

# LANCOM Techpaper

## Designguide für hierarchische Switchnetzwerke mit Redundanz

Die fortschreitende Digitalisierung aller Lebens- und Arbeitsbereiche bringt eine zunehmende Vernetzung verschiedenster Arbeitsgeräte mit sich. Damit einher geht eine intelligente und sichere Vernetzung dieser Clients für einen zuverlässigen Austausch von Daten. Es bedarf einer effizienten Logistik der Daten vom Ort ihrer Entstehung bis zu einem entfernten Punkt der Datennutzung. Dies kann am gleichen Unternehmensstandort oder in einer entfernten Niederlassung sein, je nachdem wo die entsprechenden Datenpakete für eine Weiterverarbeitung benötigt werden. Das Thema Ausfallsicherheit des Switch-Netzwerkes ist dabei die wichtigste Planungskomponente und sollte bereits vor Anschaffung der Hardware gut durchdacht sein. Denn Störungen durch Fehlkonfigurationen von Switches, die nicht zuletzt Schlüsselkomponenten im Netzwerk sind, führen meist zu einem Ausfall eines Teils oder gar des ganzen Netzwerkes. In der Folge können Produktionsstillstände sowie Ausfälle der gesamten Kommunikationsinfrastruktur für immense Folgekosten sorgen.

Eine gut geplante redundante Verschaltung der Switches über das gesamte Netzwerk hinweg minimiert erwähnte Ausfallrisiken und erhöht die Verfügbarkeit im Netzwerk. So führt bspw. eine doppelte Anbindung der jeweiligen Access Switches über Link-Aggregation-Gruppen (LAG) an zwei unterschiedliche Switches im Aggregation Layer zu einer sehr hohen Ausfallsicherheit (HA – High Availability) und einem quasi unterbrechungsfreien Netzwerkbetrieb. Entscheidend ist hierbei, dass Loop-Prevention-Mechanismen die Schleifenbildung vermeiden und so das recht ineffektive Spanning-Tree-Protokoll durch

eine bessere Lösung ersetzt wird, nämlich Redundanz durch Stacking.

Dieser Design Guide zeigt anhand von Netzwerkbeispielen auf, wie ein gut geplantes redundantes Netzwerk aussehen könnte. Er richtet sich damit sowohl an IT-Entscheider und Netzwerktechniker mit fundiertem Vorwissen und kann als Empfehlung für die Praxis verstanden werden. Für eine ausführliche Erläuterung der in diesem Techpaper verwendeten technischen Begriffe sei daher auf das Techpaper [LANCOM Failsafe Stacking](#) verwiesen.

### TECHPAPER AUF EINEN BLICK

- > Beispielszenarien für LANCOM XS-5110F für kleinere, verteilte Netzwerke
- > Beispielszenarien für LANCOM XS-5116QF für mittelgroße, verteilte Netzwerke
- > Beispielszenarien für LANCOM XS-6128QF für hohe Leistungsansprüche in großen verteilten Netzwerken
- > Realisierungsleitfaden:
  - > Stacking in Verbindung mit Link Aggregation-Gruppen
  - > Mixed-Stacks zwischen LANCOM XS-51xx- und GS-45xxer-Serie
  - > Spanning Tree- und Loop-Protection-Protocol
  - > Redundante Anbindung von Endgeräten – Empfehlung nur per LACP

Die nachfolgend dargestellten, typischen Einsatzszenarien und Netzwerktopologien für kleine, mittlere und große lokale Netzwerke sind Musterdesigns und können einfach an die jeweiligen Kundenszenarien angepasst werden. Es wird dabei ein direkter Bezug zu den LANCOM Managed

10G Fiber Aggregation Switches LANCOM XS-5110F, LANCOM XS-5116QF und LANCOM XS-6128QF in Verbindung mit den Switches der LANCOM Access Switch-Familie aufgezeigt. Diese Betrachtung kann niemals einen Anspruch auf Vollständigkeit erheben. Zumal jeder Kunde und jedes tatsächliche Szenario gemäß dem zu bedienenden Umfeld und Geschäftsmodell sowie den bauseitigen Gegebenheiten seine eigenen Herausforderungen mit sich bringt.

Für die Einrichtung eines Switch-Stacks, wie er im Folgenden öfter vorkommt, sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass zwingend die lokale Konfiguration über CLI oder WebGUI nötig ist. Nachdem der Stack so eingerichtet ist, empfiehlt sich neben der Web-Konfiguration der Geräte insbesondere die LANCOM Management Cloud zur übersichtlichen Verwaltung des Switch-Verbundes.

## LANCOM XS-5110F für kleinere, verteilte Netzwerke

### LANCOM XS-5110F

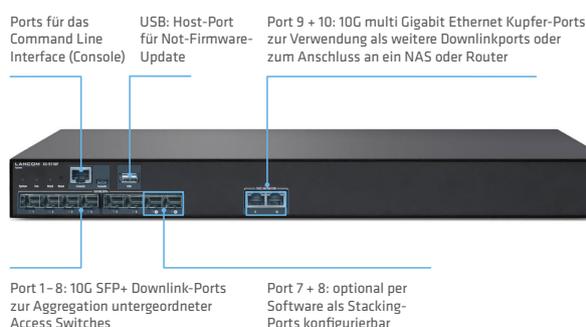


Abb. 1: Port-Konfiguration des LANCOM XS-5110F

Bei dem LANCOM XS-5110F handelt es sich um das LANCOM Einsteiger-Modell der Aggregation Switches für kleine Szenarien. Mit acht freien 10G-SFP+-Downlink-Ports ist ein direkter Anschluss von bis zu acht Access Switches möglich. Weiterhin ermöglichen zwei 10G-Kupfer-Ports (Ports 9 und 10) für Downlink- oder Uplink-Zwecke den Anschluss an ein Gateway oder eine Firewall (z. B.

LANCOM ISG-Serie oder LANCOM UF-Serie) und/oder an einen Server bzw. an einen Datenspeicher (NAS – Network Attached Storage oder ein entsprechendes Speichersystem (SAN – Storage Area Network).

## Empfehlung für den Stackaufbau und hieraus resultierende maximale Netzwerkgröße mit dem LANCOM XS-5110F

Wie schon im Techpaper [LANCOM Failsafe Stacking](#) herausgestellt, empfiehlt LANCOM grundsätzlich nur die Ring-Topologie beim Stacking. Dies bedeutet beim vorliegenden LANCOM XS-5110F, dass jeweils zwei SFP+-Ports zum Stacking verwendet und daher nur noch je sechs SFP+-Ports für weitere Anschlüsse zur Verfügung stehen (siehe Abbildung 4).

Somit sind in einem Stack von maximal acht LANCOM XS-5110F bis zu 48 SFP+-Ports verfügbar (siehe Abbildung 3 und 4).

Da in High-Density-Umgebungen die Access Switches jeweils redundant angebunden werden sollten, bleiben somit 24 Access Switches zur weiteren Vernetzung von Endgeräten übrig. Die nachfolgende Rechnung verdeutlicht dies nochmals im Detail.

Berechnungsgrundlage für ein redundantes Szenario mit Stack in Ring-Topologie (LANCOM XS-5110F)

<b><math>n * m/2 =</math> Anzahl möglicher Access Switches</b>	
<b>n</b>	Anzahl der Aggregation Switches (min. 2 - max. 8)
<b>m</b>	Downlink-Ports (max. 6)
<b>/2</b>	Redundanter Anschluss eines Access Switches an zwei Aggregation Switches
<b><math>8 * 6/2 = 24</math> (max.)</b>	

## XS-5110F STACKING-SZENARIO ALLGEMEIN

### Router / Storage

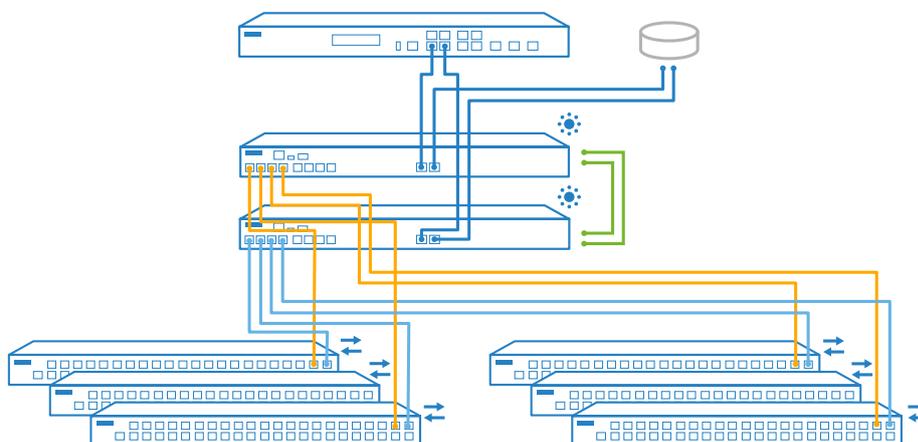
ISG

### Aggregation

XS-5110F

### Access

GS-3152XP



Beim **Ring Topologie-Stacking** werden die Ports 7 und 8 zu Stacking-Ports umkonfiguriert. Daher Anschluss von **max. 6 Access Switches je Aggregation Switch**

Core-Switches  
Aggregation-Switches  
Access-Switches

10G Uplink zu Router / Storage  
10G Stackingverbindung  
10G Downlinkverbindung

Abb. 2: Allgemeines Szenario mit Ring-Topologie, selbst bei lediglich zwei gestackten Switches

## XS-5110F TWO-TIER SMALL AND MEDIUM ENTERPRISE-SZENARIO (BIS ZU 8 SWITCHES IM STACK)

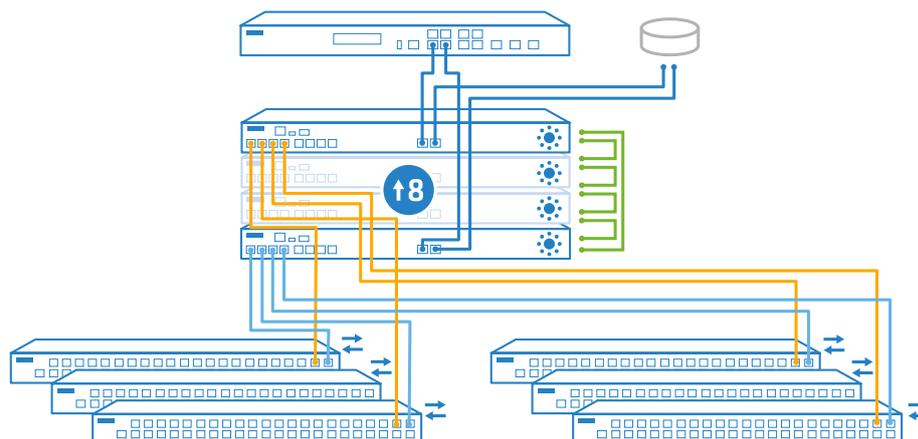
### Router / Storage

### Aggregation

XS-5110F

### Access

GS-3152XP



Core-Switches  
Aggregation-Switches  
Access-Switches

10G Uplink zu Router / Storage  
10G Stackingverbindung  
10G Downlinkverbindung

Abb. 3: Bis zu acht LANCOM XS-5110F im Stack zur Redundanzhöhung

## LANCOM XS-5116QF für mittelgroße, verteilte Netzwerke



Abb. 4: Detailansicht mit bis zu acht LANCOM XS-5110F in Ring-Topologie-Stacking

### LANCOM XS-5116QF

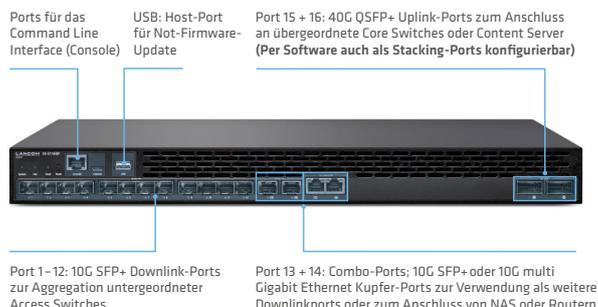


Abb. 5: Port-Konfiguration des LANCOM XS-5116QF

Der LANCOM XS-5116QF erweist sich als perfekte Lösung für die Aggregations-Ebene zum Aufbau mittelgroßer Szenarien. Das Modell besitzt neben zwölf 10G-SFP+-Ports zur Aggregation ebenso vieler untergeordneter Access

## XS-5116QF TWO-TIER MID-SIZED ENTERPRISE SCENARIO (MIT BIS ZU 8 SWITCHES IM STACK)

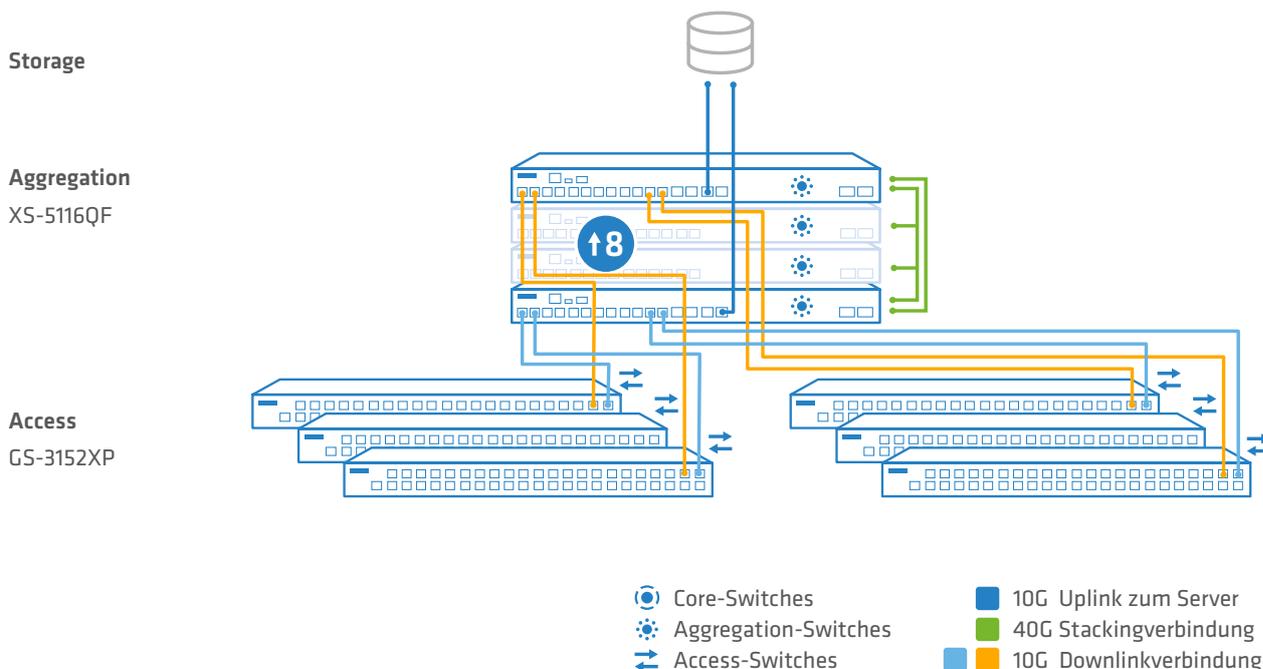


Abb. 6: Szenario zur Redundanzsteigerung mit bis zu acht LANCOM XS-5116QF im Stack

Switches zwei weitere Combo-Ports, die entweder als zusätzliche Downlink-Ports die Anzahl aggregierter Access Switches auf bis zu 14 vergrößern oder zum Uplink in Richtung WAN bzw. zum Anschluss von Storage dienen können. Die beiden 40G-QSFP+-Ports 15 und 16 dienen entweder einem sehr breitbandigen Uplink zum Core oder einer Server-Aggregations-Ebene, können aber auch softwareseitig zu Stacking-Ports umkonfiguriert werden.

### Empfehlung für den Stackaufbau und hieraus resultierende maximale Netzwerkgröße mit dem LANCOM 5116QF

Im direkten Vergleich zum kleineren Modell LANCOM XS-5110F fällt auf, dass der LANCOM XS-5116QF QSFP+-Ports für die Stacking-Funktion mitbringt. Somit bleibt die Anzahl der als Downlink-Ports klassifizierten SFP+-Ports bei Nutzung der Stacking-Funktion des Switches gleich. Wird nun davon ausgegangen, dass die beiden 10G-Combo-Ports an zwei Stack-Units für die Anbindung an einen übergeordneten Router ausreichend sind, bleiben also mehr als doppelt so viele SFP+-Ports für die Anbindung von Access-Switches im Vergleich zum LANCOM XS-5110F übrig.

Um erneut der Redundanz Sorge zu tragen, teilen wir die resultierenden 14 Ports wieder durch 2 und erhalten also sieben mögliche Access Switches an einer Stack-Unit. Bei maximal acht Geräten im Stack (siehe Abbildung 6 und 7) ergibt sich eine Anzahl von 52 möglichen Access Switches.

Berechnungsgrundlage für ein redundantes Szenario mit Stack in Ring-Topologie (LANCOM XS-5116QF)

$n * m/2 - 2 * 2 = \text{Anzahl möglicher Access Switches}$

**n** Anzahl der Aggregation Switches (min. 2 - max. 8)

**m** Downlink-Ports (14 x SFP+)

**/2** Redundanter Anschluss eines Access Switches an zwei Aggregation Switches

**2\*2** 10G-Ports (zum Anschluss von Storage und Router)

**8 \* 14/2 - 4 = 52 (max.)**



Abb. 7: Detailansicht mit bis zu acht LANCOM XS-5116QF in Ring-Topologie-Stacking

### LANCOM XS-6128QF – für große, verteilte Netzwerke

Das Designkonzept vom LANCOM XS-6128QF sieht eine sehr geringe TCO vor, da alle Ports nativ vorhanden sind, was einen kostspieligen modularen Aufbau, wie er bei vergleichbaren Wettbewerbsmodellen meist verfolgt wird, erspart. Das Modell ermöglicht also ab Werk maximale Port-Optionen durch Combo-Down- (Kupfer/Fiber) und Combo-Uplink (25G/40G)-Ports und erfüllt damit hohe Leistungsansprüche. Alle Ports sind Industrie-Standard-Ports, selbst für das Stacking, weshalb auch keine kostspieligen proprietären Kabel erforderlich sind. Obwohl die SFP-Ports kein Vendorlock aufweisen, empfiehlt LANCOM das getestete und insbesondere auf die Switches optimierte eigene Transceiver- und DAC-Produkt-Portfolio zu verwenden, da nur damit ein sicherer Betrieb garantiert ist. Der LANCOM XS-6128QF besitzt 24 SFP+-Ports, vier SFP28 25G-Ports, zwei QSFP+ 40G-Ports und vier dedizierte rückseitige SFP-DD-50G-Stacking-Ports, in die auch 25G-Optiktransceiver passen. So besteht beispielsweise auch die Möglichkeit, SFP+-Module in den 4x 25G SFP28-Ports für bis zu vier weitere SFP+-Ports zu verwenden. Auch

dezentrales Stacking über Standard-25G-Short- und Long Range-Module ist mit diesem Modell umsetzbar. Dadurch ist der LANCOM XS-6128QF in der Lage, als leistungsstarke, netzwerktechnische Grundlage sehr anspruchsvoller Netzwerke zu fungieren.

### LANCOM XS-6128QF

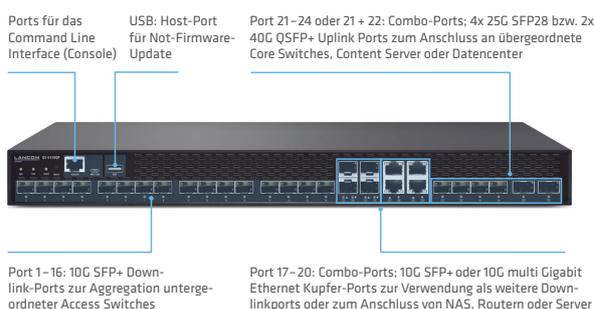


Abb. 8: Port-Konfiguration des LANCOM XS-6128QF

### LANCOM XS-6128QF



Abb. 9: Stacking-Ports-Konfiguration auf der Rückseite des LANCOM XS-6128QF (4 x 50G)

## Empfehlung für den Stackaufbau und hieraus resultierende maximale Netzwerkgröße mit dem LANCOM XS-6128QF

Der LANCOM XS-6128QF zeichnet sich dadurch aus, dass er neben seinen durchsatzstarken Uplink-Ports zusätzlich über vier dedizierte 50G-Stacking-Ports verfügt. Somit ist selbst im gestackten Zustand der Uplink mit hoher Bandbreite zu einem darüber liegenden Core wie auch die Anbindung mit bis zu 100G an ein Datacenter oder Storage möglich. Mit diesem Aggregation Switch-Modell können

also höchste Anforderungen und Portkapazitäten für Enterprise-Netzwerke bedient werden.

Betrachtet man die Portkonfiguration, so ist es aufgrund der Anzahl von 20 freien Downlink-Ports möglich, bis zu zehn Access Switches redundant an einem Aggregation Switches zu betreiben. Rein rechnerisch ergibt sich somit im möglichen Achter-Stack (siehe Abbildung 10 und 12) eine theoretische Anschlusskapazität von 80 Access Switches.

#### Berechnungsgrundlage für ein redundantes Szenario mit Stack in Ring-Topologie (LANCOM XS-6128QF)

$n * m/2 = \text{Anzahl möglicher Access Switches}$

**n** Anzahl der Aggregation Switches (max. 8)

**m** Downlink-Ports (max. 20)

**/2** Redundanter Anschluss eines Access Switches an zwei Aggregation Switches

$8 * 20/2 = 80 \text{ (max.)}$

Um die Leistungsfähigkeit der zuvor aufgeführten Berechnung etwas anschaulicher zu machen, wird der beschriebene Aufbau auf ein markantes Bürogebäude, wie sie bspw. die eindrucksvolle Frankfurter Skyline bietet, bezogen. So bietet das zweitgrößte Gebäude der Mainmetropole fast 3.000 Menschen, die auf 56 Stockwerken verteilt sind, eine Arbeitsumgebung. Zum Einsatz kommt also ein Aggregation Switch-Stack bestehend aus acht XS-6128QF, mit Anbindung an mindestens ein Rechenzentrum oder einen Core Switch sowie dem LANCOM GS-4554XP als verbundenen Access Switch. Ein Access Switch der GS-45xxer-Serie ist in diesem Enterpriseklassen-Szenario bewusst gewählt, da er mit einer [Limited Lifetime Warranty](#) ausgestattet ist, die hier oftmals vorausgesetzt wird. Zusätzlich bietet die GS-45xxer-Serie mit zwei Netzteilen im Redundanzbetrieb und zusätzlich N+1 Lüfterredundanz die ideale Grundlage für ein ausfallsicheres Netzwerk dieser Größenordnung.

Am 8er-Cluster stehen also insgesamt 160 SFP+-Downlink-Ports zur Verfügung, die über die angesprochenen 80

## XS-6128QF THREE-TIER LARGE ENTERPRISE-SZENARIO (BIS ZU 8 SWITCHES IM STACK)

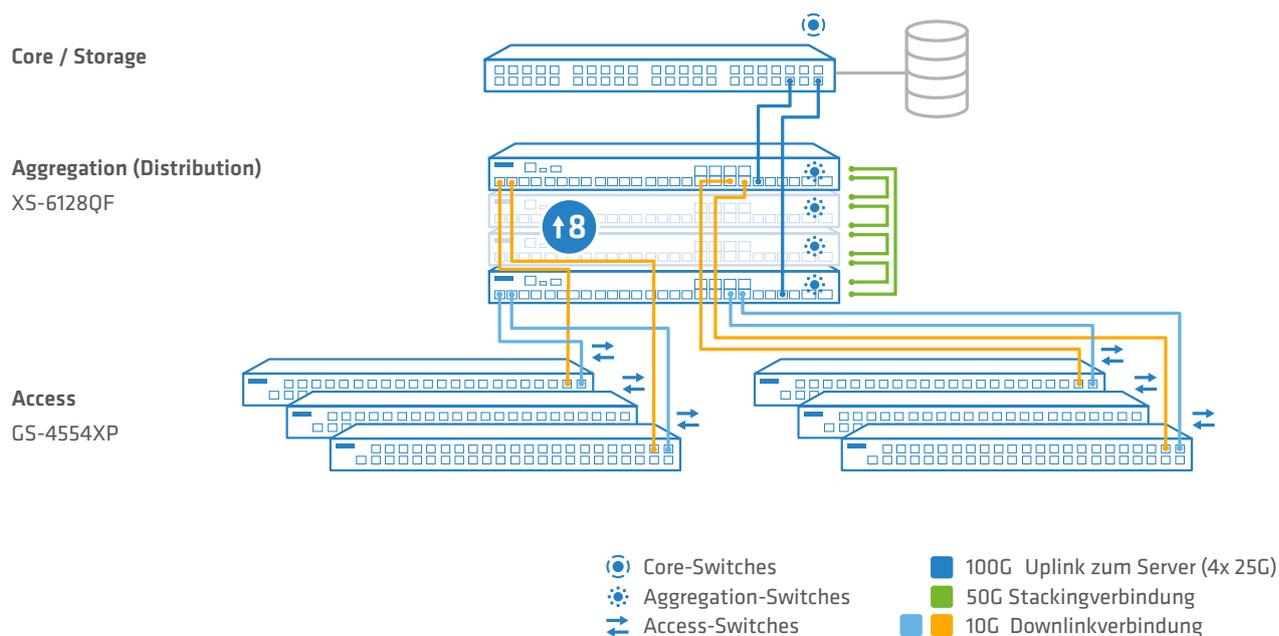


Abb. 10: Three-Tier-Szenario zur Redundanzhöhung mit bis zu acht LANCOM XS-6128QF im Stack

LANCOM GS-4554XP redundant angebunden werden können. Jeder Access Switch stellt dabei max. 48 Client-Ports zur Verfügung. Das bedeutet: In diesem Netzwerk können bis zu max. 80 Access Switches des zuvor erwähnten Modells mit jeweils 48 Downlink-Ports betrieben, also bis zu 3.840 Clients angeschlossen werden. Über die zuvor beschriebenen Uplink-Ports an diesen Aggregation Switches findet die Anbindung an die übergeordnete Core-Ebene statt. Die rückseitig angebrachten 4x 50G SFP-DD Stacking-Ports liefern 200 GBit/s Port-Kapazität. Das entspricht exakt der 20x SFP+ Downlink-Ports (non-blocking). Im Full-Duplex-Betrieb bedeutet das eine Stacking-Kapazität von 400 GBit/s.

Verdeutlichende Berechnung
$8 * XS-6128QF * 20 \text{ Downlink-Ports} = 160 \text{ Downlink-Ports}$
$160 \text{ Downlink-Ports} / 2 \text{ (redundanter Betrieb)} = 80 \text{ Access Switches}$
$80 \text{ mögliche Access Switches (hier jeweils 48 Downlink-Ports)}$ $= 80 \text{ Access Switches} * 48 \text{ Downlink-Ports} = \mathbf{3.840 \text{ Ports}}$

Das im Beispiel des Bürogebäudes benötigte Three-Tier-Szenario (Core – Aggregation – Access) wäre ab der Aggregations-Ebene (Ebene zur Verteilung im Gebäude) also exzellent mit dem LANCOM XS-6128QF und dem nachfolgend beschriebenen Systemaufbau (siehe Szenario in Abbildung 10) netzwerkseitig zu realisieren.

## XS-6128QF TWO-TIER LARGE ENTERPRISE-SZENARIO (BIS ZU 8 SWITCHES IM STACK)

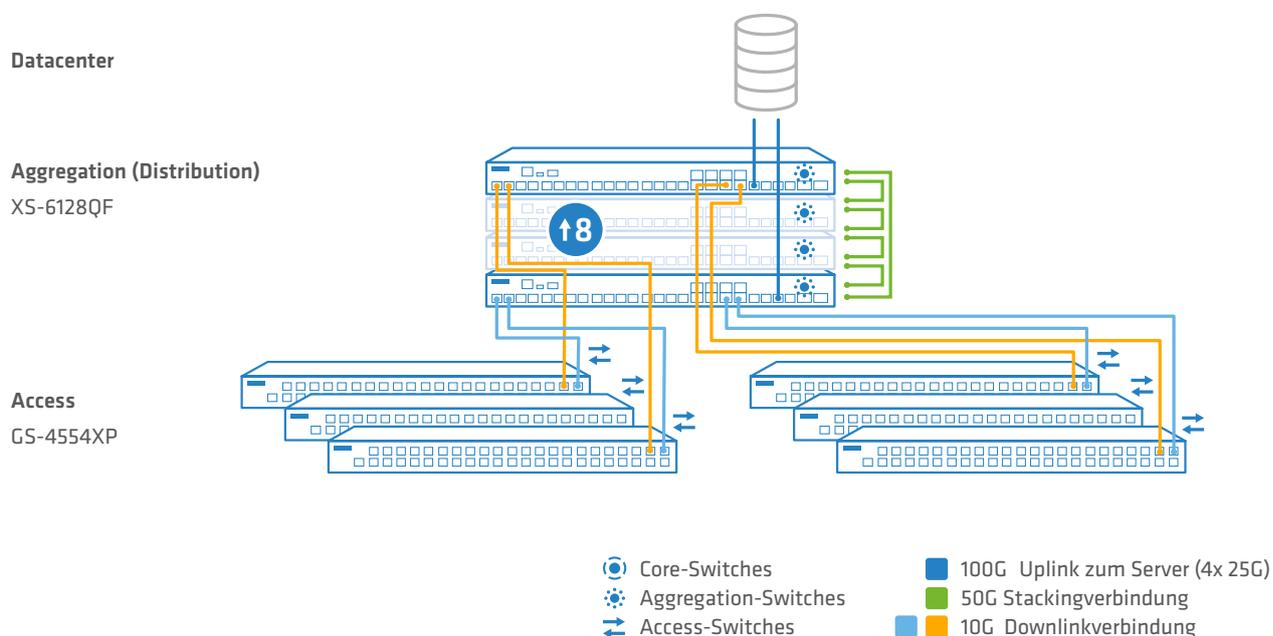


Abb. 11: Collapsed Core-Szenario und Uplink zum Datacenter mit dem LANCOM XS-6128QF



Abb. 12: Detailsicht mit bis zu acht LANCOM XS-6128QF in Ring-Topologie-Stacking

Auch bei geringeren Anforderungen an das Netzwerk, die nicht zwingend einen Core-Switch, also ein Three-Tier-Design benötigen, ist der LANCOM XS-6128QF als sogenannter Collapsed Core in einem Two-Tier-Ansatz eine sehr gute Wahl (siehe Abbildung 11).

Oberhalb des LANCOM XS-6128QF existiert in diesem Beispiel des Frankfurter Bürogebäudes nur noch das Datacenter oder ein Videocontent-System, wie es auch in Schulen oft vorkommt. Insgesamt ist dieses Szenario auch auf Bildungseinrichtungen übertragbar und für diese typisch. Im Redundanzfall, bei dem jeder Access Switch über zwei 10G Ports mit der Aggregations-Ebene angeschlossen ist, sind so bei Verwendung der für den Uplink im Stack nicht genutzten 25G-Ports Netzwerke mit bis zu  $184 \times 48 / 2$  also 4.416 Ports möglich. Um letzteres zu realisieren, wird einfach in den freien SPF28 25G-Ports jeweils ein SFP+-10G-Transceiver verwendet. Das ist möglich, da der Optik Standard SFP28 auch abwärtskompatibel zu 10G ist.

## Realisierungsleitfaden für oben genannte Szenarien

Nachdem nun zu jedem LANCOM Aggregation Switch ein oder mehrere Praxiszenarien aufgezeigt wurden, werden im Folgenden die bereits genannten und für die Realisierung notwendigen Switch-Protokolle technisch näher beleuchtet. Auch die Begriffe LAG und LACP spielen dabei eine zentrale Rolle und werden im Folgenden erläutert.

### Exkurs: Unterschied LAG zu LACP

Die Technologie zur Realisierung von Link-Bündelung und Lastausgleich wurde LAG (Link-Aggregation-Group) getauft und kommt erst einmal ohne ein im Standard definiertes Protokoll aus. Eine LAG kann ganz einfach als Zusammenfassung von mehreren physikalischen Verbindungen zwischen Netzwerkgeräten zu einer einzigen logischen Verbindung verstanden werden.

LAG wird dank des Arbeitsprozesses auch als manueller oder besser statischer Modus verstanden, da Benutzer manuell einen Port-Kanal erstellen und diesem Port-Kanal Mitgliedsschnittstellen hinzufügen müssen. Nachdem so voneinander abhängige Gruppen-Links eingerichtet sind, werden alle Links aktiv und leiten Datenpakete weiter. Sobald ein aktiver Link ausfällt, verbleiben alle weiteren Links der eingerichteten Gruppe aktiv und teilen sich die Last des Datenverkehrs entsprechend untereinander auf.

Der Modus ist in der Lage, Verbindungsabbrüche seiner Mitglieds-Links zu erkennen, nicht aber andere Fehler wie falsche Link-Verbindungen oder Link-Layer-Fehler.

LACP ist dagegen Teil des weltweit definierten Standards IEEE 802.3ad (Link-Aggregation) und damit ein Protokoll zur automatischen Konfiguration und Wartung von LAG. LACP bietet dabei über LACPDUs (LACP-Datenpakete, Anfrage-Reaktionsprinzip) einen automatisiert ablaufenden Aushandlungsmechanismus zwischen zwei oder mehreren eingerichteten Netzwerkgeräten, so dass ein logisch zusammengefasster Link entsprechend seiner Konfiguration automatisch gebildet und gestartet werden kann. Zusätzlich ist LACP auch für die Aufrechterhaltung des Link-Status verantwortlich und tauscht über die genannten Datenpakete ständig Informationen aus. Es kann damit also dynamisch auf Netzwerkänderungen reagieren, ohne dass eine Neukonfiguration notwendig wäre (siehe Abbildung 13 und 14).

Eine LAG-Konfiguration ist bei der XS-Serie ab Firmware LCOS SX 5.20 REL und für die beiden weiteren Switch-Serien bereits seit Längerem auch direkt über die Geräte-Detailansicht der LANCOM Management Cloud (LMC) möglich. Dabei wird einfach im Portdiagramm auf einen Port geklickt und eine LAG zugewiesen, und zwar für alle Ports, die man der gemeinsamen Gruppe zuweisen möchte (siehe Abbildung 15).

The screenshot shows the LANCOM Management Cloud interface for a LAG configuration. The main table displays the following data:

Name	Type	Admin Mode	STP Mode	Link State	Link Trap	Local Preference Mode	Members	Active Ports	Load Balance
ch1	Dynamic	Enable	Enable	Up	Disable	Disable	1/0/1, 1/0/2	1/0/1, 1/0/2	Source/Destination MAC, VLAN, EtherType, Incoming Port
ch2	Dynamic	Enable	Enable	Up	Disable	Disable	1/0/5, 1/0/6	1/0/5, 1/0/6	Source/Destination MAC, VLAN, EtherType, Incoming Port
ch3	Static	Disable	Enable	Down	Disable	Disable			Source/Destination MAC, VLAN, EtherType, Incoming Port
ch4	Static	Disable	Enable	Down	Disable	Disable			Source/Destination MAC, VLAN, EtherType, Incoming Port
ch5	Static	Disable	Enable	Down	Disable	Disable			Source/Destination MAC, VLAN, EtherType, Incoming Port
ch6	Static	Disable	Enable	Down	Disable	Disable			Source/Destination MAC, VLAN, EtherType, Incoming Port
ch7	Static	Disable	Enable	Down	Disable	Disable			Source/Destination MAC, VLAN, EtherType, Incoming Port
ch8	Static	Disable	Enable	Down	Disable	Disable			Source/Destination MAC, VLAN, EtherType, Incoming Port
ch9	Static	Disable	Enable	Down	Disable	Disable			Source/Destination MAC, VLAN, EtherType, Incoming Port
ch10	Static	Disable	Enable	Down	Disable	Disable			Source/Destination MAC, VLAN, EtherType, Incoming Port

Abb. 13: LAG-Konfiguration XS-Serie

## Stacking in Verbindung mit Link Aggregation-Gruppen

LAG ist neben dem internen Stackingprotokoll, welches im Techpaper [LANCOM Failsafe Stacking](#) ausführlich erklärt ist, das wichtigste Werkzeug, wenn es um Redundanz und Lastverteilung geht. Wie oben in allen Szenarien zu sehen, sollten Access Switches daher immer mit zwei physikalischen Verbindungen zu zwei verschiedenen Stack-Units der Aggregations-Ebene verbunden werden. Neben der Redundanz durch zwei unabhängige physikalische Verbindungen schafft das zur LAG zugehörige Protokoll LACP (IEEE 802.3ad) also auch eine Lastverteilung auf die Anzahl eingerichteter Verbindungen und erkennt selbstständig ohne erkennbaren Datenverlust über so genannte LACPDUs, wenn ein Link ausfällt oder wieder hinzukommt. Gerade letzteres ist ein massiver Vorteil gegenüber dem STP – Spanning Tree Protocol, welches bei zwei physikalischen Verbindungen immer nur eine nutzt und die andere ausschließlich für den Redundanzfall, also Fehlerfall vorsieht. Beim STP werden dabei je nach genutzter Version Ausfälle von bis zu 30 Sekunden hervorgerufen (Weitere Informationen sind nachfolgend im Kapitel „STP“ zu finden).

Der Vollständigkeit halber sei darauf hingewiesen, dass LANCOM Switches eine LAG aus bis zu acht Verbindungen unterstützen, für obige Szenarien aber selten mehr als zwei Verbindungen notwendig sind. Das liegt schlicht daran, dass zwischen Access- und Aggregation-Ebene ausschließlich 10G-Verbindungen vorgesehen sind. Die durch LACP resultierenden 2x10G = 20G als Uplink vom Access Switch reichen in der Regel vollkommen aus und bilden keinen netzwerktechnischen Flaschenhals, da davon ausgegangen werden kann, dass bei 48 1G Access-Ports nur selten Endgeräte die vollen 1G anfordern. Es werden schlicht auch Drucker, IP-Telefone und weitere eher weniger datenintensive Endgeräte verbunden. Abschließend noch der Hinweis, dass LAGs sowohl auf den Access wie auf den entgegennehmenden Aggregation Switches konfiguriert werden müssen. In den Screenshots der Abbildungen 13 und 15 werden die einzelnen WebGUI-Menüs zur Einrichtung von LAGs gezeigt, wobei an dieser Stelle

darauf hingewiesen wird, dass eine analoge Konfiguration auch über die CLI oder besonders empfehlenswert über die LANCOM Management Cloud (LMC) möglich ist.

## Mixed-Stacks zwischen XS- und GS-45xxer-Serie

Nachdem Netzwerkredundanz über LACP nun verstanden sein sollte, geht es im Folgenden um eine LANCOM Besonderheit für Netze die bspw. nur über einen Standort verfügen, dort aber einen Port-Mix aus Glasfaser- und CAT-Kabeln aufweisen. Hier bietet ein gemischter Stack aus Switches der XS-51er-Familie und GS-45xxer-Familie eine ideale Basis. Bevor hier auf Details eingegangen wird, sollte man sich für dieses Beispiel von der Netzwerkebenen-Bezeichnung Aggregation/Access Switch lösen. Die XS-51er-Switches werden für das bessere Verständnis nun einfach als Fiber-Switch angesehen (da die Mehrzahl der Ports nun mal SFP+-Ports sind), die GS-45xxer als entsprechender Kupfer/Copper-Switch inklusive der Möglichkeit, Endgeräte per PoE zu versorgen. Die Switches sind also technisch gleichwertig und es gibt keinen Grund, die XS-Serie als höherwertiger anzusehen. Möglich werden diese gemischten Stacks deshalb, da sich GS-45xxer- und XS-51er-Switches die gleiche Switch-MAC-Familie sowie daraus resultierend die gleiche Firmware-Version teilen. Wichtig für die Erstellung des Stacks ist lediglich, dass die korrekten Stackinginterfaces ausgewählt und konfiguriert werden. So lassen sich LANCOM GS-45xxer nur über die beiden SFP+-Ports mit dem LANCOM XS-5110F stacken und der LANCOM XS-5116QF nur über die beiden QSFP+-Ports zu einem Stack zusammenfassen. Siehe auch Abbildung 14.

	XS-5110F	XS-5116QF	XS-6128QF	GS-45xx-Serie
XS-5110F	✓ per SFP+-Ports	–	–	✓ per SFP+-Ports
XS-5116QF	–	✓ per QSFP+-Ports	–	✓ per QSFP+-Ports
XS-6128QF	–	–	✓ per SFP-DD-Ports	–
GS-45xx-Serie	✓ per SFP+-Ports	✓ per QSFP+-Ports	–	✓ QSFP+- oder SFP+-Ports

Abb. 14: Stacking-Matrix

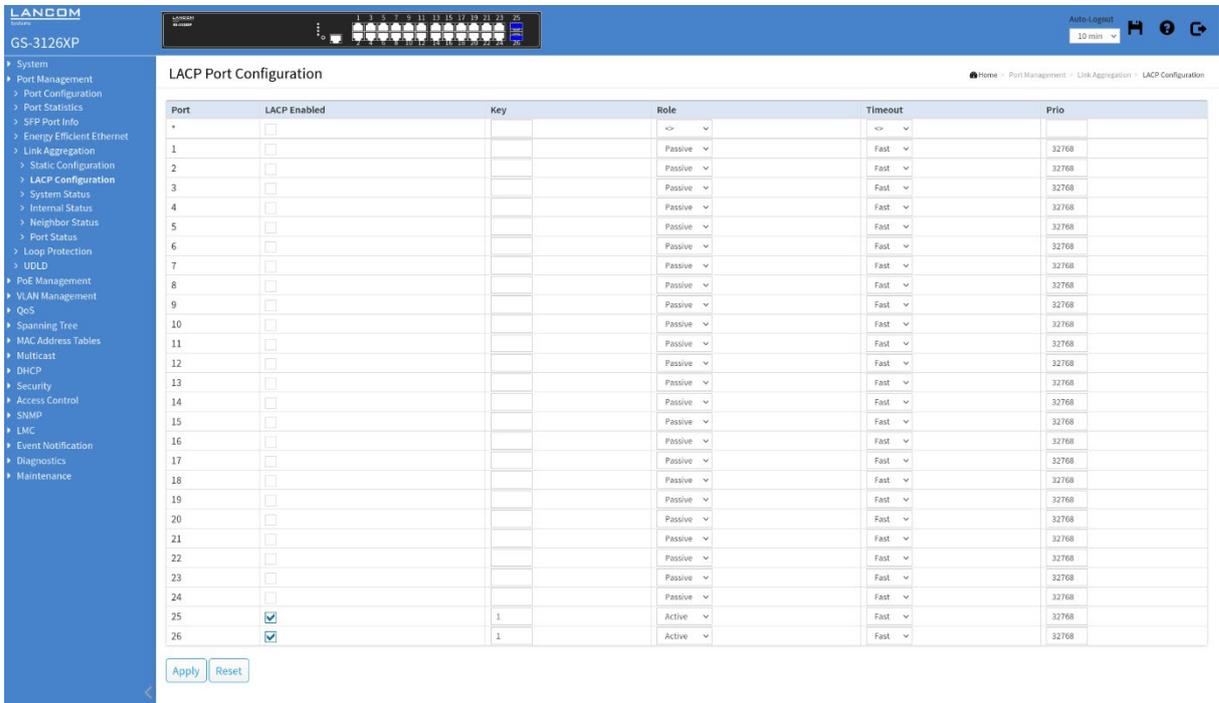


Abb. 15: Konfiguration LANCOM GS-31/35-Serie

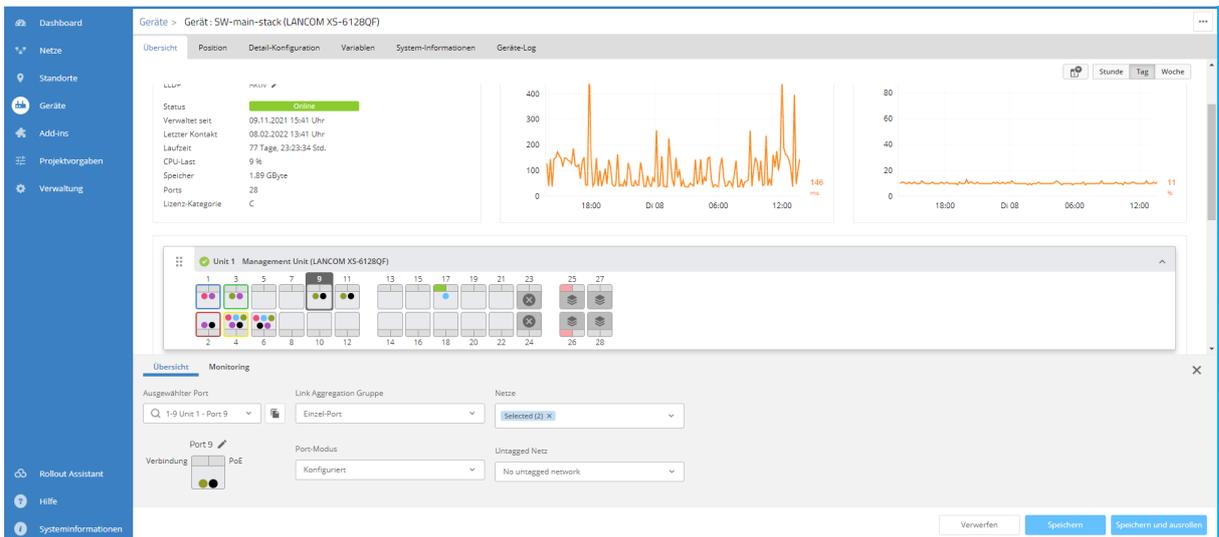


Abb. 16: LAG-Konfiguration über die LMC

```

User:admin
Password:*****
(GS-4530XP)>en

(GS-4530XP)#show switch

  Management  Standby  Preconfig  Plugged-in  Switch  Code
SW   Switch    Status   Model ID    Model ID   Status  Version
-----
1   Stack Mbr  Oper Stby GS-4530XP   GS-4530XP  OK      5.20.0054DBG
2   Mgmt Sw    Oper Stby XS-5116QF   XS-5116QF  OK      5.20.0054DBG
3   Stack Mbr  Oper Stby XS-5116QF   XS-5116QF  OK      5.20.0054DBG
4   Stack Mbr  Oper Stby GS-4530XP   GS-4530XP  OK      5.20.0054DBG
5   Stack Mbr  Oper Stby GS-4530XP   GS-4530XP  OK      5.20.0054DBG
6   Stack Mbr  Oper Stby GS-4530XP   GS-4530XP  OK      5.20.0054DBG
7   Stack Mbr  Oper Stby GS-4554XP   GS-4554XP  OK      5.20.0054DBG
8   Stack Mbr  Oper Stby GS-4554XP   GS-4554XP  OK      5.20.0054DBG

(GS-4530XP)#|

```

Abb. 17: Gemischter Stack in der CLI

Abbildung 17 zeigt ein Beispiel, wie ein solcher gemischter Stack in der CLI aussehen könnte.

### Spanning Tree Protocol (STP) und Loop-Protection-Protocol

Wie bereits bei den Szenarien erklärt, empfiehlt LANCOM bei gewünschter Verbindungs-Redundanz bevorzugt die Nutzung von LACP anstelle des Spanning Tree Protocols (STP). Sehr große, teilweise dezentrale Szenarien oder Szenarien mit vielen Access Switches geben dem Spanning Tree Protocol in Kombination mit dem Loop-Protection-Protocol allerdings immer noch eine Daseinsberechtigung. Auch bei baulichen Einschränkungen mit nur einer begrenzten Anzahl an möglichen Verbindungen erweist sich das STP als gute Alternative. Das Risiko von Schleifenbildung insbesondere im Client-Access Betrieb wird damit auf ein Minimum reduziert. Auf die technische Differenzierung der Spanning Tree-Standards MSTP (Multi-STP, IEEE 802.1s) und RSTP (Rapid-STP, IEEE 802.1w) wird hier nicht näher eingegangen und stattdessen auf die Fachliteratur verwiesen. LANCOM empfiehlt ausschließlich MSTP, da es die neueste und leistungsstärkste Variante von STP ist. Im Folgenden werden daher zwei typische Beispiele gezeigt, anhand derer der Sinn von MSTP deutlich wird.

### Szenario 1: MSTP bei dezentralen Standorten, Universitäts-campus

Projizieren wir obiges Szenario auf einen Uni-Campus, dann sind die beiden Stacks als zwei voneinander unabhängige Rechenzentren auf dem Stadtgebiet zu verstehen (siehe Abbildung 18). Dazwischen können also etliche Kilometer liegen, wobei die dargestellten Verbindungen als Single Mode Optiktrecken aufzufassen sind. Beide Rechenzentren sind zusätzlich an das Universitäts-Backbone angebunden, in dem auch das Gateway zum WAN liegt. Wird nun bei Straßenarbeiten oder sonstigen unvorhersehbaren Geschehnissen bspw. die Verbindung vom linken Stack zum WAN-Gateway unterbrochen, kann dieser immerhin noch über den rechten Stack ins WAN routen, ohne, dass der Standort komplett abgeschnitten wäre. Diese Art Redundanz wird mit Spanning Tree realisiert. Solange kein Fehlerfall vorliegt, ist also die mittlere Verbindung zwischen den Stacks nicht aktiv. In der Access-Ebene bleibt in dem Szenario weiterhin die Empfehlung, anstelle MSTP LACP zu verwenden.

Um nun der Vollständigkeit halber ein Beispiel von MSTP auch in der Access-Ebene anzubringen, sei auf das nächste Beispiel verwiesen:

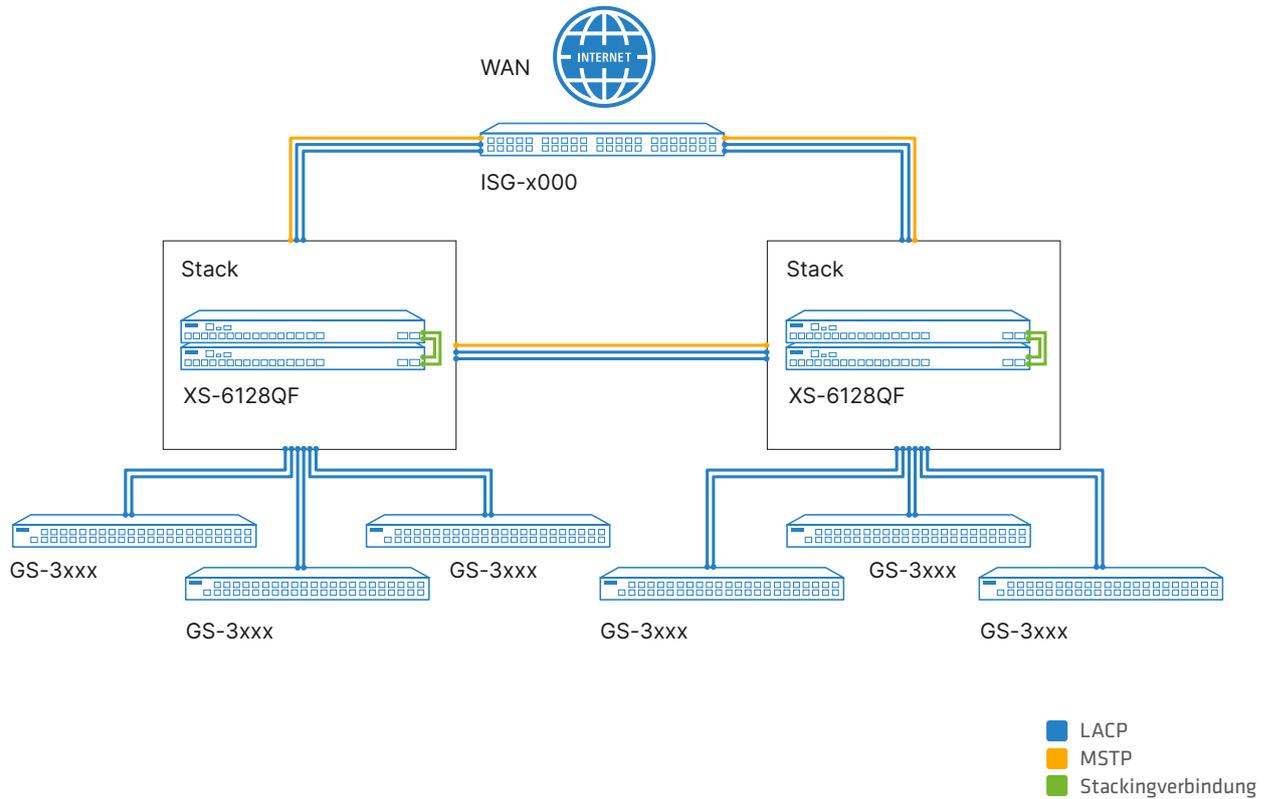


Abb. 18: MSTP bei dezentralen Standorten

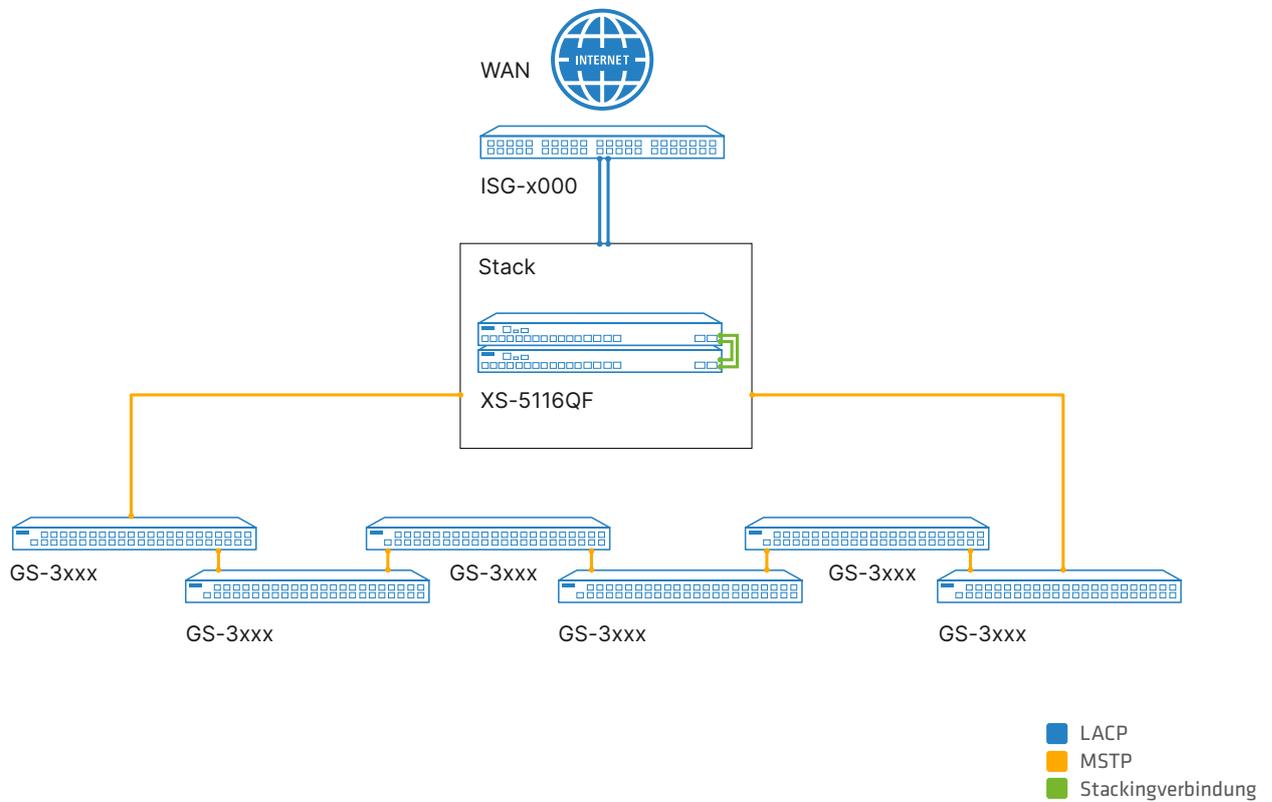


Abb. 19: MSTP bei vielen kaskadierten Access Switches

## Szenario 2: MSTP in der Access Ebene, bei vielen Access-Switches

Angenommen es muss bei begrenztem Budget eine große Anzahl an Access-Ports realisiert werden, dann wird der Rotstift nicht selten als erstes beim Stack von Aggregation Switches angesetzt, da die große Zahl an Access Switches ja nicht vermeidbar ist. Um nun nicht ganz auf Redundanz verzichten zu müssen, wird ein Ring gebaut, bei dem zwingend MSTP aktiviert werden muss. Natürlich ist es möglich, auch hier zusätzlich doppelte Verbindungen über LACP aufzubauen. Wichtig bei dem Szenario in Abbildung 19 ist, dass zusätzlich zu MSTP auf den Access Switches an allen Ports, also global, das Loop Protection Protocol aktiviert wird. Andernfalls ist das Risiko, dass jemand unbewusst einen Loop an einem Access Switch oder über mehrere Switches steckt, zu groß. Bei den Aggregation Switches ist dieses Risiko vergleichsweise klein und daher sollte Loop Protection nur an den Ports aktiviert werden, die eine Verbindung zur Access-Ebene haben. Abbildung 19 verdeutlicht dieses Szenario mit MSTP bei vielen Access Switches.

## Redundante Anbindung von Endgeräten an die Access-Ebene

Nachdem nun die verschiedenen Redundanzkonzepte innerhalb des Switch-Netzwerks bekannt sind, verbleibt als letzte Option, Endgeräte ebenfalls redundant anzubinden. Hier ist die LANCOM Empfehlung ganz klar ebenfalls LACP. Alternative Lösungen wie Microsoft Teaming bedeuten einerseits in der Praxis erheblich mehr Konfigurationsaufwand, andererseits zeigen diese NIC-Teaming-Lösungen auch Probleme durch MAC-Flapping sowie Paketverluste, da es keine einheitlichen Standards gibt.

## Fazit

Auch wenn die aufgezeigten Szenarien nicht den Anspruch haben, jedes in der Praxis vorkommende Netzwerkdesign abzubilden, geben die Beispiele dennoch einen guten Überblick über das, was mit LANCOM Switches möglich ist. Insbesondere die Möglichkeit gemischte Stacks aus Fiber und Copper Switches mit und ohne PoE aufzubauen, ist ein herausragendes Merkmal des LANCOM Portfolios. Die multifunktionalen Konfigurationsoptionen über die WebGUI, CLI und sogar der LANCOM Management Cloud sind ein weiteres Highlight für LANCOM Switches. An dieser Stelle sei zusätzlich noch einmal auf die weiteren Techpaper mit Switchbezug verwiesen, die noch tiefere Einblicke in Konfigurationen geben:

- Techpaper [Hierarchische Switch-Infrastrukturen](#)
- Techpaper [Konfigurationsoptionen LANCOM XS-6128QF](#)
- Techpaper [Failsafe Stacking bei der XS-Familie](#)