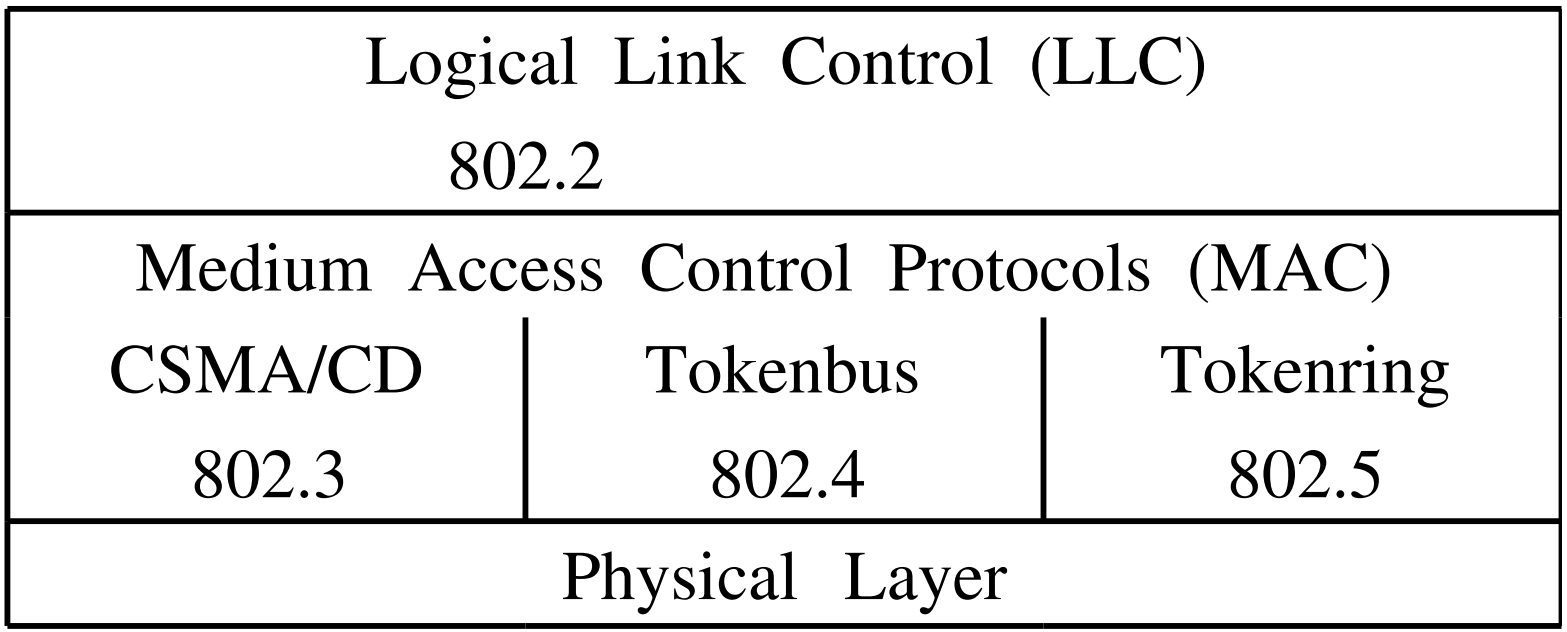
8. LAN: Der IEEE-Standard 802 für lokale Netze

1. Ethernet (IEEE 802.3): CSMA/CD
2. Digital Subscriber Line (DSL)
3. PPP over Ethernet (PPPoE)

Zugriffsverfahren für Broadcastmedium



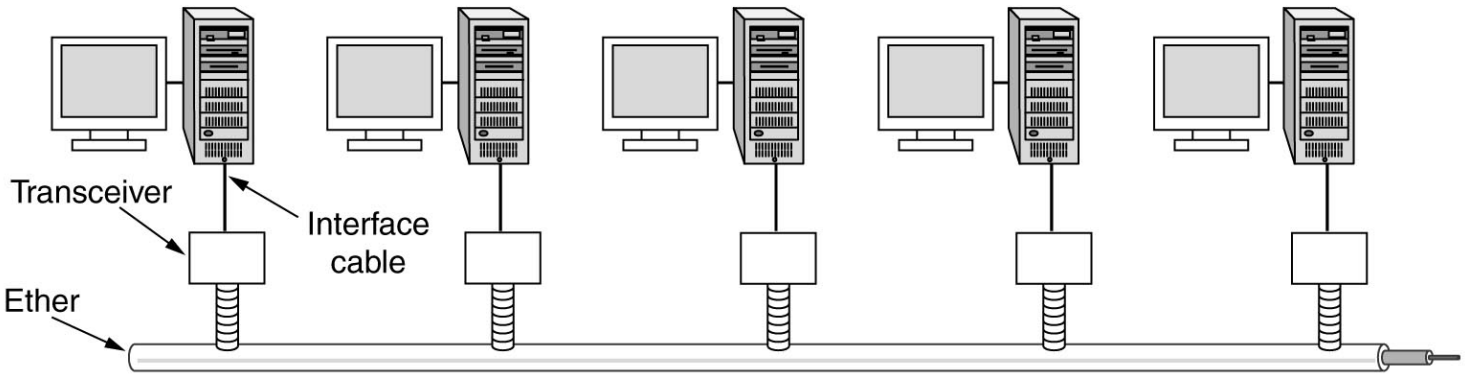
Literatur: Rich Seifert: *Gigabit Ethernet: Technology and Applications for High-Speed LANs*, Addison-Wesley, 1998

Das Michelson-Experiment von 1881 in Potsdam

Quelle: D.-E. Liebscher

8.1 Ethernet

- von Xerox in den 70er Jahren entwickelter und als IEEE 802.3 1983 standardisierter serieller Bus,
- "luminiferous ether" (leuchtender Äther),

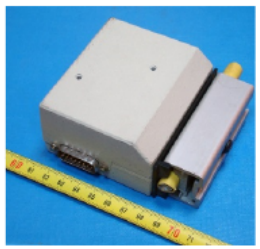


- Zugriff auf's Medium basiert auf 1-persistent CSMA
- bis zu 1024 Stationen über maximal 2,5 km,
- 46 Bytes $\leq$ Paketgröße $\leq$ 1500 Bytes
- Manchesterkodierung
- 80er Jahre: 10 MBit/s Übertragungsrate,
- aktuell: FastEthernet 100 MBit/s, Gigabit Ethernet, 10 GE, 100 GE

Kabeltypen nach 802.3

Koaxialkabel, Twisted Pair, Glasfaser

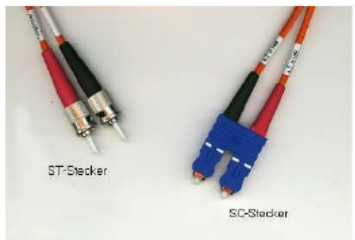
Bezeichnung	Kabel	max Segmentlänge	Knoten/ Segment	Vorteile
10Base5	Dickes Koax	500m	100	gut für Backbones
10Base2	Dünnes Koax	200m	30	kostengünstig
10Base-T	Verdrilltes Paar	100m	1024	einfache Wartung
10Base-F	Glasfaser	2000m	1024	ideal zwischen Gebäuden



10Base5 mit Transceiver

10Base2 mit T-Stück

10Base-T mit 8P8C-Stecker



10Base-F

Quelle: Schoelzel

Ethernet Paketformat (1983-1996)

7	1	6	6	2	0-1500	0-46	4
Präambel	Start-begrenzer	Ziel-adresse	Quell-adresse	Länge des Datenfeldes	Daten	Pad	Prüf-summe

Mindestlänge von Zieladresse bis zur Prüfsumme: 64 Bytes $\Longrightarrow$ Padding

Prüfsumme: CRC-32

CSMA/CD-Verfahren (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection)

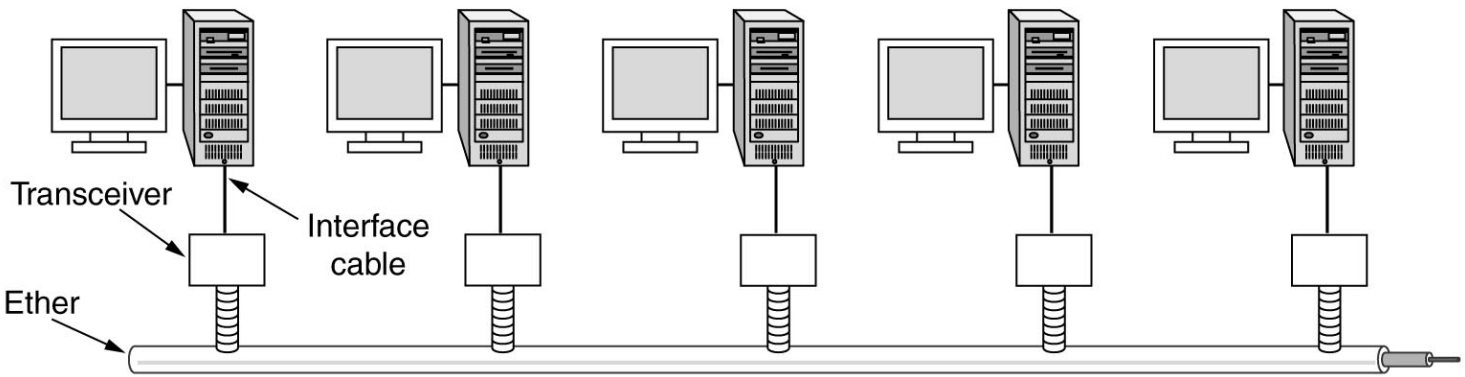
- Die sendewillige Station hört das Kabel ab und sendet, falls das Kabel frei ist (Carrier Sense).
- Andernfalls wartet die Station, bis das Kabel frei wird[16].
- Da alle sendewilligen Stationen gleichberechtigt sind (Multiple Access), kann es zu Kollisionen kommen. Jeder Sender hört deshalb auch die eigene Nachricht mit und überprüft, ob sie ungestört bleibt (Collision Detection).
- Im Fehlerfall wird ein Jamming-Signal geschickt und der Sendevorgang nach einem zufällig gewählten Zeitintervall wiederholt (Binary Exponential Backoff Algorithm).

$\Longrightarrow$ Random-Zugriffsverfahren

[16] 1-persistent: Wenn das Medium als frei erkannt wird, wird mit Wahrscheinlichkeit 1 gesendet.

Binary Exponential Backoff Algorithm

- Zeit wird in „Slots" eingeteilt: slot $= 2\ t_p$
  t_p: *Propagation Delay:* maximale Signallaufzeit
- nach 1. Kollision: 0 oder 1 Slot warten
- nach 2. Kollision: 0, 1, 2 oder 3 Slots warten
- allg.: nach i-ter Kollision: 0, 1, ... oder $2^i - 1$ Slots warten
- ab 10. Kollision: 0, 1, ... oder 1023 Slots warten
- Abbruch nach 16. Kollision und Fehlermeldung an nächsthöhere Schicht



Eigenschaften CSMA/CD

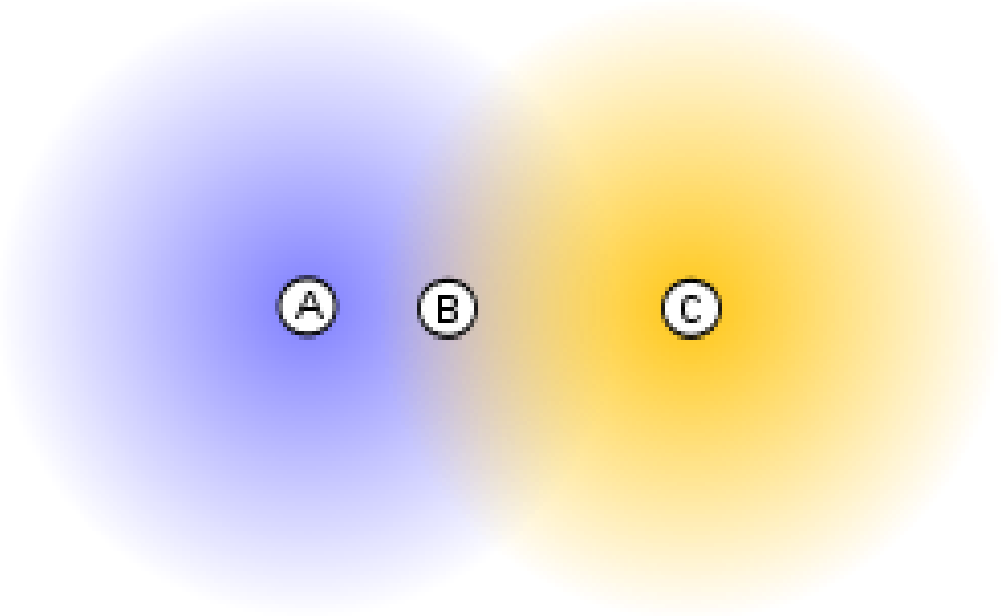
- Random-Zugriffsverfahren, daher nicht für Echtzeitanforderungen geeignet
- Ethernet spezifiziert eine Bitfehlerrate (Bit Error Rate (BER)) von 10^{-8} im Worst-Case für Kupfer.
  Bei Sprachübertragung ist eine BER von 10^{-6} und kleiner hinreichend.
- Gigabit Ethernet spezifiziert eine BER von 10^{-10}, und 10 Gigabit Ethernet von 10^{-12}.
- Pakete können wegen Überlast im Switch oder von der Karte weggeworfen werden. Dies wird vom Protokoll nicht bemerkt und somit auch nicht behoben. $\Longrightarrow$ keine Flußkontrolle.
  Flußkontrolle muss in höheren Schichten erfolgen.
- FIFO-Reihenfolge der Pakete zwischen zwei Kommunikationspartnern wird eingehalten.

Neuere Entwicklungen

- heutzutage üblich: Sterntopologie via Switch
  $\Longrightarrow$ CSMA/CD wird nicht eingesetzt
- Moderne Netzwerkkarten und Switche erlauben Jumbo-Frames von z.B. 9000 Bytes,
- MAC Control Protocol: Einige Karten und Switche implementieren das in IEEE 802.3x standardisierte Verfahren zur Flußkontrolle: Erreicht der Empfangspuffer der Netzwerkkarte einen kritischen Wert, schickt die Karte einen PAUSE-Frame an den Sender mit der Zeitangabe, wie lange der Sender die Paketversendung stoppen soll.
- Änderung im Paketformat: Neues Type-Feld zum schnellen Erkennen von MAC Control Frames (IEEE 802.3x, 1997), wird von Gigabit Ethernet benutzt.

Drahtlose Netze funken ebenfalls in einem Broadcast-Medium!

Bem.: Hidden Station-Problem in **drahtlosen** Netzen:



Falls die Station A mit Station B kommuniziert, bemerkt Station C nichts von dieser Kommunikation. Station C hält das Medium für frei und sendet ggf. ebenfalls an B.

Quelle: Wikipedia, Herrmann Pommer

Viele Protokolle für **drahtlose** Kommunikation arbeiten gemäß des CSMA/CA-Verfahrens (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance):

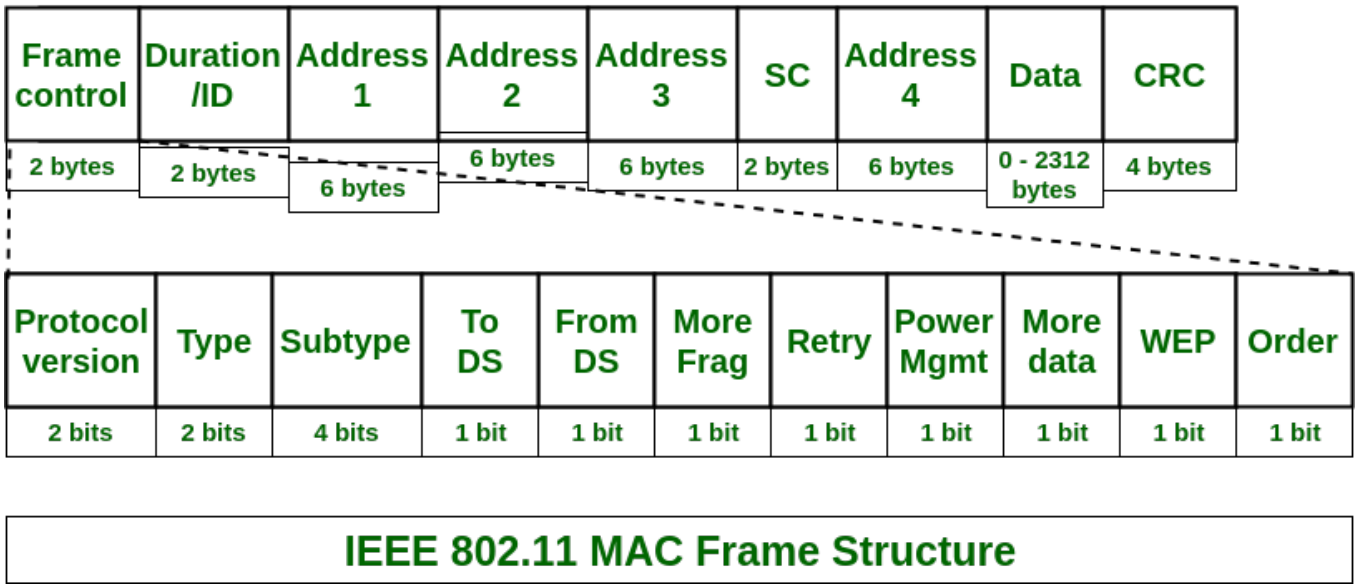
1. Die sendewillige Station hört das Medium ab. Ist das Medium für DIFS (Distributed Inter-frame Space) Zeiteinheiten frei, sendet die Station.
2. Andernfalls würfelt die Station eine *Backoffzeit* (Binary Exponential Backoff). Bleibt das Medium DIFS Zeiteinheiten frei, wird die Backoffzeit runtergezählt. Wenn das Medium belegt ist, wird der Counter angehalten. Nach Ablauf der Backoffzeit wird gesendet und die Station wartet auf eine Quittung.
3. Läuft der Timer für die Quittung ab, wird gemäß Binary Exponential Backoff erneut gewürfelt, und Schritt 2 wiederholt.

Beispiel: IEEE 802.11 wireless LAN (WiFi)

Weiteres Feld im WiFi-Datenrahmen für Collision Avoidance:
Duration-Feld, das angibt, wielange das Medium belegt sein wird.
$\Longrightarrow$ *Reservierung* des Mediums

1. Empfängt eine Station eine Nachricht mit der Information, wielange das Medium belegt sein wird, merkt sich die Station diesen Wert im Network Allocation Vector (NAV) und zählt den Wert runter.
2. Die Station wartet, bis der NAV auf Null ist, und wiederholt den ersten Schritt vom CSMA/CA-Verfahren (Testen, ob Medium frei ist).

Weiteres Feld im WiFi-Datenrahmen für Collision Avoidance:
Duration-Feld, das angibt, wielange das Medium belegt sein wird.
$\Longrightarrow$ *Reservierung* des Mediums

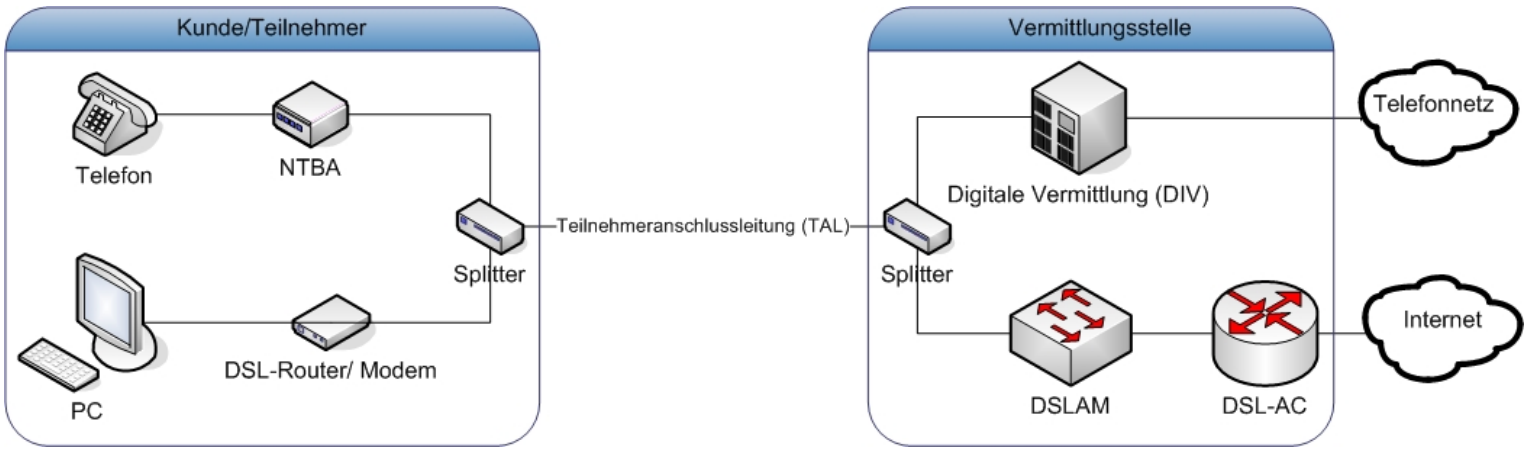


Quelle: `https://www.geeksforgeeks.org/ieee-802-11-mac-frame/`

WiFi-Prüfsumme: CRC

Digitaler Teilnehmeranschluss: Breitband-Internetzugang über dedizierte Kupferleitungen (bis zu 1000 Mbit/s)

In DSL-Netzen sammeln sogenannte DSL-Access Multiplexer (DSLAMs) den Datenverkehr der vor Ort angeschlossenen Teilnehmer und leiten ihn an einen Router, den sogenannten DSL Access Concentrator (DSL-AC) weiter. Der DSL-AC ist also der erste Hop auf dem Weg in das Internet.



(Quelle: Wikipedia)

zum Vergleich: Telefonmodems (bis zu 56 kbit/s), ISDN (zwei 64 kbit/s Kanäle)

Beispiel: Was weiß ein Fritzbox-Router über seine Anbindung an's Internet?

Telekom-DSL nutzt: PPPoE

8.3 PPP over Ethernet (PPPoE)

- RFC 2516, Anno 1999:
  "In many access technologies, the most cost effective method to attach multiple hosts to the customer premise access device, is via Ethernet."
- PPPoE besteht aus einer Discovery- und einer Session-Phase. Während der Discovery-Phase wird die Ethernet-Adresse des Servers gelernt und eine eindeutige Session-ID ausgehandelt:
  "In the Discovery process, a Host (the client) discovers an Access Concentrator (the server). Based on the network topology, there may be more than one Access Concentrator that the Host can communicate with. The Discovery stage allows the Host to discover all Access Concentrators and then select one."

WH: PPP besteht aus *Link Control Protocol (LCP)* und *Network Control Protocol (NCP)*.

Discovery-Stage

1. Der Host/Client schickt ein Initiation Packet an die `Broadcast`-Adresse.
2. Einer oder mehrere *Access Concentrators* antworten mit Offer Packet.
3. Der Host/Client wählt einen Access Concentrator aus.
   "The choice can be based on the AC-Name or the Services offered."
4. Der Host/Client schickt ein Unicast Session Request Packet an den ausgewählten Access Concentrator mit SESSION_ID=0x0000.
5. Der Access Concentrator erzeugt für diese Session eine eindeutige Session-ID und schickt diese mit einem Confirmation Packet an den Host/Client.

Einordnen in den Internet Protocol Stack:

Application	ssh	SMTP	Telnet	FTP	HTTP	NFS/ DNS,	SNMP	NTP
Transport	TCP						UDP	
Network	IP							
Link	**PPP**							
Link	**PPPoE**							
Link/Phy.	Ethernet							

$\Longrightarrow$ PPPoE ist ein *Adapterprotokoll*, um das Link-Layer-Protokoll PPP über Ethernet ablaufen lassen zu können.

PPPoE Paketformat

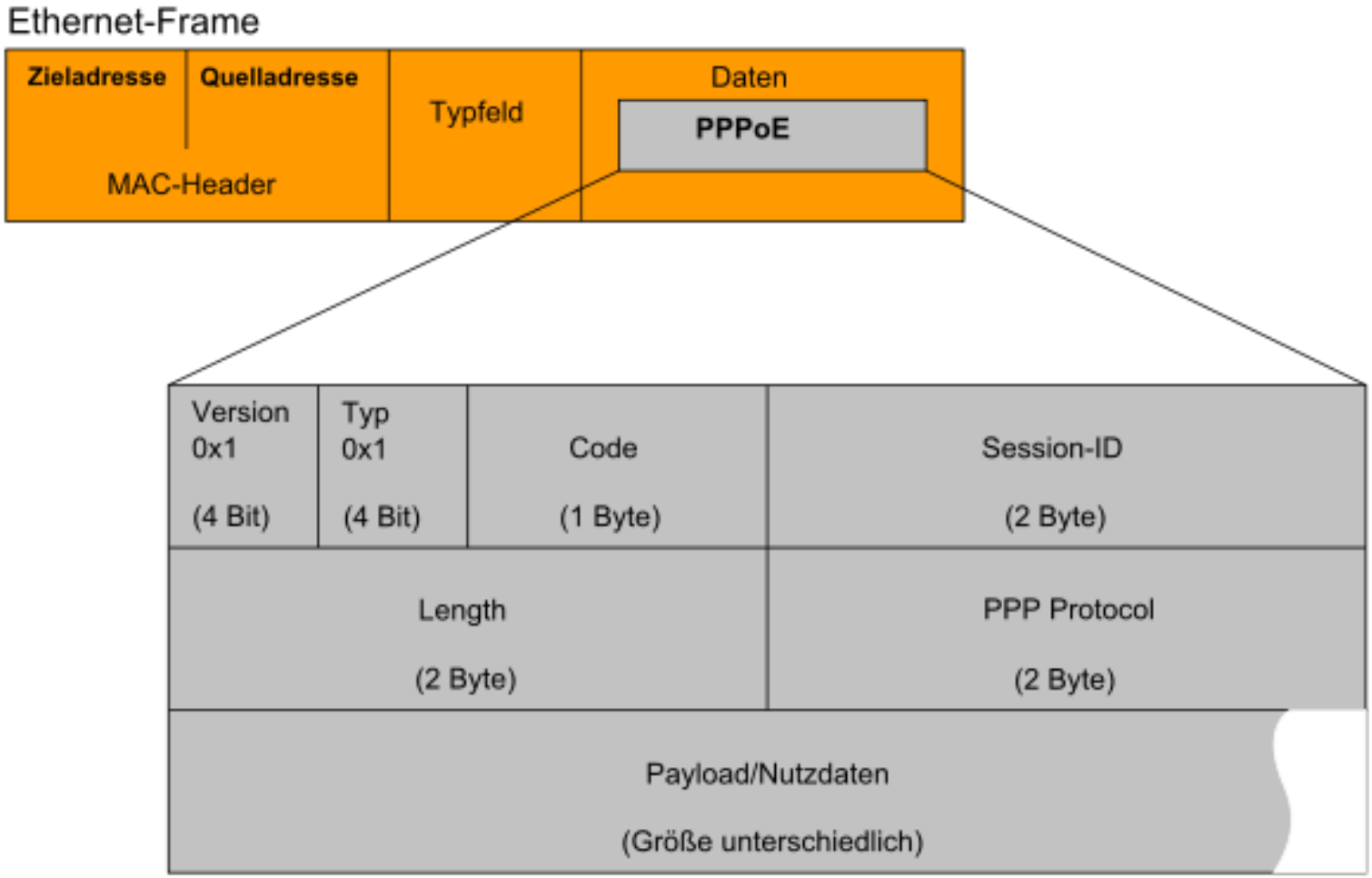
Klassisch Ethernet:

7	1	6	6	2	0-1500	0-46	4
Prä-ambel	Start-begr.	Ziel-adr.	Quell-adr.	Länge/ Typ	Daten	Pad	Prüf-summe

Die PPPoE Pakete werden als *spezielle* Ethernetrahmen verschickt:

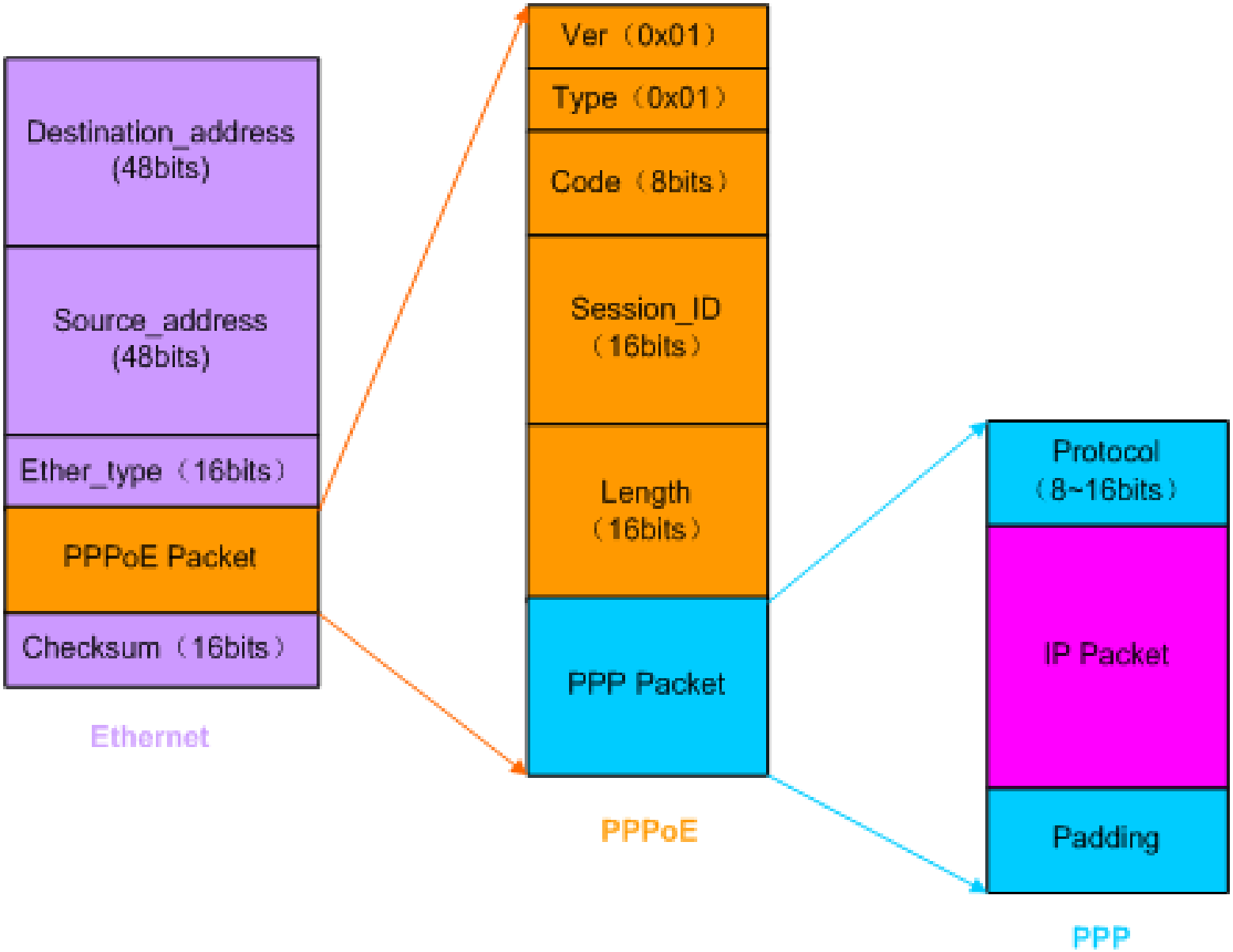
7	1	6	6	2	6		4
Prä-ambel	Start-begr.	Ziel-adr.	Quell-adr.	Type = 0x8863 bzw. 0x8864	PPPoE-Paket-Header	Daten oder Padding	Prüf-summe

Interpretation des Länge/Typ-Feldes:
The ETHER_TYPE is set to either 0x8863 (Discovery Stage) or 0x8864 (PPP Session Stage).



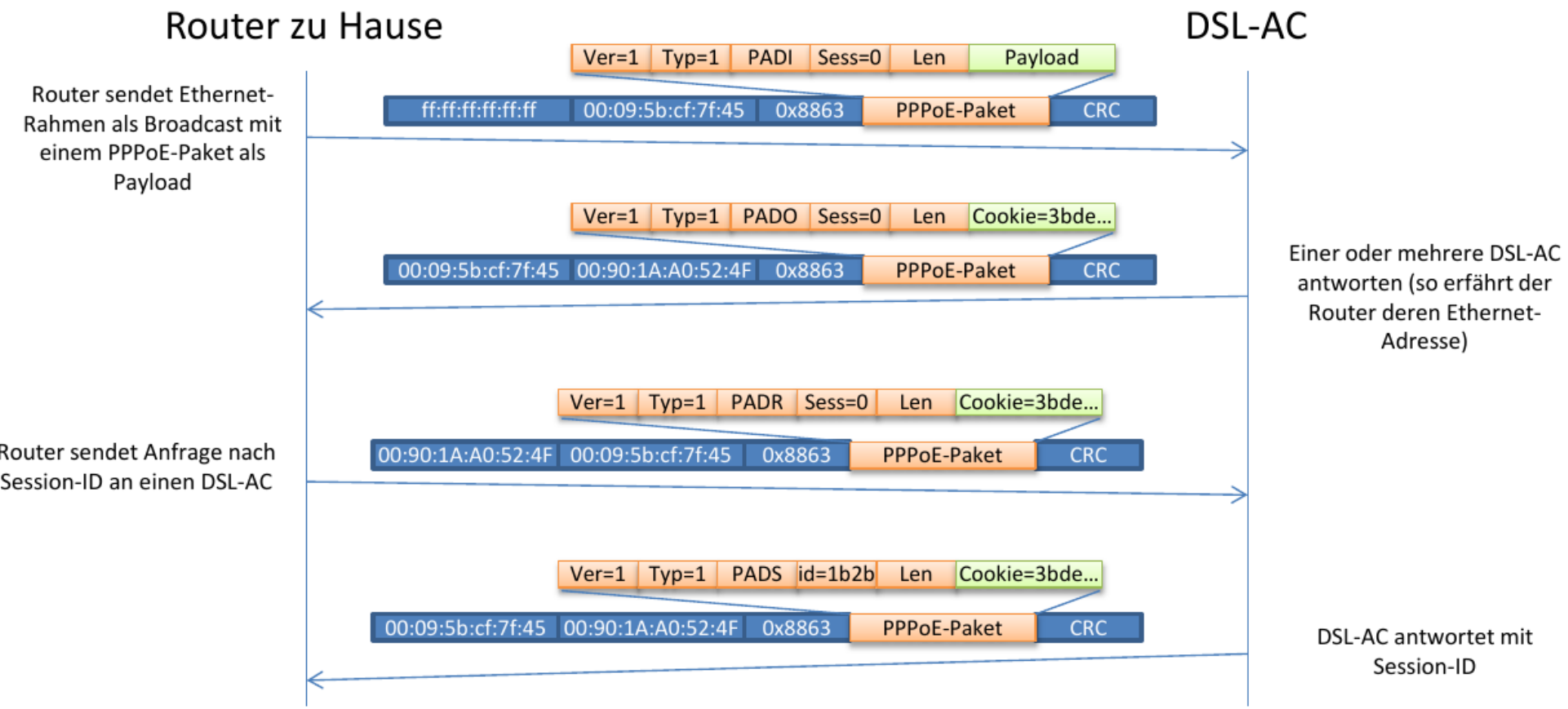
Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/PPP_over_Ethernet

Variable Payloadlänge $\Longrightarrow$ Das `Length`-Feld im PPPoE-Header muß vom Empfänger beachtet werden!



Quelle: `http://www.h3c.com`

Discovery Stage: The ETHER_TYPE is set to 0x8863



Damit ist die PPPoE Session aufgebaut. Router und DSL-AC haben eine Session-Id ausgehandelt.

Quelle: http://www.nwlab.net/art/pppoe/

Zusätzlich existiert ein Terminate Packet, das sowohl Host/Client als auch der Access Concentrator jederzeit schicken können, nachdem die Session aufgebaut ist, um anzuzeigen, dass die PPPoE-Session beendet ist.

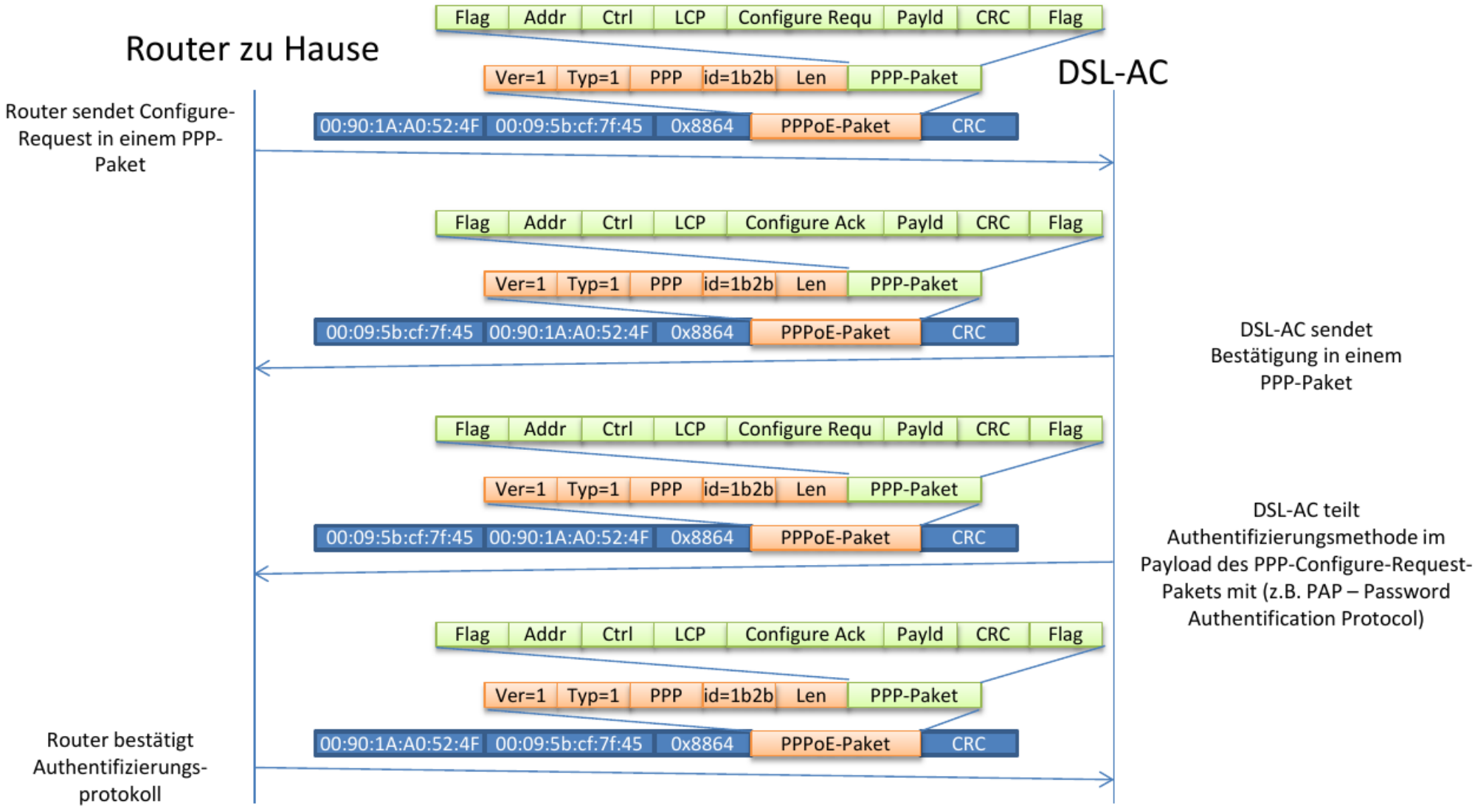
Session-Stage

Sind Ethernet-Adresse und Session-ID ausgehandelt, beginnt die Session-Phase. Ab jetzt werden PPP-Pakete in der Ethernet-Payload verschickt (PPP Encapsulation).

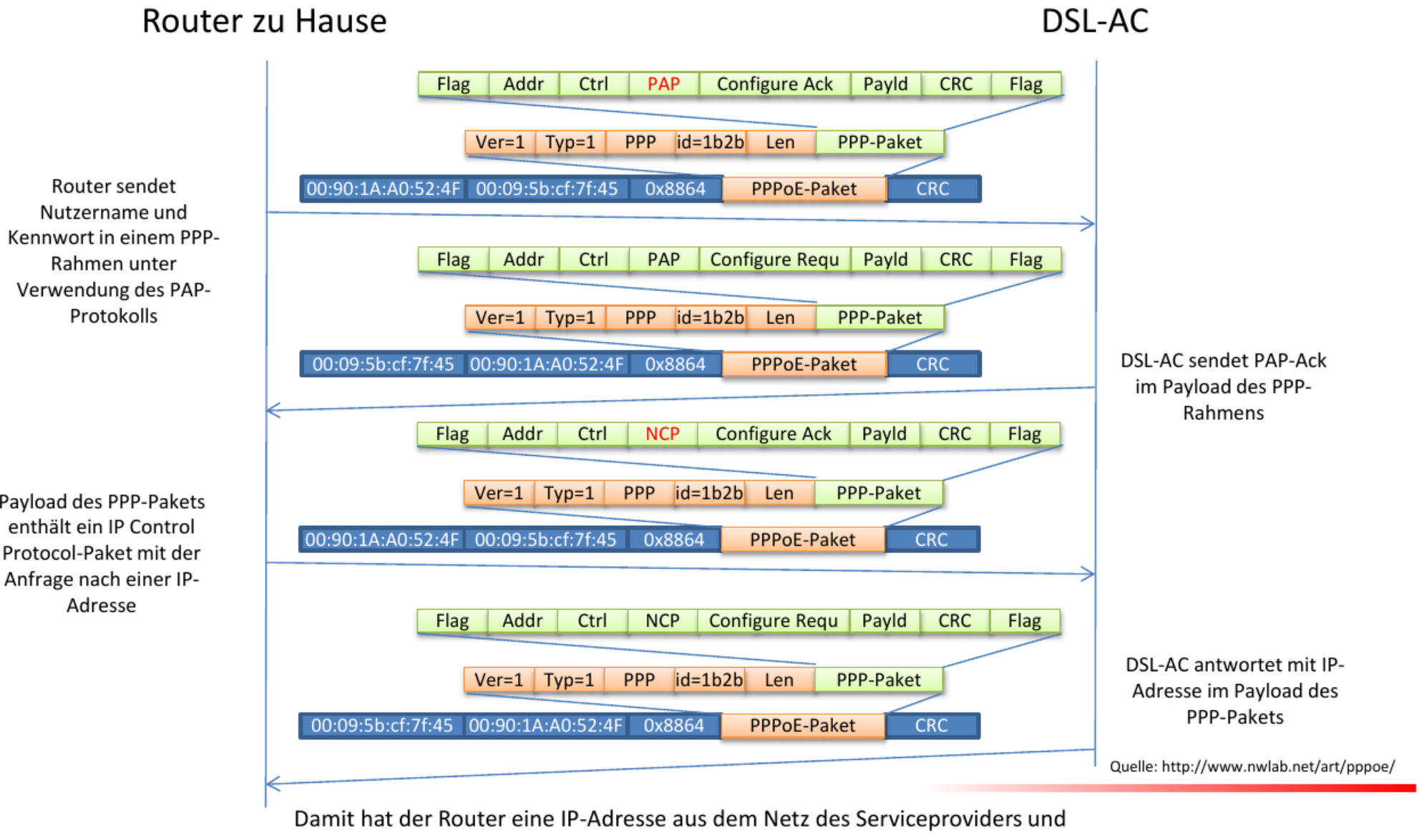
Besonderheiten zu LCP

- *An implementation MUST NOT request any of the following options, and MUST reject a request for such an option: Field Check Sequence (FCS) Alternatives, Address-and-Control-Field-Compression (ACFC), Asynchronous-Control-Character-Map (ACCM)*
- **The Maximum-Receive-Unit (MRU) option MUST NOT be negotiated to a larger size than 1492.** *Since Ethernet has a maximum payload size of 1500 octets, the PPPoE header is 6 octets and the PPP Protocol ID is 2 octets, the PPP MTU MUST NOT be greater than 1492.*

Session Stage: The ETHER_TYPE is set to 0x8864

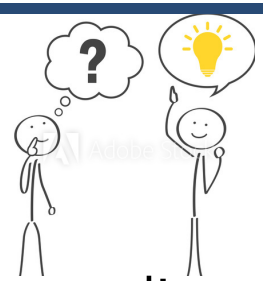


Quelle: http://www.nwlab.net/art/pppoe/



Damit hat der Router eine IP-Adresse aus dem Netz des Serviceproviders und

Was Sie jetzt wissen sollten ...



- Ethernet regelt die Kommunikation über ein Broadcastmedium mittels CSMA/CD-Verfahren
- heutzutage üblich: *Switched Ethernet:* Geräte sind sternförmig über einen Switch miteinander verbunden
  Ist CSMA/CD dann noch nötig?
- Standard-Ethernetrahmen enthält maximal 1500 Bytes Daten
- Ethernet besitzt keine echte Flusskontrolle (im Gegensatz zu HDLC), sondern nur ein Best-Effort-Verfahren durch die Erweiterung mittels des **MAC Control Protocol**
- Einwahl in's Internet: PPPoE
  Aufgabe u.a. ist die Zuweisung einer IP-Adresse an das Gerät