

# IPv6 an der TU Kaiserslautern

Thomas Esselen

Regionales Hochschulrechenzentrum Kaiserslautern (RHRK)

**Abstract:** Das IPv6-Protokoll ist im Netzwerk der Technischen Universität Kaiserslautern bereits seit dem Jahre 2003 in Verwendung. Das vorliegende Paper stellt dar, inwieweit sich die IPv6-Struktur seither verändert hat und welche Erfahrungen beim Betrieb gewonnen wurden.

## 1 Initiale Topologie

Das IPv6-Protokoll wurde im Netzwerk der Technischen Universität Kaiserslautern im Rahmen einer Projektarbeit [KO04] im Jahre 2003 in den Produktivbetrieb genommen. Schwierigkeiten bei der initialen Inbetriebnahme bereiteten hauptsächlich ältere Netzwerkkomponenten seitens des RHRK bzw. fehlende Implementierungen seitens der Hersteller. Da sich das Campusnetzwerk damals in den letzten Zügen der Umstellung von ATM zu Gigabit Ethernet auf den Strecken vom Core zur Building Distribution befand, dominierte noch ein zentrales Routing im Core und Switching zur Building Distribution mittels IEEE 802.1Q Trunks. Somit konnte die erste IPv6-Topologie mit recht einfachen Mitteln durch zentrales Routing realisiert werden. Die IPv6-Netzwerke wurden dabei zunächst auf einem separaten Gerät geroutet, da die Core-Komponenten durch die teils noch verwendeten ATM-Komponenten einige Restriktionen hinsichtlich der verwendbaren Software-Versionen hatten. Diese erste Topologie konnte zumindest nahezu alle direkt am Campus ansässigen Gebäude mit IPv6 versorgen. Alle mit IPv6 versorgten Netzwerke befanden sich im Hybridbetrieb, d.h. sie besaßen auch einen IPv4-Adressraum.

Der Betrieb wurde von Anfang an mit einem offiziellen IPv6-Adressraum durchgeführt. Die Erreichbarkeit desselben wurde vom Provider der TU Kaiserslautern, dem DFN-Verein, mittels eines IPv6-in-IPv4-Tunnels sichergestellt, da der Provider zu diesem Zeitpunkt auch noch auf Routing von IPv6 mittels weniger dedizierter Komponenten setzte. Auf der Seite der TU Kaiserslautern beschränkte sich die IPv6-Konfiguration somit zunächst auf genau 2 Netzwerkkomponenten: Den dedizierten, zentralen IPv6-Router sowie den hybrid betriebenen Zugangsrouten zum Provider. Als Routing-Protokoll wurde zunächst RIPv6 verwendet. Neben der reinen Bereitstellung der IPv6-Konnektivität wurden auch alle eventuell für IPv4-Netzwerke vorhandene Filterregeln analog für die zugehörigen IPv6-Netzwerke umgesetzt. Außerdem wurden netzwerknahe Dienste wie DNS und Accounting auch auf IPv6-Tauglichkeit umgerüstet.

## 2 Weiterentwicklung und heutige Topologie

Mit Inbetriebnahme der ersten IPv6-Lösung an der TU Kaiserslautern war vorauszusehen, dass die aufgebaute Topologie nicht lange bestehen bleiben kann. Durch den Einsatz von Gigabit Ethernet und Layer-3-Switches in der Building Distribution wurde es sinnvoll und realisierbar, das aus ATM-Zeiten dominierende zentrale Routing durch dezentrales Routing abzulösen, um wohl definierte Ausbreitungsgrenzen z. B. für Anomalien auf Layer 2 und eine klarer strukturierte, skalierbare und performantere Struktur zu schaffen. Das dezentrale Routing der Access-Netze setzt dabei natürlich voraus, dass die entsprechenden dezentralen Router auch IPv6-Funktionalität bieten. Dies war Mitte des Jahres 2004, als die meisten Access-Netze auf dezentrales Routing umgestellt wurden, mit den vorhandenen Geräten von Extreme Networks und Enterasys leider nicht gegeben.

Aufgrund dieser Problematik fasste man den Entschluss, IPv6 nicht mehr flächendeckend anzubieten, sondern nur noch in Access-Netzwerken, in denen sich an IPv6 interessierte Benutzer gefunden hatten. Für diese Netzwerke wurde zunächst ein Workaround geschaffen, um IPv6 trotz dezentralem Routing für IPv4 zentral zu routen. Auf den Geräten von Enterasys konnte dies durch Protocol based VLANs erreicht werden. Dabei wurden alle Ethernet-Frames, die im Type-Feld auf das Protokoll IPv6 verwiesen, in ein anderes VLAN geschoben, welches auf den immer noch vorhandenen Trunks in Richtung Core gelegt wurde. Diese Lösung erwies sich jedoch als zu aufwändig zu konfigurieren und somit als zu fehlerträchtig.

Etwa zur gleichen Zeit wurde der zentrale IPv6-Router abgebaut und die Routing-Funktionalität von den inzwischen modernisierten Core-Komponenten übernommen. Mit dieser Lösung konnten die wenigen verbleibenden, direkt im Core gerouteten IPv4-Netzwerke, dort einfach mit zusätzlichen IPv6-Adressen versehen werden. Für die auf den Core-Komponenten terminierten Protocol based VLANs wurde IPv6-only Routing betrieben. Ende des Jahres 2005 ermöglichten es weitere Hardware-Beschaffungen, die komplette Umstellung auf dezentrales Routing in den am Campus ansässigen Gebäuden abzuschließen. Hierbei wurden etwa 10 Layer-3-Switches von Cisco Systems aufgebaut, die volle IPv6-Routing-Fähigkeiten besitzen. Da die Gebäude, in denen IPv6-User-Netzwerke konfiguriert waren, auch gleichzeitig den höchsten Performance-Anspruch hatten, wurden die neuen Geräte genau dort in den jeweiligen Distribution-Bereichen eingesetzt.

Somit sieht der heutige Status der IPv6-Netzwerke an der TU Kaiserslautern so aus, dass diese jeweils nativ auf den gleichen Geräten wie die zugehörigen IPv4-Netzwerke geroutet werden. Alle Links in Richtung Backbone sind von diesen Geräten aus flächendeckend im Dual-Stack-Betrieb ohne jegliche IEEE 802.1Q Trunks, d.h. als routed ports, konfiguriert. Als Routing-Protokoll wird, sowohl für IPv4 als auch für IPv6, OSPF eingesetzt.

Die IPv6-Adressen in den Access-Netzwerken werden jedoch, nach wie vor, nur bei Bedarf konfiguriert. Die Erfahrungen mit IPv6 auf den momentan eingesetzten Komponenten sind durchweg positiv, da es im Betrieb keinerlei Probleme gab. Lediglich

beim Erstellen von IPv6-Access-Lists ist auf den Distribution-Geräten (Cisco WS3750G-12SE) ist ein kleines, aber durchaus begründbares Feature-Leck aufgefallen: Es sind keine ACL-Einträge mit einer Wildcard-Maske, die genauer als /64 ist, möglich. Dies ist jedoch durch die grundsätzliche Auslegung von IPv6 auf stateless auto-configuration erklärbar. Auf die automatische Client-Konfiguration verzichtet das RHRK jedoch zurzeit, um eine eindeutige Abbildung von IPv4 zu IPv6-Adressen zu ermöglichen und um gültige PTR-Resource-Records im DNS ohne dynamische DNS-Updates pflegbar zu halten.

Client-seitig versucht das RHRK in Bezug auf IPv6 bei zentral angebotenen Server-Diensten eine Vorreiterrolle zu spielen. Heute werden alle von der Abteilung Netze und Kommunikation bereitgestellten Services im Dual-Stack-Betrieb angeboten. Dies beinhaltet die DNS-Server, zentrale Mail-Server, den Public FTP Server sowie den zentralen WWW-Server der TU Kaiserslautern. Auch bei diesen Diensten konnten keinerlei negative Einflüsse durch IPv6 festgestellt werden.

In Zukunft werden wohl weitere Gebäudeanbindungen im Dual-Stack-Betrieb folgen. Noch in diesem Jahr sollen weitere Distribution-Router aus Performance-Gründen modernisiert werden, so dass ein flächendeckender, dezentral gerouteter IPv6-Ausbau bald möglich sein wird. Des Weiteren wird die IPv6-Anbindung an das Internet bald von der immer noch bestehenden Tunnel-Lösung auf eine native Anbindung umgebaut.

## **Literatur**

[KO04] Patrick Koppen. IPv6 Universität Kaiserslautern. Projektarbeit. Technische Universität Kaiserslautern, Fachbereich Informatik, 2004.