



Netzwerke und Internettechnologien 1





Netzwerkstandards und -komponenten

Netzwerke und Internettechnologien 1



Lernziele



1

Netzwerkstandards



3

Switch



2

Netzwerkkomponenten



4

STP

Netzwerkstandards

- Das IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) ist eine internationale Organisation von Fachleuten und Experten aus der Elektrotechnik und dem Ingenieurwesen, bekannt durch Standardisierungen im Bereich Local Area Network (LAN).
- 802 ist die Nummer für eine Projektgruppe des IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), welches standardisierte Protokolle- und Übertragungstechniken für Local und Metropolitan Area Networks (LAN und MAN) umfasst.
- Der Name der Projektgruppe 802 ist aus dem Startdatum Februar 1980 abgeleitet. Vom IEEE werden die Standards entworfen.
- Das Projekt 802 dominiert die Standardisierung von lokalen Netzen, in denen hauptsächlich Ethernet zum Einsatz kommt.

Netzwerkstandards

- IEEE Projekt 802
 - Mit der Notwendigkeit Standards im Bereich der lokalen Netze einzuführen, wurde das Projekt 802 gegründet. Später wurden auch Standards für Weitverkehrsnetze (WAN) hinzugefügt.
 - Die Standards der 802-Familie umfassen die Bitübertragungsschicht (OSI-Schicht 1) und die Sicherungsschicht (Data Link Layer) (OSI-Schicht 2).
 - Die Zahl hinter dem ersten Punkt kennzeichnet den Standard. Einzelne Standards innerhalb einer Gruppe werden mit einem angehängten Buchstaben oder weiteren Ziffern oder Jahreszahlen gekennzeichnet.

Netzwerkstandards

- IEEE 802 ist ursprünglich für LAN-Techniken, wie Ethernet (802.3), Token Bus (802.4) und Token Ring (802.5) verantwortlich.
- Weitere Projektteile sind beispielsweise Wireless LAN (802.11), Bluetooth (802.15.1) und WiMAX (802.16).

2	802.1 Internet-Working	802.2 Logical Link Control				
		802.1 Media Access Control				
1		802.3 Ethernet	802.4 Token-Bus	802.5 Token-Ring	802.11 Wireless LAN	802.12 AnyLAN

IEEE 802.3 / Ethernet

- In den 1990er Jahren hat sich Ethernet gegenüber Token Ring (auf Basis von Koaxialkabel) und FDDI (auf Basis von Glasfaserkabel) durchgesetzt.
- Bei Ethernet spricht man von einer paketvermittelnden Netzwerktechnik, deren Standards auf den Schichten 1 und 2 des OSI-Schichtenmodells die Adressierung und die Zugriffskontrolle auf unterschiedliche Übertragungsmedien definieren.
- Insbesondere der einfache und kostengünstige Aufbau eines Ethernet-Netzwerks sorgte für die rasche Verbreitung auf der ganzen Welt.
- Token Ring, FDDI, ATM und SDH haben kaum noch Bedeutung.

IEEE 802.3 / Ethernet

- Ethernet ist unter 802.3 standardisiert und baut auf 802.1 und 802.2 auf.
- Das ursprüngliche Ethernet basiert auf einem Koaxialkabel als Übertragungsmedium in Bus-Topologie und dem Zugriffsverfahren CSMA/CD.
- Ethernet transportiert Daten paketweise ohne festes Zugriffsraster. Damit unterscheidet sich Ethernet von anderen paketerorientierten Systemen, wie zum Beispiel ATM oder SDH/Sonet, die mit einem festen Zeitraster jedem Teilnehmer eine Mindestbandbreite garantieren können.

IEEE 802.3 / Ethernet

Standards und
Übertragungsgeschwindigkeit

Ethernet mit			
10 Mbit/s	100 Mbit/s	1000 Mbit/s	10 Gbit/s
10Base5	100Base-TX	1000Base-T	10GBase-T
10Base2	100Base-T4	1000Base-SX	10GBase-CX4
10Base-T	100Base-T2	1000Base-LX	10GBase-LX4
10Base-FL	100Base-FX	1000Base-LH	10GBase-LW4
10Base-FB		1000Base-ZX	10GBase-SR
10Base-FP		1000Base-CX	10GBase-LR
10Base-SX			10GBase-ER
			10GBase-SW
			10GBase-LW
			10GBase-EW

IEEE 802.3u / Fast-Ethernet

- Fast-Ethernet kommt vorwiegend in lokalen Netzwerken zum Einsatz, ist aber auch für die Verbindung großer Netzwerke geeignet. Fast-Ethernet-Varianten über Glasfaser haben eine Reichweite von bis zu 70 km.
- Fast-Ethernet ist sowohl für Glasfaserkabel und Twisted-Pair-Kabel entwickelt und erlaubt die Übertragung von Daten in beide Richtungen (Vollduplex).
- Gegenwärtig sind Übertragungsraten von 1, 10, 100 Megabit/s (Fast Ethernet), 1000 Megabit/s (Gigabit-Ethernet), 2,5, 5, 10, 40, 50, 100, 200 und 400 Gigabit/s spezifiziert.
- Fast-Ethernet arbeitet in der Regel im Vollduplex-Modus und verzichtet auf CSMA/CD. Aus diesem Grund ist eine Flusssteuerung (Flow Control) erforderlich.

Begriffe

- **Flow Control**

- Mit der Flusssteuerung kann der Empfänger der Gegenstelle signalisieren, eine Sendepause einzulegen, um so die Übertragungsrate zu senken.

- **Jumbo-Frames**

- Wurden bereits bei 1GBase-T eingeführt, sind jedoch in 10GBase-T standardisiert.
- Ein Jumbo-Frame umfasst bis zu 9.014 Byte Nutzdaten, in einem bisherigen Ethernet-Frame waren es nur 1.500 Byte, und reduziert so den Overhead.

- **Auto-Negotiation**

- Mit Auto-Negotiation können Ethernet-Hosts automatisch die Ethernet-Variante der Gegenstelle am anderen Ende der Leitung erkennen.

Netzwerkkomponenten



Passive Netzwerkkomponenten

- Passive Netzwerkkomponenten sind Netzwerk-Bestandteile, die ohne eigene Stromversorgung auskommen.
- Dies sind zum Beispiel:
 - Netzkabel, Netzwerkdosen, Patchfelder zur Anbindung verschiedener Baugruppen, oder einfache DSL- Splitter.
- Diese oft vernachlässigten Komponenten sind aber der erste Schritt zu einem leistungsstarken und fehlerfreien Netzwerk.

Passive Netzwerkkomponenten

- Netzworkkabel
S/FTP

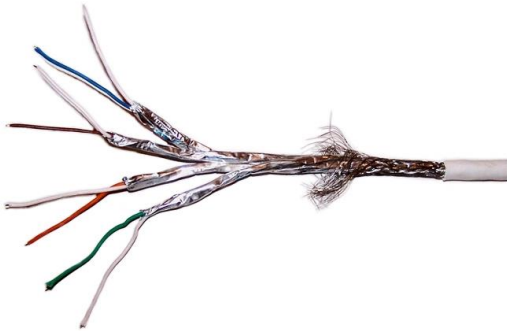


Abbildung 1: S-FTP, CAT 7 Kabel (Quelle: Wikimedia, gemeinfrei)

- Netzworkkabel
Patchkabel

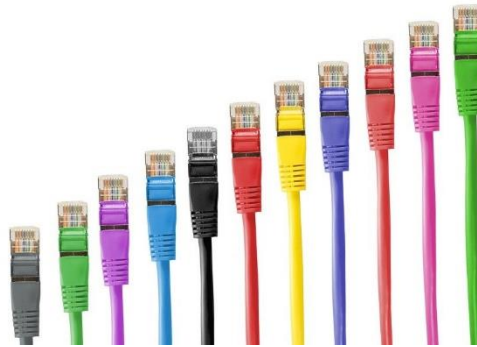


Abbildung 2: Netzworkkabel (Quelle: Pixbay)

- Netzworzdosen

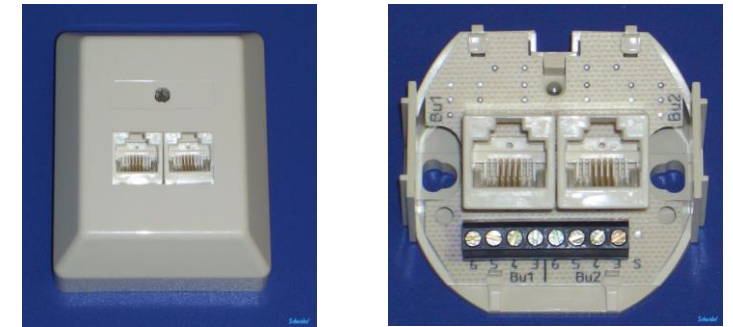


Abbildung 3: UAE geschlossen und offen (Quelle: Uwe Schwöbel
(https://commons.wikimedia.org/wiki/File:UAE_AP_geschlossen.JPG))

Passive Netzwerkkomponenten

Twisted Pair Kabel - Übersicht der Klassen und Kategorien

EIA/TIA 568	ISO/IEC 11801	EN 50173	Bandbreite	Anwendung
Cat. 1	-	-	0,4 kHz	Telefon- und Modemleitungen
-	-	Class A	100 kHz	Telefon- und Modemleitungen
Cat. 2	-	Class B	4 MHz	Terminal-Systeme, ISDN
Cat. 3	-	Class C	12,5 - 16 MHz	10Base-T, 100Base-T4, ISDN, analoges Telefon
Cat. 4	-	-	20 MHz	Token Ring (16 MBit)
Cat. 5	Cat. 5	Class D	100 MHz	100Base-TX, SONET, SOH
Cat. 5e	Cat. 5e	Class D	100 MHz	1000Base-T
Cat. 6	Cat. 6	Class E	250 MHz	1000Base-T, 155-MBit-ATM, 622-MBit-ATM
Cat. 6A	Cat. 6A	Class EA	500 MHz	10GBase-T (bis 55 Meter)
-	Cat. 7	Class F	600 MHz	10GBase-T (bis 100 Meter)
-	Cat. 7 A	Class FA	1.000 MHz	10GBase-T
-	Cat. 8	Class G	1.600 - 2.000	40GBase-T und 100GBase-T
			MHz	

Passive Netzwerkkomponenten

Twisted Pair Kabel

Bezeichnungssystem der Form XX/YYY nach Norm ISO/IEC-11801 (2002)

- **XX steht für die Gesamtschirmung**
 - U = ohne Schirm (ungeschirmt)
 - F = Folienschirm (beschichtete Kunststofffolie)
 - S = Geflechtschirm (Drahtgeflecht)
 - SF = Geflecht- und Folienschirm
- **Y steht für die Aderpaarschirmung**
 - U = ohne Schirm (ungeschirmt)
 - F = Folienschirm (beschichtete Kunststofffolie)
 - S = Geflechtschirm (Drahtgeflecht)
- **ZZ steht für die Verseilungsart**
 - TP = Twisted Pair (in der Regel)
 - QP = Quad Pair

Passive Netzwerkkomponenten

Patchfeld

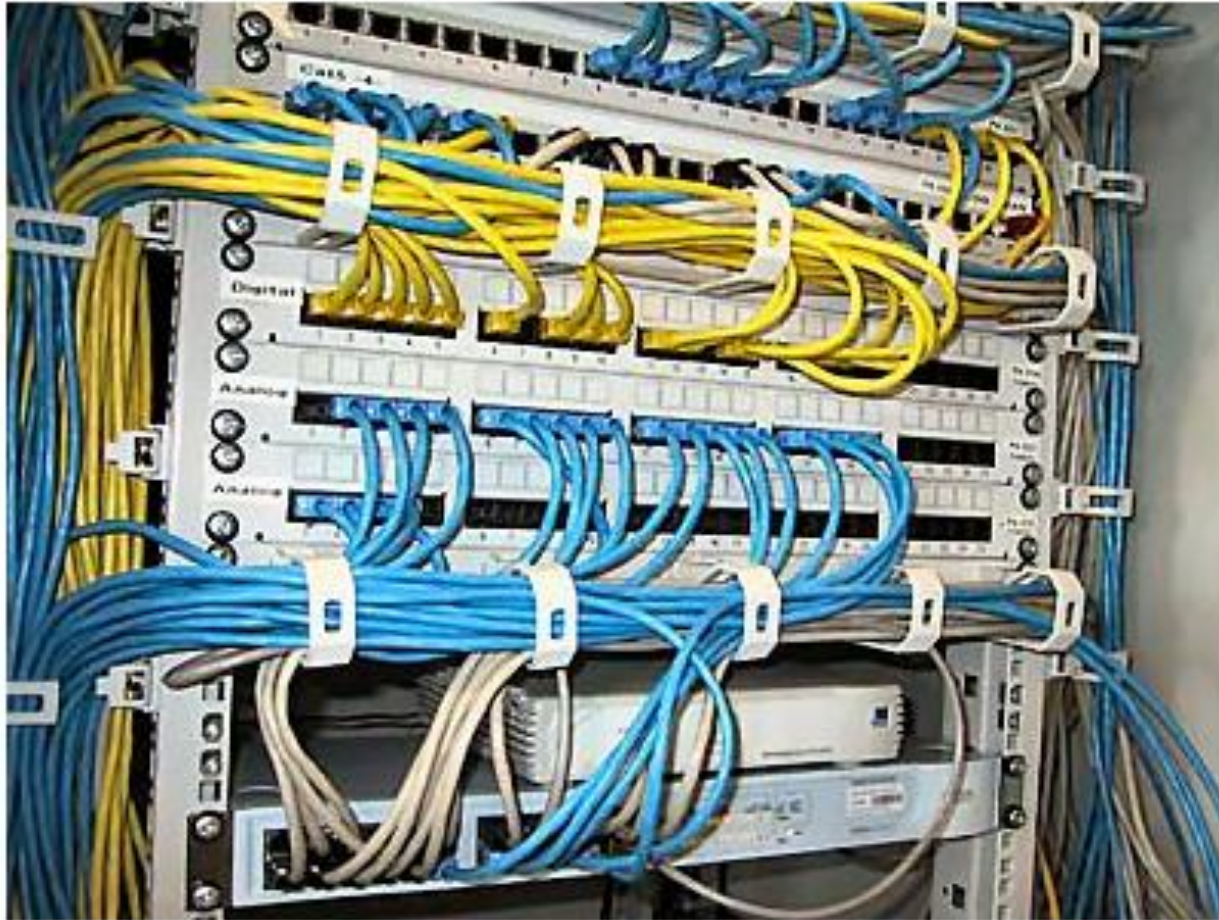


Abbildung 4: Maschentopologie (Quelle: Agon S. Buchholz (asb)
(https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Patchfeld_109-0919_IMG.JPG)

Passive Netzwerkkomponenten

Netzwerkschrank



Abbildung 5: Maschentopologie (Quelle: Jfreyre
(<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rack001.jpg>)

Passive Netzwerkkomponenten

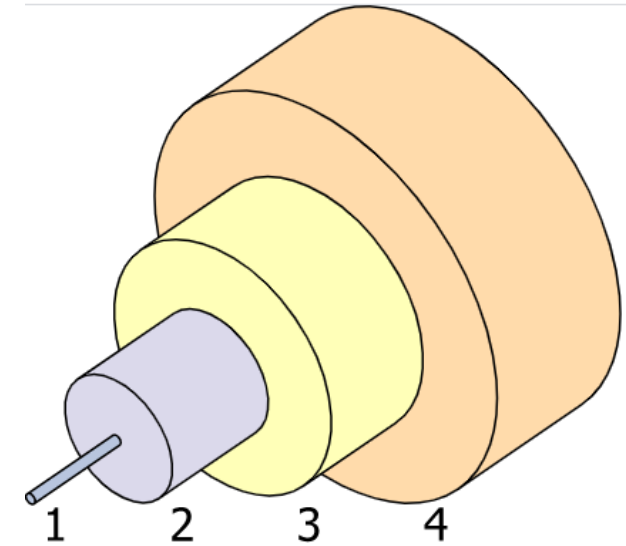
Lichtwellenleiter (LWL)

- Der Lichtwellenleiter (LWL), Fiber Optics (FO), ist ein Leiter, in dem modulierte Licht übertragen wird.
- Der LWL kann aus Glasfaser oder Kunststoff bestehen und zeichnet sich u.a. durch seine extrem hohe Übertragungsrate aus.
- Die Übertragungstechnik auf Lichtwellenleitern basiert auf einer Intensitätsmodulation, die in Form einer Amplituden-, Frequenz- oder Phasenmodulation erfolgt.
- Lichtwellenleiter unempfindlich gegenüber elektromagnetischen Störungen, weitestgehend abhörsicher und haben, wenn sie aus Glas bestehen, extrem geringe Dämpfungswerte.

Passive Netzwerkkomponenten

Lichtwellenleiter (LWL)

- Dem Aufbau nach besteht ein Glasfaser-Lichtwellenleiter aus einem zylindrischem Kernglas, einem ihn umgebenden Mantel und der Beschichtung.
- Optisches Kernglas und optisches Mantelglas sind aus hochreinem Quarzglas mit unterschiedlichen Brechungsindizes.



Aufbau einer Glasfaser:

- 1 – Kern
- 2 – Mantel
- 3 – Schutzbeschichtung
- 4 – äußere Hülle

Abbildung 6: Single mode Fibre (Quelle: Bob Mellish, SVG derivative by Benchill
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Singlemode_fibre_structure.svg)

Passive Netzwerkkomponenten

Lichtwellenleiter (LWL) - Modi

- Bei der Übertragung entstehen durch häufige Reflexion an der Grenzschicht zwischen Kernglas und Mantelglas Lichtwellen unterschiedlicher Laufzeit, die Modi.
- Unterschieden wird in Monomode- und Multimode-Glasfaser:
 1. Monomode-Glasfaser (Single Mode Fiber)
 - Besitzt einen kleinen Kerndurchmesser und wird benutzt, um nur einen einzelnen Lichtmode zu übertragen.
 - Der Brechungsindex ist gering, es wird daher für Signalübertragungen bei großen Distanzen eingesetzt.
 - Für die Einspeisung werden Laser verwendet

Passive Netzwerkkomponenten

Lichtwellenleiter (LWL) - Modi

2. Multimode-Glasfaser (Multi Mode Fiber)

- Besitzt einen großen Kerndurchmesser und wird benutzt, um mehrere Lichtmoden gleichzeitig zu übertragen.
- Der Brechungsindex ist hoch, es wird daher für Signalübertragungen bei relativ kurzen Distanzen eingesetzt.
- Zur Lichteinspeisung können LEDs verwendet werden.

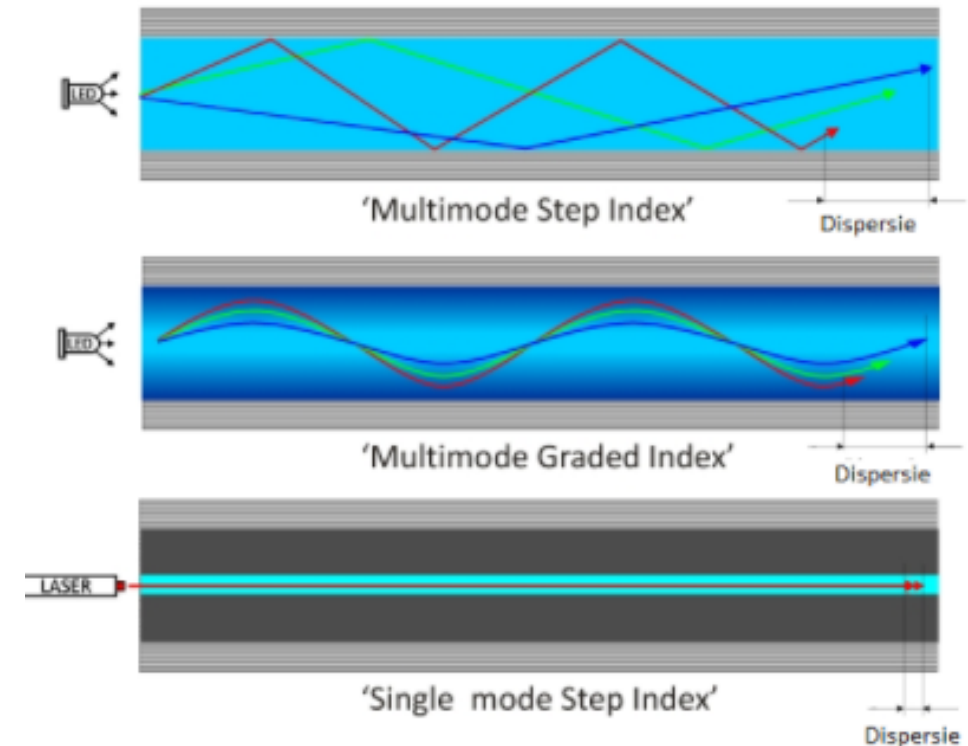


Abbildung 7: Single mode Fibre (Quelle: Lex Tollenaar
(https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Multimode_vs_Single_Mode_Fiber.png))

Aktive Netzwerkkomponenten

- Das sind alle Netzwerkgeräte, die aktiv Signale verarbeiten bzw. verstärken können und über eine Stromversorgung verfügen
- Beispiele:
 - Repeater
 - Hub
 - Bridge
 - Switch
 - Router
 - Gateway
 - Server
 - WAP
 - Firewall

Aktive Netzwerkkomponenten

Repeater



Abbildung 8: Repeater (Quelle: Pixabay)

- Repeater versteht man in der Regel als Verstärker von Übertragungsstrecken.
- Ein Repeater arbeitet auf der Schicht 1, der Bitübertragungsschicht des OSI-Schichtenmodells.
- Ein Repeater mit mehreren Ports wird auch als Hub (Multiport-Repeater) bezeichnet. Er kann mehrere Netzwerk-Segmente miteinander verbinden.

Aktive Netzwerkkomponenten

Hub



Abbildung 9: Hub Quelle: Wikipedia)

- Ein Hub ist ein Kopplungselement, das mehrere Stationen in einem Netzwerk miteinander verbindet. In einem Ethernet-Netzwerk, das auf der Stern-Topologie basiert dient ein Hub als Verteiler für die Datenpakete.
- Hubs arbeiten auf der Bitübertragungsschicht (Schicht 1) des OSI-Schichtenmodells und sind damit auf die reine Verteilfunktion beschränkt.
- Wenn die Anzahl der Anschlüsse an einem Hub für die Anzahl der Hosts nicht ausreicht, dann benötigt man noch einen zweiten Hub.

Aktive Netzwerkkomponenten

Router

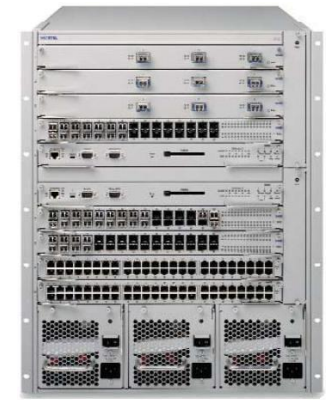


Abbildung 10: ERS-8600 (Quelle: PassportDude at the English Wikipedia (<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ERS-8600.JPG>))

- Ein Router verbindet logisch getrennte Netzwerke, die auch mit unterschiedlichen Protokollen und Architekturen arbeiten können.
- Er arbeitet auf der Vermittlungsschicht (Schicht 3) des OSI-Schichtenmodells.
- Ein Router befindet sich häufig an den Außengrenzen eines Netzwerks, um es mit dem Internet oder einem anderen, größeren Netzwerk zu verbinden.
- Aufgaben sind u.a.:
 - Ermittlung der verfügbaren Routen
 - Auswahl der geeignetsten Route unter Berücksichtigung verschiedener Kriterien

Aktive Netzwerkkomponenten

Wireless Access Point (WAP)



Abbildung 11: WAP (Quelle: Wikipedia)

- Ein Wireless Access Points (WAP), auch WLAN Access Point oder kurz Access Point (AP) genannt, ist eine Funk-Basisstation innerhalb eines lokalen Netzwerks (LAN), um Clients über WLAN an das drahtgebundene Netzwerk anzuschließen.
- Weltweit ist die Nutzung der Frequenzbereiche für WLAN nach IEEE 802.11 unterschiedlich geregelt.

Aktive Netzwerkkomponenten

DSL-Router



Abbildung 12: DSL-Router (Quelle: Pixabay)

- Stellt die Verbindung zum Internet her.
- Ein DSL-Router hat mind. zwei Anschlüsse. Einen für die LAN-Seite und einen für die WAN-Seite. Häufig sind die Ports mit der Bezeichnung LAN und WAN gekennzeichnet. Manchmal gibt es Port-Beschriftungen, bei denen nicht immer eindeutig ist, um was es sich handelt.
- Mit LAN ist immer das lokale Netzwerk mit privaten IP-Adressen gemeint, während die WAN-Seite das öffentliche Netzwerk kennzeichnet.

Switch



Switch

- Ein Switch ist ein elektronisches Gerät zur Verbindung mehrerer Computer bzw. Netzwerk-Segmente in einem lokalen Netzwerk (LAN).
- Die Verbindung erfolgt dabei in Sterntopologie.



Abbildung 13: Switch (Quelle: Geek2003
(<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:2550T-PWR-Front.jpg>))

Switch

- Ein Switch ist ein Gerät, welches auf der Schicht 2 des OSI-Modells arbeitet. Es gibt auch Modelle, die zusätzlich auf der OSI-Schicht 3 arbeiten (Layer-3-Switch).
- Er kann im Prinzip als ein intelligenter Hub bezeichnet werden, der sich merkt, über welchen Port welcher Host erreichbar ist.
- Die einzelnen Ports eines Switches können unabhängig voneinander Daten empfangen und senden.
- Untereinander sind die Ports über einen internen Hochgeschwindigkeitsbus (Backplane) miteinander verbunden.
- Ein Datenpuffer (Cache) sorgt dafür, dass nach Möglichkeit keine Datenpakete verloren gehen.

Layer 3 - Switch

- Ein Layer 3 - Switch kann Frames anhand ihrer MAC-Adresse weiterleiten und auch Pakete auf Basis der IP-Adressen routen.
- Ist im Prinzip eine Kombination aus Switch und Router
- Vorteile gegenüber einem Router
 - preiswerter
 - geringere Verzögerungszeit
 - höherer Durchsatz
 - einfachere Administration
 - Flexibler konfigurierbar

Arbeitsweise

- Ein Switch hingegen leitet den Datenverkehr direkt an den Zielport weiter.
- Ein Switch speichert die MAC-Adressen der an jeden Port angeschlossenen Geräte in der MAC-Adresstabelle.
- Empfängt der Switch einen Frame sucht der Switch zunächst in der MAC-Adresstabelle nach der Ziel-MAC-Adresse des Frames für den ausgehenden Port.
- Wenn der ausgehende Port gefunden wird, wird der Frame direkt an diesen Port weitergeleitet.
- Wenn ein Frame mit unbekannter Ziel-MAC-Adresse oder ein Broadcast eintrifft, wird er an alle Ports weitergeleitet, außer dem Quellport.

Arbeitsweise

Port	MAC
C3	00-40-05-88-96-A1
C14	00-20-05-84-96-82
A1	00-20-28-84-DC-8B
A1	00-20-AD-67-5B-12

Port	MAC
C4	00-20-28-84-DC-8B
D14	00-20-AD-67-5B-12
A2	00-40-05-88-96-A1
A2	00-20-05-84-96-82

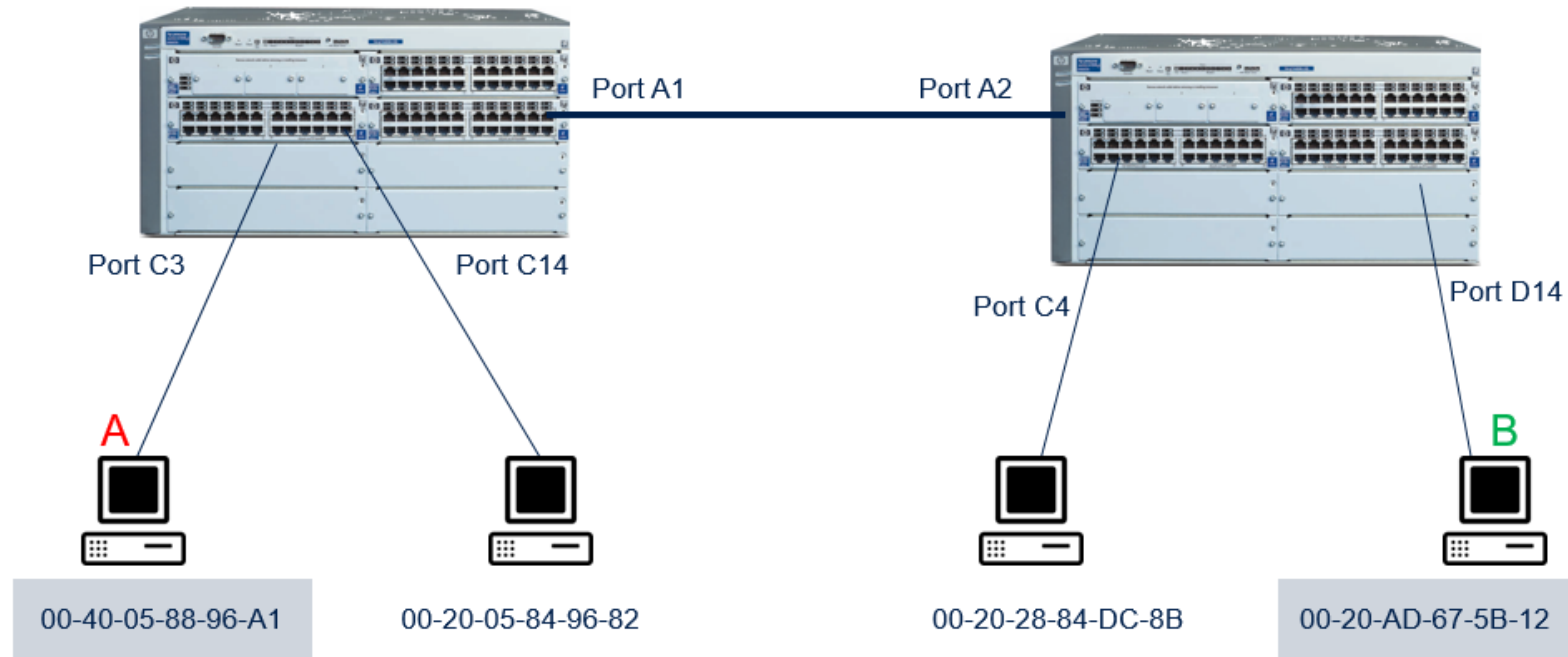


Abbildung 14: Switch-Arbeitsweise (Eigene Darstellung)

Switch und Broadcast

- Broadcasts sind ein wichtiger Teil der IP Client/Server- Kommunikation.
- Zu viele Hosts in der gleichen Broadcast-Domain können einen nicht akzeptablen Broadcast Verkehr verursachen.
- Broadcasts vergrößern die Belastung, da sie an allen Switchports weitergeleitet werden.
- Jedes Broadcast Paket belastet die CPU eines jeden Switches im Netzwerk.
- Ein Switch bildet immer eine Broadcastdomäne.

Switch und Broadcastdomänen

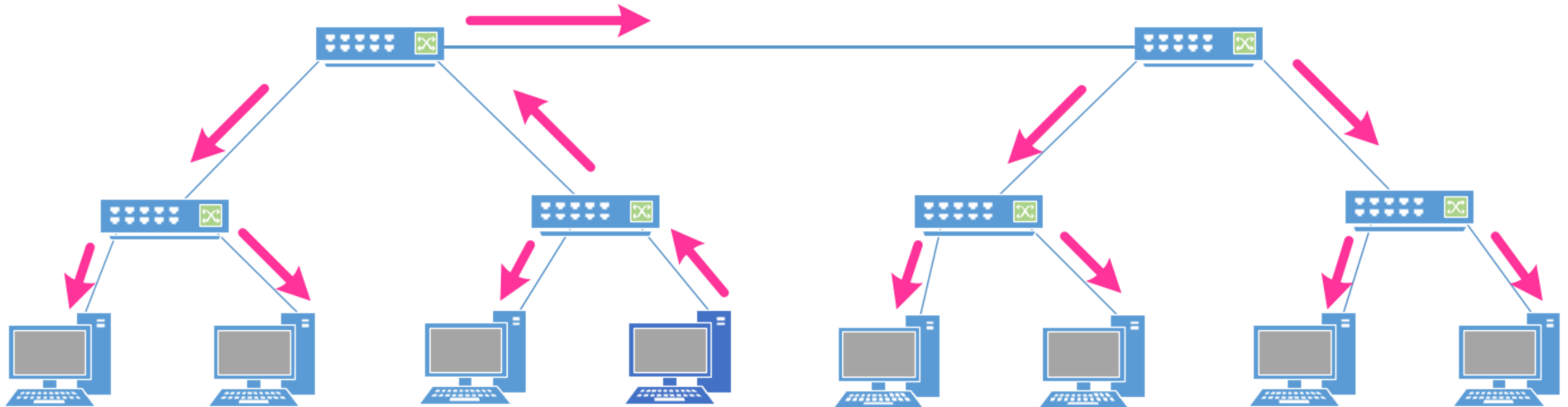


Abbildung 15: Broadcasts (Eigene Darstellung)

Switch und Broadcastdomänen

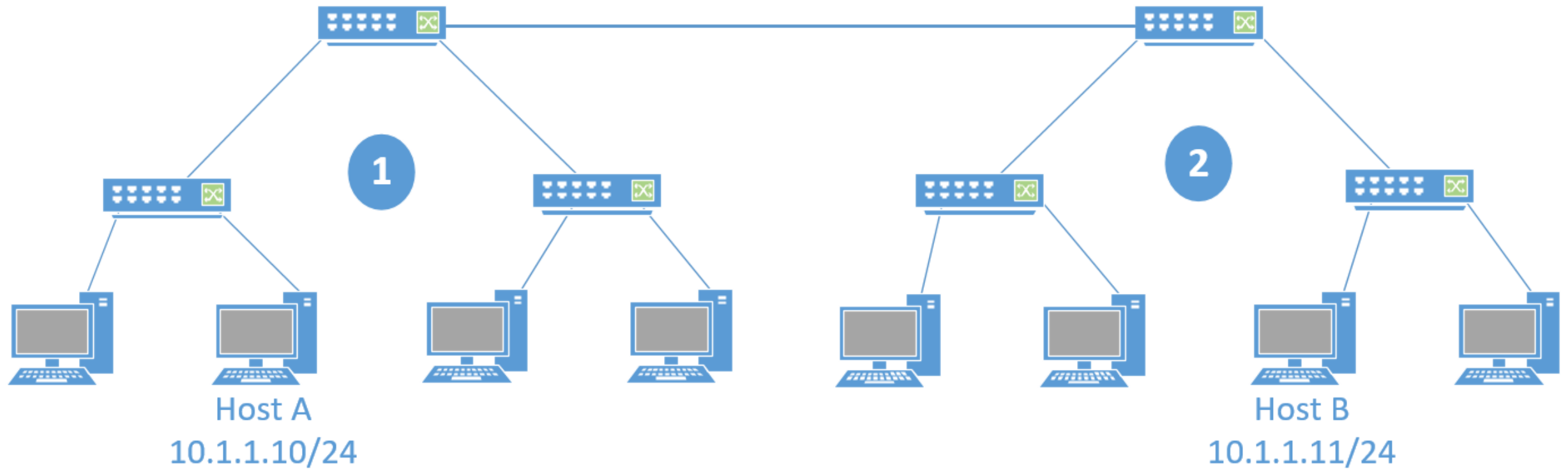


Abbildung 16: Broadcastdomäne (Eigene Darstellung)

Switch und Broadcastdomänen

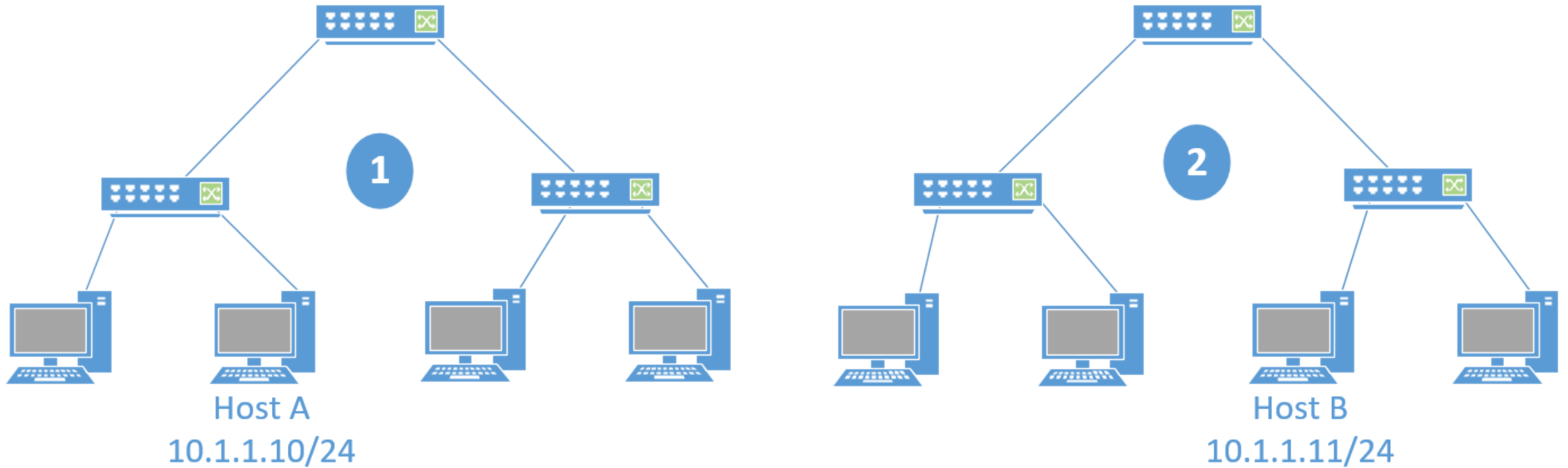


Abbildung 17: Broadcastdomänen getrennt (Eigene Darstellung)

Switch und Broadcastdomänen

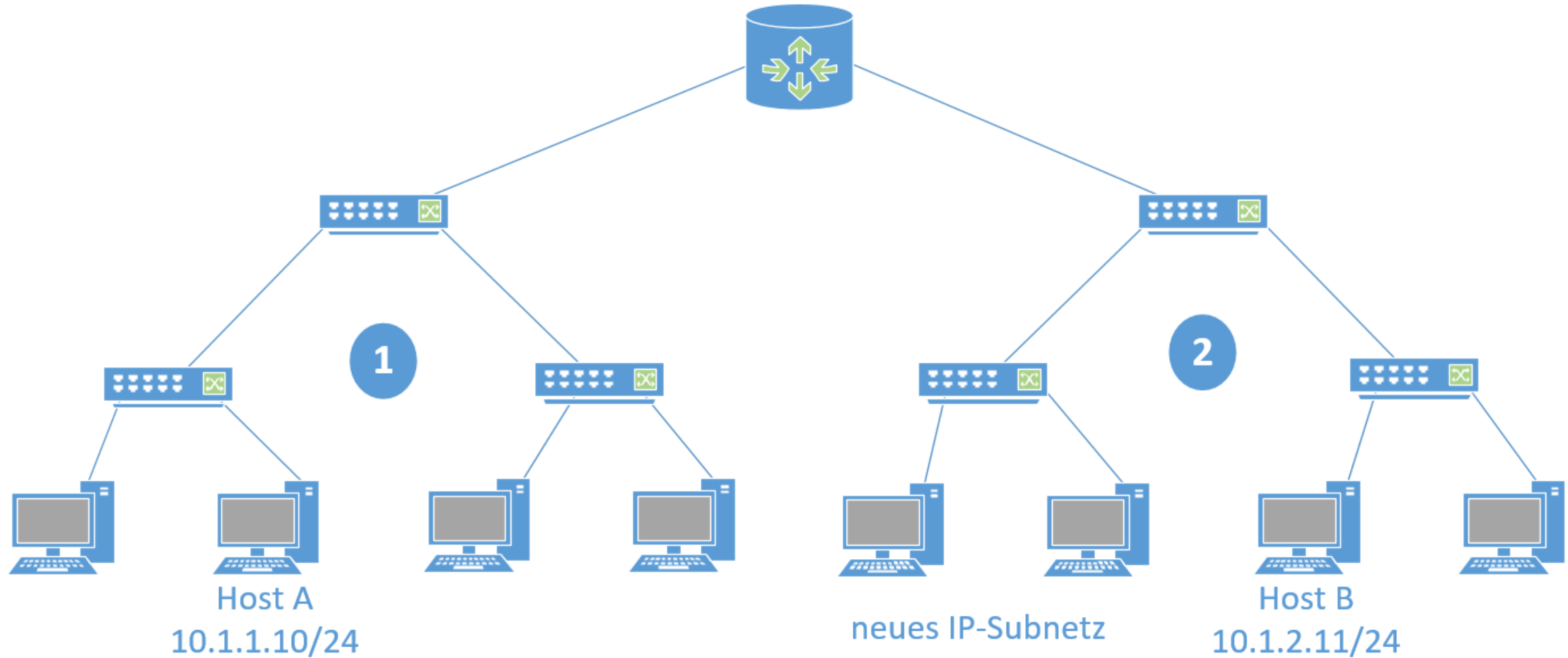


Abbildung 18: Broadcastdomänen mit Router (Eigene Darstellung)

Switch - Arbeitsweise

- Das eigentliche Switching, also die Entscheidung, an welchem Port ein gerade eingetroffener Frame wieder herausgeschickt wird, kann nach folgenden Methoden erfolgen:
 - Cut-Through
 - Store-and-Forward
 - Fragment Free (Modified Cut-Through)
 - Error-Free-Cut-Through

Switch - Arbeitsweise

- Cut-Through
 - Der Switch leitet den Frame sofort weiter, wenn er die Adresse des Ziels gelesen hat.
 - Da alle Steuerfelder hinter der MAC-Adresse nicht geprüft werden, können fehlerhafte Frames weitergeleitet werden.
- Store-and-Forward
 - Der Switch liest die ankommenden Frames vollständig ein.
 - Die Frames können auf Vollständigkeit und Fehlerfreiheit überprüft werden.

Switch - Vorteile

- Fragment Free (Modified Cut-Through)
 - Beim Fragment Free-Konzept, als besondere Form des Cut-Through, prüft der Switch die ersten 64-Byte eines Rahmens vor einer Weiterleitung, um sicher zu sein, keine Fragmente eines Frames infolge einer Kollision erhalten zu haben.
- Error-Free-Cut-Through
 - Ist eine Mischform aus Cut-Through und Store-and-Forward
Wird eine bestimmte Fehlerrate überschritten wird automatisch auf Store-and-Forward umgeschaltet.
 - Geht die Fehlerrate zurück, wird auf Cut-Through zurückgeschaltet.

Switch - Vorteile

- Ein Switch beschränkt Kollisionen auf den jeweiligen Port.
- Im Vollduplex-Betrieb treten überhaupt keine Kollisionen mehr auf, zugleich wird die erreichbare Geschwindigkeit verdoppelt.
- An jedem Port können unabhängig die Geschwindigkeit und der Duplex-Modus ausgehandelt werden.
- Zwei oder mehr physikalische Ports können zu einem logischen Port (Trunk) zusammengefasst werden um die Bandbreite zu steigern, dies kann über statische oder dynamische Verfahren, z.B. LACP oder PAGP, erfolgen.

Switch - Nachteile

- Ein Nachteil von Switches ist, dass ein Netzwerk nicht mehr so einfach zu debuggen ist, da Pakete nicht mehr auf allen Strängen im Netzwerk sichtbar sind, sondern im Idealfall nur auf diejenigen, die tatsächlich zum Ziel führen.
- Um dem Administrator trotzdem die Beobachtung von Traffic zu ermöglichen, beherrschen bessere Switches Port Mirroring.
- Ein weiterer Nachteil liegt in der Latenz-Zeit, die bei Switches weitaus höher ist als bei Hubs. Der Switch muss anhand seiner MAC-Adress-Tabelle erst den richtigen Ausgangs-Port finden dies spart zwar Bandbreite, kostet aber Zeit.

Spanning Tree Protocol (STP)



Spanning Tree Protocol (STP)

- Ethernet kennt keine Zyklen/Schleifen
- immer Punkt-zu-Punkt Verbindungen oder BUS-Strukturen
- Schleifen sind Designfehler, da Broadcasts nie ein terminierendes Ziel erreichen
- Problem: Broadcast Storms
- Lösung: IEEE 802.1d (Spanning Tree)

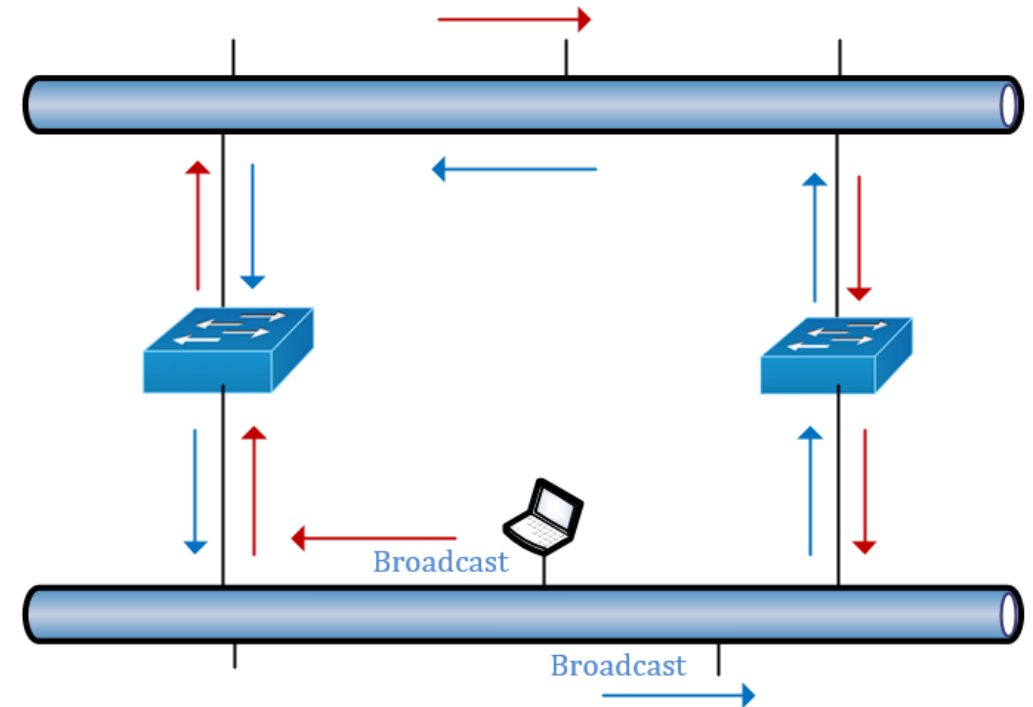


Abbildung 19: Broadcast-Schleife (Eigene Darstellung)

Spanning Tree Protokoll (STP)

- Schematische Funktion des Spanning-Tree-Protokolls:
 - In redundanten Umgebungen werden bewusst Verbindungen blockiert (links), um eine Loop-Bildung zu vermeiden.
 - Fällt einer der Switches aus (rechts), wird die Topologie neu berechnet. Es werden blockierte Ports geöffnet, bis alles wieder erreichbar ist.

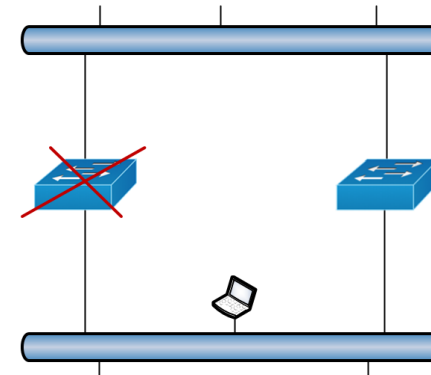
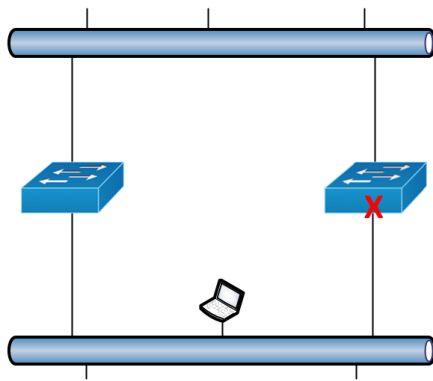


Abbildung 20: STP-Funktion (Eigene Darstellung)

Berechnung des Spanning Trees

1. Wahl der Root Bridge

- Sie bildet den Referenzpunkt des gesamten Spanning Tree und berechnet die Pfade und Einstellungen des Baums. Die Wahl der Root Bridge erfolgt aufgrund der »Bridge-ID«, die sich aus drei Bestandteilen zusammensetzt:
 - Bridge Priority
 - System-ID-Extension
 - MAC-Adresse
- Die Bridge Priority liegt zwischen 0 und 61440 und ist in Schritten von 4096 konfigurierbar. Die Bridge mit dem niedrigsten Wert gewinnt.

Berechnung des Spanning Trees

2. Wahl der Root Ports

- Jeder Switch kumuliert die Pfadkosten zur Root-Bridge.
- Jeder Switch bestimmt den Port mit den geringsten Pfadkosten zur Root und blockt die anderen Ports .

3. Bestimmung der designated Ports

- Designated Ports sind alle Nicht-Root Ports, welche Datenverkehr weiterleiten. Ist das andere Ende ein Root Port, dann ist der Port ein designated Port.

STP-Konzept

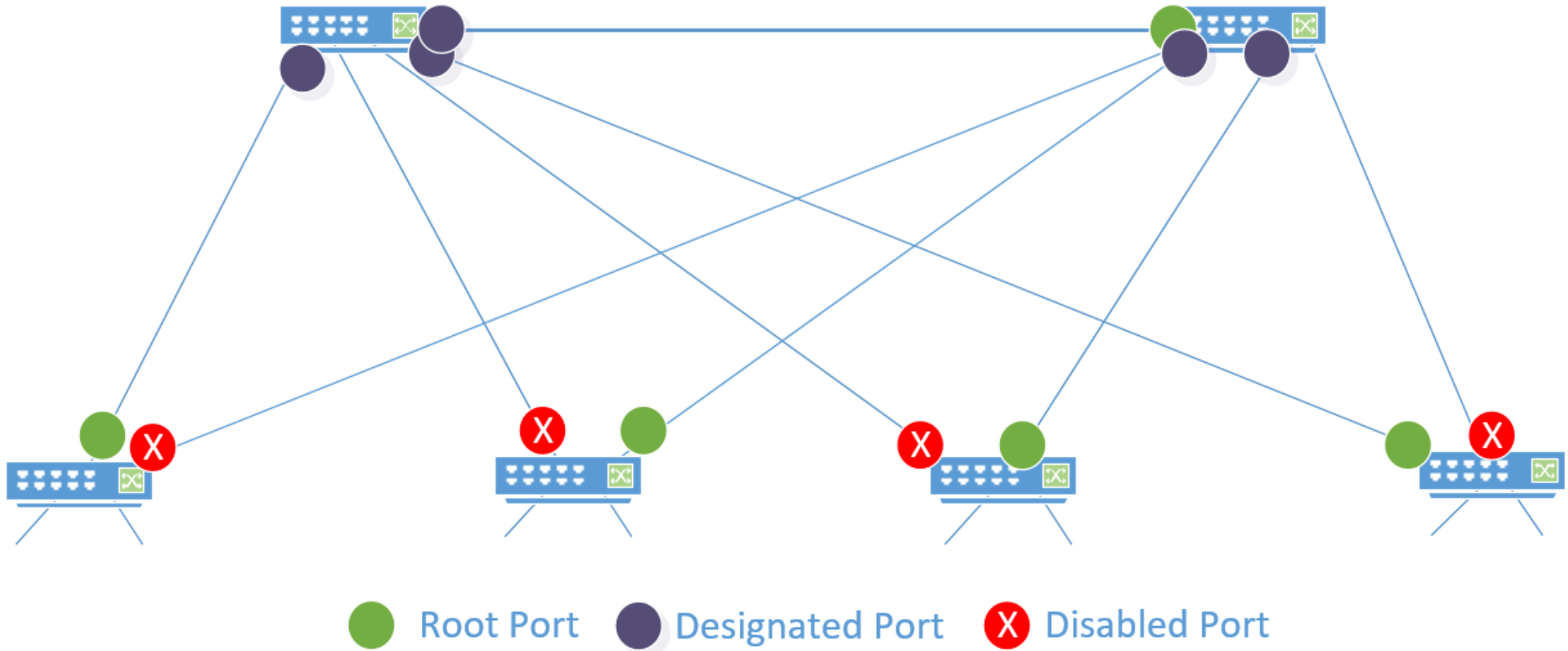


Abbildung 21: STP-Konzept (Eigene Darstellung)

YouTube Learning Nuggets

- Hubs, Switches | Vernetzte IT-Systeme

https://www.youtube.com/watch?v=ICaJgtW0eA&list=PLUmJBq0_Gyrj2Bgnx_MoL37oFTj3KlQpR&index=39

- Spanning Tree | Vernetzte IT-Systeme

https://www.youtube.com/watch?v=EBrLI9NwpUw&index=42&list=PLUmJBq0_Gyrj2Bgnx_MoL37oFTj3KlQpR

Quellen

Buchquelle

Kersken, Sascha (2017): IT-Handbuch für Fachinformatiker. Der Ausbildungsbegleiter. 8. Auflage, revidierte Ausgabe. Bonn: Rheinwerk Verlag; Rheinwerk Computing.

Schreiner, Rüdiger (2014): Computernetzwerke. Von den Grundlagen zur Funktion und Anwendung. 5., erw. Aufl. München: Hanser.

Wikipedia (Hg.) (2021): Ethernet. Online verfügbar unter <https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Ethernet&oldid=210943590>, zuletzt aktualisiert am 15.04.2021, zuletzt geprüft am 11.05.2021.

Der Unterschied: Singlemode und Multimode LWL-Kabel - Glasfaserkabel.de (2021). Online verfügbar unter https://www.glasfaserkabel.de/Der-Unterschied-zwischen-Singlemode-und-Multimode-LWL-Kabeln:_:13.html, zuletzt aktualisiert am 12.05.2021, zuletzt geprüft am 12.05.2021.

Quellen

Abbildungen

4 Patchfeld“ Lizenz: Agon S. Buchholz (asb)
(https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Patchfeld_109-0919_IMG.JPG), „Patchfeld 109-0919 IMG“,
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>

5 „Serverschrank“ Lizenz: Jfreyre
(<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rack001.jpg>)
„Rack001“, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>

6 „Single mode Fibre“ Lizenz: Original by Bob Mellish, SVG
derivative by Benchill
(https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Singlemode_fibre_structure.svg), „Singlemode fibre structure“,
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>

7 „Multimode_vs_Single_Mode “ Lizenz: Lex Tollenaar
(https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Multimode_vs_Single_Mode_Fiber.png), Ausschnitt von nein,
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode>

10 „ERS-8600“ Lizenz: PassportDude at the English
Wikipedia
(<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ERS-8600.JPG>), „ERS-8600“,
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>

13 „Switch“ Lizenz: Geek2003
(<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:2550T-PWR-Front.jpg>), „2550T-PWR-Front“,
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>

VIELEN DANK!

