

**Microsemi Adaptec® Hybrid RAID-Lösungen
Maximale Leistung und Zuverlässigkeit durch die
Kombination von SSDs und Festplatten**

Whitepaper



Einführung

Mit der wachsenden Nachfrage nach Geschwindigkeit und der Entwicklung hin zu immer robusteren Anwendungen kämpfen Rechenzentren ständig damit, dass sie die Leistung ihrer Infrastruktur entsprechend anpassen müssen. Bei einigen Komponenten geht dies relativ einfach: CPUs werden immer leistungsfähiger, Netzwerkgeschwindigkeiten werden gesteigert, die Kapazität von Festplattenlaufwerken nimmt zu usw. Aber diese Entwicklungen bringen wenig, wenn die Rate, mit der E/A-Vorgänge ausgeführt werden, nicht damit Schritt halten kann.

Beispielsweise stellt bei einem Online-Transaktionsverarbeitungssystem oft die Häufigkeit, mit der Datenbank-Updates stattfinden können, eine Begrenzung dar. Die Leistung eines Suchalgorithmus kann davon abhängen, wie schnell unterschiedliche Datenstrukturen von der Platte gelesen werden können. Die Anzahl der Benutzer, die erfolgreich auf eine Website zugreifen können, beruht darauf, wie schnell die Webseiten zur Verfügung gestellt werden können.

Gesteigerte Endbenutzerzahlen verschärfen die Problematik, da dann längere Antwortzeiten und erhöhte Latenzzeiten erforderlich sind. Eine Studie von Equation Research veranschaulicht die Auswirkungen, die solche Probleme auf die Website eines Unternehmens nach sich ziehen können¹:

- 78 % der Website-Besucher sind aufgrund schwacher Leistung während den Stoßzeiten zur Website eines Wettbewerbers gewechselt.
- Bei 88 % der Besucher sinkt die Bereitschaft, nach einer schlechten Nutzererfahrung zu der betreffenden Website zurückzukehren.
- 47 % verließen die Website mit einem weniger positiven Eindruck vom Unternehmen.

Um die Leistung des Systems zu steigern, setzen Rechenzentren manchmal zusätzlich extrem schnelle Festplatten ein – beispielsweise SAS-Laufwerke (Serial Attached SCSI) mit 15.000 U/min – und richten das System so ein, dass Anwendungen nur die äußersten Spuren der Festplatten verwenden, wo die Leistung am besten ist. Oder sie fügen neue Server hinzu, selbst wenn die vorhandenen Server noch Speicherkapazität für mehr Benutzer haben.

Jedes dieser beiden Verfahren führt allerdings zu einer ungünstigen Nutzung der Speicherkapazität. Darüber hinaus fallen durch den Einsatz zusätzlicher Server höhere Investitions- und Betriebskosten an, und zwar Kosten für Instandhaltung, Strom und Kühlung. Der entsprechende Platzbedarf ist auch noch zu berücksichtigen.

Die zunehmende Verbreitung von SSDs (Solid State Drives) entschärft viele dieser Probleme und verändert bei den Mitarbeitern in Rechenzentren das Denken in Bezug auf die Speicherarchitektur.

SSDs: Leistung im Handumdrehen

Gegenüber Festplatten bieten SSDs mehrere Vorteile, z. B. höhere Bandbreiten bei Leseoperationen, höhere IOPS-Werte (E/A pro Sekunde), höhere Zuverlässigkeit in Bezug auf die Mechanik und höhere Belastbarkeit durch Stöße und Vibrationen. Die in SSDs genutzten Flash-Komponenten weisen jedoch im Vergleich zu Festplatten neben den genannten Vorteilen auch einige bauartbedingte Nachteile auf, z. B. geringere Kapazität und geringere Bandbreite im Streaming-Schreibbetrieb.

¹ „When more Website visitors hurt your business: Are you ready for peak traffic?“, Equation Research, 2010

Ein weiterer Nachteil von SSDs besteht darin, dass sie Daten nicht direkt überschreiben können, wie das bei einer herkömmlichen Festplatte der Fall ist. Stattdessen muss der gesamte Zieldatenblock zuerst gelöscht werden, bevor neue Daten geschrieben werden können – dies gilt selbst dann, wenn nur wenige Bytes zu ändern sind. Dieser Prozess beeinflusst aber nicht nur die Schreibleistung negativ, er kann auch dazu führen, dass die Oberfläche des Flash-Mediums ungleichmäßig abgenutzt wird und das Laufwerk dadurch vorzeitig ausfällt.

Um ungleichmäßigen Verschleiß zu verhindern, verteilen viele SSDs Lösch- und Überschreibvorgänge gleichmäßig über die Oberfläche des Mediums. Diese Vorgehensweise wird auch als „Wear Leveling“ bezeichnet. Sie verlängert die Lebensdauer des Laufwerks, sorgt aber mit der Zeit für eine schlechtere Schreibleistung.

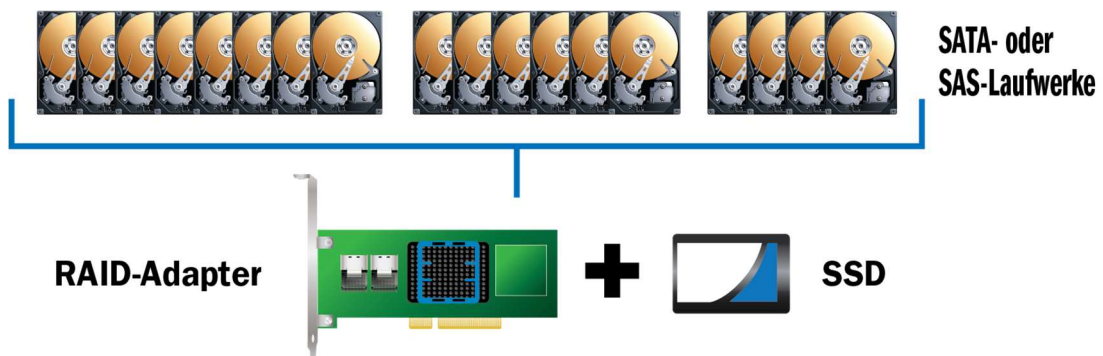
SSDs sind darüber hinaus auch viel teurer als Festplatten, speziell wenn dies in „Kosten pro GB“ berechnet wird. In den meisten Umgebungen ist es schlicht unpraktisch, jede Festplatte durch eine SSD zu ersetzen, ganz gleich, welche Vorteile sich daraus ergeben würden.

Hier spielt der Hybrid-Ansatz, bei dem Festplatten und SSDs kombiniert werden, seine ganze Stärke aus. Dieser Ansatz kann extrem kosteneffizient sein, besonders in Bezug auf die „Kosten pro E/A-Operation“ oder in ökologischer Hinsicht auf den „Stromverbrauch pro E/A-Operation“.

Was ist Hybrid-RAID?

Hybrid-RAID ist eine redundante Speicherlösung, bei der kostengünstige SATA-Festplatten mit hoher Kapazität oder SAS-Festplatten mit höherer Kapazität in Kombination mit SSDs (Solid State Drives) mit hohen E/A pro Sekunde-Werten und niedrigen Latenzzeiten sowie mit einer RAID-Adapterkarte, die SSDs erkennt, eingesetzt werden (siehe folgende Abbildung).

Abbildung 1 Hybrid-RAID-Implementierung



Bei Hybrid-RAID werden Lesevorgänge von der schnelleren SSD ausgeführt, während Schreibvorgänge sowohl auf der SSD, als auch auf der Festplatte erfolgen, damit die Redundanz gewährleistet ist.

Hybrid-RAID eignet sich ideal für Anwendungen wie etwa Internet-Gateways, Dateiserver oder virtuelle Maschinen.

Welche Vorteile bietet Hybrid-RAID?

Hybrid-RAID-Arrays bieten eine vielfach höhere Leistung als herkömmliche, ausschließlich Festplatten-basierte RAID-Verbünde. Gegenüber RAID-Systemen, die nur aus SSDs bestehen, sind Hybrid-RAID-Arrays sehr viel kostengünstiger. Im Vergleich zu ausschließlich festplattenbasierten

RAID-Arrays ermöglichen Hybrid-Arrays höhere E/A pro Sekunde-Werte und verringern die Latenzzeiten, so dass Rechenzentren und Cloud-Computing-Umgebungen mehr Benutzer bedienen und mehr Transaktionen pro Sekunde auf jedem Server ausführen können. Dadurch sind weniger Server zur Unterstützung einer vorgegebenen Arbeitsauslastung erforderlich.

Die Verringerung der Serveranzahl führt nicht nur zu weniger Platzbedarf für Server im Rechenzentrum, sondern auch zu zusätzlichen finanziellen Vorteilen durch Senkung der Ausgaben für den Kauf zusätzlicher Server sowie der Betriebsausgaben für Strom, Kühlung und Wartung.

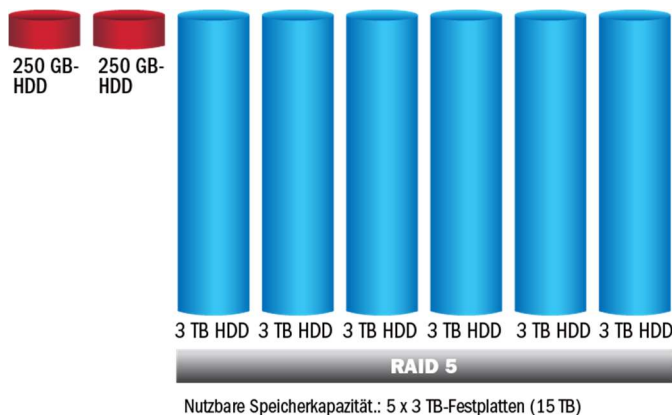
Beispiele für Hybrid-RAID-Lösungen

Wird Hybrid-RAID in eine Speicherlösung integriert, so eröffnet sich ein breites Spektrum an Möglichkeiten für die Maximierung der Kapazität sowie für die Optimierung der Boot-Zeiten und der Gesamtleistung, wie die folgenden Beispiele zeigen.

Szenario 1: Server mit hoher Kapazität (ideal für Serie 8)

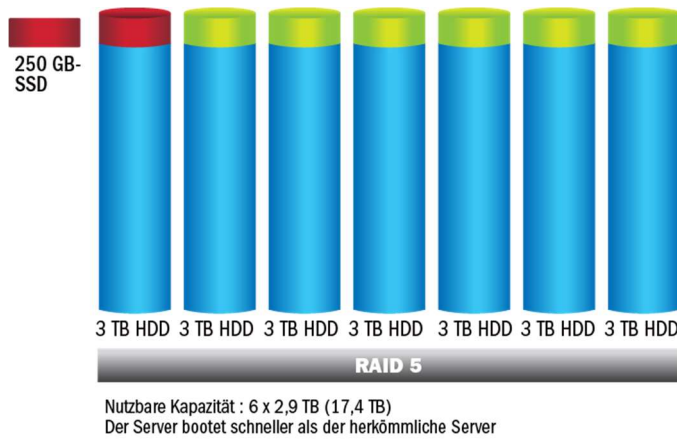
Bei diesem Szenario wollen die Kunden den in einem Server mit 8 Einschüben und hoher Kapazität verfügbaren Platz optimal ausnutzen und gleichzeitig einen Server konfigurieren, der schnell hochfährt. Die Kunden sind konservativ und wollen das Betriebssystem von den Daten trennen (Betriebssystem gespiegelt und Daten im RAID 5 Array, um maximale Kapazität zu erreichen).

Abbildung 2 Server mit hoher Kapazität, herkömmliche Lösung nur mit Festplatten



Bei der ausschließlich festplattenbasierten Lösung (siehe Abbildung oben) liegt das Problem darin, dass zwei Einschübe im Server für die Boot-Laufwerke des Betriebssystems genutzt werden, d. h. die Kapazität wird auf sechs Laufwerke im RAID 5-System eingeschränkt. Darüber hinaus fährt der Server nicht besonders schnell hoch, da er von einer herkömmlichen Festplatte hochfährt, die gespiegelt wird. Das ist keine sonderlich schnelle Form eines RAID-Systems.

Abbildung 3 Server mit hoher Kapazität, Hybrid-RAID-Lösung



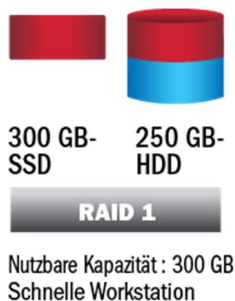
Die Hybrid-Lösung (siehe Abbildung oben) bietet verschiedene Vorteile:

1. Die gesamte Serverkapazität entspricht dem Sechsfachen der verwendbaren Kapazität jeder Festplatte eines RAID 5-Systems.
2. Der Server fährt schnell hoch, weil er während des Boot-Vorgangs von einer SSD liest.
3. Der nicht verwendete Platz auf jeder Platte kann bei Bedarf in einem weiteren Array genutzt werden.
4. Im obigen Szenario könnten die sechs nicht verwendeten Laufwerkssegmente zu einem RAID 5-Laufwerk mit insgesamt 500 GB zusammengefasst werden.

Szenario 2: Workstation (ideal für Serie 8 und 8E)

Bei diesem Szenario wünscht der Nutzer einer Workstation ein System, das schnell hochfährt und Anwendungen schnell lädt. Er möchte sich zudem die Mühe sparen, die Workstation neu aufsetzen zu müssen, wenn ein Laufwerk ausfällt.

Abbildung 4 Hybrid-RAID-Lösung für Workstations



Die Hybrid-Lösung (siehe Abbildung oben) bietet die folgenden Vorteile:

- Alle Lesevorgänge erfolgen von der SSD aus, d. h. die Lesegeschwindigkeit der Workstation wird im Vergleich zu der einer herkömmlichen Festplatte deutlich gesteigert.
- Die Schreibgeschwindigkeit entspricht der einer Standard-Workstation, aber dank des Cache auf der Adapterkarte ist sie schneller als bei einer herkömmlichen Festplatte, die an einem integrierten Festplattenadapter angeschlossen ist.

- Es gehen keine Daten verloren, wenn die SSD oder Festplatte ausfällt. Wenn ein ausgefallenes Gerät ersetzt wird, so wird das Array auf dem Ersatzlaufwerk wiederhergestellt. Dadurch gelangt das System wieder in den Zustand, den es vor dem Ausfall hatte.

Bitte beachten Sie, dass eine Verwendung der ungenutzten 200 GB auf der 500 GB Festplatte nicht empfohlen wird, denn ein Ausfall der Festplatte würde zu einem Datenverlust führen, da die Daten nicht redundant sind.

Szenario 3: Server für kleine und mittlere Unternehmen (ideal für Serie 8E)

Viele kleine und mittlere Unternehmen benötigen mindestens eine Speicherkomponente mit hoher Leistung, um die Buchhaltungssoftware, branchenspezifische Datenbanken und auch Mailserver unterzubringen. Neben der Leistung spielt immer auch die Kapazität eine Rolle. Sogar in kleinen Unternehmen können durchaus mehrere TB an Daten in Form von Dokumenten, Fotos, Videos usw. anfallen.

Abbildung 5 Hybrid-RAID-Lösung für Server in KMU



System hat zwei Volumes
 1 x 160 GB gespiegelt (mit hoher Geschwindigkeit)
 1 x 2,8 TB gespiegelt (mit hoher Kapazität)

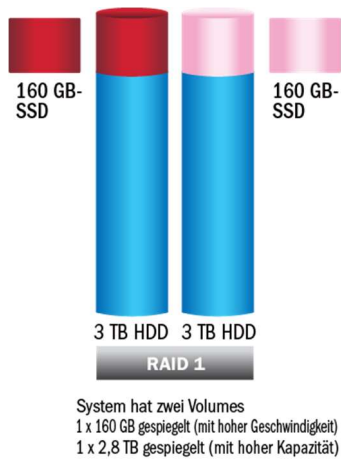
Diese Hybrid-Lösung bietet die folgenden Vorteile:

- Die SSD mit 160 GB ist groß genug für ein Boot-Volume für das Betriebssystem, während noch genügend Platz für ein Volume mit 100 GB für die Datenbankfunktionen verbleibt.
- Da die hybride Spiegelung von 160 GB direkt von der SSD liest, sind sowohl die Boot-Zeiten für das Betriebssystem als auch die Datenbankfunktionen im Vergleich zu einer Standard-Spiegelung mit zwei Festplatten deutlich schneller.

Szenario 4: Server für kleine und mittlere Unternehmen (ideal für Serie 8E)

In der vorhergehenden Konfiguration ist mindestens eine RAID-Karte mit 4 Ports erforderlich; allerdings wird der vierte Port nicht genutzt. Der Server kann also erweitert werden. Dazu ist lediglich der Kauf einer zweiten 160 GB SSD erforderlich, die den nicht genutzten Platz aus dem vorangehenden Beispiel spiegelt. Der vierte Port ist somit belegt.

Abbildung 6 Hybrid-RAID-Lösung für Server in KMU



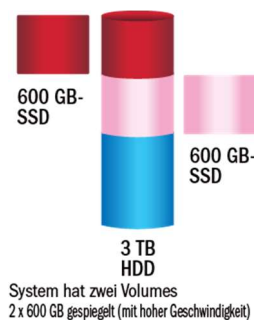
Auf den ersten Blick scheint es zwar sinnvoller zu sein, die beiden SSDs zu spiegeln und dann die beiden Festplatten zu spiegeln, das Resultat würde aber an einen konventionellen Server erinnern. Allerdings gibt es gute Gründe für das obige Szenario:

- Die Schreibgeschwindigkeit von leistungsschwächeren SSDs ist nicht viel höher als diejenige von Festplatten, d. h. eine Spiegelung der beiden SSDs bringt wenig Nutzen.
- Da die Lesegeschwindigkeit einer SSD so hoch ist, erreicht man mit einer Spiegelung von SSDs gegenüber einer einzelnen SSD keine große Verbesserung.
- Die Stärke der SSDs liegt in ihrer rasanten Lesegeschwindigkeit. Mit zwei Hybrid-RAID-Arrays verfügt der Server über 320 GB mit SSD-Lesegeschwindigkeit, wobei die Daten auf den SSDs durch die Spiegelung dennoch geschützt sind.
- Der Server verfügt über die volle Kapazität der Festplatten aus dem vorherigen Beispiel.

Szenario 5: Server für kleine und mittlere Unternehmen, hohe Geschwindigkeit, niedrige Kapazität (ideal für Serie 8E)

Wenn die Leistung wichtiger ist als die Kapazität, können die Benutzer zwei SSDs mit je 600 GB installieren und diese auf die Festplatte spiegeln. Dadurch wird eine SSD-Kapazität von 1,2 TB erreicht (siehe folgende Abbildung).

Abbildung 7 Server für KMU, Hybrid-RAID-Lösung mit hoher Geschwindigkeit und niedriger Kapazität



Bitte beachten Sie, dass es in dieser Konfiguration möglich wäre, sogar eine dritte SSD hinzuzufügen (durch Verwendung des vierten Ports auf der RAID-Karte). Das Ergebnis wären drei hybride Spiegelungen auf insgesamt drei SSDs und einer Festplatte.

Hybrid RAID-Lösungen

Aufbau einer Hybrid-Lösung

Hinsichtlich der Hardware ist der Aufbau einer Hybrid-RAID-Lösung relativ einfach, da SSDs und Festplatten jeglicher Kapazität verwendet werden können (allerdings muss die Anzahl der verwendeten SSDs und Festplatten gleich sein). Wird das RAID-Array aus Laufwerken mit unterschiedlichen Größen aufgebaut, so entspricht die Segmentgröße des logischen Laufwerks der Kapazität der kleinsten physikalischen Platte. Wird beispielsweise ein RAID 1 Verbund mit einer SSD mit 128 GB und einer Festplatte mit 2 TB erstellt, so ergibt sich ein logisches Laufwerk mit 128 GB. Bei einem RAID 10 Verbund mit zwei SSDs mit 128 GB und zwei Festplatten mit jeweils 2 TB ergibt sich ein logisches Laufwerk mit 256 GB. Die restliche Festplattenkapazität kann als Speicher verwendet werden.

Hinsichtlich der Anwendungen stellt sich der Aufbau von Hybrid-RAID-Lösungen allerdings nicht ganz so einfach dar. Das liegt daran, dass bei der Erstellung der meisten Software nicht explizit darauf geachtet wurde, dass sie die Möglichkeit zweier Speicherarten mit ganz unterschiedlichen Eigenschaften erkennen sollte.

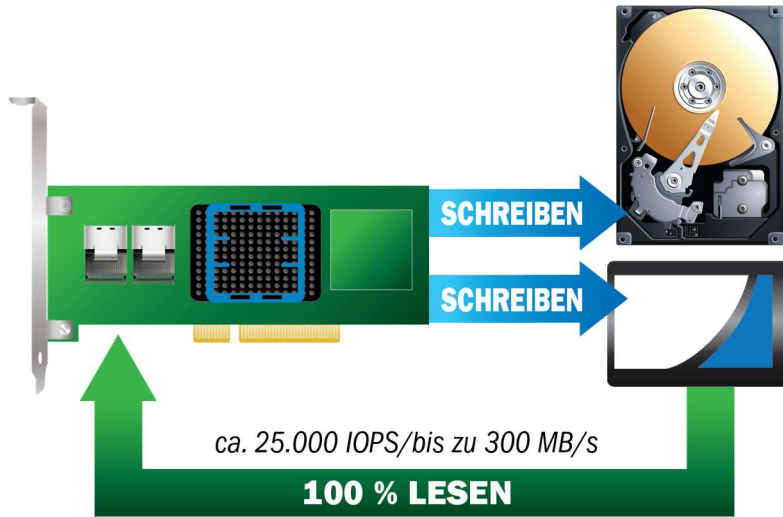
Um ein Hybrid-RAID-System optimal nutzen zu können, ist ein RAID-Adapter erforderlich, der SSDs erkennt und eine intelligente Speicherverarbeitung durchführt.

Microsemi Adaptec Hybrid-RAID-Lösungen

Glücklicherweise ist es ganz einfach, von der Hybrid-RAID-Technologie zu profitieren. Dazu muss nur die aktualisierte Firmware auf SAS-/SATA-RAID-Adaptoren der Serien 8, 8E, 7, 6 oder Q von Microsemi installiert werden. Der Adapter kümmert sich um den Rest: Er erstellt automatisch ein Hybrid-RAID-Array, wenn für den Aufbau eines RAID 1- oder RAID 10-Systems ein oder mehrere SSDs mit derselben Anzahl an Festplatten kombiniert werden. Das Hybrid-RAID-System ist für das Betriebssystem und alle laufenden Anwendungen völlig transparent.

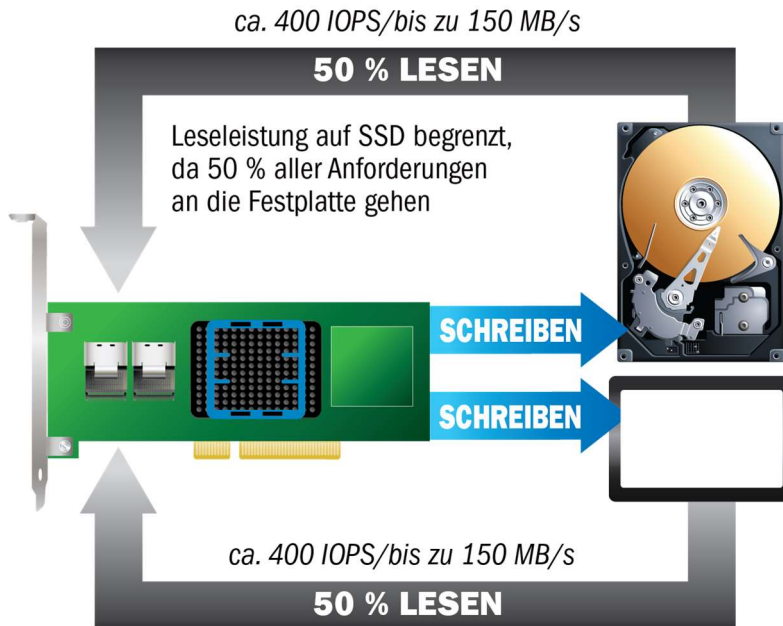
Zusätzlich bieten Microsemi Adaptec RAID-Adapter maximale Leistung bei Hybrid-Arrays, denn Schreiboperationen finden sowohl auf den Festplatten als auch auf den SSDs statt, während zu 100 % von den SSDs gelesen wird (siehe folgende Abbildung).

Abbildung 8 Microsemi Adaptec Hybrid-RAID-Lösung



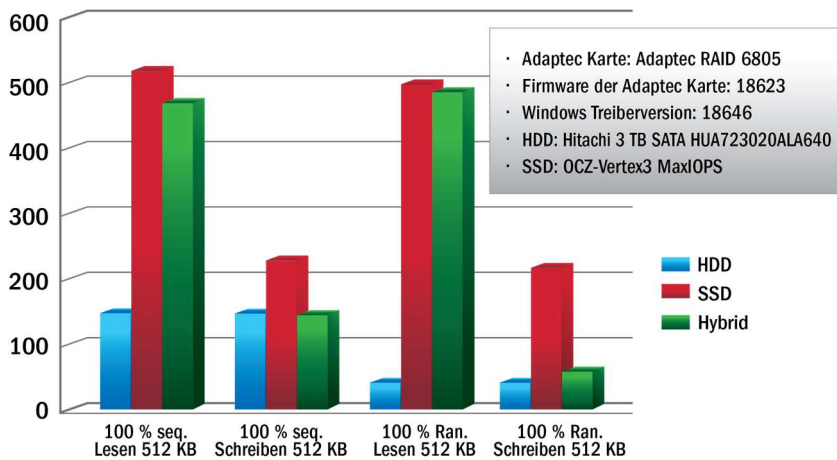
Bei anderen Adaptern hingegen werden Lese- und Schreibvorgänge auf Festplatten und SSDs gleichermaßen ausgeführt (siehe folgende Abbildung). Da Server-E/A-Vorgänge bei SSDs bis zu 100-mal schneller sein können als bei Festplatten, bieten Hybrid-RAID-Lösungen der Mitbewerber meist niedrigere E/A-Leistungen.

Abbildung 9 Hybrid-RAID-Lösung von Wettbewerbern



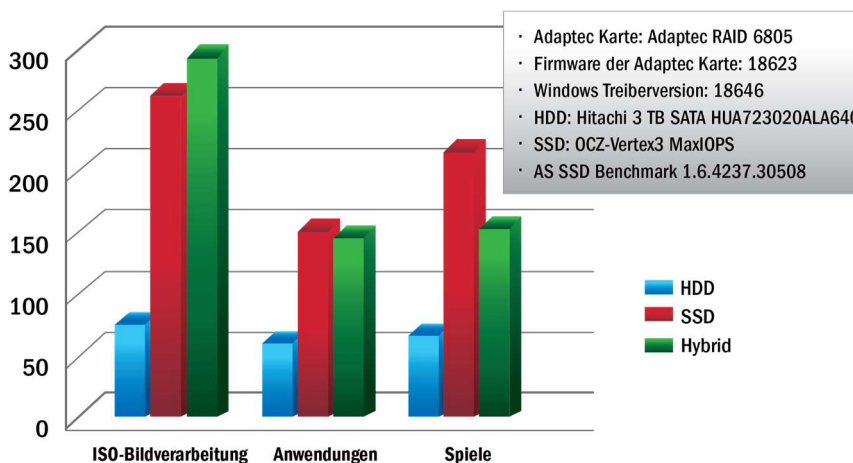
Microsemi Adaptec Hybrid-RAID-Arrays bieten eine höhere Anzahl an Leseoperationen pro Sekunde als Standard-Festplatten-Arrays ohne eine Verschlechterung der E/A-Leistung bei Schreibvorgängen (siehe folgende Abbildung).

Abbildung 10 IOMeter Raw Performance-Test



Bei einigen Anwendungen bietet Microsemi Adaptec Hybrid-RAID sogar einen geringen Vorteil in der Leistung; die Anwendungen laufen auf einem Hybrid-RAID 1-System schneller als auf einer einzelnen SSD (siehe folgende Abbildung).

Abbildung 11 AS SSD Anwendungsleistung



Insgesamt betrachtet bieten Microsemi Adaptec Hybrid-RAID-Systeme eine bessere Leistung und verursachen geringere Kosten pro GB sowie geringere Kosten und einen geringeren Stromverbrauch pro E/A-Vorgang als Hybrid-RAID-Lösungen der Wettbewerber.

Fazit

Rechenzentren unterliegen ständig dem Druck, mehr Benutzer und mehr Datenverkehr bewältigen zu müssen. Angesichts strafferer Budgets sind die Tage gezählt, an denen lediglich mehr Server hinzugefügt werden.

Hybrid-RAID-Arrays aus SSDs und Festplatten bieten eine vielfach höhere Leistung als herkömmliche, ausschließlich festplattenbasierte RAID-Arrays. Im Vergleich zu RAID-Systemen, die nur aus SSDs bestehen, sind sie außerdem wesentlich kostengünstiger.

Microsemi Adaptec SAS-/SATA-RAID-Adapter der Serien 8, 8E, 7, 6 und Q mit den neuesten Firmware-Aktualisierungen können automatisch ein nahtloses Hybrid-RAID-Array erzeugen, und zwar immer dann, wenn mindestens eine SSD mit derselben Anzahl an Festplatten in einem RAID 1- oder RAID 10-Array kombiniert wird. Im Gegensatz zu RAID-Controllerkarten unserer Wettbewerber, die 50 % der Zeit von der Festplatte lesen, bieten die Microsemi Adaptec-Karten maximale Systemleistung, weil sie nur von der SSD lesen.

Im Vergleich zu ausschließlich festplattenbasierten Arrays ergibt sich bei Microsemi Adaptec Hybrid-Arrays eine höhere Anzahl an Lesevorgängen pro Sekunde, ohne dass dadurch die E/A-Schreibleistung beeinträchtigt wird. Gleichzeitig bleibt das System für das Betriebssystem und alle laufenden Anwendungen völlig transparent. Im Vergleich zu ausschließlich SSD-basierten Arrays bieten die Microsemi Adaptec Hybrid-Arrays die niedrigsten Kosten pro GB sowie die niedrigsten Kosten und den geringsten Stromverbrauch pro E/A-Vorgang.

**Microsemi Corporate Headquarters**

One Enterprise, Aliso Viejo,
CA 92656 USA
Tel. in den USA: +1 (800) 713-4113
Tel. von außerhalb der USA:
+1 (949) 380-6100
Fax: +1 (949) 215-4996
E-Mail-Adresse:
sales.support@microsemi.com
www.microsemi.com

©2016 Microsemi Corporation. Alle Rechte vorbehalten. Microsemi und das Microsemi Logo sind eingetragene Marken der Microsemi Corporation. Alle anderen Handels- und Dienstleistungsmarken sind Eigentum der jeweiligen Inhaber.

Microsemi übernimmt keine Gewährleistung, Verantwortung oder Garantie für die im vorliegenden Dokument enthaltenen Informationen oder für die Eignung seiner Produkte zu einem bestimmten Zweck. Außerdem übernimmt Microsemi keinerlei Haftung für Sachverhalte, die sich aus der Anwendung oder Nutzung jeglicher Produkte oder Schaltungen ergeben. Die verkauften Produkte und sämtliche sonstigen von Microsemi verkauften Produkte wurden in beschränktem Umfang Tests unterzogen und sollten nicht in Verbindung mit unternehmenswichtigen Anlagen bzw. Anwendungen eingesetzt werden. Sämtliche Leistungsangaben werden als zuverlässig eingeschätzt, sind jedoch nicht geprüft. Der Käufer muss sämtliche Leistungstests und sonstige Tests des Produkts selbst durchführen und abschließen, und zwar für sich allein und zusammen mit etwaigen Endprodukten bzw. in diesen installiert. Der Käufer stimmt zu, dass er sich nicht auf etwaige Daten- und Leistungsangaben bzw. -parameter verlässt, die von Microsemi bereitgestellt wurden. Es liegt in der Verantwortlichkeit des Käufers, eigenständig die Eignung etwaiger Produkte zu ermitteln und diese zu testen und zu prüfen. Für die im vorliegenden Dokument von Microsemi bereitgestellten Informationen wird keinerlei Haftung übernommen, auch nicht bei etwaigen Fehlern. Das gesamte Risiko in Verbindung mit den genannten Informationen liegt ausschließlich beim Käufer. Microsemi gewährt etwaigen Parteien weder ausdrücklich noch stillschweigend etwaige Patentrechte, Lizenzen oder sonstige geistige Eigentumsrechte, sei es in Bezug auf die genannten Informationen selbst oder auf etwaige Gegenstände, Personen oder Leistungen, die in den genannten Informationen beschrieben werden. Die im vorliegenden Dokument bereitgestellten Informationen sind Eigentum von Microsemi. Microsemi behält sich das Recht vor, jederzeit und ohne Vorankündigung etwaige Änderungen an den im vorliegenden Dokument bereitgestellten Informationen oder an etwaigen Produkten vorzunehmen.

Über Microsemi

Microsemi Corporation (Nasdaq: MSCC) bietet ein umfangreiches Portfolio an Halbleiter- und Systemlösungen für die Bereiche Luft- und Raumfahrt, Verteidigung und Sicherheit, Kommunikation, Rechenzentren und die Industrie. Zu den Produkten zählen hochleistungsfähige, strahlungsfeste analoge und Mixed-Signal integrierte Schaltungen, FPGAs, SoCs und ASICs, Powermanagement-Produkte, Geräte für Zeiterfassung und Synchronisierung, Lösungen für die präzise Zeitmessung, die weltweite Zeitstandards setzen, Sprachverarbeitungsvorrichtungen, HF-Lösungen, diskrete Komponenten, Speicher- und Kommunikationslösungen für Unternehmen, Sicherheitstechnologien und skalierbare Produkte für den Manipulationsschutz, Ethernet-Lösungen; Power-over-Ethernet ICs und Midspans sowie kundenspezifische Entwicklungsdienstleistungen. Die Unternehmenszentrale von Microsemi befindet sich in Aliso Viejo (Kalifornien/USA). Das Unternehmen beschäftigt weltweit rund 4.800 Mitarbeiter. Weitere Informationen unter www.microsemi.com.

ESC-2160436