

# IT-Sicherheit

- Sicherheit vernetzter Systeme -

Kapitel 9: Netzsicherheit -  
Schicht 2: Data Link Layer

# Inhalt

## ■ Virtualisierung von Netzen

- Virtual Private Networks
- VLAN

## ■ Point-to-Point Protocol (PPP)

- Authentisierungsprotokolle:
  - PAP, CHAP, EAP

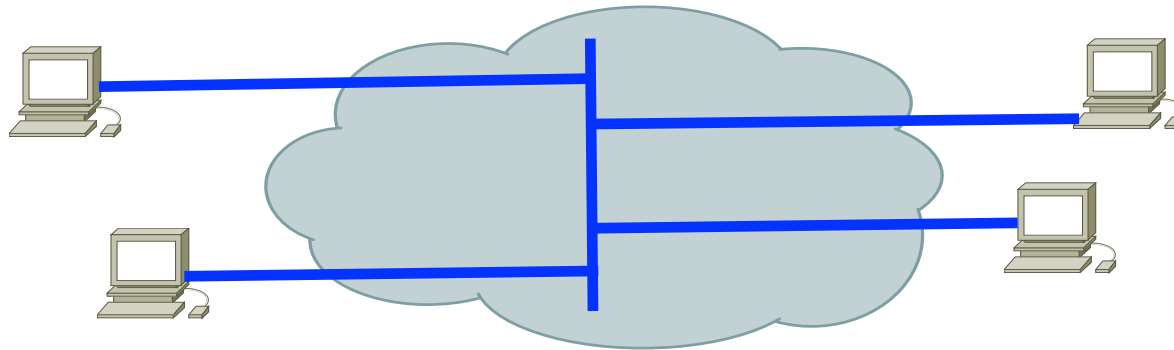
## ■ Point-to-Point Tunneling Protocol (PPTP)

## ■ Layer 2 Tunneling Protocol (L2TP)

## ■ IEEE 802.1x

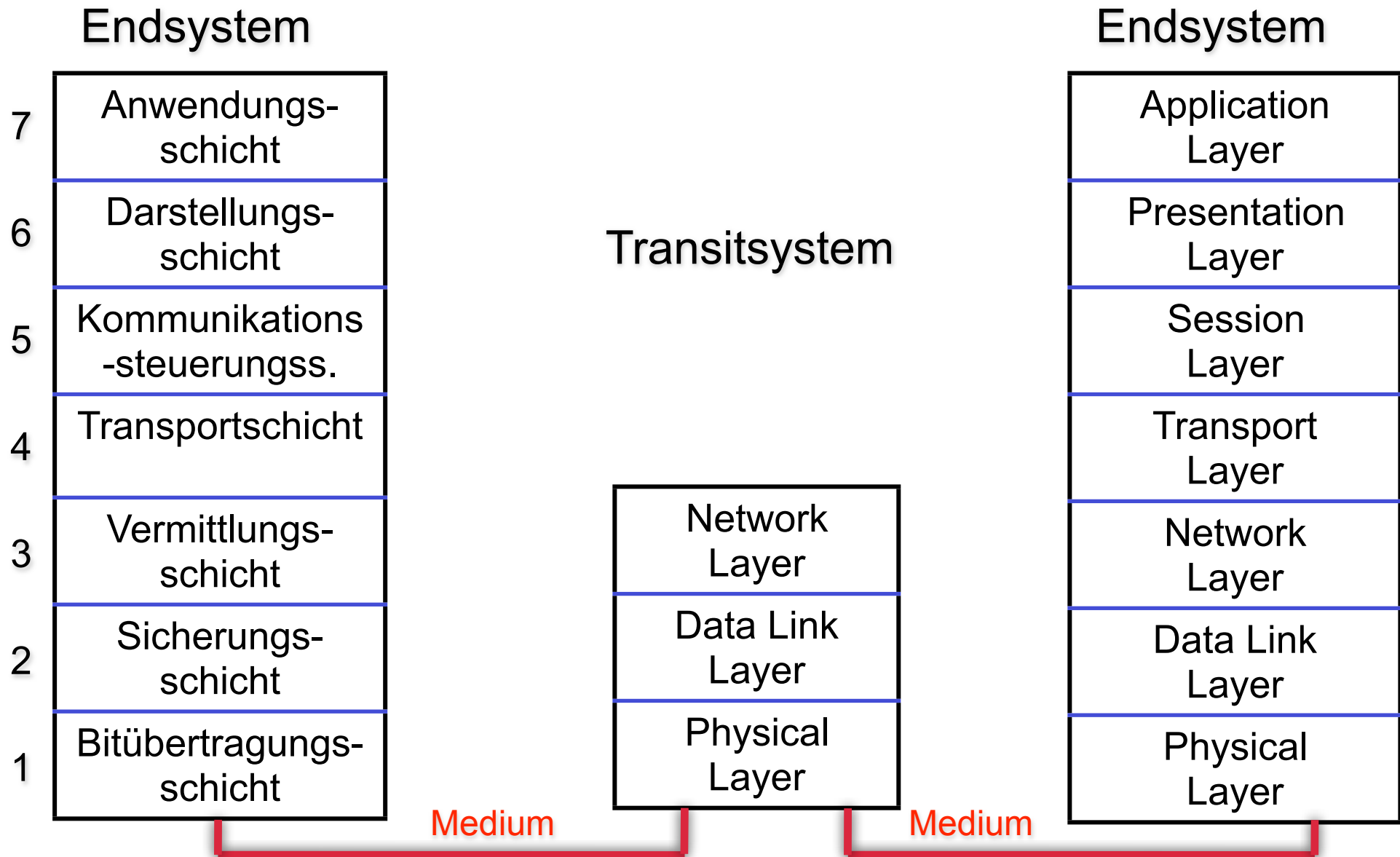
# Virtual (Private) Network

- Grundidee:  
Nachbildung einer logischen Netzstruktur („Local Area Network“ oder eines „nicht öffentlichen“ Netzes) in beliebigen Topologien/Technologien, z.B. auch über das Internet



- Das „virtuelle“ Netz soll u.a. bezüglich *Vertraulichkeit* und *Datenintegrität* mit physischen LANs vergleichbar sein
- Virtualisierung auf jeder Schicht des OSI-Modells möglich

# Rückblick: ISO/OSI Schichtenmodell (Kapitel 2)



# Virtual Network auf Schicht 1

- Virtual Private Wire Service (VPWS)
  - Provider bietet Punkt zu Punkt Verbindung
  
- Virtual Private Line Service (VPLS)
  - Provider bietet Punkt zu Multipunkt Verbindungen
  
- Beispiel:  
Optical Private Link oder Optical Private Network (OPN)
  - Provider betreibt Glasfaserinfrastruktur
  - Kunde erhält eine Wellenlänge (Farbe) in dieser Infrastruktur
  - Kunde kann diese nutzen wie einen dedizierten Schicht 1 Link
  - Kunde muss sich um Routing, Bridging, etc. selbst kümmern
  - Über dieselben Glasfasern werden auch andere Kunden bedient

# Virtual Network auf Schicht 2/3/4

## ■ Schicht 2:

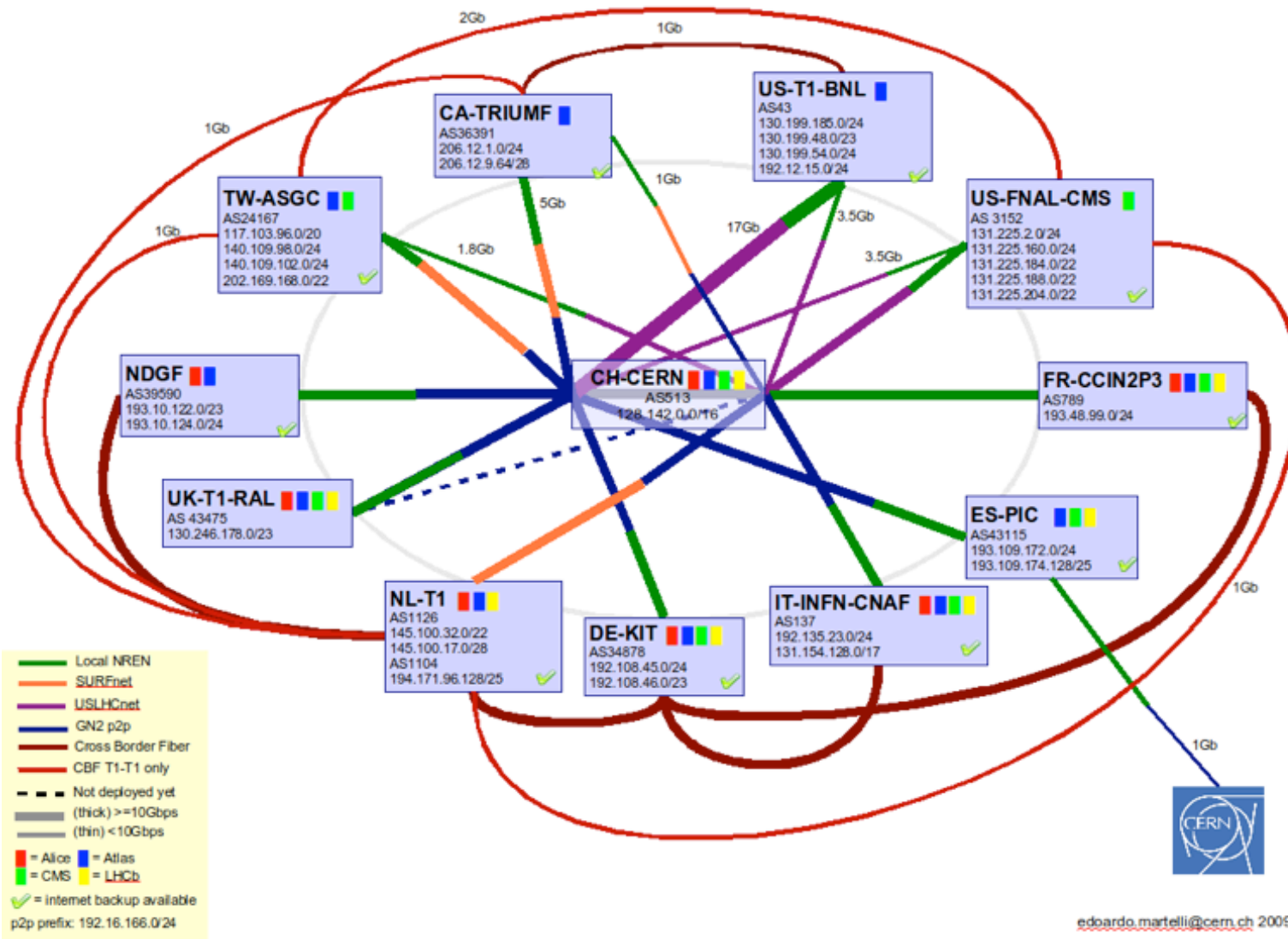
- Virtual LAN (VLAN)
  - Mehrere LAN Broadcast Domains über den selben physischen Link
  - Standard: VLAN Tagging (IEEE 802.1Q)
- Virtual Private LAN Services (Achtung: Abkürzung auch VPLS)
  - Verbindet physisch getrennte (V)LANs miteinander
- Point-to-Point Verbindungen
- Layer2 Tunneling Protocol
- ....

## ■ Schicht 3 und höher:

- IPSec
- SSL / TLS
- OpenVPN
- ...

# Beispiel für OPN: Large Hadron Collider

## LHCOPN – current status

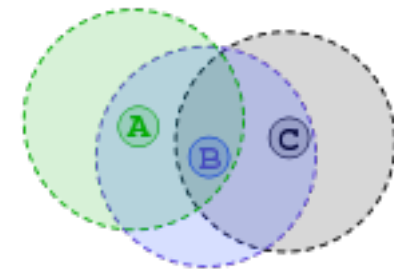


- Ca. 15 Petabytes an Rohdaten pro Jahr
- Auswertung verteilt auf über 100.000 CPUs
- Verteilung an ca. 6.000 Benutzer in über 450 Instituten

edoardo.martelli@cern.ch 20091103

# Aufgaben der Schicht 2

- Fehlerfreie Übertragung von Frames (Rahmen)
  - Aufteilung von Bitströmen in Frames
  - Fehlerkontrolle über Prüfsummen (z.B. Cyclic Redundancy Check, CRC)
- Flusskontrolle (Verhindert, dass der Empfänger mit Frames überflutet wird und diese verwerfen muss)
- Medienzugriffsverfahren für gemeinsam genutztes Übertragungsmedium
  - CSMA/CD bei Ethernet (IEEE 802.3)
  - CSMA/CA bei WLAN (IEEE 802.11)
  - ....

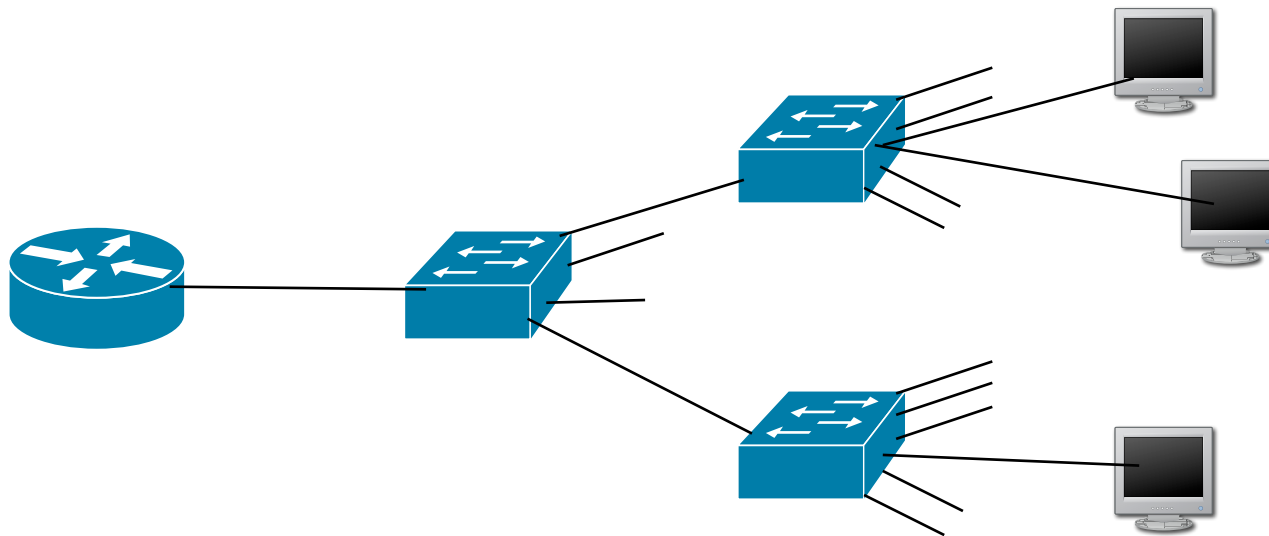


WLAN: Problem der „hidden stations“



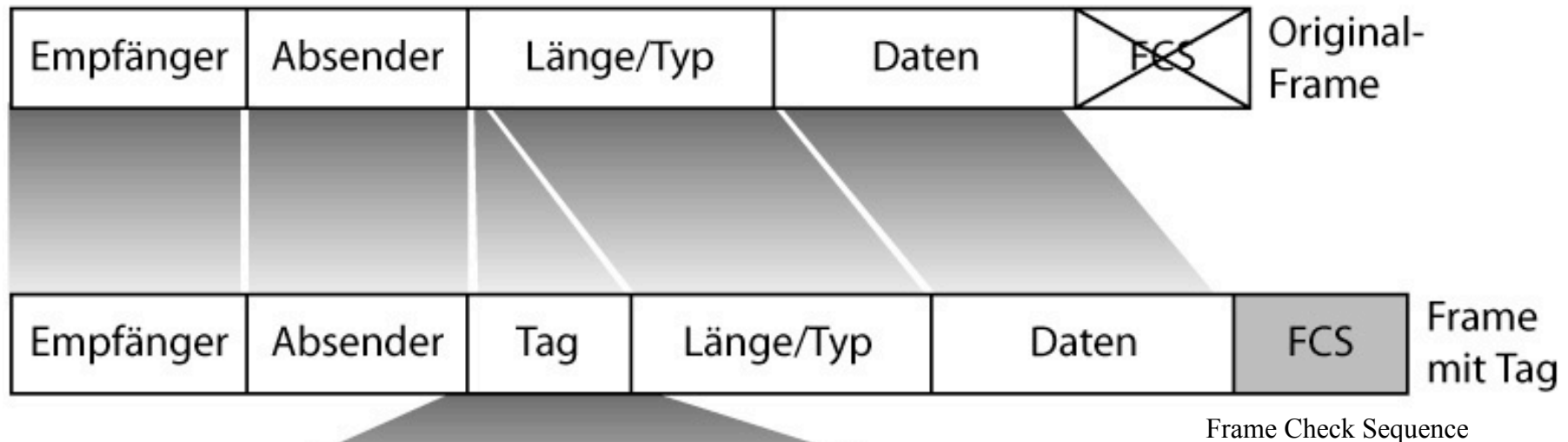
# Virtual LAN (VLAN)

- LAN-Infrastruktur über mehrere Switches (Gebäude) hinweg
- Logisch verschiedene LANs auf einer Netzkomponente
- Wunsch nach Verkehrsseparierung
- Heute Standard in Unternehmens- und Hochschulnetzen
  - Von den meisten Switchen im Consumer-Bereich nicht unterstützt

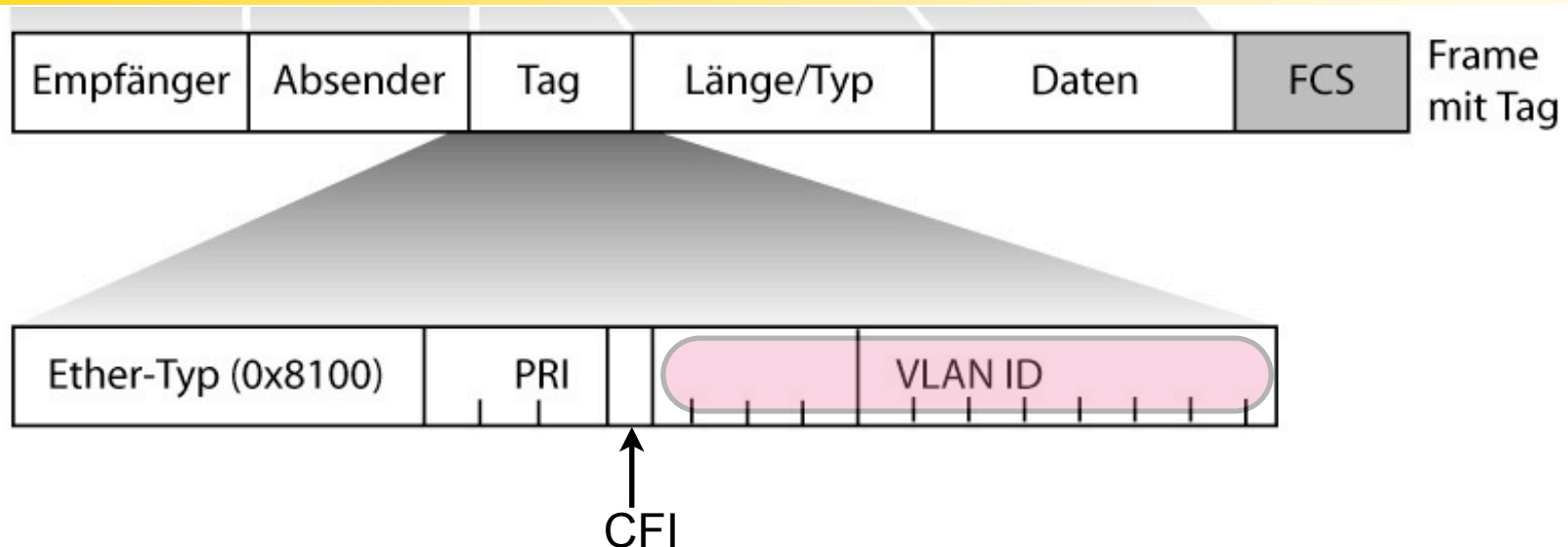


# VLAN: Datenpakete

- Virtual Local Area Network (VLAN); IEEE 802.1Q
- VLAN definiert Broadcast-Domäne
- Idee: Erweiterung des Ethernet-Frame um sog. Tag



# VLAN: Tag Format



## ■ Erweiterung des Ethernet-Frame um 32-bit Tag:

- ❑ TPID (Tag Protocol Identifier): konstant 0x8100; d.h. 802.1Q Tag Information im Frame enthalten (2 Byte)
- ❑ PRI (Priority): Priorisierung nach 802.1p (3 Bit)
- ❑ CFI (Canonical Format Indicator): MAC Adressen in kanonischer Form (1 Bit); bei Ethernet 0; sonst (z.B. Token Ring) 1
- ❑ **VLAN-ID**: Identifizierung des VLANs („VLAN NR.“) (12 Bit)
  - ID 0 = „kein VLAN“, ID 0xFFF ist reserviert
  - Somit 4094 verschiedene VLANs möglich

# PPP: Überblick

- Punkt-zu-Punkt Protokoll; Entwickelt für Verbindungsaufbau über Wählleitungen
  - DSL, ISDN, Modem, Mobilfunk, Funk, serielle Leitungen,....
  - WAN-Verbindungen zwischen Routern
  - Angelehnt an HDLC (Highlevel Data Link Control); Schicht 2 Protokoll
- Spezifiziert in RFC 1661, 1662 und 2153
  - Frame Format mit Begrenzungssymbolen (Delimiter) und Prüfsumme
  - Link Control Protocol (LCP) für:
    - Verbindungsauf- und -abbau
    - Test
    - Aushandeln der Konfiguration (u.a. Nutzdatenlänge pro Frame)
  - Network Control Protocol (NCP) :
    - Aushandeln der Konfiguration der unterstützten Schicht 3 Protokolle (z.B. IP, IPX, Appletalk,...), verschiedene Schicht 3 Protokolle über einen PPP-Link möglich
- Weitere Varianten: PPPoE (over Ethernet), PPPoA (over ATM)

# PPP: Sicherheitsdienste

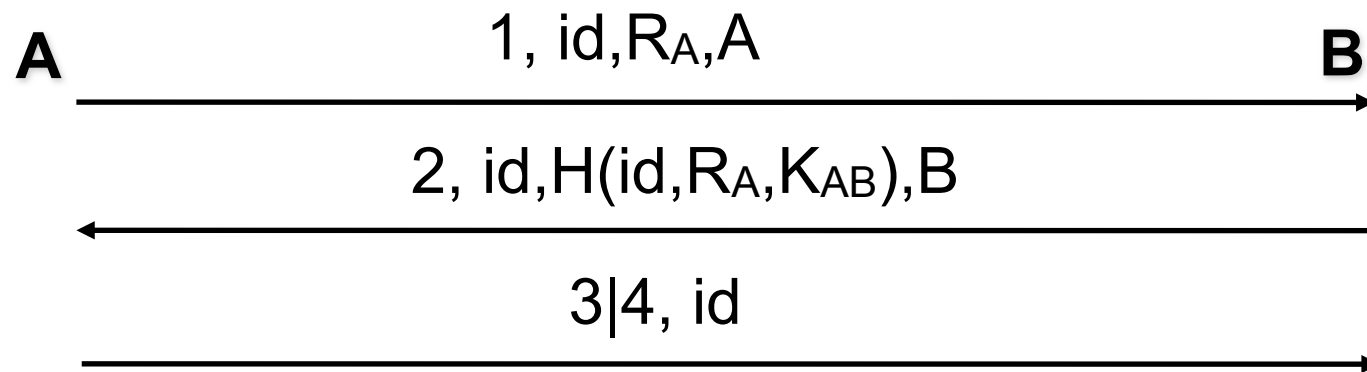
- Authentifizierung optional
- Im Rahmen der LCP-Aushandlung der Konfiguration kann jeder Partner eine Authentifizierung fordern
- Definierte Authentifizierungsprotokolle:
  - Password Authentication Protocol (PAP)
  - Challenge-Handshake Authentication Protocol (CHAP)
  - Extensible Authentication Protocol (EAP)

# Password Authentication Protocol (PAP)

- Spezifiziert in RFC1334
  - Authentisierende Entität kennt ID und Passwort aller Clients
  - Client wird mit LCP zur Authentisierung via PAP aufgefordert
  - Client schickt ID und Passwort **im Klartext**
  - Server schickt im Erfolgsfall ACK
- 
- Keine Verschlüsselung, Übertragung der Passwörter im Klartext
- 
- ➔ Unsicheres Protokoll
- RFC 1334: „Any implementations which include a stronger authentication method (such as CHAP, described below) **MUST** offer to negotiate that method prior to PAP.“

# Challenge-Handshake Authentication Protocol: CHAP

- (Auch) RFC1334 und RFC1994
- Periodische Authentisierung durch 3-Way-Handshake Protokoll
- Basiert auf gemeinsamen Geheimnis (Passwort)  $K_{AB}$
- A (Authenticator) fordert B zur Authentisierung auf:



- id: 1 Byte Identifier („incrementally changing“) gegen Replay-Angriffe
  - $R_A$  : Zufallszahl, H: Hash Verfahren, im Standard MD5
  - 3 = success; 4 = failure
- Auth-Request kann später beliebig neu geschickt werden

# Sicherheitsrisiko PAP-Fallback

- Viele Clients unterstützen immer noch Server, die nur PAP anbieten
  - Für Client-Hersteller einfach zu implementieren
  - Abwärtskompatibilität vom Markt gewünscht
  - Die meisten Anwender kennen den Unterschied zwischen PAP, CHAP, etc. sowieso nicht: Hauptsache, es funktioniert!
  
- Man-in-the-middle-Angriff
  - Client kommuniziert nicht direkt mit Server, sondern über Angreifer
  - Angreifer gibt sich als „nur PAP“-Server aus
  - Angreifer erhält Klartext-Passwort vom Client
  - Somit kann der Angreifer u.a. als CHAP-fähiger Client gegenüber dem richtigen Server auftreten



# Extensible Authentication Protocol (EAP)

- RFC3748 und RFC5247
- Authentisierungs-Framework, bietet gemeinsame Funktionen und Aushandlungsmechanismen für konkretes Verfahren (als Methode bezeichnet)
- Rund 40 Methoden werden unterstützt:
  - EAP-MD5; äquivalent zu CHAP
  - EAP-OTP (One Time Password); vgl. Kapitel 8
  - EAP-GTC (Generic Token Card)
  - EAP-TLS (Transport Layer Security) vgl. Abschnitt über SSL/TLS
  - EAP-SIM (Global System for Mobile Communications (GSM) Subscriber Identity Modules (SIM))
- Herstellerspezifische Methoden:
  - LEAP (Cisco) Lightweight Extensible Authentication Protocol
  - PEAP (Cisco, Microsoft, RSA) Protected Extensible Authentication Prot.
  - ....

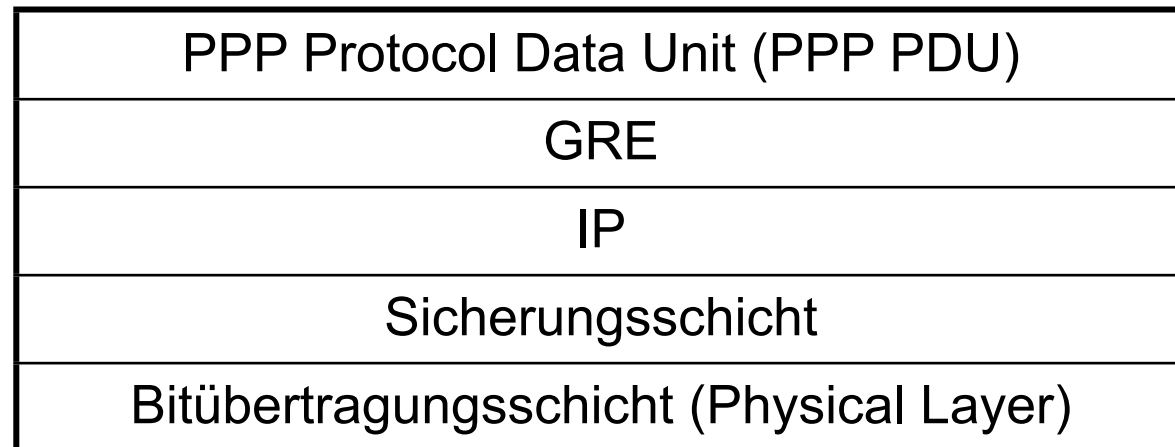
# EAP Grundlagen

- EAP kann Sequenz von Verfahren verwenden
- Verfahren muss aber vollständig abgeschlossen werden, bevor neues beginnt
- Request - Response Schema mit Success / Failure Antwort
- Beispiel: EAP-GTC (Generic Token Card, RFC3748)
  - Nutzbar für verschiedenste Authentisierungs-Token-Implementierungen
  - Request beinhaltet Nachricht, die dem Nutzer angezeigt wird
  - Nutzer gibt Token-Information ein
  - Server prüft und antwortet



# Point to Point Tunneling Protocol (PPTP)

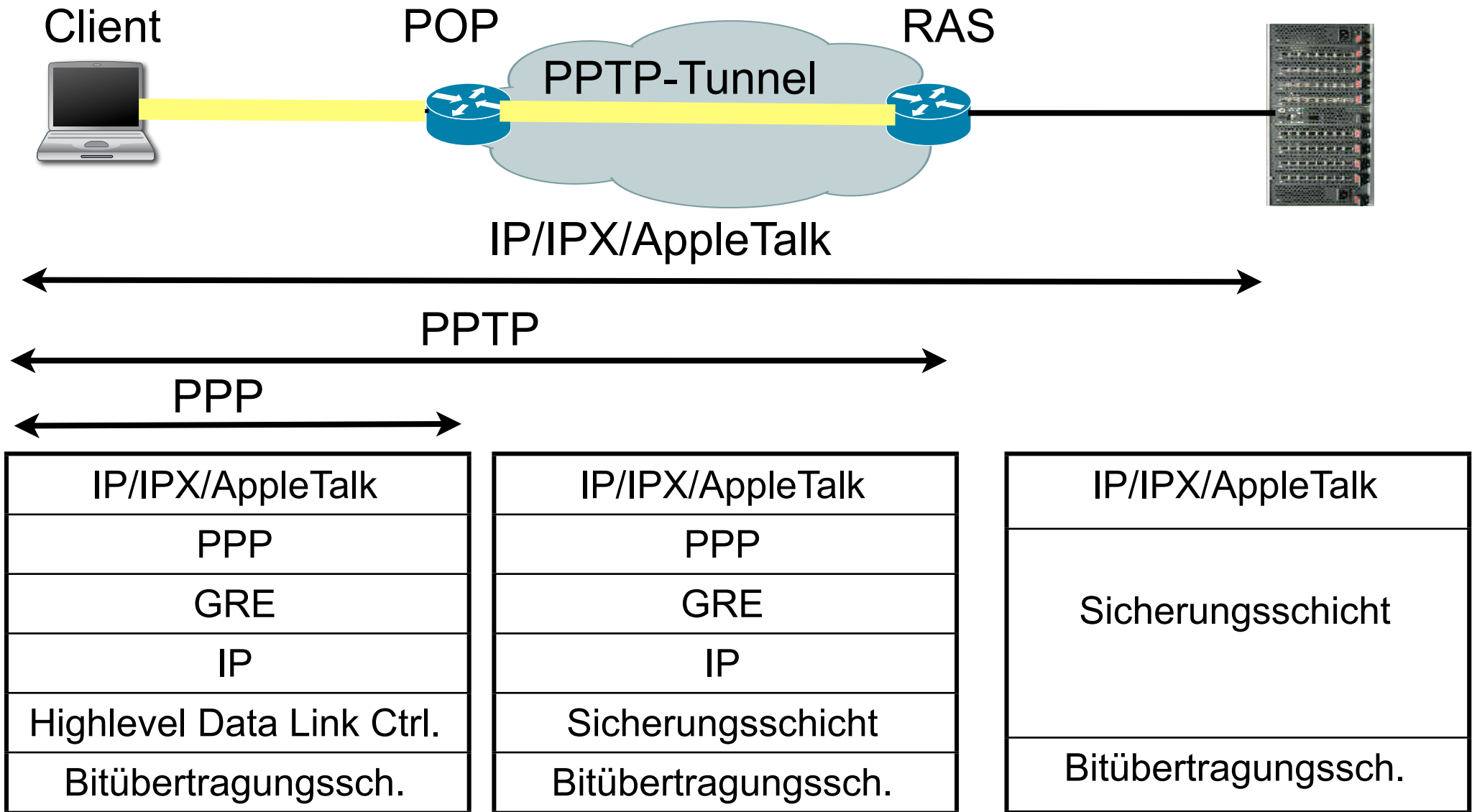
- PPP wurde für „direkt“ verbundene Systeme entwickelt
- Idee von PPTP (RFC2637, aber kein IETF-Standard):
  - Ausdehnung von PPP über Internet
  - PPTP realisiert Tunnel durch / über das Internet
  - Transport von PPP PDUs in IP-Paketen
  - Dazu werden PPP PDUs mit Generic Router Encapsulation Protocol (GRE) gekapselt
  - GRE ist ein Schicht 4 Protokoll



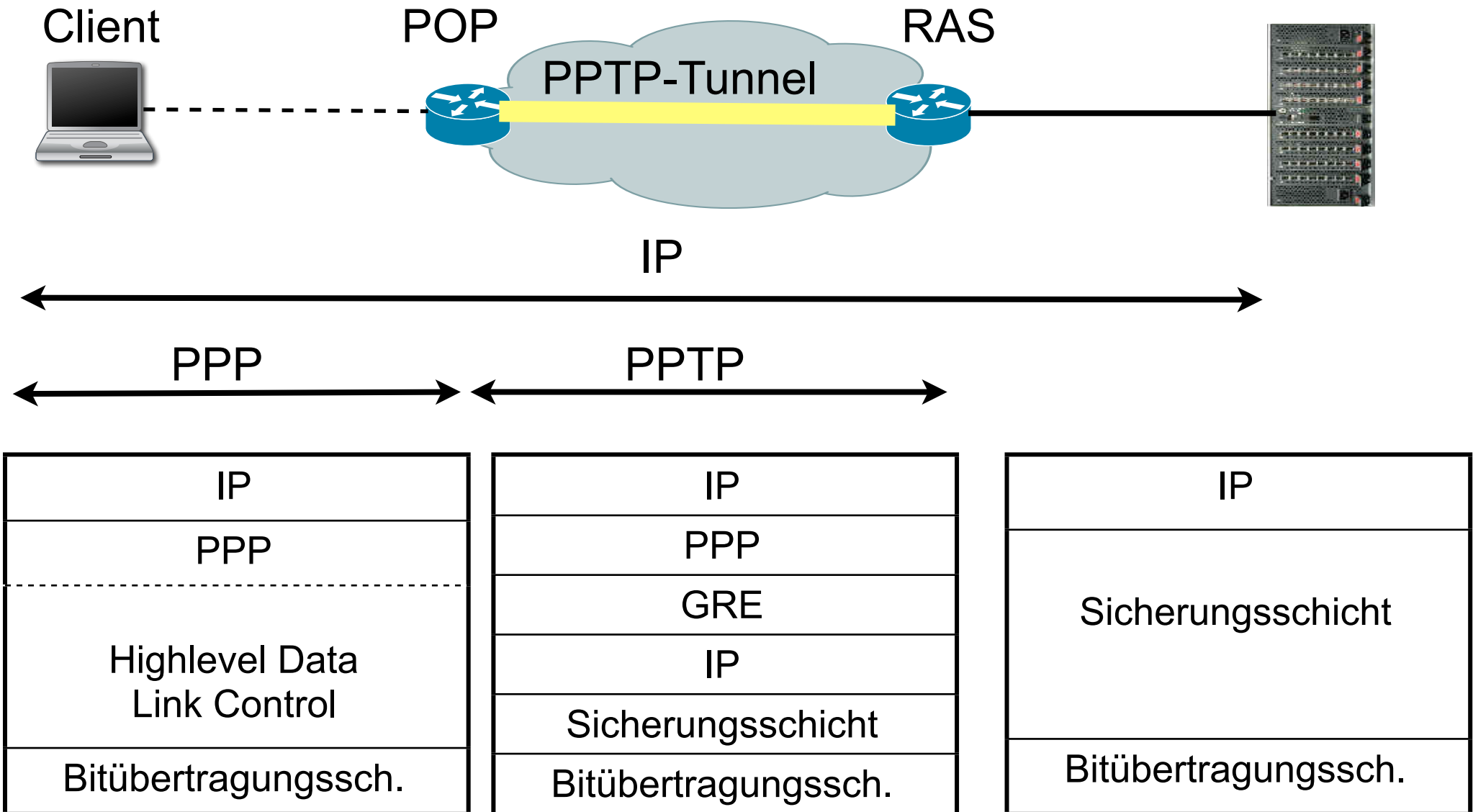
# PPTP: Anwendungsfälle

- Eines der ersten einfach zu konfigurierenden VPN-Protokolle mit weiter Verbreitung seit Microsoft Windows 95
  
- Verbindung eines Clients mit einem Remote Access Server (RAS)
  - Voluntary Tunneling
  - Client setzt PPTP aktiv ein
  
- Verbindung eines ISP Point of Presence (POP) mit einem PPTP Remote Access Server
  - Compulsory Tunneling
  - Client weiß nichts von PPTP
  - ISP POP handelt als Proxy (Stellvertreter) des Clients

# PPTP: Voluntary Tunneling



# PPTP: Compulsory Tunneling

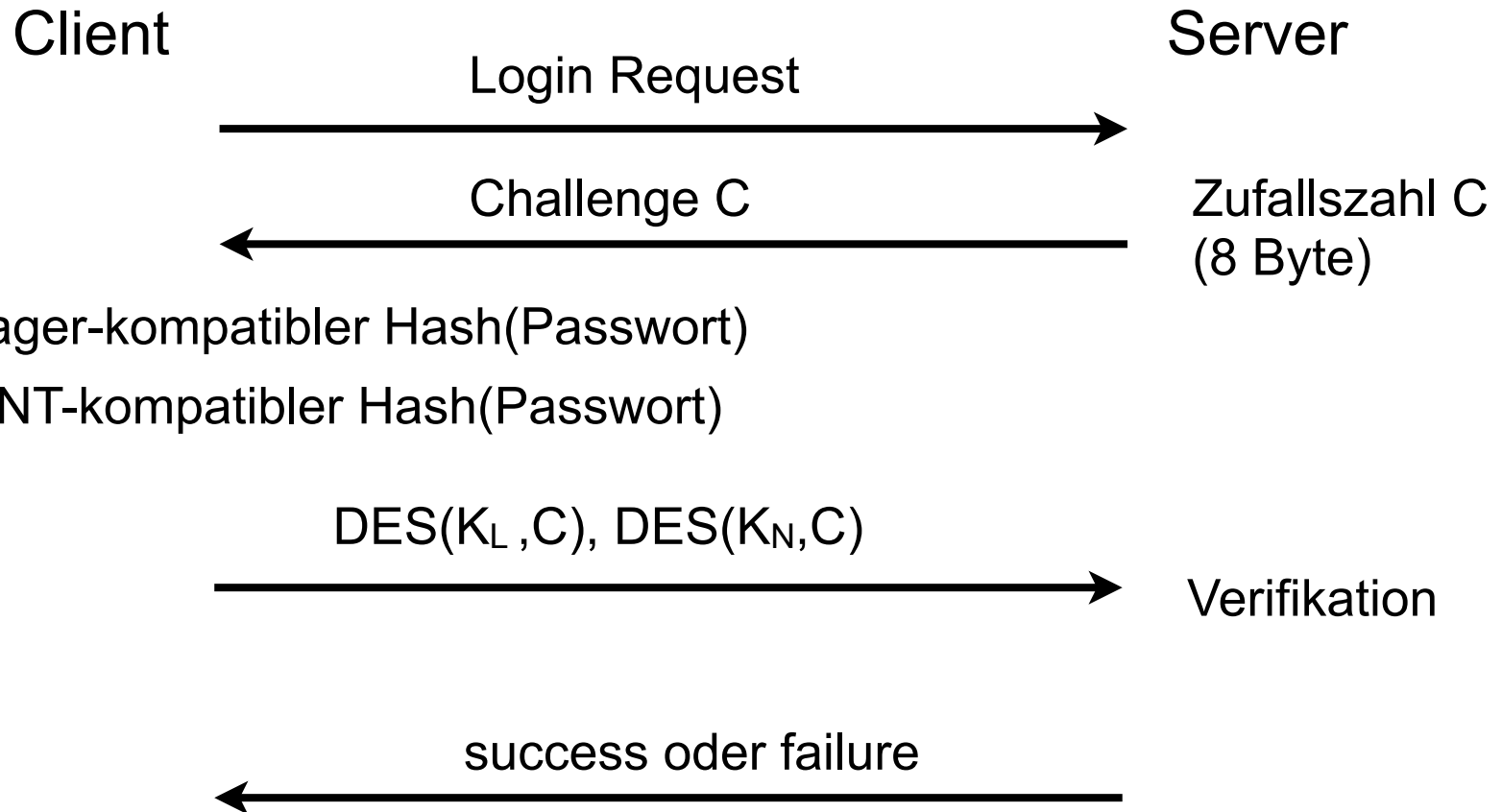


# PPTP Sicherheit

- Von Microsoft entwickelt [RFC 2637] als Teil des Remote Access Service (RAS)
- Microsoft-eigene Erweiterungen:
  - Microsoft PPP CHAP (MS-CHAP) [RFC 2433]
  - Microsoft Point to Point Encryption Protocol (MPPE) [RFC 3078]
- Analyse von Bruce Schneier 1998; Fehler in
  - Password Hashing: schwacher Algorithmus erlaubt Eve, das Passwort zu ermitteln (Stichworte: LAN Manager Passwort und L0phtCrack)
  - Challenge/Response Protokoll erlaubt Maskerade-Angriff auf RAS Server (keine beidseitige Authentifizierung)
  - Verschlüsselung: Implementierungsfehler erlaubt Dekodierung
  - Verschlüsselung: Geratenes Passwort erlaubt Entschlüsselung
  - Kontrollkanal: Unautorisierte Nachrichten erlauben DoS (Crash des Servers)
  - Details: <http://www.schneier.com/paper-pptp.pdf>
- Microsoft verbesserte nach: PPTP v2 und MS-CHAPv2 [RFC 2759]

# Vergleich MS-CHAP v1 und v2

## ■ Version 1:



$K_L$  = LAN-Manager-kompatibler Hash(Passwort)

$K_N$  = Windows NT-kompatibler Hash(Passwort)

$DES(K_L, C), DES(K_N, C)$

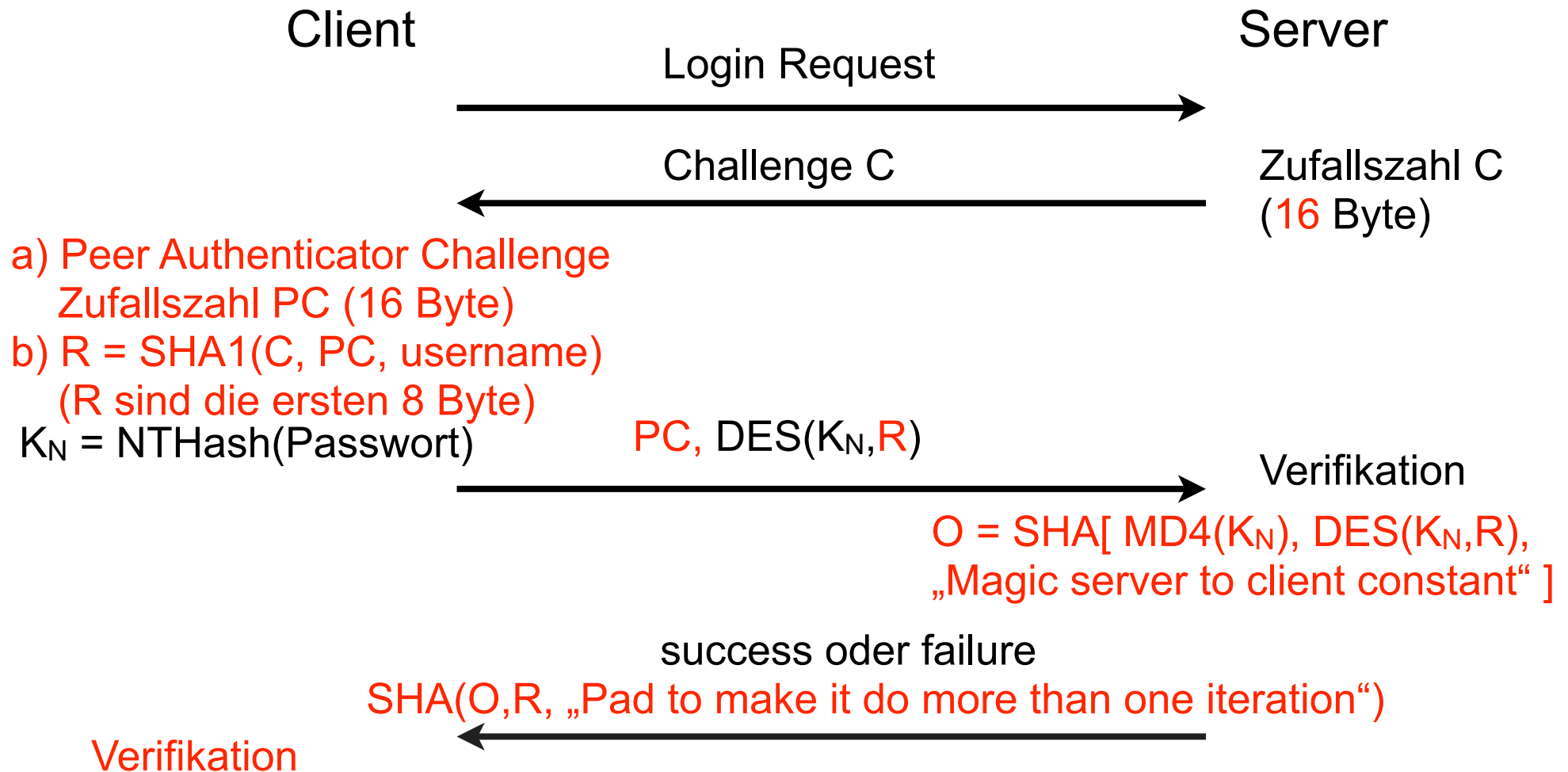
Verifikation

success oder failure



# Vergleich MS-CHAP v1 und v2

## ■ Änderungen in der Version 2



# Sicherheit MS-CHAP v2

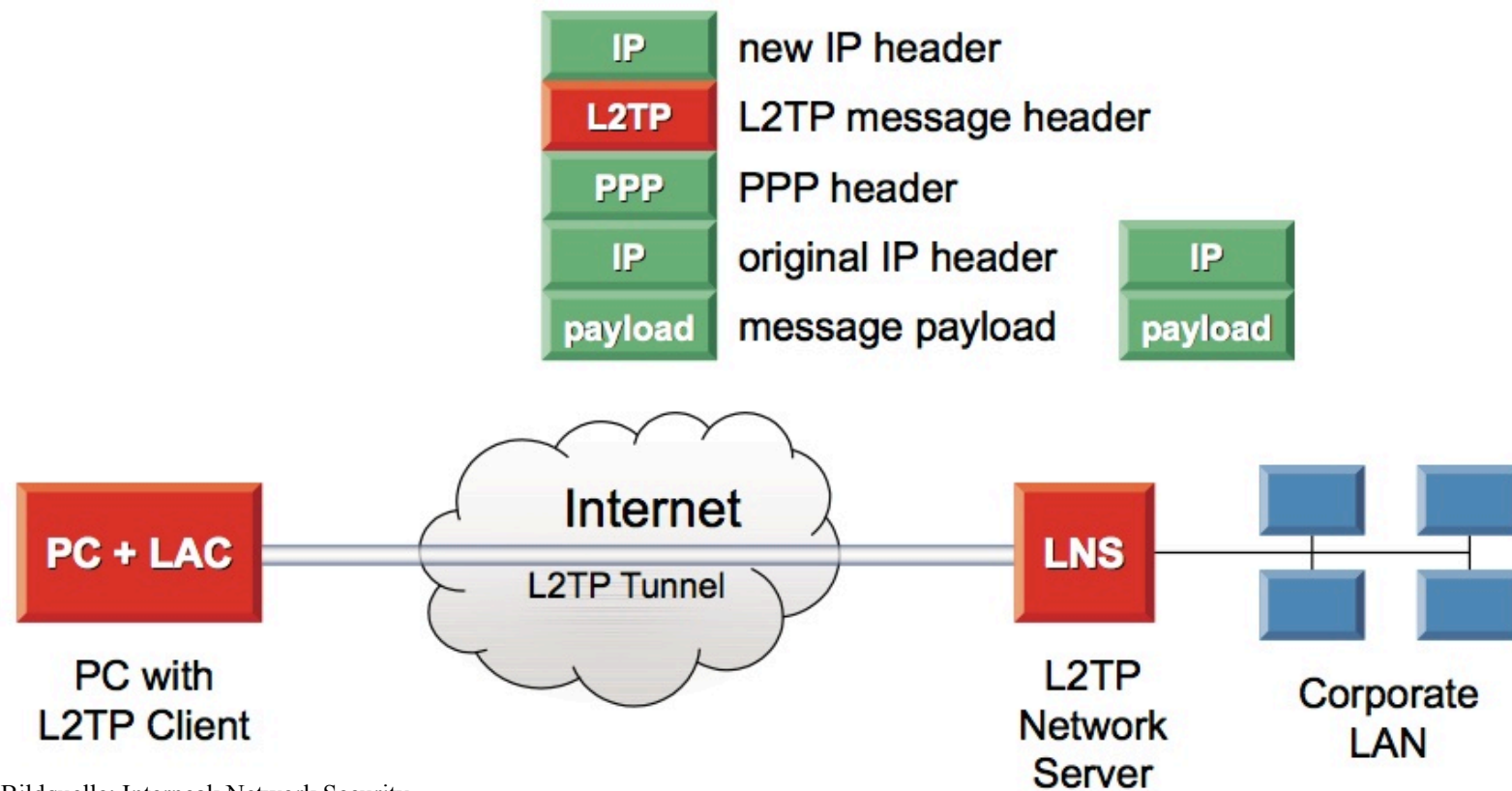
- Protokoll komplizierter als nötig
- Nutzen der „piggybacked“ Peer Authenticator Challenge PC fragwürdig
- Fazit:
  - Auch MS-CHAP v2 hat keinen integrierten Schutz vor Angriffen
  - Starke Abhängigkeit von der Wahl eines „guten“ Benutzerpassworts
  - Bessere Verfahren (z.B. Encrypted Key Exchange und Varianten) waren bereits verfügbar, wurden von Microsoft aber nicht genutzt
- Version Rollback Attack möglich:  
Mallet „überzeugt“ Client und Server, MS-CHAP v1 zu verwenden

# Layer 2 Tunneling Protocol (L2TP)

- L2TP [RFC 2661] entwickelt für Tunneling von PPP-Paketen
- Unterstützt verschiedene darunterliegende Protokolle:  
UDP, ATM, FrameRelay
- Tunnel-ID erlaubt Multiplexing von Verbindungen/Tunneln
- Authentisierung mittels CHAP oder PAP
- Vertraulichkeit über IPSec möglich [RFC 3193]  
(IPSec später in der Vorlesung)

# L2TP Datenfluss

- L2TP Access Concentrator (LAC) verpackt Frames im lokalen Netz in eine L2TP-Nachricht
- L2TP-Nachricht wird über das Internet an den L2TP Network Server (LNS) geschickt und dort „ausgepackt“



Bildquelle: Interpeak Network Security

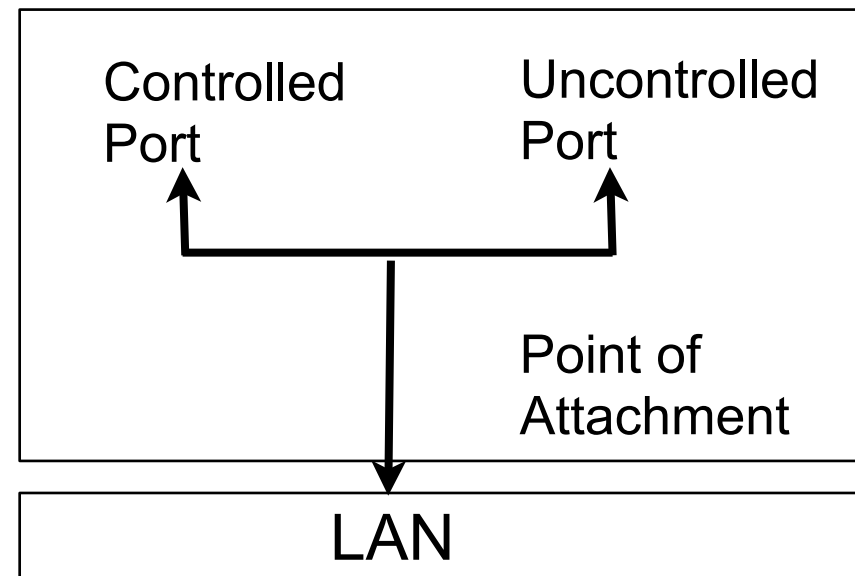
# IEEE 802.1X

- 802er Standards für Local Area Networks (LAN), insbesondere für Schicht 1 und 2, z.B.
  - 802.1Q Virtual Bridged LANs (VLAN)
  - 802.3 CSMA/CD (Ethernet)
  - 802.5 Token Ring
  - 802.6 Metropolitan Area Network
  - 802.11 Wireless LAN
  - 802.15 Wireless PAN (Personal Area Network)
  - 802.15.1 Bluetooth
- 802.1X Port Based Network Access Control
  - Authentisierung und Autorisierung in IEEE 802 Netzen
  - Häufig genutzt in WLANs und (V)LANs
  - Port-basierte Network Access Control

# 802.1X Grundlagen

## ■ Rollen:

- ❑ **Supplicant:** 802.1X Gerät, das sich authentisieren möchte
- ❑ **Authenticator:** Gerät, an dem der Supplicant angebunden ist (z.B. Switch oder WLAN Access Point), erzwingt Authentisierung und beschränkt ggf. Konnektivität
- ❑ **Authentication Server:** führt die eigentliche Authentisierung durch (z.B. RADIUS-Server mit LDAP-Backend)
- ❑ **Port Access Entity (PAE):** „Port“, an dem Supplicant angeschlossen ist
  - **Uncontrolled Port:**  
erlaubt Authentisierung des Gerätes
  - **Controlled Port:**  
erlaubt authentisiertem Gerät Kommunikation zum LAN

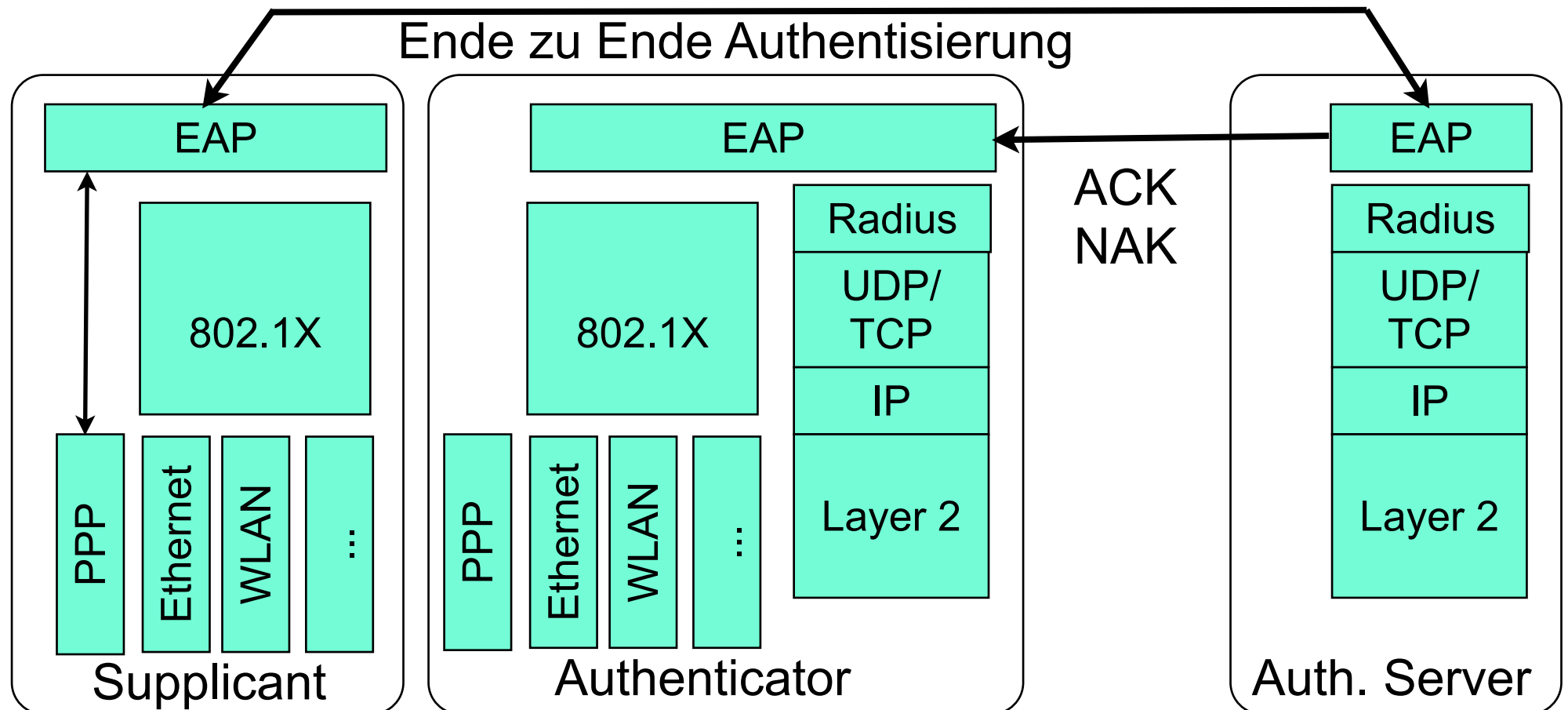


# 802.1X: Ablauf der Protokolle

- Möglicher Ablauf:
  1. Supplicant fordert Controlled Port
  2. Authenticator fordert Authentisierung
  3. Nach erfolgreicher Authentisierung wird der Port freigeschaltet
- Supplicant oder Authenticator können Authentisierung initiieren
- 802.1X definiert keine eigenen Sicherheitsprotokolle, sondern nutzt bestehende:
  - Extensible Authentication Protocol (EAP) [RFC 3748] für Geräte-Authentisierung
  - EAP-TLS [RFC 5216] z.B. zur Aushandlung eines Session Key
  - RADIUS als AAA Protokoll (AAA = Authentisierung, Autorisierung und Accounting)

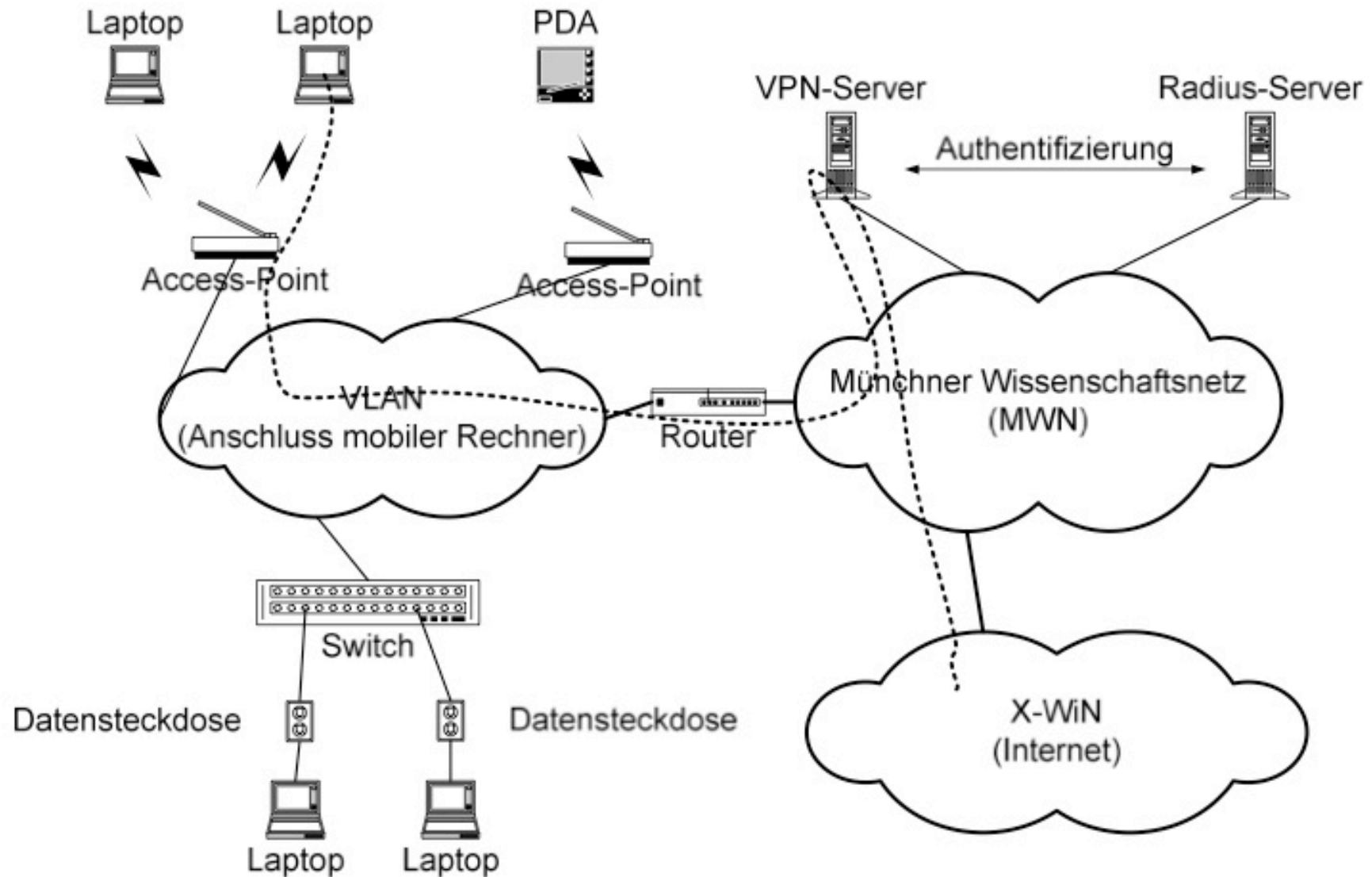
# Extensible Authentication Protocol (EAP)

- Unterstützt verschiedene Auth.-Mechanismen
- Aushandlung erst während der Authentisierung mit Auth.-Server
- Authenticator ist nur Vermittler der Nachrichten





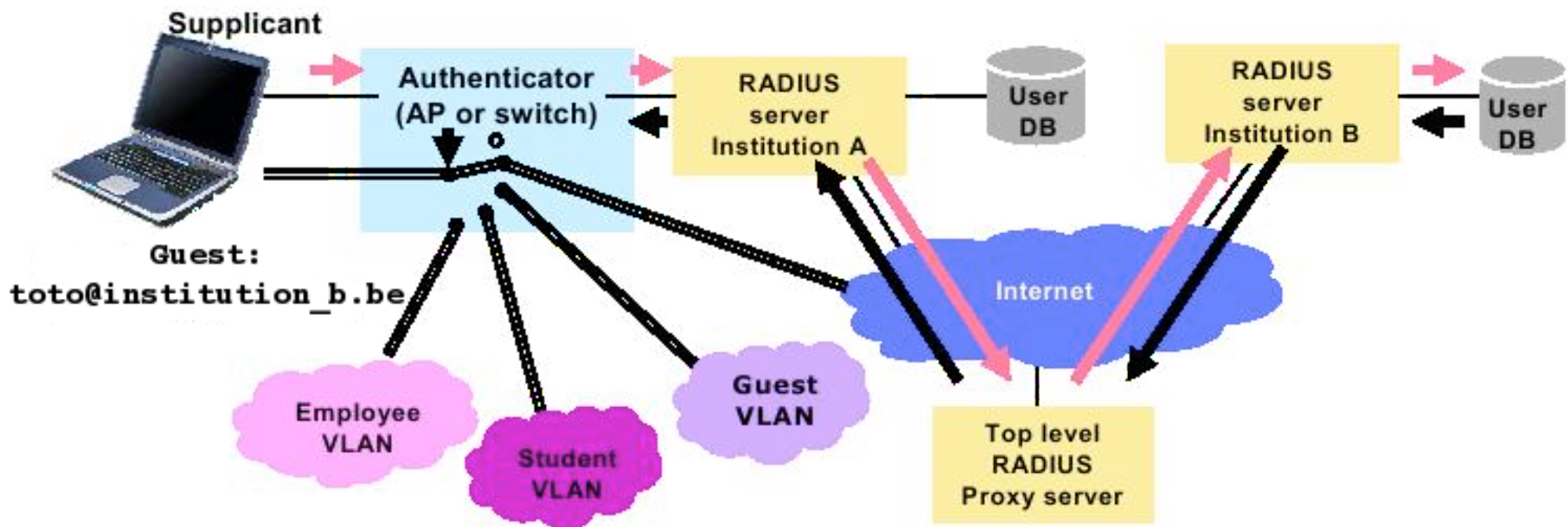
# Beispiel: WLAN-Zugang im MWN



# Beispiel: eduroam



- Weltweites Roaming in Hochschul-(WLAN-)Netzen
- 802.1X mit RADIUS-Authentifizierung an der jeweiligen Heimathochschule



Bildquelle: eduroam.be