreicht, da jede Plattengruppe an einem anderen E/A arbeiten kann. Bei diesem Disk-Array-Typ gibt es keinen Datenschutz, d. h. dass durch einen Plattenausfall kein Zugriff mehr auf das Gerät möglich ist und häufig ein Systemausfall resultiert. Allerdings kann der gesamte Plattenplatz für die Benutzerdaten genutzt werden.

1.1.2.3 RAID-Stufe 1

Dieser Disk-Array-Typ verwendet eine Konfiguration, die auch als Spiegelung („Mirroring“) bezeichnet wird. Dabei wird eine Kopie der Daten auf einem Plattenlaufwerk auch auf einem anderen Laufwerk gespeichert. Bei einem Ausfall eines Plattenlaufwerks schaltet der Array-Controller automatisch die gesamte E/A-Aktivität auf das verbleibende Laufwerk um. Das ausgefallene Laufwerk muss anschließend repariert und neu synchronisiert werden, um die Daten wieder auf den Stand der gespiegelten Zwillingplatte zu bringen. Eine hohe Datenverfügbarkeit ist für die Benutzer ein entscheidender Vorteil der Plattenspiegelung, weil bei diesem Konzept das Gesamtsystem auch beim Ausfall einer Platte verfügbar bleibt. Die Spiegelung bietet eine hohe Verfügbarkeit mit minimalen Auswirkungen auf die Leistung.

Manche Implementierungen einer Plattenspiegelung verwenden nicht nur einen doppelten Plattenmechanismus, sondern auch doppelte Controller und Netzteile, um einen noch höheren Schutz zu bieten. Bei einigen Ansätzen wird sogar der gesamte Array gespiegelt, um einen besonders hohen Schutz und eine noch bessere Datenverfügbarkeit bereitzustellen.

Ein offensichtlicher Nachteil der Spiegelung sind die hohen Kosten der Duplizierung eines Plattenlaufwerks. Gegenüber einer nicht gespiegelten Alternative sind die Kosten pro Megabyte bei einer Spiegelung doppelt so hoch.

1.1.2.4 RAID-Stufe 3

Dieser Array-Typ verwendet ein separates Datensicherungslaufwerk zum Speichern codierter Daten. Auf dem Datensicherungslaufwerk wird eine codierte Form der Daten gespeichert, um bei einem Ausfall eine Wiederherstellung zu ermöglichen. Die Spindeln des Plattenmechanismus werden synchronisiert, sodass alle Schreib-/Leseköpfe im Array parallel im gleichen Datensektor schreiben oder lesen.

Jede Datenübertragung wird vom Array-Controller unterteilt und über alle Platten im Array verteilt. Der Array erscheint gegenüber dem Host-System als großes einzelnes Plattenlaufwerk. Im Betrieb überträgt der Array Daten vom und zum Host mit einer Übertragungsrate, die der Rate der Plattenprodukte im Array bzw. einer einzelnen Platte im Array entspricht. Die tatsächliche Übertragungsrate hängt von der Bandbreite des Host-Bus-Adapters und dem Muster der Systemdaten ab. Bei manchen Anwendungen wird mit der resultierenden höheren Übertragungsrate eine höhere Leistung erzielt. Jede Schreiboperation betrifft alle Plattenlaufwerke im Array, da neue codierte Daten auf das Datensicherungslaufwerk geschrieben werden müssen. Von Lesevorgängen sind alle Datenplatten im Array betroffen.

Wenn in dieser Umgebung eine Datenplatte ausfällt, rekonstruiert der Array-Controller einfach die fehlenden Daten vom ausgefallenen Laufwerk mithilfe der codierten Form der Daten. Der Array kann in diesem Modus ohne Einschränkung der Leistung arbeiten, bis ein weiterer Ausfall auftritt. Wenn das System erkennt, dass ein Ausfall vorliegt, kann die ausgefallene Platte bei nächster Gelegenheit ausgetauscht werden, auch während das System online ist. Dabei wird ein weiteres Plattenlaufwerk als Ersatz für das ausgefallene Laufwerk eingesetzt und der Array-Controller generiert die Daten neu. Bei einem Ausfall des Datensicherungslaufwerks bleiben alle Benutzerdaten auf den anderen Laufwerken weiterhin verfügbar.

Die Kosten dieser Implementierung sind höher wegen des dedizierten Datensicherungslaufwerks, das nicht zum Speichern von Benutzerdaten verwendet werden kann. Bei den Speicherkosten muss im Durchschnitt mit 20 Prozent Overhead-Kosten gerechnet werden. Bei einem Array mit fünf Platten können Daten beispielsweise nur auf vier Platten gespeichert werden, da das fünfte Laufwerk als dediziertes Datensicherungslaufwerk verwendet wird.

1.1.2.5 RAID-Stufe 5

Die Konzeption der RAID-Stufe 5 ähnelt der RAID-Stufe 0 mit dem Unterschied, dass Stufe 5 ein zusätzliches Merkmal für den Schutz der Daten aufweist. Lese- und Schreibvorgänge auf die Platten werden je nach der Größe der Übertragung vom Host-System und der vom Controller angegebenen Blocktiefe parallel oder unabhängig voneinander durchgeführt. Das bedeutet, dass bei kurzen Übertragungen gleichzeitige Lese- und Schreibvorgänge auftreten können; bei längeren Übertragungen sind jedoch weiterhin alle Laufwerke erforderlich. Die Daten werden bei RAID-Stufe 5 über alle Laufwerke im Array verteilt, die codierten Datensicherungsinformationen werden jedoch nicht auf einer einzelnen dedizierten Platte gespeichert.

Der Array-Controller verwaltet das Generieren und Speichern der codierten Daten. Der Array der Stufe 5 weist eventuell bei Schreibvorgängen je nach der Systemanwendung eine schlechtere Leistung auf. Bei Schreibvorgängen mit kleinen Datenblöcken müssen die Plattenlaufwerke gelesen, neue Codes berechnet und die neuen Codeinformationen erneut geschrieben werden. Dieser Plattenzugriffszyklus LESEN-ÄNDERN-SCHREIBEN stellt bei kleinen Schreibvorgängen im Vergleich zu Stufe 3 einen zusätzlichen Aufwand dar. Bei kleinen Lesevorgängen mit nur wenigen Laufwerken ist das Lesen jedoch erheblich schneller, da der Array mehrere Operationen gleichzeitig verarbeiten kann.

Beim Ausfall eines Plattenlaufwerks in einem Array der Stufe 5 werden die fehlenden Daten in ähnlicher Weise wie bei Stufe 3 aus den codierten Informationen (Prüfsumme) wiederhergestellt. Die Datenverfügbarkeit wird durch die Ausweitung der Systemverfügbarkeit auch bei einem Ausfall eines Laufwerks entsprechend verbessert. Wegen der Datensicherungsfunktionen führt also ein Ausfall eines Laufwerks nicht mehr zu einem Systemabsturz.

1.1.2.6 RAID-Stufe 6

Diese Stufe ähnelt RAID 5, verwendet jedoch zwei voneinander unabhängige Paritätsberechnungen. Jedes Stripe enthält Datensektoren und zwei Prüfsektoren. Durch die Verwendung zweier unabhängiger Paritätsberechnungen kann eine Array-Gruppe auch den Ausfall von zwei Platten verkraften.

Bei bestimmten Anwendungen kann das Reservieren der Systemein-/ausgänge für eine schnelle Wiederherstellung einer Platte eine deutliche Leistungsminderung mit sich bringen. Da RAID 5DP den Ausfall von zwei Platten verkraftet, ist bei einem Ausfall einer einzelnen Platte die Neuerstellung der Daten nicht besonders dringend, da die Gruppe erst nach einem weiteren Ausfall in ein kritisches Stadium gelangen würde. Aus diesem Grund wird das Niveau der E/A-Leistung beibehalten und die Neuerstellung erfolgt langsam, ohne dass diese größere Risiken birgt.

1.1.3 Weitere RAID-Stufen

Verschiedene Hersteller und andere Organisationen haben weitere RAID-Technologien entwickelt. Einige dieser Stufen sind:

- RAID-Stufe 0+1 – Implementiert als gespiegelter Array, dessen Segmente aus RAID-0-Arrays bestehen. Sie bietet die gleiche Fehlertoleranz wie RAID-Stufe 5 und den gleichen Overhead-Aufwand für Fehlertoleranz wie eine reine Plattenspiegelung. Durch mehrfache Stripe-Segmente werden hohe E/A-Raten erzielt.
- RAID ADG (Advanced Data Guarding) und RAID 5DP (Double Parity) – Funktionieren ähnlich wie RAID 5, indem Paritätsinformationen generiert (und gespeichert) werden, um diese gegen Datenverlust durch Laufwerksfehler zu schützen. Mit RAID ADG und RAID 5DP werden allerdings zwei verschiedene Paritätsdatensets genutzt. Dies ermöglicht es die Daten zu erhalten, sollten beide Laufwerke ausfallen. Jedes der Paritätsdatensets nutzt eine Kapazität, die einem der konsistenten Laufwerke für eine komplette Paritätsnutzung von zwei Bereichslaufwerken entspricht.
- RAID-Stufe 10 – Ein weiteres Konzept der Datenspeicherung mit einer Kombination aus Platten-Striping und Plattenspiegelung. Hierbei erfolgt ein Striping über Platten hinweg wie bei RAID-0 und jede Platte hat eine gespiegelte Platte wie bei RAID-1. RAID-10 bietet 100 Prozent Redundanz und unterstützt umfangreichere Volume-Größen, jedoch zu verhältnismäßig höheren Kosten.
- RAID-Stufe 30 – Eine Konzeption, die auch als Striping dedizierter Paritätsarrays bezeichnet wird. Hierbei erfolgt ein Striping über Platten hinweg wie bei RAID-0 und es wird Parität verwendet wie bei RAID-3. RAID-30 bietet eine hohe Fehlertoleranz und unterstützt umfangreichere Volume-Größen.
- RAID-Stufe 50 – Eine Konzeption, die auch als Striping verteilter Paritätsarrays bezeichnet wird. Hierbei erfolgt ein Striping über Platten hinweg wie bei RAID-0 und es wird verteilte Parität verwendet wie bei RAID-5. RAID-50 bietet eine hohe Datenverfügbarkeit sowie eine gute Allgemeinleistung und unterstützt größere Plattenvolumes.

1.1.4 Disk-Arrays im Vergleich zur Plattenspiegelung

Disk-Arrays bieten [CustomerName] einen preisgünstigeren Schutz ihrer Daten als die bei der Plattenspiegelung verwendeten Alternativen mit vollständig redundanten Platten. Mit Disk-Arrays der RAID-Stufe 5 und RAID 5DP ist nur ein kleiner Prozentsatz an zusätzlichem Speicherplatz zum Speichern der codierten Daten erforderlich; bei einer Plattenspiegelung dagegen kann der zusätzlich erforderliche Plattenplatz 100 Prozent ausmachen. Da RAID-Stufe 1 und RAID-Stufe 10 Spiegelungstechniken verwenden, ist auch hier eine doppelte Speicherkapazität erforderlich.

Sowohl RAID-Arrays als auch Alternativen mit Plattenspiegelung sorgen für eine hohe Datenverfügbarkeit, unterscheiden sich jedoch bei der Leistung und den Kosten deutlich.

Viele Disk-Arrays bieten nur die RAID-Stufen 0, 1 und 5. Andere wiederum unterstützen nur die RAID-Stufen 3 und 5. Bei der Planung einer RAID-Implementierung müssen die jeweiligen Stufen vor der Bestellung zusätzlicher Hardware ermittelt werden. RAID ist nicht einfach zu implementieren, bietet jedoch erhebliche Vorteile beim Schutz der Daten, der Datenverfügbarkeit, der höheren Flexibilität und bei bestimmten Anwendungen eine deutlich höhere Leistung.

1.1.5 Gute Gründe für HP bei der Datenspeicherung mit Disk-Arrays

Mit seiner Erfahrung und seinem Weitblick entwickelt Hewlett-Packard Disk-Array-Datenspeicherprodukte als hervorragende Bausteine eines geschützten Datenspeichersystems, auf das sich [CustomerName] heute und noch viele Jahre lang verlassen kann. Mit dem HP Versprechen der hohen Verfügbarkeit bilden HP Disk Array Systeme eine langfristige Speicheralternative, die die Datenintegrität bei [CustomerName] auf lange Zeit sicherstellt.