

Zeitschrift: Comtec : Informations- und Telekommunikationstechnologie = information and telecommunication technology
Herausgeber: Swisscom
Band: 83 (2005)
Heft: 6

Artikel: IPv6 : wann ist es soweit?
Autor: Gysi, Martin
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-877156>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 16.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

IPv6 – wann ist es soweit?

MARTIN GYSI Seit Jahren wächst das Internet rasant mit einer Geschwindigkeit, die alle früheren Erwartungen übertroffen hat. Es ist zum wichtigen, weltumspannenden Kommunikationsnetz geworden, ein Teil unseres täglichen Lebens. Kein Wunder, gab es schon immer warnende Stimmen, die sagten, dass dies nicht so weitergehen würde und wir kurz vor dem Ende des Wachstums, ja sogar vor dem Zusammenbruch des Internets stehen würden. Keine dieser Prognosen ist eingetreten. Dennoch gibt es gute Gründe, die Warnungen nicht einfach in den Wind zu schlagen: Es gibt echte Grenzen des Wachstums, an die das Internet in den nächsten Jahren stossen wird.

Wie im Telefonnetz jeder Telefonanschluss eine eigene, weltweit eindeutige Nummer besitzt, so hat auch jeder Rechner im Internet eine eindeutige Nummer, seine so genannte IP-Adresse. Diese Nummer ist normalerweise für die Endnutzer nicht sichtbar, da es üblich ist, den IP-Adressen Namen zuzuweisen. Der Name `www.migros.ch` zum Beispiel wird automatisch in seine entsprechende IP-Adresse (`146.67.133.92`) umgewandelt, sobald Daten übertragen werden sollen.

Warum dieser Exkurs in die Funktionsweise des Internets? Die Anzahl der verfügbaren IP-Adressen ist beschränkt. Es gibt über vier Milliarden von ihnen, was zum Zeitpunkt des Entstehens des Internets durchaus ausreichend war. Niemand hätte damals gedacht, dass eines Tages tatsächlich so viele Rechner am Internet hängen könnten. Dabei muss man sich unter Rechner auch eine ganze Reihe von Geräten vorstellen, die ausser dem Internetanschluss mit einem herkömmlichen Computer nicht mehr viel gemeinsam haben. Ein Telefongerät für Voice over IP, eine Set Top Box für digitales Fernsehen oder eine Spielkonsole, sie alle werden ans Internet angeschlossen sein. Deshalb zeichnet sich ab, dass es mit dem bisherigen Internetprotokoll bald nicht mehr genug IP-Adressen für alle Rechner geben wird. Die Auswirkungen davon wären so, wie wenn es nicht mehr genügend Telefonnummern gäbe: Neue Rechner erhielten keine Adresse mehr. Das Internet würde plötzlich aufhören zu wachsen, und die Untergangspropheten bekämen Recht.

Mehr Kapazität dank IPv6

Schon im Jahr 1995 wurden diese Überlegungen gemacht. Man entschied sich, einen Nachfolger für das bestehende Internetprotokoll zu entwickeln, das unter anderem die Anzahl der möglichen IP-Adressen festlegt. Das heutige Internetprotokoll trägt die Versionsnummer 4. Der Nach-

folger wurde IPv6 getauft, Internetprotokoll Version 6. Alle früheren Versionsnummern, auch die Nummer 5, waren experimentelle Protokolle, die nie die Labors verliessen. Wichtigstes Ziel bei der Entwicklung von IPv6 war es, die Limitierung der Anzahl Adressen ein für alle mal aufzuheben.

Seitdem wurde die Entwicklung von IPv6 als vollwertigen Ersatz des bewährten IPv4 vorangetrieben. Der grösste Teil der Standardisierungsbemühungen konnte Ende 2002 abgeschlossen werden. IPv6 wäre somit startklar und könnte eigentlich eingeführt werden. In gewissen Teilen der Welt geschieht dies bereits, vor allem in Japan und Korea. Meist jedoch schrecken Ausrüster, Internetprovider und Anwendungsprogrammierer vor den notwendigen Investitionen zurück. Schliesslich darf man im besten Fall damit rechnen, dass der angebotene Dienst mit IPv6 genauso gut funktionieren wird wie mit IPv4, mehr nicht. IPv6 bringt keinen direkten, kurzfristigen Gewinn gegenüber IPv4. Zwar wurden mit IPv6 zahlreiche weitere Verbesserungen entwickelt. Ausser dem erweiterten Adressraum sind diese mittlerweile aber alle auch für IPv4 verfügbar.

Die meisten Akteure werden erst dann IPv6 einführen wollen, wenn die heute verfügbaren Adressen tatsächlich ausgehen. Die Einführung von IPv6 will aber geplant sein, denn sie kann durchaus mehrere Jahre in Anspruch nehmen. Es ist deshalb wichtig einschätzen zu können, wann der richtige Zeitpunkt für Investitionen kommt. Verschiedene Studien wurden von namhaften Autoren zu diesem Thema publiziert, wobei diese zu unterschiedlichen Schlussfolgerungen gekommen sind.

Wann ist die Kapazitätsgrenze von IPv4 erreicht?

Eine erste, ältere Studie [1] betrachtet die Netzblöcke¹, die in den Kern-Routern, gewissermassen den Schaltzentralen des Internets, als verwendet angezeigt sind. Nur Adressen, die in diesen Netzblöcken enthalten sind, werden tatsächlich verwendet. Der bisherige zeitliche Verlauf deutet auf ein lineares Wachstum der tatsächlich verwendeten Netzblöcke hin. Daraus schliesst die Studie, dass es ab 2013 keine Netzblöcke mehr geben wird, die nicht zugewiesen sind, und dass erst im Jahr 2022 der Adressraum von IPv4 komplett aufgebraucht sein wird.

Die zweite, im Oktober 2005 veröffentlichte Studie [2] bemängelt an der ersten [1] den Fakt, dass nur die tatsächlich als verwendet markierten Netzblöcke betrachtet werden. Von der Reservierung eines neuen Netzblocks bis zu seiner tatsächlichen Verwendung vergehen aber meistens zwei bis drei Jahre. Somit lassen sich über die Reservierungen Vorhersagen über die Verwendung der Adressen in

¹ Mit Netzblock ist ein /8-Präfix gemeint.

zwei bis drei Jahren machen. Das zeitliche Wachstum der reservierten Netzblöcke zeigt aber markante Unterschiede zum Wachstum der bereits verwendeten Netzblöcke. Es gibt deutliche Abweichungen vom linearen Modell, das in [1] zur Vorhersage genutzt wird.

Seit dem Jahr 2000 nimmt die Geschwindigkeit, mit der Netzblöcke reserviert werden, ständig zu. Während über lange Zeit etwa zwei bis vier Netzblöcke pro Jahr vergeben wurden, sind allein in den letzten 18 Monaten 22 Netzblöcke reserviert worden. Bei dieser Rate werden die heute noch verbleibenden 64 Netzblöcke in etwa fünf Jahren aufgebraucht sein, sogar wenn sich das Wachstum auf diesem Niveau einpendeln und nicht mehr weiter zunehmen würde. Dagegen gibt es keine Gründe anzunehmen, dass sich das Wachstum wieder verlangsamen sollte. Dieses wird am besten durch ein exponentielles Modell beschrieben und wird sich in Zukunft sogar noch beschleunigen. Der Autor der Studie [2] kommt deshalb zum Schluss, dass bereits im September 2008 der gesamte Adressraum von IPv4 aufgebraucht sein könnte, wie dies in Bild 1 gezeigt wird.

In [3] wird versucht, die im Internet aktiven Rechner zu zählen. Daraus ergibt sich eine weitere Möglichkeit, den wahrscheinlichen Zeitpunkt für das Ende der Kapazität von IPv4 zu bestimmen. Bild 2 zeigt die Daten in einer logarithmischen Skala, wodurch es einfach möglich ist, eine exponentiell verlaufende Kurve zu extrapolieren. Laut diesen Daten würde somit die letzte IPv4-Adresse im Jahre 2015 vergeben. Man muss jedoch beachten, dass nicht einfach jede Adresse vergeben werden kann. Man braucht Lücken, um einen flexiblen Betrieb sicherstellen und kurzzeitige Schwankungen ausgleichen zu können. Ausserdem sind gewisse Adressen reserviert und können gar nie gebraucht werden. Es ist deshalb realistischer, sich nicht an der theoretischen Obergrenze von vier Milliarden zu orientieren. Eine realistischere Anzahl genutzter IP-Adressen liegt in der Grössenordnung von 800 Millionen bis eine Milliarde. Diese Zahl wird im Jahr 2009 erreicht sein.

Die neuere Studie [2] zeigt somit eine gute Übereinstimmung mit den Messdaten aus [3]: Gegen Ende des Jahres 2008 werden voraussichtlich so viele Rechner am Internet angeschlossen sein, dass ein weiteres Wachstum des Internets nicht mehr auf der Basis des jetzigen Internetprotokolls möglich sein wird. Alle Massnahmen, die man schon seit einiger Zeit einsetzt, um die Lebensdauer von IPv4 zu verlängern, werden ihre Möglichkeiten ausgeschöpft haben.

Die Zeit für eine Entscheidung naht

IPv6 ist ein Thema, das momentan keine hohe Priorität hat und auch keine grosse Aufmerksamkeit genießt. Einerseits ist dies darauf zurückzuführen, dass der Durchbruch von IPv6 schon öfters angekündigt worden ist, aber doch nicht stattgefunden hat; andererseits, weil dem Protokoll Eigenschaften zugeschrieben wurden, die weit über sein eigentliches Ziel einer Erweiterung des Adressraums hinausgehen. Diesen Wunschvorstellungen konnte IPv6 aber nicht entsprechen.

Trotzdem wird sich IPv6 durchsetzen. Die verfügbaren IPv4-Adressen werden immer weniger, IPv6 ist die einzige langfristige Alternative. Treffen die oben gemachten Vor-

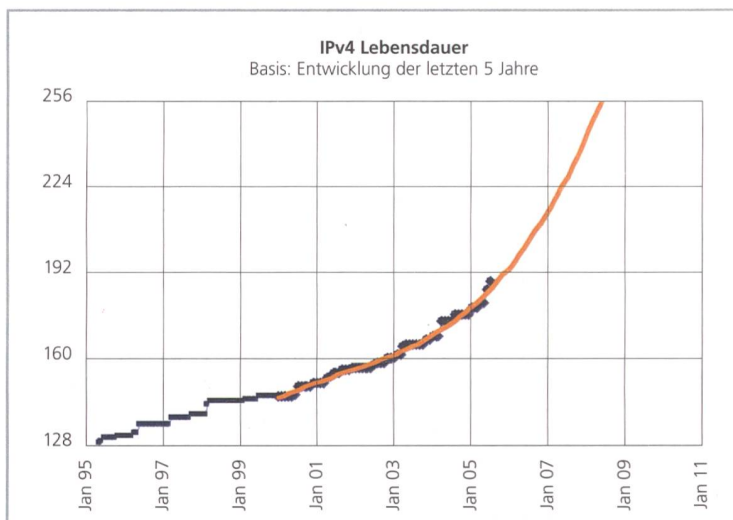


Bild 1. Vorhersage der zugewiesenen /8-Netzblöcke.

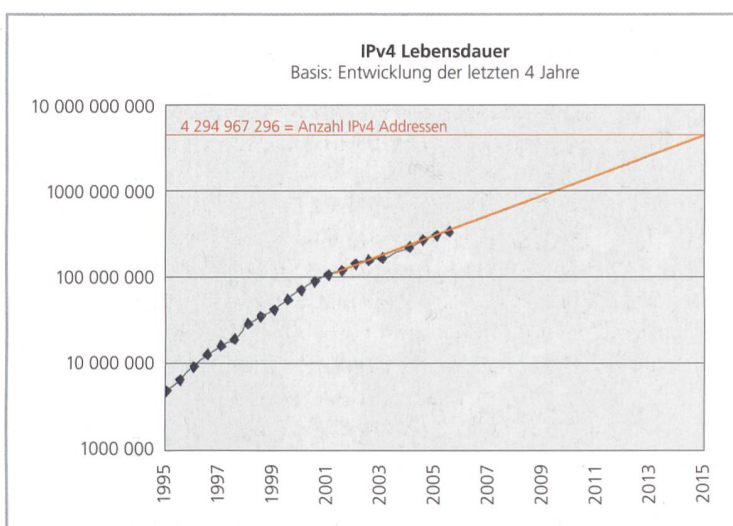


Bild 2. Extrapolation der im Internet aktiven Rechner.

aussagen zu – und danach sieht es im Moment aus – so muss gegen Ende des Jahres 2008 der Nachfolger IPv6 einsatzbereit sein. Prognosen sind allerdings immer mit Unsicherheiten verbunden. Noch bleibt etwa ein Jahr Zeit, um die Entwicklung weiter zu beobachten und die Voraussagen zu verfeinern.

Gegen Ende des nächsten Jahres sollte aufgrund aktueller Zahlen der Investitionsentscheid neu bewertet werden. Beim jetzigen Stand der Dinge werden dann noch zwei Jahre bleiben, um IPv6 einzuführen. IPv6 bedeutet einen grossen Eingriff in eine im Betrieb stehende Infrastruktur, deshalb darf die dafür benötigte Zeit keinesfalls unterschätzt werden. ■

Martin Gysi, Dipl. Ing. EPFL, Senior Engineer,
Swisscom Innovations, martin.gysi@swisscom.com

Referenzen

- [1] <http://bgp.potaroo.net/ipv4>
- [2] http://www.cisco.com/application/pdf/en/us/guest/about/about/c644/ccmigration_09186a00805320df.pdf
- [3] <http://www.isc.org/index.pl?ops/ds/>