

3 SAN Connectivity- Topologien

Die gemeinsame Nutzung von Speicherkapazitäten durch unterschiedliche Rechner folgt den Anforderungen dedizierter Kundenanwendungen. Diese dedizierten Anwendungen führten dazu, dass SAN-Lösungen in speziellen Topologien realisiert wurden, die Storage Area Networks charakterisieren. Die Reinformen dieser Topologien lösen folgende Anforderungen:

- ▶ Erweiterung der Speicherkapazität einzelner Server
- ▶ Zusammenführen der Speicherkapazität mehrerer Server
- ▶ Zentrale Speicherverwaltung an einem anderen Ort als dem Standort eines oder mehrerer Server

Zur Erweiterung der Speicherkapazität wurde die **Kapazitätserweiterungs-Topologie** implementiert. Diese dient dazu, einem Server mehr Magnetplattenspeicher zur Verfügung zu stellen, als technisch serverintern anschließbar ist.

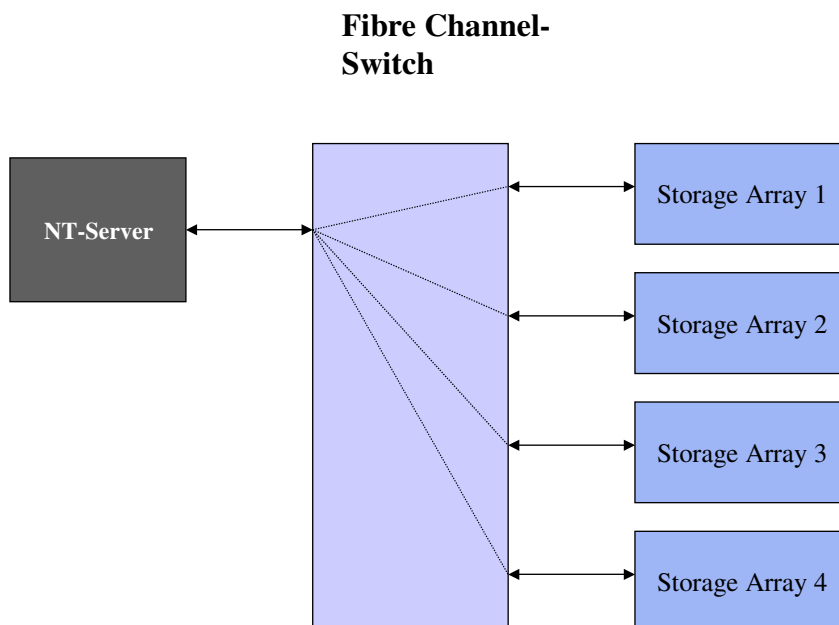


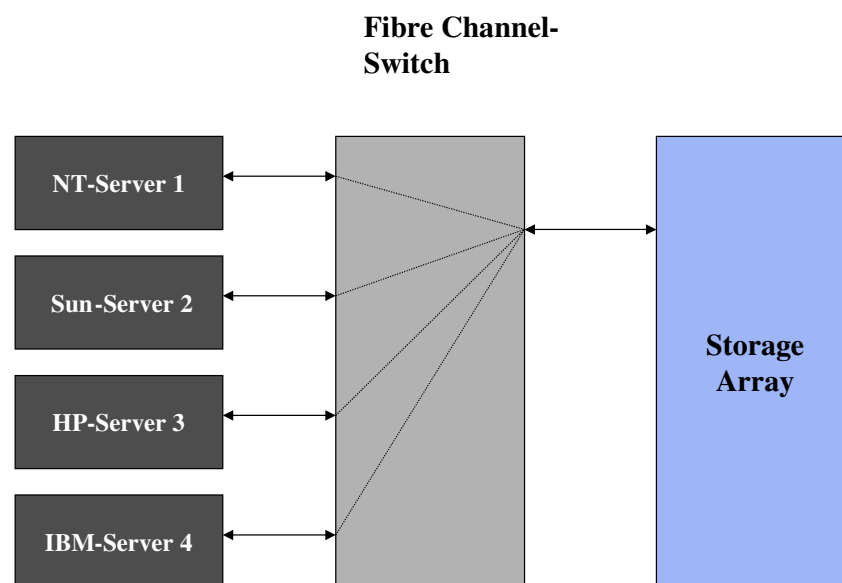
Abbildung 3.1:
SAN-Kapazitätserweiterungs-
Topologie

3 SAN Connectivity-Topologien

Die Kapazitätserweiterungs-Topologie ist sowohl in herkömmlichen Device-Connectivity-Technologien (z.B. SCSI), als auch in der Fibre Channel-Technologie via FC-AL oder FC-SW wie im Beispiel der Abbildung 3.1 realisierbar. Weiter kann die Kapazitätserweiterung auch durch eine gemischte Anschluss-Technologie realisiert werden.

Die Zusammenführung der Speicherkapazität mehrerer Server wird durch die **Storage-Konsolidierungs-Topologie** realisiert. Diese Topologie wurde basierend auf Rezentralisierungsanforderungen entwickelt, mit denen zumindest der Massenspeicher zentral administriert werden kann, wenn auch die Serverleistungen weiterhin dezentral zur Verfügung gestellt werden.

Abbildung 3.2:
Speicher-Konsolidierungs-Topologie



Auch für die Speicher-Konsolidierungs-Topologie können herkömmliche Anschluss-Techniken, die Fibre Channel-Technologie und gemischte Technologien eingesetzt werden. Hierbei ist zu beachten, dass die Speicher-Konsolidierungs-Topologie auch dazu verwendet werden kann, heterogene Serverlandschaften mit heterogenen Betriebssystemen und Unterstützung ebenso heterogener Dateisysteme an ein und dasselbe Speicher-Gerät anzuschließen. Dies deutet schon auf eine wesentliche Eigenschaft eines intelligenten Storage Arrays hin – die Unterstützung unterschiedlicher Dateisysteme.

Die zentrale Speicherverwaltung an einem anderen Ort als dem Standort eines oder mehrerer Server definiert auf den ersten Blick eine klassische File-Server-Funktionalität. Ein oder mehrere Server teilen sich ihren Massenspeicher und stellen die von ihnen verwalteten Dateien über ein Netzwerk zur Verfügung. Dies ist eine klassische Network Attached Storage (NAS)-Anwendung und soll erst in einem späteren Abschnitt erläutert werden.

In SAN-Umgebungen, die als Alternative des **Direct Attached Storage**-Speichersysteme über das Storage Area Network an ihre Server anschließt, definiert die zentrale Speicherverwaltung an einem anderen Ort als dem Standort eines oder mehrerer Server die Verwendung von Fibre Channel als Anschluss-Technologie. Jede herkömmliche Anschlusstechnik scheitert hier an der Barriere der Verkabelungsdistanz. Wie bereits in Abschnitt 2.1. dargestellt, sind sämtliche herkömmlichen Anschlusstechniken auf Kabellängen von wenigen Metern beschränkt. Lediglich Fibre Channel kann hier größere Distanzen von bis zu 60 km zwischen Server und Massenspeicher (über Nutzung von Telefon-Protokollen auch darüber hinaus) überwinden. Die **Distanz-Topologie** ist die Topologie der Wahl, wenn die Anwendung Hochverfügbarkeitsanforderungen an die Speichersysteme stellt.

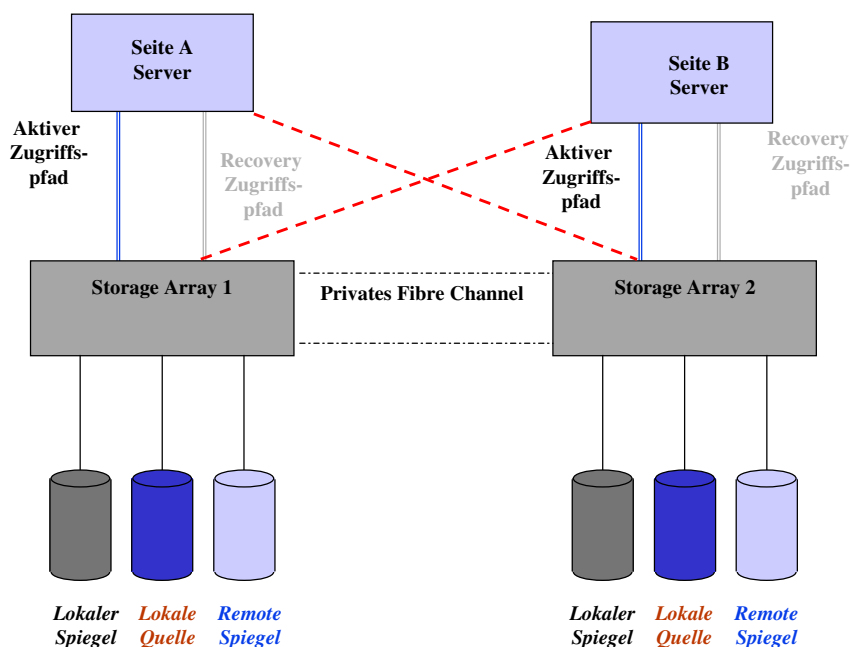


Abbildung 3.3:
Distanz-Topologie

Klassisches Identifizierungsmuster einer solchen Distanz-Topologie sind die bereits optisch erkennbaren Hochverfügbarkeitsmerkmale, die sich aus der Redundanz der eingesetzten Systembausteine ergeben. Auf beiden Seiten der Distanz-Topologie befinden sich (gleichartig dimensionierte) Server. Diese sind aus dem Hochverfügbarkeitsaspekt über zwei Pfade mit jeweils einem lokalen Storage Array verbunden. Von den beiden Pfaden ist jeweils einer aktiv, der zweite stellt lediglich ein Recovery dar, auf das zurückgegriffen wird, wenn der aktive Zugriffspfad ausfällt. Intelligente Connectivity-Software und Hardware kann hier über beide Zugriffspfade einen Lastausgleich erzielen. Die Storage Arrays können über Fibre Channel-Adapter oder auch herkömmlich, z.B. über SCSI-Adapter, an die Server angeschlossen werden. Die gestrichelte Linie (- -) stellt eine Verbindung eines Servers mit dem

jeweils anderen Storage Array dar. Diese geschieht sinnvollerweise über einen Fibre Channel-Adapter und dient dazu, dass der jeweilige Server auf die remote Spiegel »seiner« lokalen Quellplatten zugreifen kann, falls sein »lokales« Storage Array im Katastrophenfall komplett ausfällt. Innerhalb der Storage Arrays wird eine lokale Quellplatte auf eine lokale Spiegelplatte kopiert, die im Falle des Ausfalls der lokalen Quelle an deren Stelle tritt. Zusätzlich existiert für die lokale Quelle im jeweils anderen Storage Array ein remote Spiegel, ebenfalls eine 1:1-Kopie der lokalen Quellplatte. Über entsprechende Controller der beiden Storage Arrays werden diese remote Spiegel idealerweise ohne Ausnutzung der I/O-Kanäle der angeschlossenen Server gepflegt. Eine solche Topologie für einen Katastrophenfall in einer hochverfügbaren Systemumgebung lässt sich sinnvollerweise nur über Distanzen realisieren, die über die herkömmlicher Anschlussstechniken hinausgehen.

3.1 Die Kapazitätserweiterungs-Topologie

Die Kapazitätserweiterungs-Topologie soll im Folgenden sowohl unter Einsatz klassischer Anschlussstechniken als auch unter Verwendung der Fibre Channel-Technologie dargestellt werden. Letztlich kann eine Kapazitätserweiterung eines Servers auch durch einen Mix von Connectivity-Technologien erreicht werden. Dieser Aspekt wird ebenfalls behandelt.

3.1.1 Kapazitätserweiterungs-Topologie in Non Fibre Channel-Umgebungen

Ein Non Fibre Channel-Anschluss von Speichersystemen erfolgt über die klassischen Anschlussstechniken des Parallelanschlusses (z.B. über Centronics-Parallelschnittstellen), SCSI (Small Computer Systems Interface) oder ESCON (Enterprise Storage Connectivity). Dabei werden Speichersysteme über entsprechende Adapter mit dem Server verbunden. Der klassische Ansatz für eine Kapazitätserweiterung durch Anschluss mehrerer externer Storage Arrays soll am Beispiel eines Anschlusses über SCSI erläutert werden:

Am Serverrechner können über vier Ports eines Standard-SCSI-Host-Bus-Adapters (SCSI-HBA) maximal vier externe SCSI-Devices angeschlossen werden. Um ein Storage Array an einen HBA-Port anschließen zu können, muss das Storage Array ebenfalls über einen SCSI-Front-End-Controller verfügen. SCSI-Systemadapter (SA) besitzen ebenfalls vier Ports, über die jeweils eine direkte Verbindung zu einem SCSI-HBA-Port eines Serversystems geführt werden kann. In der dargestellten Kapazitätserweiterung (vgl. Abb. 3.4) werden die vier HBA-Ports des Servers mit je einem SA-Port von

Die Kapazitätserweiterungs-Topologie

vier Storage Arrays verbunden. Der dargestellte NT-Server kann nun sämtliche Magnetplatten sehen und nutzen, die über den jeweiligen SA des Storage Arrays zugreifbar sind (zum Aufbau hochverfügbarer Storage Arrays vgl. Kapitel 4.2.).

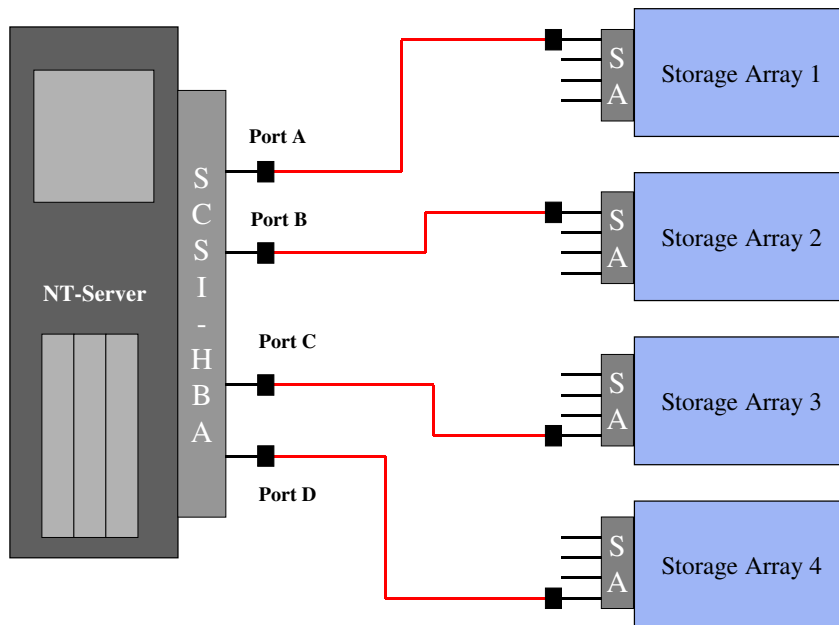


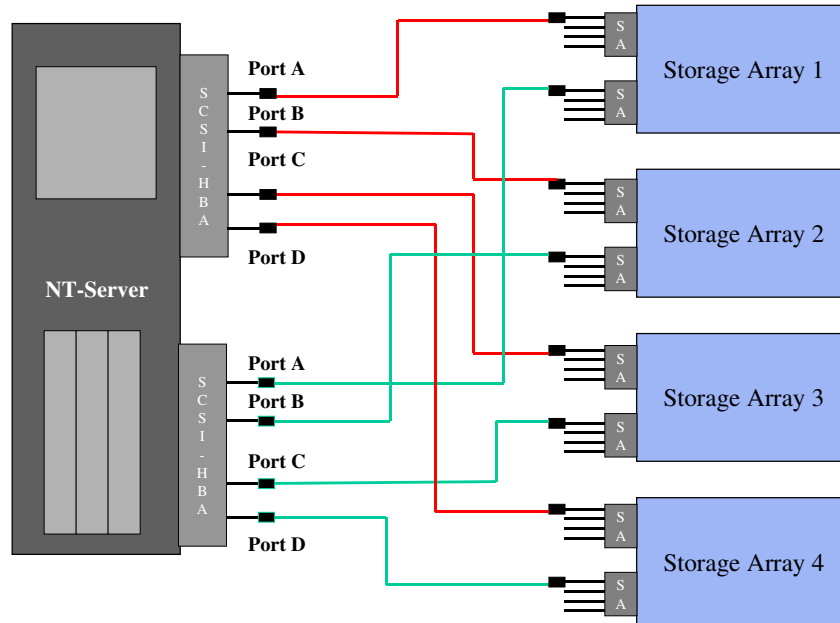
Abbildung 3.4:
Kapazitätserweiterung – Direct Attached SCSI

Hochverfügbar wird eine solche Direct Attached SCSI-Kapazitätserweiterungskonfiguration dadurch, dass sowohl auf Serverseite als auch bei den Storage Arrays die Komponentenredundanz eingeführt wird.

Bei Verwendung zweier Host-Bus-Adapter und zweier Systemadapter je Storage Array ist es möglich, jedes Storage Array und damit auch jede für den Server sichtbare Magnetplatte im Storage Array über zwei Pfade anzusprechen. Dieses Dual Pathing oder Dual Porting der Storage Devices ist jedoch mit einigen Problemen verbunden. Dazu soll noch einmal auf die Controller-Target-LUN-Mimik (vgl. Kapitel 2.1.) der Benennung von SCSI-Devices zurückgekommen werden. In unserem obigen Beispiel erreichen wir jede Platte in den Storage Arrays über zwei Controller. Sei der obere Host-Bus-Adapter der Controller 0, der untere Controller 1, weiter sei Port A das jeweilige Target 0, Port B das Target 1, Port C das Target 2 und Port D das Target 3 des jeweiligen Controllers, so sind die Magnetplatten der Storage Arrays unter folgenden physikalischen Devicenamen für das Serversystem sichtbar (vgl. Tab. 3.1).

3 SAN Connectivity-Topologien

Abbildung 3.5:
Kapazitätserweiterung – Hochverfügbares Direct Attached SCSI



HBA	Port	Storage Array	Physikalische Devicenamen
Oben	A	1	c0t0d0 c0t0d1 c0t0d2 ... c0t0d(n-1) c0t0dn
	B	2	c0t1d0 c0t1d1 c0t1d2 ... c0t1d(n-1) c0t1dn
	C	3	c0t2d0 c0t2d1 c0t2d2 ... c0t2d(n-1) c0t2dn

Tab. 3.1: Hochverfügbares Direct Attached SCSI – Physikalische Devicenamen

Die Kapazitätserweiterungs-Topologie

HBA	Port	Storage Array	Physikalische Devicenamen	
	D	4	c0t3d0 c0t3d1 c0t3d2 ... c0t3d(n-1) c0t3dn	
Unten	A	1		c1t0d0 c1t0d1 c1t0d2 ... c1t0d(n-1) c1t0dn
	B	2		c1t1d0 c1t1d1 c1t1d2 ... c1t1d(n-1) c1t1dn
	C	3		c1t2d0 c1t2d1 c1t2d2 ... c1t2d(n-1) c1t2dn
	D	4		c1t3d0 c1t3d1 c1t3d2 ... c1t3d(n-1) c1t3dn

Tab. 3.1: Hochverfügbares Direct Attached SCSI – Physikalische Devicenamen (Forts.)

Werden die Magnetplatten über Volume-Management-Software nun zu Devicegruppen zusammengeführt, muss sichergestellt werden, dass zum Boot-Zeitpunkt stets über korrekte Pfade zugegriffen wird. Weiter muss darauf geachtet werden, dass jeglicher Anwendung beide Zugriffspfade bekannt gemacht werden, da sonst trotz hardwareseitiger Redundanz im Falle eines HBA- oder SA-Ausfalls die Software den zweiten Pfad nicht nutzen kann. Zu diesem Zweck wurde Storage Management-Software wie z.B. DMP (dynamic multipathing) von Veritas oder Powerpath von EMC² entwickelt, die die Nutzung beider Pfade durch die Anwendungen gewährleistet (vgl. Kapitel 5).

3.1.2 Kapazitätserweiterungs-Topologie in Fibre Channel-Umgebungen

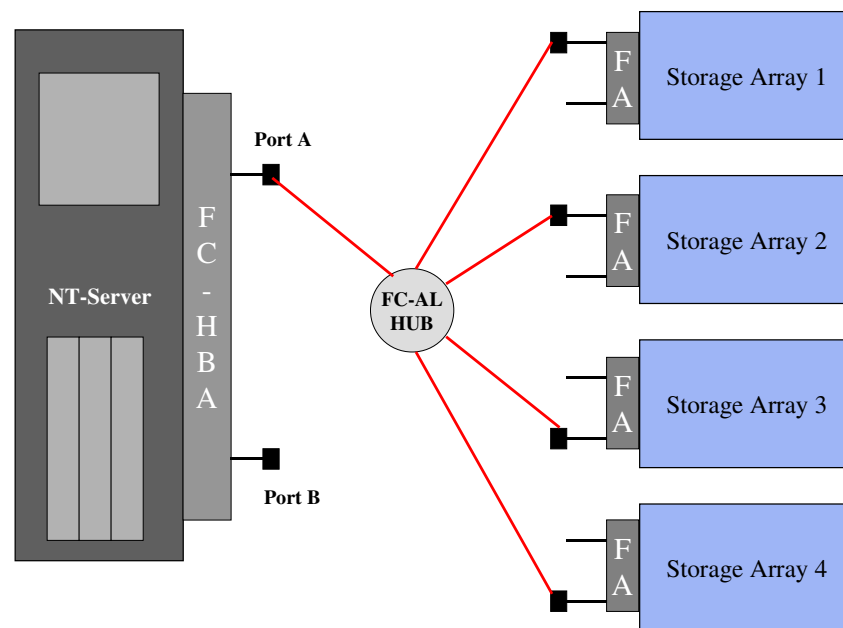
Die Kapazitätserweiterungs-Topologie in Fibre Channel-Umgebungen entspricht der in Non Fibre Channel-Umgebungen insoweit, als auch hier über einen einzigen Fibre Channel-Host-Bus-Adapter eine Vielzahl von Storage Arrays über entsprechende Fibre Channel-System-Adapter angeschlossen werden können.

Die Kapazitätserweiterung in Fibre Channel-Umgebungen kann sowohl über Arbitrated Loop als auch über Switched Fabric realisiert werden.

3.1.2.1 Kapazitätserweiterung in FC-AL-Umgebungen

Abbildung 3.6 zeigt die typische Kapazitätserweiterungs-Topologie in einer Fibre Channel Arbitrated Loop (FC-AL)-Umgebung. Der Fibre Channel-Host-Bus-Adapter (FC-HBA) eines Servers ist über einen seiner beiden Fibre Channel-N-Ports an einen NL-Port eines FC-AL-Hubs angeschlossen.

Abbildung 3.6:
Kapazitätserweiterung in FC-AL-Umgebungen



Dieser ist wiederum über einen oder mehrere NL-Ports an jeweils einen von zwei N-Ports eines Fibre Channel-Systemadapters (FA) der Storage Arrays angeschlossen. In der Topologie der Abbildung 3.6 sieht der Host nun über seinen Fibre Channel-HBA sämtliche Magnetplatten der Storage Arrays, auf die über den jeweiligen FA zugegriffen werden kann. Auch in dieser Topolo-

Die Kapazitätserweiterungs-Topologie

Die hier gezeigte Topologie wird lediglich eine reine Kapazitätserweiterung betrieben. Hochverfügbarkeit ist durch die Häufung der Single Points of Failure (FC-HBA, FC-AL-Hub, FA je Storage Array) nicht gewährleistet. Eine Hochverfügbarkeit in der FC-AL-Kapazitätserweiterungs-Topologie stellt sich wie folgt dar:

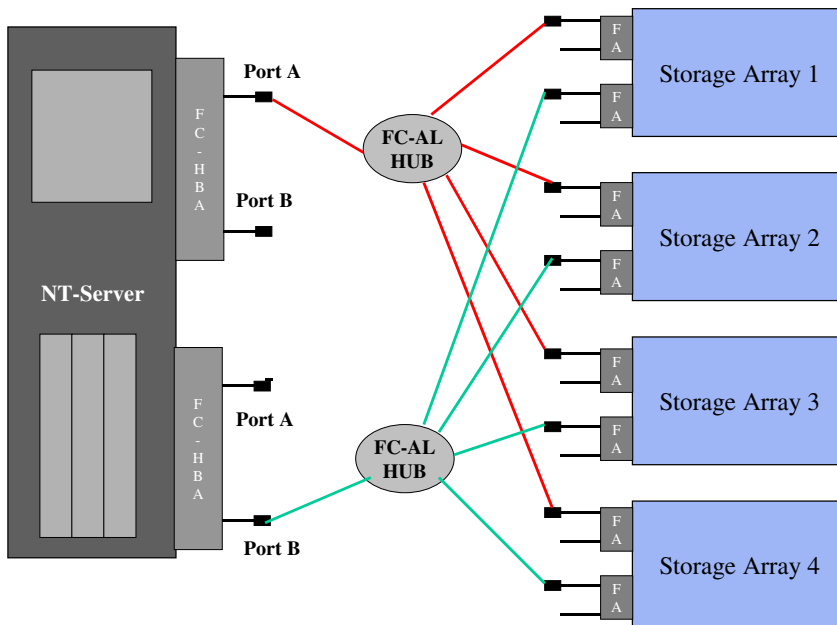


Abbildung 3.7:
Hochverfügbare
Kapazitätserweiterung
in einer
FC-AL-Umgebung

Bei Verwendung zweier Fibre Channel-Host-Bus-Adapter und zweier Fibre Channel-Systemadapter je Storage Array ist es auch in der FC-AL-Umgebung möglich, jedes Storage Array und damit auch jede für den Server sichtbare Magnetplatte im Storage Array über zwei Pfade anzusprechen. Die oben beschriebene Problematik gilt auch für die Fibre Channel-Umgebung. In unserem obigen Beispiel erreichen wir jede Platte in den Storage Arrays über zwei Controller. Sei der obere Host-Bus-Adapter der Controller 0, der untere Controller 1, so können nun jedoch nicht mehr so einfach die einzelnen Devices benannt werden. Hier gibt nun die Reihenfolge der Hub-NL-Ports zu den Fibre Channel-Systemadaptern der Storage Arrays das Kriterium der Wahl für die Target-Bezeichnung vor.

Auch in Fibre Channel-Umgebungen wird durch Dynamic Multipathing Software wie DMP von Veritas, Powerpath von EMC² oder mithilfe der PV Links unter HP-UX die Hochverfügbarkeit der Magnetplatten der Storage Arrays für die Anwendungen sichergestellt. Hier wird host-basiert die Hochverfügbarkeit bei Verlust eines Hubs, FC-HBAs oder FAs sichergestellt.

3 SAN Connectivity-Topologien

HBA	Port	Storage Array	Physikalische Devicenamen	
Oben	Hub oben NL-Port-A	1	c0t0d0 c0t0d1 c0t0d2 ... c0t0d(n-1) c0t0dn	
	Hub oben NL-Port-B	2	c0t1d0 c0t1d1 c0t1d2 ... c0t1d(n-1) c0t1dn	
	Hub oben NL-Port-C	3	c0t2d0 c0t2d1 c0t2d2 ... c0t2d(n-1) c0t2dn	
	Hub oben NL-Port-D	4	c0t3d0 c0t3d1 c0t3d2 ... c0t3d(n-1) c0t3dn	
Unten	Hub unten NL-Port-A	1		c1t0d0 c1t0d1 c1t0d2 ... c1t0d(n-1) c1t0dn
	Hub unten NL-Port-B	2		c1t1d0 c1t1d1 c1t1d2 ... c1t1d(n-1) c1t1dn
	Hub unten NL-Port-C	3		c1t2d0 c1t2d1 c1t2d2 ... c1t2d(n-1) c1t2dn

Tab. 3.2: Hochverfügbares FC-AL – physikalische Dateinamen

Die Kapazitätserweiterungs-Topologie

HBA	Port	Storage Array	Physikalische Devicenamen
	Hub unten NL-Port-D	4	c1t3d0 c1t3d1 c1t3d2 ... c1t3d(n-1) c1t3dn

Tab. 3.2: Hochverfügbares FC-AL – physikalische Dateinamen (Forts.)

3.1.2.2 Kapazitätserweiterung in FC-SW-Umgebungen

Das logische Konzept der Kapazitätserweiterungs-Topologie in einer Switched Fabric Fibre Channel-Umgebung wird durch die »fan-in-rate« beschrieben. Das »in« bezieht sich dabei auf die Anzahl der Storage Arrays, die über den Switch von nur einem Fibre Channel-Host-Bus-Adapter erreicht werden können.

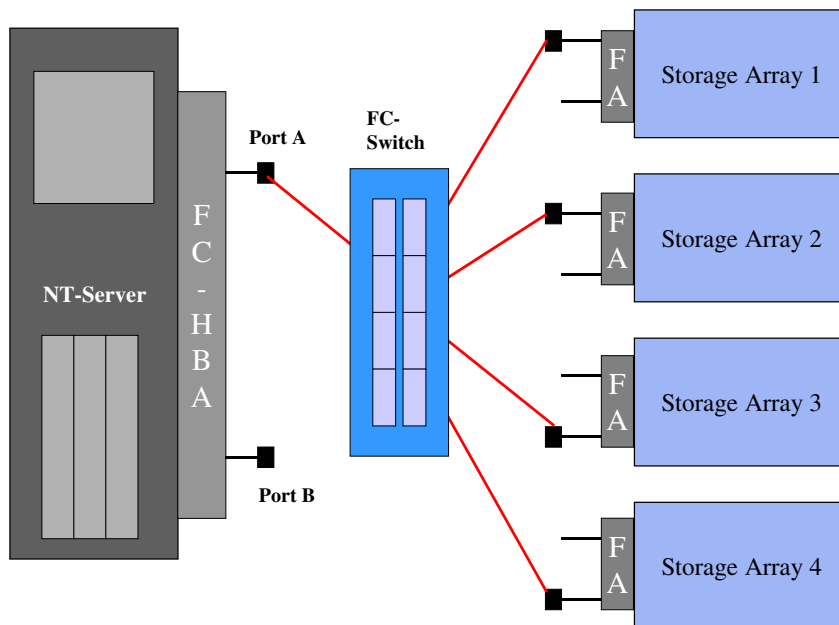


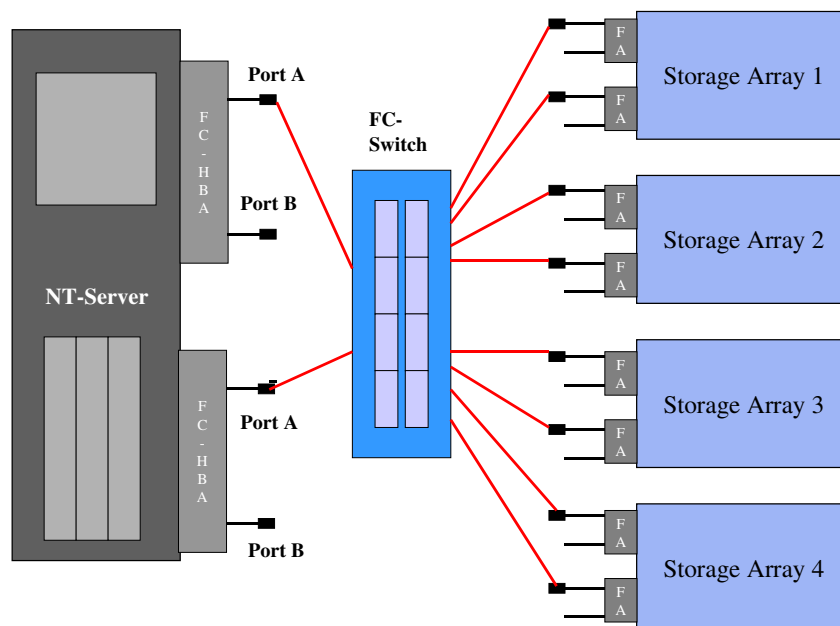
Abbildung 3.8: Kapazitätserweiterung in einer FC-SW-Umgebung

Abbildung 3.8 zeigt die typische Kapazitätserweiterungs-Topologie in einer Fibre Channel-Switched Fabric (FC-SW)-Umgebung mit einer Fan-in-Rate von 4. Der Fibre Channel-Host-Bus-Adapter (FC-HBA) eines Servers ist über einen seiner beiden Fibre Channel-N-Ports an einen F-Port eines FC-SW Fabric Switches angeschlossen. Über vier F-Ports dieses Switches werden die vier Fibre Channel-Systemadapter der Storage Arrays mit jeweils einem ihrer N-Ports verbunden. In der Topologie der Abbildung 3.8 sieht der Host

3 SAN Connectivity-Topologien

nun über seinen Fibre Channel-HBA sämtliche Magnetplatten der Storage Arrays, auf die über den jeweiligen FA zugegriffen werden kann. Auch in dieser Topologie wird lediglich eine reine Kapazitätserweiterung betrieben. Hochverfügbarkeit ist durch die Häufung der Single Points of Failure (FC-HBA, FA je Storage Array) nicht gewährleistet. Der Switch als Single Point of Failure wurde hier nicht erwähnt, da hochverfügbare Fibre Channel-Switches die benötigte Hardwareredundanz mit der entsprechenden Switch-implementierten Software bieten. Dennoch kann auch ein kompletter Switch als redundantes System eingebunden werden. Eine Hochverfügbarkeit in der FC-SW-Kapazitätserweiterungs-Topologie (mit nur einem hochverfügbaren Switch) stellt sich wie folgt dar:

Abbildung 3.9:
Hochverfügbare
Kapazitätserwei-
terung in einer
FC-SW-Umgebung



Hier sind wiederum serverseitig zwei Fibre Channel-HBAs über einen Fibre Channel-Switch mit den vier Storage Arrays verbunden. Jedes der Storage Arrays besitzt zwei Fibre Channel-Systemadapter, die über den Switch vom Host angesteuert werden. Die Namensgebung für die Devices, die der Host sieht, ist in der Switched Fabric-Umgebung bestimmt durch das **Zoning** beim Switch und evtl. durch eine Software, die die Sichtbarkeit der Devices auf den Storage Arrays für einzelne Hosts einschränkt. Auf das Zoning und die Einschränkung des Devicezugriffs soll weiter unten und in Kapitel 4 eingegangen werden.

3.2 Storage-Konsolidierungs-Topologie

3.2.1 Storage-Konsolidierungs-Topologie in Non Fibre Channel-Umgebungen

Die Storage-Konsolidierungs-Topologie dient dazu, unter mehreren Servern, die evtl. sogar unterschiedliche Betriebssysteme mit unterschiedlichen Dateisystemen unterstützen, ein gemeinsames Speichergerät zu teilen. Damit ist die Konsolidierungs-Topologie eine Topologie, mit der Rezentralisierungskonzepte für Server-Storage implementiert werden können.

In einer Non Fibre Channel-Umgebung ist eine Konsolidierungs-Topologie durch den direkten Anschluss der Hosts über Host-Bus-Adapter an Systemadapter eines Storage Arrays realisierbar. Bei Verwendung des SCSI-Interface-Standards ist es denkbar, dass bis zu vier Server über jeweils einen Port ihres SCSI-Host-Bus-Adapters an jeweils einen der vier Ports eines SCSI-Systemadapters eines Storage Arrays angeschlossen werden.

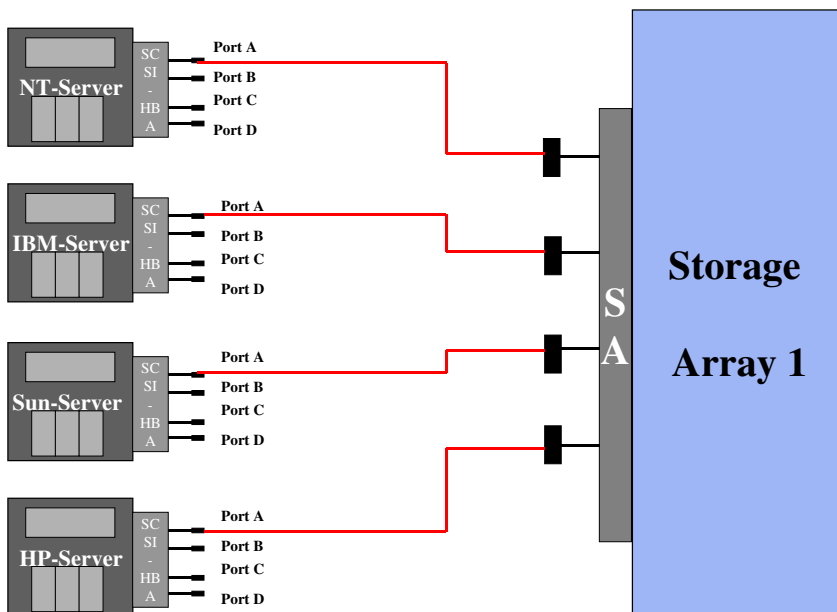


Abbildung 3.10:
Konsolidierungs-
Topologie in Non
Fibre-Umgebungen

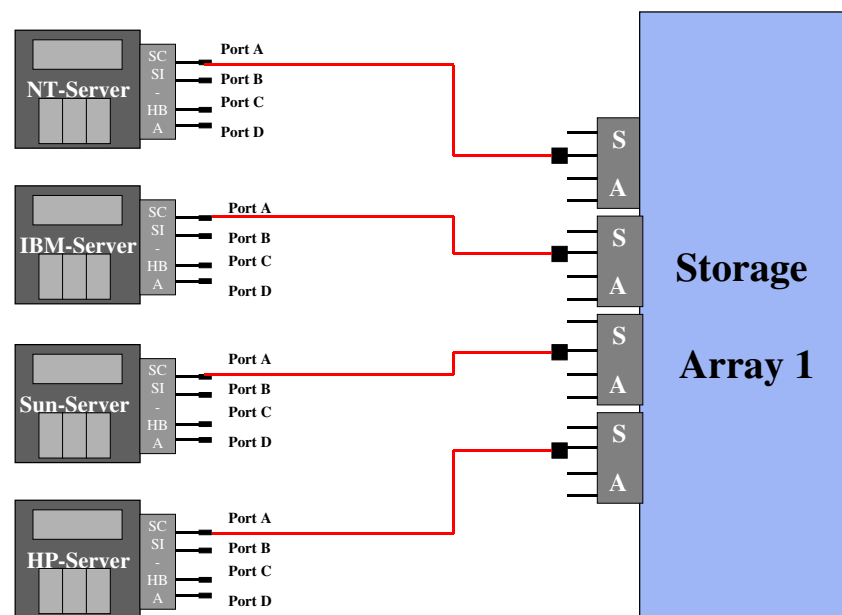
Die generelle Problematik der Konsolidierungs-Topologie besteht darin, dass jeder Server, der über einen Systemadapter des Storage Arrays an dieses angeschlossen wird, in der Lage ist, alle Magnetplatten des Storage Arrays zu sehen, die über diesen Systemadapter sichtbar sind. Für Abbil-

3 SAN Connectivity-Topologien

Abbildung 3.10 bedeutet das, dass die vier angeschlossenen Server alle Devices des Storage Arrays sehen. Hier muss nun sichergestellt werden, dass der Zugriff auf die Platten unter den Servern eingeschränkt wird, sodass ein Direct Attached Storage ermöglicht wird. Das Sharing der Devices wäre tödlich, die Konsistenz der Dateisysteme wäre nicht zu gewährleisten.

Dieses Problem kann dadurch umgangen werden, dass das Storage Array mit jeweils einem Systemadapter pro angeschlossenem Serversystem versehen wird. Diese Systemadapter müssen auf unterschiedlichen Bussen des Storage Arrays liegen. Die Magnetplatten des Storage Arrays sollten dann auf eine gleiche Anzahl von Disk-Adaptoren verteilt werden, die jeweils nur an den Bus gebunden werden, auf dem auch der jeweilige Systemadapter des Servers liegt. Dadurch wird sichergestellt, dass ein Server tatsächlich lediglich »seine« Platten sieht und nicht auch Platten eines anderen Hosts. Der interne Aufbau eines Storage Arrays wird in Kapitel 4.2. detailliert beschrieben. Hier soll eine solche Konfiguration lediglich skizziert werden. Diese Implementierung einer klassischen Konsolidierungs-Topologie soll als »sicher« referenziert werden, da durch sie sichergestellt wird, dass die Server sicher nur die Magnetplatten erkennen, die auf dem Storage Array für sie bereitgestellt werden.

Abbildung 3.11:
Sichere Konsolidierungs-Topologie in Non Fibre-Umgebungen



Der Hochverfügbarkeitsansatz für eine sichere Non Fibre-Konsolidierung erfordert nun schon auf Seiten des Storage Arrays nahezu einen Vollausbau der Systemadapter. In Abbildung 3.12 wird aus Gründen der Übersichtlichkeit lediglich eine Konsolidierung mit zwei Serversystemen dargestellt. In dieser Topologie ist darauf zu achten, dass die Systemadapter des Storage

Storage-Konsolidierungs-Topologie

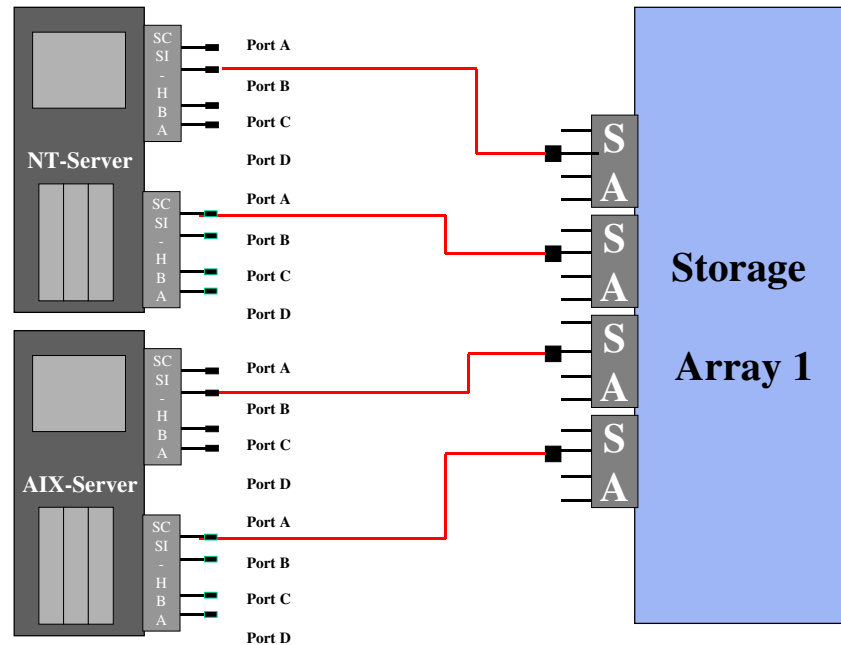
Arrays, über die die beiden Pfade des jeweiligen Servers verbunden werden, Storage Array-intern auf dem gleichen Bus liegen, auf dem auch der Disk-Adapter der Magnetplatten liegen muss. In einer solchen hochverfügbaren Konfiguration wird wie unter der Kapazitätserweiterungs-Topologie jede Magnetplatte für den Server doppelt sichtbar, d.h. eine Magnetplatte ist über zwei Controller-Target-LUNs erreichbar. Hier muss wieder mit entsprechender server-basierter Software sichergestellt werden, dass die Platte konsistent von den Applikationen adressiert wird. Intelligente server-basierte Software kann auch hier wiederum ein Load-Balancing, d.h. eine ausgeglichene Verteilung der I/O-Last, bewirken.

Betrachtet man abschließend sämtliche Non Fibre-Topologien, so könnte man auf den ersten Blick davon ausgehen, dass auch mit herkömmlichen Anschlusstechniken Storage Area Networks implementiert werden können. Betrachtet man lediglich das erreichte Ziel, so lassen sich definitiv einige Anforderungen von SANs auch mit herkömmlichen Technologien realisieren. Die Erweiterung der Speicherkapazität eines Serversystems über die Kapazitätserweiterungs-Topologie erfüllt sicherlich die Mengenanforderungen eines großen Teils der Anwendungen, für die auch SAN-Lösungen angedacht werden. Rezentralisierungsstrategien können – was den zentralen Speicherplatz anbelangt – sicher auch mit der Konsolidierungs-Topologie der Non Fibre-Umgebung angegangen werden. Sogar groß angelegte Backup-Lösungen, die bei klassischer Anschlusstechnik server-basiert implementiert werden, können mit direktem Anschluss von Tape-Robotern/Tape-Libraries realisiert werden, solange auf den beteiligten Servern noch ein SCSI-Slot frei ist. Dennoch sind Non Fibre-Umgebungen eng verbunden mit dem Begriff des »Direct Attachment« der Storage Devices.

Direct Attachment heißt, externe Host-Bus-Adapter werden tatsächlich dafür verwendet, die Speichersysteme, seien es Storage Arrays, seien es Tape-Libraries oder Ähnliches, direkt an den Server anzuschließen. Wo ist das N des SAN-Begriffes? Hier fehlt tatsächlich alles, was ein Storage Network definiert. Jeder Host sieht nur »seine« Magnetplatten, diese sind z.B. über SCSI direkt an ihn angeschlossen. Ein »Teilen« eines Storage Arrays findet nicht statt.

Ebenfalls fehlt bei klassischen Anschlusstechniken alles das, was das A des SAN-Begriffes definieren könnte. Wie bitte kann hier die Area definiert werden? Die klassische Storage Area wird vorgegeben von der maximalen Kabellänge zwischen Server-HBA und Storage Array-SA. Diese beträgt jedoch nur mehrere Meter. Kapazitätserweiterungs- und Konsolidierungs-Topologien in Non Fibre-Umgebungen erfordern die lokale Gruppierung der Server und »ihres« Speichers in einem Raum. Client-/Server-Speicherkonsolidierungen sind mit klassischen Anschlusstechniken nicht realisierbar.

Abbildung 3.12:
Hochverfügbarkeits-
Konsolidierungs-
Topologie in Non
Fibre Channel-
Umgebungen



Die klassischen Ansätze der Kapazitätserweiterungs- und der Konsolidierungs-Topologie definieren kein SAN – sie sollten nur dargestellt werden, um dem Vorwurf der Unvollständigkeit zu entgehen. Fibre Channel-Topologien sind es, in denen Storage Area Networks definiert und implementiert werden.

3.2.2 Storage-Konsolidierungs-Topologie in Fibre Channel-Umgebungen

Die Storage-Konsolidierungs-Topologie in Fibre Channel-Umgebungen dient ebenfalls dazu, Rezentralisierungs-Anforderungen für die Speichermedien zu erfüllen. Die folgenden Abschnitte beschreiben die Realisierung der Konsolidierung unter Einsatz von FC-AL- und FC-SW-Technologien.

3.2.2.1 Speicherkonsolidierung in FC-AL-Umgebungen

Diese Konsolidierungs-Topologie liefert die Möglichkeit, über den Speicher unterschiedliche Server zu verbinden. Die Konsolidierungs-Topologie wird bei vielen Windows-NT-Anwendungsumgebungen erforderlich, bei denen eine Vielzahl kleiner Server mit geringer Speicherkapazität auf ein Storage

Storage-Konsolidierungs-Topologie

Array mit großer Speicherkapazität über FC-AL zugreifen. Dies erweitert die Anzahl der Server-Verbindungen an das Storage Array, das evtl. lediglich mit einem Fibre Channel-Systemadapter ausgestattet ist.

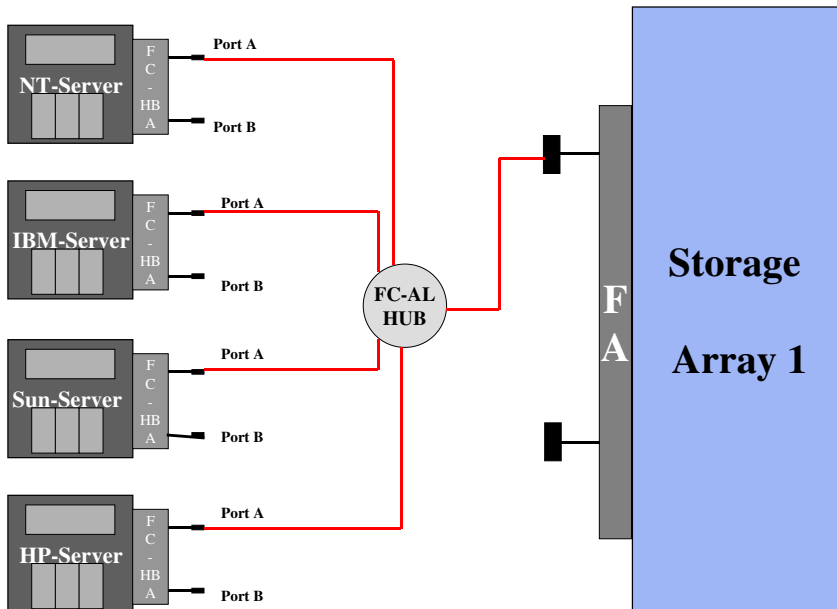


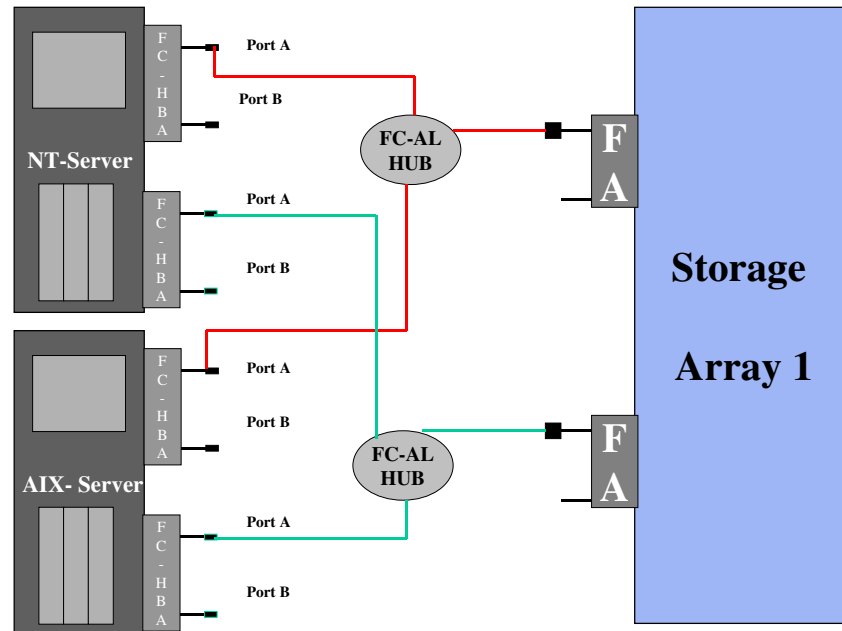
Abbildung 3.13:
Speicherkonsolidierung in FC-AL-Umgebungen

Der Fibre Channel-Host-Bus-Adapter (FC-HBA) eines jeden Servers ist über einen seiner beiden Fibre Channel-N-Ports an einen NL-Port eines FC-AL-Hubs angeschlossen. Dieser ist wiederum über einen oder mehrere NL-Ports an jeweils einen von zwei N-Ports eines Fibre Channel-Systemadapters (FA) des Storage Arrays angeschlossen. In der Topologie der Abbildung 3.13 sieht jeder Host nun über seinen Fibre Channel-HBA sämtliche Magnetplatten des Storage Arrays, auf die über den FA zugegriffen werden können. In dieser Topologie wird lediglich eine reine Speicherkonsolidierung betrieben. Hochverfügbarkeit ist durch die Häufung der Single Points of Failure (FC-HBA, FC-AL-Hub, FA des Storage Arrays) nicht gewährleistet. Eine Hochverfügbarkeit in der FC-AL-Speicherkonsolidierungs-Topologie stellt sich wie folgt dar:

Bei Verwendung zweier Fibre Channel-Host-Bus-Adapter je Server und zweier Fibre Channel-Systemadapter im Storage Array ist es auch in der FC-AL-Umgebung möglich, ein Storage Array und damit auch jede für den jeweiligen Server sichtbare Magnetplatte im Storage Array über zwei Pfade anzusprechen. In unserem Beispiel der Abbildung 3.14 erreichen wir jede Platte im Storage Array über zwei Controller. Ist der obere Host-Bus-Adapter der Controller 0, der untere Controller 1, so können auch bei der Konsolidierungs-Topologie nicht mehr einfach die einzelnen Devices benannt werden. Hier gibt nun die Reihenfolge der Hub-NL-Ports den Fibre Channel-Systemadaptern des Storage Arrays das Kriterium der Wahl für die Target-Bezeichnung vor.

3 SAN Connectivity-Topologien

Abbildung 3.14:
Hochverfügbare
Storage-Konsolidie-
rung in einer
FC-AL-Umgebung



Ohne FC-AL-Hub wäre die Storage-Konsolidierung der Abbildung 3.14 nur zu realisieren, wenn vier Verbindungen zwischen Server und Storage Array zur Verfügung stünden. Die HBA-Konfiguration entspräche der in der Abbildung gezeigten. Port A beider Host-Bus-Adapter des NT-Servers müssten mit Port A der beiden Fibre Channel-Adapter des Storage Arrays verbunden werden. Port A beider Host-Bus-Adapter des AIX-Servers müssten an Port B der beiden Fibre Channel-Adapter des Storage Arrays angeschlossen werden. Beide Fibre Channel-Adapter des Storage Arrays wären damit komplett belegt. Weitere Host-Connections erforderten weitere FA-Adapter im Storage Array.

Mit obiger FC-AL-Konfiguration werden die vier Server-/Storage-Verbindungen durch Einbindung der beiden FC-AL-Hubs auf zwei Verbindungen reduziert. Diese Konfiguration ist vor allem dann sinnvoll, wenn die zu konsolidierenden Server geringe I/O-Bandbreitenanforderungen besitzen. Für diese Server wäre die volle Bandbreite einer Fibre Channel-Verbindung eindeutig überdimensioniert. In der dargestellten hochverfügbaren FC-AL-Konfiguration teilen sich die beiden Server die Bandbreite zweier Fibre Channel-Verbindungen.

Es werden sowohl Cluster- als auch Non Cluster-Konfigurationen unterstützt. Durch server-basierte Lockmechanismen können in Cluster-Umgebungen die Applikationen für den normalen und den Failover-Betrieb auf die gleichen Magnetplatten zugreifen. Non Cluster-Applikationen teilen

Storage-Konsolidierungs-Topologie

sich Mengen von Magnetplatten auf dem Storage Array, die Kapazität des Storage Arrays sowie die Bandbreite der Fibre Channel-Verbindungen zwischen Server und Storage Array.

Dazu wird wiederum eine host-basierte Kanal-Failover- und Kanal-Load-Balancing- und Dynamic Multipathing-Software wie DMP von Veritas, Powerpath von EMC² oder PV-Links unter HP-UX benötigt, die die Hochverfügbarkeit der Magnetplatten der Storage Arrays für die Anwendungen sicherstellt. Hier wird host-basiert die Hochverfügbarkeit bei Verlust eines Hubs, FC-HBAs oder FAs sichergestellt, das Management der Konfiguration wird vereinfacht, deren Zuverlässigkeit wird erhöht und die Applikationsperformance durch dynamische Nutzung beider Pfade wird gesteigert.

3.2.2.2 Speicherkonsolidierung in FC-SW-Umgebungen

Das logische Konzept der Konsolidierungs-Topologie in einer Switched Fabric-Umgebung wird durch die »Fan-Out-Rate« beschrieben.

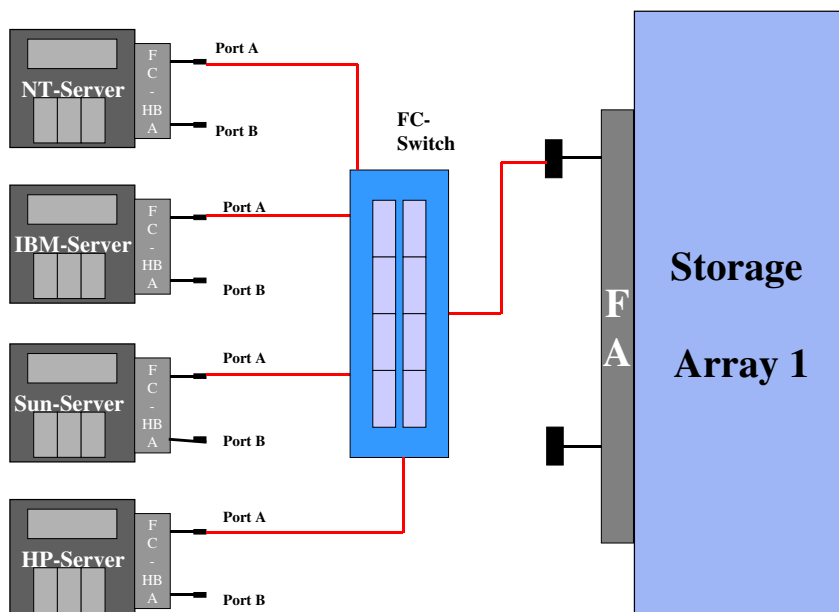


Abbildung 3.15:
Storage-Konsolidierung in einer FC-SW-Umgebung

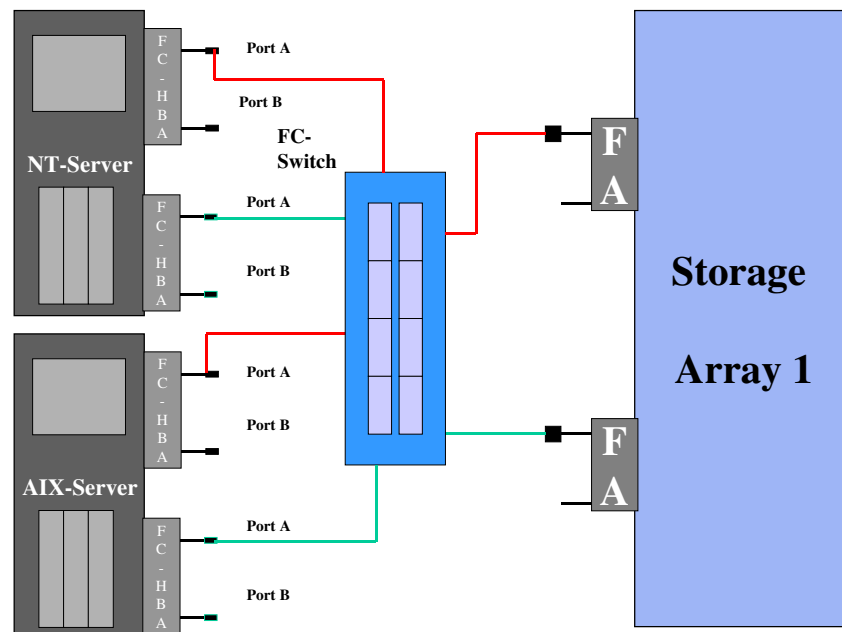
Dabei definiert das »Out« den Weg aus dem Storage Array heraus. Eine Fan-Out-Rate von 2 bedeutet, dass über einen Fibre Channel-Port des Storage Arrays zwei Fibre Channel-Ports an Hosts erreicht werden.

In Abbildung 3.15 ist eine fan-out-rate von 4 dargestellt. Ein Fibre Channel-Port eines Storage Arrays wird von vier Server-Connections geteilt. Der Fibre Channel-Host-Bus-Adapter (FC-HBA) eines jeden Servers ist über einen seiner beiden Fibre Channel-N-Ports an einen F-Port eines FC-SW Fabric-Swit-

3 SAN Connectivity-Topologien

ches angeschlossen. Über einen F-Port dieses Switches wird der Fibre Channel-Systemadapter des Storage Arrays mit einem N-Port verbunden. In der Topologie der Abbildung 3.15 sieht jeder Host nun über seinen Fibre Channel-HBA sämtliche Magnetplatten des Storage Arrays, auf die über den FA zugegriffen werden können. Auch in dieser Topologie wird lediglich eine reine Storage-Konsolidierung betrieben. Eine Hochverfügbarkeit ist durch die Häufung der Single Points of Failure (FC-HBA, FA des Storage Arrays) nicht gewährleistet. Der Switch als Single Point of Failure wurde hier nicht erwähnt, da hochverfügbare Fibre Channel-Switches die benötigte Hardware-Redundanz mit der entsprechenden Switch-implementierten Software bieten. Dennoch kann auch ein kompletter Switch als redundantes System eingebunden werden. Eine Hochverfügbarkeit in der FC-SW Storage-Konsolidierungs-Topologie (mit nur einem hochverfügbaren Switch) wird in der Abbildung 3.16 dargestellt.

Abbildung 3.16:
Hochverfügbare
Speicherkonsolidierung
in einer
FC-SW-Umgebung



Hier sind wiederum serverseitig zwei Fibre Channel-HBAs über einen Fibre Channel-Switch mit dem Storage Array verbunden. Das Storage Array besitzt zwei Fibre Channel-Systemadapter, die vom Host über den Switch angesteuert werden. Die Namensgebung der Devices, die der Host sieht, ist in der Switched Fabric-Umgebung bestimmt durch das **Zoning** beim Switch und evtl. durch eine Software, die die Sichtbarkeit der Devices auf den Storage Arrays für einzelne Hosts einschränkt. Auf das Zoning und die Einschränkung des Devicezugriffs soll weiter unten und in Kapitel 4 eingegangen werden. Auch in der Hochverfügbarkeitslösung der Speicherkonsolidierung existiert eine fan-out-rate von 4, dennoch werden hier von Seiten

Distanz-Topologie

des Storage Arrays zwei Ports benötigt. Auch hier wird über eine host-basierte Kanal-Failover- und Kanal-Load-Balancing- und Dynamic Multipathing-Software wie DMP von Veritas, Powerpath von EMC² oder über PV-Links unter HP-UX die Hochverfügbarkeit der Magnetplatten der Storage Arrays für die Anwendungen host-basiert sichergestellt, das Management der Konfiguration wird vereinfacht, deren Zuverlässigkeit wird erhöht und die Applikationsperformance durch dynamische Nutzung jeweils beider Host-Pfade wird gesteigert.

3.3 Distanz-Topologie

Die Distanz-Topologie ist mit herkömmlichen Anschlusstechniken für Storage nicht realisierbar. Sie verwendet sowohl kurz- als auch langweilige Glasfaser-Verbindungen, um die maximale Distanz zwischen Serversystemen und Storage Arrays auszudehnen. Der Zugriff multipler Server Connections über langweilige Glasfaserverbindungen auf multiple Storage Arrays erhöht die Verfügbarkeit der Storage-Umgebung, da hier ein Komplettausfall eines Storage Arrays als Single Point of Failure ausgeschaltet werden kann.

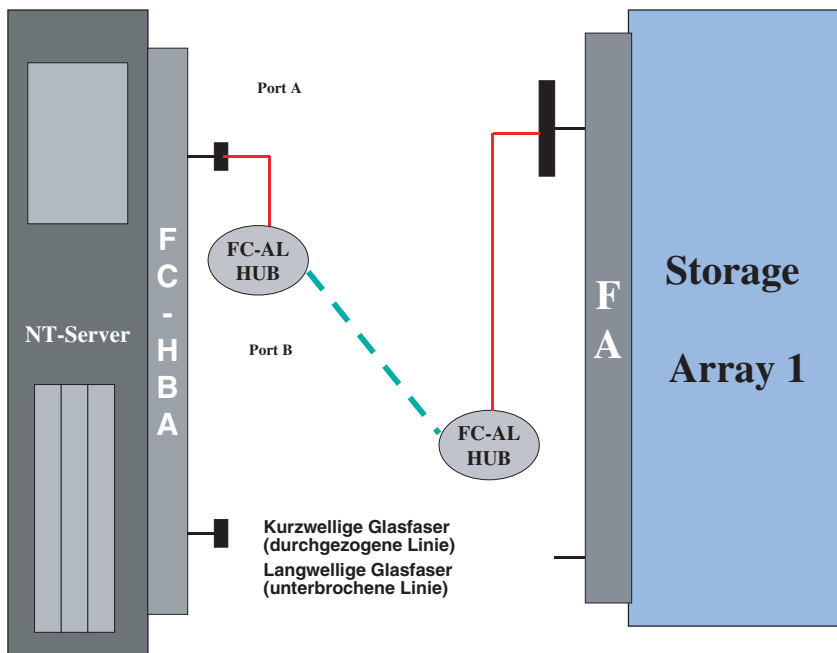


Abbildung 3.17:
Distanz-Topologie
FC-AL

Aus Gründen des Verfügbarkeits- und Ressource-Managements wird in Rechenzentrum-Topologien eine langwellige Glasfaser verwendet, um ESCON-HBAs und Systemadapter (auf Seiten des Storage Arrays) zu terminieren und dann eine ESCON-zu-ESCON-Verbindung zwischen dem ESCON-Systemadapter eines lokalen Storage Arrays und dem ESCON-Systemadapter eines Remote Storage Arrays zu implementieren. Fibre Channel kann auf ähnliche Weise implementiert werden, indem die Server-/Storage-Verbindungen lokal über eine Verbindungsschaltung (z.B. über einen Hub oder einen Switch) realisiert werden und langwellige/Single Mode-Glasfaser Hub-to-Hub (lokaler Hub zu remote Hub) oder Switch-to-Switch implementiert wird. Fibre Channel-Geräte sind in aller Regel für kurzweilige Laser mit Multi Mode-Glasfaserkabeln realisiert. Dies beschränkt ihren Einsatz auf Server-/Storage-Distanzen von bis zu 500 Metern.

Langwellige Laser mit Single Mode-Glasfaserkabel erlauben Server-/Storage-Distanzen bis zu zehn Kilometern. Diese Technologie wird dazu verwendet, komplette auf Fibre Channel basierte Katastrophen-Recovery-Systeme aufzubauen, die einen lokalen Server-/Storage-Verbund durch einen remote Server-/Storage-Verbund absichern.

3.3.1 Fibre Channel FC-AL-Distanz-Topologie

In einer klassischen Implementierung der FC-AL-Distanz-Topologie (vgl. Abbildung 3.17) werden Server und Storage an unterschiedlichen Lokationen gehalten. Der Server realisiert seine Server-/Storage-Verbindungen über eine kurzweilige Laserverbindung zu einem lokalen Hub. Der Server verbindet einen N-Port seines Fibre Channel-HBAs mit einem NL-Port des lokalen Hubs. Dieser wird über einen weiteren NL-Port durch eine langwellige Laserverbindung an einen NL-Port eines remote Hubs angeschlossen. Von einem NL-Port des remote Hubs wird dann die tatsächliche Verbindung an einen N-Port des Fibre Channel-Systemadapters des remote stehenden Storage Arrays verkabelt.

Hochverfügbar ist diese Storage Connectivity jedoch nicht. Jeder Ausfall eines FC-HBA, eines FC-AL-Hubs oder eines FA sowie einer Longwave Fibre Channel-Verbindung zwischen den beiden Hubs führt zum Stopp der Anwendungen des Servers.

Eine wie in Abbildung 3.17 dargestellte hochverfügbare FC-AL-Distanz-Topologie stellt – zumindest was die Connectivity-Sicherheit anbelangt – ein Disaster-Recovery-fähiges Konzept dar. Fällt ein FC-HBA aus, so kann der zweite FC-HBA des Hosts die Aufgabe übernehmen. Fällt ein FC-AL-Hub aus, so werden sämtliche Verbindungen des zweiten FC-AL-Hubs genutzt, fällt ein FA aus, so werden die Verbindungen über den zweiten FA genutzt. Absolute Disaster-Toleranz bedingt jedoch auch den Ersatz sämtlicher Systemkomponenten – also auch den Ersatz von Server-System und Storage Array – durch eine Recovery-Komponente. Am Ende dieses Kapitels soll

Distanz-Topologie

eine solche disastertolerante Topologie dargestellt werden. Zuvor jedoch sollen noch eine FC-SW-Distanz-Topologie und gemischte Topologien dargestellt werden.

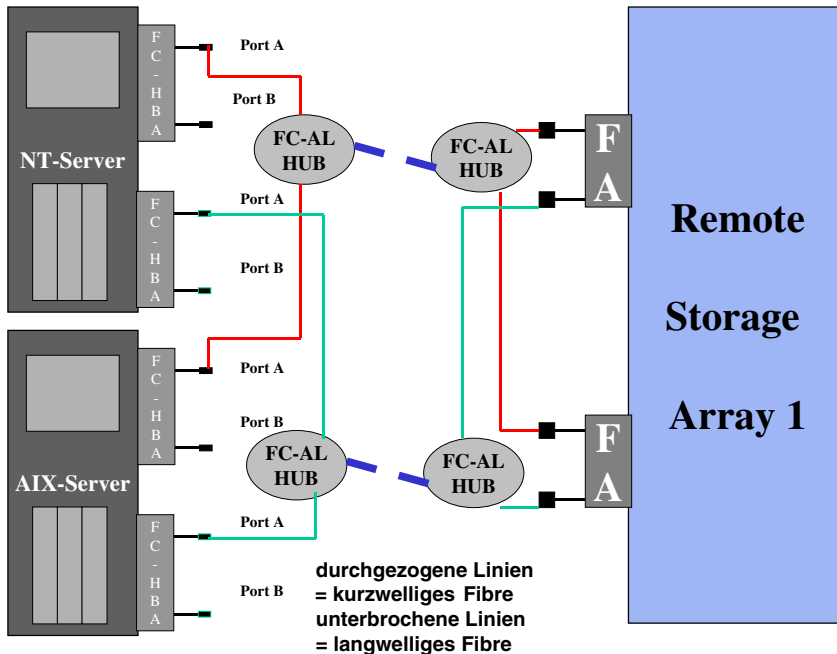


Abbildung 3.18:
Hochverfügbare
FC-AL-Distanz-
Topologie

3.3.2 FC-SW-Distanz-Topologie

Die Fibre Channel Switched Fabric Distanz-Topologie erfordert eine Langwellen-Laser-Switch-To-Switch-Verbindung zweier Fibre Channel-E-Ports mit zwei Switches. Diese beiden Switches bilden die Fabric.

Ein N-Port des Fibre Channel-Host-Bus-Adapters (Port A) wird an einen F-Port des lokalen Switches mit Kurzwellen-Glasfaser angeschlossen. Der lokale und der remote Switch bilden die Fabric. Beide Switches sind untereinander mit E-Ports über Langwellen-Glasfaser zur Fabric zusammengeschlossen. An einen F-Port des remote Switches wird ein N-Port des Fibre Channel-Systemadapters des Storage Arrays über Kurzwellen-Glasfaser angeschlossen.

Unter dem Hochverfügbarkeitsaspekt wohnen dem obigen Beispiel der FC-SW-Distanz-Topologie im Host-Bus-Adapter und dem Fibre Channel-Systemadapter wieder vermeidbare Single Points of Failure inne, die durch die hinlänglich bekannte Konfigurationserweiterung auf redundante Komponenten beider Seiten vermieden werden kann.

3 SAN Connectivity-Topologien

Abbildung 3.19:
FC-SW-Distanz-
Topologie

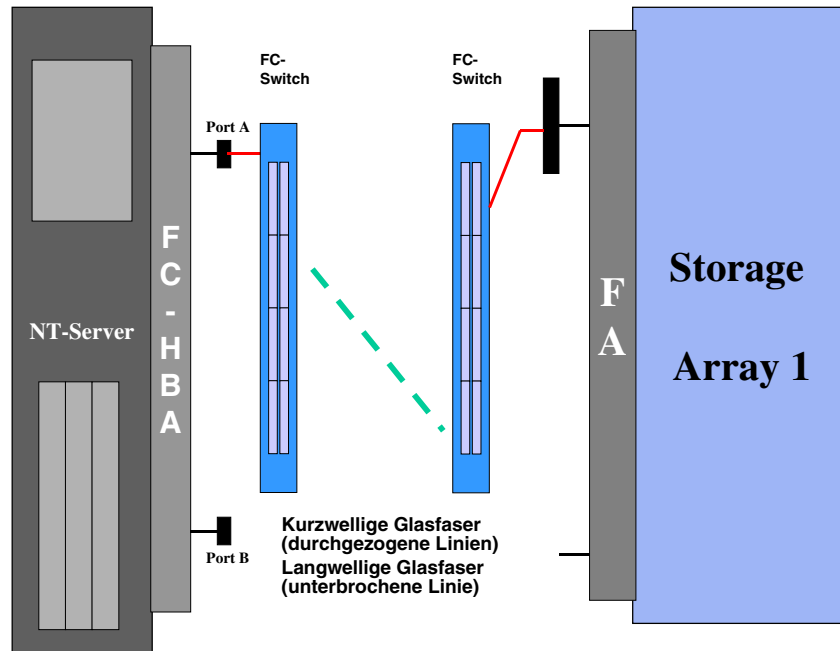
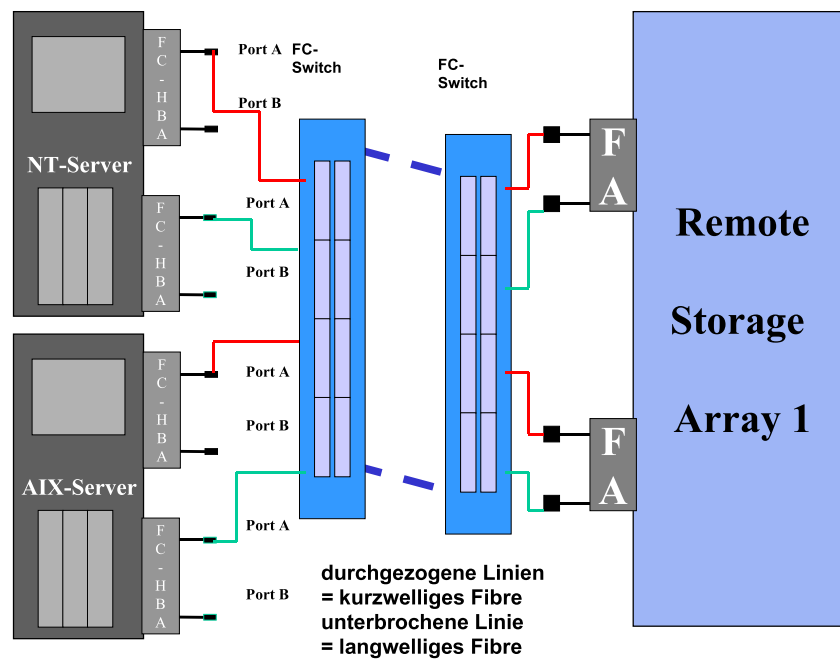


Abbildung 3.20:
Hochverfügbare
FC-SW-Distanz-
Topologie



Gemischte Topologien

Hier sind serverseitig zwei Fibre Channel-HBAs über einen Fibre Channel-Switch mit dem Storage Array verbunden. Das Storage Array besitzt zwei Fibre Channel-Systemadapter, die über den Switch vom Host angesteuert werden. Auch hier wird über eine host-basierte Kanal-Failover- und Kanal-Load-Balancing- und Dynamic Multipathing-Software wie DMP von Veritas, Powerpath von EMC² oder über PV-Links unter HP-UX die Hochverfügbarkeit der Magnetplatten der Storage Arrays für die Anwendungen host-basiert sichergestellt, das Management der Konfiguration wird vereinfacht, deren Zuverlässigkeit wird erhöht und die Applikationsperformance durch dynamische Nutzung jeweils beider Host-Pfade wird gesteigert.

Jedoch auch für die hier dargestellte Hochverfügbarkeitslösung gilt wieder, dass kein Totalausfall eines Serversystems oder des Storage Arrays abgedeckt ist.

3.4 Gemischte Topologien

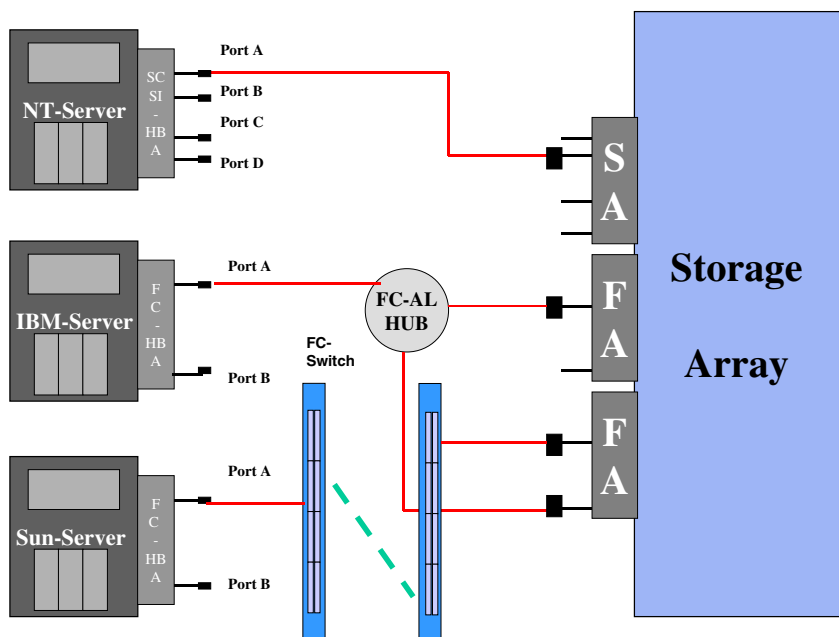


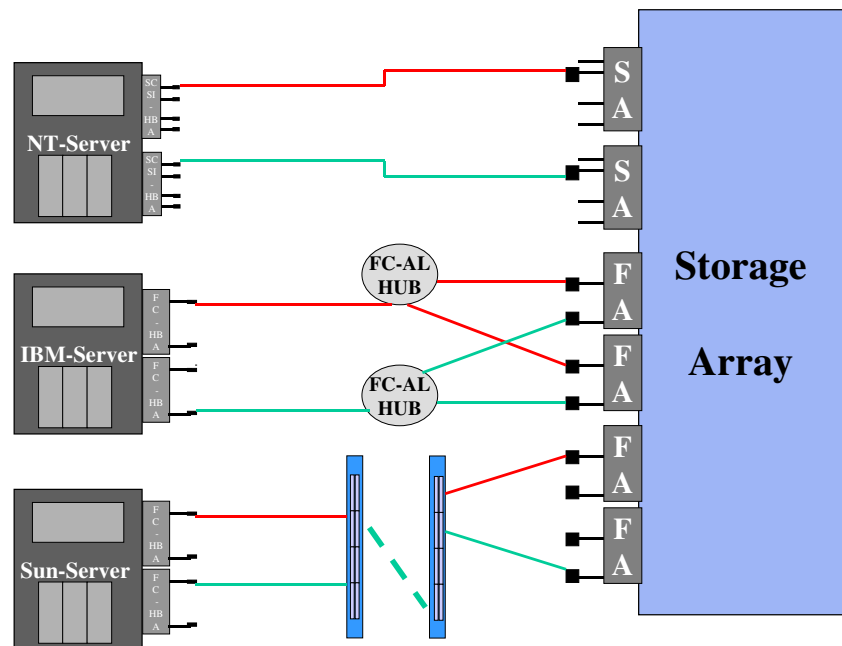
Abbildung 3.21:
Gemischte Topologie

Auf den zurückliegenden Seiten wurden die reinen Formen von Kapazitätserweiterungs-, Konsolidierungs- und Distanz-Topologien für Storage Area Networks erläutert. Sie wurden anhand von Implementierungsbeispielen für klassische SCSI-, sowie FC-AL- und FC-SW-Fibre Channel-Anschlüssen dargestellt. Natürlich lassen sich sämtliche Topologien mit entsprechendem Mix von Host-Bus-Adapttern, Systemadaptern und Fibre Channel-Hubs und

3 SAN Connectivity-Topologien

Switches mischen. So können Devices eines Storage Arrays direkt über SCSI an einen SCSI-Host-Bus-Adapter angeschlossen werden, andere Devices eines Arrays über Hub einer FC-AL-Verbindung adressiert werden, wiederum andere über eine Fibre Channel-Switched Fabric angeschlossen werden. Abbildung 3.22 soll eine kleine Auswahl der Kombinationsmöglichkeiten für klassische und Fibre Channel-Anschlüsse von Storage Devices vermitteln.

Abbildung 3.22:
Hochverfügbare
gemischte Topologie



In Abbildung 3.22 erkennt der NT-Server über Port A seines SCSI-Host-Buses sämtliche Magnetplatten, die für den SCSI-Systemadapter des Storage Arrays sichtbar sind. Der IBM-Server implementiert eine Kapazitätserweiterung, indem von Port A seines Fibre Channel-Host-Bus-Adapters über den FC-AL-Hub der Port A des ersten und der Port B des zweiten Fibre Channel-Systemadapters des Storage Arrays angeschlossen werden. Dadurch kann der IBM-Server sämtliche Magnetplatten innerhalb des Storage Arrays adressieren, die über die beiden Fibre Channel-Systemadapter sichtbar sind. Der Sun-Server wird in einer Distanz-Topologie über zwei Switches, die über E-Port zur Fabric zusammengeschlossen sind, an Port A des Fibre Channel-Systemadapters des Storage Arrays angeschlossen. In dieser Konstellation kann es zu Konflikten zwischen dem IBM-Server und dem Sun-Server daher kommen, da beide über den zweiten Fibre Channel-Systemadapter des Storage Arrays die gleichen Magnetplatten sehen können. Per definitionem sieht ein Host-Bus-Adapter eines Servers alle Magnetplatten im Storage Array, die für den Systemadapter sichtbar sind, über dessen Ports der Server angeschlossen ist. Hier muss softwareseitig server-basiert sichergestellt werden,

Gemischte Topologien

dass jeder Server lediglich »seine« Magnetplatten sieht und diese ihm bei jedem Boot-Vorgang wieder in der richtigen Reihenfolge zur Verfügung gestellt werden. Eine hochverfügbare gemischte Topologie wäre – ausgehend von der oben angedachten Konstellation – wie folgt zu realisieren:

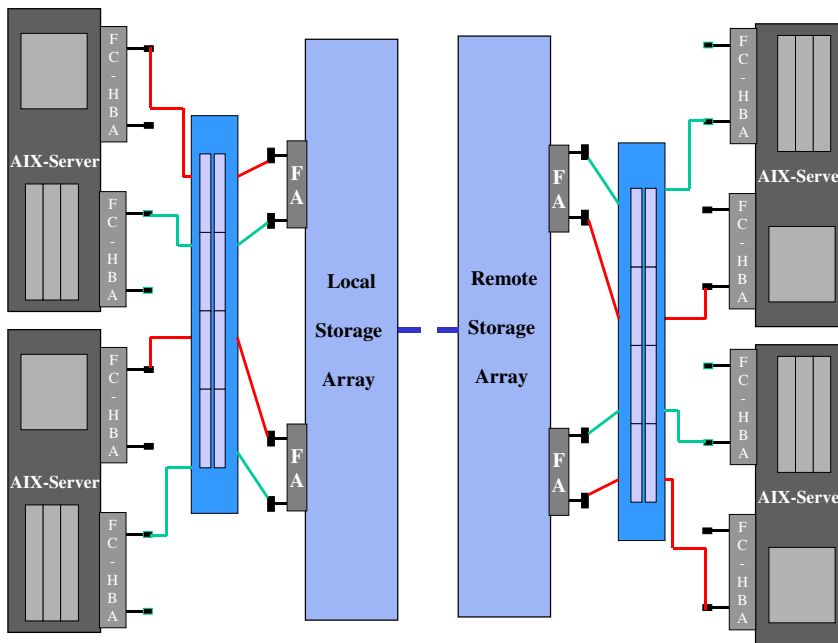


Abbildung 3.23:
Hochverfügbare
SAN-Topologie

Für die hochverfügbare gemischte Topologie gelten sämtliche Anmerkungen, die zu sämtlichen Spielarten der reinen Topologien bereits gemacht wurden. Summarisch kann hier festgestellt werden, dass sämtliche betrachtete Topologien Hochverfügbarkeit lediglich für die Verbindung zwischen Host (Server) und Speichermedium (Storage Array) realisiert haben. Tatsächliche SAN-Topologien sind lediglich über Fibre Channel realisierbar. Dabei kommt es nicht darauf an, ob FC-AL oder FC-SW eingesetzt wird. Shared Usage der Verbindungen und der Speichermedien für mehrere Hosts ist lediglich mit Fibre Channel realisierbar. Einzelne Anforderungen an SANs wie Speicherkapazitätserweiterung für einzelne Server und Speicherkonsolidierung für mehrere Server sind zwar mit SCSI- oder Parallelanschluss des/der Storage Devices realisierbar, eine tatsächliche gemeinsame Nutzung der Medien benötigt jedoch den Einsatz von Fibre Channel. Daher werden in den folgenden Abschnitten, die die wesentlichen Hard- und Softwarebausteine von Storage Area Networks zum Inhalt haben, zwar hin und wieder noch einige Sätze zur Integration klassischer Peripherie-Protokolle und Controller fallen, der Schwerpunkt wird jedoch eindeutig auf Fibre Channel gelegt. Abschließend zur Darstellung der für die Anwendung entwickelten SAN-Topologien sei eine Topologie eines tatsächlich hochverfügbaren SANs vorgestellt, der neben der höchstverfügbaren Verbindungs-

3 SAN Connectivity-Topologien

Topologie – der Distanz-Topologie – auch die wesentlichen Bausteine des SANs – Server und Storage Devices – an beiden Lokationen redundant hält, sodass tatsächlich sämtliche Single Points of Failure ausgeschlossen werden können, sogar der Ausfall eines gesamten Rechenzentrums. Diese SAN-Topologie ist es, deren Bausteine für den Rest des Buches zusammengetragen und dargestellt werden.

In dieser Topologie sind zwei identisch ausgestattete Rechenzentren über langwellige Glasfaser in einer Campus-Distanz-Topologie zusammengeschlossen. Ein Server sowie ein Failover-Server sind jeweils über Dual-Pathing mit einem Storage Array angeschlossen. Das Remote Storage Array ist eine identische Kopie des Local Storage Arrays, d.h. die Platten des lokalen Storage Arrays werden auf dem Remote Storage Array gespiegelt. Auch der Switch kann noch redundant gedacht werden, sodass jede Komponente, sogar komplette Server, ausfallen können – sie haben zumindest einen redundanten Partner, der ihre Funktionen übernehmen kann. Aufbau und Funktion solcher SANs werden im folgenden Abschnitt erläutert.