

# Internet2

## Wie die nächste Generation des Internet Fuß faßt

**Kai-Oliver Detken**

**Das Internet2 ist ein seit Mitte der 90er Jahre laufendes Projekt für ein schnelleres Internet, basierend auf einem Glasfaser-Backbone.**

**Ziel war zunächst, Übertragungsraten von bis zu 2,48 Gbit/s zu schaffen; seit 2004 stehen allerdings bereits 10 Gbit/s zur Verfügung.**

**Das Projekt wurde 1997 u.a. von der University Corporation for Advanced Internet Development (UCAID) sowie durch Partnerschaften mit Cisco Systems, Nortel Networks und Qwest Communications initiiert.**

**Heute sind 208 US-Universitäten, 60 Corporate Mitglieder (wie Ford und Johnson & Johnson), 40 allgemeine Partner sowie 45 internationale Partner mit dem Internet2 verbunden.**

Das Internet2 läuft abgegrenzt vom heutigen Internet auf einer eigenen Plattform. Es wird an verschiedenen Themen gearbeitet, u.a. an der Erhöhung der End-to-End-Performance und an Middleware Services mit Sicherheitsmerkmalen. Aktive Projekte sind aus verschiedenen Bereichen hervorgegangen und viele Partnerschaften gebildet worden, wie beispielsweise in der Automobilindustrie, Luft- und Raumfahrt oder im Gesundheitswesen. Die Finanzierung erfolgt über Mitgliedsbeiträge, wobei zwischen Universitäten, Corporate, Affiliate und Association unterschieden wird.

Für unterschiedliche Themen wurden Arbeitsgruppen definiert. Die Arbeitsgruppen wurden unterteilt in Working Groups, Special Interest Groups und Advisory Groups. So entstanden u.a. die Gruppen Digital Video, PKI, IPv6, Verzeichnisdienste, Peer to Peer und VoIP. Netzfähige Applikationen und Netztechnologien werden hier im Verbund zusammen weiterentwickelt. Es werden virtuelle Organisationen gefördert sowie Authentifizierung und Autorisation sicherer umgesetzt. Auch die Zusammenarbeit in unterschiedlichen Disziplinen wie in der Teilchenphysik, 3D-Visualisierung oder in der Bildung wird durch das Internet2 effizienter ermöglicht. Das Ziel ist es, eine globale Plattform zur Zusammenarbeit im Bereich Forschung, Lehre und Lernen zu etablieren und weiter auszubauen ([www.internet2.edu](http://www.internet2.edu)).

2004 stellte das Internet2 in den USA durch ein Team vom California Institute of Technology mit Datentransferraten von über 100 Gbit/s einen neuen Geschwindigkeitsrekord auf. Mit dieser Geschwindigkeit ließe sich der Inhalt drei voller Film-DVDs in einer Sekunde übertragen. Erreicht wurde die hohe Geschwindigkeit zum einen durch die Nutzung des Fast TCP-Protokolls, das von Professor Steven Low und seinem Team am Caltech Netlab

entwickelt wurde. Zudem wurden 10-Gbit/s-Switches über verschiedene Leitungen verwendet. Das Experiment erlaubte es, eine Vorschau auf das in Entwicklung befindliche globale Grid (verteiltes Rechnen auf vielen vernetzten Computern) zu geben, das für den Large Hadron Collider (LHC) des CERN entwickelt wird und 2007 in Betrieb gehen soll. Netze aus mehreren Verbindungen mit je 10 Gbit/s sollen dabei die Basis des Grid darstellen.

Nach dem Start des Internet2 in den USA unterzeichneten 1999 deutsche, französische, italienische und britische Partnerorganisationen ein Memorandum of Understanding (MoU) mit der UCAID. Schon im Jahr 2000 wurde das deutsche Internet2 eingeführt. Das sogenannte X-WiN ist größtenteils auf 10-Gbit-Leitungen aufgebaut und verbindet über 500 deutsche Universitäten und Forschungseinrichtungen.

### Probleme des Internet

Das bisherige Internet stößt bereits heute an Grenzen, die ein weiteres ökonomisches Wachstum verhindern könnten. Die Verbreitung geschlossener Architekturen, die Tendenz bei

#### Das Thema in Kürze

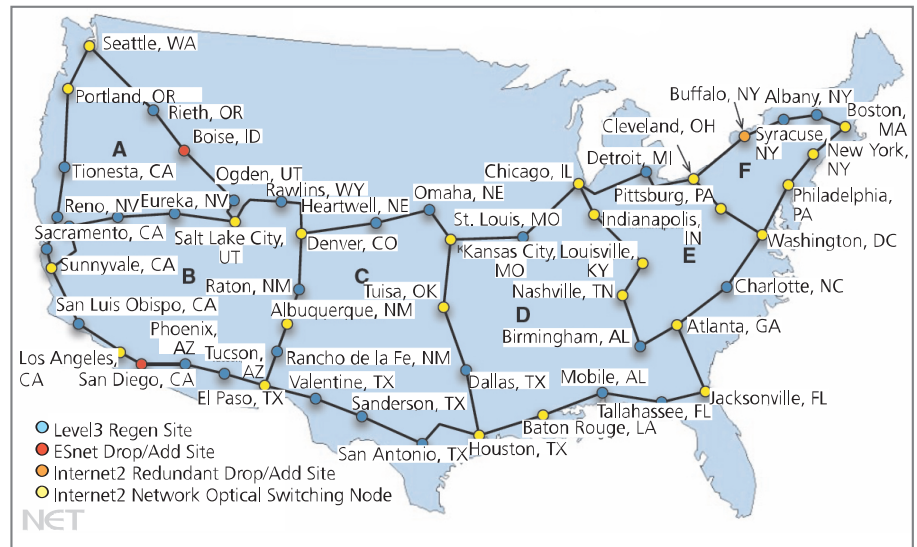
Das Internet2 ist eine Weiterentwicklung des derzeitigen kommerziellen Internet, um neue Technologien und Protokolle auf einer wissenschaftlichen Plattform wieder schnell, flexibel und unabhängig von kommerziellen Interessen entwickeln und eruiieren zu können. Der Beitrag schildert die von den USA ausgegangene historische Entwicklung, die inzwischen auch in Europa und Deutschland Einfluß hat, und die künftigen Möglichkeiten.

Unternehmen, eher ihre eigenen Interessen zu schützen als in offene Standards zu investieren, immer größere Sicherheitsgefahren in verschiedenen Bereichen und diverse Skalierungsprobleme führen dazu, daß das Netz nicht vorankommt. Zusätzlich führt die Adressenbegrenzung zu immer größeren Problemen, was durch die Hinzunahme von mobilen Endgeräten mit echten IP-Adressen noch beschleunigt wird. Deshalb wurde das Internet2 notwendig.

Hinzu kommt, daß die Anforderungen an das Netz stetig wachsen. Würde man heute bereits Surround Sound in hoher Qualität und Videos in HDTV-Technik übertragen, würde das aktuelle Internet zusammenbrechen. Die Provider sind bestrebt, Glasfaser bis zum Hausanschluß zu verlegen, wodurch Engpässe in der letzten Meile wegfallen würden. Das derzeitige Internet ist aber darauf momentan nicht vorbereitet und hat bereits Probleme, komprimierte Sprache in Echtzeitanwendungen wie Voice over IP (VoIP) durchgängig in hoher Qualität zu übertragen. Dies liegt hauptsächlich an überlasteten Verbindungen und einer fehlenden durchgängigen Dienstgüte. Auch die Verkehrsflüsse sind nicht geographisch orientiert, was in der chaotischen IP-Adreßvergabe der Anfangszeit begründet ist.

In Zukunft wird es auch immer mehr kollaborative Anwendungen geben, die auf verteilte Ressourcen zugreifen werden. Rechenintensive Simulationen in Echtzeit oder HDTV-Video nach Bedarf werden über das Internet abgewickelt werden. Auch das herkömmliche Telefonnetz wird immer mehr durch das Internet ersetzt. Allerdings werden dafür optische Netze, bessere Authentifizierungsverfahren und eine verlässliche Punkt-zu-Punkt-Performance im Netz benötigt.

Das Internet ist heute nicht in der Lage, eine Quality of Service (QoS) sicher und übergreifend anzubieten. Das zeigt sich in der Praxis deutlich bei VoIP, was heutzutage immer mehr verwendet wird. Trotz der gleichen Internetverbindung funktioniert die Anbindung manchmal gut und manchmal schlecht. Ohne Verlässlichkeit und leichte Fehlerbehebbarkeit werden



Das physische Verbundnetz des Internet2 in den USA

(Quelle:XXX)

sich Anwendungen und Dienste der nächsten Generation aber nicht auf breiter Front durchsetzen können.

## Arbeitsgruppen und Schwerpunkte

Als Hauptschwerpunkt werden im Internet2-Projekt neue Netztechnologien entwickelt. Die Mitglieder haben Zugriff auf eine einzigartige internationale und hochleistungsfähige Netzinfrastruktur, die die Grenzen des herkömmlichen Internet deutlich erweitert. Die Aktivitäten im Internet2-Umfeld sind dabei weit gestreut und reichen von Middleware, Security, Netzforschung bis zu Performance-Meßfähigkeiten.

Folgende Hauptprojekte ragen aus den Arbeitsgruppen dabei besonders heraus:

- *Hybrid Optical Networking Initiative (HOPI)*: Entsprechend der Vielzahl neuer Applikationen mit ganz neuen Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Netze wird hier die Netzarchitektur des zukünftigen Internet entwickelt.
- *End-to-End-Performance Initiative (E2EPI)*: Es werden u.a. Performance- und Diagnose-Tools entwickelt, die sich leicht in die Infrastruktur einbetten lassen und das Verhalten des Netzes kontrollieren. Man will dadurch erreichen, daß das Netz verfügbar, vorhersehbar und störungsfrei für alle Benutzer funktioniert.

- *Observatory*: Um ein höheres Verständnis für die notwendigen Arbeiten an der Internet2-Infrastruktur zu erreichen, die von Ingenieuren, Forschern und Anwendern gleichermaßen genutzt wird, liefert die Arbeitsgruppe Betriebsdaten in Echtzeit.

- *Middleware Initiative*: Sie bringt führende IT-Architekten der Internet2-Mitgliedsorganisationen zusammen, um kritische Aufgaben im Bereich Autorisation und Authentifizierung zu lösen. Dies wird unter dem Gesichtspunkt der praktischen und sicheren Dienstrealisierung betrachtet.

- *Security*: Diese Initiative unterstützt Internet2-Mitglieder im Implementieren von Netzsicherheitsmerkmalen unter Beibehaltung einer hohen Netzleistung und dem Support fortschrittlicher Netzanwendungen.

- *SIP.edu*: Bei einer Gesamtzahl von ca. 10 Mio. Internet2-Benutzern unterstützt diese Initiative Kommunikationsanwendungen mit integrierter Sprache, Video und Instant Messaging über vorhandene Dienste und offene Standards.

- *Internet2 Technology Evaluation Centers (ITEC)*: Das ITEC ist ein nationales Center, das die Führung innehat und den Support für die Internet2-Gemeinschaft sicherstellt. Dies wird in unterschiedlichen Bereichen wie optische Technologien, Netzleistung, VoIP und Videokonferenzen ermöglicht.

Des weiteren unterstützt das Internet2-Projekt eine Vielzahl von Projekten, die die eigenen Ziele untermauern und weiter vorantreiben. Im Netzbereich ist dies beispielsweise Planet-Lab ([www.planet-lab.org](http://www.planet-lab.org)), während im Middleware-Bereich mit NMI-EDIT ([www.nmi-edit.org](http://www.nmi-edit.org)), SALSA (<http://security.internet2.edu/salsa>) und MACE (<http://middleware.internet2.edu/MACE>) kooperiert wird.

## Das X-Win in Deutschland

Das Deutsche Forschungsnetz (DFN) ist das von der Wissenschaft selbst verwaltete Hochleistungsnetz für Wissenschaft und Forschung in Deutschland. Es verbindet Hochschulen und Forschungseinrichtungen miteinander und unterstützt die Entwicklung und Erprobung neuer Anwendungen für das Internet.

Das nationale Backbone des DFN ist das Wissenschaftsnetz X-WiN. Es entstand aus dem G-WiN, das Anfang dieses Jahres abgeschaltet wurde und aus 27 Kernnetzknotten bestand, die mit 55 Verbindungen von je 2,5 Gbit/s oder 10 Gbit/s verbunden waren. Über das europäische Backbone GÉANT2 ist das X-WiN mit dem weltweiten Verbund der Forschungs- und Wissenschaftsnetze direkt verbunden, u.a. auch mit der Internet2-Infrastruktur. Verträge und Peering-Vereinbarungen integrieren das X-WiN außerdem in das globale Internet. Das X-WiN verfügt über ein Multi-Gigabit-Kernnetz mit insgesamt 46 Standorten, die über 5.500 km Glasfaser miteinander verbunden sind, und bietet den Teilnehmern Anschlußkapazitäten von bis zu 10 Gbit/s.

Anwender können eine breite Palette von Dienstleistungen des DFN in Anspruch nehmen. Der wichtigste Kommunikationsdienst über das X-WiN ist dabei DFNInternet, der den Anwendern des DFN die Verbindung untereinander und in andere Netze ermöglicht. Ergänzt wird er durch Dienstleistungen für eine sichere Netznutzung wie DFN-CERT und DFN-PKI, multimediale Kommunikationsdienste wie DFNVC und nicht-technische Dienstleistungen wie die Forschungsstelle Recht im DFN.

## Neue Protokolle und Ansätze

Das Internet2-Projekt hat es sich zur Aufgabe gemacht, neue Protokolle zu testen und Standards voranzutreiben. Da eine ganz neue Infrastruktur geschaffen werden konnte, mußte nicht auf alte Hemmnisse Rücksicht genommen werden. Deshalb wurde die neue Infrastruktur sofort mit IPv6 umgesetzt, ohne IPv4 (die aktuelle Protokollversion) mit einzubeziehen. IPv6 ist als Nachfolger des jetzigen Internetprotokollstandards vorgesehen, fristet aber nach wie vor ein Schattendasein, da die Umstellung große Veränderungen auf der Soft- und Hardwareseite zur Folge hätte.

Statt eine langsame Migration zu IPv6 vorzunehmen, wird daran gearbeitet, bestimmte Funktionen und Vorteile bereits in IPv4 zu integrieren. Dies geht allerdings nur bedingt und bei der Adreßproblematik beispielsweise gar nicht. Als Resultat herrscht heute eine Adressenknappheit, der man mit Notbehelfen wie Port Address Translation (PAT), Lockerung der festen Netzklassen-Unterteilung durch Classless Inter-Domain Routing (CIDR), normaler Network Address Translation (NAT) oder dynamischer Vergabe von Adressen begegnen muß.

Dies kann natürlich kein Dauerzustand bleiben. Auch ist abzusehen, daß in den nächsten Jahren durch neue technische Innovationen (z.B. Mobiltelefone oder Autos bzw. Elektrogeräte in Privathaushalten mit Internetanschluß) der Bedarf an Adressen ansteigen wird.

Nicht zuletzt deshalb entwickelte man IPv6 mit den folgenden wesentlichen neuen Eigenschaften:

- Vergrößerung des Adreßraums von  $2^{32}$  Adressen bei IPv4 auf  $2^{128}$  Adressen bei IPv6;
- Autokonfiguration von IPv6-Adressen (Stateless) – damit wird DHCP (Stateful) für IPv6 zumeist überflüssig;
- Mobile IP und vereinfachte Umnummerierung (Renumbering);
- Standarddienste wie IPsec, QoS und Multicast;
- Vereinfachung und Verbesserung der Protokollrahmen (Header). Dies ist insbesondere wichtig für Router.

Die größten Veränderungen stellen sicherlich die hexadezimale Adressenbeschreibung und die Einführung der IEEE-Norm EUI-64 dar. Durch die neue Schreibweise und die Struktur der Adressen wird es möglich, MAC-Adressen direkt einzubetten.

Trotz der Einführung im Internet2-Projekt, bei einigen asiatischen Providern und in europäischen Forschungsprojekten tut sich IPv6 aber weiterhin schwer. Das Projekt IPv6-Ready ([www.ipv6ready.org](http://www.ipv6ready.org)) vergibt das IPv6-Logo in drei verschiedenen Stufen, die die Implementierung des Protokolls bewerten.

Viele Anwendungen (vor allem aus dem Bereich Open Source) sind inzwischen IPv6-fähig. In Europa und in Nordamerika besteht noch keine Notwendigkeit zur Migration zu IPv6. In Asien geht der Trend inzwischen dahin, bei Neubauten (zum Beispiel dem NTT-Backbone) IPv6 ebenfalls zu nutzen.

Von seiten der Endbenutzer wird IPv6 auch deshalb nicht gefordert, weil außer dem größeren Adreßbereich die wesentlichen neuen Eigenschaften von IPv6 inzwischen mehr oder weniger erfolgreich nach IPv4 zurückportiert wurden. Es gibt auch noch keine weit verbreitete Anwendung, die nur mit IPv6 funktionieren würde.

## Ausblick

Mit Partnern aus der Industrie will die Internet2-Gemeinschaft in den nächsten fünf bis zehn Jahren ihre neuen Techniken zum Endkunden bringen. Internet2 ist ein Sprungbrett für die Industrie, das den Weg aus den Forschungslabors hin zu kommerziellen Produkten ermöglicht. Hier können bereits heute neue Technologien in einer futuristischen Umgebung getestet werden. Diese Lernerfahrung können die Partnerfirmen dann in ihre Produkte und Dienste übernehmen. Bereits heute wird Internet2-Technik im kommerziellen Sektor verwendet – so nutzen über 150 Institutionen bereits die für das Internet2 geschaffene Authentifizierungssoftware. Das ist nur ein Beispiel von vielen, wie neue Technologien an die Öffentlichkeit gebracht werden sollen. (we)