

Ulf Troppens · Rainer Erkens · Wolfgang Müller

Speichernetze

**Grundlagen und Einsatz von
Fibre Channel SAN, NAS, iSCSI und InfiniBand**

Mit Beiträgen von Nils Haustein und Rainer Wolafka

2., aktualisierte und erweiterte Auflage



dpunkt.verlag

Inhaltsverzeichnis

Geleitwort zur zweiten Auflage	vii
Vorwort	xi
Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	xxvii
1 Einleitung	1
1.1 Die serverzentrierte IT-Architektur und ihre Beschränkungen	1
1.2 Die speicherzentrierte IT-Architektur und ihre Vorteile	3
1.3 Beispiel: Austausch eines Servers mit Speichernetzen	4
1.4 <i>Gliederung des Buchs</i>	6

 Techniken für Speichernetze	13
2 Intelligente Disksubsysteme	15
2.1 Architektur Intelligenter Disksubsysteme	16
2.2 Festplatten und interne I/O-Kanäle	18
2.3 JBOD: Just a Bunch of Disks	21
2.4 Speichervirtualisierung durch RAID	22
2.5 Verschiedene RAID-Level im Detail	25
2.5.1 RAID 0: Blockweises Striping	25
2.5.2 RAID 1: Blockweises Mirroring	26
2.5.3 RAID 0+1/RAID 10: Striping und Mirroring kombiniert	27
2.5.4 RAID 4 und RAID 5: Parity statt Mirroring	31
2.5.5 RAID 6: Double Parity	36
2.5.6 RAID 2 und RAID 3	38
2.5.7 Die RAID-Level im Vergleich	39
2.6 Caching: Beschleunigung der Festplattenzugriffe	42
2.6.1 Cache auf der Festplatte	42
2.6.2 Schreib-Cache im Controller des Disksubsystems	42
2.6.3 Lese-Cache im RAID-Controller	43

2.7	Intelligente Disksubsysteme	44
2.7.1	Instant Copies	44
2.7.2	Remote Mirroring	47
2.7.3	Konsistenzgruppen	52
2.7.4	LUN Masking	54
2.8	Verfügbarkeit von Disksubsystemen	58
2.9	Zusammenfassung und Ausblick	59
3	I/O-Techniken	61
3.1	Der physikalische I/O-Pfad von der CPU zum Speichersystem	61
3.2	Small Computer System Interface (SCSI)	64
3.2.1	SCSI-Grundlagen	64
3.2.2	SCSI und Speichernetze	67
3.3	Der Fibre-Channel-Protokollturm	68
3.3.1	Links, Ports und Topologien	71
3.3.2	FC-0: Kabel, Stecker und Signalkodierung	73
3.3.3	FC-1: 8b/10b-Kodierung, Ordered Sets und Link Control	76
3.3.4	FC-2: Exchange, Sequence, Frame, Flusskontrolle und Dienstklassen	79
3.3.5	FC-3: Gemeinsame Dienste	88
3.3.6	Link Services: Login und Adressierung	88
3.3.7	Fabric Services: Name Server und Co.	92
3.3.8	FC-4 und ULPs: Anwendungsprotokolle	93
3.4	Fibre Channel SAN	96
3.4.1	Die Point-to-Point-Topologie	96
3.4.2	Die Fabric-Topologie	96
3.4.3	Die Arbitrated-Loop-Topologie	101
3.4.4	Hardwarekomponenten für Fibre Channel SAN	104
3.4.5	InterSANs	108
3.4.6	Interoperabilität von Fibre Channel SAN	109
3.5	IP Storage	114
3.5.1	IP-Storage-Standards: iSCSI, iFCP, mFCP, FCIP und iSNS	114
3.5.2	TCP/IP und Ethernet als I/O-Technik	120
3.5.3	Migration von Fibre Channel zu IP Storage	127
3.6	InfiniBand	128
3.7	Virtual Interface Architecture (VIA)	131
3.8	Zusammenfassung und Ausblick	136
4	Dateisysteme und Network Attached Storage (NAS)	139
4.1	Lokale Dateisysteme	139
4.1.1	Dateisysteme und Datenbanken	140
4.1.2	Journaling	140
4.1.3	Snapshots	141
4.1.4	Volume Manager	141

4.2	Netzwerk-Dateisysteme und Fileserver	144
4.2.1	Grundprinzip	144
4.2.2	Network Attached Storage (NAS)	145
4.2.3	Performance-Engpässe in Fileservern	147
4.2.4	Beschleunigung von Netzwerk-Dateisystemen	148
4.2.5	Fallstudie: Das Direct Access File System (DAFS)	149
4.3	Shared-Disk-Dateisysteme	153
4.3.1	Fallstudie: Das General Parallel File System (GPFS)	155
4.4	Vergleich: NAS, Fibre Channel SAN und iSCSI SAN	159
4.5	Zusammenfassung und Ausblick	162
5	Speichervirtualisierung	165
5.1	Noch einmal: Virtualisierung im I/O-Pfad	166
5.2	Beschränkungen und Anforderungen	171
5.2.1	Architekturbedingte Einschränkungen nichtvirtualisierter Speichernetze	171
5.2.2	Implementierungsbedingte Einschränkungen von Speichernetzen	173
5.2.3	Anforderungen der Daten	175
5.2.4	Lösungsansatz: Speichervirtualisierung	177
5.3	Definition Speichervirtualisierung	177
5.4	Implementierungsüberlegungen	179
5.4.1	Realisierung der Virtualisierungsinstanz	180
5.4.2	Austausch von Speichergeräten	181
5.4.3	Effiziente Ressourcennutzung durch dynamische Speicherzuweisung	181
5.4.4	Effiziente Ressourcennutzung durch Datenmigration .	182
5.4.5	Performance-Steigerung	182
5.4.6	Verfügbarkeit durch Einführung von Redundanz	182
5.4.7	Datensicherung und Archivierung	183
5.4.8	Gemeinsame Datennutzung	183
5.4.9	Datenschutz	183
5.5	Speichervirtualisierung auf Block- oder Dateiebene	184
5.6	Speichervirtualisierung auf verschiedenen Ebenen des Speichernetzes	187
5.6.1	Speichervirtualisierung im Server	187
5.6.2	Speichervirtualisierung in Speichergeräten	189
5.6.3	Speichervirtualisierung im Netz	190
5.7	Symmetrische und asymmetrische Speichervirtualisierung im Netz	190
5.7.1	Symmetrische Speichervirtualisierung	191
5.7.2	Asymmetrische Speichervirtualisierung	194
5.8	Zusammenfassung und Ausblick	199

II	Einsatz von Speichernetzen	201
6	Basisarchitekturen	203
6.1	Begriffsbestimmung »Speichernetz«	203
6.1.1	Schichtung der Übertragungstechniken und Protokolle	204
6.1.2	Netze im I/O-Pfad	205
6.1.3	Datennetze, Sprachnetze und Speichernetze	206
6.2	Storage Sharing	207
6.2.1	Disk Storage Pooling	207
6.2.2	Dynamic Tape Library Sharing	209
6.2.3	Data Sharing	211
6.3	Verfügbarkeit von Daten	214
6.3.1	Ausfall eines I/O-Busses	215
6.3.2	Ausfall eines Servers	218
6.3.3	Ausfall eines Disksubsystems	219
6.3.4	Ausfall einer Virtualisierung im Speichernetz	223
6.3.5	Ausfall eines Rechenzentrums am Beispiel »Schutz einer wichtigen Datenbank«	223
6.4	Anpassbarkeit und Skalierbarkeit von IT-Systemen	227
6.4.1	Clustering zur Lastverteilung	227
6.4.2	Webarchitektur (Fünf-Schichten-Architektur)	234
6.4.3	Webanwendungen am Beispiel »Reiseportal«	238
6.5	Zusammenfassung und Ausblick	243
7	Netzwerk-Datensicherung	245
7.1	Rahmenbedingungen der Datensicherung	245
7.2	Dienste der Netzwerk-Datensicherung	246
7.3	Serverkomponenten	249
7.3.1	Job Scheduler	249
7.3.2	Error Handler	249
7.3.3	Metadaten-Datenbank	250
7.3.4	Media Manager	250
7.4	Backup-Clients	253
7.5	Performance-Gewinne durch Netzwerk-Datensicherung	254
7.6	Performance-Engpässe der Netzwerk-Datensicherung	256
7.6.1	Anwendungsspezifische Performance-Engpässe	256
7.6.2	Performance-Engpässe aufgrund der serverzentrierten IT-Architektur	256
7.7	Eingeschränkte Möglichkeiten zur Performance-Steigerung	257
7.7.1	Separates LAN für die Netzwerk-Datensicherung	258
7.7.2	Mehrere Backup-Server	259
7.7.3	Backup-Server und Anwendungsserver auf dem gleichen physikalischen Rechner	261

7.8	Datensicherung mit Speichernetzen	262
7.8.1	Server-free Backup	262
7.8.2	LAN-free Backup	264
7.8.3	LAN-free Backup mit Shared-Disk-Dateisystemen	266
7.8.4	Datensicherung mit Instant Copies	267
7.8.5	Datensicherung mit Remote Mirroring	270
7.8.6	Tape Library Sharing	271
7.9	Sicherung von Dateisystemen	272
7.9.1	Sicherung von Fileservern	272
7.9.2	Sicherung von Dateisystemen	274
7.9.3	Sicherung von NAS-Servern	275
7.9.4	Das Network Data Management Protocol (NDMP)	277
7.10	Sicherung von Datenbanken	284
7.10.1	Arbeitsweise von Datenbanksystemen	285
7.10.2	Klassische Sicherung von Datenbanken	287
7.10.3	Sicherung von Datenbanken mit Speichernetzen	290
7.11	Organisatorische Aspekte der Datensicherung	291
7.12	Zusammenfassung und Ausblick	293
8	Archivierung	295
8.1	Begriffsbestimmung	295
8.1.1	Abgrenzung: Informationen vs. Daten	296
8.1.2	Archivierung	296
8.1.3	Digitale Archivierung	296
8.1.4	Referenzarchitektur für digitale Archivsysteme	297
8.1.5	Abgrenzung: Archivierung vs. Datensicherung	299
8.1.6	Abgrenzung: Archivierung vs. ILM	302
8.2	Motivation, Rahmenbedingungen und Anforderungen	305
8.2.1	Gründe für die Archivierung	306
8.2.2	Gesetzliche Anforderungen	306
8.2.3	Technischer Fortschritt	308
8.2.4	Anforderung der Beständigkeit	309
8.2.5	Risiken aus Umwelt und Gesellschaft	310
8.2.6	Anforderung der Anpassbarkeit und der Skalierbarkeit	311
8.2.7	Operative Anforderungen	312
8.2.8	Kostenbezogene Anforderungen	313
8.2.9	Fazit: Archivsysteme als strategische Investition	314
8.3	Implementierungsüberlegungen	314
8.3.1	WORM-Techniken	315
8.3.2	Datensicherheit	319
8.3.3	Datenintegrität	320
8.3.4	Nachweis der Revisionssicherheit	322
8.3.5	Löschen von Daten	323
8.3.6	Unterbrechungsfreier Betrieb	324

8.3.7	Verlustfreier Betrieb	324
8.3.8	Datensteuerung: Speicherhierarchie und Migration ..	326
8.3.9	Komponentenneutrale Archivierung	328
8.3.10	Auswahl von Komponenten und Herstellern	328
8.4	Schnittstellen im Archivsystem	329
8.4.1	Schnittstelle zwischen Anwendung und DMS	331
8.4.2	Java Content Repository (JCR)	332
8.4.3	Schnittstelle zwischen DMS und Archivspeicher	333
8.4.4	eXtensible Access Method (XAM)	335
8.4.5	Verwaltungsschnittstellen	336
8.4.6	Schnittstelle zwischen DMS-Systemen	337
8.4.7	Standardisierte Schnittstellen für Archivsysteme	338
8.5	Archivlösungen	339
8.5.1	Archivierung von E-Mails	339
8.5.2	Archivierung von Dateien	343
8.5.3	Archivierung von ERP-Systemen	350
8.5.4	Archivierung in Krankenhäusern	354
8.5.5	Zentrales Archiv	357
8.6	Operative und organisatorische Aspekte	360
8.7	Zusammenfassung und Ausblick	362
9	Business Continuity	365
9.1	Rahmenbedingungen der Business Continuity	366
9.1.1	Begriffsbestimmungen	366
9.1.2	Zielgruppen	367
9.1.3	Klassifikation von Risiken	367
9.1.4	Klassifikation von Ausfällen	368
9.1.5	IT-Ausfälle im Kontext von Geschäftsprozessen	369
9.1.6	Wiederanlauf von Geschäftsprozessen	370
9.1.7	Business Continuity für die Webarchitektur	371
9.1.8	Kostenoptimierung für Business Continuity	372
9.1.9	Risikoanalyse und Risikomanagement	374
9.1.10	Erstellen eines Business-Continuity-Plans	376
9.2	Strategien der Business Continuity	378
9.2.1	Hochverfügbarkeit (High Availability)	379
9.2.2	Desasterschutz (Disaster Recovery)	379
9.2.3	Kontinuierlicher Geschäftsbetrieb	380
9.3	Kenngößen der Business Continuity	381
9.3.1	Verfügbarkeit	381
9.3.2	Charakterisierung der Verfügbarkeit (MTBF, MTTR, MTTF)	382
9.3.3	Berechnung von Gesamtverfügbarkeiten	383
9.3.4	Charakterisierung von Ausfällen (RTO, RPO)	384
9.3.5	Network Recovery Objective (NRO)	386

9.4	Dienstgütern für Business Continuity	386
9.4.1	Service Level Agreements (SLAs)	387
9.4.2	Hochverfügbarkeit vs. Desasterschutz	388
9.4.3	Das Sieben-Stufen-Modell der Business Continuity ...	390
9.4.4	Stufe 0 – Keine Datensicherung	391
9.4.5	Stufe 1 – Datensicherung ohne Notfallrechenzentrum	391
9.4.6	Stufe 2 – Datensicherung mit Notfallrechenzentrum..	392
9.4.7	Stufe 3 – Elektronische Auslagerung	392
9.4.8	Stufe 4 – Instant Copies	392
9.4.9	Stufe 5 – Software-Spiegelung	393
9.4.10	Stufe 6 – Disksubsystem-basierte Spiegelung	393
9.4.11	Stufe 7 – Vollautomatische Lösungen	393
9.5	Business-Continuity-Lösungen	394
9.5.1	Basistechniken	394
9.5.2	Lösungssegmente des Sieben-Stufen-Modells	394
9.5.3	Datensicherung	395
9.5.4	Schnelle Datenwiederherstellung mit Kopien	395
9.5.5	Schnelle Datenwiederherstellung mit Spiegeln	397
9.5.6	Kontinuierliche Verfügbarkeit	401
9.6	Operativer Standortwechsel	407
9.7	Organisatorische Aspekte	408
9.8	Zusammenfassung und Ausblick	409
10	Verwaltung von Speichernetzen	411
10.1	Anforderungen	411
10.1.1	Benutzerbezogene Anforderungen	411
10.1.2	Komponentenbezogene Anforderungen	412
10.1.3	Architekturbezogene Anforderungen	413
10.1.4	Ein zentrales Verwaltungswerkzeug	414
10.1.5	Fünf Basisdienste	414
10.2	Charakterisierung von Verwaltungsschnittstellen	415
10.2.1	In-Band-Schnittstellen	416
10.2.2	Out-Band-Schnittstellen	417
10.2.3	Standardisierte Schnittstellen	417
10.2.4	Proprietäre Schnittstellen	418
10.2.5	Fazit	419
10.3	In-Band-Management	419
10.3.1	In-Band-Management im Fibre Channel SAN	421
10.4	Out-Band-Management	424
10.4.1	Das Simple Network Management Protocol (SNMP) ..	425
10.4.2	CIM und WBEM	429
10.4.3	Storage Management Initiative Specification (SMI-S) .	436
10.4.4	CMIP und DMI	437

10.5	Operationale Aspekte der Verwaltung von Speichernetzen ..	439
10.6	Zusammenfassung	441
11	Verwaltung von Wechselmedien	443
11.1	Die Bedeutung von Magnetbändern	443
11.2	Wechselmedien	445
11.2.1	Magnetbänder (Tapes)	445
11.2.2	CD, DVD und magneto-optische Medien	445
11.2.3	Verwaltungsmerkmale von Wechselmedien	446
11.3	Libraries und Laufwerke (Drives)	447
11.3.1	Libraries	448
11.3.2	Laufwerke (Drives)	448
11.3.3	Media Changer und Inventarverzeichnis	449
11.4	Probleme und Anforderungen an die Verwaltung von Wechselmedien	452
11.4.1	Effiziente Nutzung der Ressourcen	454
11.4.2	Zugriffskontrolle	455
11.4.3	Zugriffssynchronisation	457
11.4.4	Zugriffspriorisierung und Mount Request Queuing ...	458
11.4.5	Grouping, Pooling	459
11.4.6	Media Tracking und Vaulting	461
11.4.7	Cartridge Lifecycle Management	463
11.4.8	Monitoring	465
11.4.9	Reporting	466
11.5	IEEE 1244 Standard for Removable Media Management	467
11.5.1	Architektur des Media Management Systems	468
11.5.2	Media Manager und Media Management Protocol ...	472
11.5.3	Library Manager und Drive Manager	475
11.6	Zusammenfassung	476
12	Schlussbemerkung	479

Anhang

481

A	Glossar	483
B	Kommentiertes Literatur- und Quellenverzeichnis	515
C	Berechnung des Paritätsblocks von RAID 4 und 5	523

D	Checkliste für die Verwaltung von Speichernetzen	525
D.1	Anwendungen	526
D.1.1	Monitoring	526
D.1.2	Verfügbarkeit	526
D.1.3	Performance	526
D.1.4	Skalierbarkeit	526
D.1.5	Effiziente Nutzung	526
D.2	Daten	527
D.2.1	Verfügbarkeit	527
D.2.2	Performance	527
D.2.3	Sicherung	527
D.2.4	Archivierung	527
D.2.5	Migration	527
D.2.6	Gemeinsame Datennutzung	528
D.2.7	Sicherheit / Zugriffskontrolle	528
D.3	Ressourcen	528
D.3.1	Inventur / Asset Management und Planung	528
D.3.2	Monitoring	528
D.3.3	Konfiguration	528
D.3.4	Ressourcennutzung	528
D.3.5	Kapazität	529
D.3.6	Effiziente Ressourcennutzung	529
D.3.7	Verfügbarkeit	529
D.3.8	Ressourcenmigration	529
D.3.9	Sicherheit	529
D.4	Netz	530
D.4.1	Topologie	530
D.4.2	Monitoring	530
D.4.3	Verfügbarkeit	530
D.4.4	Performance	530
Index		531