

# Modellierung heterogener Telekommunikationsnetze

Ulrich Trick, Frank Weber, Soulimane El Bouarfati,  
Forschungsgruppe für Telekommunikationsnetze,  
Fachhochschule Frankfurt/M., Kleiststr. 3, D-60318 Frankfurt/M., E-Mail: [trick@e-technik.org](mailto:trick@e-technik.org)

Das dieser Publikation zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 1711403 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

## Kurzfassung

Die derzeitigen Entwicklungen bei den Telekommunikationsnetzen hin zu All-IP-Netzen erfordern leistungsfähige Modelle. Ein speziell auf die hohe Komplexität von Next Generation Networks ausgelegtes neues Netzmodell wird hier vorgestellt und erläutert. Seine exemplarische Anwendung auf konkrete GSM-, UMTS-, ISDN- und SIP/IP-Netze zeigt seine Leistungsfähigkeit und Möglichkeiten zur Netzoptimierung.

## 1 Einführung

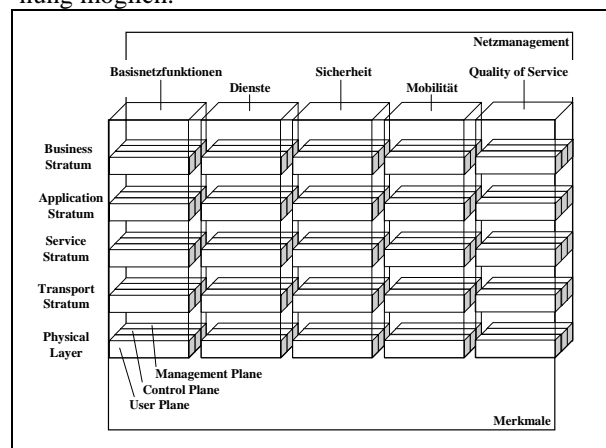
Auf dem Gebiet der Telekommunikationsnetze zeichnen sich umfassende Veränderungen ab. Stichworte dafür sind u.a. „Next Generation Networks (NGN)“, „Voice/All over IP“, „UMTS Release 5 (Universal Mobile Telecommunication System)“ und „Fixed/mobile-Konvergenz“. Eine sehr wichtige Rolle spielt dabei auch die Integration der bestehenden Netze wie GSM (Global System for Mobile communications) und ISDN (Integrated Services Digital Network).

In der Gesamtheit führen diese Veränderungen zu sehr komplexen heterogenen Telekommunikationsnetzen. Während Konvergenz auf Basis IP (Internet Protocol) angestrebt wird, erhält man zuerst einmal einen massiven Zuwachs an Komplexität und Divergenz, speziell durch die Vielfalt der Protokolle und Protokollschichten. Erst bei fortgeschrittener Migration der heutigen hin zu IP-Netzen werden die Gesamtnetze wirklich einfacher.

Abhilfe zur Komplexitätsreduktion könnte hier ein strukturiertes Modell schaffen. Allerdings zeigt sich bald, dass man mit dem OSI-Referenzmodell [1] mit seinen sieben Schichten rasch an unüberwindliche Grenzen stößt. Auch eine Modellerweiterung mit Strata und Planes gemäß dem ISDN- und dem generischen Protokoll-Referenzmodell der ITU-T [2; 3] kann die Grenzen nur hinausschieben, nicht überwinden, da das größte Problem, die Verteilung zentraler Netzfunktionen wie „Dienste“, „Mobilität“, „Sicherheit“ und „Quality of Service“ über verschiedene Schichten und Planes damit nicht modelliert werden kann. Aber gerade diese über das Netz verteilten und damit schwer fassbaren Funktionen werden in herausragender Weise von den Anforderungen an ein Netz adressiert.

Konkrete Abhilfe schafft hier ein neues Netzmodell gemäß Bild 1, das zusätzlich zu den Strata und Planes Funktionssäulen sowie als säulenübergreifende Erweiterung das Netzmanagement und konkrete Netzwerkmerkmale wie Teilnehmerzahlen, Verkehrsgrößen etc. einführt.

Es liefert die Grundlage sowohl für den Entwurf neuer als auch die Migration bestehender Netze, von der Anforderungsanalyse anhand der Säulen, d.h. bezogen auf „Dienste“, „Mobilität“ usw., über die funktionale Modellierung bis hin zur Optimierung bezüglich Architektur, Verkehr, Kosten, Gewinn etc. Letzteres wird durch ein das grafische Modell ergänzendes leistungsfähiges Rechnungsmodell zur Variantenrechnung möglich.



**Bild 1 Neues Netzmodell mit Strata und Funktionssäulen**

Dieses neue Netzmodell ist auf verschiedenste Netze wie GSM, UMTS, ISDN, SIP/IP (Session Initiation Protocol) oder auch zukünftige Netzformen anwendbar, ermöglicht die Definition der logischen und phy-

sikalischen Netzknoten, unterstützt das Design der Gateways bei einer Zusammenschaltung verschiedener Netze und bietet umfangreichen Support für die qualitative und quantitative Optimierung der Netzarchitekturen, Kosten etc.

Die konkrete Anwendung des Modells auf Netzszenarien bis hin zu einem heterogenen Netz, bestehend aus SIP/IP-, GSM-, ISDN- und UMTS-Netz desselben oder mehrerer Betreiber, wird aufgezeigt.

Basierend auf den Ergebnissen werden Empfehlungen zum Netzdesign gegeben.

## 2 Neues Netzmodell

Das hier vorgestellte neue Netzmodell bietet eine strukturierte grafische Modellierung beliebiger Telekommunikationsnetze, unabhängig vom Verbindungskonzept (verbindungsorientiert/ verbindungslos) und Vermittlungsprinzip (leitungsvermittelt/ paketvermittelt) mit frei wählbarer Abstraktionstiefe. Ergänzt wird das grafische Modell durch ein leistungsfähiges Rechnungsmodell.

Bild 1 zeigt das neue grafische Netzmodell in der Gesamtübersicht. Es besteht aus Strata, Planes und Funktionssäulen. Dabei entsprechen die Strata in erster Näherung Schichten, wie sie vom OSI-Referenzmodell (Layer 1 bis 7) bekannt sind. Allerdings kann ein Stratum, wie in [2; 3] definiert, mehr als eine OSI-Schicht (Layer) umfassen. Darüber hinaus wurde der Stratum-Begriff hier weiter gefasst als in [2; 3], so dass ein Stratum nicht auf die OSI-Schichten 3, 2 und ggf. 1 beschränkt bleiben muss.

Gemäß Bild 1 basiert dieses universelle Netzmodell auf fünf Strata. Der Physical Layer steht für die Übertragungstechnischen Funktionen, z.B. SDH (Synchronous Digital Hierarchy). Das Transport Stratum umfasst alle Funktionen, die für den Transport der Nutz-, Signalisierungs- und Managementdaten benötigt werden, z.B. PPP (Point-to-Point Protocol), IP, UDP (User Datagram Protocol). Das darüber liegende Service Stratum stellt die Funktionalität zur Bereitstellung der Basisdienste in einem Netz zur Verfügung, z.B. RTP (Real-time Transport Protocol) und SIP für die Echtzeitkommunikation in einem Paketnetz. Bietet das Netz auch komplexere Dienste, wie sie beispielsweise mittels Application Servern, Conference Servern oder dem IN (Intelligent Network) realisiert werden können, sind die zugehörigen Funktionen dem Application Stratum zuzuordnen. Das Business Stratum schließlich umfasst die IT-Umgebungen, die sich des Telekommunikationsnetzes bedienen.

Zur Detaillierung der Strata dienen die Planes: User, Control und Management Plane. Sie ermöglichen die Kategorisierung der Funktionen innerhalb eines Stratums in solche, die der Nutz- (User Plane), der Steuer- (Control Plane) und der Netzmanagementinformation

(Management Plane) zuzuordnen sind, z.B. RTP (User), SIP (Control) und SNMP (Management) im Service Stratum eines SIP/IP-Netzes.

Das eigentlich Neue an diesem Netzmodell ist die Erweiterung der Strata und Planes um fünf, erforderlichenfalls auch mehr Funktionssäulen: Basisnetzfunktionen, Dienste, Sicherheit, Mobilität und Quality of Service. Sie wurden eingeführt, um diese in modernen Netzen entscheidenden, aber in bisherigen Modellen funktional über die Layer/Strata und Planes „verschmierten“ Funktionen hier jeweils als Einheit modellieren und designen zu können. Damit steht ein Netzmodell zur Verfügung, bei dem nicht nur die Beschränkungen des OSI-Referenzmodells mit seinen sieben Schichten überwunden wurden, sondern in dem auch noch das viel größere Problem der Modellierung netzübergreifender Funktionen wie Sicherheit oder Mobilität gelöst ist.

Ergänzt werden die Funktionssäulen und damit die Beschreibung eines Telekommunikationsnetzes noch durch das säulenübergreifende Netzmanagement und die konkreten Merkmale (z.B. Teilnehmerzahlen, Verkehrswerte, Kosten etc.) des Netzes. Diese beiden Ergänzungen können als Vorder- und Rückwand des grafischen Modells angesehen werden (Bild 1).

## 3 Vorgehen beim Netzdesign

Nachdem in Kapitel 2 das neue Netzmodell prinzipiell beschrieben wurde, soll nun im Detail auf die schrittweise Modellierung eines komplexen Telekommunikationsnetzes eingegangen werden.

1. Schritt: Definition der Anforderungen an

- Basisnetzfunktionen
- Dienste
- Sicherheit
- Mobilität und
- Quality of Service

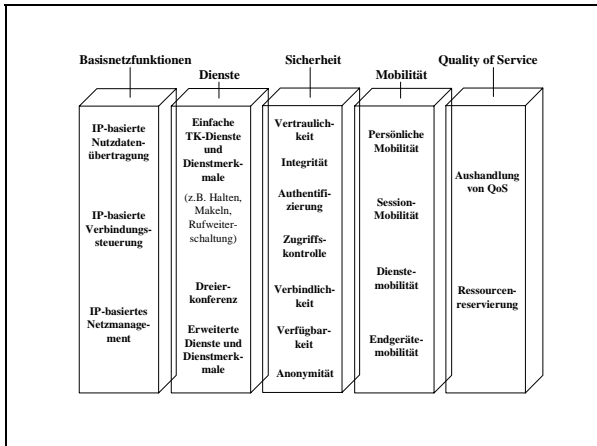
des zu modellierenden Netzes.

In Bild 2 ist dies vereinfacht für ein SIP/IP-Netz [4] dargestellt. Dieser erste Schritt bei der Netzmodellierung entspricht der „natürlichen“ Vorgehensweise beim Formulieren von Anforderungen an ein Netz, da diese sich vorzugsweise auf die netzübergreifenden Funktionen wie Dienste, Sicherheit, Mobilität und Quality of Service beziehen.

2. Schritt: Aus Anforderungen Funktionen ableiten.

Aus den Anforderungen können konkrete Protokolle bzw. Funktionen abgeleitet und den Funktionssäulen, Strata und Planes zugeordnet werden.

Beispielhaft ist dieser zweite Schritt in den Bildern 3 und 4 für die Basisnetzfunktionen eines SIP/IP-Netzes dargestellt.



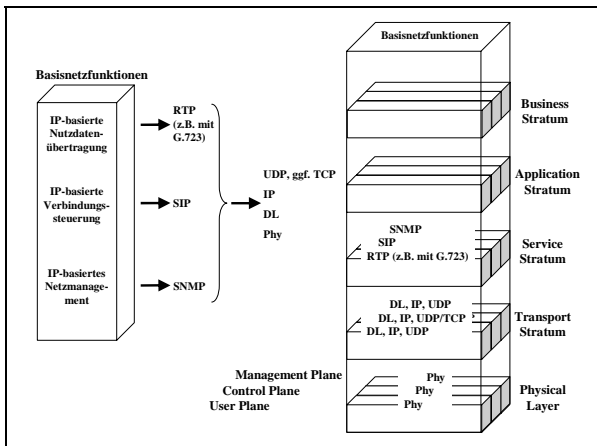
**Bild 2 Definition der Anforderungen an ein Netz**

3. Schritt: Einsortieren der Netzfunktionen in Netzknoten.

Die Funktionalitäten eines kompletten Telekommunikationsnetzes lassen sich auf einzelne Netzelementtypen (abhängig vom konkreten Netztyp: z.B. SIP/IP-basiert, ISDN, GSM oder UMTS) aufteilen. Im Falle eines SIP/IP-Netzes sind dies z.B. SIP User Agent, SIP Registrar Server, SIP Proxy Server, SIP Application Server, Conference Server, IP-Router, Firewall, Bandwidth Broker. Dabei kann es sich um physikalische und/oder logische Netzelemente handeln.

Jeder Netzelementtyp wird hierbei in Form eines separaten Säulenmodells dargestellt, das bezüglich seiner Zelleneinteilung in Säulen, Strata und Planes identisch zum Gesamtnetzmodell ist. Bild 5 zeigt dies für einen SIP User Agent, d.h. ein SIP-Endgerät.

Jedes Netzelement stellt bezüglich seiner Funktionen eine Untermenge des Gesamtnetzmodells dar bzw. die Überlagerung aller Netzelementmodelle ergibt das Gesamtnetzmodell.



**Bild 3 Ableiten der Funktionen eines Netzes aus den Anforderungen**

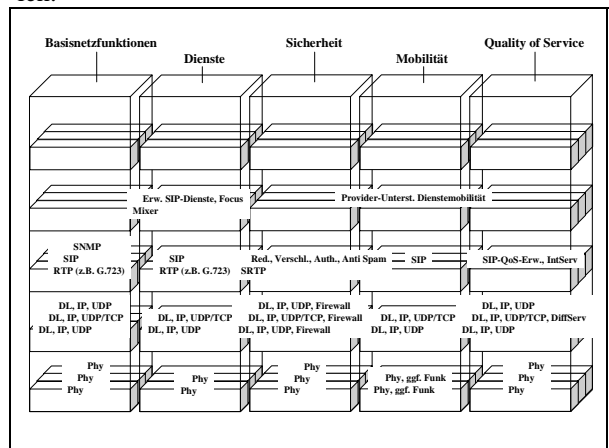
4. Schritt: Erforderlichenfalls ergänzen von Funktionen in einem oder mehreren Netzknoten.

Wird bei der detaillierten Betrachtung eines einzelnen Netzknotens festgestellt, dass Funktionen fehlen und

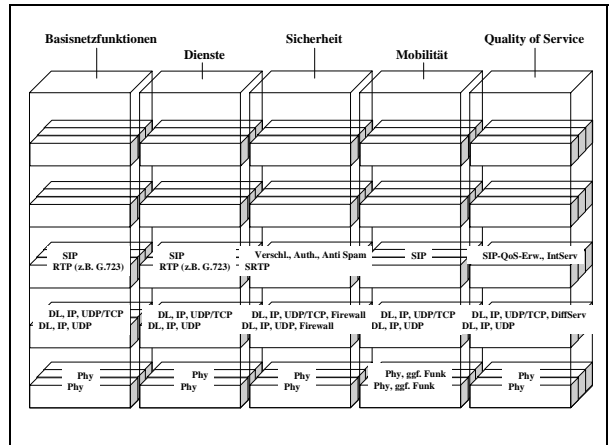
daher ergänzt werden müssen, kann dies direkt vorgenommen werden. Die zusätzlichen Funktionen werden vom Modell automatisch für das Gesamtnetz übernommen.

5. Schritt: Exportieren der Merkmale aus dem grafischen Modell in das Rechnungsmodell.

Bisher wurde das so genannte grafische Modell erläutert. Das korrespondierende Rechnungsmodell erlaubt das automatische Auslesen von in Zahlen vorliegenden Merkmalen (z.B. Teilnehmeranzahl, Verkehrswerte, Kosten) von bis zu vier beliebigen Telekommunikationsnetzen aus ihren jeweiligen grafischen Modellen.



**Bild 4 Funktionen eines SIP/IP-Gesamtnetzes**



**Bild 5 Funktionen eines SIP User Agents**

6. Schritt: Rechnungsmodell anwenden.

Mit den in Schritt 5 in das Rechnungsmodell importierten Merkmalen von bis zu vier verschiedenen Telekommunikationsnetzen und erforderlichenfalls weiteren hinzugefügten Merkmalgrößen können Netzbe-rechnungen (z.B. Anzahl erforderlicher Vermittlungs-systeme), Netzoptimierungen (z.B. Minimierung der Anzahl erforderlicher Gateways) und Migrations-szenarien (z.B. Übergang von GSM/UMTS Release 99 nach UMTS Release 7) betrachtet werden.

Für die Einbeziehung einer zeitabhängigen Entwicklung, z.B. der Teilnehmerzahlen, Verkehrswerte und Kosten, bietet das Rechnungsmodell die Verwaltung beliebig vieler, kompletter Einzelszenarien. Damit kann die Entwicklung sämtlicher Ein- und Ausgabeparameter über der Zeit (Zeiteinheit frei dimensionierbar) dargestellt werden.

Konkrete Beispiele für Schritt 6 finden sich in den Kapiteln 5 und 6.

7. Schritt: Exportieren von Ergebnissen aus dem Rechnungsmodell in das grafische Modell.

Damit können Ergebnisse aus der Variantenrechnung, z.B. die optimierte Anzahl von Gateways, als Merkmale wieder in das grafische Modell übernommen werden.

Sowohl das grafische als auch das Rechnungs-Modell wurden auf EXCEL-Basis realisiert. Damit ist eine komfortable, soweit prinzipiell machbar auch automatisierte Netzmodellierung, -berechnung und -optimierung möglich.

## 4 Interworking zwischen Netzen

Auf dem Weg zu den zukünftigen reinen Paketnetzen (SIP/IP-Festnetze, UMTS Release 7) wird man es in massiver Weise mit heterogenen, Leitungs- und Paketvermittlung sowie verschiedenste Protokoll-Stacks kombinierenden Netzen zu tun haben. Das bedeutet aber, dass das Interworking und entsprechende Gateways eine bedeutende Rolle spielen werden.

Diese Problematik wird ebenfalls durch das vorliegende neue Netzmodell berücksichtigt. Sollen zwei Netze zusammengeschaltet werden, muss zuerst für jedes der beiden Netze (z.B. ISDN und SIP/IP in Bild 6) ein grafisches Modell gemäß der Schritte 1 und 2 in Kapitel 3 entwickelt werden. Dabei ist darauf zu achten, dass in Schritt 2 eine genügend große Detailtiefe gewählt wird, um daraus in den folgenden Schritten auch alle Interworking-Funktionen ableiten zu können.

In der Folge (8. Schritt) werden die beiden grafischen Modelle miteinander verschmolzen. D.h., die durch die Funktionssäulen, Strata, Planes und spezifischen Funktionen definierten Zellen beider Modelle werden zur Deckung gebracht. Daraus ergeben sich unmittelbar die Abbildungsbeziehungen zwischen den Funktionen von Netz X und Netz Y. Sind die Funktionen X und Y in einer Zelle gleich, ist prinzipiell keine Gateway-Funktionalität erforderlich. Sind sie unterschiedlich, ist damit für diese Zelle die benötigte Gateway-Funktionalität spezifiziert. Beispielsweise resultiert aus den Funktionen ISUP (ISDN User Part) und SIP die benötigte Konvertierungsfunktion ISUP-SIP. Die Verschmelzung der beiden grafischen, EXCEL-

basierten Modelle der Netze X und Y erfolgt automatisiert mit Hilfe einer eigens hierfür auf VBA-Basis (Visual Basic for Applications) entwickelten Software-Ergänzung für EXCEL.

In einem Folgeschritt (9. Schritt) werden dann die erhaltenen Konvertierungsfunktionen auf konkrete physikalische oder logische Netzknoten aufgeteilt. Z.B. könnte die neue Funktion „ISUP-SIP-Konvertierung“ einem Media Gateway Controller (MGC) zugeordnet werden.

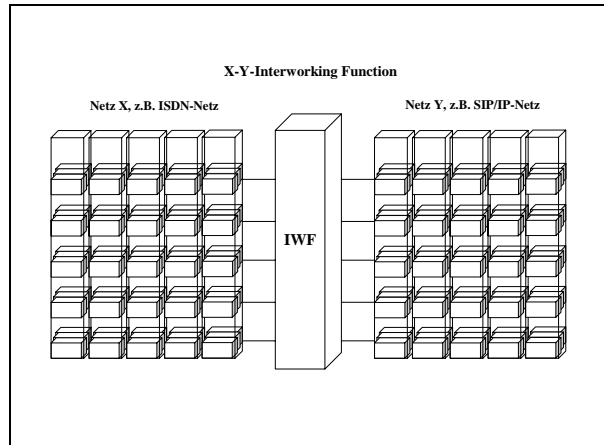
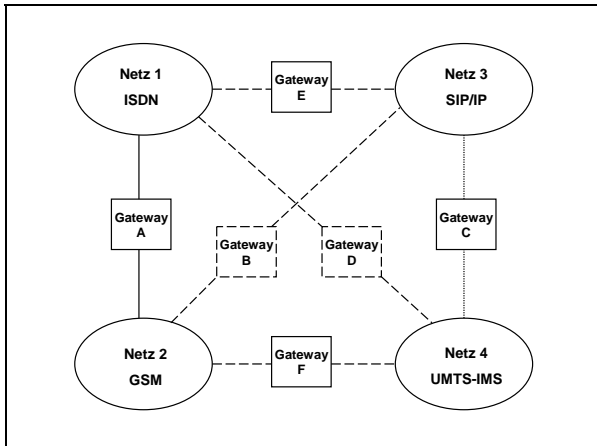


Bild 6 Interworking zweier verschiedener Netze

## 5 Netzberechnung, Netzoptimierung und Migrationsszenarien

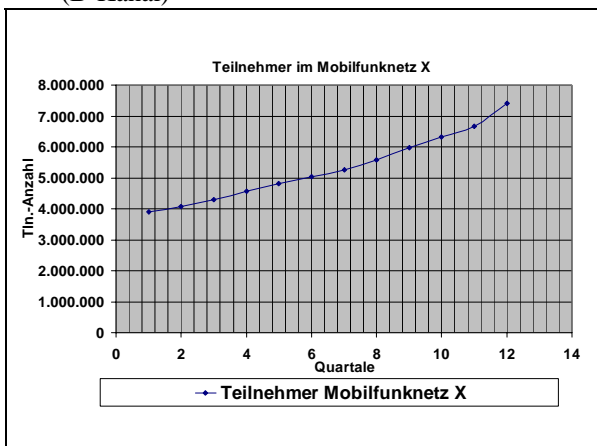
In diesem Kapitel wird das bisher vorgestellte neue Netzmodell angewandt zur konkreten Berechnung eines GSM-Netzes, zur Optimierung der Migration von GSM nach UMTS IMS (Internet Multimedia Subsystem) und zur Optimierung von Migrationsszenarien mit vier beteiligten Netzen (ISDN, SIP/IP-Festnetz, GSM, UMTS IMS bzw. UMTS Release 7 [5; 6; 7]). Dabei liegt allen Berechnungen das allgemeine, für max. vier verschiedene Netze eines oder mehrerer Betreiber ausgelegte Rechnungsmodell nach Bild 7 zugrunde, das gemäß den Erläuterungen in den Kapiteln 2 bis 4 arbeitet.



**Bild 7 Zusammenschaltung vier verschiedener Netze**

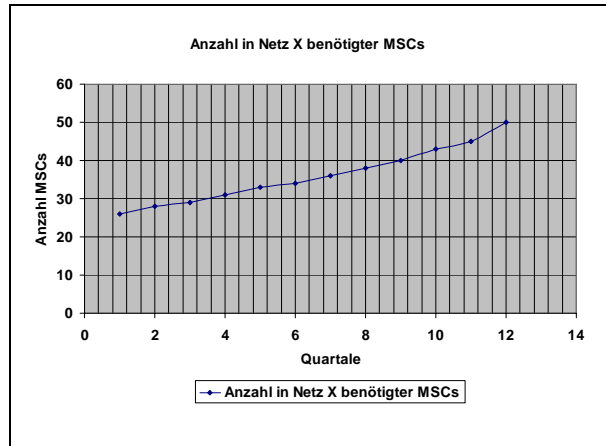
Als erste konkrete Anwendung des neuen Netzmodells wird im Folgenden die Entwicklung eines GSM-Netzes X über einen Zeitraum von zwölf Quartalen betrachtet. Dabei wird von folgenden Randbedingungen ausgegangen:

- Teilnehmerentwicklung gemäß Bild 8
- 0,025 Erl Verkehrswert pro Mobilfunkteilnehmer
- max. 150000 Mobilfunkteilnehmer pro MSC (Mobile Switching Center)
- max. 20000 Erl Verkehr pro MSC
- max. BHCA-Wert (Busy Hour Call Attempts) von 750000 Erl/s pro MSC
- 60 Millionen Teilnehmer in anderen Mobilfunknetzen
- 53 Millionen B-Kanäle (= ISDN-Teilnehmer) in Festnetzen
- 0,119 Erl Verkehrswert pro Festnetzteilnehmer (B-Kanal)

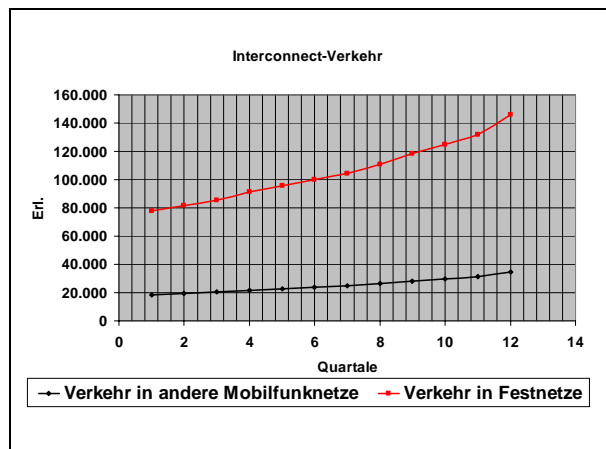


**Bild 8 Teilnehmerentwicklung im GSM-Netz X**

Das Rechenungsmodell liefert u.a. als Ergebnis die Anzahl der in Netz X benötigten MSCs (Bild 9) und den Interconnect-Verkehr in andere Mobilfunknetze und in die Festnetze (Bild 10).



**Bild 9 Anzahl der in GSM-Netz X benötigten MSCs**



**Bild 10 Interconnect-Verkehr zwischen GSM-Netz X, anderen GSM- und den Fest-Netzen**

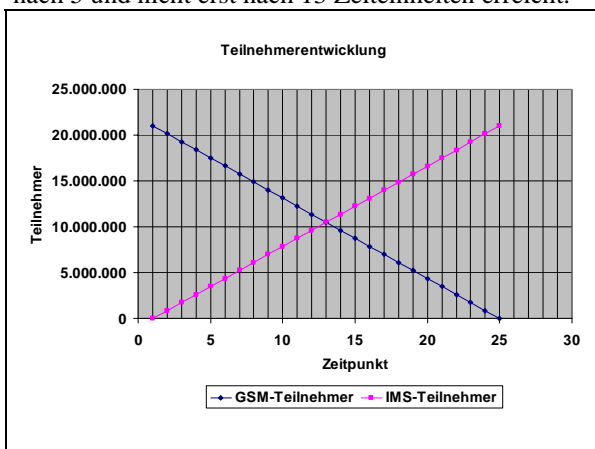
Im zweiten Rechenbeispiel wird von der Migration eines GSM-Netzes zum IMS eines UMTS-Netzes bzw. zu UMTS Release 7 (All-IP) ausgegangen. Damit werden alle Fälle, z.B. auch UMTS Release 99, eingeschlossen, bei denen aus einem leitungsvermittelten in ein paketvermitteltes Netz migriert wird. Andere Netze und zugehöriger Interconnect-Verkehr werden hier nicht betrachtet. Die zugrunde gelegten Parameter sind wie folgt:

- Teilnehmerentwicklung über 25 beliebige Zeitpunkte gemäß Bild 11, d.h. lineare Abnahme der GSM-, lineare Zunahme der IMS-Teilnehmer, am Anfang 21 Millionen GSM-Teilnehmer
- 0,025 Erl Verkehrswert pro GSM-Teilnehmer
- max. 150000 Mobilfunkteilnehmer pro MSC
- max. 20000 Erl Verkehr pro MSC
- max. BHCA-Wert von 750000 Erl/s pro MSC
- 0,4 Erl Verkehrswert pro IMS-Teilnehmer
- max. 1 Million Teilnehmer pro S-CSCF (Serving-Call Session Control Function = IMS-Softswitch)
- max. 400000 Erl Verkehr pro S-CSCF
- max. BHCA-Wert von 16 Millionen Erl/s pro S-CSCF

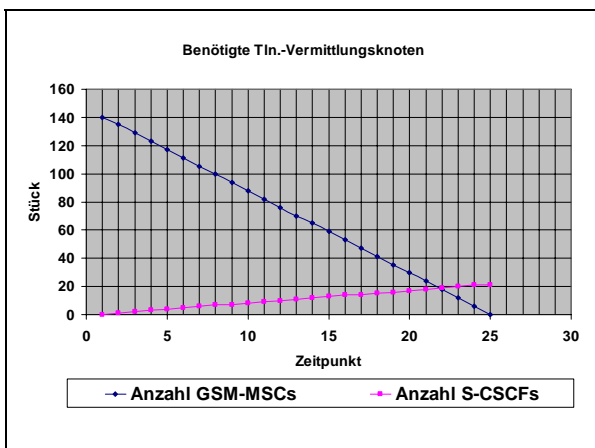
- max. 19354 Erl pro IMS/GSM-MG (Media Gateway)

Bild 12 zeigt die Entwicklung der Anzahl an weiterhin benötigten MSCs und neu hinzu kommenden CSCFs. Hierbei wird ein großer Vorteil der Umsetzung des NGN-Konzepts (Next Generation Networks) im IMS deutlich. Die Zahl der vermittelnden Knoten nimmt massiv ab, in diesem Fall um 85%. Statt 140 MSCs am Anfang werden am Schluss noch 21 CSCFs benötigt.

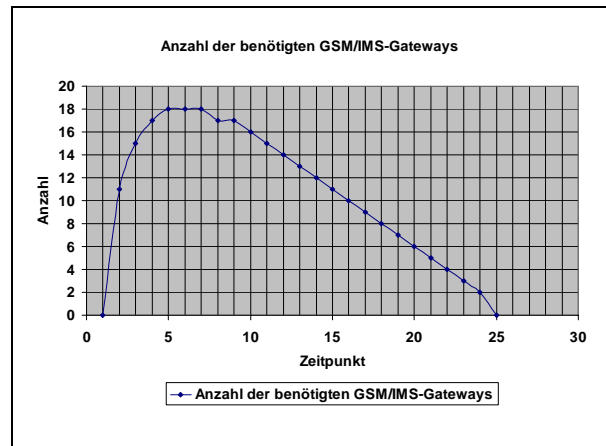
Aus Bild 13 geht die Anzahl der für die Migration zur Behandlung des Nutzdatenverkehrs zwischen GSM (leitungsvermittelt) und IMS (paketvermittelt) benötigten Media Gateways hervor. Wegen der unterschiedlichen Verkehrswerte der GSM- (0,025 Erl) und IMS-Teilnehmer (0,4 Erl) wird das Maximum bereits nach 5 und nicht erst nach 13 Zeiteinheiten erreicht.



**Bild 11 Teilnehmerentwicklung bei linearer GSM-IMS-Migration**



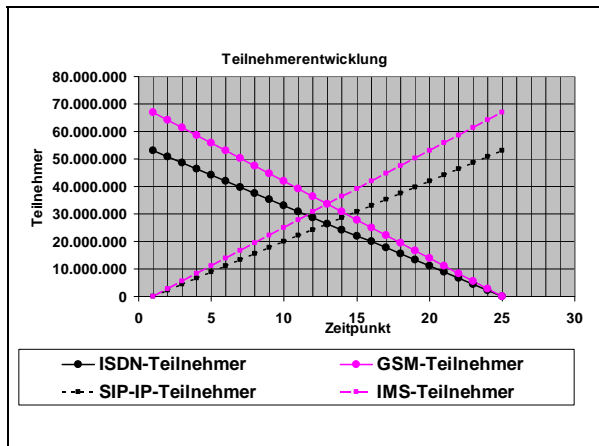
**Bild 12 Anzahl der bei der GSM-IMS-Migration benötigten MSCs und CSCFs**



**Bild 13 Anzahl der bei der GSM-IMS-Migration benötigten Media Gateways**

Abschließend wird die Migration von vier verschiedenen Netzen (ISDN, SIP/IP, GSM, IMS) hin zu einem All-IP-Netz (SIP/IP-Festnetz und IMS-basiertes UMTS-Mobilfunknetz) betrachtet. Dabei wird von folgenden Randbedingungen ausgegangen:

- Teilnehmerentwicklung über 25 beliebige Zeitpunkte gemäß Bild 14, d.h. gleichzeitige lineare Abnahme der ISDN- und GSM-, lineare Zunahme der SIP/IP- und IMS-Teilnehmer, am Anfang 53 Millionen B-Kanäle (=ISDN-Teilnehmer) und 67 Millionen GSM-Teilnehmer
- 0,119 Erl Verkehrswert pro B-Kanal (Festnetzteilnehmer)
- max. 50000 B-Kanäle pro TVSt
- max. 100000 Erl Verkehr pro TVSt
- max. BHCA-Wert von 16 Millionen Erl/s pro TVSt
- 0,4 Erl Verkehrswert pro SIP/IP-Teilnehmer
- max. 1 Million Teilnehmer pro CS (Call Server = SIP/IP-Softswitch)
- max. 400000 Erl Verkehr pro CS
- max. BHCA-Wert von 16 Millionen Erl/s pro CS
- 0,025 Erl Verkehrswert pro GSM-Teilnehmer
- max. 150000 Mobilfunkteilnehmer pro MSC
- max. 20000 Erl Verkehr pro MSC
- max. BHCA-Wert von 750000 Erl/s pro MSC
- 0,4 Erl Verkehrswert pro IMS-Teilnehmer
- max. 1 Million Teilnehmer pro S-CSCF
- max. 400000 Erl Verkehr pro S-CSCF
- max. BHCA-Wert von 16 Millionen Erl/s pro S-CSCF
- max. 19354 Erl pro IP/ISDN- oder IMS/GSM-Media Gateway
- Es wird angenommen, dass die GSM/IP- und ISDN/IP-Gateways austauschbar sind.

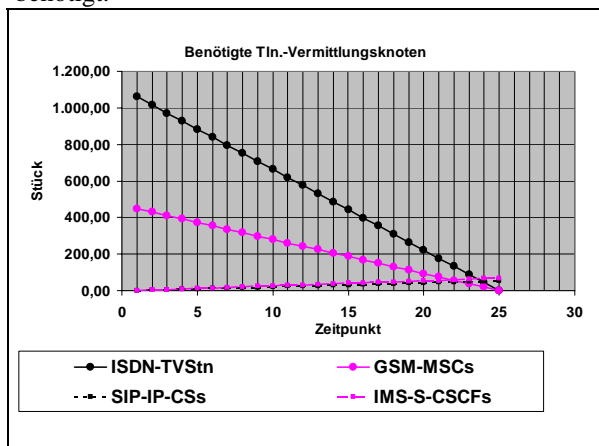


**Bild 14 Teilnehmerentwicklung bei gleichzeitiger linearer Migration mit vier Netzen**

Als ein Ergebnis der Modellberechnung zeigt Bild 15 die Entwicklung der vermittelnden Knoten in den vier Netzen. 1060 TVSts und 447 MSCs am Anfang der Migration entsprechen 53 CS und 67 CSCFs, d.h. 1507 leitungsvermittelnden Knoten stehen 120 paketvermittelnde Knoten gegenüber. Das entspricht bei gleichzeitig deutlich erhöhtem Teilnehmerverkehr einer Abnahme der vermittelnden Knoten um 92%.

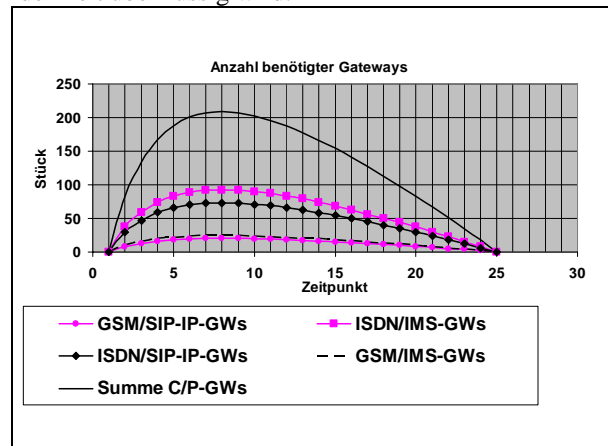
Pauschal gilt somit, dass auch in sehr großen öffentlichen Telekommunikationsnetzen zukünftig nur noch vergleichsweise sehr wenige zentrale IP-basierte Vermittlungssysteme, so genannte Call Server oder Softswitches, benötigt werden. Dies ist ein großer Vorteil für die Netzbetreiber, könnte sich aber nachteilig auf die Vermittlungssystemhersteller auswirken.

Die Zahl der benötigten Media Gateways, speziell auch für den Übergang aus der leitungs- in die paketvermittelte Welt geht für den Fall einer gleichzeitigen linearen ISDN- und GSM-Teilnehmerentwicklung aus Bild 16 hervor. In der Spitze werden in Summe für alle Netze 209 C/P-MGs (Circuit/Packet switched) benötigt.



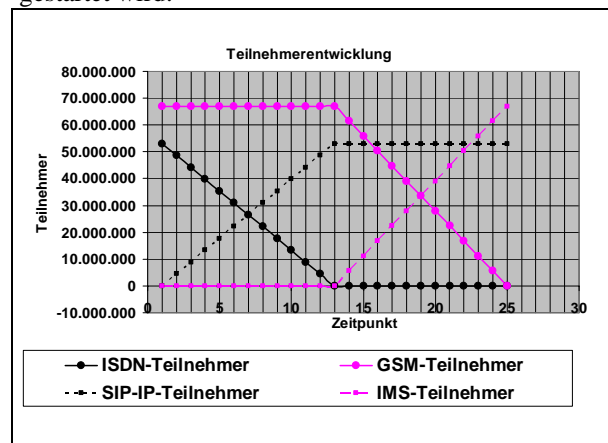
**Bild 15 Anzahl der bei der Vier-Netze-Migration benötigten TVStn, CSs, MSCs und CSCFs**

Gateways sind im Unterschied zu den Call Servern Hardware- und damit kosten-intensiv. Um so problematischer ist es, dass ein Großteil der Gateways mit der Zeit überflüssig wird.



**Bild 16 Anzahl der bei gleichzeitiger linearer Vier-Netze-Migration benötigten Media Gateways**

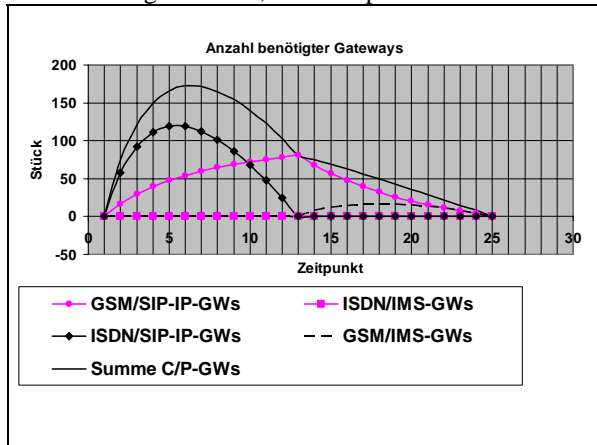
Bild 17 geht ebenfalls von einem Szenario mit einer Vier-Netze-Migration aus, allerdings erfolgt der Übergang jetzt in zwei Stufen. Die linear verlaufende ISDN-SIP/IP-Migration ist bereits vollständig abgeschlossen, wenn der gleiche Vorgang für GSM-IMS gestartet wird.



**Bild 17 Teilnehmerentwicklung bei sequenzieller linearer Migration mit vier Netzen: 1. ISDN, 2. GSM**

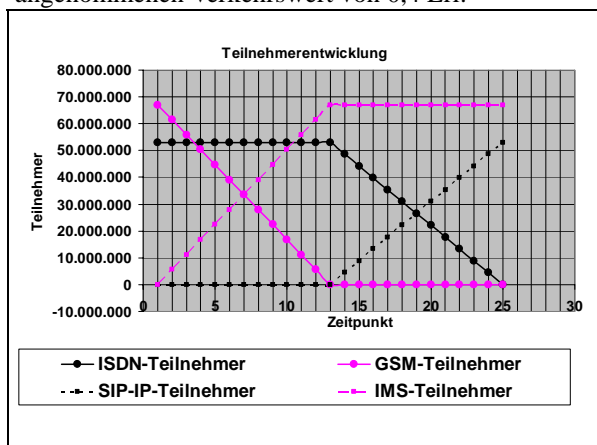
Diese Sequenzialisierung der Migration der beiden leitungsvermittelten Netze ISDN und GSM führt gemäß den Rechnungsergebnissen in Bild 18 zu einer deutlichen Abnahme der in der Spitze benötigten und später überflüssigen C/P-Media Gateways. Statt 209 C/P-MGs bei der gleichzeitigen Migration von ISDN und GSM (Bild 16) werden jetzt beim sequenziellen Vorgehen nur noch max. 173 C/P-MGs (Bild 18) gebraucht, d.h. immerhin 17% weniger. Diese Reduktion ist darin begründet, dass ein Teil der GSM-SIP/IP- und alle GSM-IMS-Gateways erst dann benötigt werden, wenn die ISDN-SIP/IP-Migration bereits fortge-

schritten bzw. abgeschlossen ist, d.h. frei gewordene C/P-MGs können für den GSM-SIP/IP-Verkehr und die GSM-IMS-Migration weiter verwendet werden. Mit einer solchen Vorgehensweise könnte beispielsweise ein Netzbetreiber, der zwei leitungsvermittelte Netze zu migrieren hat, Kosten sparen.

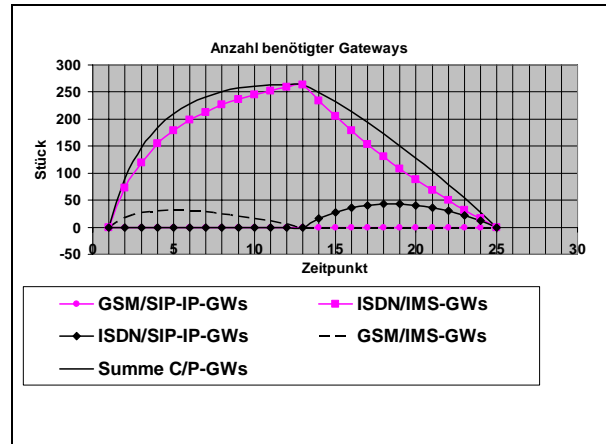


**Bild 18 Anzahl der bei sequenzieller linearer Vier-Netze-Migration benötigten Media Gateways: 1. ISDN, 2. GSM**

Dass ein sorgfältiges Vorgehen unter Berücksichtigung der verschiedenen Netzparameter bei der Migration unabdingbar ist und dass dies in komplexeren Szenarien mit Modellunterstützung ablaufen muss, wird besonders deutlich, wenn man die Reihenfolge bei der Netzmigration gemäß Bild 17 entsprechend Bild 19 umdreht, ansonsten aber alle Parameter beibehält. D.h., jetzt erfolgt zuerst die GSM-IMS- und dann die ISDN-SIP/IP-Migration. Dies führt u.a. dazu, dass nach Bild 20 die Zahl der benötigten C/P-Media Gateways massiv zunimmt, auf max. 264 bzw. um 43%. Dies ist zurückzuführen auf die hohe Zahl an GSM-Teilnehmern und den für die IMS-Nutzer angenommenen Verkehrswert von 0,4 Erl.



**Bild 19 Teilnehmerentwicklung bei sequenzieller linearer Migration mit vier Netzen: 1. GSM, 2. ISDN**



**Bild 20 Anzahl der bei sequenzieller linearer Vier-Netze-Migration benötigten Media Gateways: 1. GSM, 2. ISDN**

Ausgehend von obigen Ergebnissen können u.a. die folgenden Empfehlungen zum Netzdesign gegeben werden:

- Vorgehen entsprechend den Schritten 1 bis 9 in den Kapiteln 3 und 4
- Sehr starke Reduzierung der Anzahl an benötigten Vermittlungssystemen durch Migration von einem leitungs- zu einem paketvermittelten Netz
- Minimierung der Anzahl der benötigten und später größtenteils überflüssigen Media Gateways durch geschickte Migration.

## 6 Literatur

- [1] X.200: Information Technology – Open Systems Interconnection – Basic Reference Model: The Basic Model. ITU-T, July 1994
- [2] I.320: ISDN Protocol Reference Model. ITU-T, Nov. 1993
- [3] I.322: Generic protocol reference model for telecommunication networks. ITU-T, Feb. 1999
- [4] Trick, Ulrich; Weber, Frank: SIP, TCP/IP und Telekommunikationsnetze. Oldenbourg, 2004
- [5] TR 22.978: All-IP Network (AIPN) Feasibility Study (Release 7). 3GPP, Oct. 2004
- [6] Y.NGN-MIG: Migration of networks (including TDM Networks) to NGN. ITU-T, NGN-WD-87, June 2004
- [7] FGNGN-OD-00050: Scenarios for PSTN/ISDN evolution to NGN. ITU-T, Dec. 2004

Veröffentlicht in: ITG-Fachbericht 187 Mobilfunk, S. 41-49, Juni 2005