

# Das Address Resolution Protocol

---

## 1 Problemstellung: Unbekannte MAC-Adressen

Damit ein Host ein Paket unter Verwendung eines Anwendungsprotokolls (http, ftp, imap usw.) verschicken kann, muss das Paket das OSI-Modell gewissermaßen "durchlaufen". Irgendwann wird es auf Layer 3 in einem IP-Paket verpackt (Schachtelung), indem die letztendliche Zieladresse für das Paket steht. Die Zieladresse wird üblicherweise auf der Seite der sendenden Anwendung bestimmt und dann in Layer 3 eingetragen. Im Falle eines Webseitenaufrufes bspw. wird durch den Aufruf der Domain die IP-Adresse über einen s.g. DNS-Server mitgeteilt und diese IP-Adresse zu der Domain in Layer 3 eingetragen. Ist das IP-Paket vollständig, wird dieses nun auf schicht zwei in einen Ethernet-Rahmen geschachtelt. Hier müssen entsprechend nun Ziel- und Quell-MAC-Adresse eingetragen werden. Während der Sender die Quelladresse - also sich selbst - natürlich kennt, ist die Ziel-MAC-Adresse dem Sender unbekannt. Sie wird nicht durch ursprüngliche Anwendung mit übergeben, sondern muss separat ermittelt werden. Diese Aufgabe übernimmt das Address Resolution Protocol.

## 2 Die ARP-Table

Jeder Host führt eine Tabelle, in der Zuordnungen von IP- zu MAC-Adressen eingetragen werden, die so genannte ARP-Table. Die ARP-Table besitzt 3 Spalten: IP-Adresse (Internetadresse), MAC-Adresse (physische Adresse) und Typ. Die folgende Abbildung zeigt eine ARP-Table eines Windows-Clients: Die Spalte "Typ" unterscheidet zwischen dynamischen und statischen Einträgen. Dynamische

Internetadresse	Physische Adresse	Typ
192.168.0.1	34-e3-80-59-89-41	dynamisch
192.168.0.103	7e-49-79-a5-34-42	dynamisch
192.168.0.139	b8-27-eb-40-df-9e	dynamisch
192.168.0.255	ff-ff-ff-ff-ff-ff	statisch
224.0.0.22	01-00-5e-00-00-16	statisch
224.0.0.251	01-00-5e-00-00-fb	statisch
224.0.0.252	01-00-5e-00-00-fc	statisch
239.255.255.250	01-00-5e-7f-ff-fa	statisch
255.255.255.255	ff-ff-ff-ff-ff-ff	statisch

Einträge werden im Verlauf der Nutzung generiert - gewissermaßen, wenn sie benötigt werden - statische Einträge sind fest durch das Betriebssystem oder Anwendungen auf dem Host vorgegeben. Der obigen Tabelle lässt sich bspw. entnehmen, dass der IP-Adresse 255.255.255.255 die MAC-Adresse FF:FF:FF:FF:FF:FF statisch zugewiesen ist. Hierbei handelt es sich um die Broadcastauflösung, die einen IP-Broadcast in einen MAC-Broadcast umsetzt. Da dies immer der Fall sein soll, ist der Eintrag statisch. Ferner ist zu erkennen, dass eine weitere Broadcastadresse zu geben scheint: 192.168.0.255 wird ebenfalls auf die MAC-Broadcastadresse statisch aufgelöst. Hierauf kommen wir im Zusammenhang mit Subnetting noch zurück. Auf den meisten Hosts finden sich weitere statische Einträge die mit 224.0... beginnen. Hierbei handelt es sich um so genannte Multicastgruppen. Multicastgruppen werden von einigen Protokollen eingesetzt, um mehrere Teilnehmer zu erreichen, ohne diese jeweils einzeln adressieren zu müssen. 224.0.0.22 wird zum Beispiel von IGMP (Internet Group Management Protocol) verwendet, welche solche Multicastgruppen managed.

Im Bereich der dynamischen Einträge findet sich in der obigen Tabelle ein Eintrag für die IP-Adresse 192.168.0.1. Dies ist hier der Router, der den Client mit dem Internet verbindet. Diese ist lediglich

# Das Address Resolution Protocol

---

dynamisch eingetragen und verfällt nach einer bestimmten Zeit, wenn über 192.168.0.1 keine Pakete gesendet oder empfangen werden.

## 3 Einsatz der ARP-Table

Soll ein Paket an eine bestimmte IP-Adresse verschickt werden, muss der Sender das IP-Paket in einen Ethernetframe schachteln. Um die Ziel-MAC-Adresse eintragen zu können, guckt er in der ARP-Table nach, ob zu der Ziel-IP ein entsprechender Eintrag vorhanden ist. Nun müssen zwei Fälle unterschieden werden:

### 3.1 Eintrag vorhanden

Ist ein Eintrag vorhanden, so trägt der Sender die hinterlegte MAC-Adresse als Zieladresse in den Ethernetframe ein und das Paket kann verschickt werden

### 3.2 Kein Eintrag vorhanden

Ist zur gewünschten IP-Adresse kein Eintrag vorhanden und damit die Ziel-MAC-Adresse unbekannt, so löst das ARP einen so genannten ARP-Request aus. Hierbei handelt es sich um ein Paket, welches auf Layer 2 an FF:FF:FF:FF:FF:FF (dies ist die Layer-2-Broadcastadresse, mit der alle Geräte im Netzwerk gleichzeitig adressiert werden) adressiert ist. Im Typfeld des Ethernetframes wird das nun Type 0806 eingetragen, was bedeutet, dass auf Layer 3 ein ARP-Paket folgt. ARP fungiert damit als Layer 3-Protokoll. Auf Layer 3 wird nun die gesuchte "Target-IP" eingetragen und als Absender die eigene IP angegeben. Da ARP-Requests auf Layer 2 als Broadcasts adressiert sind, leiten alle Switches dieses Paket an alle Clients im Netzwerk weiter. Hosts die das Paket erhalten überprüfen, ob sie selbst die gesuchte IP-Adresse haben und antworten in diesem Falle. Andernfalls verwerfen die die Anfrage. Antwortet ein Host auf einen ARP-Request, so trägt er seine Quell-MAC im Ethernetframe ein. Als Ziel kann wahlweise Broadcast oder die MAC-Adresse des anfragenden Hosts verwendet werden. Empfängt dieser das Paket, trägt er die MAC-Adresse seine ARP-Table ein und kann nun mit dem Zielhost kommunizieren.

## 4 Anzeigen und modifizieren der ARP-Table

Während das ARP automatisch dynamische Einträge anlegen und löschen kann, ist es möglich, manuell Einträge hinzuzufügen oder zu löschen. In Windows lässt sich die ARP-Table mittels des Konsolenbefehls `arp -a` anzeigen. Mittels `arp -s` lassen sich statische Einträge hinzufügen und mittels `arp -d` entfernen. Eine ausführliche Beschreibung der Funktionsweise und der Befehlsstruktur lässt sich mittels `arp -?` aufrufen.