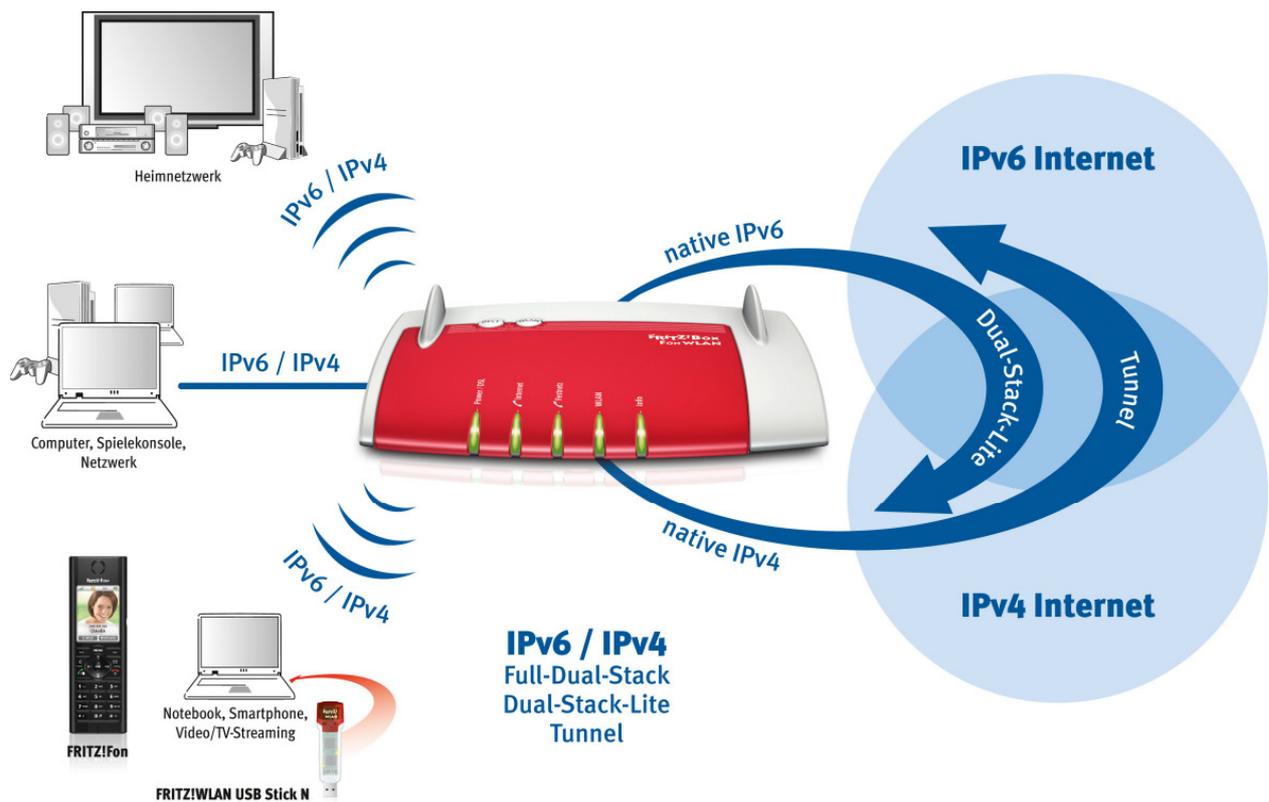


# AVM Technical Note

## IPv6-Unterstützung in der FRITZ!Box





## Inhalt

Einleitung .....	3
Welche Geräte unterstützen IPv6?.....	3
Routing-Durchsatz.....	3
Dual Stack .....	3
Dual Stack Lite .....	3
Welche Verfahren unterstützt FRITZ!Box, wenn der Internetanbieter natives IPv6 unterstützt? .....	4
In welcher Reihenfolge werden IPv4 und IPv6 ausgehandelt? .....	5
Welche Verfahren unterstützt FRITZ!Box, wenn der Internetanbieter kein natives IPv6 unterstützt? .....	5
FRITZ!Box und IPv6 im Heimnetzwerk .....	5
Welche FRITZ!Box-Dienste sind IPv6-fähig? .....	6
Unterstützte RFCs und Drafts .....	7



## Einleitung

FRITZ!Box unterstützt IPv6 in zahlreichen Aspekten. Dieses Papier gibt einen Überblick über die aktuell unterstützten Protokolle und versucht, häufig gestellte technische Fragen zur IPv6-Implementierung in der FRITZ!Box zu beantworten.

## Welche Geräte unterstützen IPv6?

Alle Geräte, die mindestens eine 2 an der zweiten Stelle ihrer Modellnummer tragen, unterstützen IPv6. Beispiele: FRITZ!Box Fon WLAN 7270, 7390, 7330, 7360, 7360 SL, 6320, 6360, 3370 unterstützen IPv6. FRITZ!Box Fon WLAN 7170 unterstützt IPv6 nicht. Ausnahme: das Modell 7270v1 unterstützt IPv6 nicht.

Neben den FRITZ!Box-Modellen wird IPv6 auch von den folgenden Geräten unterstützt: FRITZ!WLAN Repeater 300E, FRITZ!WLAN Repeater N/G und alle FRITZ!WLAN USB Sticks.

## Routing-Durchsatz

Der IPv6-Durchsatz entspricht den Werten, die auch mit IPv4 erzielt werden. Geräte mit Paketprozessoren zeigen auch bei IPv6 einen deutlichen Leistungssprung gegenüber Geräten ohne Hardware-Beschleunigung.

## Dual Stack

FRITZ!Box unterstützt Dual-Stack-Verbindungen. Das bedeutet, dass sowohl natives IPv6 als auch natives IPv4 mit dem Internetanbieter ausgehandelt wird.

Dieser Ansatz führt dazu, dass Heimnetze über natives IPv6 mit dem IPv6-Internet verbunden sind, löst aber ohne weitere Maßnahmen noch nicht die IPv4-Adressknappheit. Die IPv4-Adressknappheit kann durch zusätzliches Carrier Grade NAT (CGN) im Dual-Stack-Betrieb gelöst werden. Der Anbieter vergibt in diesem Fall für die IPv4-Verbindung RFC-1918-Adressen. Neben dem Vorteil, dass IPv4-Geräte so ohne Veränderung weiter funktionieren, birgt dieser Ansatz ähnlich wie von UMTS bekannt jedoch einige Nachteile:

- Doppelte NAT-Instanz: Sowohl FRITZ!Box als auch das CGN-Gerät beim Anbieter führen jeweils NAT aus. Viele IPv4-Anwendungen sind mittlerweile NAT-kompatibel. Einige sind jedoch nicht dafür ausgelegt, durch zwei NAT-Instanzen hindurch zu funktionieren.
- Portfreigaben in die Richtung des Heimnetzwerks sind nicht mehr einfach möglich, da die Einstellungen des Anbieter-CGNs in aller Regel nicht vom Anwender verändert werden können.
- Fernzugang/VPN und Fernwartung (https) über IPv4 funktionieren meist nicht.

## Dual Stack Lite

FRITZ!Box unterstützt auch das Verfahren „Dual Stack Lite“. In diesem Modus wird ausschließlich eine native IPv6-Verbindung zum Internetanbieter aufgebaut. IPv4-Pakete werden dann in IPv6-Paketen getunnelt und zu einem Gateway beim Anbieter (AFTR) gesendet. Das AFTR-Gateway leitet diese Pakete in das IPv4-Internet weiter und packt die Antworten aus dem IPv4-Internet wieder in IPv6-Pakete ein, die dann zur FRITZ!Box gesendet werden. In diesem Modus erfolgt Network Address Translation (NAT) für IPv4 nicht mehr in der FRITZ!Box, sondern ausschließlich im AFTR-Server. Dieser Ansatz bietet gegenüber dem Dual-Stack-Modell einige Vorteile:



- Nur eine Sorte Pakete, nämlich IPv6-Pakete, werden über die WAN-Strecke des Endanwenders übertragen. Es sind somit weniger Verwaltungsinformationen pro Endanwender im BRAS notwendig als im Dual-Stack-Ansatz.
- Nur eine NAT-Instanz ist aktiv. Nahezu alle IPv4-Anwendungen funktionieren abgehend damit.
- Portfreigaben sind über das Port Control Protocol (PCP) möglich (in Vorbereitung)
- Fernwartung (https) und Fernzugang (VPN) über IPv4 funktionieren, nachdem per PCP der https-Port bzw. der UDP-NAT-Traversal-Port freigegeben wurde.

Momentan werden verschiedene Ansätze für ein Port Control Protocol diskutiert. Sobald AFTR-Gateways als Gegenstelle verfügbar sind, wird der Ansatz, der sich durchgesetzt hat, in FRITZ!Box integriert werden.

## Welche Verfahren unterstützt FRITZ!Box, wenn der Internetanbieter natives IPv6 unterstützt?

Für eine native IPv6-Internetverbindung werden seitens der FRITZ!Box die folgenden Angaben benötigt: link-lokale Adresse, global gültige WAN-Adresse, LAN-Präfix und DNS-Server.

Generell wird nur die link-lokale Adresse über ein linkspezifisches Protokoll ausgehandelt. Alle weiteren Aushandlungen geschehen unabhängig von der Verbindungsart. Eine link-lokale Adresse ist die Voraussetzung für alle weiteren Schritte.

- **DSL:** Die link-lokale Adresse wird im PPP-Fall über IPv6CP ausgehandelt. In der Verbindungsart „bridged“ wird die link-lokale Adresse aus der MAC-Adresse der FRITZ!Box berechnet und per DAD überprüft (SLAAC RFC 2462).
- **Cable/Docsis:** Die link-lokale Adresse wird aus der MAC-Adresse der FRITZ!Box berechnet und per DAD überprüft (SLAAC RFC 2462).
- **Ethernet:** Die link-lokale Adresse wird aus der MAC-Adresse der FRITZ!Box berechnet und per DAD überprüft (SLAAC RFC 2462).

Nachdem eine link-lokale Adresse vorhanden ist, bezieht FRITZ!Box mit Hilfe der folgenden Verfahren die folgenden Angaben: eine global gültige WAN-Adresse, über IPv6 erreichbare DNS-Server, das gegebenenfalls verfügbare AFTR-Gateway und ein global gültiges Präfix für das Heimnetzwerk.

1. Zunächst wird versucht, die **WAN-Adresse** aus dem **Router Advertisement** des Anbieters abzuleiten. Falls Angaben über DNS-Server im Router Advertisement vorhanden sind (RFC 5006), werden diese übernommen.
2. Anschließend wird über **DHCPv6** ein global gültiges Präfix (**IA\_PD**) für das Heimnetzwerk angefragt. Sofern in Schritt 1 keine globale WAN-Adresse für die FRITZ!Box ermittelt werden konnte, wird über DHCPv6 nun eine solche Adresse angefordert (**IA\_NA**). Ebenso werden DNS- und NTP-Server über DHCPv6 (**DNS\_SERVERS**, **NTP\_SERVER**) angefordert, falls noch keine aus Schritt 1 bekannt sind.
3. Falls weiterhin keine WAN-Adresse bekannt ist, wird das erste /64-Netz aus dem zugewiesenen LAN-Präfix für das WAN-Interface der FRITZ!Box genutzt.

Neben der automatischen Ermittlung der Angaben unterstützt FRITZ!Box auch die manuelle Konfiguration aller in diesem Abschnitt beschriebenen Werte.



## In welcher Reihenfolge werden IPv4 und IPv6 ausgehandelt?

Dies hängt von der Einstellung in der FRITZ!Box ab:

- Im Modus „Immer eine native IPv4-Anbindung nutzen“ wird zunächst eine native IPv4-Verbindung aufgebaut. Falls per DHCPv4 ein 6RD-Gateway gelernt wurde, wird ein 6RD-Tunnel aufgebaut. Ansonsten wird versucht, eine native IPv6-Verbindung aufzubauen (Dual Stack).
- Im Modus „Immer eine native IPv6-Anbindung nutzen“ wird zunächst natives IPv6 ausgehandelt. Falls per DHCPv6 ein AFTR-Gateway bezogen wurde, wird für IPv4 das DS-Lite-Verfahren genutzt. Falls kein AFTR-Gateway bekannt ist oder die native IPv6-Verbindung nicht aufgebaut werden konnte, wird natives IPv4 aufgebaut.

## Welche Verfahren unterstützt FRITZ!Box, wenn der Internetanbieter kein natives IPv6 unterstützt?

FRITZ!Box unterstützt als Übergangstechnologie zahlreiche Tunnelprotokolle, um über eine IPv4-Anbindung getunnelt auf das IPv6-Internet zuzugreifen. Generell gilt: alle Protokolle basieren auf dem IP-Protokoll 6in4 (IP-Protokoll 41). Alle Tunnelprotokolle werden innerhalb des FRITZ!Box-Routing-Stacks nicht hardware-beschleunigt und sind kein vollwertiger Ersatz für eine native IPv6-Anbindung. Ein vorgelagertes NAT-Gerät (z.B. Carrier Grade NAT oder ein vorgelagerter NAT-Router im Heimnetzwerk) verhindert meistens den Einsatz der Tunnelprotokolle.

- 6to4: dieses Protokoll ist ohne Anmeldung über viele IPv4-Verbindungen nutzbar. Es wird automatisch das nächstgelegene 6to4-Gateway ermittelt. Das IPv6-Präfix wird automatisch aus der IPv4-Adresse abgeleitet. Da es einige fehlkonfigurierte 6to4-Gateways im Internet gibt, ist dieses Protokoll nicht immer zuverlässig.
- SIXXS: erfordert eine Anmeldung beim Anbieter SixXS. Es wird ein statisches Präfix vergeben, so dass immer die gleichen global gültigen Adressen im Heimnetzwerk genutzt werden.
- 6in4: hier werden der entfernte Tunnelendpunkt und das LAN-Präfix manuell konfiguriert.
- 6RD: Tunnelendpunkt und IPv6-Präfix werden manuell konfiguriert oder per DHCPv4 provisioniert.

## FRITZ!Box und IPv6 im Heimnetzwerk

FRITZ!Box verteilt im Heimnetzwerk das vom Internetanbieter zugewiesene global gültige Präfix über Router-Advertisement-Nachrichten. Alle Stationen im Heimnetzwerk können sich so mit Hilfe des SLAAC-Verfahrens selbst Adressen zuweisen.

Das vom Internetanbieter zugewiesene Präfix muss mindestens die Größe /64 haben, da dies das kleinstmögliche Subnetz für Ethernet-basierte Heimnetzwerkstandards (WLAN, Ethernet, PLC, ...) ist. Für die uneingeschränkte Nutzung aller Funktionen ist ein größeres Subnetz notwendig, z.B. /56, sonst kann das Heimnetzwerk nicht in verschiedene Subnetze segmentiert werden, wie sie beispielsweise für den WLAN-Gastzugang benötigt werden.



## Welche FRITZ!Box-Dienste sind IPv6-fähig?

### IPv6-fähige Dienste im Heimnetzwerk:

- FRITZ!NAS-Zugang über SMB sowie über FTP/FTPS
- Die Benutzeroberfläche kann mit http oder https via IPv6 erreicht werden.
- Der DNS-Resolver der FRITZ!Box unterstützt Anfragen nach IPv6-Adressen (AAAA Records) und kann Anfragen über IPv6 an den vorgelagerten DNS-Resolver des Internetanbieters stellen.
- Verteilen des global gültigen Präfix über Router Advertisement
- WLAN-Gastzugang: Trennung zwischen Heimnetzwerk und WLAN-Gästen mittels IPv6-Subnets.

### IPv6 fähige Dienste im Internet:

- FRITZ!NAS-Zugang über FTPS
- Stateful Inspection Firewall
- Remote Provisioning (TR-069)
- NTP
- Fernwartung über https
- DynDNS (in Vorbereitung, abhängig von der IPv6-Unterstützung seitens des Anbieters)
- VoIP (in Vorbereitung, abhängig von der IPv6-Unterstützung seitens des Anbieters)



## Unterstützte RFCs und Drafts

RFC 1981 - Path MTU Discovery for IPv6  
RFC 2375 - IPv6 Multicast Address Assignments  
RFC 2428 - FTP Extensions for IPv6 and NATs  
RFC 2460 - Internet Protocol IPv6 Specification  
RFC 2463 - Internet Control Message Protocol (ICMPv6) for the Internet Version 6  
RFC 2464 - Transmission of IPv6 over Ethernet Networks  
RFC 2472 - IP Version 6 over PPP  
RFC 2473 - Generic Packet Tunneling in IPv6 Specification  
RFC 3056 - Connection of IPv6 Domains via IPv4 Clouds  
RFC 3068 - An Anycast Prefix for 6to4 Relay Routers  
RFC 3315 - Dynamic Host Configuration Protocol for IPv6 (DHCPv6)  
RFC 3587 - IPv6 Global Unicast Address Format  
RFC 3596 - DNS Extensions to Support IP Version 6  
RFC 3633 - IPv6 Prefix Options for DHCP Version 6  
RFC 3646 - DNS Configuration options for DHCP for IPv6  
RFC 3736 - Stateless DHCP Service for IPv6  
RFC 3769 - Requirements for IPv6 Prefix Delegation  
RFC 4191 - Default Router Preferences and More-Specific Routes (teilweise, keine more-specific routes)  
RFC 4193 - Unique Local IPv6 Unicast Addresses  
RFC 4241 - A Model of IPv4/IPv6 Dual Stack Internet Access Service  
RFC 4242 - Information Refresh Time Option for DHCPv6  
RFC 4291 - IPv6 Addressing Architecture (Obsoletes RFC 3513)  
RFC 4294 - IPv6 Node Requirements  
RFC 4339 - IPv6 Host Configuration of DNS Server Information Approaches  
RFC 4443 - ICMPv6 for the IPv6 Specification  
RFC 4472 - Operational Considerations and Issues with IPv6 DNS  
RFC 4795 - Link-Local Multicast Name Resolution (LLMNR)  
RFC 4861 - Neighbor Discovery for IPv6  
RFC 4862 - IPv6 Stateless Address Autoconfiguration  
RFC 4942 - IPv6 Transition-Coexistence Security Considerations  
RFC 5006 - IPv6 Router Advertisement Option for DNS Configuration  
RFC 5175 - IPv6 Router Advertisement Flags Options  
RFC 5569 - IPv6 Rapid Deployment on IPv4 Infrastructures (6rd)  
RFC 5908 - Network Time Protocol (NTP) Server Option for DHCPv6  
RFC 5969 - IPv6 Rapid Deployment on IPv4 Infrastructures (6rd) --Protocol Specification  
RFC 6092 - Simple Security in IPv6 Gateway CPE  
RFC 6204 - Basic Requirements for IPv6 Customer Edge Routers  
RFC 6334 - Dynamic Host Configuration Protocol for IPv6 (DHCPv6) Option for Dual-Stack Lite Routers