

Boi Feddern

Geballte Plattenpower

12 SATA-II-RAID-Adapterkarten mit PCI, PCI-X und PCIe

SATA-RAID-Steckkarten erlauben den Betrieb von Festplatten in einem Verbund auch an Rechnern, die keine Onboard-RAID-Lösungen mitbringen. Günstige Adapter bieten nur einfache RAID-Funktionen, während Profi-Steckkarten schnelle Performance und umfangreiche Konfigurationsoptionen versprechen.

Das Zusammenfassen mehrerer Festplatten zu einem RAID-Verbund (Redundant Array of Independent Disks) ist eine bequeme Art und Weise, um sich vor einem Laufwerksausfall zu schützen. Moderne Mainboards bringen bereits von Haus aus SATA- oder IDE-Chips mit, die zumindest die RAID-Modi 0 und

1, manchmal auch 5 und 10, beherrschen. Einen Überblick über diese Lösungen gibt der Artikel ab Seite 194. Wer auf Performance und Flexibilität Wert legt, kommt allerdings an einer RAID-Adapterkarte nicht vorbei.

Für den Aufbau eines RAID verwendet man heute sinnigerweise SATA-Festplatten. Anders als ihre

Vorfahren mit IDE-Interface eignen sich SATA-Laufwerke für den Wechsel im laufenden Betrieb (Hot-Plugging). Außerdem sieht die SATA-Spezifikation noch weitere Fähigkeiten vor, die für den Einsatz von Festplatten in einem RAID-Verbund praktisch sind: Dazu gehören das performancesteigernde Native Command Queuing (NCQ) [1] und die Unterstützung für Port-Multiplier [2], also den Betrieb mehrerer Laufwerke an einem SATA-Port. Auf diese Art können auch an günstigen Zwei- oder Vier-Port-Adaptoren viele Festplatten betrieben werden. Staggered Drive Spin Up erlaubt das verzögerte Anlaufen

von Festplatten, um die Netzlast beim Hochfahren des Rechners möglichst gering zu halten.

Zu Zeiten, als die Festplatten noch nicht so schnell wie heute waren, hatten die Hersteller Steckkarten mit 32-bittigem PCI-Interface im Angebot. Bei den Datenraten moderner SATA-Laufwerke von etwa 70 MByte/s würde die mit 33 MHz getaktete PCI-Schnittstelle schon bei einem RAID 0 aus zwei Platten zum Flaschenhals – maximal 133 MByte/s ließe der Bus passieren. Mit 66 MHz getaktete PCI-Slots, die es auf theoretisch 266 MByte/s bringen könnten, sind auf Desktop-Mainboards sehr rar.



Der 9550SX-4LP von 3ware ist unter Linux einfach zu handhaben.



Adaptec's AAR-1420SA bietet vier Kanäle, beherrscht aber kein RAID 5.

Genügend Leistungsreserven bieten dagegen PCI-X- sowie PCI Express Interfaces (PCIe), die jeweils ein Vielfaches der PCI-Datenraten zulassen. PCI-X-Slots (64 Bit, 66/100/133 MHz) sind üblicherweise nur auf Serverboards anzutreffen, während das PCIe-Interface bei modernen Desktop-Mainboards zum Standard gehört. Je nachdem, ob der Hersteller eines SATA-RAID-Adapters mehr den Privat- oder den professionellen Anwender im Visier hat, bietet er deshalb heute seine Steckkarte mit PCI-X oder PCIe an. Häufig gibt es von einer Karte auch zwei Versionen.

PCI-X-Karten arbeiten normalerweise mit einer Signalspannung von 3,3 Volt. Eine Kodierkerbe verhindert, dass man die Karte in einen herkömmlichen PCI-Slot steckt, der mit einer Signalspannung von 5 Volt arbeitet. Manche PCI-X-Karten besitzen aber zwei Kodierkerben. Solche Karten laufen dann – mit geringerer Performance – auch in herkömmlichen PCI-Slots.

Wer über den Kauf einer RAID-Adapterkarte nachdenkt, hat die Qual der Wahl: Von günstigen Einstiegslösungen für 40 Euro bis hin zu mehreren hundert Euro teuren Profi-Adaptoren bietet der Markt ein reichhaltiges Sortiment. Grundsätzlich gliedert sich das Angebot in zwei Kategorien. Die einfachen Karten stellen lediglich die SATA-Schnittstellen bereit und die RAID-Funktion ist im BIOS und dem Treiber implementiert.

Letztlich arbeiten diese RAID-Adapter genauso wie Onboard-RAID-Lösungen und es kommen meist die gleichen Chips zum Einsatz. Die günstigen Karten von SCM PC-Card oder Dawicontrol verwenden beispielsweise Chips von Silicon Image, während Promise, Adaptec oder Highpoint eigene RAID-Chips fertigen.

Teure Adapterkarten bringen einen eigenen Prozessor mit, um

die CPU des Rechners zu entlasten. Dem Prozessor steht ein Pufferspeicher zur Seite, der die Datentransfers beschleunigt. Fast alle Adapter in unserem Testfeld vertrauen auf einen I/O-Prozessor von Intel, weshalb sie sich untereinander in Sachen Performance wenig unterscheiden. Nur 3ware setzt eine CPU aus eigenem Hause ein.

Wir haben zum Test zwölf aktuelle SATA-RAID-Adapter ins Haus geholt und uns dabei auf Modelle konzentriert, die bereits mit der für Serial ATA II spezifizierten Schnittstellengeschwindigkeit von 3 GBit/s arbeiten. Mit von der Partie sind sowohl besonders günstige Lösungen wie der ICS-PCIe x1 SATA II RAID von SCM PC-Card als auch sündhaft teure Profi-Adapter von Intel und LSI Logic.

Am stärksten vertreten ist die Spezies mit vier Kanälen; im Testfeld finden sich aber auch einige Adapter mit zwei oder acht Ports. Alle Testkandidaten beherrschen mindestens die Standard-RAID-Level 0 und 1; die meisten auch 5. Adapter mit vier und mehr Kanälen unterstützen meist außerdem die kombinierten RAID-Level 10 oder 50.

Nach dem Booten des Rechners melden sich alle Adapter mit einem eigenen BIOS. Dort kann – je nach Modell mehr oder weniger komfortabel – ein RAID konfiguriert werden.

Profi-Adapter kennen zwei Arten, um Daten auf die Festplatte zu schreiben: Write Back oder Write Through. Beim Write Back hält der Adapter die Daten so lange in seinem Pufferspeicher, bis er einen geeigneten Zeitpunkt findet, um die Daten an die Festplatte weiterzugeben. Das ist meistens dann der Fall, wenn die Systemressourcen nicht voll beansprucht werden. Dieses Verfahren kann die Schreibleistung deutlich verbessern.

Allerdings gibt es auch einen Nachteil: Bei einem Stromausfall sind die Daten, die zu diesem Zeitpunkt im Puffer lagern, unwiderruflich verloren. Diese Strategie sollte man deshalb nur mit Bedacht einsetzen, wenn man auf einen für die meisten Profi-Adapter optional erhältlichen batteriegepufferten Speicher zurückgreift.

Langsamer beim Schreiben, dafür aber sicherer, ist die Write-Through-Strategie. Der Adapter schreibt – ähnlich wie ein Adapter ohne Cache – die Daten ohne Rücksicht auf die aktuelle Systemauslastung und ohne Zwischenpufferung direkt auf die Platte.

Auch beim Lesen besitzen Profi-Adapter verschiedene Caching-Strategien: Read Ahead, Adaptive Read oder No Read Ahead. Beim Read Ahead fordert der Adapter neben den tatsächlich benötigten auch die Daten an, die daneben liegen und speichert sie im Cache. Nur wenn Daten sequenziell gelesen werden, kann dieses Verfahren die Performance erhöhen.

Beim Adaptive Read Ahead aktiviert der Adapter die Read-Ahead-Lesezugriffe erst dann, wenn zwei aufeinander folgende Leseanweisungen Daten aus zwei hintereinander liegenden Sektoren der Festplatte fordern. Erhält der Adapter hingegen Daten aus zufälligen Sektoren, schaltet er automatisch in den No-Read-Ahead-Modus um. Bei dieser Strategie liest der Adapter die Daten nicht vorausschauend ein. Welche dieser Einstellungen die bessere ist, hängt von der Art der Anwendung ab.

Praxischeck

Bei der Beurteilung der Qualität eines RAID-Adapters kommt natürlich der Performance eine wesentliche Bedeutung zu. Darüber hinaus spielt aber auch die

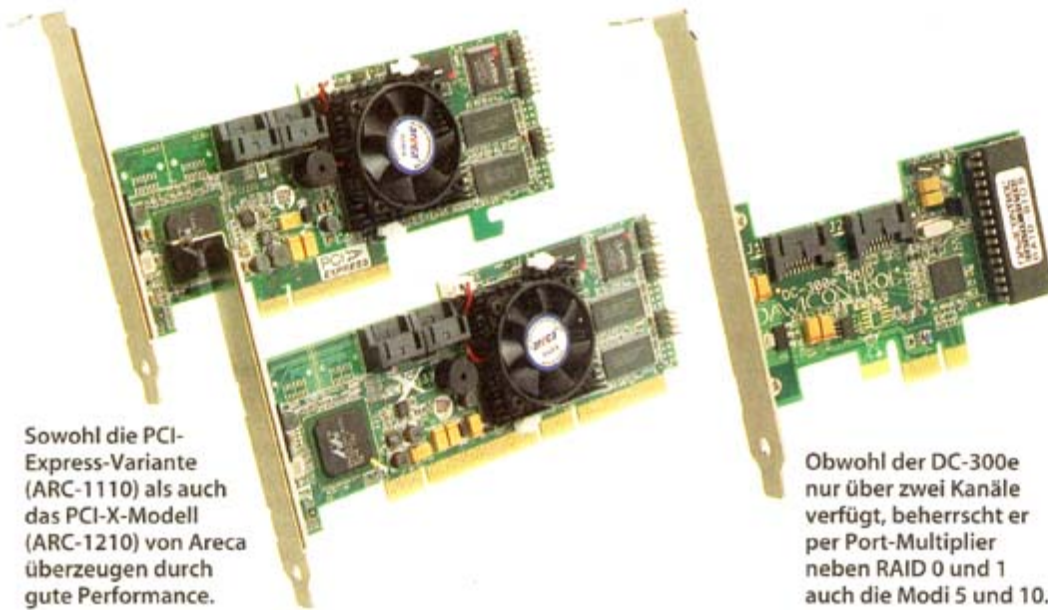
Handhabbarkeit des BIOS und der mitgelieferten Management-Software eine Rolle. Linuxer dürften besonders interessieren, ob sich die Adapter auch für einen Einsatz außerhalb von Windows-Umgebungen eignen, ob Open-Source-Treiber beiliegen oder ob Treiber bereits in aktuellen Distributionen enthalten sind.

Wir haben die Probe aufs Exempel gemacht und alle Adapter an einem Workstation-Board von Asus (P5WDG2-WS, Intel-Chipsatz 975X) mit einem Pentium 4 640 (3,2 GHz) betrieben. Jede Karte musste – wenn möglich – im RAID 0 und 5 mit drei Platten (Samsung SP2504C) sowie im RAID 1 mit zwei Laufwerken ihren Mann stehen.

Bei Vier- und Acht-Kanal-Adaptoren ließe sich beim Einsatz von mehr als drei Festplatten noch eine höhere Performance herauskitzeln. Wir wollten unsere Messungen aber vergleichbar halten mit dem Test der Onboard-RAID-Chips auf den folgenden Seiten und haben deshalb auf den Einsatz von mehr als drei Laufwerken verzichtet. Mainboards bieten in der Regel nur vier RAID-fähige SATA-Ports, wobei einen üblicherweise die nicht zum RAID gehörende Systemplatte in Anspruch nimmt.

Zur Performancemessung unter Windows XP haben wir auf alle Probanden Iometer losgelassen. In unserer Testkonfiguration schreibt und liest der Benchmark Daten sequenziell mit 1 MByte und 64 KByte Blockgröße. Um eine Multitasking-Umgebung zu simulieren, wie sie bei Serveranwendungen auftritt, mussten die Adapter dabei die Anzahl von 32 aufgeschobenen I/O-Operationen bewältigen.

Parallel zu sequenziellen Zugriffen mit dem Iometer auf einen RAID-Verbund ließen wir Cinebench 2003 Version 8.1 ein Bild rendern. Während der



Sowohl die PCI-Express-Variante (ARC-1110) als auch das PCI-X-Modell (ARC-1210) von Areca überzeugen durch gute Performance.

Obwohl der DC-300e nur über zwei Kanäle verfügt, beherrscht er per Port-Multiplier neben RAID 0 und 1 auch die Modi 5 und 10.

Schreibzugriffe auf RAID-5-Arrays an Adaptern, die die RAID-Funktion im Treiber implementiert haben, ließ sich das Programm dabei teilweise rund 20 bis 25 Prozent mehr Zeit als an Profi-Adaptern mit eigener CPU.

RAID mit Pinguin

Auf Linux-Kompatibilität testeten wir die Adapter mit dem frei erhältlichen CentOS 4.3. Es ist kompatibel zu Red Hat Enterprise Linux 4 Update 3, auf dessen Quellen es basiert. Für diese Distribution oder das Novell/Suse-Gegenstück Suse Enterprise Linux 9 bieten manche Hersteller passende Treiber an; für Debian oder die in kürzeren Abständen aktualisierten Mainstream-Distributionen von Red Hat/Fedora, Suse/Novell und Ubuntu ist das häufig nicht der Fall.

Will man einen Adapter unter Linux betreiben, sollte man sich die Treiber genau anschauen. In der Handhabung am einfachsten sind die im Kernel enthaltene Open-Source-Treiber. Die Distributionen bringen sie gleich mit, was ein Nachinstallieren von Treibern erspart und für direkte Unterstützung im Installationsprogramm der Distribution sorgt.

Manche Hersteller bieten ausschließlich vorkompilierte Treiber für spezielle Kernel an. Sie lassen sich auch in den Installationsroutinen der Linuxe einbinden und ermöglichen das Aufspielen von Linux auf einen RAID-Verbund. Solche Treiber schränken die Auswahl der Distribution jedoch auf die vom Adapter-Hersteller unterstützten ein.

Die meisten Adapter-Hersteller bieten einen in Teilen vorkompilierten Treiber an. Solche lassen sich zusammen mit einer im Quellcode beiliegenden Zwischenschicht (Wrapper) für den jeweils verwendeten Kernel kompilieren. Das ermöglicht den Einsatz des Treibers auf nahezu beliebigen Distributionen oder selbst übersetzten Kernen. Zur Installation auf einen RAID-Verbund muss man den so erstellten Treiber jedoch dem Installationsmedium unterschieben – eine keineswegs triviale Aufgabe.

Da sich die Kernel-Treiber-Schnittstellen zudem stetig ändern, müssen die Treiber-Programmierer die Zwischenschicht regelmäßig an die neuen Gegebenheiten anpassen. Die Hersteller können dem Entwicklungstempo des Kernels jedoch teilweise nicht zeitnah folgen; bis zur Adaption an die neuen Kernel-APIs kann man daher unter Umständen nicht auf einen aktualisierten Kernel wechseln. Das ist nicht nur bei Sicherheitslücken des alten Kernels problematisch, sondern kann auch den Einsatz einer anderen Hardware-Komponente unterbinden oder verkomplizieren, wenn sie sich nur mit einem in neueren Kernen enthaltenen Treiber verwenden lässt.

Manche Linux-Treiber helfen auch nur bedingt weiter. Sie bieten keine RAID-Funktionalität, sondern eignen sich nur zum Ansprechen einzelner Festplatten. Das Gleiche gilt für viele im Kernel bereits enthaltenen Open-Source-Treiber. Beim Schreiben mit solchen Treibern auf ein RAID zerstört Linux sämtliche Daten.

Erst mit Hilfe des Programms dmraid ist der Kernel bei einigen Adaptern in der Lage, das RAID-Array korrekt anzusprechen – der Artikel auf Seite 194 geht auf diese Lösung näher ein.

3ware 9550SX-4LP

Der 3ware 9550SX-4LP mit PCI-X-Interface (64 Bit, Signalspannung 3,3 Volt) besitzt vier Kanäle und unterstützt die RAID-Modi 0, 1, 5, 10 sowie 50. Das BIOS des Adapters wirkt aufgrund der geringen Anzahl an Konfigurationsoptionen etwas spartanisch. Dafür ist die mitgelieferte Browser-basierende Management-Software 3DM2 grafisch besonders ansprechend gehalten. Sowohl per BIOS als auch per Software-Tool gelingt die Einrichtung eines RAID-Arrays auch Einsteigern.

Der Linux-Kernel bringt bereits einen Open-Source-Treiber für den 9550SX-4LP mit. Distributionen mit aktuellen Kernel-Versionen erkennen den 9550SX problemlos. Das in CentOS enthaltene Kernel-Modul ist jedoch zu alt, sodass man aktualisierte Treiber von der Support-Webseite benötigt; dort erhältlich ist auch eine aktuelle Version des Treibers sowie Treiberdisketten für Novell/Suse, Red Hat/Fedora und FreeBSD. Das Wartungsprogramm zur Konfiguration über den Web-Browser bietet 3ware sowohl für Windows als auch für Linux an.

Adaptec AAR-1420SA

Beim AAR-1420SA von Adaptec handelt es sich um einen Vier-

Kanal-Adapter, der lediglich Unterstützung für die RAID-Level 0, 1 und 10 bietet. Auf RAID 5 muss der Käufer hier verzichten. Eine zweite Kodierkerbe erlaubt den Betrieb der Karte auch in herkömmlichen PCI-Slots mit einer Signalspannung von 5 Volt. Das BIOS ist übersichtlich und auf die nötigsten Funktionen beschränkt. Grafisch besonders ansprechend ist die von Adaptec mitgelieferte Java-basierende Management-Software Storage Manager. Darüber hinaus legt Adaptec der RAID-Karte ein Kommandozeilentool zur Konfiguration bei.

Im Vergleich zu den anderen Kandidaten im Testfeld stört die lange Initialisierungsphase des Adapters – erst nach 25 Sekunden hat das System die Platten erkannt und bootet. Bei einem Plattenausfall bleibt der Adapter stumm, informiert aber per Event-Log im Storage Manager oder E-Mail-Benachrichtigung über das Dilemma.

Für die Installation von Linux auf einen RAID-Verbund stellt Adaptec Treiber in Form von Disketten-Images für die Linux-Distributionen von Novell/Suse und Red Hat/Fedora bereit. Für andere Linux-Distributionen kann man den in Teilen vorkompilierten Treiber passend zum verwendeten Kernel kompilieren. Das dazu benötigte Skript ist komplex und wenig intuitiv. Das bereits von Windows bekannte Verwaltungsprogramm StorageManager stellt Adaptec auch für Linux bereit.

Neuere Kernel bringen zudem einen experimentellen Open-Source-Treiber für den auf dem Adapter verwendeten Chip mit. Für den Zugriff auf RAID-Arrays erfordert Linux zusätzlich das Programm dmraid. Das unterstützte Adaptec HostRAID-Format jedoch erst in der zum Zeitpunkt neuesten Version.

Areca ARC-1110 und ARC-1210

Die beiden Vier-Port-Adapter von Areca unterscheiden sich lediglich im Interface: der ARC-1210 arbeitet in PCI-Express-Slots mit x8-Geschwindigkeit und der ARC-1110 in PCI-X- oder herkömmlichen PCI-Steckplätzen. Anders als der Packungsaufdruck suggeriert, unterstützen die von uns getesteten Modelle nicht den RAID-Level 6, sondern nur die Modi 0, 1, 3, 5 und 10. Beide

Adapter arbeiten mit einem eigenen Prozessor und vertrauen dabei auf eine CPU von Intel (IOP80331 und IOP80332). Zum Puffern von Daten bieten die Karten einen 128 MByte großen Cachespeicher. Als einzige RAID-Karten in unserem Test wird bei beiden Areca-Modellen die CPU mit einem aktiven Lüfter gekühlt, der aber gegen einen mitgelieferten Passivkühler ausgetauscht werden kann.

Das BIOS der Adapter ist logisch aufgebaut und bietet die umfangreichsten Konfigurationsoptionen aller Adapter im Testfeld: Von der Einstellung der Schnittstellengeschwindigkeit der einzelnen SATA-Ports über Cache-Strategien bis hin zum Zeitpunkt des verzögerten Anlaufens der Festplatten (Staggered Drive Spin Up) bleiben kaum Wünsche offen. Die durchschnittliche, Browser-basierende Management-Software konnte indes nicht hundertprozentig überzeugen. Zeitweise erkannte das Tool die installierten Adapter nicht und ließ keine Konfiguration des RAID zu.

Die Linux-Treiber für die beiden Areca-Modelle sind Open-Source und im mm-Entwicklerkernel enthalten; im Standard-Kernel hingegen fehlen sie derzeit, da einige Kernel-Entwickler noch verschiedene Korrekturen vor der Aufnahme forderten. Zur Linux-Installation konnte man auf die von Areca für diverse Distributionen vorkompilierten Treiber zurückgreifen. Fehlen diese für das Wunsch-Linux, muss man das angebotene Source-Paket verwenden. Das ist jedoch kompliziert und schlecht dokumentiert. Die Konfiguration unter Linux erledigen ein Kommandozeilenprogramm und eine Management-Software mit den gleichen Funktionen wie in der Windows-Version.

Dawicontrol DC-300e RAID

Die PCIe-Karte von Dawicontrol mit x1-Interface ist klitzeklein und gehört mit einem Preis von deutlich unter 100 Euro zu den Einstiegslösungen im Testfeld. Leider muss man aber einige Kompromisse hinnehmen. Der RAID-Chip von Silicon Image (Sil3132) erledigt die RAID-Funktionen ausschließlich per Software. Der Zwei-Kanal-Adapter unterstützt die RAID-Modi 0 und

1, per Port-Multiplier auch 5 und 10. In den RAID-Modi 0 und 1 bietet der Adapter eine ordentliche Performance und auch die Belastung der Rechner-CPU ist äußerst gering. Während im RAID 0 die Blockgröße zwischen 8 und 128 KByte frei wählbar ist, erlaubt das BIOS des DC-300e im RAID-1-Betrieb nur eine Einstellung von 8 KByte.

Besonders angenehm ist die mit zwei Sekunden kürzeste Initialisierungsphase aller Adapter im Testfeld. Allerdings hängt sich unser Testsystem wiederholt auf, wenn bereits beim Rechnerstart Platten am DC-300e angeschlossen waren. Um diesem Problem aus dem Weg zu gehen, mussten wir die Platten unter Windows per Hot-Plug hinzufügen. Das klappte zwar reibungslos, dürfte aber nicht im Sinne des Erfinders sein. An einem ähnlichen Mainboard von Asus (P5WDG2-E Premium) ohne PCI-X-Slot trat dieses Phänomen immerhin nicht auf.

Wie die meisten RAID-Adapter beherrscht auch der DC-300e das Hintereinanderhängen mehrerer Festplatten, das von den Herstellern gerne als JBOD (Just a Bunch of Disks) bezeichnet wird. Dawicontrol verwendet zur Beschreibung dieses Modus den Standard-Terminus Concatenation (englisch concatenation = Verkettung). Das mitgelieferte Management-Tool erlaubt neben der Einrichtung eines RAID-Verbundes kaum weitere Einstellungen. Fällt eine Platte aus, erfährt man dies per Popup-Fenster, sofern die Management-Software gerade läuft. Sonst bleibt der Adapter stumm und auch eine E-Mail-Benachrichtigung gibt es nicht.

Zur Linux-Kompatibilität macht Dawicontrol keine Angaben. Auf der Support-Homepage des auf dem Adapter verwendeten Chip-

satzes Silicon Image SIL3132 finden sich jedoch vorkompilierte Treiber für ausgewählte Distributionen von Novell/Suse und Red Hat/Fedora. Für andere Distributionen verweist der Chiphersteller auf den seit Linux 2.6.13 im Kernel enthaltenen Treiber `sata_sil24`. Mit keinem der beiden Treiber lassen sich die RAID-Fähigkeiten des DC-300e direkt verwenden – das ermöglicht erst `dmraid`.

Der vorkompilierte Treiber funktionierte unter CentOS 4.3, dessen Kernel noch keinen Treiber für den Chipsatz mitbringt. Beim Schreiben auf ein mit `dmraid` angesprochenes RAID 1 arbeitete Linux dabei jedoch deutlich langsamer als erwartet. Das Problem trat auch mit neuem Kernel, dessen Open-Source-Treiber und `dmraid` auf.

Dawicontrol DC-4300 RAID

Der DC-4300 bietet im BIOS und per Management-Software die gleichen Konfigurationsoptionen wie der DC-300e, kommt aber mit PCI-X-Interface und vier Kanälen daher. Dadurch unterstützt der mit herkömmlichen PCI-Slots kompatible Adapter neben den RAID-Levels 0 und 1 auch ohne Einsatz eines Port-Multipliers die Modi 5 und 10. Beim DC-4300 verwendet Dawicontrol ebenfalls einen RAID-

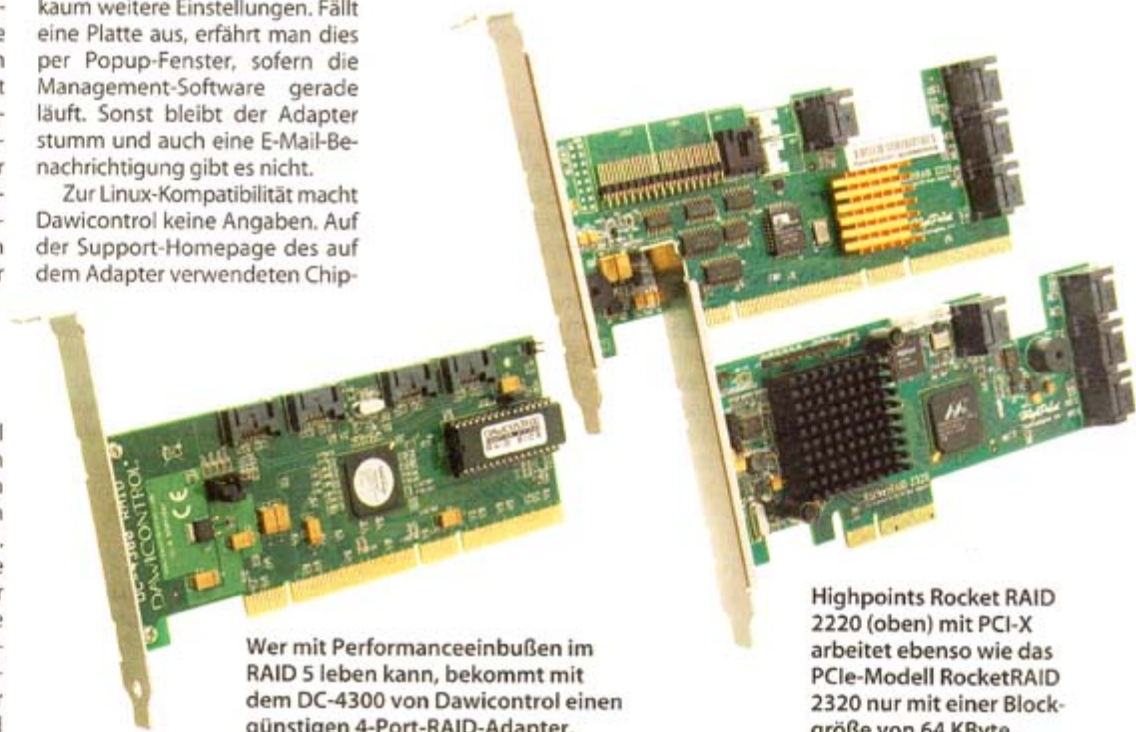
Chip von Silicon Image (Sil3124), der die RAID-Funktion komplett in Software erledigt.

Erfreulicherweise tritt das beim DC-300e beschriebene Bootproblem bei diesem Adapter nicht auf. Erschreckend schwach ist die Performance im RAID-5-Betrieb. Beim Lesen ermittelten wir Datenraten von maximal etwa 40 MByte/s und beim Schreiben von lediglich um 20 MByte/s. Unter Linux verhält sich der DC-4300 ähnlich wie der DC-300e.

Highpoint RocketRAID 2220 und 2320

Beide Highpoint-Adapter verwenden einen RAID-Chip aus eigenem Hause (HPT601). Er unterstützt die RAID-Modi 0, 1, 5, 10 und 50. Die Steckkarten verfügen über je acht Ports und unterscheiden sich im Wesentlichen nur in ihrem Interface: der 2220 läuft in PCI- und PCI-X-Slots, der 2320 mit x8-Geschwindigkeit in PCIe-Steckplätzen.

Das BIOS und die mitgelieferte Management-Software muten – auch aufgrund der geringen Anzahl an Einstellmöglichkeiten – sehr spartanisch an. Ebenso ungewöhnlich für die Adapter der 300-Euro-Klasse: In allen RAID-Modi ist die Blockgröße auf 64 KByte festgelegt. Hinsichtlich der Geschwindigkeit können die Adapter voll überzeugen. Schade, dass im RAID-5-Betrieb die CPU



Wer mit Performanceeinbußen im RAID 5 leben kann, bekommt mit dem DC-4300 von Dawicontrol einen günstigen 4-Port-RAID-Adapter.

Highpoints Rocket RAID 2220 (oben) mit PCI-X arbeitet ebenso wie das PCIe-Modell RocketRAID 2320 nur mit einer Blockgröße von 64 KByte.



Intels SRC528X ist baugleich mit LSI Logics MegaRAID SATA 300-8X und bietet ähnliche Funktionen.



Weil die RAID-Funktion komplett im Treiber implementiert ist, erzeugt der Promise FastTrak TX4310 eine hohe CPU-Last.

des Rechners relativ stark belastet wird.

Für den Einsatz des RocketRAID 2220 unter Linux stellt Highpoint Treiber-Disketten für Red Hat/Fedora und Novell/Suse bereit, um die Installation der Distributionen direkt auf einen RAID-Verbund zu ermöglichen. Für andere Linuxe gibt es einen von Highpoint als „Open-Source“ bezeichneten Treiber – bei genauerer Betrachtung entpuppt sich dieser jedoch als ein in Teilen vorkompilierter Treiber, der sich mittels eines im Quellcode liegenden Wrappers für verschiedene Kernel-Versionen kompilieren lässt.

Eine sowohl für die Kommandozeile als auch für eine grafische Oberfläche vorliegende Wartungssoftware erlaubt die Verwaltung und Konfiguration des Adapters unter Linux; auch Fernwartung über den Web-Browser gelingt. Die Programme liegen jedoch nur als vorkompilierte RPM-Pakete vor – das verkompliziert den Einsatz unter Debian sowie Distributionen, denen die für den Betrieb der Programme benötigten Bibliotheken fehlen.

Einen Open-Source-Treiber für den Controller-Chip bringen aktuelle Kernel wie der von Fedora Core 5 bereits mit; dieser noch recht junge und als experimentell gekennzeichnete Treiber funktioniert im Test jedoch nicht.

Wie beim RocketRAID 2220 bietet Highpoint auch für den Betrieb des PCIe-Modells 2320 unter Linux ganz oder in Teilen vorkompilierte Treiber und Wartungsprogramme an. Die Installation letzterer gelang aber erst mit aufgespielten Compilern und Entwicklerdateien für den X-Server. Zudem mussten wir die Konfiguration des für die Wartungsprogramme benötigten Daemons manuell korrigieren, da es fälschlicherweise den Treiber für den 2220 verwendete.

Intel SRC528X

Der PCI-X-Adapter mit acht Ports von Intel gehört zur Luxusklasse von SATA-RAID-Steckkarten und ist ein echter Server-RAID-Adapter mit 128 MByte Datenpuffer. Zum stolzen Preis von etwa 400 Euro bietet die mit dem MegaRAID 300-8X von LSI Logic baugleiche Karte umfangreiche Einstelloptionen. Der SRC528X wartet mit einem per Maus bedienbaren Konfigurationstool statt eines herkömmlichen BIOS auf. Das ist zwar nett anzu-

schauen, wenn aber wie bei unserem Testsystem weder eine USB- noch eine PS/2-Maus zur Ansteuerung der einzelnen Menüpunkte funktionieren, gestaltet sich die Konfiguration äußerst hakelig.

Der IO-Prozessor von Intel (IOP80331) bietet eine ordentliche Performance. Eine Browserbasierende Management-Software mit grafischer Benutzeroberfläche liegt der RAID-Karte, die die RAID-Modi 0, 1, 5, 10 und 50 unterstützt, ebenso bei wie ein kommandozeilenbasiertes Wartungstool.

Der Adapter deaktiviert standardmäßig den Schreibcache der Festplatten. So soll verhindert werden, dass im Falle eines Stromausfalls Daten im Laufwerkspuffer stehen, die dann unwiederbringlich verloren wären. Wer zu Gunsten der Performance den Schreibcache seiner Laufwerke am Adapter aktivieren möchte, kann dies mit einem DOS-Kommandozeilentool tun, das Intel auf seiner Homepage zum Download anbietet (siehe Soft-Link).

Reibungslos klappt der Betrieb des SRC528X auch unter Linux: Der Kernel bringt bereits einen Open-Source-Treiber für den Adapter mit; die Installation moderner Linuxe gelingt daher ohne weiteren Aufwand.

LSI Logic MegaRAID SATA 300-8X

LSI Logics Adapter ist baugleich mit Intels SRC528X und wartet mit einem Intel IOP80331, 128 MByte Datenpuffer, acht Ports sowie Unterstützung für die RAID-Modi 0, 1, 5, 10 und 50

auf. Beim MegaRAID SATA 300-8X gehört ein per Maus bedienbares Konfigurationstool dazu, das Einrichtungsassistenten bietet. Leider funktionierte an unserem Testsystem die Ansteuerung der einzelnen Menüpunkte per Maus nicht. Das Konfigurationstool ist über ein Web-Frontend zugänglich (WebBIOS), bei laufendem Betriebssystem lässt sich damit das RAID verwalten, auch übers LAN.

Der Linux-Kernel bringt bereits einen Treiber für LSI Logics MegaRAID mit. Ein einfaches Konsolenprogramm erlaubt zudem die Konfiguration im laufenden System.

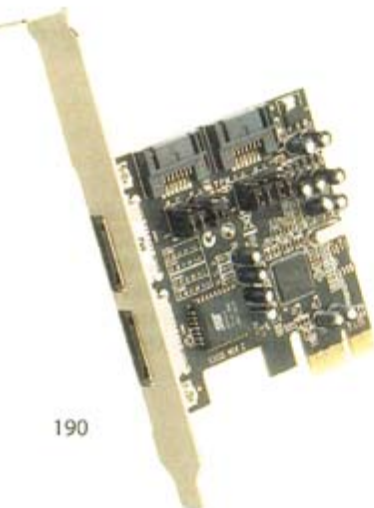
Nervtötend ist beim MegaRAID die lange Initialisierungsphase des Adapters. Langatmige 45 Sekunden dauert es, bis der Rechner endlich starten darf – so lange wie bei keiner anderen Steckkarte in unserem Testfeld.

Promise FastTrak TX4310

Der FastTrak TX4310 von Promise fällt etwas aus dem Rahmen: Als einziger Adapter in unserem Testfeld kommt diese Karte noch mit einem 32-bittigen PCI-Interface daher, wobei sie auch in mit 66 MHz getakteten Slots läuft. Der Adapter bietet vier Ports und beherrscht die RAID-Modi 0, 1, 5 und 10. Für Adapter dieser Preisklasse bietet der TX4310 eine ordentliche Performance im RAID 5, aber der Promise-Chip (PDC40719-GP) überlässt die ganze Arbeit der Rechner-CPU, sodass sie bei Datentransfers stark belastet wird.

Das Adapter-BIOS ist auf die allernötigsten Funktion beschränkt. Mehr Konfigurationsoptionen bietet die mitgelieferte Management-Software. Keine Auswahl erlaubt der FastTrak hinsichtlich der in den einzelnen RAID-Modi verwendeten Blockgröße: 16 KByte lautet die nicht veränderbare Standardeinstellung.

Etwas ungewohnt ist das Prozedere bei der Treiberinstallation unter XP: Auf CD liegen die Gerätetreiber nur in Form eines Installationsprogramms vor, das automatisch eine Treiberdiskette erzeugt. Das ist praktisch, wenn man gerade eine Diskette beispielsweise zur Installation eines Windows XP benötigt. Wer allerdings kein Floppylaufwerk in seinem Rechner besitzt und trotzdem den Treiber in sein lau-



Beim ICS-PCIe x1 SATA II RAID können jeweils zwei der internen oder der – nicht spezifikationskonformen – externen SATA-Ports genutzt werden.

fendes XP einspielen möchte, kommt nicht daran vorbei, sich eine ZIP-Datei mit den Treibern von der Promise-Homepage zu besorgen.

Linux-Treiber stellt Promise nur vorkompiliert für die aktuellen Enterprise-Distributionen von Red Hat und Novell/Suse bereit; Debian oder andere Distributionen können den Treiber nicht benutzen. Für RAID 0 und 1 arbeite-

te der Treiber, beim Formatieren einer Partition auf einem RAID-5-Array hingegen stürzte der Kernel ab.

Die Software zum Verwalten des Adapters über einen Web-Browser bietet Promise auch für Linux an. Anders als in der Dokumentation beschrieben, fand sich das Programm jedoch nicht auf der beiliegenden Treiber-CD. Ein Versuch mit einer von der Home-

page von Promise heruntergeladenen Version scheiterte an einem defekten ZIP-Archiv.

Einen Open-Source-Treiber zum Ansprechen einzelner Festplatten am Adapter bringt erst der Kernel 2.6.17 mit; RAID-Verbünde würde der Treiber erst zusammen mit dmraid ermöglichen, was jedoch in einem Kurztest mit einer Vorabversion des Kernels nicht gelang.

SCM PC-Card ICS-PCIe x1 SATA II RAID

Wie auch Dawicontrols DC-300e arbeitet der PCI-x1-Adapter von SCM PC-Card mit einem RAID-Chip von Silicon Image (SiI3132). Die Karte besitzt zwei interne und als einziger Proband in unserem Testfeld auch zwei externe SATA-Ports. Allerdings erlaubt der Adapter nur die Nutzung von ma-

RAID-Adapterkarten: technische Daten und Messergebnisse						
Adapter	9550SX-4LP	AAR-1420SA	DC-300e	DC-4300	ARC-1210	ARC-1110
Hersteller	3ware	Adaptec	Dawicontrol	Dawicontrol	Areca	Areca
Web	www.3ware.com	www.adaptec.com	www.dawicontrol.com	www.dawicontrol.com	www.areca.com.tw	www.areca.com.tw
RAID-Chip / Prozessor	AMCC G133	Adaptec AIC-8130	Silicon Image SiI3132	Silicon Image SiI3124	Intel IOP 80332	Intel IOP 80331
SATA-Chip	Marvell 88SX6041	Marvell 88SX6541	Silicon Image SiI3132	Silicon Image SiI3124	Marvell 88SX6041	Marvell 88SX6041
Cache	128 MByte DDR2 400 ECC	-	-	-	128 MByte DDR333 ECC	128 MByte DDR333 ECC
PCI-Interface	PCI-X 64-Bit / 133 MHz	PCI-X 64-Bit / 133 MHz	PCIe x1	PCI-X 64-Bit / 133 MHz	PCIe x8	PCI-X 64-Bit / 133 MHz
BIOS-Version	3.01.00.027	2015	7.2.30	6.3.18	V.139	V.139
Firmware-Version	3.02.00.016	-	-	-	V.139	V.139
XP-Treiberversion / signiert / 64-Bit-Treiber	3.0.1.52 / - / ✓	1.1.5735.0 / - / ✓	1.3.0.9 / ✓ / -	1.3.0.9 / ✓ / -	1.2.00 / - / ✓	1.2.00 / - / ✓
Kanäle (intern / extern)	4 × intern	4 × intern	2 × intern	4 × intern	4 × intern	4 × intern
unterstützte RAID-Level	0, 1, 5, 10, 50, JBOD	0, 1, 10, JBOD	0, 1, 5, 10, JBOD	0, 1, 5, 10, JBOD	0, 1, 1+0, 3, 5, JBOD	0, 1, 3, 5, 1+0, JBOD
NCQ-Unterstützung / Port-Multiplier-Support	✓ / -	✓ / -	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / -	✓ / -
Stripe Size	32...256 KByte	16...64 KByte	8...128 KByte	8...128 KByte	4...128 KByte	4...128 KByte
Benachrichtigung bei Plattenausfall	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Zeit bis zum Beginn des Bootvorgangs	6 s	25 s	2 s	2 s	13 s	13 s
Lieferumfang	Schnellanleitung, Treiber- und Software-CD, 4 SATA-Kabel, Low-Profile Abdeckschiene	Schnellanleitung, Treiber- und Software-CD, 4 SATA-Kabel, Low-Profile Abdeckschiene	Handbuch, Treiber- und Software-CD, 2 SATA-Kabel, SATA-Stromadapter	Handbuch, Treiber- und Software-CD, 4 SATA-Kabel, 2 SATA-Stromadapter	Handbuch, Treiber- und Software-CD, 4 SATA-Kabel, Passivkühler	Handbuch, Treiber- und Software-CD, 4 SATA-Kabel, Passivkühler
Linux						
Open-Source-Treiber / im Kernel / RAID	3w-9xxx / ✓ / ✓	sata_mr / ✓ / - ¹	sata_sil24 / ✓ / -	sata_sil24 / ✓ / -	arcmsr / - / ✓	arcmsr / - / ✓
Herstellertreiber / mit Wrapper / RAID	- ³	✓ / ✓ / ✓	✓ / - / -	✓ / - / -	- ³	- ³
Treiberdisketten für RHEL 4 / SLES 9 / Debian 3.1	✓ / ✓ / -	✓ / ✓ / -	✓ / ✓ / -	✓ / ✓ / -	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓
Verwaltungssoftware Kommandozeile / GUI / Web	✓ / - / ✓	✓ / ✓ / -	- / - / -	- / - / -	✓ / - / ✓	✓ / - / ✓
Messergebnisse RAID 0 (mit 3x Samsung SP2504C)						
Windows-Benchmarks mit Iometer [MByte/s]						
100 % Seq. Read / Write, 1-MByte-Blöcke, 1 I/Os	210, 8 / 196	210,9 / 208,6	131,4 / 139,9	210,3 / 209,2	211,2 / 206,9	210,8 / 208
100 % Seq. Read, 64-KByte-Blöcke, 32 I/Os	210,1	207,9	119,6	209,8	208,5	210,9
Cinebench ⁵	244 CB-CPU / 108,0 s	248 CB-CPU / 106,0 s	269 CB-CPU / 97,8 s	258 CB-CPU / 102,1 s	248 CB-CPU / 106,2 s	243 CB-CPU / 108,3 s
100 % Seq. Write, 64-KByte-Blöcke, 32 I/Os	195,5	207,4	139,3	208,1	206	207,8
Cinebench ⁵	245 CB-CPU / 107,4 s	247 CB-CPU / 106,7 s	265 CB-CPU / 99,2 s	259 CB-CPU / 101,7 s	251 CB-CPU / 104,8 s	249 CB-CPU / 105,7 s
Linux Benchmarks mit Iometer [MByte/s]						
Seq. Read / Write 1-MByte-Blöcke	200,14 / 203,67	200,92 / 177,57	116,1 / 118,3	200,5 / 187,4	200,6 / 206,9	200,1 / 205,0
Messergebnisse RAID 1 (mit 2x Samsung SP2504C)						
Windows-Benchmarks mit Iometer [MByte/s]						
100 % Seq. Read, 64-KByte-Blöcke, 32 I/Os/mitt 2 Workern	112,8 / 141,4	71,7 / 71,9	70,3 / 77,8	71,7 / 96,8	70,3 / 140	69,9 / 69,5
100 % Sequential Write, 64-KByte-Blöcke, 32 outstanding I/Os	68,5	68,5	68,5	69,2	69,7	69
Linux Benchmarks mit Iometer [MByte/s]						
Seq. Read / Write 1-MByte-Blöcke	73,2 / 65,7	69,0 / 65,9	68,0 / 65,9	67,5 / 66,2	70,0 / 66,2	68,5 / 65,8
Messergebnisse RAID 5 (mit 3x Samsung SP2504C)						
Windows-Benchmarks mit Iometer [MByte/s]						
100 % Sequential Read, 1-MByte-Blöcke, 1 I/Os	117,5	-	90,2	41,9	140,5	140,5
100 % Sequential Write, 1-MByte-Blöcke, 1 I/Os	108,3	-	70,3	125,6	139,3	139,6
100 % Sequential Read, 64-KByte-Blöcke, 32 I/Os	140,2	-	54,2	41,8	140,4	140
Cinebench ⁵	254 CB-CPU / 103,6 s	-	276 CB-CPU / 95,5 s	272 CB-CPU / 96,7 s	259 CB-CPU / 101,8 s	260 CB-CPU / 101,1 s
100 % Sequential Write, 64-KByte-Blöcke, 32 I/Os	89,8	-	16,2 ⁴	22,3	134,3	135,5
Cinebench ⁵	261 CB-CPU / 100,8 s	-	275 CB-CPU / 95,6 s	261 CB-CPU / 100,9 s	260 CB-CPU / 101,2 s	260 CB-CPU / 100,6 s
Linux Benchmarks mit Iometer [MByte/s]						
Seq. Read / Write 1-MByte-Blöcke	117,5 / 52,8	- / -	- / -	- / -	134,9 / 85,5	133,7 / 84,4
Bewertung und Preis						
Performance RAID 0	⊕	⊕	○	⊕	⊕⊕	⊕⊕
Performance RAID 1	⊕⊕	⊕⊕	⊕	⊕	⊕⊕	⊕⊕
Performance RAID 5	○	-	○	-	⊕	⊕
Utility-Software und Setup	⊕	○	⊕	⊕	○	○
Preis	330 €	125 €	50 €	105 €	335 €	335 €

¹ mit dmraid möglich ² ab Kernel 2.6.17 ³ Herstellertreiber ist Open Source ⁴ im Port-Multiplier-Betrieb nur 1 I/O möglich ⁵ Cinebench Testsystem im Leerlauf 280 CB-CPU / 93,8 s

ximal zwei Ports gleichzeitig. Per Jumper konfiguriert man, welche das sind: Die beiden internen, die beiden externen oder ein interner und ein externer Anschluss. Zu den externen Ports sei angemerkt, dass der Hersteller sich nicht an die eSATA-Spezifikation hält und die eigentlich nur für den internen Einsatz vorgesehenen L-förmigen Anschlüsse nach außen führt. Spezifikationskon-

forme eSATA-Kabel, wie sie beispielsweise Port-Multiplier-Gehäusen beiliegen, verfügen aber über einen I-förmigen Anschluss im Stecker, der nicht auf den L-förmigen passt.

Der Adapter beherrscht die RAID-Level 0 und 1, per Port-Multiplier auch 5 und 10. Im RAID-1-Betrieb unterstützt der Adapter nur eine Blockgröße von 64 KByte.

Auch beim Adapter von SCM PC-Card traten die beim Dawicontrol DC-300e beschriebenen Bootprobleme auf. An einem baugleichen Board ohne PCI-X-Slot lief aber auch dieser Adapter wieder fehlerfrei. Für BIOS und Management-Software und die allgemeine Handhabung gilt das Gleiche wie beim DC-300e.

Unter Linux hätte sich der Adapter eigentlich wie der mit

dem gleichen Chip ausgestattete Dawicontrol DC-300e verhalten sollen; sowohl der Treiber im Kernel als auch der von Silicon Image starteten korrekt, bei Zugriffen auf die Festplatten eines RAID-Arrays meldeten sie jedoch laufend Fehler und brachen die Datentransfers teilweise sogar ab. Von weiteren Linux-Versuchen nahmen wir daher Abstand.

Fazit

Von RAID-Adaptoren der 100-Euro-Klasse darf man nicht besonders viel erwarten und bei jedem Modell gilt es, Kompromisse zu schließen. Wer auf RAID 5 angewiesen ist, sollte lieber zu Adaptoren der nächsthöheren Preiskategorie greifen oder er muss wie bei Dawicontrols DC-4300 mit einer schwachen Performance leben.

Bei den mittelteuren Adaptoren um 200 bis 300 Euro tun sich besonders die Modelle von Areca hervor, die dank echtem Hardware-RAID, optionaler Batteriepufferung und umfangreichen Konfigurationsoptionen mit Adaptoren der obersten Preisklasse mithalten können. Der Griff zu den um 400 Euro teuren Luxusmodellen von Intel und LSI Logic lohnt nur, wenn man einen Server betreibt und auf zertifizierte Hardware angewiesen ist.

Für Linux-Anwender mit gehobenen Ansprüchen empfehlen sich am ehesten die durch RAID-taugliche Open-Source-Treiber unterstützten Adapter von 3ware oder Areca, die nicht nur durch die Treiber, sondern auch über die Linux-Wartungssoftware überzeugen können. Unter den günstigeren Testteilnehmern schneiden die beiden Adapter von Dawicontrol noch als halbwegs Linux-tauglich ab; zwar sind auch die meisten Adapter für Linux geeignet, da die Treiber jedoch teilweise in Closed-Source-Versionen vorliegen, verkomplizieren sie die Handhabung ungemein. (boi)

Literatur

- [1] Boi Feddern, Platten-Karussell, Erste Serial-ATA-Laufwerke mit Native Command Queuing, c't 23/04, S. 178.
- [2] Boi Feddern, Vervielfacher, c't 4/06, S. 76

RocketRAID 2220	RocketRAID 2320	SRCS28X	MegaRAID SATA 300-8X	FastTrak TX4310	ICS-PCIe x1 SATA II RAID
Highpoint	Highpoint	Intel	LSI Logic	Promise Technology	SCM PC-Card GmbH
www.highpoint-tech.com	www.highpoint-tech.com	www.intel.com	www.lsi.com	www.promise.com	www.scm-pc-card.de
Highpoint HPT601	Highpoint HPT601	Intel IOP 80331	Intel IOP 80331	Promise PDC40719-GP	Silicon Image SiI3132
Marvell 88SX6081	Marvell 88SX6081	Marvell 88SX6081	Marvell 88SX6081	Marvell 88SP6045	Silicon Image SiI3132
-	-	128 MByte DDR333 ECC	128 MByte DDR333 ECC	-	-
PCI-X 64-Bit / 133 MHz	PCIe x4	PCI-X 64-Bit / 133 MHz	PCI-X 64-Bit / 133 MHz	PCI 32-Bit / 66 MHz	PCIe x1
1.01	1.02	H431	H431	2.5.1.3115	7.2.23
-	-	8148	8148	-	-
1.4.00 / - / ✓	1.0.2.0 / - / ✓	6.45.32.0 / - / ✓	6.45.32.0 / - / ✓	2.0.6.1.310 / ✓ / ✓	1.3.0.9 / ✓ / -
8 × intern	8 × intern	8 × intern	8 × intern	4 × intern	2 × intern, 2 × extern
0, 1, 5, 10, 50, JBOD	0, 1, 5, 10, 50, JBOD	0, 1, 5, 10, 50	0, 1, 5, 10, 50	0, 1, 5, 10	0, 1, 5, 10, JBOD
✓ / ✓	✓ / -	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / -	✓ / ✓
64 KByte	64 KByte	2...128 KByte	2...128 KByte	16 KByte	8...128 KByte
✓	✓	✓	✓	✓	✓
10 s	10 s	14 s	45 s	4 s	2 s
Handbuch, Treiber- und Software-CD, 8 SATA-Kabel, Low-Profile Abdeckschiene	Handbuch, Treiber- und Software-CD, 8 SATA-Kabel, Low-Profile Abdeckschiene	Schnellstartanleitung, Treiber- und Software-CD	Treiber- und Software-CD, 8 SATA-Kabel	Treiber- und Software-CD, 4 SATA-Kabel, 2 SATA-Stromadapter, Schnellstartanleitung	Treiber- und Software-CD, SATA-Kabel, SATA-Stromadapter, Schnellstartanleitung
- / - / -	- / - / -	megaraid_mbox / ✓ / ✓	megaraid_mbox / ✓ / ✓	sata_promise / ✓ / -	sata_sil24 / ✓ / -
✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓	- 3	- 3	✓ / - / ✓	✓ / - / -
✓ / ✓ / -	✓ / ✓ / -	✓ / ✓ / -	✓ / ✓ / -	✓ / ✓ / -	✓ / ✓ / -
✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓	- / - / ✓	✓ / - / -	- / - / ✓	- / - / -
208,2 / 206,2	210,5 / 207,5	192,2 / 166,1	210,4 / 189,2	188,8 / 146,3	117,2 / 146,6
210,8	207,5	207,1	206,6	186,2	62,3
256 CB-CPU / 102,8 s	248 CB-CPU / 106,0 s	252 CB-CPU / 104,4 s	252 CB-CPU / 104,4 s	179 CB-CPU / 147,0 s	273 CB-CPU / 96,3 s
207,2	205,2	182,4	148,5	148,9	81,4
257 CB-CPU / 102,5 s	248 CB-CPU / 106,0 s	248 CB-CPU / 106,2 s	254 CB-CPU / 103,8 s	78 CB-CPU / 335,8 s	272 CB-CPU / 96,9 s
197,0 / 186,9	202,0 / 178,2	125,5 / 89,7	124,4 / 90,2	143,7 / 134,6	- / -
119,5 / 114,2	116,3 / 116,3	86,7 / 141,5	86,6 / 141,4	93,3 / 100,4	69,6 / 125,6
68,8	70,1	69,7	70,4	68,7	68,5,2
67,5 / 65,6	67,9 / 67,1	55,3 / 62,2	56,1 / 65,1	69,4 / 65,7	- / -
119,3	113,1	101,5	99,2	105,1	89,9
140,3	137,9	112,3	113,3	77,4	70,7
140,7	140,3	137	139,3	107,6	54,6
261 CB-CPU / 100,7 s	254 CB-CPU / 103,7 s	260 CB-CPU / 101,2 s	259 CB-CPU / 101,6 s	177 CB-CPU / 148,9 s	276 CB-CPU / 95,4 s
139,3	138,5	97,1	96,3	81	16,1 ⁴
222 CB-CPU / 118,5 s	213 CB-CPU / 123,6 s	260 CB-CPU / 101,4 s	261 CB-CPU / 100,7 s	223 CB-CPU / 118,0 s	275 CB-CPU / 95,6 s
121,9 / 97,6	120,0 / 97,1	81,2 / 101,1	84,7 / 103,4	- / -	- / -
⊕	⊕	○	○	⊕	⊕
⊕⊕	⊕⊕	⊕⊕	⊕⊕	⊕⊕	⊕
⊕	⊕	○	○	○	⊕
⊕	⊕	○	○	⊕	⊕
285 €	285 €	410 €	435 €	160 €	40 €
⊕⊕ sehr gut	⊕⊕ gut	○ zufriedenstellend	⊕⊕ schlecht	⊕⊕ sehr schlecht	✓ vorhanden
- nicht vorhanden	k. A. keine Angabe				