

Generierung und Simulation von großen Inter-Domain Topologien

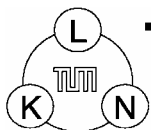
Thomas Schwabe

TU München, Lehrstuhl für Kommunikationsnetze

thomas.schwabe@tum.de

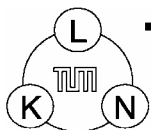
Agenda

- Motivation – Inter-Domain Routing
- Eigenschaften der Internet Topologie
- Algorithmen zur Generierung von Internet-ähnlichen Topologien
- Topologie Generator - BRITE
- Protokollsimulator - SSFNet
- Zusammenfassung



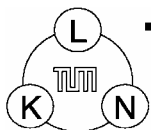
Inter-Domain Routing

- Inter-Domain Routing ist abhängig von der Konkurrenzsituation der einzelnen Netzbetreiber
- Beschreibung des Verhaltens eines Netzbetreibers durch Policies (Regelwerk)
- Ziel: Bester Pfad Suche abhängig von Policies
- Routing Protokoll – Border Gateway Protocol (BGP)
- Bietet:
 - Filtern von Routinginformationen
 - Verändern von Pfadattributen⇒ Beeinflussung der Besten Pfad Suche



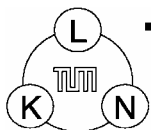
Auswirkungen

- Policies - nicht öffentlich verfügbar
 - ⇒ BGP Routing anderer ASe nicht vorhersagbar
- Filtern – Zurückhalten von Informationen
 - ⇒ Keine globale Sicht des Routings auf die Internet Topologie
- Für Analyse von großen Netzen erforderlich:
 - Generierung von Internet-ähnlichen Topologien
 - Skalierbare und effiziente Simulationsverfahren



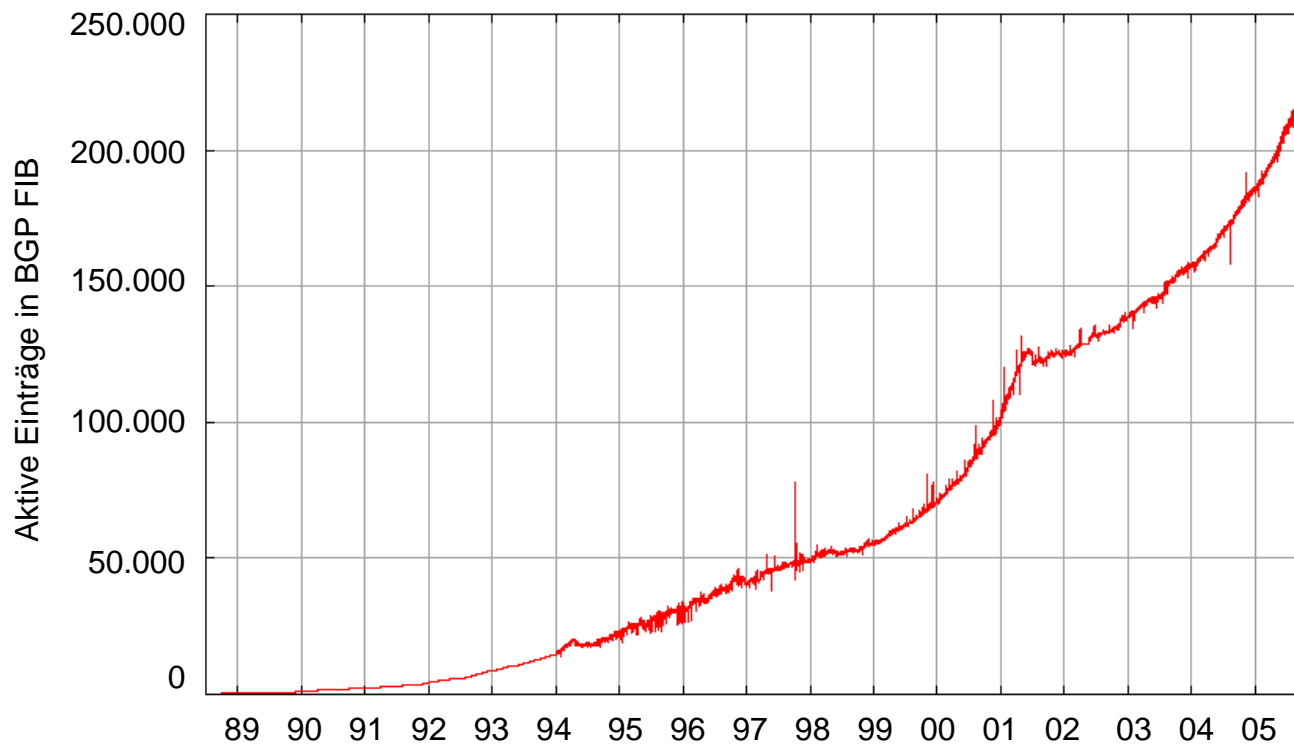
Agenda

- Motivation – Inter-Domain Routing
- **Eigenschaften der Internet Topologie**
- Algorithmen zur Generierung von Internet-ähnlichen Topologien
- Topologie Generator - BRITE
- Protokollsimulator - SSFNet
- Zusammenfassung

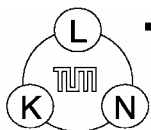


Analyse des heutigen Internet

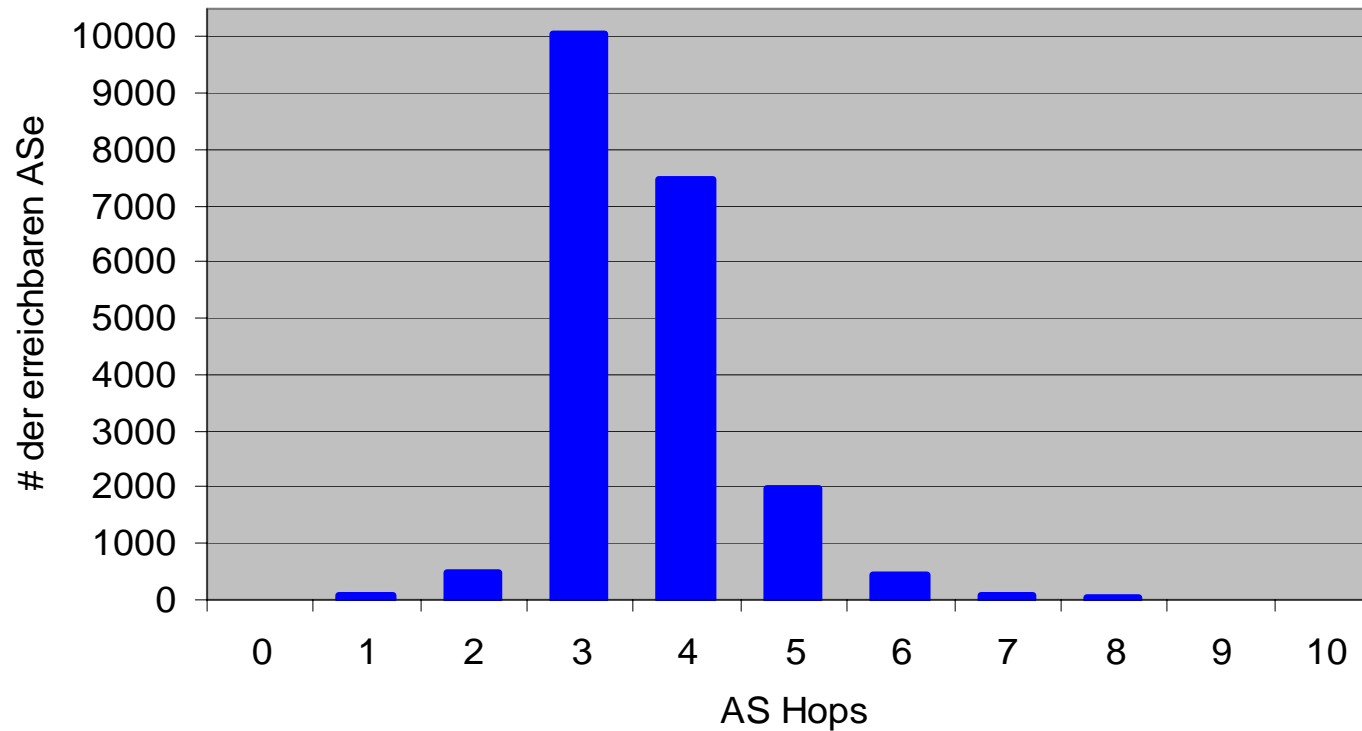
- Internet – Vielzahl von Netzen (AS)
- Telstra: 20.645 ASe bzw. 225.787 Prefixe (25.10.05)



* <http://bgp.potaroo.net/as1221/bgp-active.html>

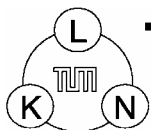


Eigenschaften der Internet Topologie 1



- Mittlere Anzahl der AS Hops – 3 bis 4
- Small-World-Graph-Theorie [1] anwendbar

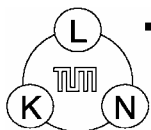
* <http://bgp.potaroo.net/as1221/bgp-active.html>



Eigenschaften der Internet Topologie 2

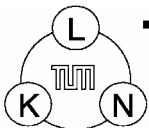
- Power-Law-Verteilung (Potenz-Gesetz) der Anzahl Nachbarn eines ASs [2]
 - Große Anzahl von ASen mit wenigen Nachbarn
 - Wenige ASen mit sehr vielen benachbarten ASen
- größere Wahrscheinlichkeit, daß neues AS sich mit großem AS verbindet [3]

Monat	Anzahl ASe	Mittl. AS Hoplänge	Cluster Koeff.
Sept. 99	5764	3,71	0,3886
März 00	7012	3,6367	0,4417
Sept. 00	8613	3,6168	0,4531
März 01	10424	3,6193	0,4621
Sep. 01	11867	3,6205	0,4673
Jan. 02	12709	3,6179	0,4597



Agenda

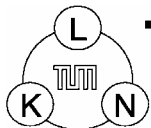
- Motivation – Inter-Domain Routing
- Eigenschaften der Internet Topologie
- **Algorithmen zur Generierung von Internet-ähnlichen Topologien**
- Topologie Generator - BRITE
- Protokollsimulator - SSFNet
- Zusammenfassung



Algorithmen zur Topologiegenerierung

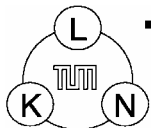
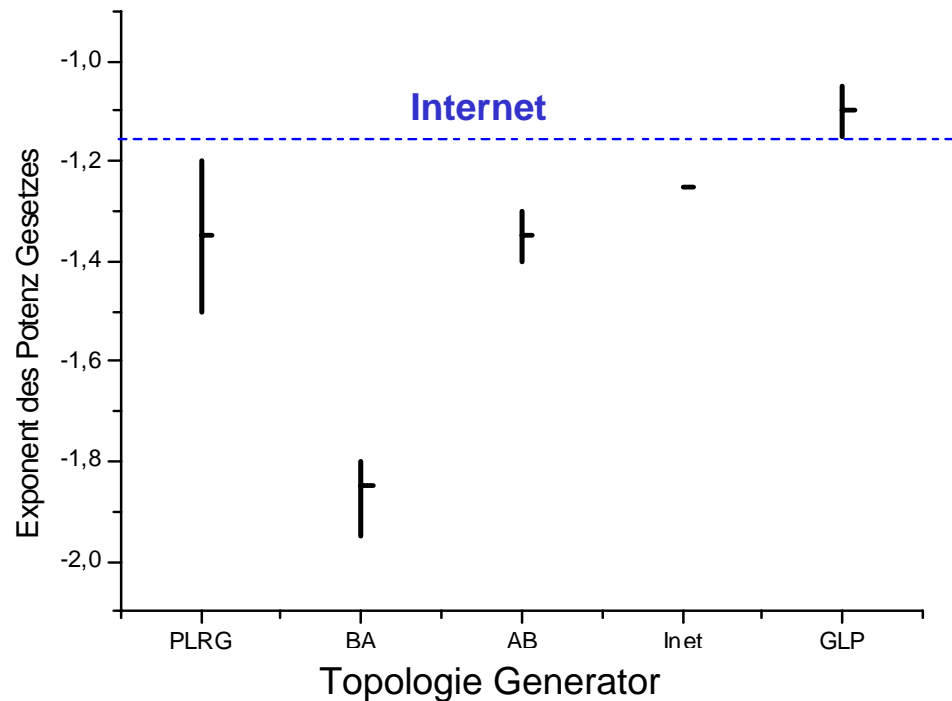
- Power Law Random Graph (PLRG)
 - Zufallsgraph mit Kurvenanpassung
- Generator nach Barabasi (BA)
 - Zufällige Hinzunahme eines neuen Knotens oder einer neuen Verbindung
- Generator nach Albert und Barabasi (AB)
 - Erweiterung des BA Generators
 - Zusätzlich Umlegen von Verbindungen
- Internet Topology Generator (Inet)
 - Kombination aus PLRG und BA

Quelle: T. Bu and D. Towsley, „On Distinguishing between Internet Power Law Topology Generators“, IEEE INFOCOMM 2002

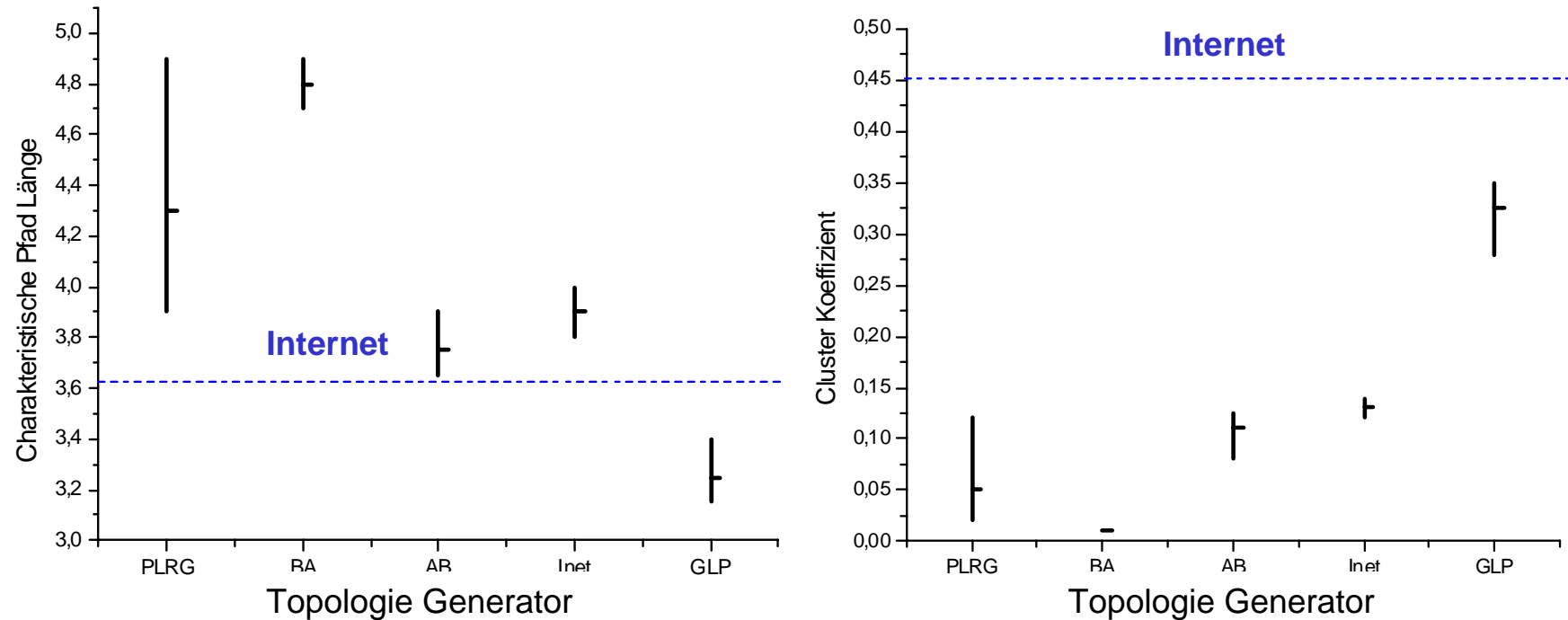


Weiterer Algorithmus

- Generalized Linear Preference (GLP)
 - Erweiterung des BA Generators
 - Weglassen des Umlegens einer Verbindung
 - Berücksichtigen, daß Verbindung eines neuen AS mit einem AS mit vielen Nachbarn wahrscheinlicher

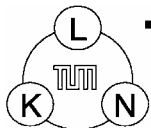


Vergleich der Algorithmen



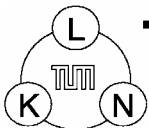
- Topologie mittels GLP – insgesamt größte Ähnlichkeit mit Internet

Quelle: T. Bu and D. Towsley, „On Distinguishing between Internet Power Law Topology Generators“, IEEE INFOCOMM 2002

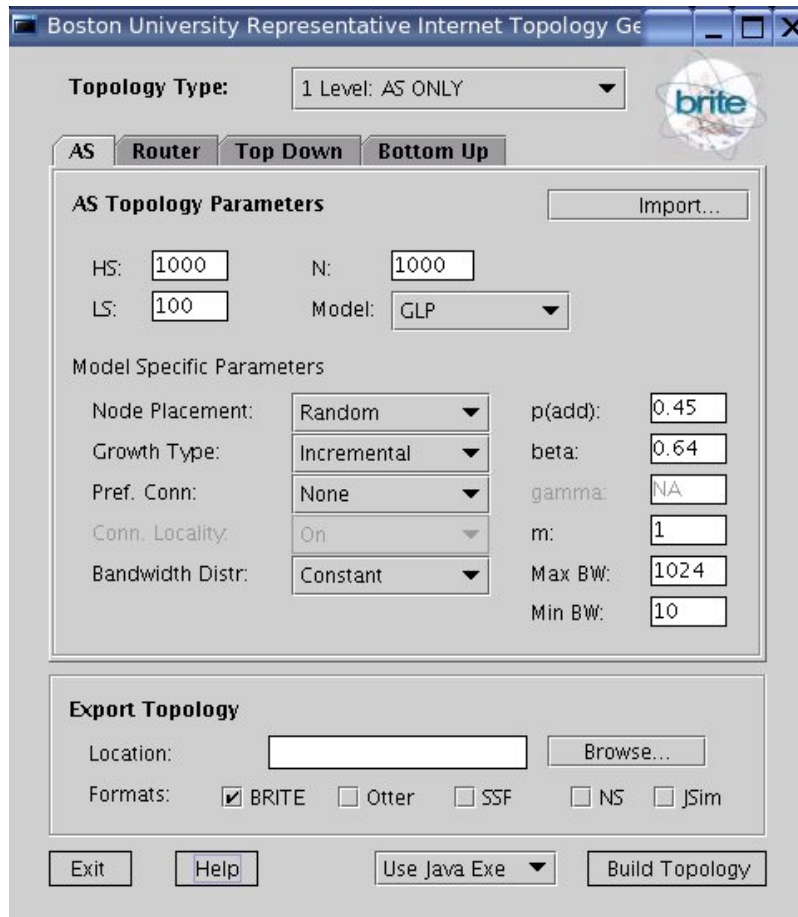


Agenda

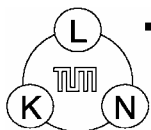
- Motivation – Inter-Domain Routing
- Eigenschaften der Internet Topologie
- Algorithmen zur Generierung von Internet-ähnlichen Topologien
- **Topologie Generator - BRITE**
- Protokollsimulator - SSFNet
- Zusammenfassung



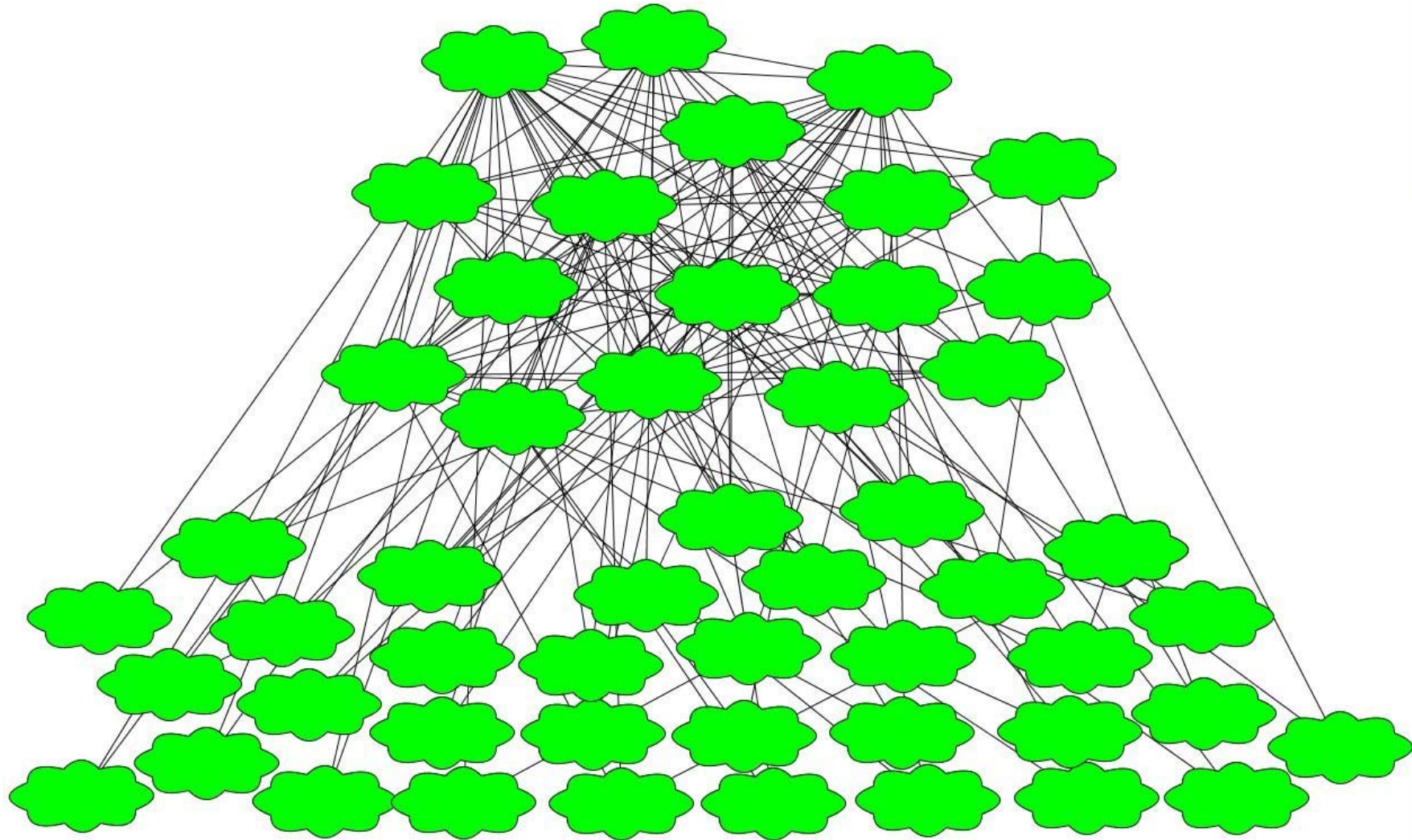
Topologie Generator - BRITE



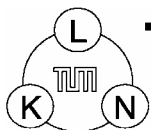
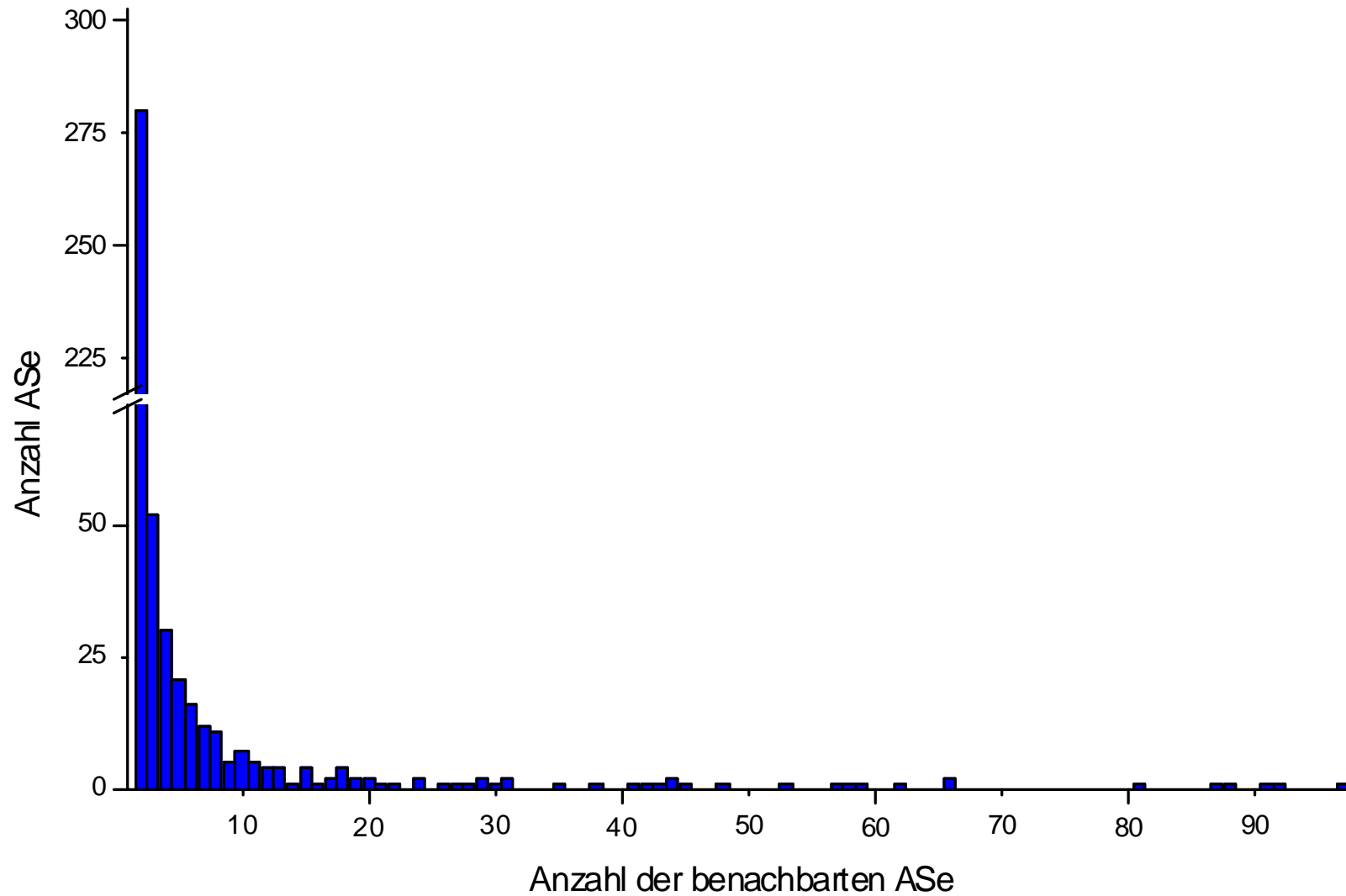
- Boston University Representative Internet Topology Generator
- Unterstützt neben BA, AB auch GLP Algorithmus
- Möglichkeit, verschiedene interne Topologien zu erstellen
- Export in unterschiedliche Formate



Beispieltopologie mit 50 ASen

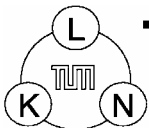


Verteilung der Anzahl der Nachbarn (500ASe)



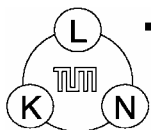
Agenda

- Motivation – Inter-Domain Routing
- Eigenschaften der Internet Topologie
- Algorithmen zur Generierung von Internet-ähnlichen Topologien
- Topologie Generator - BRITE
- **Protokollsimulator - SSFNet**
- Zusammenfassung



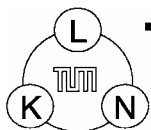
Gründe für Simulationen

- Untersuchungen von Web Anwendungen (Peer-to-Peer)
 - Zeitverhalten und Performance des Inter-Domain Routings
 - Einschränkung - Keynote MASCOTS 2005 [6]:
 - Simulation des gesamten Internets auf Paketebene unmöglich
 - Auch auf Protokollebene - Gesamtgröße des Internets schwer simulierbar
- ⇒ Simulationen mit kleineren Internet-ähnlichen Topologien
- ⇒ Einschränkungen beachten



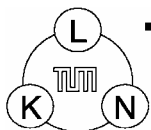
Protokollsimulatoren

- C-BGP
 - Skalierbar – Untersuchung der komplette Internet Topologie
 - Bildet nur die Beste Pfad Entscheidung von BGP nach
- BGP++
 - Erweiterung für den NS2
 - Frühes Entwicklungsstadium
 - Kein internes Routing
- J-Sim
 - Portierung der BGP Implementierung von SSFnet
- SSFnet



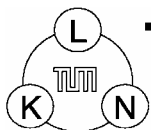
Protokollsimulator SSFnet

- Diskreter Event Simulator
- Basiert auf dem Scalable Simulation Framework (SSF)
- Validierte BGPv4 Implementierung [5]
- Leistungsmerkmale
 - E-BGP und I-BGP, OSPFv2
 - Policies
 - Minimum Route Advertisement Interval
 - Route Flap Damping
 - Route Reflection
- In Java geschrieben und erweiterbar



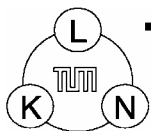
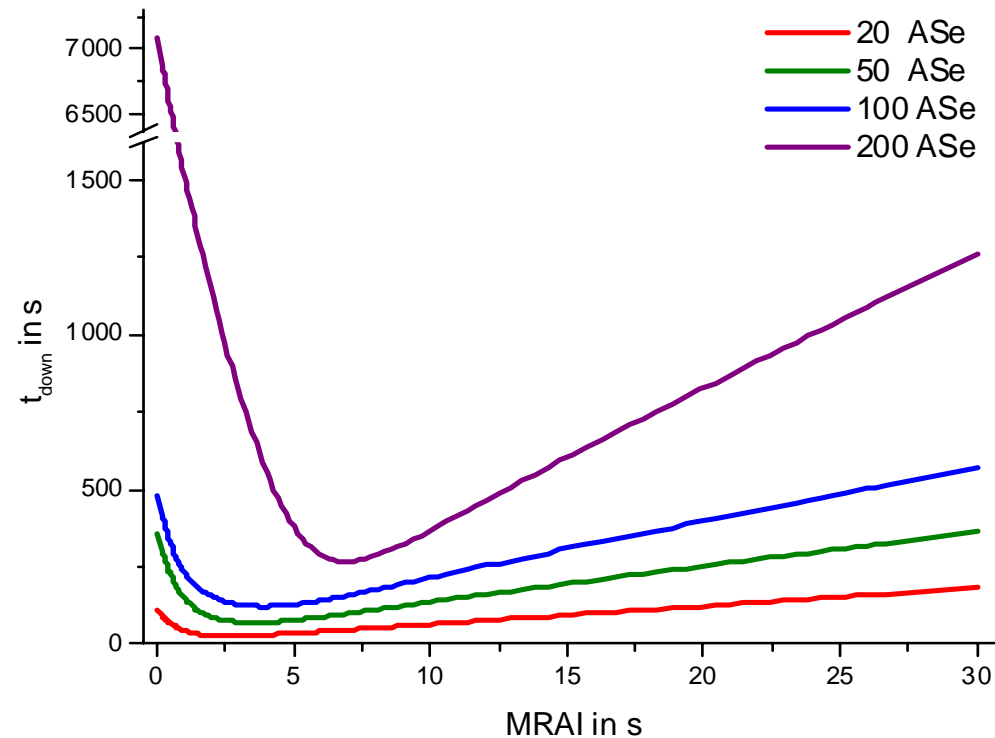
SSFnet – Vor- und Nachteile

- Exakte Modellierung des BGP Protokolls nach RFC1771
- Ermöglicht Untersuchungen
 - Zum Zeitverhalten von BGP
 - Der Einflüsse der BGP Parameter
 - Zum Testen von Protokollerweiterungen
- Nur begrenzte Anzahl an ASen simulierbar
 - 32 Bit Hardware – Obergrenze 2 GB Speicher pro Prozeß
 - AS ohne interne Topologie, max. 800 ASe simulierbar
 - Mit anderer Hardware mehr möglich, aber Obergrenze durch Java (Limit einige Tausend ASe)



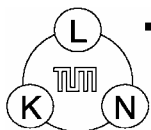
Beispielsimulation BGP Konvergenzzeit

- Konvergenzzeit von BGP bei Ausfall eines Prefixes
- Parameter
 - Verschiedene Minimum Route Advertisement Intervals
 - Unterschiedliche Topologien



Zusammenfassung

- Aufgrund der Größe des Internets und der Unkenntnis der globalen Topologie: Generierung von Internet-ähnlichen Topologien notwendig
- Am besten geeignet: BRITE Generator und Nutzung des GLP Algorithmus
- SSFnet – ausgereifter Protokollsimulator für das Inter-Domain Routing
- Volle Größe des Internets simulierbar
 - Mit starken Einschränkungen auf Protokollebene
 - Unmöglich auf Paketebene



Literatur

- [1] D.J. Watts and S.H. Strogatz, „Collective dynamics of 'small-world' networks“, Nature Vol. 393, p. 440-442, 1998
- [2] M. Faloutsos, P. Faloutsos and C. Faloutsos, „On Power-Law Relationships of the Internet Topology“, ACM SIGMETRICS 1999
- [3] R. Albert and A. Barabasi, „Topology of Evolving Network: Local Events and Universality“, Physical Review Letters, 85:5234-5237, 2000
- [4] T. Bu and D. Towsley, „On Distinguishing between Internet Power Law Topology Generators“, IEEE INFOCOMM 2002
- [5] B.J. Premorre, “An Analysis of Convergence Properties of the Border Gateway Protocol using Discrete Event Simulation“, PhD thesis, Dartmouth College Hanover, New Hampshire 2003
- [6] Mostafa H. Ammar, “Why We Still Don't Know How To Simulate Networks”, Keynote speech MASCOTS 2005

