

# IT-Themenzusammenfassung

---

Dieses Markdown-Dokument soll verschiedene IT-Themen zusammenfassen, die ich hin und wieder angeschaut habe.

## Disclaimer

Dieses Markdown-Dokument wurde in [Visual Studio Code von Microsoft](#) mit diversen Plugins verfasst. Das bedeutet, dass hier nicht 100% auf Markdown gesetzt wird. **Es kann vorkommen, dass Elemente anders oder gar nicht angezeigt werden, wird VScode mit den entsprechenden Plugins nicht benutzt.** Ich versuche mich jedoch daran zu halten, ausschließlich Markdown zu benutzen. ~~Es kann ebenfalls dazu kommen, dass HTML-Elemente wie `<sup>` oder auch `<sub>` eingebaut werden, um Fußnoten darzustellen!~~ Fußnoten werden mittlerweile nach dem [Markdown-Standard für Fußnoten](#) eingesetzt. Dabei wird auf das Plugin [Markdown Footnotes](#) in VSCode aufgebaut. Außerdem werden für Diagramme [Mermaid.js](#) benutzt! Eine aktuelle PDF-Kopie ist immer beigelegt.

## Benutzte VSCode Plugins

- [Markdown All in One](#)
- [Markdown PDF](#)
- [Markdown Preview Mermaid Support](#)
- [Markdownlint](#) Wird nicht mehr zur Syntaxüberprüfung verwendet.
- [Markdown Footnotes](#)

## Inhaltsverzeichnis

- [APN - Access Point Name](#)
- [Cisco - Access Control List](#)
- [Cisco - Passwort vs. Secret](#)
- [DNS - Domain Name System](#)
- [Domain und Domaincontroller](#)
- [DSL - Digital Subscriber Line](#)
- [Flow Control](#)
- [FTP - File Transfer Protocol](#)
- [LLDP - Link Layer Discovery Protokoll](#)
- [X11](#)

## APN - Access Point Name

---

"APN" steht für "**A**ccess **P**oint **N**ame" - nicht zu verwechseln mit einem Access-Point als Netzwerkgerät. Ein APN ist eine Art "*Gateway*" eines Mobilfunkbetreibers, welches ein Netzwerk für das jeweilige mobile Endgerät zur Verfügung stellt. Mithilfe dieses Netzwerks kann ein mobiles Endgerät das **öffentliche Netzwerk** (Internet) erreichen. Ein APN dient jedoch nicht nur als Gateway, sondern setzt weitere verschiedene Eigenschaften für das jeweilige mobile Endgerät wie zum Beispiel wie es sich am **Netzwerk authentifiziert**, welche **Kommunikationswege** es benutzt als auch welche **Sicherheitsmaßnahmen** für das mobile Endgerät greifen.

Mithilfe eines APNs ist es möglich verschiedene Endgeräte als auch IoT-Geräte zu administrieren und **voneinander zu trennen**. Um diese Geräte jedoch in ein APN-Netzwerk aufnehmen zu können, muss als aller erstes ein APN angefordert / gekauft werden. Ein solcher APN wird i.d.R. bei einem **Mobilfunkanbieter** gemietet. Dabei gibt es jedoch ein paar Dinge wie folgend zu beachten:

- Für jedes neue APN-Netzwerk muss dieses beim Mobilfunkanbieter gemietet werden.
- Die APNs werden (meist) monatlich abgerechnet.

- Jedes mobile Endgerät oder IoT-Gerät erhält meist eine SIM-Karte, auf welcher der APN bereits fest eingetragen ist.
  - Oft kommt es aber auch vor, dass der APN in den LTE-Einstellungen des Geräts eingegeben werden muss, damit sich das Gerät mit dem Mobilfunkanbieter verbindet (siehe Telekom).
- Jedes mobile Endgerät oder IoT-Gerät innerhalb eines APN-Netzwerks muss den gleichen Mobilfunkanbieter besitzen. Es ist nur unter Umständen möglich, dass mobile Endgeräte zu verschiedenen APN-Netzen eine Verbindung aufbauen können.
  - Ist der Mobilfunkanbieter im Ausland nicht unter gleichem Namen gelistet, wird der entsprechende, zum Unternehmen gehörende APN-Übergangspunkt für die Einwahl benutzt. Existiert der Mobilfunkanbieter gar nicht, so versucht sich die SIM-Karte in das nächst beste Netzwerk / Partnernetzwerk einzuwählen.

Wie bereits erwähnt ist es möglich, dass ein Gerät zwar mehrere verschiedene APNs von verschiedenen Mobilfunkanbietern besitzen kann, dies aber nur mit erhöhten Kosten möglich ist. Dafür gibt es zwei Möglichkeiten, um dieses Vorhaben umzusetzen:

1. Die **preisgünstigere** Variante ist es, dass der Mobilfunkanbieter mehrere APN-Profile auf seiner SIM-Karte hinterlegt (oder entsprechend in der Software). Somit können jedoch nur die vorgefertigten APN-Profile für andere Mobilfunkanbieter benutzt werden.
2. Die **teurere** Variante ist es eine E-SIM zu benutzen, welche ohne physische SIM-Karte mehrere APN-Profile innerhalb eines Speicherchips abspeichern kann.

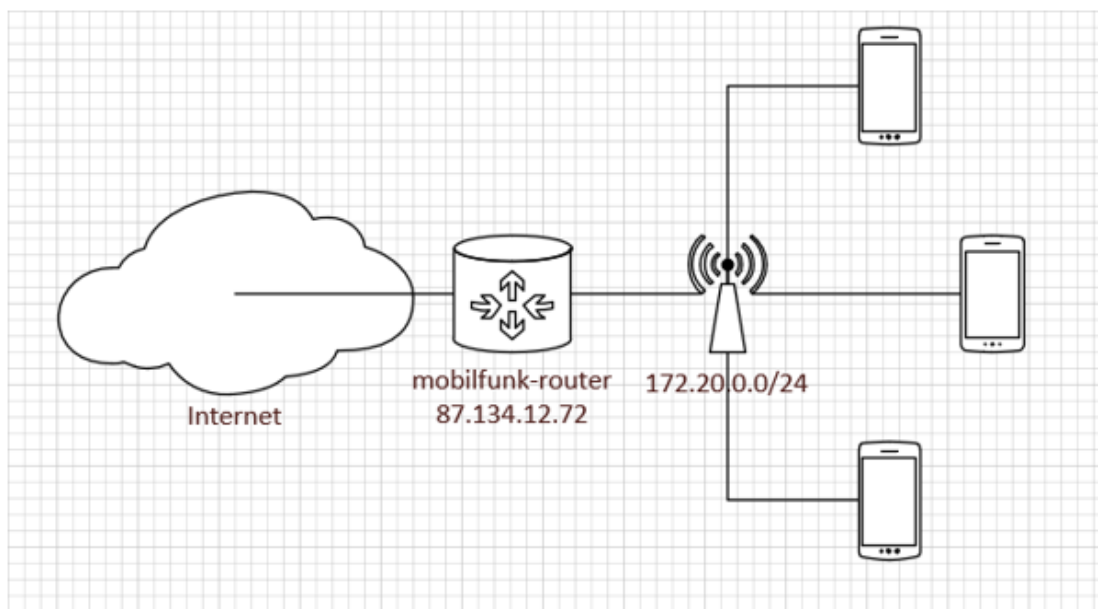
## Kommunikationswege der APN-Typen

Vor der Mietung eines APNs sollte man im Klaren sein, welche Art von APN man benutzen möchte. Dabei gibt es zwei Arten mit jeweils statischer und dynamischer IP-Adressvergabe.

### Öffentlicher APN

Wird ein öffentliches APN-Netzwerk benutzt, dann können mobile End- und IoT-Geräte **direkt mit dem Internet** mit Umweg über den Mobilfunkanbieter kommunizieren. Ist die IP-Adressvergabe dynamisch konfiguriert, so holt sich das jeweilige zu verbindende Endgerät entsprechend nach DHCP eine freie IP-Adresse aus einem verfügbaren Pool und benutzt diese so lange, bis das Endgerät die Verbindung abbaut und somit die Session schließt (oftmals auch im entsprechend Management-Portal konfigurierbar).

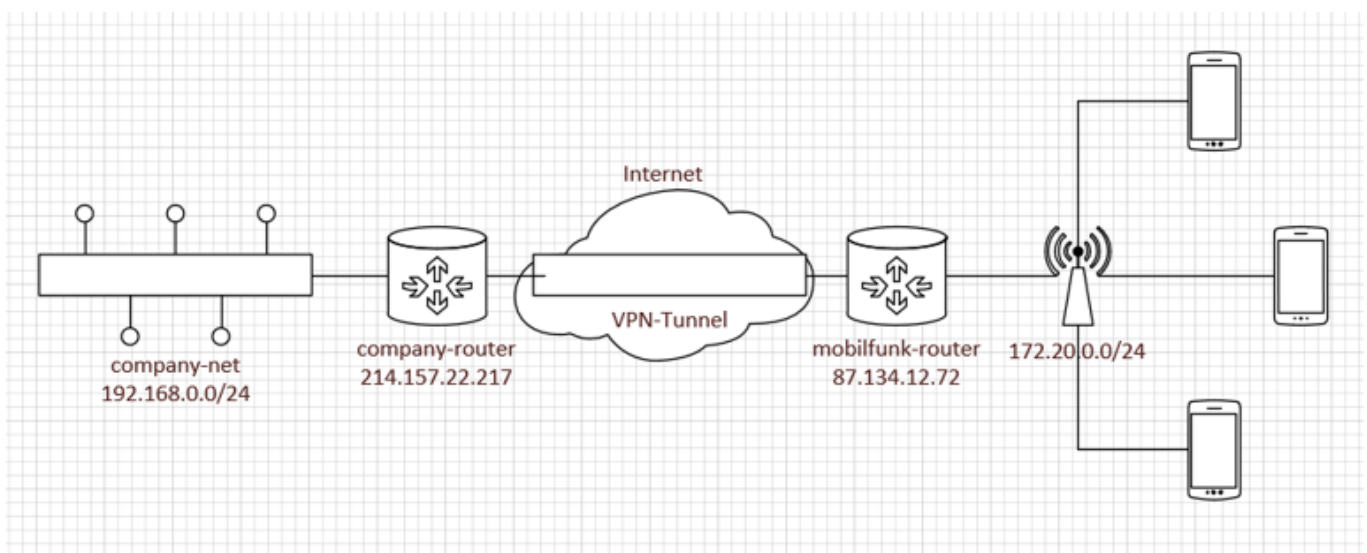
Dabei gibt das mobile End- oder IoT-Gerät die IP-Adresse wieder zurück an den Adresspool. Bei einem neuen Verbindungsaufbau wird eine neue freie IP-Adresse aus dem vorhandenen Adresspool benutzt. Ist das APN-Netzwerk statisch konfiguriert, so besitzt jedes mobile End- oder IoT-Gerät seine eigene statische Adresse innerhalb des Netzwerks. Diese wird für jede Verbindung mit dem Internet benutzt.



## Privater APN

Im Vergleich zu einem öffentlichen APN-Netzwerk, welches die Daten der mobilen End- und IoT-Geräte **in das Internet routen**, macht das private APN-Netzwerk **dies nicht unbedingt**. Grundsätzlich ist es möglich auch diesen Datenverkehr in das Internet zu routen, jedoch kann man bei einem privaten APN mehrere **Sicherheitseinstellungen** einstellen als bei einem öffentlichen APN.

Meist werden private APNs jedoch dafür benutzt, um den **Datenverkehr mittels VPN** zum eigenen (Unternehmens-) Netzwerk zu routen. So ist es möglich, dass Dienste innerhalb eines privaten APN-Netzwerks mit Diensten innerhalb des eigenen (Unternehmens-) Netzwerk kommunizieren können. Damit diese Dienste miteinander kommunizieren können, wird klassischerweise ein VPN-Tunnel vom Mobilfunkanbieter zum eigenen (Unternehmens-) Netzwerk erstellt. Die IP-Adressen innerhalb eines privaten APN-Netzwerks können ebenfalls **statisch** oder **dynamisch** verteilt werden.



## APN vs. VPN

Es kommt hin und wieder vor, dass ein APN mit einem VPN verwechselt oder verglichen wird. Dies ist nicht möglich, da die Aufgaben von einem APN und eines VPNs **sehr unterschiedlich** sind. **Während der APN die Verbindung für ein mobiles End- und IoT-Gerät in das Netzwerk des Mobilfunkanbieters herstellt, stellt ein VPN einen Tunnel zwischen zwei Standorten her.** Zudem verschlüsselt ein VPN den Datenverkehr innerhalb eines VPN-Tunnels, während ein APN keine Verschlüsselung verwendet,

# Cisco - Access Control List

---

## Überblick - Was ist eine Access Control List

Eine **Access Control List** (ACL) ist eine Liste an unterschiedlichen Kommandos, welche Datenverkehr für bestimmte Netzwerke und Anwendungen **zulassen** oder **blockieren** kann. ACLs werden zum **Absichern des Datenverkehrs** auf Routern benutzt. Somit gleichen ACLs einer Art Firewall.

ACLs gibt es in verschiedenen Formen und Arten. Darunter sind die bekanntesten:

- **Standard ACLs:** Grober Datenfilter anhand IP-Adressen.
- **Extended ACLs:** Granularer Datenfilter anhand IP-Adressen, Protokolle und Anwendungen.

Desweiteren gibt es weitere ACLs, welche unterschiedliche Zwecke erfüllen.

ACLs werden im Konfigurationsmodus des Routers angelegt. Sie wirken jedoch erst dann, wenn diese **auf einem Interface** konfiguriert wurden. Auf dem Interface selbst gibt es zwei Richtungen:

- **Inbound (In):** Datenverkehr, welcher am Interface ankommt und nach *innen* weiterverarbeitet werden soll. Z.B. Public-Datenverkehr nach Intern.
- **Outbound (Out):** Datenverkehr, welcher am Interface ankommt und nach *draußen* weiterverarbeitet werden soll. Z.B. Interner Datenverkehr nach Public.

## ACL Grundlagen

### Masken

ACLs verwenden Zugriffskontroll-Masken (ACL-Maske / Wildcard Mask), um festzulegen welche IP-Adresse bzw. Netzwerkbereiche zugelassen oder abgelehnt werden sollen. Die ACL-Masken sind dabei den Subnetzmasken von IP-Adressen sehr ähnlich. Anders als bei den Subnetzmasken, werden ACL-Masken *vekehrt herum* gebildet. Folgendes Beispiel erläutert den Prozess:

- Netzwerk: 192.168.1.0
- Subnetzmaske: 255.255.255.0

Das Netzwerk **192.168.1.0** mit der Subnetzmaske **255.255.255.0** beschreibt, dass die ersten drei Oktette **192.168.1** immer identisch sein müssen, damit ein Client innerhalb des Netzwerks mit einem anderen Client im gleichen Netzwerk kommunizieren kann. Der **Hostanteil** besitzt den Wert **0** im 4. Oktett der Subnetzmaske. Das bedeutet, dass alle Adressen **0 - 255** (-2 für Netz- und Broadcastadresse) als **Hostadressen** benutzbar und somit frei im Netzwerk zur Verfügung sind. Somit können z.B. Client\_A mit **192.168.1.5** und Client\_B mit **192.168.1.250** miteinander kommunizieren.

Dieses Konzept wird bei den ACL-Masken umgekehrt behandelt:

- Netzwerk: 192.168.1.0
- Subnetzmaske: 255.255.255.0
- ACL-Maske: 0.0.0.255

Das bedeutet, dass **exakte Übereinstimmungen** mit einer **0** gekennzeichnet werden und alles andere, was **nicht exakt übereinstimmen muss** mit einer **1** (binär) gekennzeichnet wird. Aufgeteilt im Binärformat wäre das folgendermaßen:

- Netzwerk: 192.168.1.0
- Subnetzmaske: 11111111.11111111.11111111.00000000 (→ Binär 1 = Exakte Übereinstimmung; Binär 0 = Keine Übereinstimmung)

- ACL-Maske: 00000000.00000000.00000000.11111111 (→ Binär 1 = Keine Übereinstimmung; Binär 0 = Exakte Übereinstimmung)



Möchte man also eine ACL-Maske erstellen, in welcher z.B. das letzte Oktett einer Netzwerkadresse **nicht übereinstimmen** muss, dann würde man die Maske **0.0.0.255** dafür wählen.

Das Errechnen der ACL-Maske kann ebenfalls durch folgenden Trick **vereinfacht** werden:

255.255.255.255 - Subnetzmaske = ACL-Maske

255.255.255.255 - 255.255.255.0 = 0.0.0.255

#### Beachte:

- Der Wert **0.0.0.0** (Subnetzmaske) / **255.255.255.255** (ACL-Maske) ist eine *Default-Route* und steht für den Wert *any*.
- Eine Host-Adresse kann auf der CLI abgekürzt werden:  192.168.1.0 0.0.0.0 /  host 192.168.1.0

#### Zusammenfassen von Netzwerken in ACL-Masken

Besitzt man mehrere **aufeinanderfolgende** Netzwerke, welche gleiche Regeln besitzen sollen, dann kann es viel Aufwand sein, die entsprechenden Regeln zu erstellen. Das kann deutlich einfacher gemacht werden, indem man die Netzwerke zusammenfasst. Bei Subnetzmasken ist das auch unter **Supernet** bekannt. Angenommen es existieren folgende Netzwerke:

- 192.168.32.0/24
- 192.168.33.0/24
- 192.168.34.0/24
- 192.168.35.0/24
- 192.168.36.0/24
- 192.168.37.0/24
- 192.168.38.0/24
- 192.168.39.0/24

Die Oktette 1, 2 und 4 sind bei allen Adressen gleich. Nur das dritte Oktett unterscheidet sich. Das 4. Oktett braucht keine weitere beachtung, da hier wieder alle Adressen nicht übereinstimmen müssen. Das ist wiederum bei den ersten drei Oktetten nicht der Fall. Das dritte Oktett kann von der ACL-Maske jedoch so zusammengefasst werden, dass nur ein Netzwerk mit entsprechender ACL-Maske angegeben werden muss. Die nachfolgenden Tabelle erläutert wie die Maske aussehen kann:

Dezimal / Binär	128	64	32	16	8	4	2	1
32	0	0	1	0	0	0	0	0
33	0	0	1	0	0	0	0	1
34	0	0	1	0	0	0	1	0
35	0	0	1	0	0	0	1	1
36	0	0	1	0	0	1	0	0
37	0	0	1	0	0	1	0	1
38	0	0	1	0	0	1	1	0
39	0	0	1	0	0	1	1	1

Da die ersten 5 Bits übereinstimmen, kann das Netzwerk bis dahin zusammengefasst werden. Daraus entsteht folgendes Netzwerk: 192.168.1.0/21. Die daraus resultierende ACL-Maske ist 0.0.7.255.

Mit folgendem Befehl könnten also die entsprechenden IP-Adressen in einer ACL erlaubt werden:

```
access-list acl_permit permit ip 192.168.32.0 0.0.7.255
```

**Aufgepasst:** Adressen können nur dann zusammengefasst werden, wenn diese auch in den entsprechenden Bereichen vertreten sind. So können zwar oben gezeigte Adressen komplett zusammengefasst werden, jedoch funktioniert das nicht immer, wie das nächste Beispiel zeigt.

Geht man davon aus, man hätte die folgenden Adressblöcke:

- 192.168.146.0/24
- 192.168.147.0/24
- 192.168.148.0/24
- 192.168.149.0/24

Hier könnten, wie beim oben gezeigten Beispiel, auch die ersten 5 Bits des dritten Oktetts zusammengefasst werden. So könnte man meinen, dass folgende ACL ausreichend wäre:

```
access-list acl_permit permit ip 192.168.146.0 0.0.7.255
```

Die Problematik hierbei ist jedoch, dass **mehr Adressen als angegeben** in dieser Regel umfasst werden würden:

```
3. Oktett = 8 Bits
Supernet-Bits = 8 - 5 (Netzteil) = 3 Bits (flexibel)
2^3 = 8
```

Es können somit 8 Netzwerke gebildet werden. Damit würde die access-list "acl\_permit" folgenden Bereich haben: 192.168.146.0 - 192.168.153.255. In diesem Bereich wären zudem folgende Netzwerke inkludiert:

- 192.168.150.0/24
- 192.168.151.0/24
- 192.168.152.0/24
- 192.168.153.0/24

In diesem Beispiel müsste man die 4 Adressen auf jeweils **2 Supernetze** aufteilen:

```
access-list acl_permit permit ip 192.168.146.0 0.0.1.255
access-list acl_permit permit ip 192.168.148.0 0.0.1.255
```

## Verarbeitung von ACLs

Das **Abgleichen von Regelsätzen** in einer ACL geht immer der Reihenfolge von **oben nach unten** durch. Trifft eine Regel zu, wird diese sofort angewandt. Trifft keine Regel zu, wird durch eine **implizite deny** any Regel der Datenverkehr verworfen. Diese Regel ist bei jeder ACL am Ende vorhanden und muss **nicht** explizit gesetzt werden.

Erstellt man eine ACL oder bearbeitet diese und fügt neue Regelsätze hinzu, dann werden diese **standardmäßig am Ende der ACL** angehängen. Es gibt jedoch Möglichkeiten je nach ACL-Typ die Regeln an entsprechende Positionen zu packen. Grundsätzlich gilt folgende **Best-Practice-Regel**:

### Zitat

Order ACL with multiple statements from most specific to least specific.

## Standard-ACL

- Standard-ACLs wurden bereits vor der Cisco IOS-Version 8.3 benutzt.
- Sie besitzen einen anwendbaren Zahlenbereich von **1 - 99** und **1300 - 1999** (erweiterter Zahlenbereich).
- Sie arbeitet **ausschließlich** mit Quell-Adressen. Die ACL-Maske kann dabei optional und kann weggelassen werden.
- Die Standard-ACL besitzt zwar wie alle anderen ACLs eine implizite **deny any**-Regel, ist wird jedoch vorausgesetzt, dass am Ende jeder Standard-ACL eine **permit any**-Regel geschrieben wird.
  - Ansonsten wird sämtlicher Datenverkehr blockiert!

Die Syntax ist wie folgt:

```
access-list <access-list-number> {permit|deny} {host|source source-wildcard|any}
```

Eine solche Konfiguration einer Standard-ACL sieht wie folgt aus:

```
access-list 99 deny host 172.16.0.55
access-list 99 permit any
```

## Erweiterte ACLs

- Erweiterte ACLs sind seit der Cisco IOS Version 8.3 verfügbar
- Anders als bei der Standard-ACL wird hier nach **Quell- und Ziel-Adresse** gefiltert. Optional kann noch das Protokoll und der Port angegeben werden.
- Der anwendbare Zahlenbereich für erweiterte ACLs liegt bei **100 - 199** und **2000 - 2699** (erweiterter Zahlenbereich).
- Auch diese ACL besitzt ein implizites **deny any any** am Ende. Auch hier wird empfohlen, ein **permit any any** am Ende der ACL zu konfigurieren, um sonstigen Datenverkehr zuzulassen.
  - Kann aus Sicherheitsgründen auch entfallen

Die Syntax ist wie folgt:

```
access-list <access-list-number> {permit|deny} {ip|tcp|udp} <source> <source-wildcard-mask> <destination> <destination-wildcard-mask> <protocol>
```

Die Syntax kann, je nach ACL-Einstellung auch noch um weitere Parameter wie **timeout**, **tos** **log** etc. ergänzt werden.

Eine solche Konfiguration einer erweiterten ACL kann wie folgt aussehen:

```
# Lasse sämtlichen Datenverkehr von 192.168.1.2 nach 172.16.0.55 zu
access-list 100 permit ip host 192.168.1.2 host 172.16.0.55
# Lasse HTTPS-Datenverkehr von 192.168.1.0/24 nach 172.16.1.3 zu
```

```
access-list 100 permit tcp 192.168.1.0 0.0.0.255 host 172.16.1.3 eq 443
# Lass ICMP-Echo Antworten nicht zu
access-list 100 deny icmp any any echo
```

#### Bemerke:

- Bei **ICMP** muss anstatt des Ports der entsprechende ICMP-Code eingetragen werden!
  - Sämtliche ICMP-Codes können bei der [IANA](#) nachgeschaut werden.
- Es gibt auch die Möglichkeit, anstatt die Ports mit ihrer Zahl konfigurieren, die dahinterstehende Anwendung auch beim Namen zu nennen. Dies gilt auch für ICMP-Codes.
  - Das funktioniert jedoch ausschließlich für **standardisierte Ports** wie:
    - http / https: 80 / 443
    - telnet: 23
    - ssh: 22
    - Etc.

## ACL Namen anstatt Zahlen

Anstatt die Nummern-Bereiche für die entsprechenden ACLs zu benutzen, ist es auch möglich **Namen** zu verwenden. Das macht den Einsatz und Wieder-Erkennungswert von ACLs deutlicher. Das Verwenden von ACLs mit einem Namen birgt zudem einige Vorteile:

- **Benutzung von Namen anstatt Nummern:** Wie bereits gesagt verbessert das den Wieder-Erkennungswert. Dadurch können ACLs besser beschrieben werden.
- **Neu anordnen der Regeln:** Bei der Benutzung von nummerierten ACLs ist es **nicht** möglich die Regeln an andere Stellen zu packen. Um Regeln in nummerierten ACLs umzustellen, müssen die entsprechenden ACLs zuerst gelöscht und dann mit der entsprechenden neuen Reihenfolge neu erstellt werden.
  - Hierbei ist es jedoch wichtig, dass man die ACL vorher abspeichert!
- **Löschen von ACL-Einträgen:** Bei der Benutzung von nummerierten ACLs ist es **nicht** möglich die Regeln zu löschen. Diese können jedoch mit dem **no**-Keyword bei **benannten** ACLs entsprechend gelöscht werden.

Die Konfiguration von ACLs mit Namen unterscheidet sich leicht zu den nummerierten ACLs:

**Standard-ACLs:** Standard ACLs können von Extended-ACLs durch das Keyword **standard** im Kommando unterschieden werden.

```
conf t
ip access-list standard my_standard_acl      # Enter
remark my rules for the standard acl
permit 172.16.0.0 0.0.255.255
deny any
exit
```

**Extended-ACLs:** Extended ACLs können von Standard-ACLs durch das Keyword **extended** im Kommando unterschieden werden.

```
conf t
ip access-list extended my_extended_acl      # Enter
remark my rules for the extended acl
permit tcp 192.168.1.0 0.0.0.255 172.16.0.254 0.0.0.0 eq https
deny any any
exit
```



## Anwendung von ACLs

Wie bereits erwähnt werden ACLs auf Interfaces angewandt. Dabei gibt es zwei Ausrichtungen:

- **Inbound (In):** Datenverkehr, welcher am Interface ankommt und nach *innen* weiterverarbeitet werden soll. Z.B. Public-Datenverkehr nach Intern.
- **Outbound (Out):** Datenverkehr, welcher am Interface ankommt und nach *draußen* weiterverarbeitet werden soll. Z.B. Interner Datenverkehr nach Public.

Bereits definierten ACLs werden wie folgt für Interfaces konfiguriert:

```
conf t
ip access-list extended my_acl
remark acl for webservices
permit any 172.16.0.254 0.0.0.0 eq https
deny any any
exit

ip access-list extended my_acl_web
remark acl for webserver to public
permit host 172.16.0.254 any any
exit

int gi1/0/2
ip access-group my_acl in
ip access-group my_acl_web out
```

**Tipp:** Mittels des Keywords **remark** können Kommentare zu ACL-Einträge verfasst werden. Jedoch können diese selbst in ACLs mit Namen **nicht die Position wechseln!** Daher sollte **vor** einer neuen Regel, welche beschrieben werden soll, der Kommentar erfolgen!

## ACL - Best Practices

- ACLs sollten immer zuerst konfiguriert werden, bevor diese auf Interfaces angewandt werden. Das kann Fehler oder auch Aussperrungen vermeiden.
- **Extended** ACLs sollten immer **nahe der Quelle** platziert werden. Hier findet meistens eine feinere, granularere Abstimmung von Regelsätzen für den Datenverkehr statt.
- **Standard** ACLs sollte immer **nahe des Ziels** platziert werden. Hier findet meistens eher eine grobere Abstimmung von Regelsätzen für den Datenverkehr statt.
- ACL-Regelsätze sollten von **meist benutzt** nach **wenig benutzt** sortiert werden. Das vermeidet unnötige Rechenkapazität bei der Begutachtung der Regeln für den zu evaluierenden Datenverkehr.
- Es können **maximal 2** ACLs auf **einem Interface** angewandt werden. Darunter je 1 für inbound und outbound.
- Eine ACL sollte **mindestens eine permit-Regel** besitzen. Ansonsten wird sämtlicher Datenverkehr blockiert.
- Eine **deny any any**-Regel ist zwar, durch das implizit gesetzte **deny any any** nicht nötig, sollte aber dennoch für das allgemeine Verständnis gesetzt werden.
- Standard- und Erweitere-ACLs können **nicht den gleichen** Namen besitzen.

## Quellen

- [https://www.cisco.com/c/de\\_de/support/docs/security/ios-firewall/23602-confaccesslists.html](https://www.cisco.com/c/de_de/support/docs/security/ios-firewall/23602-confaccesslists.html)
- <https://community.cisco.com/t5/networking-knowledge-base/access-control-lists-acl-explained/ta-p/4182349>
- [https://content.cisco.com/chapter.sjs?uri=/searchable/chapter/content/en/us/td/docs/ios-xml/ios/sec\\_data\\_acl/configuration/x3e/sec-data-acl-x3e-book/sec-acl-named.html.xml](https://content.cisco.com/chapter.sjs?uri=/searchable/chapter/content/en/us/td/docs/ios-xml/ios/sec_data_acl/configuration/x3e/sec-data-acl-x3e-book/sec-acl-named.html.xml)

# Cisco - Passwort vs. Secret

---

Standardmäßig sind Cisco-Geräte wie Router oder Switches **nicht** passwortgeschützt. Das bedeutet, dass ein Zugriff auf das Gerät als auch in den erhöhten EXEC-Modus **ohne Authentifizierung** stattfinden kann. Da dies jedoch ein **enormes Sicherheitsrisiko** darstellt, werden Passwörter benutzt, um diese Bereiche abzusichern. Bei Cisco-Geräten gibt es zwei Methoden, um Passwörter zu setzen:

1. Mittels dem `enable password`-Kommando
2. Mittels dem `enable secret`-Kommando

Doch es gibt einen großen Unterschied, welcher im Nachfolgenden erklärt wird.

## Das Password-Kommando

Zu Beginn wurden Cisco-Geräte **ausschließlich** mit dem Password-Kommando hergestellt. Dieses Kommando setzt ein Passwort für die verschiedenen zu sichernden Bereiche (1-15). Das Problem ist jedoch, dass dieses im **Klartext** in die Running / Startup-Config geschrieben wird. Somit kann es einfach ausgelesen werden.

Damit dies verhindert wird, hat Cisco **Passwortsicherheitstypen** als auch den Befehl `service password-encryption` eingeführt. Mit dem Kommando `service password-encryption` werden alle im Klartext gespeicherten Kennwörter **verschlüsselt**. Dies ist zwar im Vergleich zum vorherigen Verfahren eine gute Verbesserung, da dieses mit einer einfachen **Vigenère-Verschlüsselung** verschlüsselt wurde. Heutzutage existieren jedoch einige Programme, die eine solche Verschlüsselung **brechen** können. Damit das Risiko für das Auslesen oder der Entschlüsselung des Passworts gemindert werden kann, wurde das `secret`-Kommando eingeführt.

## Das Secret-Kommando

Das **Secret**-Kommando löst das ursprüngliche **Password**-Kommando ab. Aus historischen Gründen und für Entwicklungsumgebungen ist das Password-Kommando immer noch im Cisco IOS enthalten. Es wird jedoch ausdrücklich geraten dieses **nicht mehr einzusetzen**. Stattdessen soll das Secret-Kommando als Passwort benutzt werden. Das Secret-Kommando ist ein zweites Passwort, welches auf dem System hinterlegt wird. **Existiert** bereits ein Passwort, welches durch das **Password-Kommando** gesetzt wurde, wird dieses vom **Secret-Kommando abgelöst**. Wie beim Password-Kommando gibt es auch beim Secret-Kommando unterschiedliche **Passwortsicherheitstypen**. Zu benutzende Sicherheitstypen bei Cisco sind:

- **Typ 5** → MD5-Hash (**nicht empfohlen**)
- **Typ 8** → PBKDF2 ()
- **Typ 9** → SCRYPT (**empfohlen**)

## Secret-Verschlüsselungstypen erklärt

Generell wird **abgeraten** andere Verschlüsselungstypen, die **nicht** den oben genannten entsprechen, für Cisco-Geräte **weiter einzusetzen**. **MD5** wird zwar mit einem **zusätzlichem Salt**<sup>[1]</sup> versehen, ist dennoch weiterhin ein schnell zu berechnbarer Hash-Algorithmus. Auch hier gibt es bereits ein paar Programme, welche es schaffen MD5-Hashes umzukehren.

Deswegen und daher, dass MD5 bereits im Jahr **2008** von der IETF (Internet Engineering Task Force) als **unsicher** begutachtet wurde, wird auch davon **abgeraten**, MD5 weiter als Passwort-Hash einzusetzen. MD5 sollte **nur dann** eingesetzt werden, wenn es **keinen weiteren verfügbaren Hashalgorithmus** zur Verfügung steht. Auch beim sichereren PBKDF2-Hashalgorithmus scheiden sich in der Sicherheit der Verwendung die Gemüter, da es, je nach **Stärke der Verschlüsselung** schneller oder langsamer mittels eines **Bruteforce-Angriffs** entschlüsselt werden kann. Daher wird auch davon abgeraten PBKDF2 zu benutzen.

Als letzte Option bleibt daher **SCRYPT**. SCRYPT ist die empfohlene Variante, um Passwörter **sicher** zu verschlüsseln. Zwar ist kein Algorithmus vor einer Brute-force-Attacke sicher, jedoch macht SCRYPT es einem Angreifer besonders schwer an das Passwort zu gelangen. Denn SCRYPT sorgt mit seiner Berechnung dafür, dass eine hohe Menge an Hardware-Ressourcen benötigt werden, um überhaupt eine Chance zu besitzen die Verschlüsselung brechen zu können.

**DAHER WIRD DAZU GERATEN ALLE ALTEN UND NEUEN PASSWÖRTER MITTELS SCRYPT ZU VERSCHLÜSSELN.**

## Quellen

- <https://community.cisco.com/t5/networking-documents/understanding-the-differences-between-the-cisco-password-secret/ta-p/3163238>
- <https://learningnetwork.cisco.com/s/article/cisco-routers-password-types>
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Scrypt>
- <https://security.stackexchange.com/questions/19906/is-md5-considered-insecure>
- <https://www.section.io/engineering-education/what-is-md5/>
- <https://www.oreilly.com/library/view/hardening-cisco-routers/0596001665/ch04.html>

## DNS - Domain Name System

---

### DNS - Quick Facts

- **Osi-Schicht:** 7
- **Ports:**
  - 53 (TCP / UDP)
  - 853 TLS - TCP
  - 853 DTLS - UDP
- **Standards:**
  - [RFC 1034](#)
  - [RFC 1035](#)

### Einleitung - Was ist DNS?

Das **D**omain **N**ame **S**ystem (DNS) ist ein integraler Bestandteil des Internets. Ohne diesen würde das Internet so in der heutigen Form nicht funktionieren. DNS beschreibt die Übersetzung eines Namens wie z.B. [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org) in die zugehörige IPv4 / IPv6 Adresse **91.198.174.192 / 2620:0:862:ed1a::1**. Um *DNS* auszuführen werden entsprechende DNS-Server eingesetzt. Von diesen gibt es weltweit **mehrere tausende** und sie besitzen unterschiedlichste Funktionen und Aufgaben.

### Die Zeit vor dem DNS

Bevor es das DNS gab, zu Zeiten des [ARPANETs](#) (Vorgänger des Internets) wurden, wurden Namensauflösungen von **Webseiten** oder einfachen **Computernamen** anhand der sogenannten **Host**-Datei aufgelöst. Die Host-Datei ist eine Datei, welche -auch heute noch- auf dem Betriebssystem des Computers bzw. eines zentralen Computers abgelegt ist. Sie enthält alle Einträge, welche ein Systemadministrator für wichtig hielt einzutragen.

Und genau hier liegt der Knackpunkt. Denn mit der Host-Datei kommen folgende Probleme auf:

- Ein **Einzelner** konnte bestimmen, welche Einträge in der Host-Datei existieren und welche nicht → **Kein Schutz vor Manipulation**.
- Es gab keine zentrale Verwaltung der unterschiedlichen Namens-Zuordnungen.
- Bei **steigender** Hostanzahl wurde die **manuelle** Administration deutlich schwieriger.
  - Dadurch wurde die Aktualität der Host-Datei gefährdet.
- Die Host-Datei wurde **manuell** gepflegt. Es gab keine automatisch anpassbaren Lösungen.

Diese Probleme zeigten schnell Grenzen der Benutzung der lokalen Host-Datei auf, weshalb ein neues, (de-) zentrales System mit einer besseren Namensordnung entwickelt werden musste. Dies ist als das heutige **Domain Name System** bekannt.

## Die Domain

Ein integraler Bestandteil des Domain Name System ist natürlich die **Domain**. Eine Domain ist ein Bereich, welcher Computernamen verwaltet und diese entsprechend hierarchisch gliedert. Ein wichtiger Bestandteil einer Domain ist der sogenannte **Domain-Name**.

Der Domain-Name wird dazu verwendet, um bestimmte Computer innerhalb des Domain-Namen zugeordneten Bereichs zu identifizieren. Sie wird ebenfalls im sogenannten Uniform Resource Locator (URL) verwendet, welcher eine **einheitliche Angabeform für Ressourcen** innerhalb eines Netzwerks darstellt. Ein URL beginnt meistens mit dem Dienst, gefolgt von den unterschiedlichen Domain-Hierarchien und endet symbolisch mit einem Punkt, welcher jedoch weggelassen werden kann. Ein URL teilt sich dementsprechend wie folgt auf: `computername.sub-level-domain.second-level-domain.top-level-domain.` bzw. `dienst.sub-level-domain.second-level-domain.top-level-domain..` Die `sub-level-domain` ist meist optional und muss nicht angegeben werden, wenn diese nicht existiert. Folglich sind folgende URLs meist anzutreffen:

- `ftp.data.de`
- `https://wikipedia.org`
- `www.wikipedia.org`
- `de.wikipedia.org`

Die hier aufgelisteten Beispiele werden auch als **Fully Qualified Domain Name** (FQDN) bezeichnet.

**Bemerke:** Bei einer Namensauflösung wird der FQDN von **rechts nach links** gelesen. Für das Beispiel `www.wikipedia.org` würde dies wie folgt aussehen: `.org.wikipedia.www` bzw. `org.wikipedia.www.`

Wie bereits angedeutet gibt es unterschiedliche Domain-Arten. Dabei sind die **Second-Level-Domain** (SLD) und **Top-Level-Domain** (TLD) am bekanntesten und immer verwendet, wenn ein Computernamen aufgerufen wird.

### Top-Level-Domain

Die TLD ist in der DNS-Baum-Hierarchie an zweiter Stelle. Hier eingesetzte Server verwalten Namensbereiche, welche wie `.de`, `.org` oder auch `.uk` verwalten. Dabei muss man zwischen zwei Arten von TLDs unterscheiden:

1. **ccTLD:** Ausgeschrieben bedeutet das "*Country Code Top-Level-Domain*" und beschreibt Ländercodes, die nach [ISO 31166-1](#) spezifiziert sind.
2. **gTLD:** Ausgeschrieben bedeutet das "*Generic Top-Level-Domain*" und beschreibt generische bzw. geografische TLDs.

#### Auflistung an ccTLDs:

Domain	Land
at	Österreich
au	Australien
cc	Kokos-Inseln
ch	Schweiz
de	Deutschland
fr	Frankreich

Domain	Land
gb	Groß-Britannien
ie	Irland
it	Italien
li	Lichtenstein
...	...

#### Auflistung an gTLDs:

Domain	Organisationsform
aero	Lufttransportindustrie
arpa	Alte ARPANET Domäne
biz	Buiseness
com	Kommerzielle Domain
gov	Regierungsstelle der vereinigten Staaten von Amerika
net	Nutzspezifische Angebote und Dienste
org	Nicht kommerzielle Unternehmen, Projekte
...	...

#### Second-Level-Domain

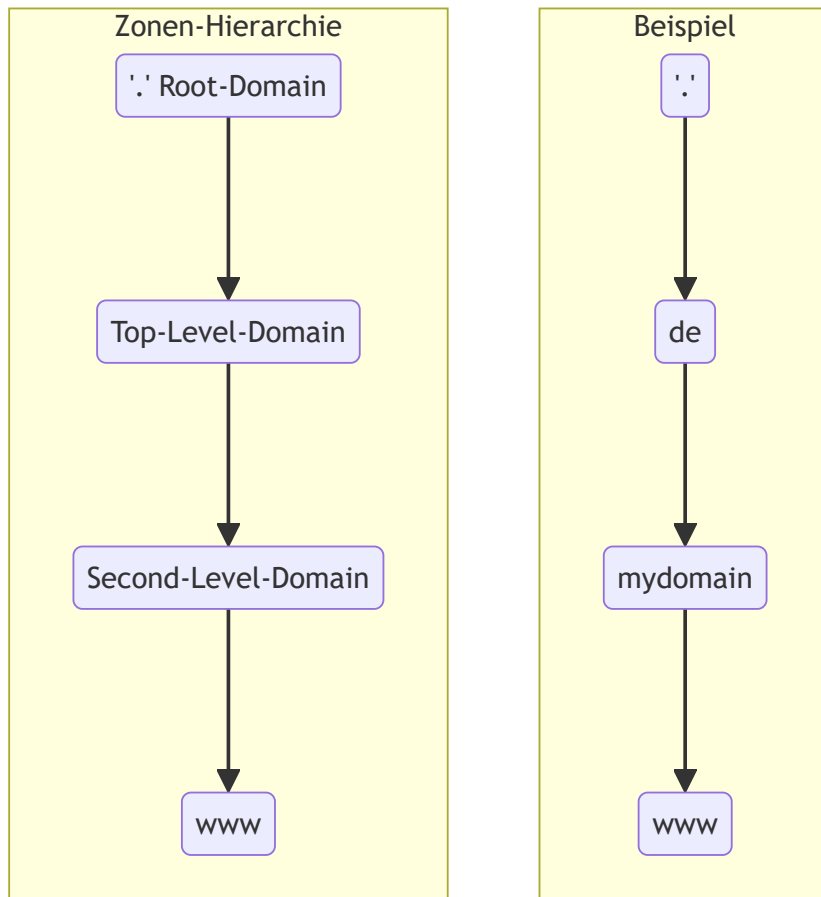
Die SLD ist in der DNS-Baum-Hierarchie an dritter Stelle. Hier existierende Namensbereiche können von jedem frei erfunden und registriert werden. Wichtig ist jedoch, dass eine SLD unterhalb einer TLD **eindeutig** sein muss. Eine Vergabe von doppelten Namen kann auflösende Namen durcheinanderbringen.

### DNS-Zone

Eine DNS-Zone ist ein **Verwaltungs-** bzw. **Verantwortungsbereich** eines DNS-Servers. In einer Zone befindet sich mindestens ein DNS-Server. Ein DNS-Server kann zudem auch mehrere Zonen besitzen. Innerhalb jeder Zone existiert die **komplette** Datenbasis für einen bestimmten Bereich des Domänen-Namensraums.

Die Daten der DNS-Zone wird in einer sogenannte **(DNS-) Zonendatei** lokal auf dem DNS-Server gespeichert. Dabei handelt es sich um eine Textdatei, welche die Einträge zeilenweise pflegt und nur wenige Megabytes groß ist. Pro Zeile können entweder Kommandos, gekennzeichnet an einem **\$**-Symbol, vorkommen, welche Aktionen wie **INCLUDE**-Statements ausführen oder einfache DNS-Einträge (Resource Records).

Die Zonen der Baum-Hierarchie sehen dabei wie folgt aus:



## Zoneneinträge

Jeder einfache DNS-Eintrag innerhalb einer DNS-Zone wird als **Resource Record** bezeichnet. Jeder Resource Record bezieht sich auf einen bestimmten **Record-Type**, welcher bestimmte Informationen enthält.

Die Record-Types sind wie folgt:

Record-Type	Eintrag
A	IPv4-Adresse
AAAA	IPv6-Adresse
CNAME	Verweis; Weiterleitung; Alias; Verweis von einem Namen auf einen anderen Namen
MX	Zuständiger Mailserver für die Zone (Mail Exchange)
NS	Zuständiger Nameserver für die Zone
SRV	Server für einen Dienst im Windows-AD
PTR	Weist einer IP-Adresse einen Namen zu. (IPv4 → <b>IN-ADDR-ARPA</b> , IPv6 → <b>IPv6.ARPA</b> )
TXT	Liefert einen Text zurück
SOA	Ansprechpartner und Parameter zur abgefragten Zone (Start of Authority)

## DNS-Cluster

Damit die Zonen-Dateien auf unterschiedlichen Servern in den unterschiedlichen Domain-Level-Bereichen gleich sind und redundant gespeichert werden, werden Server, die einer gleichen Domain zugeordnet sind, in Clustern

zusammengeschlossen. Dies erhöht die Redundanz und vermindert die Ausfallswahrscheinlichkeit. Zudem werden die Zonendateien über die jeweiligen Server entsprechend abgeglichen und aktuell gehalten.

DNS-Server-Cluster werden dabei in zwei Gruppen eingeteilt:

1. **Primary:** Hier werden die Zonendateien gespeichert, angepasst und modifiziert. Die Primary-DNS-Server sind zudem jene, welche bei einer Namensauflösung zuerst angesprochen werden. Sie teilen ihre Zonendatei mit anderen, in der gleichen Domain befindlichen Primary-Servern.
2. **Secondary:** Die Secondary-DNS-Server sind dafür da, um die entsprechenden Zonendateien abzuspeichern. Sie dienen ausschließlich als Zonendatei-Backup.

## DNS-Server Arten

Den einen DNS-Server gibt es so nicht, denn es gibt unterschiedliche DNS-Server, die unterschiedliche Aufgaben übernehmen. Jedoch ist zwischen zwei Haupt-DNS-Arten zu unterscheiden:

1. Autoritative DNS-Server
2. Nicht-autoritative DNS-Server

### Autoritativer DNS-Server

Ein autoritativer DNS-Server speichert alle DNS-Informationen für seine befugte Zone. Das bedeutet, dass dieser die **Endstation** einer DNS-Anfrage ist. **Er besitzt die Informationen, um den jeweiligen DNS-Namen in eine IP-Adresse aufzulösen.** Daher gilt die Kommunikation bzw. die Antwort als **verbindlich / gesichert** (autoritativ).

### Nicht-autoritativer DNS-Server

Ein nicht-autoritativer DNS-Server ist **nicht selbst** für die DNS-Zone verantwortlich und bedient sich für die Namensauflösung daher an Dritte (DNS-Server) derer DNR-Einträge (Resource Records). DNS-Einträge, welche er aufgelöst hat, werden dabei für eine bestimmte Zeit (**TTL** → Time to Live) im Cache (RAM) gespeichert des DNS-Servers gespeichert. Da sich die Einträge der ursprünglichen Zonendatei in der Zwischenzeit jedoch ändern kann, gelten die abgefragten Informationen als **nicht gesichert** und daher auch als **nicht-autoritativ**.

Bei dieser Vorgehensweise nimmt der DNS-Server die Rolle eines **Resolvers** ein, weshalb dieser auch als **DNS-Resolver** bezeichnet wird.

### Weitere DNS-Server Arten

**Root-DNS-Server:** Der Root-DNS-Server ist ein **autoritativer** Server, welcher sich um die Root-Zone kümmert. Er besitzt alle Einträge für die TLD-Server weltweit. Ohne diesen wäre das DNS-Netzwerk nicht möglich.

**TLD-DNS-Server:** Der TLD-DNS-Server ist ebenfalls ein **autoritativer** Server, welcher alle Second-Level-Domain-Server / Namen für seine entsprechende Zone besitzt.

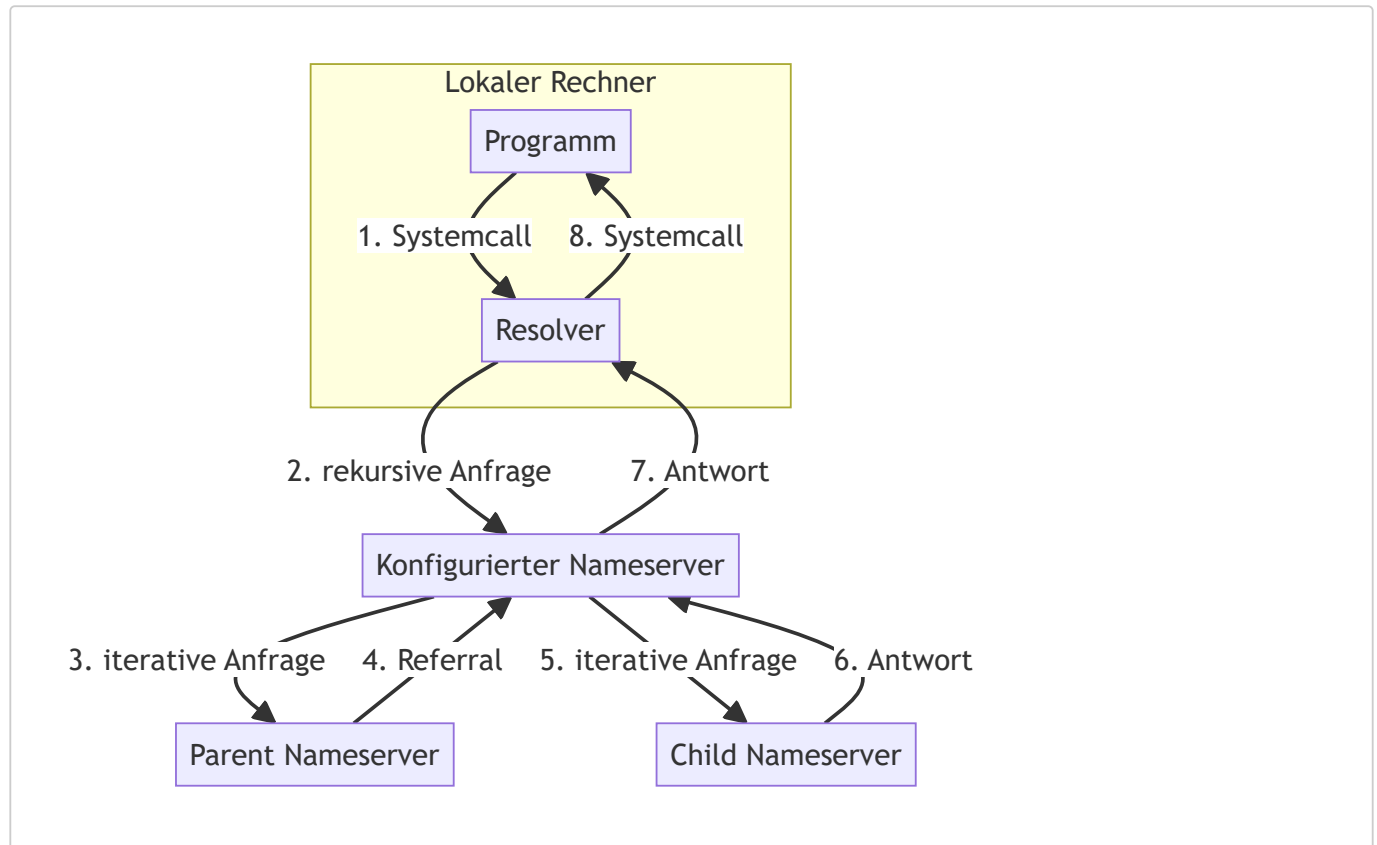
### DNS-Resolver

Ein **Resolver** ist per se kein DNS-Server, sondern vielmehr eine **ogrammschnittstelle** (Vermittlungsstelle) für Anwendung und DNS. Die Aufgabe des Resolvers ist es, sich mit den entsprechenden autoritativen DNS-Servern auseinanderzusetzen, um die jeweilige IP-Adresse zu bekommen. Dabei besitzt dieser auch zwei Methoden:

1. **Rekursives Resolving**
  1. Kontaktiert den zugeordneten Nameserver
  2. Wenn dieser die Adresse nicht im Datenbestand hat, fragt der Nameserver weitere Nameserver ab.
  3. Dies geht solange bis entweder der Adressname aufgelöst wird oder eine negative Antwort eines autoritativen DNS-Servers zurückkommt.
2. **Iteratives Resolving**

1. Entweder bekommt der Resolver den entsprechenden Resource Record direkt vom DNS-Cache mitgeteilt oder er bekommt eine Adresse eines weiteren Nameservers zurück.
2. Im zweiten Fall würde der Resolver so lange Nameserver nach Nameserver abfragen, bis dieser eine verbindliche Antwort enthält.
3. Dabei werden die Anfragen meist eine Instanz höher (eine Zone nach oben) weitergeleitet, um die Adresse aufzulösen.

**Bemerke:** Das Iterative-Verfahren wird kaum für Resolver oder Clients eingesetzt, da diese damit nicht umgehen können. Deshalb wird das Verfahren nur unter DNS-Servern eingesetzt.



## Funktionsweise eines DNS-Lookups

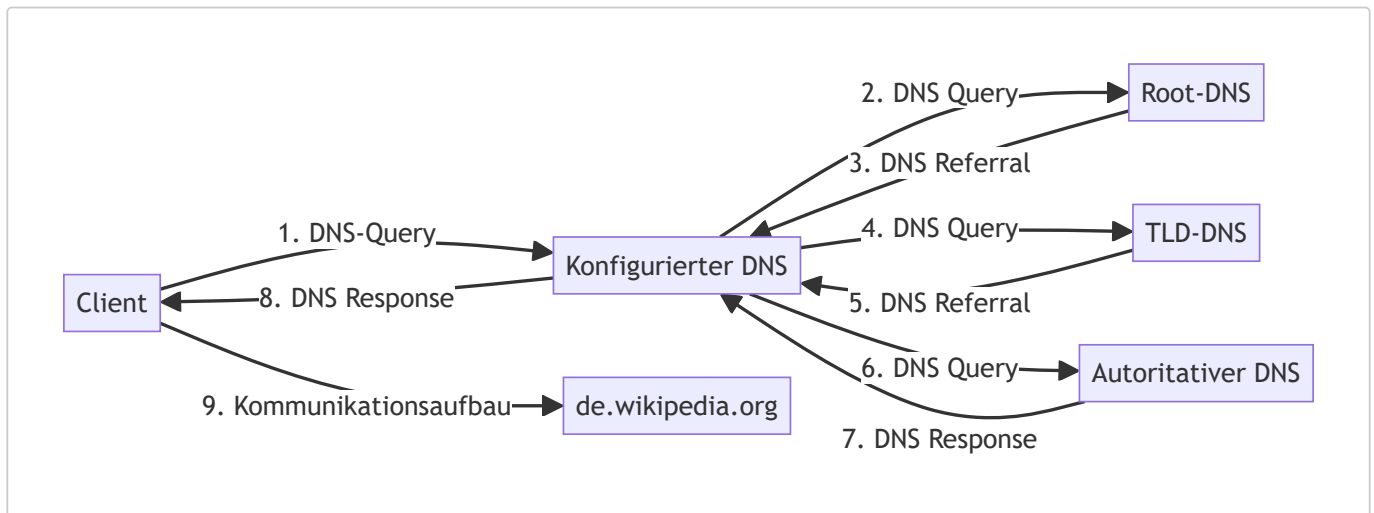
**Bemerke:** Nachfolgender Ausschnitt wurde größtenteils von Wikipedia übernommen!

Angenommen, ein Rechner X (Zur Einfachheit: Alice) möchte eine Verbindung zu [de.wikipedia.org](https://de.wikipedia.org) (Rechner Y, zur Einfachheit: Bob) aufbauen. Dazu braucht er dessen IP-Adresse. Falls Alice IPv6-fähig ist, läuft der Vorgang zunächst für IPv6 (AAAA-Record) und **sofort** danach für IPv4 (A-Record) ab. Falls am Ende eine IPv6 **und** eine IPv4 Adresse für Rechner Y ermittelt wurde, wird i.d.R. laut der Default Policy [RFC 6724](https://tools.ietf.org/html/rfc6724) die Kommunikation zwischen Alice und Bob über IPv6 bevorzugt, es sei denn im Betriebssystem oder in den benutzten Anwendungen, wie z.B. ein Webbrowser, wurde dieses Verhalten anders eingestellt.

1. Alice sucht in ihrer lokalen *host*-Datei nach dem Eintrag [de.wikipedia.org](https://de.wikipedia.org). Falls dieser nicht existiert, fragt Alice bei ihrem konfigurierten DNS-Server (konfigurierter DNS-Server) nach.
2. Hat der DNS-Server die IP-Adresse von Bob zwischengespeichert, antwortet er mit dieser und beendet die Kommunikation. Andernfalls fragt er bei einem Root-Server nach [de.wikipedia.org](https://de.wikipedia.org).
3. Der Root-Server findet heraus, dass [de.wikipedia.org](https://de.wikipedia.org) zur TLD [.org](https://de.wikipedia.org) gehört und schickt die Adresse des zuständigen Nameservers an den Alices konfigurierten DNS-Servers zurück (NS Resource Record und AAAA oder A Resource Record)
4. Nun fragt der konfigurierte DNS-Server von Alice den zurückbekommenen Nameserver für die [.org](https://de.wikipedia.org)-Zone nach [wikipedia.org](https://de.wikipedia.org) an.



- Der ".org"-Nameserver findet den Eintrag von "wikipedia.org" und sendet den autoritativen Nameserver mit IP-Adresse zurück an den DNS von Rechner X.
- Anschließend fragt der konfigurierte DNS-Server von Alice den autoritativen Nameserver von **wikipedia.org** nach **de.wikipedia.org**.
- Der autoritative Nameserver von **wikipedia.org** schickt die IP-Adresse für **de.wikipedia.org** zurück an den konfigurierten DNS-Server von Alice.
- Der konfigurierte DNS-Server von Alice sendet anschließend an Alice.
- Alice kann anschließend mit Bob (**de.wikipedia.org**) eine Kommunikation aufbauen.



## Sichtbarkeit

DNS-Server können einerseits **privat** andererseits **öffentlich** betrieben werden. Im folgenden werden die Unterschiede gezeigt:

Public DNS	Private DNS
Öffentlich zugänglich	Nur für private Nutzer eines (Unternehmens-) Netzwerks
Wird durch keine Firewall blockiert	Ist in einem internen (Unternehmens-) Netzwerk. Befindet sich hinter einer Firewall
Wird mittels öffentlichen IP-Adressen angesprochen	Besitzt private IP-Adresse
Lösen öffentliche Adressen auf	Lösen private und öffentliche Adressen auf

## Angriffsvektoren

Nachfolgend werden zwei Angriffsszenarien gezeigt. Es gibt natürlich noch weitere Angriffsmöglichkeiten, als hier dargestellt.

### Distributed Denial of Service (DDoS)

Hier werden meist Botnetzwerke benutzt, um einen DNS-Server mit vielen Anfragen zu fluten und die **Systemressourcen stark zu belasten**, bis dieser, im (aus Angreifersicht) Best-Case abstürzt. Zwar sind vor allem Root-DNS-Server sehr performante DNS-Server, können jedoch bei einem großflächigem Angriff temporär ausfallen. Daher ist es wichtig DNS-Server in **Cluster** zu stecken, um die **Ausfallsicherheit** zu erhöhen.

Ein DDoS-Angriff kann ebenfalls in Verbindung mit anderen Angriffen erfolgen.

### DNS-Spoofing - Cache Poisoning

*Cache Poisoning* beschreibt ein Vorgehen, bei welchem der Angreifer versucht dem DNS-Server eine **gefälschte IP-Adresse** für einen DNS-Namen unterzubringen. Dadurch können DNS-Anfragen von unwissenden Clients auf die entsprechende Adresse auf das **Ziel des Hackers** umgeleitet werden. Dieser kann z.B. eine entsprechende Webseite so präparieren, sodass diese täuschend echt zur Originalseite ist. Hier geben Unwissentliche ihre **geheimen Informationen** an, die der Hacker anschließend missbrauchen kann.

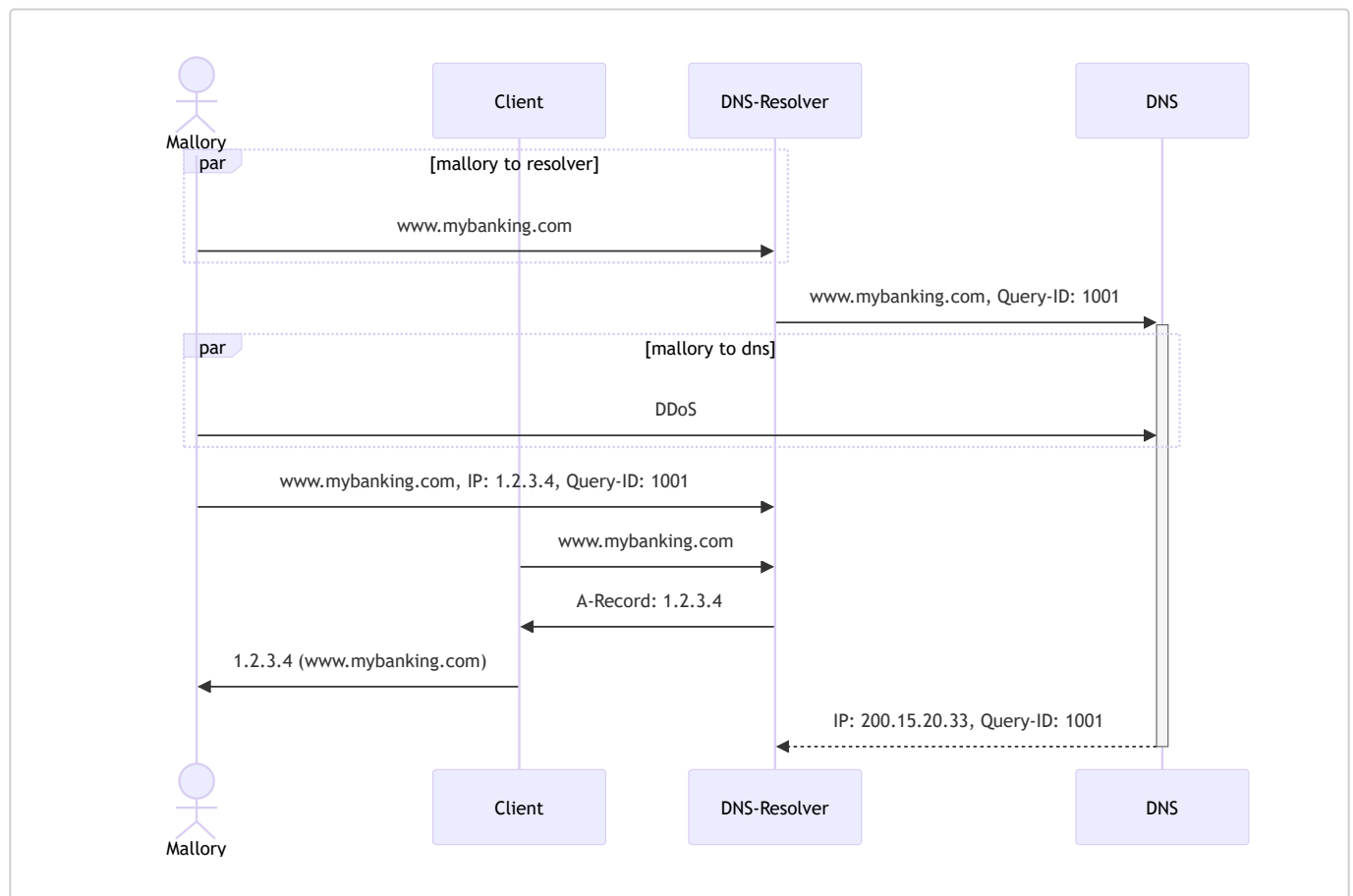
### Ein möglicher Ablauf von Cache-Poisoning:

Der Angreifer sendet eine DNS-Anfrage an den entsprechenden lokalen DNS-Server. Dieser DNS-Name kann entweder eine existierende Seite oder eine ausgedachte sein. In beiden Fällen **muss** es jedoch ein DNS-Name sein, die der DNS-Server **aufösen muss**.

Sobald der Hacker seine DNS-Anfrage versendet hat und den entsprechenden Upstream-DNS-Server kennt, versucht er diesen z.B. mittels DDoS-Attacken zu beschäftigen, **sodass die Antwortzeit stark verlängert wird**. Während dieser Zeit versucht der Angreifer die präparierte IP-Adresse dem DNS-Server für den entsprechend angefragten DNS-Namen unterzubringen.

Problem ist jedoch, dass der DNS-Server eine **Query-ID** zu seinem Upstream-DNS-Server schickt, welche bei einer Antwort des Upstream-DNS als Authentitäts-Code benutzt wird. Ohne die entsprechende Query-ID kann der Angreifer seine präparierte IP-Adresse nicht als Antwort zum DNS-Server senden. Da DNS jedoch grundsätzlich **unverschlüsselt** ist, kann der Angreifer die Query-ID entweder mit einem **Sniffer** auslesen oder er **errät** diese. Das Erraten der Query-ID ist nicht umfangreich, da die Query-ID *nur* zwischen 1-65535 groß sein kann. Im Durchschnitt braucht man meist jedoch nur  $2^{16} / 2 = 32.768$  Versuche, um die richtige Query-ID zu erraten. Zudem wird das Erraten dadurch vereinfacht, dass mehrere Query-Antworten parallel geschickt werden können.

Hat der Angreifer die Query-ID des DNS-Servers erraten, schickt dieser auf die Anfrage des DNS-Servers seine präparierte IP-Adresse. Wenn nun ein User den entsprechenden DNS-Namen eingibt, wird dieser anstatt auf die Originalwebseite auf die gefälschte Webseite des Angreifer weitergeleitet. Hier kann der Angreifer nun die geheimen Daten abgreifen und entsprechend missbrauchen.



# Sicherheitserweiterungen

**Notiz Stand 07.11.2022:** Aufgrund der Komplexität und Länge der nachfolgenden Themen, wurden diese nur kurz beschrieben. Eine ausführliche Ausarbeitung ist noch geplant.

## Transaction Signature (TSIG)

TSIG beschreibt ein Verfahren, bei welchem die **Authentizität** von kommunizierenden DNS-Servern bewahrt werden soll. TSIG wird hauptsächlich zwischen **DNS-Servern** benutzt. Es funktioniert mittels symmetrischer Verschlüsselung. Um TSIG konfigurieren zu können, muss auf den entsprechenden DNS-Server mindestens ein Administrator-Zugriff bereitgestellt sein.

Auf den jeweiligen DNS-Servern muss ein **geteiltes Geheimnis** konfiguriert werden. Mit diesem berechnen die DNS-Server den **MD5-Hash** des zu verschickenden DNS-Pakets und hängen diesen an besagtes. Der jeweilige empfangende Server berechnet ebenfalls mit dem geheimen Schlüssel den MD5-Hash des empfangenen Pakets und überprüft beide Hashes. Sind sie **gleich**, ist die Authentizität **gewährleistet**. Unterscheiden sich die Hashes, wird die DNS-Anfrage nicht zurückgewiesen.

Grundsätzlich ist dies ein deutlich einfacheres Verfahren als **DNSSEC**, welches auf **Public-Key-Infrastructure** setzt. Jedoch ist der **Konfigurationsaufwand** bei vielen Servern **sehr hoch**, weshalb der Einsatz von PKI hier ein Vorteil besitzt. TSIG ist in [RFC 2845](#) beschrieben.

## DNS over https (DoH)

Beschreibt die Funktion, wie DNS über das **https-Protokoll** verwendet werden kann, um **Sicherheit und Authentizität** der DNS-Anfragen zu stärken. DoH ist in [RFC 8484](#) beschrieben.

## DNS over TLS (DoT)

Beschreibt die Funktion, wie DNS über TLS verwendet werden kann, um **Sicherheit und Authentizität** der DNS-Anfragen zu stärken. Es ist ähnlich zu DNS over https (DoH) und ist in [RFC 8310](#) und in [RFC 7858](#) beschrieben.

## DNSSEC

Beschreibt eine Reihe von Internetstandards zur Stärkung der DNS-Abfragen in **Authentizität** und **Integrität** der Daten, nicht aber der Server. Es wurde entwickelt, um **DNS-Poisoning-Angriffe** entgegenzuwirken. Für **Vertraulichkeit** ist DNSSEC **nicht** vorgesehen! DNS-Daten werden zudem **nicht verschlüsselt**!

## DNS-Zensur

In verschiedenen Ländern der Welt -so auch in Deutschland- werden ebenfalls DNS-Sperren für bestimmte Websites verhängt. Auch hier könnte man von einem *DNS-Poisoning* reden, da die Einträge entweder auf **andere Webseiten verwiesen** werden oder einfach **gesperrt** werden. Im letzteren Fall wird der abzufragende DNS-Name gegen eine **Sperrliste** (Blacklist) verglichen. Ist der DNS-Name dort enthalten, wird der Zugriff entsprechend **blockiert**. Es existieren jedoch DNS-Service-Provider, die darauf achten **zensurfrei** zu sein.

## Quellen

- [https://de.wikipedia.org/wiki/Domain\\_Name\\_System](https://de.wikipedia.org/wiki/Domain_Name_System)
- <https://www.ionos.de/digitalguide/server/knowhow/namensaufloesung-im-netz-was-ist-ein-dns-server/>
- <https://www.varonis.com/de/blog/was-dns-ist-wie-es-funktioniert-und-schwachstellen>
- <https://www.elektronik-kompodium.de/sites/net/0901141.htm>
- <https://aws.amazon.com/de/route53/what-is-dns/>
- <https://de.wikipedia.org/wiki/TSIG>

- <https://www.cira.ca/resources/anycast/guide-how/using-transaction-signatures-tsig-secure-dns-server-communication>
- [https://de.wikipedia.org/wiki/Cache\\_Poisoning](https://de.wikipedia.org/wiki/Cache_Poisoning)
- [https://en.wikipedia.org/wiki/DNS\\_over\\_HTTPS](https://en.wikipedia.org/wiki/DNS_over_HTTPS)
- [https://en.wikipedia.org/wiki/DNS\\_over\\_TLS](https://en.wikipedia.org/wiki/DNS_over_TLS)
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Domain\\_Name\\_System\\_Security\\_Extensions](https://en.wikipedia.org/wiki/Domain_Name_System_Security_Extensions)
- <https://www.ionos.de/digitalguide/server/knowhow/dns-zone/>
- <https://www.elektronik-kompodium.de/sites/net/1910181.htm>

## Domain und Domaincontroller

---

**Hinweis:** Der nachfolgende Text entspricht fast 1:1 dem aus der Quelle <https://www.ip-insider.de/was-ist-ein-domaincontroller-a-626094/> stammenden Text.

### Was ist eine Domain?

Innerhalb eines Unternehmensnetzwerks gibt es viele Netzwerkressourcen wie Drucker, Server, Anwendungen u.v.m. Um diese Geräte und dessen Benutzern bzw. die Benutzerzugriffe zu verwalten, werden diese zu einem (oder mehreren Netzwerk-) Domains zusammengefasst. Diese Netzwerkdomains kommen in Unternehmensnetzwerken zum Einsatz, um die **Struktur des Unternehmens nachzubilden**. Es handelt sich hierbei um voneinander administrativ **klar abgegrenzte** Netzwerkbereiche, in denen User unterschiedliche Rechte- und Sicherheitsrichtlinien erhalten. Zur Unterscheidung der Domains besitzen diese **eindeutige Namen**.

Dadurch entstehen **zentral verwaltete Sicherheitsbereiche** mit administrierten Ressourcen. Die Netzwerkdomains sind **hierarchisch** strukturiert und verwenden sogenannte "*Domaincontroller (DC)*" für die Zuteilung der Benutzerrechte. Ein Vorteil der Netzwerkdomain ist, dass die verschiedenen Informationen und Richtlinien zu den unterschiedlichen Objekten **nicht mehr lokal** auf den jeweiligen Rechner selbst, sondern **zentral verwaltet werden**. Die Domain sorgt für die Authentisierung und ermöglicht die Umsetzung des Berechtigungskonzepts für Endgeräte und Netzlaufwerke sowie Ressourcen wie Netzwerkdrucker.

### Die Struktur einer Domain

Die Namenskonvention und Struktur von Domains basieren auf dem "*Domain Name System (DNS)*" (siehe [DNS - Domain Name System](#)). Unterhalb einer Stammdomain lassen sich mehrere untergeordnete Domains in einer **Baumstruktur** anlegen. Die Domainstruktur bezeichnet man daher auch als *Domainbaum*. Alle, einer Stammdomain untergeordneten Domains besitzen in ihren Namen den Namensteil der Stammdomäne.

### Was ist ein Domaincontroller?

Ein Domaincontroller (DC) ist ein Server, der eine Domain und seiner verschiedenen Ressourcen / Objekte **zentral verwaltet und kontrolliert**. Anwender, die sich an einer Netzwerkdomain anmelden möchten, wenden sich zuerst an den für ihre Domain zuständigen DC.

Ursprünglich wurde der DC bereits 1970 von IBM eingeführt. Microsoft hat den Begriff übernommen und nutzt den Domaincontroller, abgekürzt "*DC*", für Windows-Netzwerke. Dabei handelt es sich um eine zentrale Instanz innerhalb einer Domain, die für die **Authentifizierung und Rechtesteuerung** der Nutzer zuständig ist. Ein Vorteil von solch einer zentralen Instanz ist, dass Benutzer und ihre zugehörigen Rechte **nicht mehr lokal anzulegen und zu verwalten sind**. Ebenso ist es möglich, sich an weiteren, in der Domain befindlichen Geräten anzumelden, ohne dass es den Benutzer bereits lokal am jeweiligen System geben muss. Änderungen über den Domaincontroller gelten für **alle Benutzer und Objekte der Domain**. Die Rolle des Domaincontrollers kann **jeder Server übernehmen, welcher Mitglied in der Domain ist**.

Je nach Größe und Komplexität des Netzwerk kommen pro Domain ein oder mehrere DCs zum Einsatz. Da sich **ohne einen funktionierenden DC kein User an der Domain anmelden kann**, sind die DCs grundsätzlich **redundant** realisiert. Um eine höhere Verfügbarkeit und bessere Lastverteilung sicherzustellen, sind meist **mindestens zwei** oder mehr DCs pro Domain vorhanden. Diese replizieren ihre Informationen regelmäßig und können die Masterrolle beim Ausfall des Domain-Masters **ohne Funktionseinschränkungen** übernehmen (siehe [DNS Cluster](#)).

Anwender müssen sich gegenüber dem Controller authentifizieren. Können sie nachweisen, dass sie Mitglied der Domain sind, erhalten sie die entsprechenden Benutzerrechte für beispielsweise bestimmte Verzeichnisse oder Druckerressourcen. Es ist anzumerken, dass es mittlerweile auch Lösungen gibt, die es gestatten, Server als DC zu benutzen, auf denen **Nicht-Windows-Betriebssysteme** wie Linux betrieben werden können. Die Kompatibilität ist jedoch in einigen Bereichen eingeschränkt.

## Die Redundanz des Domaincontrollers

Da der DC eine zentrale Rolle für die User zur Nutzung der Netzwerkressourcen darstellt, gab es von Microsoft frühzeitig entsprechende Redundanzkonzepte. Früher, in den **NT4-Domains**, existierte ein "*Primary Domain Controller (PDC)*" und ein "*Backup Domain Controller (BDC)*". Änderungen waren nur auf dem PDC möglich. Der BDC hielt eine regelmäßig aktualisierte Sicherheitskopie der Daten und ließ sich **bei Bedarf zum Primary-System ernennen**.

Seit Windows 2000 bietet Microsoft das "*Active Directory (AD)*" (bei Linux Samba oder eDirectory) mit der sogenannten "*Multimaster-Replikation*" an. Alle DCs besitzen nun eine beschreibbare Kopie der AD-Datenbank. **Jede Änderung wird automatische an alle anderen DCs repliziert**. Dieser Mechanismus sorgt dafür, dass alle DCs sich steht auf dem **gleichen Informationsstand** befinden. Fällt ein DC aus, hat dies **keinen Informationsverlust** zur Folge und ein anderer DC übernimmt dessen Funktion. Seit 2008 existiert zusätzlich das Konzept eines "*Read Only*"-Domain Controllers.

## Rollen des Domaincontrollers innerhalb des Active-Directories

Insgesamt kann ein Domaincontroller innerhalb des Microsoft ADs bis zu **fünf verschiedene Rollen** annehmen. Das dahinterstehende Konzept nennt sich "*Flexible Single Master Operations*" (FMSOs). Abhängig von der jeweiligen Rolle, existiert diese einmalig pro Domain oder einmalig pro Gesamtstruktur.

- **PDC-Emulator (Einmal pro Domain):** Er ist für die Verwaltung und die Anwendung der Gruppenrichtlinien zuständig. Darüber hinaus ist er verantwortlich für Kennwortänderungen bei den Benutzern und dient als Zeitserver.
- **RID-Master (Relative-ID, Einmal pro Domain):** Er gestattet es, neue Objekte in die Domain aufzunehmen. Hierfür weist er eindeutige relative Bezeichner (RIDs) zu.
- **Infrastrukturmaster (Einmalig pro Domain):** Er kümmert sich um das Auflösen der Gruppen über mehrere Domains hinweg und sorgt für die Steuerung von Benutzerrechten der User aus unterschiedlichen Domains.
- **Schemamaster (Einmal pro Gesamtstruktur):** Er erlaubt das Erweitern und Verändern von Schemas des ADs.
- **Domainnamenmaster:** Dieser wird immer dann benötigt, wenn eine **neue Domain in die Gesamtstruktur** aufgenommen werden soll.

## Vor- und Nachteile eines Domain-Controllers

Vorteile	Nachteile
Zentrale Benutzerverwaltung	Beliebtes Ziel von Cyberangriffen
Ermöglicht gemeinsame Nutzung verschiedener Ressourcen	Muss immer auf dem neusten Stand sein / Sicherheitspatches müssen direkt eingespielt werden
Verknüpfte Konfiguration bei Redundanz	Netzwerk hängt von der Verfügbarkeit des DCs ab
Lässt sich gut skalieren und replizieren	Muss sicherheitstechnisch abgeschottet sein

Trägt zu einer verbesserten  
Netzwerksicherheit bei

## Quellen

- <https://de.wikipedia.org/wiki/FSMO>
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Domain\\_controller\\_\(Windows\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Domain_controller_(Windows))
- <https://www.ip-insider.de/was-ist-ein-domaincontroller-a-626094/>
- <https://www.varonis.com/de/blog/was-ist-ein-domain-controller-wann-wird-er-gebraucht-und-eingerichtet>
- <https://www.ip-insider.de/was-ist-eine-domaine-netzwerkdomaine-a-626054/>
- <https://www.ip-insider.de/was-ist-ein-active-directory-a-626455/>

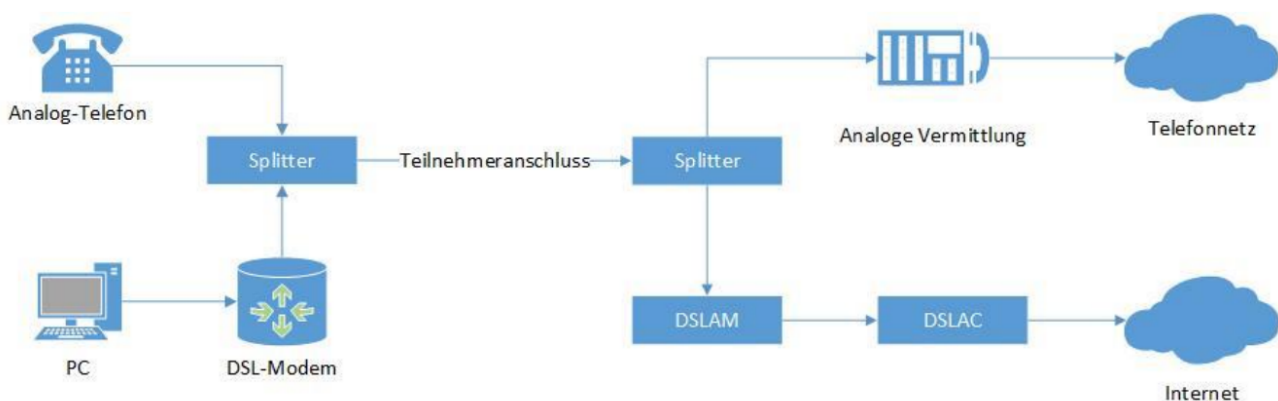
## DSL - Digital Subscriber Line

DSL (*Digital Subscriber Line*, auf deutsch „Teilnehmerbreitbandanschluss“) bezeichnet eine Reihe von unterschiedlichen DSL-Übertragungsstandards, auch genannt **xDSL**. Im Allgemeinen wird DSL als Synonym für einen Breitbandanschluss verwendet. Dabei steht die im Hintergrund eingesetzte Technik außen vor. Das Wort **DSL** kommt ursprünglich von ISDN (*Integrated Services Digital Network*), wurde jedoch als alleinstehende Technik mit der Veröffentlichung von HDSL anerkannt, welche als Nachfolger von ISDN gilt. DSL setzt, genauso wie ISDN, auf die bereits bestehenden Telefonkabel (Kupferkabel). Somit konnte ein kostspieliger Aufwand umgangen werden, welcher sich aus Kostengründen nicht gelohnt hätte.

### Anbindung an die Vermittlungsstelle

DSL benutzt, genau wie ISDN, die **Telefonkabel**. ADSL, benutzt für die Datenübertragung **zwei Kupferadernpaare** (4 Adern insgesamt). VDSL benutzt wiederum nur **ein Adernpaar**. Damit die, zur damaligen Zeit noch eingesetzten, Techniken wie ISDN und POTS (*Plain Old Telephone Service*, analoge Telefonleitung) weiterhin funktionieren konnten, wurde (A)DSL mit einer **höheren Frequenz** auf das Telefonkabel gelegt als ISDN und POTS.

Ein solcher ADSL-Anschluss sah wie folgt aus:



Heutzutage werden jedoch keine Splitter mehr eingesetzt, da Techniken wie Telefone oder auch Faxgeräte allesamt digitalisiert anstatt analog betrieben werden:



## Authentifizierung

Um die vom Vertrag gebuchten Leistungen zu erhalten, wird meist **PPPoE** (*Point to Point Protocol over Ethernet*) als Einwahlprotokoll verwendet. Hierfür sendet das DSL-Modem mittels PPPoE bestimmte Authentifizierungsdaten an einen Authentifizierungs-Server beim Provider (z.B. Radius). Dabei passieren die Daten den sogenannten **DSL-AC** (*DSL Access Concentrator*), welcher als **Layer-3 Router** fungiert und die PPPoE-Sessions zwischen Privatkunden und Betreiber routet.

## DSLAM

Ein **DSLAM** (*DSL Access Multiplexer*) ist das **Gegenstück zum DSL-Modem**. Bei diesem laufen **alle Verbindungen der Privatkunden** zusammen. Die Strecke zwischen DSL-Modem und DSLAM heißt daher auch **Teilnehmeranschluss**. Ein solcher DSLAM ist oftmals in Vermittlungsstellen<sup>[2]</sup>, Gebäuden oder im Außenbereich vorzufinden. Ein DSLAM ist vor allem dann in Außenbereichen (Outdoor-DSLAM) oder in Gebäuden vorzufinden, wenn die Leitung zur Vermittlungsstelle für die Techniken (ADSL, ADSL2, VDSL) **zu lang ist** und somit die gebuchte Geschwindigkeit der Kunden nicht zustande kommt oder wenn Glasfasteranbindungen wie **FTTX** (*Fiber to the X*) benutzt wird. Ein DSLAM **verkürzt somit die Leitungslänge** der Teilnehmeranschlüsse und **verbessert damit die Geschwindigkeit**.

Während auf der einen Seite eines DSLAMs die Teilnehmeranschlüsse an sogenannten **Linecards** angeschlossen sind, ist auf der anderen Seite der DSLAM mit dem Backbone des Netzbetreibers (Providers) verbunden. Das Backbone-Netzwerk besteht dabei aus **Glasfaser**.

Eine der Aufgaben eines DSLAM ist die Verhandlung der eingesetzten Technik, Frequenz und Geschwindigkeit mit dem DSL-Modem des Kunden. Pro Linecard, also pro Teilnehmeranschluss, ist für den Kunden **ein Profil hinterlegt** mit unterschiedlichen Werten zum gebuchten Kundenvertrag.

Hat sich ein Modem mittels PPPoE authentifiziert, handelt der DSLAM mit dem DSL-Modem die eingesetzte Technik, die minimale und maximale Frequenz als auch die minimale und maximale Bandbreitengeschwindigkeit aus.

## Kurzübersicht - DSL-Techniken

### HDSL – High Data Rate DSL

- Erste DSL-Entwicklung für hohe Geschwindigkeiten
- Hohe Geschwindigkeiten auf langen Strecken ohne zwischengeschalteten Repeater
- Vorentwicklungen von ADSL, SDSL, etc.
- HDSL2 als Weiterentwicklung. Jedoch abgelöst durch SDSL
- Benutzung von zwei Doppeladern

### SDSL - Symmetric DSL

- Nachfolger von HDSL
- Benutzung einer einzigen Doppelader für Datenübertragung
- Besitzt mehrere Techniken wie SHDSL, G.SHDSL und ESHDSL
- Setzt auf gleiche Up- und Downloadrate (=Symmetrisch)



## ADSL - Asymmetric DSL

- Erste DSL-Technologie für die breite Masse
  - Dadurch stieg Internetnutzung stark an
- Bietet asynchrone Down- und Uploadrate an:
  - Upload ist niedrig
  - Download ist hoch
- Weiterentwicklungen sind ADSL2 und ADSL2+
- Wurde abgelöst von VDSL

## VDSL/2 - Vector DSL

- Nachfolger von ADSL
- Erhöhte Geschwindigkeiten durch erhöhte Frequenzen
  - Leitungslänge fällt dadurch kürzer aus
- Erstmalige Umsetzung mit Hybrid-Netz:
  - Benutzung von Kupfer als Teilnehmeranschluss und Glasfaser als Backbone

## G.FAST

- DSL-Technik für Gigabit-Geschwindigkeit auf maximal 100 Meter Kupferdoppeladern
- Nachfolger von VDSL

## DSL Übersicht

DSL-Variante	Datenrate		Reichweite	Doppel-Adern	POTS/ISDN	Anwendung
	Downstream	Upstream				
HDSL	1,544 MBit/s	1,544 MBit/s	ca. 4,5 km	2	nein	WAN, symmetrisch
	2,048 MBit/s	2,048 MBit/s		3		
HDSL2	2 MBit/s	2 MBit/s	ca. 3,6 km	1	nein	WAN, symmetrisch
SDSL	2,36 MBit/s	2,36 MBit/s	ca. 2,5 km	1	nein	WAN, symmetrisch
SHDSL	2,36 MBit/s	2,36 MBit/s	ca. 4 km	1	nein	WAN, symmetrisch
G.SHDSL	1,2 MBit/s	1,2 MBit/s	ca. 6 km	1	nein	WAN, symmetrisch
	2,36 MBit/s	2,36 MBit/s		2		
ADSL	8 MBit/s	640 kBit/s	ca. 5 km	1	ja	Internet-Zugang
ADSL2	12 MBit/s	1 MBit/s		1	ja	Internet-Zugang
ADSL2+	25 MBit/s	3,5 MBit/s		1	ja	Internet-Zugang
G.lite-ADSL	1,5 MBit/s	500 kBit/s	ca. 8 km	1	ja	Internet-Zugang
VDSL2	50 MBit/s	10 MBit/s	max. 1.500 m	1	nein	Internet-Zugang
	100 MBit/s	40 MBit/s	max. 1.000 m	1		
	250 MBit/s	40 MBit/s	max. 500 m	1		
G.fast	500 MBit/s		max. 250 m	1	nein	Internet-Zugang
	1.000 MBit/s		max. 100 m	1		

## Quellen

- [https://de.wikipedia.org/wiki/Digital\\_Subscriber\\_Line](https://de.wikipedia.org/wiki/Digital_Subscriber_Line)



- [https://de.wikipedia.org/wiki/Digital\\_Subscriber\\_Line\\_Access\\_Multiplexer](https://de.wikipedia.org/wiki/Digital_Subscriber_Line_Access_Multiplexer)
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Vermittlungsstelle>
- <https://www.elektronik-kompodium.de/sites/kom/0305232.htm>
- <https://www.elektronik-kompodium.de/sites/kom/1307281.htm>
- <https://www.elektronik-kompodium.de/sites/kom/0701141.htm>
- <https://www.elektronik-kompodium.de/sites/kom/0305236.htm>
- <https://www.ip-insider.de/was-ist-ein-dslam-digital-subscriber-line-access-multiplexer-a-820375/>
- <https://netzikon.net/lexikon/d/dslac.html>

## Flow Control

---

Innerhalb eines Netzwerks gibt es Geräte, die Daten senden und empfangen. Jedoch kann sich die Geschwindigkeit der gesendeten Daten von Gerät zu Gerät unterscheiden. Übertrifft die Geschwindigkeit des Senders die des Empfängers, so kann es passieren, dass Daten verloren gehen könnten. Damit dies nicht passiert, wird der **Flow-Control**-Mechanismus aus der **zweiten OSI-Schicht** (Sicherheitsschicht) mitsamt seinen verfügbaren Protokollen benutzt.

### Basics

Flow-Control teilt dem Sender, von seitens des Empfängers, mit, wie viele Daten dieser senden kann, sodass der Empfänger nicht überlastet ist. Die Anzahl der maximal zulässigen Frames, die gleichzeitig gesendet werden können, bestimmt demnach der Empfänger. Diese Anzahl ist auch als **Window** oder **Window Size** bekannt.

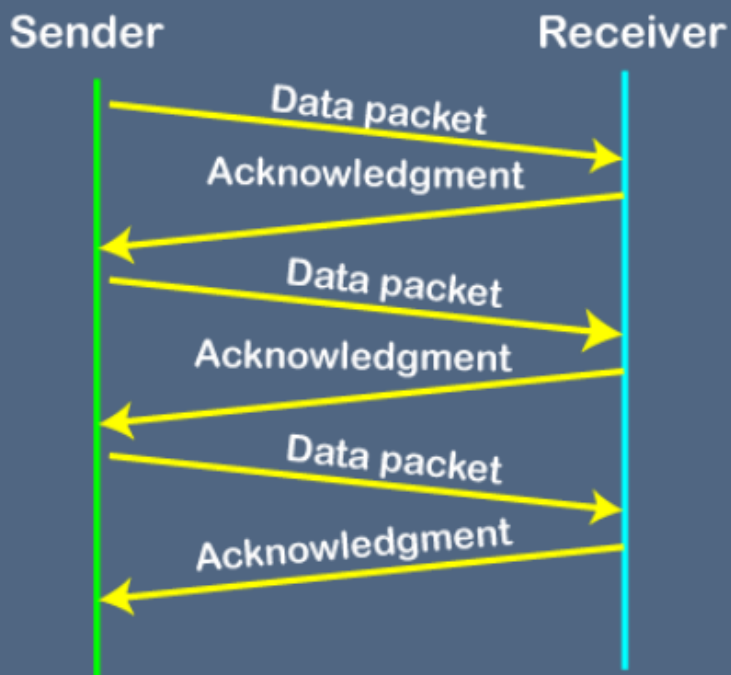
Flow-Control stellt zwei Protokolle / Mechanismen bereit, wie die Datenübertragung gesteuert wird:

1. Stop and Wait Protokoll
2. Sliding Window Protokoll

### Stop and Wait Protokoll

Das Stop and Wait-Protokoll ist ein **unidirektionales** Protokoll, was bedeutet, dass Daten immer nur in **eine Richtung** gesendet und empfangen werden können. Das Konzept hinter dem Protokoll ist sehr simpel: Nach jedem gesendeten Frame des Senders wartet dieser solange, bis der Empfänger den gesendeten Frame mittels einem **Acknowledgement** (ACK) bestätigt. Danach ist der Sender in der Lage, den nächsten Frame zu schicken. Die Kommunikation läuft demnach wie folgt ab:

# STOP-AND-WAIT PROTOCOL



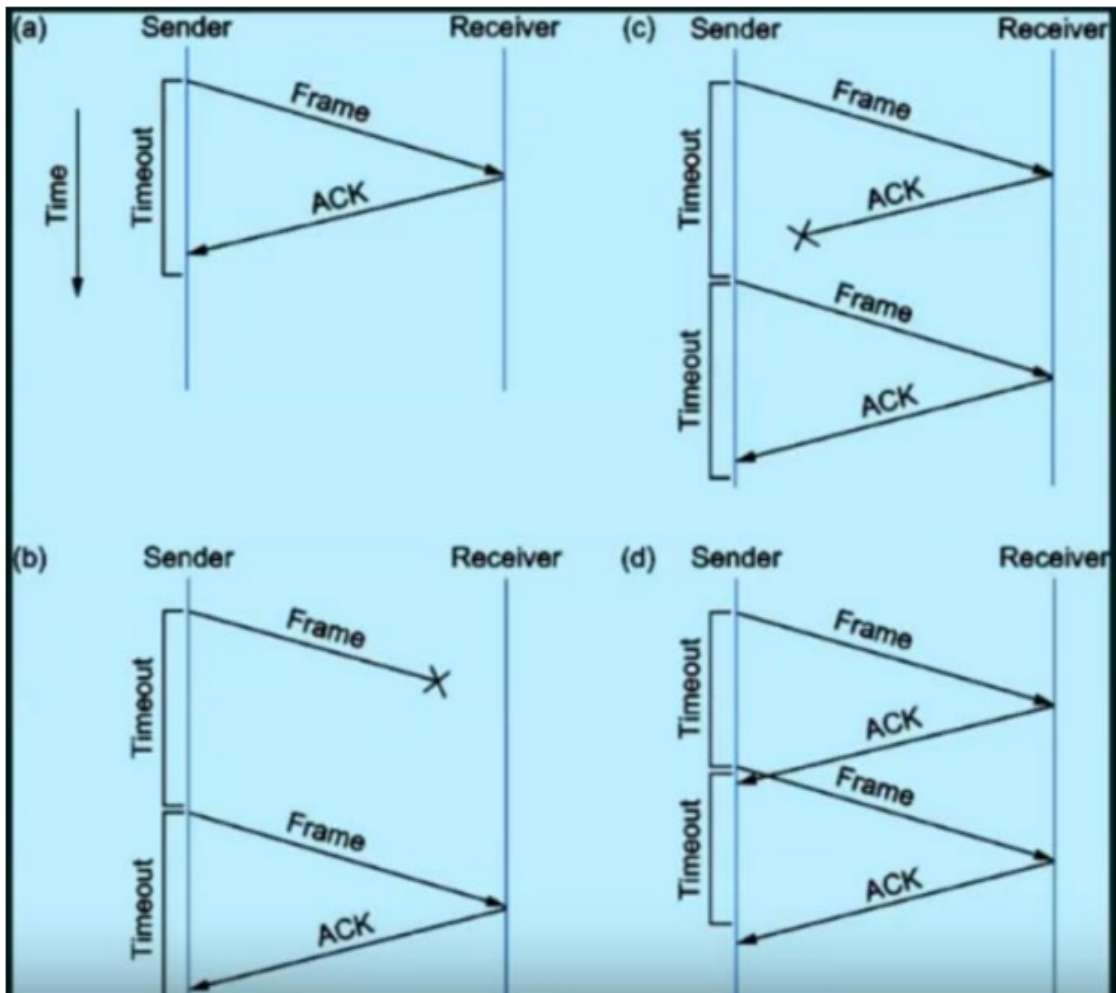
## Probleme

Diese Form des Stop and Wait Protokoll besitzt jedoch ein paar Probleme:

1. **Datenübertragungsfehler des Senders:** Kommen zu übermittelnde Daten des Senders am Empfänger nicht an, so können Sender und Empfänger in einer endlosen Warteschleife feststecken bleiben.
  1. Der Sender wartet unendlich lange auf das **ACK** des Empfängers.
  2. Der Empfänger wartet unendlich lange auf die Daten des Senders.
2. **Bestätigungsfehler des Empfängers:** Sendet der Empfänger ein **ACK**, welches niemals beim Sender ankommen wird, so wartet der Sender unendliche lange auf das **ACK** des Empfängers.
3. **Verspätetes ACK:** Wird ein bestimmter **ACK-Timeout**, welcher beim Sender konfiguriert ist, überschritten, so kann der Sender ein verspätetes ACK misinterpretieren und somit einen falschen Frame als **ACK** kennzeichnen.

## Stop and Wait ARQ (Automatic Repeat Request)

Der *Stop and Wait ARQ-Mechanismus* erweitert das Konzept des primitiven Stop and Wait-Mechanismus durch einen **Timeout und Sequenznummern**. Die Funktion des vorher erklärten Stop and Wait Mechanismus bleibt fast unverändert. Jedoch wird nach dem Senden der Daten von der Seite des Senders ein spezifischer Timer gesetzt. Erhält der Sender kein ACK des Empfängers in der vorgegebenen Zeit, so sendet der Sender nach Ablauf des Timers den Frame erneut:



Damit löst Stop and Wait ARQ die Probleme 1. und 2. vom primitiven Stop and Wait Protokoll. Beim dritten Problem, adressiert in d) der obigen Abbildung, kann es jedoch passieren, dass das Timeout-Interval des Senders so kurz ist, sodass ACK-Nachrichten des Empfängers immer verspätet ankommen. Passiert dies, so versucht das Protokoll nach mehreren Übertragungsversuchen den Timeout anhand der in der Zeit ankommenden ACK-Nachrichten anzupassen. Damit sollen die verspäteten ACK-Nachrichten wieder erfolgreich dem Sender zugestellt werden.

## Effizienzprobleme

Zwar lassen sich die Probleme von abhanden gekommene oder korrupte Daten- und ACK-Frames mittels des Stop and Wait ARQ-Protokolls lösen, jedoch ist dies nicht sonderlich effizient. Dies ist dadurch geschuldet, dass der Sender immer auf ein ACK des Empfängers warten muss, bis der Sender einen neuen Frame schicken kann. Das ist Netzen mit niedrigem Datenverkehr zwar in Ordnung, bei hohem Datenverkehr jedoch von Nachteil, da Daten nur über eine begrenzte Geschwindigkeit gesendet und empfangen werden können.

Um die Effizienz zu steigern wird z.B. das Sliding Window-Protokoll eingesetzt.

## Sliding Window Protokoll

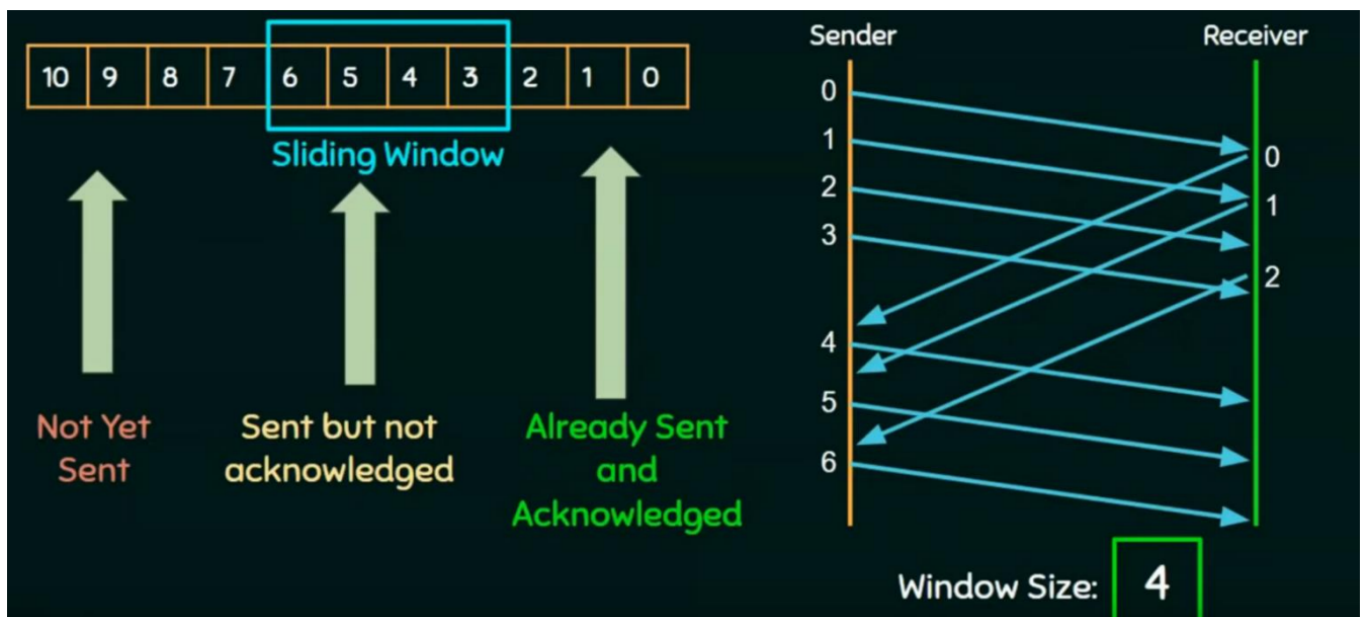
Das Sliding Window Protokoll wird für **erhöhten Netzwerkverkehr** benutzt. Anders als das Stop and Wait Protokoll agiert das Sliding Window Protokoll **bidirektional**. Das bedeutet, es kann **gleichzeitig** senden und empfangen. Diese bidirektionale Kommunikation funktioniert, indem die **Window-Size** der maximal möglich zu sendenden Pakete erhöht wird. Die Window-Size wird dabei vom Empfänger bestimmt. Er gibt an, wie viele Pakete er empfangen kann.

### Kommunikationsablauf

1. Zuerst bestimmt der Sender, wie viele Frames er versenden möchte. Für dieses Beispiel möchte der Sender 11 Frames versenden.

2. Im Kommunikationsaufbau zwischen Sender und Empfänger bestimmt der Empfänger die **Window-Size** und teilt diese dem Sender mit. In diesem Beispiel ist die festgelegte **Window-Size** des Empfängers auf 4 Frames begrenzt. Das bedeutet, dass der Sender 4 Frames parallel versenden kann.
3. Der Sender verschickt darauf die ersten vier Frames (Frame 0 bis Frame 3) an den Empfänger.
4. Sobald der Empfänger einen dieser vier Frames erhalten hat, schickt dieser ein **ACK** für den entsprechenden Frame (Sequenznummer) zurück an den Sender.
5. Erhält der Sender das **ACK** vom Empfänger *verschiebt* (slided) sich das Fenster um einen Frame nach hinten. Nun kann Frame 5 versendet werden.
6. Erhält der Empfänger nun den weiteren Frame (Frame 2), so schickt dieser wieder ein **ACK** für den entsprechenden Frame zurück an den Sender.
7. Der Sender nimmt dieses **ACK** entgegen und verschiebt sein Fenster um eine weitere Stelle nach hinten. Nun kann Frame 6 versendet werden.

Da sich das Fenster pro erhaltenes **ACK** beim Sender immer um **einen weiteren Frame** nach hinten verschiebt, heißt dieses Verfahren **Sliding Window** Protokoll.



Auch bei diesem Protokoll können Fehler auftreten wie:

- Korruptes oder verlorenes **ACK**
- Korrupter oder verlorener Daten-Frame

Um diese Probleme zu vermeiden, werden die folgenden beiden Verfahren benutzt:

1. Go-Back-N ARQ
2. Selective Repeat ARQ

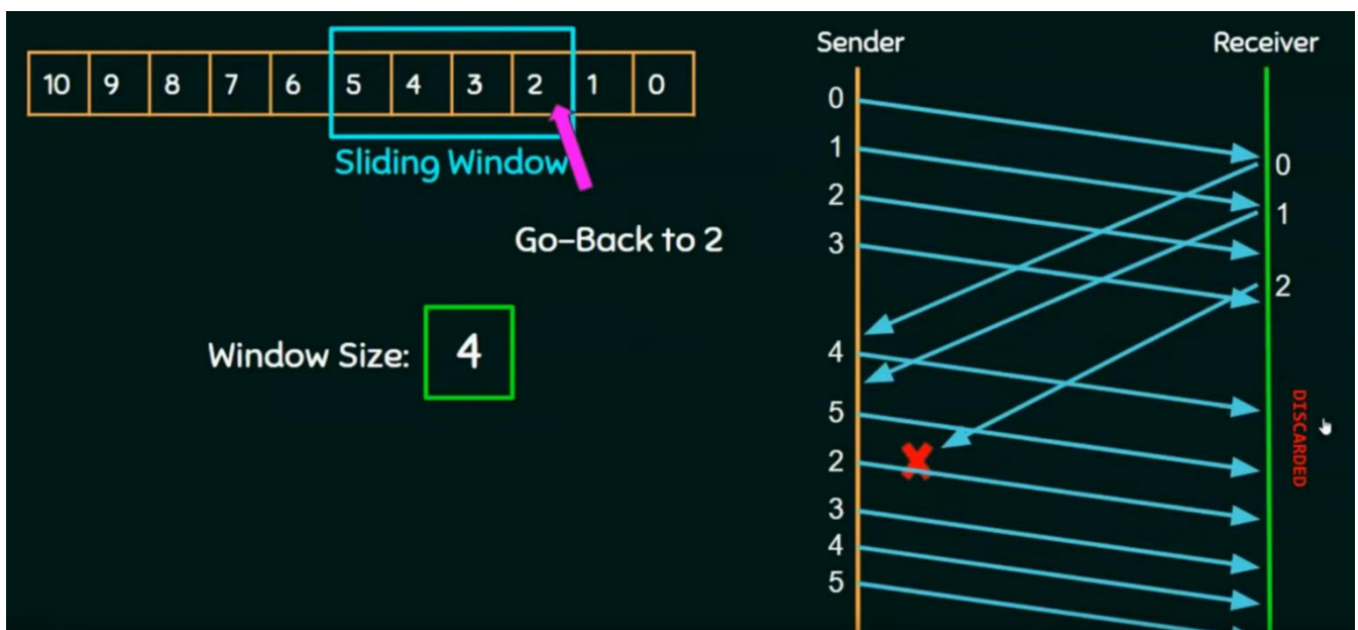
### Go-Back-N ARQ

Go-Back-N ARQ ist **ein Mechanismus zur Fehlerbehebung** von verlorengegangenen oder korrupten **ACKs** / Daten-Frames und bedient sich somit am Sliding-Window Protokoll. Als Beispiel zur Funktionsbeschreibung dient der bereits beschriebene Kommunikationsablauf.

Der Sender möchte 11 Frames übermitteln. Die Window-Size beträgt hierbei erneut 4 Frames.

1. Der Sender übermittelt die Frames 0, 1, 2, und 3 nacheinander.
2. Der Empfänger bestätigt Frame 0 mit einem **ACK**.
3. Der Sender empfängt das **ACK** für den Frame 0. Das Window verschiebt sich um einen weiteren Frame. Der Sender sendet nun den Datenframe 4 an den Empfänger.

4. Der Empfänger erhält nun Datenframe 1 und sendet ein weiteres ACK zurück an den Sender.
5. Der Sender nimmt das ACK für den Datenframe 1 entgegen und verschiebt das Window um einen weiteren Frame nach hinten. Nun wird Datenframe 5 versendet.
6. Der Empfänger erhält als nächstes Datenframe 2 und bestätigt diesen mit einem ACK an den Sender zurück.
7. Nun passiert es, dass der Sender dieses ACK für den Datenframe 2 nicht bekommt.
8. Nachdem ein spezifischer Timer ausgelaufen ist ermittelt der Sender den letzten Datenframe, den er versandt hatte und von dem er noch keine Bestätigung erhalten hat. Er geht nun, dank des Go-Back-N ARQ Mechanismus bis zum Datenframe 2 zurück (N=Datenframe 2) und überträgt ab hier nochmal alle im aktuellen Fenster enthaltene Datenframes erneut an den Empfänger. Dies schließt Datenframe 4 und 5, welche bereits durch die ACK-Bestätigung der Datenframes 1 und 2 versandt wurden, mit ein.
9. Erhält der Empfänger die Datenframes des aktuellen Windows (2, 3, 4 und 5), so verwirft er die erhaltenen Datenframes 4 und 5 und ersetzt diese durch die neuen Frames.
10. Der Empfänger bestätigt beim Empfang des Datenframes 2 diesen mit einem ACK und sendet dieses zurück an den Sender.
11. Der Sender erhält dieses Mal das ACK für den Datenframe 2 und verschiebt sein Window um einen weiteren Frame. Nun kann der Sender einen weiteren Datenframe verschicken.



Einfach gesagt: Sobald der Sender ein ACK für einen bestimmten Frame nicht mehr bekommen hat, geht dieser bis zu diesem Frame innerhalb des Windows zurück (N) und sendet von dort an alle nachfolgenden, im Window enthaltene Frames erneut.

Zwar ist diese Herangehensweise für die Behebung einer fehlerhaften Übertragung schon weitaus besser als das Stop and Wait ARQ Verfahren, jedoch kann auch hier eine erhöhte Netzwerklast entstehen. Vor allem dann, wenn es **mehrere fehlerhafte Übertragungen** gibt und somit viele Pakete erneut übertragen werden müssen. Um das zu verhindern, wird auch gerne **Selective Repeat ARQ** für **Hochgeschwindigkeitsumgebungen** benutzt.

## Selective Repeat ARQ

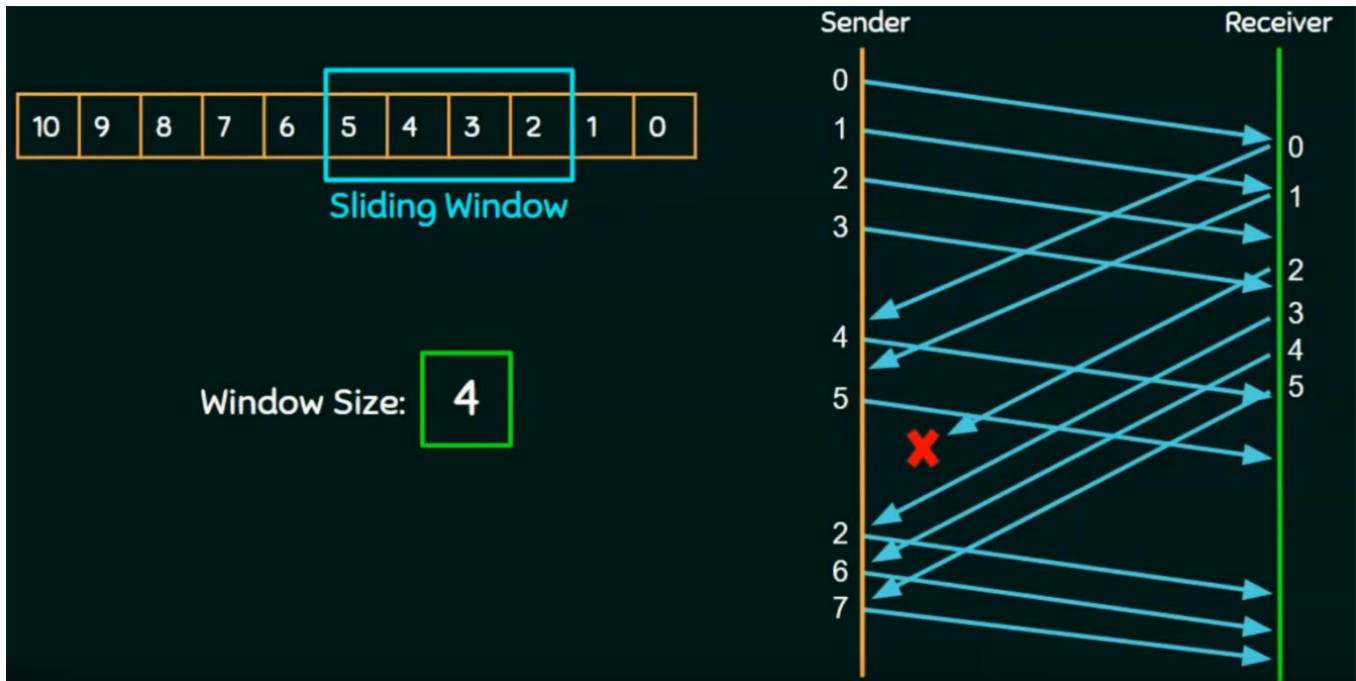
Auch der **Selective Repeat ARQ**-Mechanismus wird, wie der Go-Back-N ARQ Mechanismus zur Fehlerbehebung bei fehlerhaften oder verlorenen ACK-/ Datenframes benutzt. Auch hier wird wieder das Beispiel aus dem Kapitel [Kommunikationsablauf](#) benutzt.

Der Sender möchte 11 Frames übermitteln. Die Window-Size beträgt hierbei erneut 4 Frames.

Die Schritte 1 bis 6 im Kapitel [Go-Back-N ARQ](#) werden wiederholt. Nun passiert es, dass der ACK-Frame des Empfängers für den Datenframe 2 **nicht** beim Sender ankommt. Anstatt wie beim Go-Back-N ARQ Mechanismus alle Datenframes des aktuellen Windows erneut zu schicken, wird **nur der fehlende Datenframe** erneut gesendet. Damit der Sender

herausbekommen kann, dass ausschließlich Datenframe 2 nicht empfangen wurde, existieren zwei verschiedene Möglichkeiten:

1. **Geht der Datenframe vom Sender zum Empfänger verloren:** Der Empfänger sendet mit dem nächsten Frame (Frame 3), den er vom Sender erhält ein *Negatives ACK (NACK)* zurück, in welchem steht, dass der Datenframe 2 noch nicht angekommen ist. Daraufhin ist dem Sender bekannt, welcher Datenframe noch nicht angekommen ist und übermittelt diesen erneut.
2. **Geht der ACK-Frame vom Empfänger zum Sender verloren:** Bekommt der Sender innerhalb einer **spezifischen vorgegeben Zeit** keine ACK-Antwort auch den Datenframe 2 (Timeout), so sendet er diesen erneut.



Der Selective-Repeat ARQ Mechanismus ist nochmals etwas besser als der Go-Back-N ARQ, da dieser bei einem verlorenen oder korrupten ACK- / Datenframe **nicht alle**, im Window enthaltenen, Datenframes erneut geschickt werden müssen, sondern **nur das Fehlende**. Dies belastet das Netzwerk, vor allem bei einem erhöhten Fehlerraten, weniger.

## Quellen

- <https://www.youtube.com/watch?v=n09DfvmnTQ>
- <https://www.youtube.com/watch?v=YdkksvhkQGQ>
- <https://www.youtube.com/watch?v=LnbvhoxHn8M>
- <https://www.youtube.com/watch?v=QD3oCelHJ20>
- <https://www.youtube.com/watch?v=WflhQ3o2xow>
- <https://www.youtube.com/watch?v=cqPWjo2iLgk>
- <https://www.youtube.com/watch?v=PHcluxvLSzc>
- <https://afteracademy.com/blog/what-is-flow-control-in-networking>

## FTP - File Transfer Protocol

Das File Transfer Protokoll (FTP) ist eines der ältesten entwickelten Protokolle in der digitalen Kommunikationstechnik. Entwickelt wurde es im Jahr 1974 und wurde 1985 im [RFC 959](#) spezifiziert. Damit ist es sogar älter als das OSI-Modell, welches erst im Jahr 1983 standardisiert wurde. Dies bringt jedoch die ein oder anderen Probleme mit sich, welche im Nachhinein erklärt werden.

FTP wird zum Übertragen von verschiedenen Dateien im Up- oder Download benutzt. Oftmals kommt es bei Web Providern oder auch Server Providern zum Einsatz, welche es ermöglichen, HTML-Dateien und weitere benötigte Dateien auf den jeweiligen Webserver zu übertragen.

## Funktionsweise von FTP

FTP ist ein Schicht-7-Protokoll (Anwendungsschicht), welches ausschließlich **TCP** als Übertragungsprotokoll benutzt. Somit ist es **rein verbindungsorientiert**. FTP besitzt standardmäßig zwei Ports:

1. **Port 20 - Datenkanal:** Über diesen Port werden die jeweiligen Dateien übertragen. Dieser Port wird jedoch nicht immer für die Datenkommunikation verwendet (siehe aktives und passives FTP)
2. **Port 21 - Steuerkanal:** Über diesen Port werden die jeweiligen FTP-Kommandos und die Statusnachrichten gesendet.

Zur Zeit der Entwicklung konnte man FTP nur für den Up- und Download von Dateien benutzen. In den Jahren ist das Protokoll jedoch deutlich gewachsen und es sind heutzutage weitaus mehr Kommandos vorhanden. Somit sind z.B. auch folgende Kommandos heute benutzbar:

- Datei umbenennen
- Datei löschen
- Nutzerauthentifizierung
- Transfer neustarten
- etc.

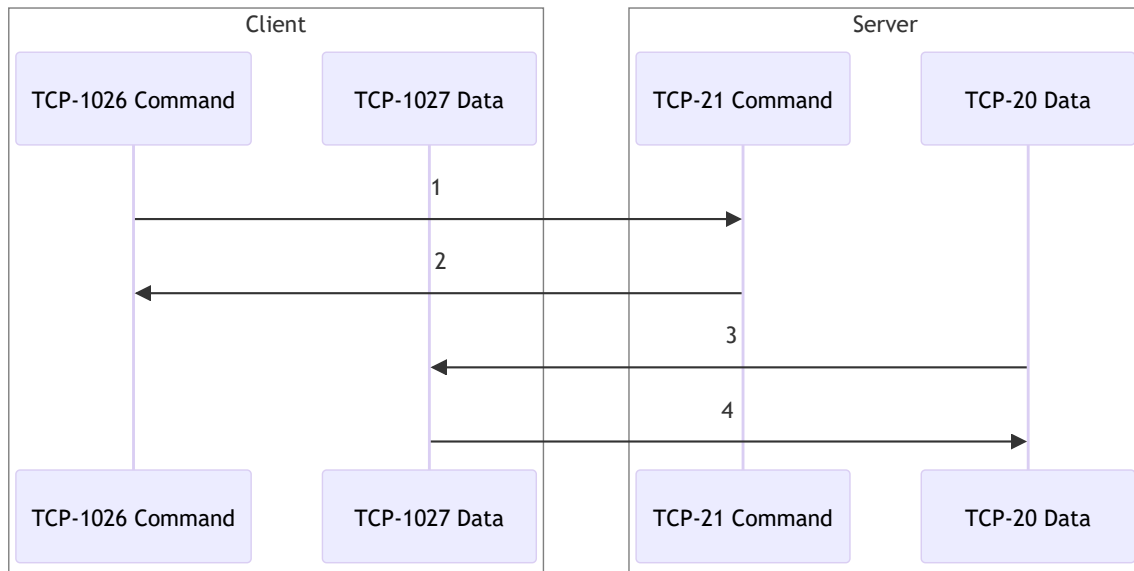
FTP besitzt heutzutage zwei Operationsmodi:

1. Aktives FTP
2. Passives FTP

### Aktives FTP (Datenkanal aus Client-Seite)

Im aktiven FTP-Modus initiiert der Client die Verbindung von einem zufälligen Port ( $n$ , Steuerkanal) aus, welcher größer als 1023<sup>[3]</sup> ist und verbindet sich dabei mit dem Port 21 (standardisierter Steuerkanal-Port) des Servers. Daraufhin eröffnet der Client einen weiteren Port, welcher um eine Einheit größer ist als der zufällig initiierte Steuerport ( $n+1$ , Datenkanal). Diesen Port übermittelt der Client über den Steuerkanal an den Server. Anschließend horcht der Client auf dem Datenport auf eingehenden Traffic. Sobald der Server die Anfrage des Clients auf seinem Steuerkanal-Port 21 entgegengenommen hat und zusätzlich den Datenkanal-Port des Clients kennt, initiiert dieser von seinem Datenkanal-Port 20 eine Verbindung auf den Datenkanal-Port  $n+1$  des Clients. Nachdem der Client die Verbindung vom Server auf seinem Datenkanal  $n+1$  empfangen hat, sendet dieser ein Acknowledgement (ACK) an den Server auf dessen Port 20 zurück. Dadurch entsteht eine erfolgreiche aktive FTP-Verbindung





Schaut man sich die Abbildung an, so läuft die Kommunikation folgendermaßen ab:

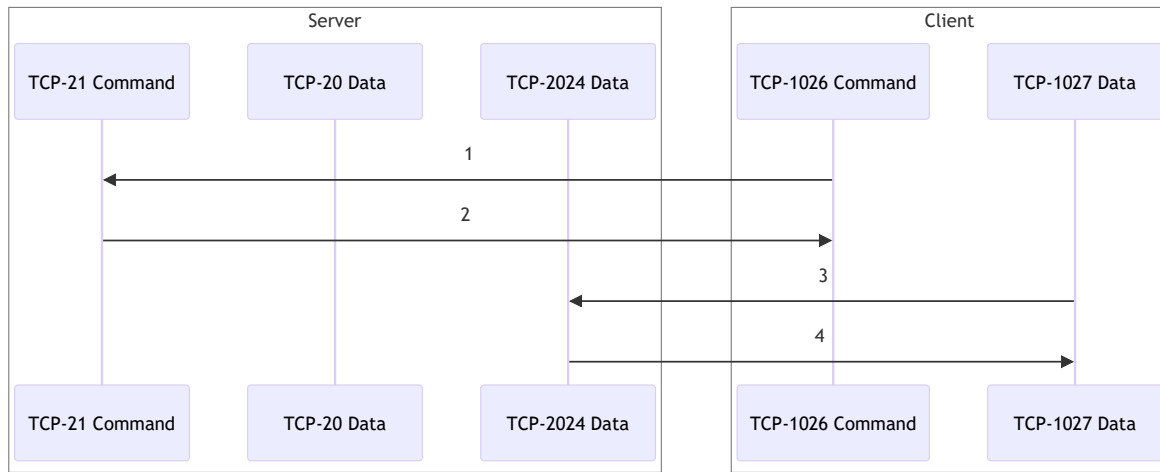
1. Der Client initiiert den Steuerkanal auf dem Port 1026. Gleichzeitig eröffnet dieser den Datenkanal auf Port 1027 und sendet eine Anfrage mitsamt Datenkanal an den Server.
2. Der Server antwortet mit einem **ACK** auf die Initiierung des Clients.
3. Der Server verbindet sich von seinem Datenkanal-Port **20** auf den vom Client mitgeschickten Datenkanal-Port **1027**.
4. Der Client antwortet mit einem **ACK**.
5. Die Verbindung ist nun aufgebaut.

Dies ist die ursprüngliche Form von FTP. Jedoch funktioniert diese in den meisten Fällen heutzutage nicht mehr. Das liegt daran, dass die meisten Clients heute hinter einer Firewall bzw. einem NAT-Gerät sitzen. Aus der Sicht des Clients bzw. der Firewall initiiert in Schritt 3 der Server eine Verbindung zum Client. Dies wird von den meisten Firewalls und NAT-Geräten jedoch geblockt. Um dies zu umgehen wurde **passives FTP** entwickelt.

### Passives FTP (Datenkanal aus Server-Seite)

Passives FTP versucht das Problem mit der Firewall vom aktiven FTP insofern zu vermeiden, dass der Client **beide Verbindungen** für den Steuer- und Datenkanal aufbaut. Dabei initiiert der Client wie beim aktiven FTP zuerst einen Steuerkanal-Port ( $n < 1023$ ) und versucht sich mit dem Port 21 des Servers verbinden. Anstatt seinen Datenkanal-Port  $n+1$  mitzuteilen, sendet er das Kommando **PASV**, welches dem Server mitteilt, dass der FTP-Verbindungsaufbau im **passiven Modus** aufgebaut wird. Daraufhin öffnet der Server einen **zufälligen** Datenkanal-Port ( $p < 1023$ ) und sendet diesen zusammen mit einem **ACK** an den Client zurück. Der Client öffnet nun einen Datenkanal-Port  $n+1$  und verbindet sich mit dem mitgeschickten Port  $p$  des Servers. Der Server bestätigt diesen Verbindungsaufbau mit einem **ACK**.





Schaut man sich die Kommunikation an, so läuft der Verbindungsaufbau folgendermaßen ab:

1. Der Client initiiert seinen Steuerkanal auf Port **1026** und übermittelt das **PASV**-Kommando an den Steuerkanal-Port **21** des Servers.
2. Der Server nimmt das **PASV**-Kommando des Clients entgegen, eröffnet einen Datenkanal auf Port **2024** und übermittelt diesen an den Client.
3. Der Client eröffnet einen Datenkanal auf Port **1027** und verbindet sich mit dem Datenkanal-Port **2024** des Servers.
4. Der Server sendet zur Bestätigung des aufgebauten Datenkanals ein **ACK**.
5. Die Verbindung wurde erfolgreich aufgebaut

Zwar löst passives FTP das Problem mit der clientseitigen Firewall, erschließt jedoch ein **neues Problem** auf der Seite des Servers. Dieses Problem beschreibt, dass quasi alle höherwertigen Ports in der Firewall auf der Serverseite **offen** sein müssen, damit der Server die Verbindung des Datenkanals vom Client empfangen kann. Dies ist ein **erhöhtes Sicherheitsrisiko**, da hierdurch sämtliche Ports offenstehen müssen. Glücklicherweise nehmen einige Programme dieses Problem entgegen und versuchen entsprechende Maßnahmen dagegen zu erstellen. Z.B. erstellt der FTP-Proxy in FreeBSD dynamische Firewall-Regeln für die jeweilige FTP-Verbindung des Clients.

## FTP Sicherheitsrisiko

FTP ist in der digitalen Kommunikationswelt bereits ein sehr **altes Protokoll**. Es bringt einige Schwachstellen mit sich, die Größte davon ist, dass FTP Kommunikationskanäle zwar mit Benutzername und Passwort abgesichert werden, jegliche Kommunikation jedoch **unverschlüsselt** stattfindet. Daher wird empfohlen auf FTP zu verzichten und stattdessen auf Alternativen umzusteigen. Beispiele dafür wären FTPS (File Transfer Protokoll Secure) und SFTP (Secure File Transfer Protokoll).

### FTPS - Kurzgesagt

FTP wurde 1990 von Netcup als Erweiterung für FTP erstellt. Dabei wird FTP zusammen mit TLS (SSL) benutzt, daher auch der Name **FTPS**. Mit FTPS ist es möglich den Steuer- und Datenkanal zu verschlüsseln. Die Authentizität eines Kommunikationspartners wird mit Zertifikaten überprüft.

### SFTP - Kurzgesagt

SFTP ist im Gegensatz zu FTP und FTPS ein eigenständiges Protokoll und basiert auf dem Netzwerkprotokoll SSH. Es benutzt nur einen Port zum Übertragen von Statusnachrichten und Dateien. Somit ist keine große Konfiguration an der serverseitigen Firewall vorzunehmen. SFTP **verschlüsselt** die Kommunikation und kann ebenfalls wie FTPS die Authentizität des Gegenübers durch Zertifikate überprüfen. Ähnlich wie bei SSH ist es auch möglich eine passwortlose

Authentifikation mittels SSH-Keys zu konfigurieren. Aus administrativer Sicht sollte dieses Protokoll **vorgezogen** werden.

## Quellen

- <http://www.slacksite.com/other/ftp.html>
- [https://de.wikipedia.org/wiki/Liste\\_der\\_standardisierten\\_Ports](https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_der_standardisierten_Ports)
- <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc959>
- <https://www.goanywhere.com/de/blog/wichtige-unterschiede-zwischen-sftp-und-ftp>

## LLDP - Link Layer Discovery Protokoll

---

Das **Link Layer Discovery Protocol** (LLDP) wurde von der IEEE im Standard 802.1ab standardisiert. Es agiert, wie der Name schon voraussetzt, auf dem OSI-Layer 2, der Sicherungsschicht. Es erlaubt einen Informationsaustausch zwischen benachbarten Netzwerkgeräten. Die ausgetauschten Daten werden anschließend in einer **Management Information Base** (MIB) gespeichert und können mit dem **Simple Network Management** Protokoll (SNMP) ausgelesen werden. Die Daten eignen sich gut, um sich einen Überblick über die Systemlandschaft zu machen oder um Troubleshooting durchzuführen. LLDPs Hauptfunktion besteht darin, Informationen über **benachbarte Netzwerkgeräte** zu sammeln und darzustellen.

### LLDP im Detail

LLDP ist eine Weiterentwicklung des Cisco Discovery Protokolls vom Unternehmen Cisco, ist mit diesem jedoch **nicht kompatibel**. Damit LLDP Daten zwischen anderen Netzwerkgeräten austauschen kann, benötigt es einen Agenten, welcher entweder bereits auf dem jeweiligen Gerät vorinstalliert ist oder nachinstalliert werden muss. LLDP wird in periodischen Zeitabständen versandt. Der periodische Zeitabstand ist standardmäßig auf 30 Sekunden festgelegt, kann jedoch manuell angepasst werden. LLDP benutzt zum Austausch sogenannte LLDP **Protocol-Data-Units** (LLDP-PDUs oder auch LLDP-DUs), welche über verschiedene Multicast-MAC-Adressen verschickt werden. Diese Multicast-MAC-Adressen sind unter anderem:

- 01:80:C2:00::00:0E
- 01:80:C2:00::00:03
- 01:80:C2:00::00:00

Beim Versenden der LLDP-PDUs an andere Netzwerkgeräte wird keine aktive Verbindung aufgebaut. Somit werden die sendenden Geräte auch nicht darüber informiert, ob ihre LLDP-PDUs angekommen sind oder nicht. Zwar ist LLDP nur auf Schicht-2 angesiedelt, jedoch könnte man zu diesem sagen, dass es *verbindungslos* ist.

### LLDP Type-Length-Value Format

Beim Erhalt einer LLDP-PDU von einem Nachbargerät wird dieses ausgewertet und anschließend in die eigene MIB übernommen. Eine solche LLDP-PDU besteht aus mehreren kodierten Blöcken mit unterschiedlichen Informationen. Diese Blöcke sind im **Type-Length-Value-Format** (TLV) kodiert. Dabei müssen immer mindestens die drei nachfolgenden Felder vorhanden sein:

- Geräte-ID (Chassi-ID, Typ 1)
- Port ID (Typ 2)
- Time To Live (TTL, Typ 3)

An jedem Ende einer LLDP-PDU muss ein TLV-Block vom Typ 0 angehängen werden, welcher die Beschreibung **End of LLDPDU** besitzt. Neben diesen drei Hauptblöcken existieren noch weitere Blöcke, die wie folgt beschrieben sind:

Typ (7 Bits)	Länge (9 Bits)	Wert (String, 0-511 Oktette)	Benutzung in LLDP-PDU
0	End of LLDP-PDU		Verpflichtend
1	Geräte-ID (Chassis-ID)		Verpflichtend
2	Port ID		Verpflichtend
3	Time to Live (TTL)		Verpflichtend
4	Port Beschreibung		Optional
5	Hostname		Optional
6	Hostbeschreibung		Optional
7	Host-Fähigkeiten		Optional
8	Management-Adresse		Optional
9-126	Reserviert		-
127	Custom TLVs		Optional

Zudem gibt es noch weitere Informationen, die zusätzlich vorhanden sein können wie:

- MDI-Power
- VLAN-Name
- Link-Aggregation
- etc.

Wie bereits erwähnt wird eine solche LLDP-PDU auf OSI-Layer 2 versendet. Dabei wird sie innerhalb eines Ethernet-Frames versendet. Ein solcher Ethernet-Frame mitsamt LLDP-PDU sieht folgendermaßen aus:

Präambel	Ziel-MAC	Quell-MAC	Ethertype	Chassis-ID	Port-ID	TTL	Optionale TLVs	EoLLDP PDU	FCS
	01:08:C2:00:00:0E, 01:08:C2:00:00:03	Sender-MAC	0x88CC	Typ=1	Typ=2	Typ=3	0-n TLVs	Type=0, Length=0	

## Quellen

- <https://www.ip-insider.de/was-ist-lldp-link-layer-discovery-protocol-8021ab-a-928511/>
- <https://www.kunbus.de/lldp-link-layer-discovery-protocol.html>
- <https://www.itwissen.info/LLDP-link-layer-discovery-protocol-LLDP-Protokoll.html>
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Link\\_Layer\\_Discovery\\_Protocol](https://en.wikipedia.org/wiki/Link_Layer_Discovery_Protocol)

## X11

*X11* ist ein Protokoll-Stack bestehend aus unterschiedlichen Komponenten. *X* bezieht sich hierbei auf das *X-Window-System*, welches in den meisten Linux-Distributionen vorkommt und dazu benutzt wird, primitive Graphical User Interfaces (GUIs) zu erstellen. Die *11* bedeutet, dass sich das Protokoll in der elften Version befindet, welche seit dem Jahr **1987** besteht.

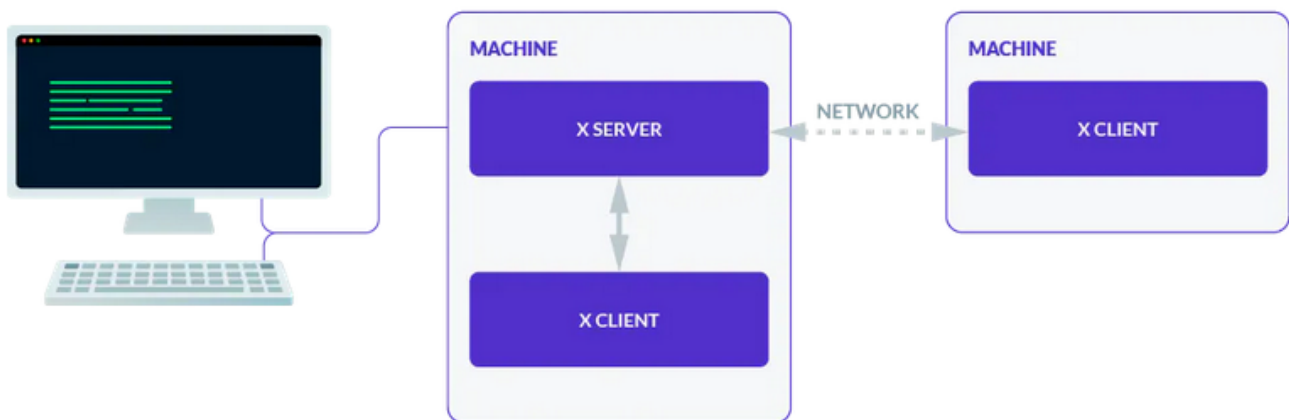
## X Window System

Das *X Window System* ist ein Framework, um primitive GUIs zu erstellen, welche meist nicht mehr als aus einem Display-Device<sup>[4]</sup> und Canvas<sup>[5]</sup> besteht und man mit diesem per Maus und Tastatur interagieren kann. Jedoch ist es für das X

Window System nicht möglich komplexere Inhalte wie Buttons zu generieren. Hierfür werden meist Toolkits wie [GTK](#) benutzt, um entsprechende komplexe GUI-Darstellung zu erstellen.

X arbeitet in einem transparenten **Client-Server-Modell**, wodurch es an Unabhängigkeit vom eingesetzten Betriebssystem und GUI-Toolkits ist. Der Client ist das **Frontend** des Systems. Es erstellt die primitiven GUI-Elemente, welche durch die entsprechend eingesetzten Toolkits verschönert werden können. Es arbeitet komplett isoliert vom Server, was bedeutet, dass der Stil sich pro eingesetzten Client / Toolkit unterscheiden kann. Der Server ist das **Backend** des Systems. Es kümmert sich um die Anfragen des Clients, der Bereitstellung der Ressourcen und der Kommunikation mit dem Linux-Kernel. Auch dieser kann isoliert vom Frontend benutzt werden.

Das X Window System ist **netzwerkfähig**, was bedeutet, dass es nicht nur lokal auf einem Rechner ausgeführt werden kann, sondern auch über das Netzwerk verteilt. Dabei agiert der PC als **XServer** (Backend, stellt Ressourcen zur Verfügung) und kommuniziert mit einem entfernten Server (XClient, Frontend) mitsamt GUI-Frontend.



## (Sicherheits-) Probleme

- Der X11-Standard ist bereits veraltet und dennoch großer Beliebtheit. Dennoch gibt es bereits ähnliche Programme wie [Wayland](#), welche deutlich effizienter laufen.
- Die netzwerkbasierte Kommunikation erfolgt **unverschlüsselt**. Dies macht die Benutzung von X11 über Netzwerk sehr anfällig für MiTM-Angriffe.
- X11 liefert viel Programmcode mit sich und bläst das OS ggf. unnötig auf.
- Viele Prozesse von X11 laufen mit **root-Berechtigungen**. Ein kleiner Fehler im Programmcode kann es erlauben sämtliche Kontrolle des Prozesses zu übernehmen und schadhaften Code als root auszuführen.

## X11 Forwarding

Da X11 **unverschlüsselt** kommuniziert, wird SSH oftmals als Tunnel verwendet, um X11 benutzen zu können. Dieses Vorgehen ist auch bekannt als *X11 Forwarding*. Durch die verschlüsselte SSH-Kommunikation ist es Angreifern nicht möglich auf die Daten während der Kommunikation zuzugreifen.

X11 Forwarding könnte man auch als *Linuxartiges RDP* bezeichnen. Da auf den meisten unixbasierten Produktiv-Servern in einem Unternehmensnetzwerk sowieso keine GUI vorhanden ist, kann in der SSH-Konfiguration (sshd\_config) das X11 Forwarding **deaktiviert** werden.

## Quellen

- <https://goteleport.com/blog/x11-forwarding/>
- <https://security.stackexchange.com/questions/4641/why-are-people-saying-that-the-x-window-system-is-not-secure>
- <https://askubuntu.com/questions/101829/why-is-x11-a-security-risk-in-servers>
- <https://www.baeldung.com/linux/x11>

- <https://unix.stackexchange.com/questions/276168/what-is-x11-exactly>
- [https://en.wikipedia.org/wiki/X\\_Window\\_System](https://en.wikipedia.org/wiki/X_Window_System)

## Fußnotizen

---

1. Ein bestimmter oder unbestimmter Wert, welcher als zusätzlicher Sicherheitsfaktor mit in die Passwortverschlüsselung genommen wird.↵
2. Eine Vermittlungsstelle ist ein Knotenpunkt eines Nachrichtennetzes, der die wahlweise Herstellung von Nachrichtenverbindungen ermöglicht.↵
3. Zufälliger freier Port in der Port-Range der registrierten Ports. Die Ports 1-1023 sind **standardisierte** und somit nicht dynamisch zuweisbare Ports.↵
4. Hiermit sind nicht unbedingt Displays als Hardware gemeint. Gemeint können auch virtuelle Desktops sein.↵
5. Canvas ist bei Computern ein Container, welcher eine Vielzahl an unterschiedlichen Elemente beinhalten kann.↵