HAMNET Adresskonzept für die Schweiz

Autor: Markus Müller HB9CTB

hb9ctb@swiss-artg.ch

Revision:	0.92	29.11.2017	Draft-Version
	1.00	05.04.2019	Erste veröffentlichte Version

Lizenz: Dieses Werk steht unter der Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported Lizenz

Dieses Werk darf vervielfältigt, verbreitet und öffentlich zugänglich gemacht werden, es dürfen Abwandlungen und Bearbeitungen dieses Werkes bzw. des Inhaltes angefertigt werden unter folgenden Bedingungen:
Der Name des ursprünglichen Autors muss genannt werden.
Eine kommerzielle Nutzung ist nicht gestattet.
Weitergabe unter gleichen Bedingungen. Wenn das lizenzierte Werk bzw. der lizenzierte Inhalt bearbeitet oder in anderer Weise erkennbar als Grundlage für eigenes Schaffen verwendet wird, dürfen die daraufhin neu entstandenen Werke bzw. Inhalte nur unter Verwendung von Lizenzbedingungen weiter gegeben werden, die mit denen dieses Lizenzvertrages identisch oder vergleichbar sind.

Autor / Kontakt: Markus Müller
HB9CTB
hb9ctb@swiss-artg.ch

Zusammenfassung

Innerhalb Deutschlands, der Schweiz und weiterer benachbarter Länder wird gegenwärtig das HAMNET aufgebaut, ein auf TCP/IP basiertes Datennetzwerk für Amateurfunkzwecke. Für Richtstrahlverbindungen werden dabei kostengünstige Module auf der Basis von WLAN eingesetzt, deren Betriebs-Parameter aber im Rahmen der Möglichkeiten innerhalb der Amateurfunkkonzession, insbesondere was Frequenz und Leistung betrifft, optimiert werden.

Als IP-Adressen werden in diesem Netzwerk Adressen aus speziell für den Amateurfunk reservierten IP-Adressbereichen (IP V4: Netzwerk 44) verwendet.

Das Netzwerk wird so aufgebaut, dass einerseits Traffic von und zu HAMNET-Knoten regulär geroutet wird, andererseits aus dem HAMNET heraus beliebige Zieladressen auf dem öffentlichen Internet ansprechbar sind.

Rahmenbedingungen

Geschichtliches

Bereits Mitte der 1980er-Jahre erstellten Funkamateure länderübergreifende Datennetze, basierend auf dem AX.25-Protokoll (Packet Radio). Ebenfalls ein Thema war die Übertragung von Daten nach dem TCP/IP-Standard.

Heute steht den Funkamateuren für den Aufbau grosser Datennetze mit der WLAN-Technologie eine wesentlich leistungsfähigere und auch günstigere Hardware zur Verfügung.

IP-Adresszuweisung, Net 44

Im Bereich der Amateurfunk-Datennetze wurde TCP/IP bereits ab etwa 1980 in den Packet-Radio Netzwerken, eingesetzt. Dem Amateurfunk wurde damals vom DARPA (Vorgänger der heutigen IANA) das Netz 44 (Bereich 44.0.0.0 bis 44.255.255.255) zugewiesen. Dieser Bereich wird von der amerikanischen Nonprofit-Organisation „Amateur Radio Digital Communications“ verwaltet und ist aufgeteilt in Bereiche für regionale Nutzungen innerhalb der USA sowie für nationale Nutzungen ausserhalb der USA. Die aktuellen Zuweisungen von IP-Adressbereichen für HAMNET machen weiterhin von diesem Adresspool Gebrauch.

Rechtliche Rahmenbedingungen

Bei den im HAMNET verwendeten HF-Links handelt es sich um Amateurfunkanlagen, welche gemäss Radioreglement (in der Schweiz: Fernmeldegesetz) nur durch lizenzierte Funkamateure betrieben und genutzt werden dürfen. Aussenstehende kommen folglich als Nutzer des HAMNET nicht in Frage.

Diese Vorgaben erlauben es, weitere Amateurfunkanlagen direkt ans HAMNET anzuschliessen und diese allen Nutzern des HAMNET zur Verfügung zu stellen, ohne dass zusätzliche Zugangskontrollen erforderlich werden.

HAMNET-Installationen gelten als unbediente Amateurfunkanlagen, da im Regelbetrieb kein Bediener vor Ort ist. In der Schweiz dürfen solche unbediente Anlagen ausschliesslich durch Amateurfunkvereine betrieben werden.

HAMNET Grundlagen

HAMNET als universelles Datennetz für die Funkamateure

Ähnlich wie das von den Funkamateuren früher aufgebaute AX.25 Datennetz (Packet-Radio) soll das HAMNET als Datennetz für alle Arten von im Amateurfunk benötigten Datenübertragungen dienen.

Mittlerweile hat sich einerseits das Internet-Protokoll TCP/IP als Standard durchgesetzt, andererseits sind für aktuelle Anwendungen (insbesondere im Multimediabereich) Bandbreiten von mehreren Megabit pro Sekunde notwendig.

Die notwendige Bandbreite kann durch Verwendung von WLAN-Techniken mit den in den Amateurfunk-Konzessionen zulässigen Leistungen und Frequenzen problemlos erreicht werden, sogar über längere Distanzen bis etwa 40 Kilometer.

Notwendigkeit der Adress-Verwaltung unter TCP/IP

Die Verwendung des TCP/IP-Protokolls hat zur Folge, dass jedem einzelnen Gerät eine eindeutige Netzwerkadresse zugewiesen werden muss. Diese Eindeutigkeit muss im gesamten Netzwerkverbund (in unserem Fall im HAMNET mit allen weltweit erreichbaren Netzwerken unserer Partner-Amateurfunkorganisationen) gewährleistet sein.

Gleichzeitig gibt es technische Vorgaben, wie die verfügbaren Adressbereiche weiter unterteilt und an einzelne Netzwerke (früher "Subnetz" genannt) zugewiesen werden. Parallel dazu muss auch das Routing (die Weiterleitung von Daten mit Zieladressen) innerhalb und ausserhalb des lokalen Netzwerkes organisiert werden.

Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, ist eine Verwaltung der im HAMNET verwendeten IP-Adressen notwendig. Sie wird nachfolgend beschrieben und geregelt.

Routing-Grundsätze

Grundsätzlich wird im HAMNET zwischen zwei Arten von Verbindungen unterschieden:

- Verbindungen zwischen zwei Endpunkten, die innerhalb des HAMNET liegen: Hier werden die Daten möglichst direkt von der Quelle zum Ziel geroutet, ohne Verwendung von Netzwerk-Adress-Übersetzungsverfahren (NAT).
- Verbindungen mit Ausgangspunkt im HAMNET und einem Endpunkt im Internet für den Zugriff auf dort verfügbare Datenquellen: Da das HAMNET aus rechtlichen Gründen vom Internet getrennt arbeitet, können die im HAMNET verwendeten Adressen im Internet nicht verwendet werden, sie werden dort nicht geroutet. Deshalb muss das Routing im HAMNET so aufgebaut sein, dass Verbindungen zu Zielen ausserhalb des HAMNET über einen Gateway mit Firewall und NAT ins Internet geroutet werden. Um Engpässe zu vermeiden ist es möglich, mehrere solche Gateways dezentral aufzustellen.

Routing-Protokolle

In kleinen überschaubaren Netzwerkverbünden kann das Routing manuell definiert werden. In komplexeren Verbünden setzt man Routingprotokolle ein, bei denen in den einzelnen Routern nur noch die lokale Anschlusskonfiguration hinterlegt wird, welche dann automatisch über den gesamten Netzwerkverbund verteilt wird.

Darüber hinaus hat ein Routingprotokoll den Vorteil, dass beim Ausfall einzelner Verbindungen das Routing den Datenverkehr über die noch funktionierenden Netzwerkstrecken leitet.

Im HAMNET wird das Routingprotokoll BGP verwendet. Letzteres wird auch im Internet verbreitet eingesetzt.

Geltungsbereich dieses Adresskonzepts

Dieses Adresskonzept gilt für IP-Netzwerke, welche Adressen aus dem für den Amateurfunk reservierten Bereich 44 verwenden und deren Verbindungen (zumindest teilweise) über Amateurfunkstrecken laufen.

Aktuell sind dies das HAMNET sowie Packet Radio Verbindungen, die den IP-Protokollstapel mittels Tunnelprotokoll transportieren

IP V4

Einführung

IP V4 ist die aktuell im Einsatz befindliche Protokollversion von TCP/IP im Internet. Da die IP-Adressen nur 32 Bit gross sind, herrscht heute ein akuter Mangel an Adressen für neue Netzwerke, weshalb aktuell auf die Version V6 mit wesentlich grösseren Adressräumen migriert wird.

Zuteilung von IP-Adressen im AMPRNet

Für den Gebrauch innerhalb des Amateurfunks ist weltweit der Bereich 44.0.0.0 – 44.255.255.255, auch unter dem Namen AMPRNet bekannt, reserviert. Die Verwaltung dieses Netzbereichs erfolgt durch die amerikanischen Nonprofit-Organisation „Amateur Radio Digital Communications“ (www.ampr.org), welche Unterbereiche den Amateurfunkverbänden der einzelnen Länder zuteilt.

Aktuell sind folgende Bereiche zugewiesen:

Land	Bereich	Von - Bis
Schweiz	44.142.0.0/16	44.142.0.0 - 44.142.255.255
Fürstentum Liechtenstein	44.189.32.0/20	44.189.32.0 - 44.189.47.255

Die Verwaltung sowie die weitere Zuteilung der oben aufgeführten Adressbereiche an die Endbenutzer (in der Regel Amateurfunkvereine) wird in der Schweiz durch die SWISS-ARTG in die Wege geleitet.

Integration von IP-Adressbereichen für Packet Radio

Standorte, an welchen bereits IP-Adressbereiche für Packet Radio eingesetzt werden, können diese Bereiche beibehalten. Die Adressen müssen aber subnetzkonform gestaltet werden, unter Berücksichtigung von reservierten Adressen am Rand des Adressbereiches des Subnetzes.

Routing-Protokoll

Innerhalb des schweizerischen Teils des HAMNET wird primär das Routing-Protokoll „Border Gateway Protocol“ (BGP / eBGP) [2, 3] eingesetzt, ersteres innerhalb eines Autonomen Systems

(Autonomous System / AS), letzteres für die Verteilung von Routing-Informationen über AS-Grenzen hinweg. Der Einsatz dieser Routing-Protokolle ist Gegenstand eines separaten Konzeptes [7].

Im Zusammenhang mit eBGP werden Rechnerverbünde mit einer gemeinsamen Routing-Strategie, sogenannte autonome Systeme (AS), gebildet, die innerhalb des Protokolls mit einer AS-ID identifiziert werden. Innerhalb des HAMNET werden dabei AS-Nummern eingesetzt, die für rein private Zwecke reserviert wurden. Da diese Nummern aber netzwerkweit eindeutig sein müssen, ist auch hier eine internationale Koordination erforderlich, ähnlich wie für die IP-Adressbereiche.

Ausserdem wird zwischen 16-bit-Nummern (für ältere BGP-Implementationen) und neuen 32-bit-Nummern (aktuelle Implementationen) unterschieden. Mit [4] wurde ein Bereich von 16- und 32-bit AS-Nummern (4200000000 – 4294967294) für den privaten Gebrauch ausgeschieden, welche innerhalb HAMNET / AMPRnet nach dem Schema 42cccnnnnn erfolgen, ccc = Ländercode gemäss E.212, nnnnn = eindeutige Laufnummer.

Für die Schweiz sowie das Fürstentum Liechtenstein sind aktuell folgende Bereiche für AS-Nummern reserviert:

16 bit:

Schweiz	64720 - 64739
Liechtenstein	64740 - 64641
BGP Confederations	65510 - 65534

Falls notwendig, können jederzeit in Absprache mit den HAMNET-Koordinatoren der anderen involvierten Länder [6] weitere AS-Bereiche reserviert werden.

32-bit:

Schweiz	4222800000 - 4222899999
Liechtenstein	4229500000 - 4229599999
BGP Confederations	Offen

Domain Name System (DNS)

Das Domain Name System Konzept ist noch in Arbeit. Geplant ist die Nutzung der deutschen HAMNET-DB, eine Dokumentations-Plattform, welche die Basiseinträge fürs DNS automatisch erzeugt.

IP V6

Der Einsatz von IP V6 als primäres Protokoll für das Schweizerische HAMNET wurde diskutiert, aus verschiedenen Gründen jedoch zurückgestellt:

- Unklarheiten bei der Zuweisung des benötigten (sehr grossen) Adressbereiches: Das Vorgehen, die Verantwortlichkeiten und vor allem die Finanzierung der zu erwartenden sehr hohen Kosten sind unklar. Aktuell bemüht sich die ARRL um eine Zuteilung, bisher aber ohne Erfolg.

- Bestehende Netzwerke in den Nachbarländern basieren ebenfalls noch auf IP V4.

Wir empfehlen deshalb, mit dem Einsatz von IP V6 noch zuzuwarten, in der Hoffnung, dass sich die Situation rund um die Zuweisung von Adressblöcken verbessern wird.

Dokumentation

Der genaue Verwendungszweck der zugeteilten Adressen (Einzeladressen und Subnetzwerkbereiche) soll von den Empfängern der IP-Adressen öffentlich dokumentiert werden. Im Vordergrund steht dabei die Verwendung der Dokumentations-Plattform HAMNET-DB für HAMNET in und um Deutschland, unter [5].

IP-Koordination durch die SWISS-ARTG

Übersicht

Für die IP-Koordination der Adressen im AMPRNet werden pro Land ein oder mehrere Koordinatoren benannt. In der Schweiz wird diese Funktion aktuell vom IP-Adress-Koordinator der SWISS-ARTG wahrgenommen.

Verwaltete Netzwerk-Ressourcen

Die IP-Koordination umfasst folgende Aufgaben:

- Verwaltung und Vergabe von IP-Adressen für Amateurfunknetzwerke
- Verwaltung und Vergabe von AS-Adressen für Amateurfunknetzwerke
- Verwaltung und Vergabe von SNMP OID für Amateurfunkanwendungen
- Koordination der Pflege der HAMNET Datenbank für schweizerische Netzwerke
- Pflege der DNS-Einträge bei ampr.org
- Koordination mit den ausländischen IP-Koordinatoren, insbesondere mit den Nachbarländern

Vergabekriterien für IP-Adressbereiche aus dem AMPRNet

IP-Adressen für AMPRNet sind ein beschränktes Gut und müssen deshalb sparsam vergeben werden. Zudem unterliegt ein solches Netzwerk den Vorschriften des Amateurfunkverkehrs.

- Deshalb gelten für eine Zuteilung folgende Regeln:
- Eine Zuteilung erfolgt nur an Organisationen mit einer Funkkonzession für den Betrieb von unbedienten Amateurfunkanlagen (in der Regel Vereine) für geplante oder bereits realisierte Datennetze auf Amateurfunkbasis.
- Die Adressen werden für einen Einsatz in der Schweiz oder für Verbindungen von der Schweiz ins grenznahe Ausland verwendet.
- Eine Nutzung kann von der Antrag stellenden Organisation auch anderweitig genutzt oder an eine andere Organisation abgetreten werden, die die obigen Bedingungen erfüllt und ist somit nicht ans ursprüngliche Projekt gebunden.
- Längerfristig nicht mehr genutzte Zuteilungen sind freizugeben

Unterscheidung verschiedener Adressbereichstypen bei der Zuteilung

Übersicht

Innerhalb des HAMNET wird zwischen IP-Adressen für reguläre und solchen für reine Transportnetzwerke unterschieden. Die Unterscheidung erlaubt, den stark unterschiedlichen Anforderungen bei der Zuweisung der beiden Arten von IP-Adressen Rechnung zu tragen.

Technische Adressen für Transport-Netzwerke

Transportnetzwerke sind in der Regel klein (typisch 2 bis 6 echte IP-Adressen). Entsprechend erfolgt die Zuweisung für technische Adressbereiche in der Regel mit mask /29, d.h. in Paketen zu 8 Adressen. Typisches Beispiel ist eine WLan-Link-Verbindung zwischen zwei Routern, wo gerade 4 IP-Adressen (2 x für beteiligte Router, 2 x für Management der WLan-Module an beiden Enden) verwendet werden.

Bei Bedarf kann ein solcher Bereich bei der Installation weiter in 2 mask /30-Bereiche unterteilt werden; dann stehen aber pro Bereich nur 2 nutzbare Hostadressen zur Verfügung.

Falls ein grösserer Block mit technischen Adressen benötigt wird, können 2 mask /29-Blöcke zu einem grösseren Block zusammengefasst werden.

Adressbereiche für Nutzer und Dienste

Reguläre Adressbereiche werden in aller Regel als mask /24, also in Blöcken zu 256 IP-Adressen, an Organisationen abgegeben. Die Organisation kann diese Bereiche weiter (z.B. in mehrere Subnetze) aufteilen.

Organisationen, die auch auf längere Sicht hinaus nur einen kleinen Bedarf an IP-Adressen aufweisen, werden mit Adressbereichen mit mask /27, also mit Blöcken zu 32 IP-Adressen versorgt. Bei Bedarf können 2 oder 4 Blöcke gemeinsam als mask /26 oder /25 zugewiesen werden.

Standorte, an welchen bereits IP-Adressbereiche für Packet Radio eingesetzt werden, können diese Bereiche beibehalten. Die Adressen müssen aber subnetzkonform gestaltet werden, unter Berücksichtigung von reservierten Adressen am Rand des Adressbereiches des Subnetzes.

Vergabe von BGP AS-Nummern

Der Einsatz des BGP-Protokolls gemäss RFC 4271 setzt voraus, dass einem „autonomous system“ (AS) eine eindeutige Autonomous System Number (ASN) zugewiesen wird. Das HAMNET wird dabei als privates Netzwerk betrieben, mit ASN aus einem für rein private Nutzung reservierten Bereich.

Da ein AS von mehreren Organisationen gemeinsam betrieben werden kann, wird eine BGP-Nummer einer oder mehreren Organisationen zugewiesen, die den betreffenden Netzwerkverbund gemeinsam betreiben.

Die beteiligten Organisationen können den entsprechenden Netzwerkverbund jederzeit erweitern oder anderweitig ändern, ohne einen neuen Antrag stellen zu müssen.

Für Teilnetze, die zuerst isoliert aufgebaut und später in ein anderes Netz integriert werden, kann eine temporäre ASN beantragt werden.

Empfehlungen für DNS-Namensgebung

Das DNS-Adresskonzept, welches auch Empfehlungen, die Struktur der DNS-Hostnamen betreffend, beinhalten wird, ist gegenwärtig noch in Arbeit.

HAMNET-Datenbank

In Deutschland betreibt der Deutsche Amateur-Radio-Club (DARC) eine webbasierte Lösung für die Verwaltung von ASN, IP-basierten Netzwerken und Rechnern. Die Verwaltungsplattform ist unter der Adresse http://hamnetdb.net/ abrufbar.

Schweizer Funkamateure dürfen diese Plattform mitbenutzen. Es wurde beschlossen, diese Plattform als primäre Dokumentationsplattform für das Schweizer HAMNET zu nutzen.

In der HAMNET-Datenbank (HAMNET-DB) werden erfasst:

- AS-Nummern
- Vom IP-Koordinator getätigte Zuweisungen für reguläre Adressen (mask /24 und /26). Diese werden in der Datenbank als Typ „AS-Backbone“ eingetragen. Transportnetzwerk Zuweisungen können aus technischen Gründen aktuell nicht eingetragen werden
- Vom Endbenutzer (Organisationen) definierte Standorte, Netzwerke (inklusive Transport-netzwerke) und Hosts

Damit nicht jeder Endbenutzer Kenntnisse für die Bedienung der HAMNET-DB haben muss, werden in grösseren Vereinen Power-User ausgebildet, welche kleine Vereine einerseits bei der Erfassung, andererseits auch bei der Planung und Einrichtung von HAMNET-Netzwerken unterstützen können. Auch der IP-Koordinator der SWISS ARTG ist ein solcher Power-User.

Verwaltungsarbeiten auf Stufe "ampr.org"

Parallel zur nationalen Zuteilung und Verwaltung von IP-Adressen fallen auch gewisse Verwaltungsarbeiten auf Stufe "ampr.org" an. Für diese wurde ein Internetportal geschaffen, welches folgende Arbeiten erlaubt:

- Erweiterung der nationalen Zuteilungen von AMPRNet um weitere Blöcke
- Formeller "Notification-Mechanismus", welcher es Endbenutzern ermöglicht, IP-Adressbereiche anzufordern
- Pflege der statischen DNS-Einträge von „ampr.org“ (Publikation Richtung Internet)
- Aufschaltung ausgewählter Teilnetze von AMPRNet ins Internet. Dies erfolgt über einen speziellen Router der University of California, San Diego (UCSD), welcher internetseitig das AMPRNet per Border Gateway Protokoll (BGP) ankündigt und dann die ausgewählten Teilbereiche mittels IP in IP-Tunneling anbindet

Öffnung ausgewählter Teilnetzwerke für das Internet

Die aktuelle Architektur von AMPRNet (inklusive HAMNET) erlaubt die Öffnung ausgewählter Teilnetze für das Internet. Dabei tritt ein Router der UCSD als Gateway für Net 44.0.0.0/8 auf; dieser Bereich wird auf im Internet per BGP angekündigt.

Netzwerke, die öffentlich erreichbar sein sollen, können via IP in IP-Protokoll eine Tunnelverbindung zum Router der UCSD aufbauen. Die Tunnel-Verbindung muss vorgängig über das AMPRNet Registrie¬rungs¬portal (AMPRNet Portal) registriert werden; erreichbar sind nur Hosts, welche bei AMPRNet einen DNS-Eintrag haben.

Aktuell wird der gesamte Schweizer Bereich (44.142.0.0/16) aber zur Fachhochschule Nürnberg (DB0FHN) geroutet, wo ein Router mit wesentlich mehr Möglichkeiten punkto Firewall und Tunnelprotokollen verfügbar ist als bei der UCSD. Für entsprechende Tunnelverbindungen ist der System-Administrator von DB0FHN zu kontaktieren.

Vergabe von Object Identifier (OID)

Für die Programmierung von Software (inklusive Geräte-Treiber), welche mittels SNMP [1] überwachbar sind, werden Object Identifier (OID) gemäss Open Systems Interconnection Model (OSI) benötigt. Auch Lightweight Directory Access Protocol (LDAP) sowie andere, an OSI angelehnte Protokolle benötigen einen OID. OID sind im Prinzip hierarchisch gestaltete Bezeichnungen für Kommunikationsobjekte, welche aber nicht mit Strings, sondern nummerisch gekennzeichnet werden.

Firmen, die OID einsetzen, müssen bei der Internet Assigned Numbers Authority (IANA) einen OID beantragen, welcher dann intern als Basis für alle intern definierten OID verwendet wird. IANA nimmt dann eine Zuteilung aus dem Bereich „Private Enterprise Numbers“ (PEN) vor.

Die an die SWISS ARTG zugewiesene PEN-OID lautet (.1.3.6.1.4.1.38957) oder symbolisch (iso.org.dod.internet.private.enterprise.swiss-artg)

Die SWISS ARTG kann nun beliebige eigene OID definieren, indem rechts noch weitere Nummern angefügt werden, z. B. "(.1.3.6.1.4.1.38957.1.17.3)" als Variablenwert für eines per SNMP überwachbaren Objekts.

Aktuell teilt die SWISS ARTG diesen Bereich wie folgt auf:

- 38957.0 - 38957.1023: reserviert für SWISS-ARTG Zwecke
- 38957.1024 und höher: wird auf Anfrage an Dritte vergeben

Die Vergabe erfolgt direkt durch den die SWISS-ARTG; diese führt auch eine Liste getätigter Vergaben.

Anhang

Verwandte Dokumente und Web Pages

- AMPRNet Hauptseite:
  http://www.ampr.org/
- AMPRNet Registrierungsportal:
  https://portal.ampr.org/
- AMPRNet WIKI
  http://wiki.ampr.org/wiki/Main_Page

- DARC HAMNET Wiki:
  http://www.amateurfunk-wiki.de/index.php/HAMNET
- Österreichischer Versuchssenderverband (ÖVSV), Digital Backbone:
  http://wiki.oevsv.at/index.php?title=Kategorie:Digitaler_Backbone
- Österreichischer Versuchssenderverband (ÖVSV), Wiki - Routing – AS-Nummern
  http://wiki.oevsv.at/index.php?title=Routing_-_AS-Nummern

Referenzen

Referenz Bezeichnung, Details

[1] RFC 1157: Simple Network Management Protocol (SNMP)
https://tools.ietf.org/html/rfc1157

[2] RFC 4271: A Border Gateway Protocol 4 (BGP-4)
https://tools.ietf.org/html/rfc4271

[3] RFC 6793: BGP Support for Four-Octet Autonomous System (AS) Number Space
https://tools.ietf.org/html/rfc6793

[4] RFC 6996: Autonomous System (AS) Reservation for Private Use
https://tools.ietf.org/html/rfc6996

[5] HAMNET IP-Database Deutschland und angrenzende Länder
http://hamnetdb.net/

[6] Österreichischer Versuchssenderverband (ÖVSV), Wiki - Routing – AS-Nummern
http://wiki.oevsv.at/index.php?title=Routing_-_AS-Nummern

[7] Thomas Ries HB9XAR:
Vorschlag für ein HAMNET IP-Routing Konzept in HB9,
vom 01.05.2012