

Quellen:

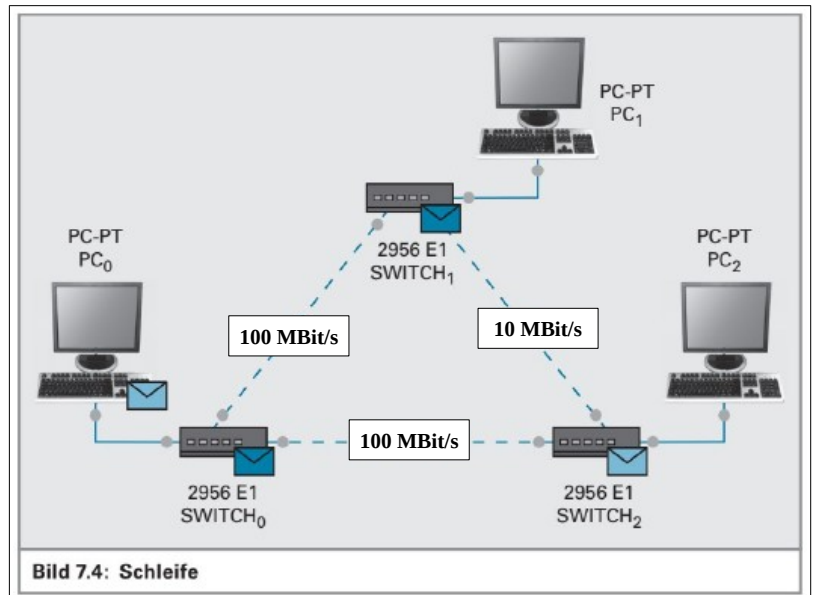
- * *EUROPA-Lehrbuch: Kap. 7.1.4: „STP – Spanning Tree Protocol“, S. 141 ff.*
- * <https://www.admin-magazin.de/Das-Heft/2014/03/Wie-organisiert-Spanning-Tree-ein-Ethernet-Netzwerk>
- * <https://www.ip-insider.de/index.cfm?pid=7541&fk=274602>
- * https://www.fachadmin.de/index.php/Spanning_Tree

STP – Spanning Tree Protocol

Aus Sicherheitsgründen werden u.U. bei der strukturierten Verkabelung nach DIN EN 50.173 in einer erweiterten Sterntopologie (aus Redundanz-Gründen) physikalische Querverbindungen installiert. Durch den Anschluss von redundanten „Sicherheitsleitungen“ an die Switches in Verteilern (RV, EV, GV, SV) entstehen sogenannte „Schleifen“ („Schleifenbildung“, s. Bild unten!).

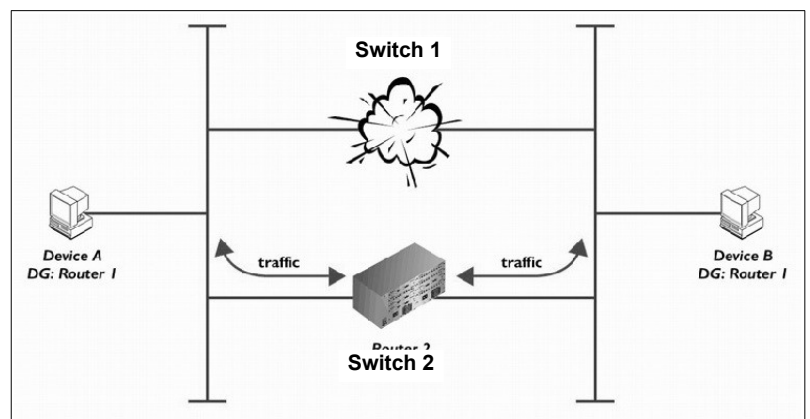
Problemsituation: Man möchte also gewollt Querverbindungen bzw. Redundanzen haben, um z.B. beim Ausfall von bestimmten Netzwerkkomponenten eine „Ausfallsicherheit“ („Failover“) haben. Aber die dadurch entstehende „Schleifenbildung“ als mögliche „Nebenwirkung“ sollte dabei unbedingt vermieden werden!

Anforderung zur Problemlösung: Die physikalisch „gesteckten“ (Quer-)Verbindungen liegen als gewollte Redundanzen zwar vor, die im Netz auftauchenden ungewollten „Schleifen“ müssen dabei aber unbedingt und möglichst automatisch durch einen Mechanismus, d.h. per Switch-Protokoll „Spanning Tree“ (Abk. „STP“) vermieden werden!



Robustheit durch „Redundanzen“ bzw. durch Fehlertoleranz:

- Ausfallsicherheit (eng. „**Failover**“)
- Hochverfügbarkeit (von Diensten, Systemen und Daten, eng. „**High Availability**“)
- Hohe Zugriffs- bzw. Zugangsfähigkeit (eng. „**High Accessibility**“)
- Hohe Zuverlässigkeit (von Diensten, Systemen und Daten, eng. „**High Reliability**“)
- Hohe Leistungsfähigkeit der Systeme (eng. „**High Performance**“)



Aufgabenstellung:

Lesen und erarbeiten Sie passende Antworten zu den unten stehenden Fragestellungen. Nutzen Sie hierzu das Fachlehrbuch "EUROPA" (Kap. 7.1.4: "Spanning Tree", S. 141 ff.) als Quelle!

Fragestellungen, die am obigen Netzwerksegment-Bild zu erklären sind:

1. Zeigen Sie am Bild oben eine typische physikalische (Quer-)Verbindung auf, die als eine sogenannte gewollte „Redundanz“ im IT-Datennetz anzusehen ist?
2. Welche Redundanzen kann es außerdem noch in IT-Netzwerken geben?
3. Erklären Sie: Wofür können diese Redundanzen im Netz nützlich bzw. von Vorteil sein?
4. Erklären Sie: Was sind diese „Schleifen“ und welchen Nachteil bringen sie hier mit sich, so dass sie hier unbedingt vermieden werden müssen (S. 141: „Sendet nun ein Rechner eine Broadcast-Message ...“)?
5. Wie sieht die Lösung aus, dass Schleifen vermieden werden, aber die Querverbindungen dennoch wie gewollt physikalisch gesteckt bzw. geschaltet werden können?
6. Die Problemlösung zur Vermeidung von Schleifen („Schleifenbildung“) muss ein Switch natürlich selbständig (d.h. automatisch bzw. systematisch) übernehmen bzw. durchführen können! Wodurch und wie ((*) s.u. „Wahlen ohne Demokratie in 3 Schritten!“) wird diese Problemlösung bei einem Switch realisiert?

- a) Woraus setzt sich unter „STP“ die sogenannte „BID“ eines Switches zusammen, und wofür steht die Abkürzung „BID“ (s. Bild rechts!)?
- b) Wodurch wird diese BID für einen Switch eindeutig?
- c) Wie groß ist diese BID in Byte?
- d) Welcher Switch wird anhand seiner BID nach welchem Kriterium, d.h. wie als die sogenannte „Root-Bridge“ ermittelt, gewählt bzw. auserkoren?
- e) Wie richtet sich die Priorität (Priority) nach der BID? Vervollständigen Sie hierzu den nachfolgenden Satz:
 “Je _____ die BID, desto _____ die Priorität!”

Tabelle 7.1: BID	
Priority	MAC-Adresse
2 Byte	6 Byte

8. a) Erklären Sie: Was sind bei STP die sogenannten „Pfadkosten“?
- b) Wie werden die Pfadkosten bei STP zur Findung des bestmöglichen Pfades verwendet?
 Vervollständigen Sie hierzu den nachfolgenden Lehrsatz: “Der bestmögliche Pfad bzw. die bestmögliche Verbindung ist der Pfad mit den _____ Pfadkosten!”
- c) Nach welchem Kriterium bzw. nach welcher Beschaffenheit (als Eigenschaft der Verbindung) werden die Pfadkosten für eine Verbindung festgelegt? Vervollständigen Sie hierzu die beiden nachfolgenden Sätze: c₁) “Der Verbindung mit hoher Performance werden _____ Pfadkosten zugewiesen!”
 c₂) “Der Verbindung mit niedriger Performance werden _____ Pfadkosten zugewiesen!”
9. a) Wie wird der „Rootpath“ („Wurzelpfad“ eines jeden Switches zur „Rootbridge“) unter STP ermittelt?
- b) Was wird per STP mit dem Rootpath gemacht?
- c) Was wird per STP mit allen anderen Pfaden außer dem „Rootpath“ gemacht, wenn der Switch mehrere alternative Verbindungen zur „Rootbridge“ aufweist?
10. a) Wofür steht die Abkürzung „BPDU“?
- b) Welche Funktion hat die BPDU im Zusammenhang mit STP?
- c) Welche Instanz darf den Inhalt der BPDU festlegen und alle 2 Sekunden an welche Instanzen senden?
 Welche Instanz muss diese BPDU-Meldungen unverfälscht als (1:1)-Copy weitergeben („Flooding“)?
11. Erklären Sie: Wann erfolgt eine sogenannte „Reorganisation“ (Konvergenz) und wie läuft diese ab?

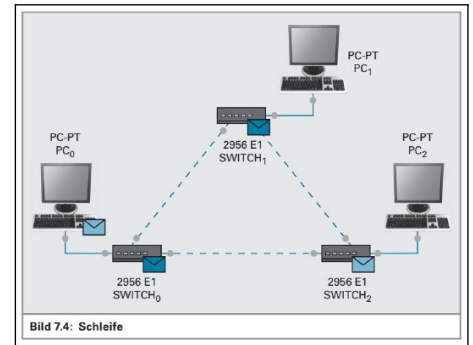
LM-Musterlösung:

1. Zeige am Bild physikalische Querverbindung als gewollte „Redundanz“:

→ z.B. die Verbindung zwischen Switch0 und Switch2!

2. Welche Redundanzen kann es außerdem noch in IT-Netzwerken geben?

→ z.B. Redundanz von Netzwerkgeräten wie z.B. Router, Switch, Fan, Server (Cluster), Speicher-Redundanzen (Daten-Redundanzen per RAID u. Backup & Restore), redundante Verbindungen, redundante Strom-/Energie-Versorgung per USV (UPS) oder Generator etc.!



3. Wofür gewollte Redundanzen im Netz nützlich bzw. von Vorteil sind:

→ Ausfallsicherheit (Failover)! Performance-Steigerung durch Kanalbündelung (Redundante Verbindungen / Leitungen)!

4. Begriff „Schleifen“ und dessen Nachteil erklären:

→ Durch redundante Wege (Pfade) können Datenpakete doppelt und im Kreis (bzw. in Schleife) im LAN als Broadcast-Sturm oder als unendlicher Datenmüll übertragen werden! Hierdurch wird das LAN unnötig belastet bzw. überlastet. Im schlimmsten Fall (worst case) wird das LAN hierdurch zum Stillstand gebracht.

5. Lösung, um Schleifen trotz vorhandener Querverbindungen zu vermeiden:

→ STP-Mechanismus (Switch-Protokoll)!

6. Automatische Problemlösung zur Vermeidung von Schleifen:

→ Allgemein: STP-Mechanismus (per Switch-Protokoll!) → Konkret: Durch Aufspannen eines STP-Baumes in drei Schritten!

7. a) BID-Zusammensetzung für einen Switch:

→ BID = Bridge-ID (eindeutige ID eines Switches in STP),
 → BID hat insgesamt 8 Byte! Diese setzt sich aus 2 Bytes „Priority“ und 6 Byte MAC-Adresse zusammen!

Tabelle 7.1: BID	
Priority	MAC-Adresse
2 Byte	6 Byte

- b) Wodurch die BID für Switch eindeutig wird: → Durch die MAC-Adresse!

- c) Wie groß die BID in Byte ist: → s.o.: 8 Byte!

- d) Welcher Switch anhand von BID nach welchem Kriterium als „Root-Bridge“ ermittelt wird:

→ Der Switch mit der kleinsten BID!

- e) Wie sich Priority nach BID richtet: “Je kleiner die BID-Nr., desto höher die Priorität!“

8. a) Was bei STP die Pfadkosten sind:

- b) Wie Pfadkosten zur Findung von bestmöglichem Pfad verwendet wird:

“Der bestmögliche Pfad ist der Pfad mit den geringsten Pfadkosten!“

- c) Nach welchem Kriterium Pfadkosten festgelegt werden:

c₁) “Der Verbindung mit hoher Performance werden geringe Pfadkosten zugewiesen!“


c₂) “Der Verbindung mit niedriger Performance werden hohe Pfadkosten zugewiesen!“

9. a) Wie der „Rootpath“ ermittelt wird:

→ Alle möglichen Pfade von Rootbridge zum jeweiligen Switch-Port werden ermittelt. Alle Pfadkosten auf diesem Pfad werden summiert. Der Pfad eines Switches mit den geringsten Pfadkosten wird aktiviert, dessen Port am betreffenden Switch der Rootport ist. Der Port zum fremden Switch ist der „Designated Port“! Alle anderen Ports des betr. Switches werden blockiert und bleiben für den Fall eines Failovers.

- b) Was mit dem Rootpath gemacht wird: → s.o.: Dieser wird aktiviert!

- c) Was mit allen anderen Pfaden außer Rootpath gemacht wird: → s.o.: Sie werden blockiert bzw. deaktiviert!

CI301	"Switching im Datennetz in OSI-Layer 2"	22.01.25	 Berufskolleg Ostvest
Übung: "Das Spanning-Tree-Protocol (Abk. STP) in OSI-Layer 2"			

10. a) Wofür Abkürzung „BPDU“ steht: **→ Bridge Packet Data Unit!**
- b) Welche Funktion die BPDU hat:
→ Dies sind die STP-spezifischen Kommunikationspakete, die von den Switches nur für den STP-Informationsaustausch verwendet werden!
- c) Welche Instanz BPDU-Inhalte festlegen, alle 2 Sekunden an welche anderen Instanzen senden darf:
→ Die Rootbridge legt BPDU-Infos fest und sendet sie weiter an alle anderen direkt mit der Rootbridge verbundenen Switches. Diese Instanzen dürfen nur originalgetreue BPDU-Meldungen unverfälscht als (1:1)-Copy weitergeben („Flooding“)?
11. Wann eine „Reorganisation“ (Konvergenz) nötig ist und wie diese abläuft:
→ Wenn die Rootbridge ausfällt, bleiben die „Hello-Pakete“ aus und der Spanningtree muss neu aufgebaut werden. Der Prozess beginnt dann wie bereits bekannt von vorne (s.u. „Ablauf der Netz-Organisation“ (Neuorganisation) unten): Kurzform der Neuorganisation:
1. Wahl der „Root Bridge“ → 2. Wahl der „Root Ports“ → 3. Wahl der „Designated Ports“!

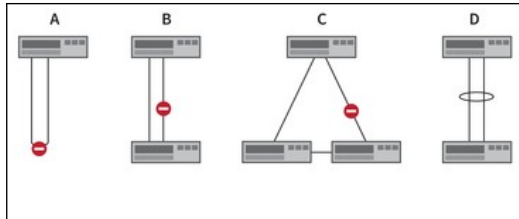
Ablauf der Netz-Organisation

1. Einschalten der Switches, alle Switchports sind im „Blocked-Mode“, d.h., es werden keine Datenpakete weitergeleitet außer den Switch-Informationen (BPDUs).
2. Jeder Switch sendet Informationen über seine ID an alle Anschlüsse. Der Switch mit der kleinsten ID wird Root-Bridge.
3. Nachdem die Root-Bridge ermittelt wurde, bestimmt jeder Switch seinen Root-Port. Das ist der Port, der mit den geringsten Kosten zur Rootbridge führt. Bei gleichen Kosten für mehrere Ports, wird der Port mit der kleinsten Port-Nummer der Root-Port. Die anderen Ports, die Wege zur Rootbridge haben, werden deaktiviert (Designated Ports).
4. Danach werden die Switchports in den „Learning-Modus“ gesetzt und die Bridging-Tabellen angelegt.
5. Nach Aufbau der Bridging-Tabellen schalten die Switches ihre Ports in den „Forwarding-Modus“ und transportieren fortan ankommende Datenpakete an die richtigen Ports weiter.

LM-Zusatzinfos:

Das Spanning-Tree-Protokoll (Abk. „STP“) verhindert Schleifen in Netzwerktopologien

Das Spanning-Tree-Protokoll erreicht die Schleifenfreiheit, indem es bestimmte Verbindungen zwischen Switches deaktiviert. Die nachfolgende Abbildung zeigt drei Beispiele (A, B, C) für Netzwerktopologien, die ohne die Blockade einiger Switchports durch Spanning Tree zum Zusammenbruch des Netzwerks führen würden.



Variante A bringt technisch keinen Vorteil und entsteht normalerweise nur aus Unachtsamkeit, meist über mehrere Switches hinweg.

Varianten B und C hingegen sind oft gewünscht, um die Bandbreite zwischen zwei Switches zu vergrößern (Variante B) oder um eine Redundanz für den Fall eines Kabelausfalls durch äußere Einflüsse zu erreichen, z.B. bei diversen Bauarbeiten zwischen zwei Gebäuden (Variante C). Die Blockade durch Spanning Tree in Variante B hebt die Bandbreitenbündelung zunächst auf.

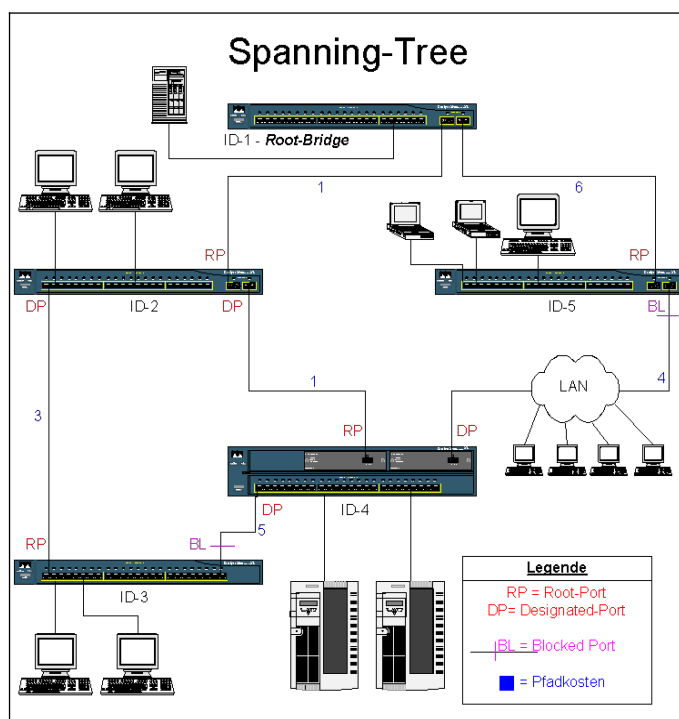
Die Switch-Hersteller haben verschiedene, teils zueinander inkompatible Lösungen entwickelt, etwa »EtherChannel«, »PortChannel«, »virtual PortChannel« (Cisco) und »Trunk« (HP). Diese Technologien bündeln mehrere physische Ethernet-Verbindungen zu einer logischen Variante D. Der Spanning Tree nimmt diese logische Verbindung beispielsweise als eine 2-GBit-Verbindung wahr, anstatt als zwei separate 1-GBit-Verbindungen und blockiert daher keine dieser beiden Verbindungen (Variante D).

Variante C lässt sich durch diese Technologien allerdings nicht optimieren. Hier empfiehlt sich der Einsatz einer anderen physischen Verkabelung, die die Dreiecksverbindung zwischen den Switches ersetzt.

(*) „Wahlen ohne Demokratie in 3 Schritten!“

Die Berechnung des „Spanning Trees“ (bzw. des „aufgespannten Baumes“) erfolgt bei STP in drei wesentlichen Schritten:

- Wahl der „Root Bridge“ anhand ... ,
- Wahl der „Root Ports“ anhand ... ,
- Wahl der „Designated Ports“ anhand



(Quelle: Wikipedia.de)