

Zeitschrift: Comtec : Informations- und Telekommunikationstechnologie = information and telecommunication technology

Herausgeber: Swisscom

Band: 75 (1997)

Heft: 10

Artikel: Managementschnittstellen in ATM-Netzen

Autor: Sellin, Rüdiger

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-876968>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 17.01.2026

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

Die Bedeutung von Managementprotokollen und Informationsmodellen aus ITU-T, ATM-Forum und IETF für das ATM-Management

Managementschnittstellen in ATM-Netzen

Im Bereich ATM-Management (Asynchronous Transfer Mode) haben sich in den letzten Jahren folgende zwei Managementarchitekturen etabliert, welche im ATM-Umfeld von Bedeutung sind: die TMN-Architektur des ITU-T (TMN: Telecommunications Management Network) und das Managementmodell des ATM-Forums. Während die TMN-Architektur eher eine Universalarchitektur darstellt, welche Netzmanagementprinzipien zum Netz- und Servicemanagement definiert, setzt das Managementmodell des ATM-Forums diese Prinzipien in ein konkretes ATM-Management-Konzept um. Zwischen diesen beiden Managementarchitekturen bestehen keine Gegensätze, sie ergänzen sich vielmehr.

Zunehmenden Einfluss hat auch die Internet Engineering Task Force (IETF), welche sich im Managementbereich vor allem durch die Definition des populären SNMP (Simple Network Management Protocol) hervorge-

RÜDIGER SELLIN, BERN

tan hat. Die passenden MIB (Management Information Base) werden teils durch das ATM-Forum, teils durch die IETF selbst erstellt. Allerdings werden Begriffe wie «MIB» und «Informationsmodell» anders gebraucht als in einer TMN-Umgebung, welche sich eher auf CMIP (Common Management Information Protocol) konzentriert.

Der Gebrauch beider Protokolle und die Erstellung passender MIBs im ATM-Forum erlauben die Erstellung flexibler Konzepte je nach gewünschter Managementapplikation. So müssen CMIP und SNMP keine Gegensätze sein; vielmehr ergänzen sie sich gegenseitig je nach Grösse des ATM-Netzes und je nach Anforderungen an das passende ATM-Management.

Einführung zum ATM-Management

Der Begriff Netzmanagement im klassischen Sinn bedarf bei ATM-basierten Netzen einer erweiterten Definition. Im Gegensatz zu heute existierenden Netzen stellt ATM viele neuartige Managementverfahren im Netz selbst bereit, die man in dieser Form bisher noch nicht kannte. Zudem stellt sich auch die Frage, ob man alle drei Schichten, AAL (ATM Adaptation Layer), ATM (ATM Layer) und PHY (Physical Layer), getrennt betrachten oder homogen managen will. Prinzipiell ist beides möglich, jedoch zeichnet sich der Trend ab, dass – nicht zuletzt wegen der Liberalisierung im Telecom-Bereich, Stichwort Open Network Provisioning (ONP) – verschiedene Organisationseinheiten für eine Netzsicht und das dazugehörige Management verantwortlich zeichnen. So ist es nicht verwunderlich, dass sich auch das ATM-Management für den öffentlichen und den privaten Bereich entsprechend der netzseitigen Unterscheidung WAN-LAN entwickelt (Wide Area Network, Local Area Network).

Die TMN-Architektur hat sich im Bereich WAN-Management auf breiter Ebene

etabliert. TMN stellt Prinzipien und Werkzeuge zum einheitlichen Management von Netzen und Diensten zur Verfügung. TMN wurde von der ITU-T-Studiengruppe 4 entwickelt und erfährt laufend funktionale Erweiterungen, vor allem betreffend der Informationsmodelle, die für jede Managementanwendung spezifisch erstellt werden. In der Tat wird die TMN-Architektur auch vom ATM-Forum anerkannt und als Basis für das eigene Managementmodell verwendet. Dort entstehen auch eigene Informationsmodelle für das ATM-Management.

Auch im Bereich ATM-Management behandelt TMN eine Vielzahl von Managementaufgaben, und zwar vornehmlich die statischen oder zeitlich unkritischen ATM-Management-Prozesse, so beispielsweise die Schaltung vorbestellter VCC/VPC (sogenannter semipermanenter VCC/VPC) oder das VC/VP-Monitoring. Zeitkritische Managementaktivitäten werden wohl eher über automatisierte Prozesse oder beim Verbindungsauftbau mit Hilfe der Signalisierung in Echtzeit abgewickelt. Bild 1 zeigt das bekannte ATM-Referenzmodell des ITU-T, erweitert um Aufgaben und Begriffe zum Netzmanagement (TMN). So ist TMN – etwa für das Konfigurations- und das Fehlermanagement – auf Informationen aus den Schichten AAL, ATM und PHY angewiesen. Der Zugriff auf diese Informationen erfolgt über das sogenannte Schichtenmanagement (Layer Management [LM]).

Der Schwerpunkt des TMN für das AAL- und das ATM-Layer-Management liegt im klassischen Konfigurations- und Fehlermanagement. In der AAL-Schicht sorgt das TMN etwa für eine hochqualitative Performance (Einhaltung bestimmter Schwellwerte wie Fehlerraten, Durchsatz) oder für die reibungslose Funktion bestimmter AAL-Protokolle (etwa das «Zerhacken» des Benutzerdatenstroms in 48 Byte grosse Pakete vor dem «Einpakken» in ATM-Zellen). Sollten in der ATM-Schicht VP (Virtual Path) oder VC (Virtual Channel) ausfallen, versuchen die beteiligten ATM-Switches zuerst ohne die Managementebene Ersatz-VP oder -VC zu schalten. Die Ersatz-VP oder -VC wurden entweder durch das Netzmanagement vordefiniert (sogenanntes «Protection Switching»), oder es erfolgt eine automatische Suche nach möglichen Ersatz-VP oder -VC (sogenanntes «Selfhealing»). Sollten sowohl «Protection Switching» als auch «Selfhealing»

scheitern, tritt das «VC/VP Rerouting» in Aktion. Hierbei werden über ein Netzmanagementcenter (NMC) – in der TMN-Terminologie ein Operations System (OS) – Ersatz-VP oder -VC zwischen den Netzelementen (NE) manuell geschaltet. Weitere wichtige Teile des ATM-Netzmanagements durch TMN sind das Verkehrsmanagement (die optimale Ausnutzung der Netzressourcen), das Bandbreitenmanagement (die optimale Bereitstellung der vom Kunden benötigten Bandbreite) sowie das VPI/VCI-Management (Virtual Path Identifier, Virtual Channel Identifier). Für diese Aufgaben werden unter anderem OAM-Zellen (Operation and Maintenance) benutzt, die – in den normalen ATM-Zellstrom eingespeist – wichtige Informationen über den aktuellen Netzzustand liefern. Für die PHY-Schicht gelten alle für SDH-Netze (oder für alternativ genutzte, physikalische Netze) definierten Managementmechanismen. Diese unterscheiden sich für den LAN-Bereich grundlegend vom WAN-Bereich. Auf das Management von ATM-LAN und von kleineren ATM-WAN werden wir im Zusammenhang mit SNMP noch genauer eingehen.

TMN (Telecommunications Management Network)

An der TMN-Architektur und deren Anwendungen wird innerhalb des ITU-T (International Telecommunication Union, Telecommunication Standardisation Sector) sowie im ETSI (European Telecommunication Standardisation Institute) und im ANSI (American National Standards Institute) gearbeitet. Leider haben die aufgeführten Gremien einige Aspekte nicht oder nur unvollständig behandelt. Dazu gehören Implementierungsaspekte von TMN oder Migrationsstrategien in Richtung TMN. Hier hat sich besonders das NMF (Network Management Forum) mit Lösungsansätzen hervorgetan, allerdings nicht selten unter Berücksichtigung von (kommerziellen) Herstellerinteressen. Einen Überblick über Netzmanagementlösungen in öffentlichen Netzen, eine Einführung in die TMN-Architektur sowie deren Vergleich zu NMF- und zum Internet-Management vermittelt [1]. Die ITU-T-Empfehlung M.3010 [2] hat sich in den letzten Jahren beinahe zur «TMN-Bibel» entwickelt. Dort werden die drei TMN-Teilarchitekturen – funktionale TMN-Architektur – TMN-Informationsarchitektur und – physikalische TMN-Architektur

ATM REFERENCE MODEL

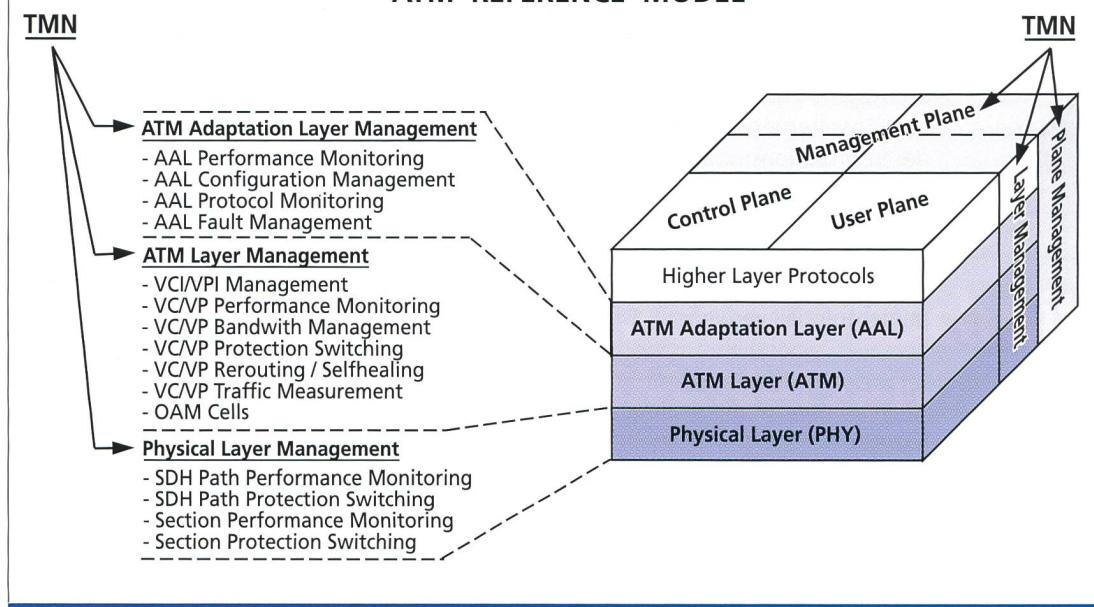


Bild 1. ATM Reference Model, Layers, Planes and Network Management.

sowie die

– Logical Layered Architecture (LLA) als Teil der funktionalen TMN-Architektur eingeführt.

Die heute übliche LLA kennt drei in Schichten übereinander angeordnete Managementschichten für folgende Zwecke (von oben nach unten):

- Service Management (SM): Management von Diensten
- Network Management (NM): Management von Netzen
- Element Management (EM): Management von Netzelementen.

Da es die M.3010 leider unterlässt, auf die Beziehungen der drei TMN-Teilarchitekturen untereinander einzugehen, wird diese Erläuterung nachfolgend nachgeliefert.

Die Umsetzung der funktionalen und der Informations-Architektur in die physikalische TMN-Architektur erfolgt schrittweise, wie man es beispielsweise vom projektorientierten Arbeiten auf Basis der Systemtheorie her kennt. Dabei werden die erforderlichen Managementfunktionen (aus der funktionalen TMN-Architektur) und Informationsmodelle (aus der TMN-Informationsarchitektur) in Systeme nach dem «Black-Box-Prinzip» eingesetzt, welche zu konkreten Managementsystemen führen. In der TMN-Welt werden Managementsysteme allgemein OS (Operations System) genannt, welche die «TMN-Management-Intelligenz» in

Form der OSF (Operation System Function) mit bis zu drei Teil-OSF (S-, N- und E-OSF¹) enthalten. Das Prinzip der LLA wird hier zur Bildung hierarchischer Managementsysteme mit mehreren Managern und Agents angewendet. Hierzu könnte folgendes Vorgehensmodell dienen, das seine Wurzeln im klassischen Systems Engineering sowie in der Organisationstechnik hat: Zunächst sollte geklärt werden, welches (technische) Managementproblem vorliegt und ob es wirklich ein technisches oder nicht ein organisatorisches Problem darstellt. Im letzteren Fall liegt eine organisatorische Umstellung nahe, die sich der vorhandenen technischen Lösung anpasst. Liegt ein technisches Managementproblem vor, sollte zuerst grundsätzlich überlegt werden, ob TMN in seiner heutigen Definition eine mögliche Lösung offerieren kann. Falls ja, sollten alle erforderlichen TMN-Funktionsblöcke (Bild 2) innerhalb der funktionalen TMN-Architektur identifiziert werden.

Dann sind die funktionalen Komponenten festzulegen, aus denen die TMN-Funktionsblöcke zu bilden sind. Bild 2 veranschaulicht die Beziehungen der TMN-Funktionsblöcke zu den funktionalen Komponenten und gibt darüber hinaus eine detailliertere Darstellung der funktionalen TMN-Architektur. Zudem wird auch das Vorhandensein von Manager und Agent gemäss OSI Systems Management² deutlich, in Bild 2 durch (M)

und (A) bei der funktionalen Komponente MAF (Management Application Function) angedeutet. Die Kommunikation zwischen den TMN-Funktionsblöcken wird durch die MCF (Message Communication Function) sichergestellt, welche einen OSI-Protokollstack enthält. Die Umsetzung der in einer maschinenlesbaren Form vorliegenden Managementinformation aus den Funktionsblöcken OSF (Operations System Function) und MF (Mediation Function) in eine an den Menschen angepasste Form wird mit der WSSF (Work Station Support Function) realisiert. Die eigentliche Darstellung der Managementinformation für den Benutzer innerhalb der WSF (Work Station Function) wird durch die UISF (User Interface Support Function) sichergestellt. Die Umsetzung von Informationsmodellen erfolgt in der ICF (Information Conversion Function). Während eine MF (Mediation Function) eine semantische Umsetzung vornimmt, erfolgt in der QAF (Q-Adaptor Function) eine rein syntaktische Umsetzung einer standardisierten in eine proprietäre (herstellerspezifische) Syntax. Die MF ist ein seltener Sonderfall der E-OSF und daher im Prinzip überflüssig.

¹ Service-, Network-, Element-Management OSF entsprechend den verschiedenen Managementschichten der LLA. Jede Managementschicht entspricht einer Managementsicht.

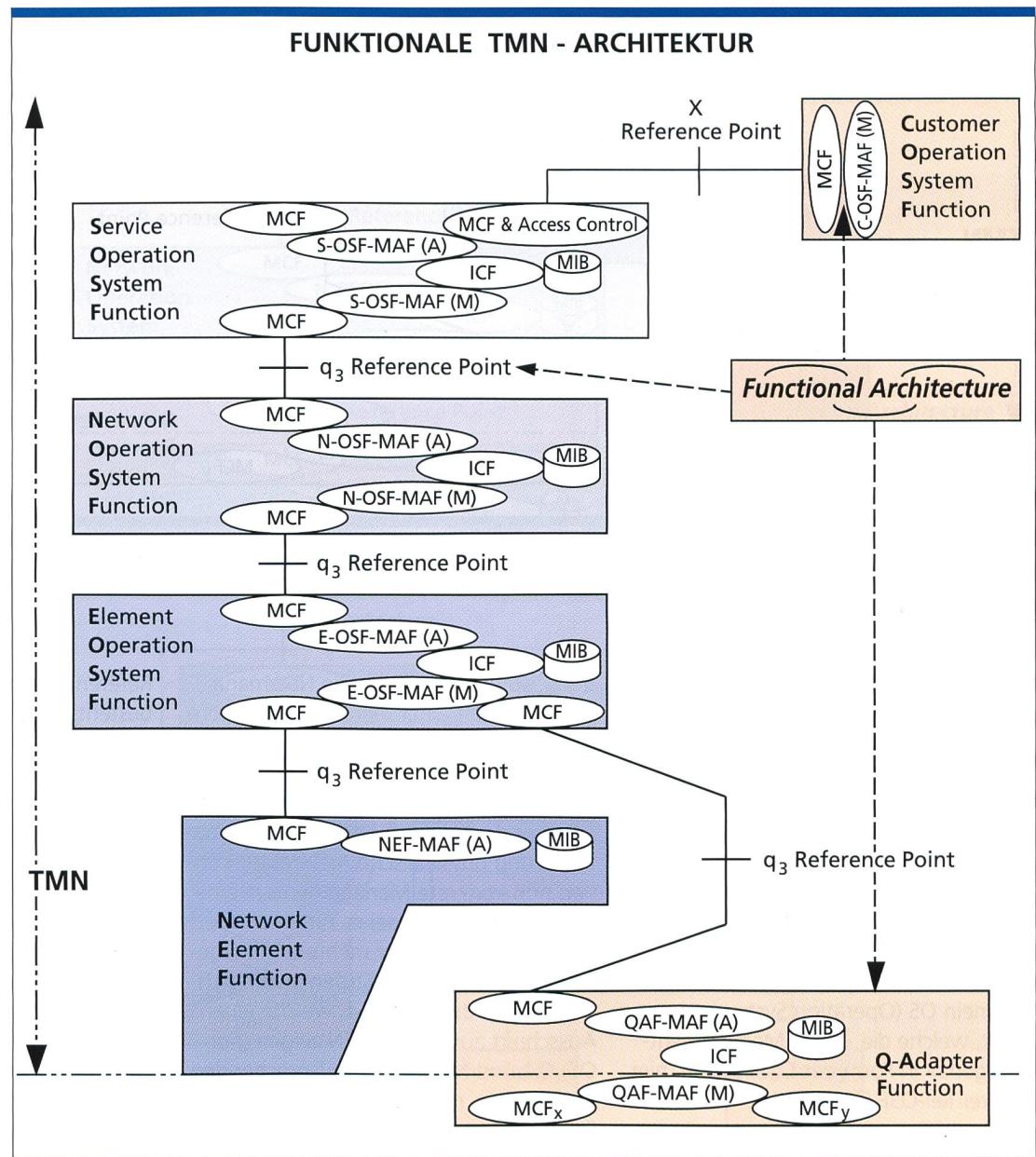
² Definition siehe ITU-T-Empfehlungen der X.700-Serie, Einführungen und Beispiele siehe [1].

In einem zweiten Schritt (Bild 3) werden die zum einheitlichen Management notwendigen Informationsmodelle innerhalb der TMN-Informationsarchitektur definiert. Dabei werden die gemanagten, realen Ressourcen nach einheitlichen Prinzipien als sogenannte «Managed Objects» (MO) beschrieben. Ein MO ist als logische oder abstrakte Repräsentation physikalischer (zu managender) Ressourcen definiert. Eine Sammlung von MO wird in einer MIB (Management Information Base) abgelegt, welche als der Aufbewahrungsort für die Managementinformation anzusehen ist. Anschaulich muss man sich die MIB als Datenbank vorstellen, auch wenn dies in den ITU-T-

Empfehlungen nicht in dieser Weise gesagt wird. Zu der Welt der TMN-Informationsarchitektur gehört außerdem die Informationskonversion, die mit der ICF (Information Conversion Function) realisiert wird und immer dann vorzusehen ist, wenn Managementinformation zwischen zwei Managementwelten mit jeweils unterschiedlicher Managementsicht auszutauschen ist. Sowohl die MIB als auch die ICF sind ebenfalls in Bild 3 zu sehen. Einige Eigenschaften objektorientierter Programmierung kommen auch in der TMN-Informationsarchitektur zur Anwendung. Im Zusammenhang mit der Definition von Managementschnittstellen kommen wir noch ausführlicher auf die

Informationsmodellierung zurück. Die «Managed Objects» repräsentieren ausschliesslich den gemanagten Teil einer realen, physikalischen Ressource (innerhalb der Managementsysteme). Die eigentliche Kommunikationsaufgabe – beispielsweise bei einem Switch das Vermitteln von Telefongesprächen – wird in den «Managed Objects» nicht direkt angesprochen, wohl aber das Management als Unterstützung zur optimalen Erfüllung dieser Aufgabe. Diese Kommunikationsaufgabe liegt folglich *ausserhalb* der TMN-Umgebung.

Im dritten und letzten Schritt (Bild 4) wird die Umsetzung der funktionalen und der Informationsarchitektur in die



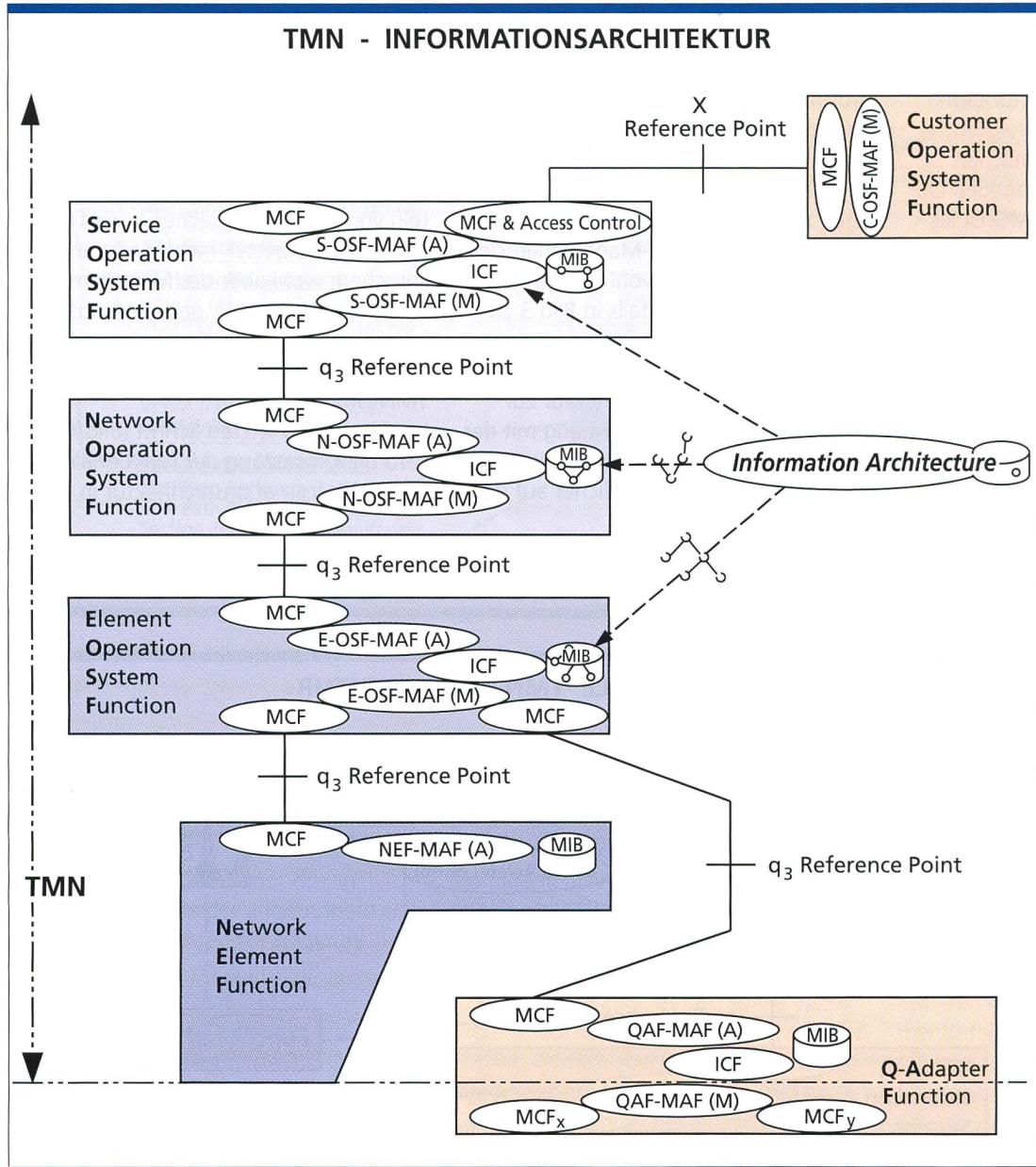


Bild 3. TMN-Informationsarchitektur mit detaillierter Informationsbeschreibung (Definition der «Managed Objects», MIB, ICF).

physikalische TMN-Architektur als eine Art Management-Basisarchitektur vollzogen und somit der Bezug zur «realen Welt» sowie der von ihnen gemanagten, realen Ressourcen hergestellt (ausserhalb der Managementsysteme). Dabei werden die Funktionen und Informationsmodelle in Systeme nach dem «Black-Box-Prinzip» eingesetzt, welche zu konkreten Managementsystemen führen. In der TMN-Welt werden Managementsysteme allgemein OS (Operation System) genannt, welche die «TMN-Management-Intelligenz» in Form der OSF (Bild 2), hier mit drei Teil-OSF (S-, N- und E-OSF entsprechend Fussnote 1), enthalten. Das Prinzip der LLA findet auch hier Anwen-

dung, so dass hierarchische Netzmanagementsysteme mit mehreren Managern und Agents möglich werden. Gemäss dem vorher eingeführten Vorgehensmodell für den Aufbau eines TMN-OS über die Stufen funktionale, Informations- und physikalische Architektur können nun konkrete Managementsysteme entworfen werden, sei es für einen speziellen Zweck, sei es für mehrere Managementaufgaben. Diese Stufen lassen sich anhand der Bilder 2 bis 4, welche einen Ausschnitt aus einem TMN zeigen (nur OS, QA und NE mit den entsprechenden Funktionen), nachvollziehen. Es sei explizit darauf hingewiesen, dass **keine 1:1-Beziehung** zwischen TMN-

Referenzpunkten und TMN-Interfaces besteht. So enthält beispielsweise das grössere OS in Bild 4 drei OSF, die über zwei (interne) q₃-Referenzpunkte miteinander verbunden sind. Diese internen Referenzpunkte sind aber lediglich zur Trennung der drei MAFs vorzusehen, müssen jedoch je nach Grösse des OS nicht zwingend zu physikalischen Schnittstellen führen (wie das zwischen physikalisch getrennten Systemen der Fall ist, beispielsweise X-Interface zwischen zwei OS verschiedener TMN oder Q₃-Interface zwischen OS und NE). Besonders Bild 4 zeigt detailliert auf, wie bestehende, proprietäre und neue, offene Netzelemente in Managementappli-

kationen nach TMN-Definition einzubinden sind. Bei bestehenden Netzelementen ist es oft schwer und auch unter kostenmässigen Gesichtspunkten wenig sinnvoll, nachträglich eine Agent-Funktion in das Netzelement zu integrieren. Oftmals herrscht eine lokale Bedienung mit MML-Befehlen vor. Abgesetzte Bedienstationen sprechen das proprietäre NE über einen herstellerspezifischen Protokollstack an, der die MML-Befehle transportiert. Bei der Einbindung solcher

Netzelemente bietet sich das M-Interface an. Wie in den Bildern 2 bis 4 gezeigt, erfolgt in den sogenannten Q-Adaptoren (QA) die *syntaktische* Umsetzung der proprietären Transfersyntax (am M-Interface) in eine standardisierte Transfersyntax (am Q₃-Interface).

Neben Q₃-Schnittstellen sind in alten CCITT-Empfehlungen auch noch Q₁- und Q₂-Schnittstellen erwähnt, welche im ITU-T heute Q_x-Schnittstelle heissen. Allgemein kann die Q_x-Schnittstelle als eine

«abgespeckte» Q₃-Schnittstelle angesehen werden. Auf jeden Fall muss die Q_x-Schnittstelle in allen Schichten dem OSI-Modell entsprechen, da sie vollständig *innerhalb* eines TMN zwischen einem NE und einem MD (Mediation Device) liegt. Ein MD bietet sich vor allem dann an, wenn sich der Managementumfang des angesprochenen NE relativ bescheiden ausnimmt. Dies ist zum Beispiel gerade im Bereich der Übertragungstechnik der Fall, wo relativ wenige Managementpa-

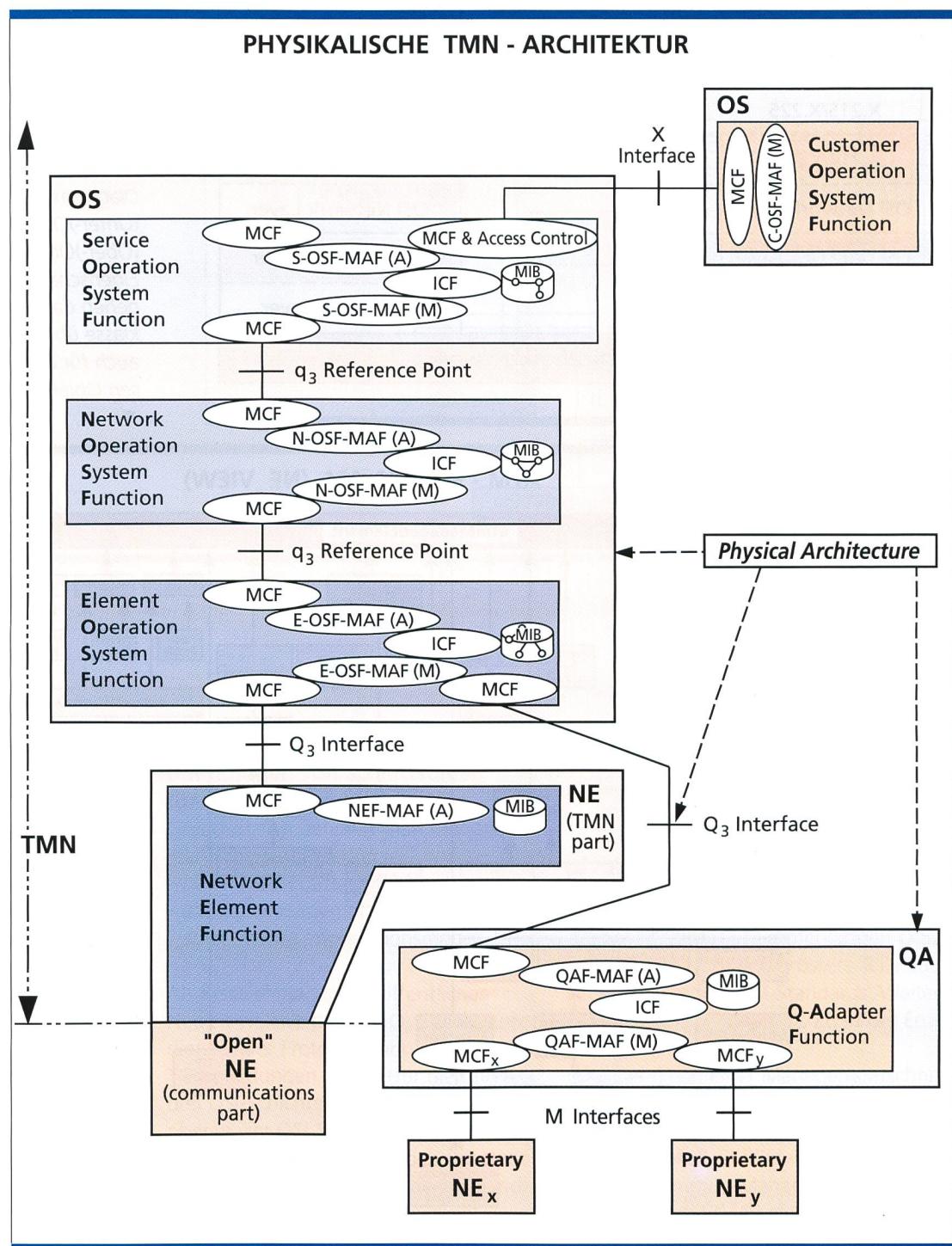


Bild 4. Physikalische TMN-Architektur mit physikalischen Einrichtungen inklusive aller erforderlichen Funktionen und Informationsmodelle.

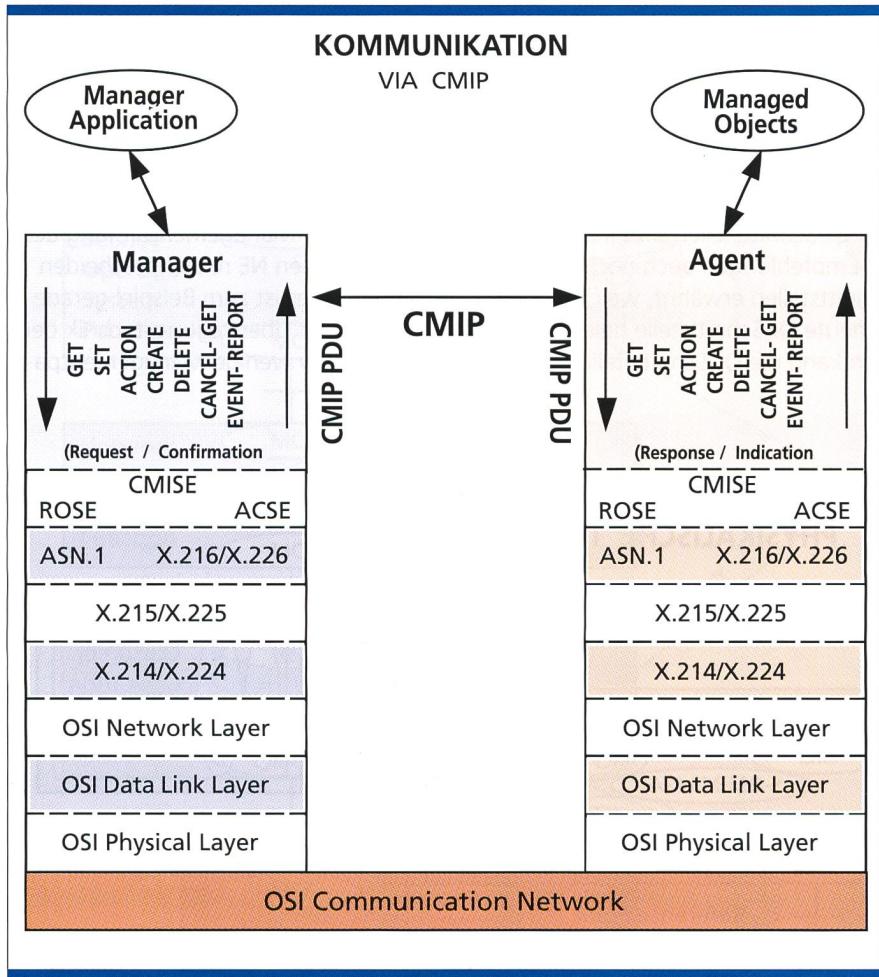


Bild 5. Kommunikation zwischen Manager und Agent via CMIP (Common Management Information Protocol).

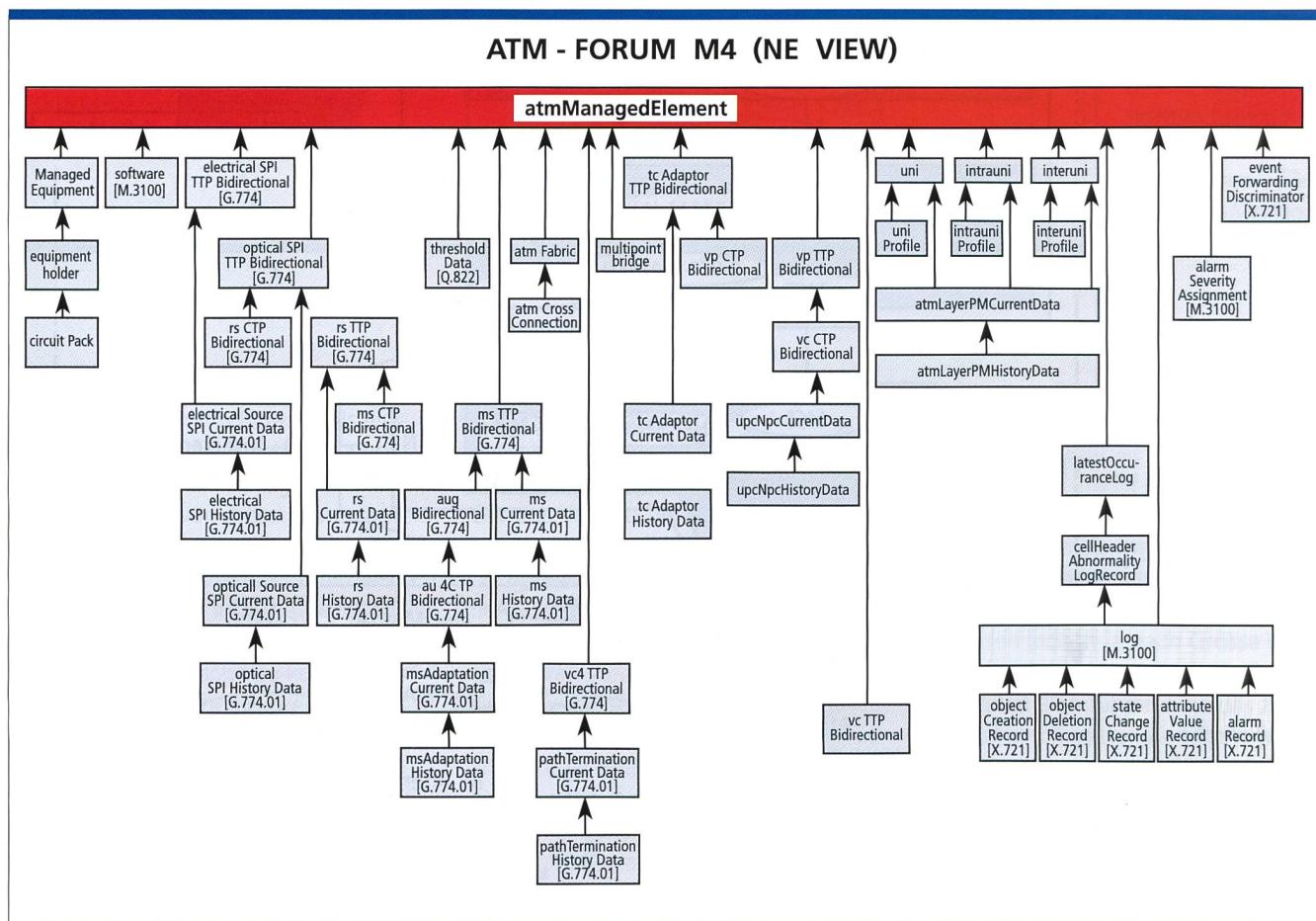


Bild 6. ATM-Forum-M4-Netzelemente mit CMIP (Containment Diagram). Die Bilder 6 und 7 geben das sogenannte «Containment Diagram» wieder. Der Begriff «Containment» zeigt an, welche (Unter-)Objektklassen in welchen (Ober-)Objektklassen enthalten sind (daher der Pfeil nach oben). Daneben existiert jeweils noch ein sogenanntes «Inheritance Diagram», aus dem hervorgeht, welche (Unter-)Objektklassen aus welchen (Ober-)Objektklassen abgeleitet sind. Alle Eigenschaften einer (Ober-)Objektklasse gehen dann auf eine (Unter-)Objektklasse über. Dies gilt selbstverständlich auch für alle instanziierten Objekte in diesen Objektklassen.

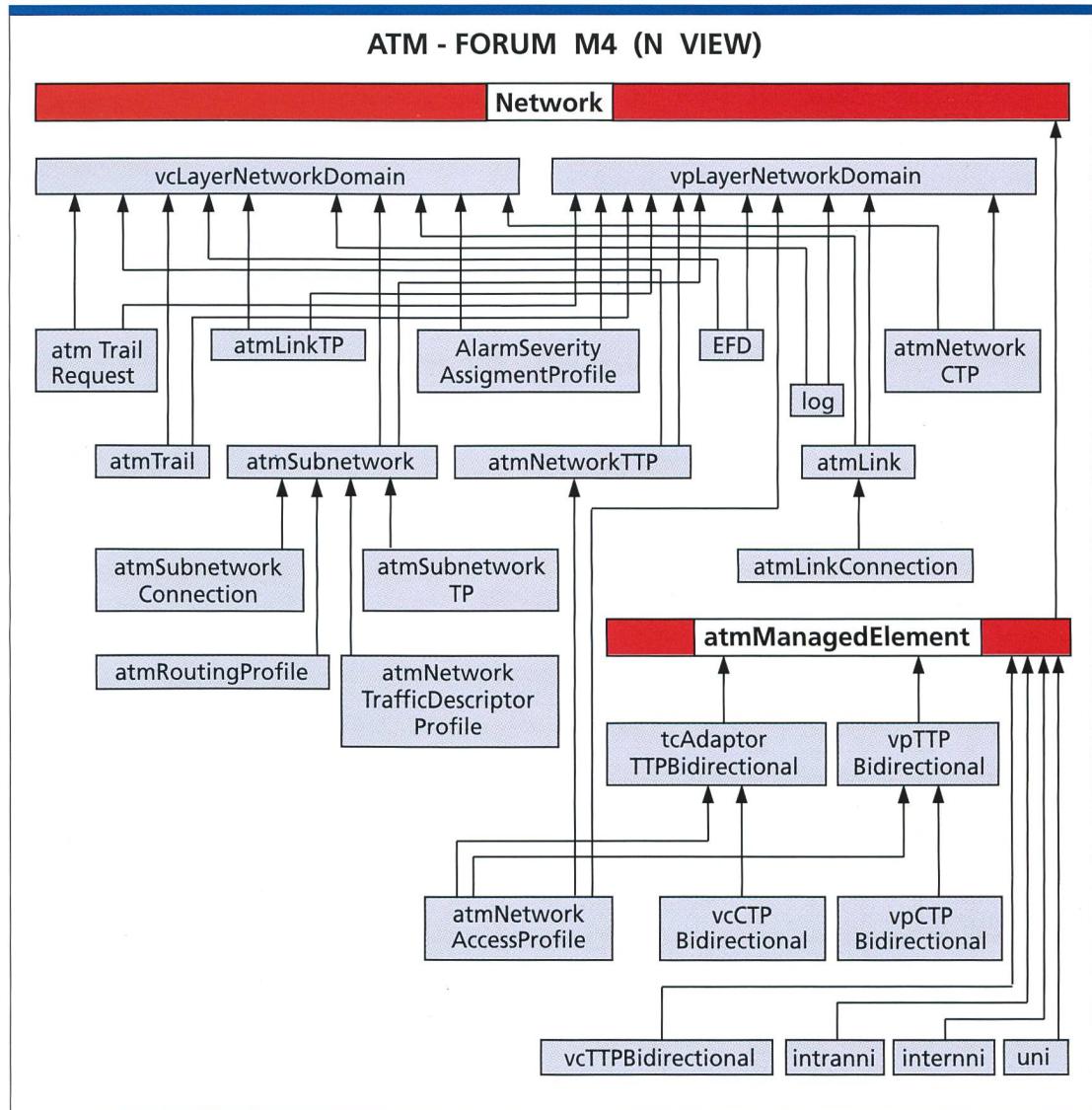


Bild 7. ATM-Forum-M4-Netzsicht mit CMIP (Containment Diagram).

rameter genügen – ganz im Gegensatz zur Vermittlungstechnik, wo sehr umfangreiche Managementoperationen erforderlich sind. So definiert die ITU-T-Studiengruppe 15 in der Empfehlung G.773 für das Management von Übertragungseinrichtungen eine «Q-Protokollsuite», die einer in der Funktionalität reduzierten Q₃-Schnittstelle entspricht und somit einer Q_x-Schnittstelle gleichkommt. Da aber Q_x als eine Art «schlanke Q₃-Schnittstelle» immer noch Q₃ ist, werden Q_x und das damit verbundene MD über kurz oder lang verschwinden. Damit entfällt auch die immer noch vorhandene Verwechslungsgefahr des MD (innerhalb TMN standardisiert) mit dem QA (ausserhalb TMN, proprietär).

Definitionen von Schnittstellen für das ATM-Management

Grundsätzlich definiert man Managementschnittstellen durch

- einen Protokollstack und
- ein der Managementapplikation entsprechendes Informationsmodell.

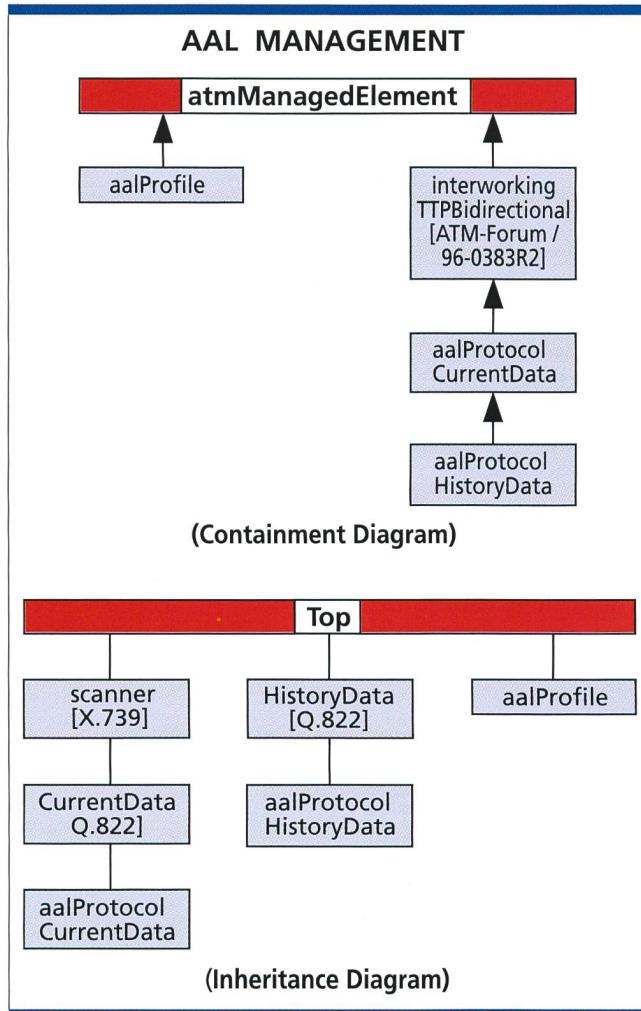
Als Beispiel mag die in öffentlichen Netzen weit verbreitete Q₃-Schnittstelle dienen. Der Protokollstack ist in den ITU-T-Empfehlungen Q.811 (für die unteren drei OSI-Schichten) und Q.812 (für die oberen vier OSI-Schichten) definiert. Beispiele für die entsprechenden Informationsmodelle finden sich in den folgenden ITU-T-Empfehlungen:

- Q.750 bis Q.754 Management von

- SS#7-Signalisiernetzen
- Q.823 Verkehrsmanagement (Traffic Management)
- Q.824 Kundenadministration (Customer Administration).

Vor allem die ITU-T-Empfehlungen Q.823 und Q.824 enthalten grössere Teile aus entsprechenden ETSI-Standards. Weitere Anwendungen folgen (z. Zt. in der Entwicklung).

Die Definition einer Managementschnittstelle lässt sich auch am Bild 5 nachvollziehen, welches sowohl das Managementprotokoll CMIP auf OSI-Schicht 7 (CMIP: Common Management Information Protocol [3] [4]) als auch die darunterliegenden OSI-Schichten 1 bis 6 zeigt.



der Managementschnittstelle liefert, zeigt Bild 6 [5] das entsprechende Informationsmodell für das Management von ATM-Netzelementen an der M4-Schnittstelle, basierend auf der ATM-Forum-Spezifikation «M4 Network Element View». Inzwischen wurde diese Spezifikation des ATM-Forums auch in der SG 15 des ITU-T als Empfehlung I.751 übernommen [6]. Problematisch waren die verschiedenen Definitionen für das Netzabbild, das Gegenstand des Netz- und des Netzelementmanagements ist. Mittlerweile ist man aber auch hier bestrebt, die – dem Netzabbild entsprechend leicht verschiedenen – gemanagten Objekte (Managed Objects) des ATM-Forums und des ITU-T in Übereinstimmung zu bringen oder für eine Übergangszeit zumindest Tabellen zur Abbildung der verschiedenen Begriffsdefinitionen zu liefern.

Darüber hinaus wurde im ATM-Forum das Informationsmodell einer Netzsicht am M4-Interface erarbeitet, die der Managementebene entsprechend weitere Objekte enthält. Diese «M4 Network View» ist in Bild 7 [7] gezeigt. Es ist ersichtlich, dass einige Objekte der Netzelementssicht in der Netzsicht wieder auftauchen (in Bild 7 rechts unten). Damit kann man gemischte Managementsysteme mit beiden oder nur je einer Managementsicht erstellen.

Die M4-Spezifikation für die Netzelementssicht erfährt zurzeit im ATM-Forum zahlreiche Erweiterungen, so etwa in der Definition weiterer Informationsmodelle für das

- AAL-LM (ATM Adaptation Layer Layer Management), Bild 8
- SVC (Switched Virtual Circuit) Call Routing, Bild 9.

Neben der M4-Netzelementssicht mit CMIP entsteht eine eigenständige Version mit SNMP. Das Hauptproblem besteht in der Konversion der Managed Objects aus der CMIP- in die SNMP-Umgebung (SNMP Managed Objects siehe Kapitel «IETF»).

Szenario für ATM Customer Network Management

Im ATM-Bereich ist es durchaus denkbar, dass ein ATM-Kunde

- Schaltwünsche für (semi-)permanente VCC und VPC beim OAMC (Operation and Maintenance Center) anmeldet
- VCC und VPC (innerhalb vom Netzbetreiber vorgegebener Grenzen) eigenständig managen will

Die Managementapplikation greift dabei auf den Manager (im Bild 5 links) zu, dem einer oder mehrere Agents zugeordnet sind (im Bild 5 rechts). Die Agents schliesslich haben Zugang zu den «Managed Objects», die – in Objektklassen strukturiert – ein Informationsmodell bilden.

Wie schon in den Bildern 2 bis 4 gezeigt, werden die «Managed Objects» in einer MIB (Management Information Base) abgelegt. Durch den objektorientierten Ansatz können innerhalb des Informationsmodells sehr praktische Mechanismen zum Zuge kommen, wie etwa die Vererbung von Eigenschaften von einem zum anderen Objekt (Inheritance) oder das Enthalten eines Objekts in einem anderen Objekt (Containment). Statt immer wieder «Managed Objects» mit denselben Grundeigenschaften zu definieren, kann man gewissermassen «Grundobjekte» bilden, denen je nach Anwendung weitere, spezifische Eigenschaften

hinzugefügt werden, was zur Definition weiterer «Managed Objects» führt. Die «Managed Objects» umschreiben also alle Manipulationsmöglichkeiten, die ein Manager über den Zugriff via Agent zur MIB besitzt. Genau deswegen beschreibt ein Informationsmodell die Managementapplikation. Der Zugriff erfolgt über das Managementprotokoll (hier CMIP), dessen PDU (Protocol Data Unit) bei Manager und Agent aufgezählt sind (in Bild 5 um 90° gedreht).

Für den Bereich ATM-Management wird TMN heute überwiegend im ATM-Forum definiert. So verwundert es nicht, dass die meisten Informationsmodelle für das Service-, Netz- und Netzelementmanagement dort erstellt werden. Es kommen sowohl CMIP als auch SNMP zum Einsatz, wobei der Begriff des Informationsmodells bei SNMP eine gänzlich andere Bedeutung hat, allerdings auch mit dem Ziel herstellerneutralen Managements. Während Bild 5 den Protokollstack an

- sein Bandbreitenmanagement selbstständig in die Hand nimmt oder
- Kenngrößen wie Quality of Service (QoS), Netzzustands-, Verfügbarkeits- und Fehlerkennziffern jederzeit abfragen können will.

Der Netzbetreiber wird diesen Kundenwünschen entsprechen können und KundenNetzmanagement (Customer Network Management [CNM]) für ATM anbieten (Bild 10). Dort öffnet der B-ISDN-Betreiber sein Netzmanagement bis zu einem gewissen Grad, damit dessen Gross- oder Geschäftskunden auf Wunsch stets den aktuellen Zustand ihres Teilbereichs abrufen können.

Gerade für Kunden, die eigene, virtuelle Netze, basierend auf den Kapazitäten des Netzbetreibers, betreiben, ist CNM ein attraktiver Zusatzdienst. Dabei spielt natürlich das vom Kunden gewünschte Managementprotokoll wieder eine wichtige Rolle, da es die Nachrichten zwischen Kunde und Netzbetreiber befördert. In der M3-Spezifikation des ATM-Forums [8] kommt an der TMN-X-Schnittstelle SNMP (Simple Network Management Protocol) zur Anwendung. Wegen dessen Beschränkungen im Sicherheitsbereich sollte es allerdings nur im reinen Lesemodus (Read Only) zum Einsatz kommen oder durch Security Tools verbessert werden. Der Kunde managt seine Einrichtungen mit Hilfe eines proprietären Protokolls oder mit SNMP, wobei an einer reinen Q3-Schnittstelle eigentlich der Gebrauch von CMIP vorgesehen ist.

Managementmodell des ATM-Forums

Auch das ATM-Forum – eine private Vereinigung von Systemanbietern und Telecom-Lieferanten sowie ATM-Netzbetreibern – folgt dem Ansatz des ITU-T, für die Definition einer Managementschnittstelle einen Protokollstack (bzw. ein Managementprotokoll) und ein Informationsmodell zu spezifizieren. Dieser Ansatz manifestiert sich im Managementmodell des ATM-Forums, welches das gesamte Management von ATM-Netzen und den darauf aufbauenden Diensten erfasst. Diesem Managementmodell liegt eine Art «Top-Down-Perspektive» zugrunde, wie sie auch das bereits erwähnte TMN verfolgt.

Das ATM-Forum hat insgesamt fünf Managementschnittstellen (Bild 11, basierend auf [5]) definiert:

- M1: Management von ATM-Endgerä-

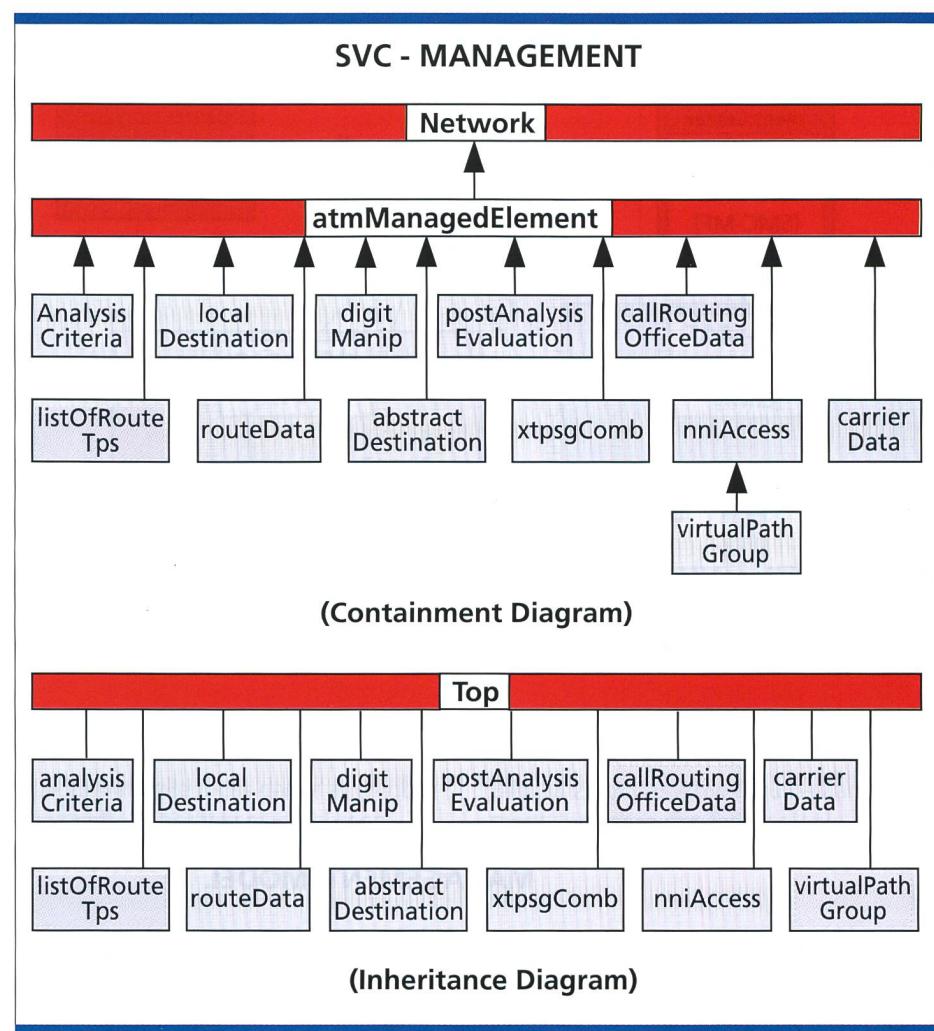


Bild 9. Management des SVC Call Routings (Erweiterung der M4-Netzelementssicht).

Seminar

ATM-Signalisierung und ATM-Management

Für Ingenieure und Techniker, welche für die inner- und die ausserbetriebliche Kommunikation verantwortlich sind, über ihren Einsatz entscheiden und entsprechende Systeme entwickeln, installieren und warten, Ingenieure aus dem Bereich der digitalen Übertragungstechnik, Netzwerkplaner, Netzwerkbetreuer, Systemverwalter

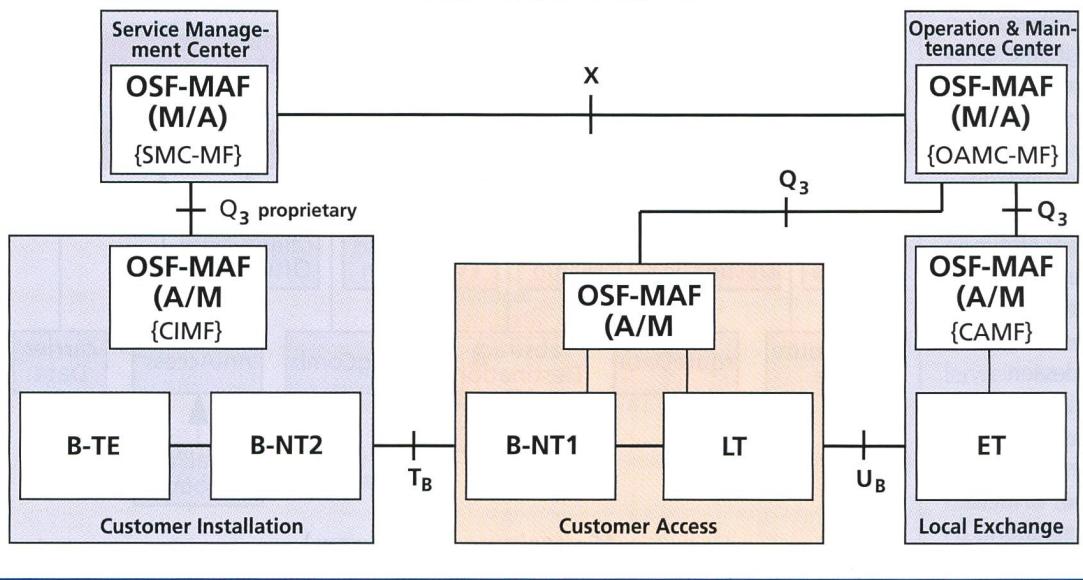
Leitung: Dipl.-Ing. R. Sellin, Berater Generaldirektion Swisscom und freiberuflicher Trainer, Bern

Termin: Montag, 10., und Dienstag, 11. November 1997, 9.00 bis 12.15 und 13.45 bis 17.00 Uhr

Veranstaltungsort: Akademiegebäude, In den Anlagen 5, Ostfildern (Nellingen)

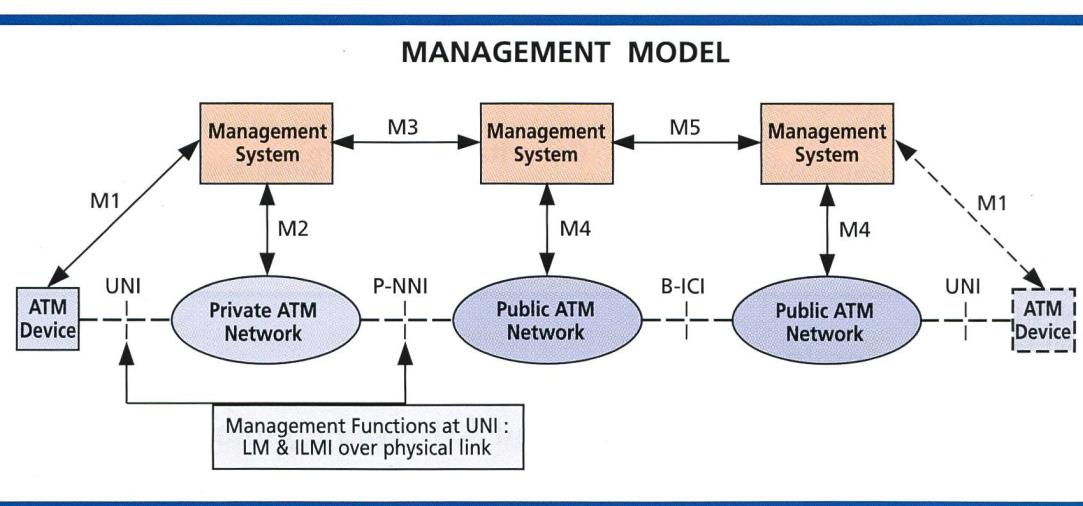
Anmeldung: Technische Akademie Esslingen, Weiterbildungszentrum Postfach 1265, D-73748 Ostfildern
Tel. 0049 711 34008-23, -24, -25
Fax 0049 711 34008-27, -43
Internet: <http://www.tae.de>
E-mail: tae@rz.fht-esslingen.de

CNM - ARCHITEKTUR



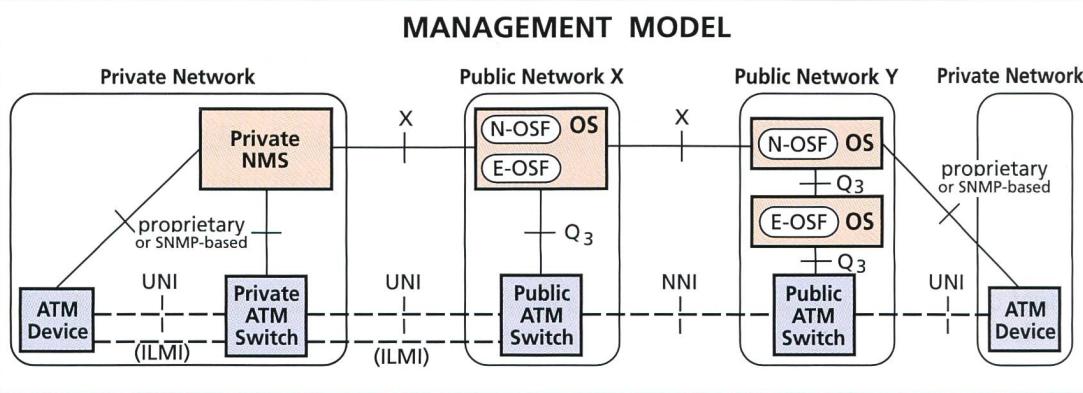
◀ Bild 10. CNM-Architektur für den ATM-Kundenzugriff (basierend auf ITU-T I.610). TMN-Begriffe aus ITU-T M.3010. OSF: Operation System Function, MAF: Management Application Function, M: Manager, A: Agent, CNM: Customer Network Management. TMN-Begriffe aus ITU-T I.610. SMC-MF: Service Management Center Management Function, CIMF: Customer Installation Management Function, OAMC-MF: Operation And Maintenance Center Management Function, CAMF: Customer Access Management Function.

MANAGEMENT MODEL



◀ Bild 11. Managementmodell des ATM-Forums. Network interfaces. UNI: User Network Interface, P-NNI: Private-public Network Interface, B-ICI: Broadband Inter Carrier Interface, ILMI: Interim Local Management Interface. Management Interfaces. M1: Management of ATM end devices, M2: Management of private ATM networks or switches, M3: Management links between public and private networks, M4: Management of public ATM networks, M5: Management links between two public networks, ILMI: Interim local management interface, LM: Layer management.

MANAGEMENT MODEL



◀ Bild 12. Managementmodell des ATM-Forums mit TMN-Termen des ITU-T.

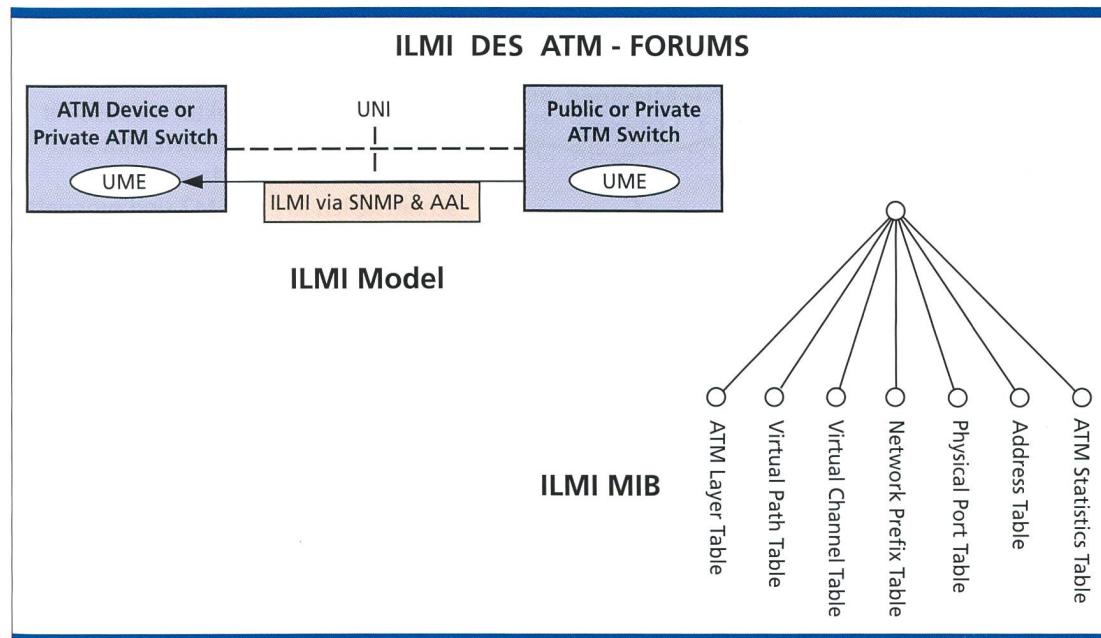


Bild 13. ILMI (Interim Local Management Interface) des ATM-Forums.

ten in einer privaten Systemumgebung

- M2: Management von privaten ATM-Netzen oder privaten ATM-Switches
- M3: Managementverbindung zwischen privaten und öffentlichen ATM-Netzen
- M4: Management von öffentlichen ATM-Netzen
- M5: Managementverbindung zwischen zwei öffentlichen ATM-Netzen.

Für die M3-Schnittstelle existiert heute nur eine auf SNMP basierende Spezifikation [8]. Für die Schnittstelle M4 wird bei den Managementprotokollen neben Spezifikationen für die Anwendung von CMIP (Common Management Information Protocol) [9] auch solche für SNMP (Simple Network Management Protocol) [10] erstellt, was einen weiteren Schritt in Richtung Harmonisierung dieser beiden, bisher oft getrennten Managementwelten bedeutet. Passende Informationsmodelle für diese Protokolle ergänzen deren Spezifikationen.

Es sei noch angemerkt, dass sich die M5-Netzsicht nur unwesentlich von der M4-Sicht unterscheidet und daher beide Sichten in [7] definiert werden. Es liegt auf der Hand, dass die M5-Sicht eine Teilmenge der M4-Netzsicht darstellt, da ein ATM-Netzbetreiber an der M4-Schnittstelle wesentlich mehr Informationen zum Netzmanagement benötigt als sein Partner an der M5-Schnittstelle. Der Zugriff auf die Managementinformationen im Managementsystem eines öffentlichen ATM-Netzbetreibers über die

M5-Schnittstelle muss daher auch über geeignete Sicherheitsmaßnahmen geregelt sein.

Bild 12 zeigt das ATM-Forum-Management-Modell in der Terminologie des ITU-T, welches sich gemäss seiner Aus-

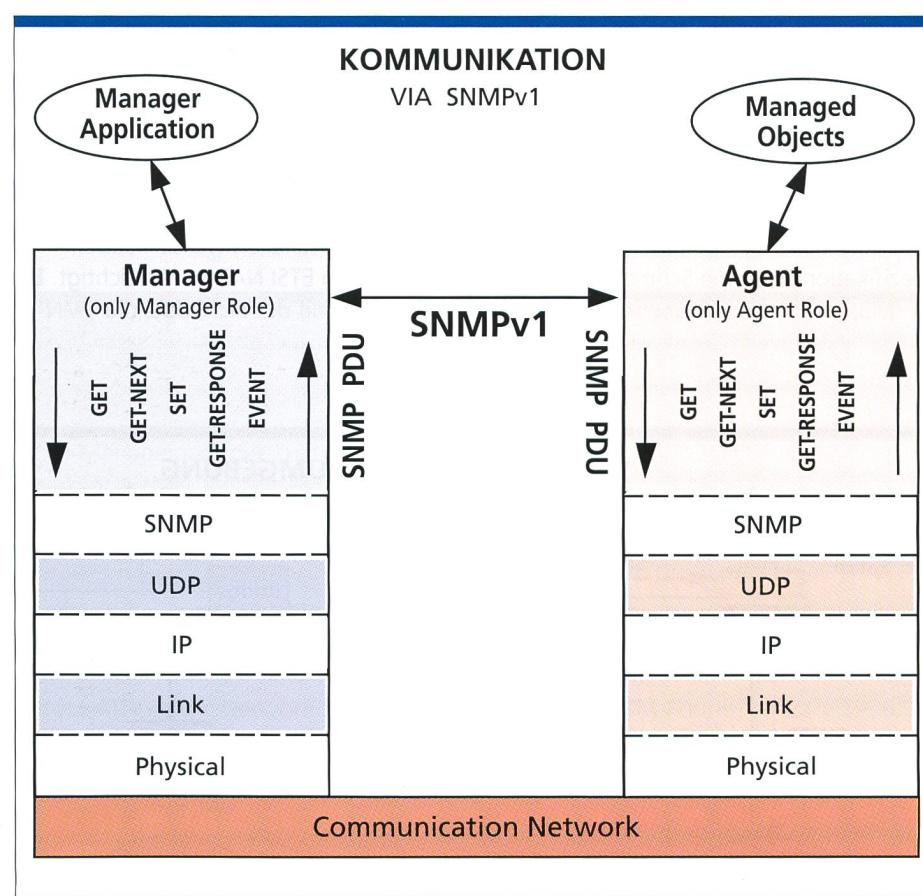


Bild 14. Kommunikation zwischen Manager und Agent via SNMPv1. SNMP: Simple Network Management Protocol, PDU: Protocol Data Unit, UDP: User Datagram Protocol, IP: Internet Protocol.

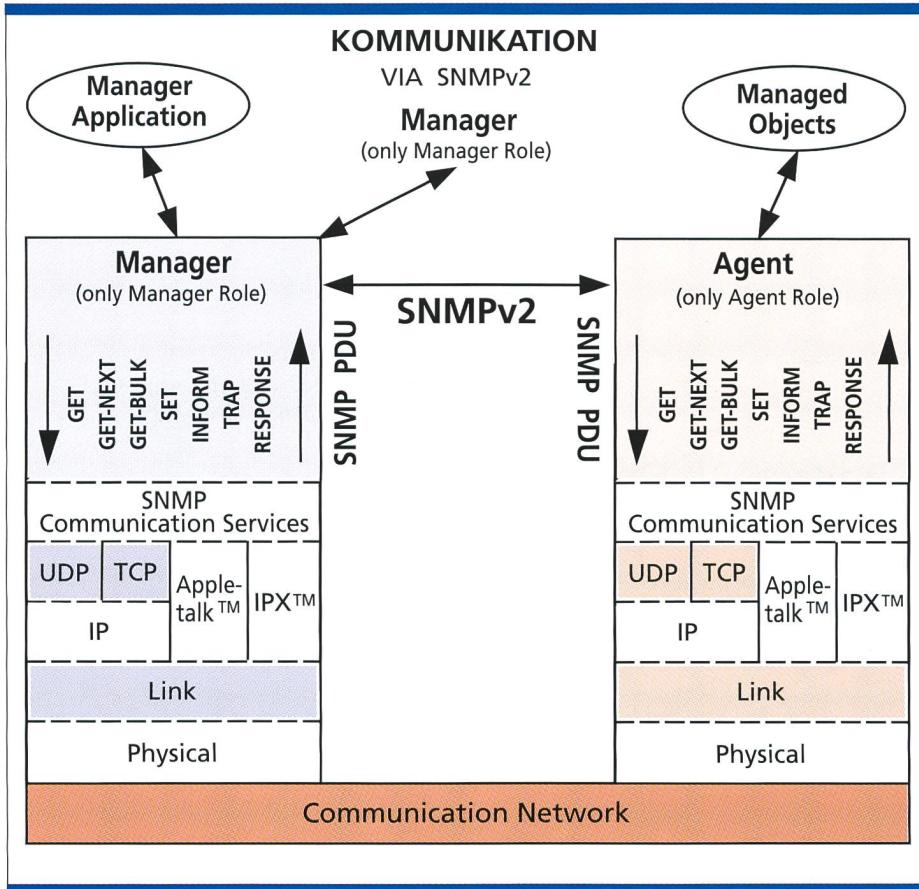


Bild 15. Kommunikation zwischen Manager und Agent via SNMPv2.

richtung (Kommunikation in öffentlichen oder in Weitverkehrsnetzen) auf die Managementschnittstellen M3, M4 und M5 beschränkt. Als europäischer Beitrag zur Spezifikation seien die Schnittstellen Xuser (M3) und Xcoop (M5) erwähnt, wel-

che allerdings bisher nicht in kommerziell lieferbaren Managementlösungen zu finden sind. Für die Definition der M4- und der M5-Schnittstellen wurden zudem Beiträge vom ETSI NA5 berücksichtigt. Es zeigt sich somit deutlich, dass die TMN-

Architektur und das Managementmodell des ATM-Forums keine Gegensätze bilden, sondern dass das ATM-Forum vielmehr die TMN-Architektur als Basis für ihr ATM-Management anerkannt und ausgewählt hat. Die Managementschnittstellen M1 und M2 sind proprietärer Natur oder bestenfalls SNMP-basiert, was zum einen die Rolle von SNMP als De-facto-Standard erneut unter Beweis stellt, zum anderen aber die geringe Verbreitung von CMIP in privaten Netzen zeigt. Zudem sind die heute vorhandenen Definitionen für M1 und M2 sehr schwach ausgeprägt, was zum einen an deren proprietärer Natur liegt, zum anderen am geringen Interesse der Lieferanten, diesen Bereich einer Standardisierung zu unterziehen.

Zusätzlich wurde das «Interim (or Integrated) Local Management Interface» (ILMI) spezifiziert, welches Managementfunktionen am User Network Interface (UNI) bzw. am (P-NNI) Private Network Node Interface über die physikalische ATM-Verbindung realisiert. Dazu werden SNMP-Nachrichten zwischen User Management Entities (UME) über die AAL-Type 5 durch eine Art Protokolleinkapselung (SNMP in ATM-Zellen) befördert, was als Zwischenlösung angesehen wird (daher auch der Name «ILMI»). Über das ILMI laufen vorwiegend das Konfigurations- und das Fehlermanagement von ATM-Schnittstellen, was ein Management zweier verschiedener ATM-Geräte ermöglicht, welche auf physikalischer Ebene ohnehin miteinander verbunden sind.

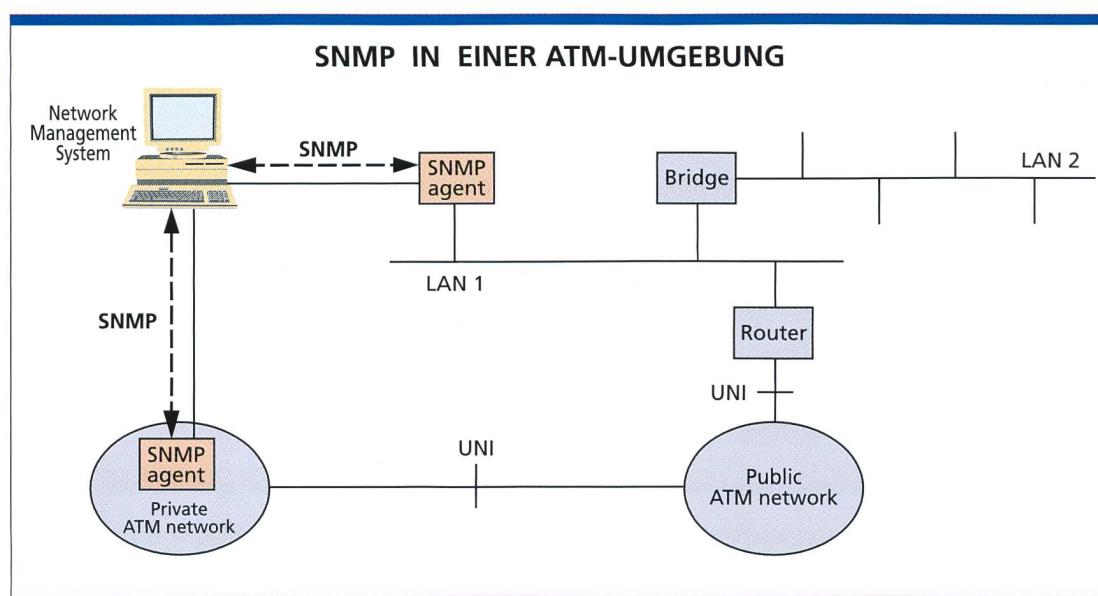


Bild 16. SNMP in einer ATM-Umgebung.
 SNMP: Simple Network Management Protocol,
 PDU: Protocol Data Unit, UDP: User Datagram Protocol, TCP: Transport Control Protocol, IP: Internet Protocol, IPX: Schicht-3-Protokoll, Produkt der Firma Novell, Appletalk: Schicht-3-Protokoll, Produkt der Firma Apple.

MIBS DER IETF FÜR ATM

MIB: MANAGEMENT INFORMATION BASE
 IETF: INTERNET ENGINEERING TASK FORCE
 RFC: REQUEST FOR CONNECT

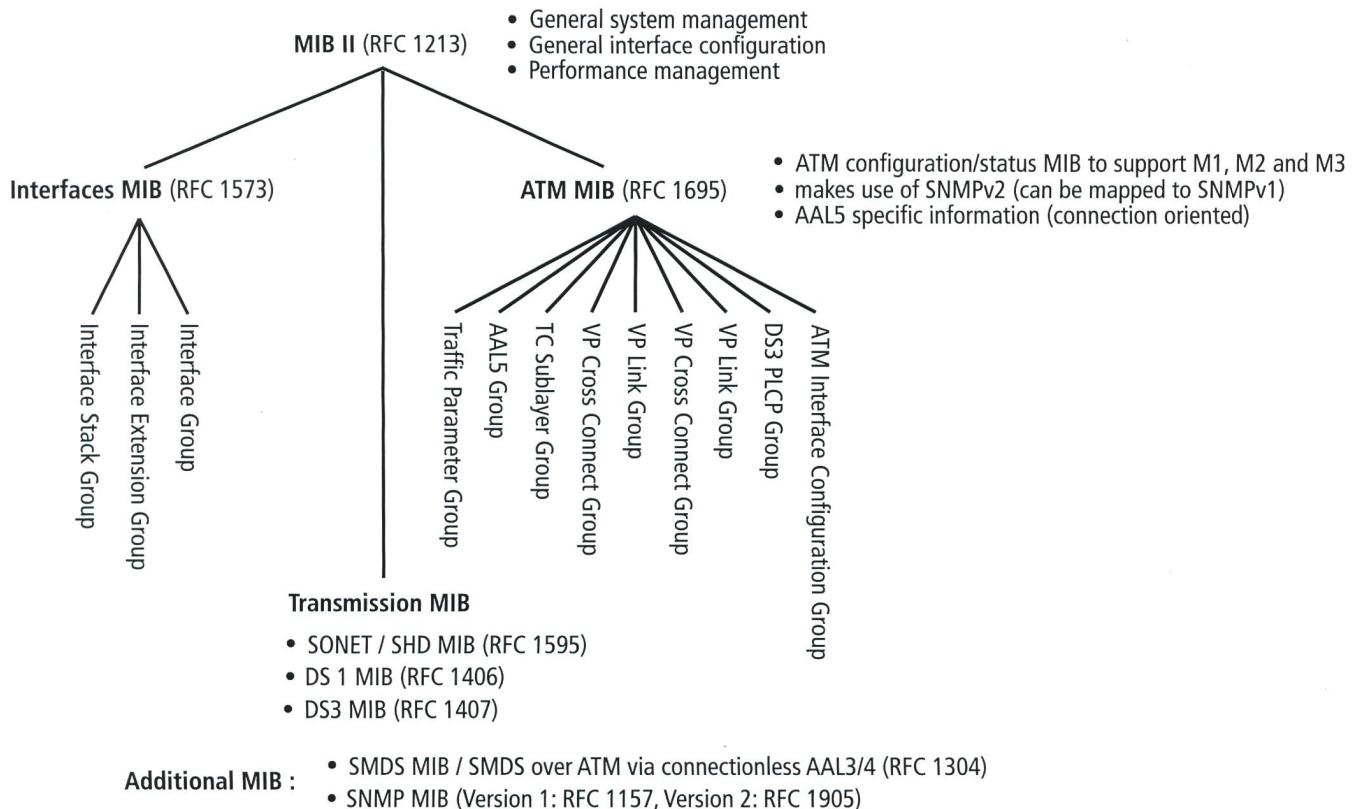


Bild 17. Internet Engineering Task Force (IETF) Management Information Bases (MIB) für ATM.

Literatur

1. R. Sellin, TMN – Die Basis für das Telekom-Management der Zukunft, R. v. Decker, Heidelberg, ISBN 3-7685-4294-7.
- 2 ITU-T Recommendation M.3010, Principles for a TMN, Genf 1996.
- 3 ITU-T Recommendation X.710, Common Management Information Service Element (CMISE), Genf 1993.
- 4 ITU-T Recommendation X.711, Common Management Information Protocol (CMIP), Genf 1993.
- 5 M4 Interface Requirements and Logical MIB: ATM Network Element View 2.0, ATM-Forum, Oktober 1996.
- 6 ITU-T Draft Recommendation I.751, Asynchronous Transfer Mode (ATM): Management of the Network Element View, Genf 1996.
- 7 M4 Interface Requirements and Logical MIB: ATM Network view 1.0, ATM-Forum, August 1996.
- 8 Customer Network Management (CNM) for ATM Public Network Service (M3 specification), ATM-Forum, January 1996.
- 9 CMIP Specification for the M4 Interface, ATM-Forum, September 1995.
- 10 Definition of Managed Objects (SNMP) for the M4 Interface Network Element View, contribution to NM SWG, ATM-Forum, February 1997.
- 11 RFC1157, Simple Network Management Protocol (SNMP), Internet Engineering Task Force (IETF), May 1990.
- 12 RFC1901–1908, Simple Network Management Protocol Version 2 (SNMPv2), Internet Engineering Task Force (IETF), 1993–1996.
- 13 Definition of Managed Objects (SNMP) for the M4 Interface: ATM Network Element view, ATM Forum, Februar 1997.

In Bild 13 wird der Begriff ILMI (Funktion und ILMI MIB) noch einmal näher betrachtet und veranschaulicht. Eine UME ist dabei eine Managementinstanz in einem ATM-Endgerät oder in einem privaten bzw. öffentlichen ATM-Switch, welche mit einer UME-Partner-Instanz zu Managementzwecken kommuniziert. Es sind dabei folgende UME-Paarbildungen denkbar:

- ATM-Endgerät zu privatem ATM-Switch
- ATM-Endgerät zu öffentlichem ATM-Switch
- privater ATM-Switch zu öffentlichem ATM-Switch.

Internet Engineering Task Force (IETF)

Die Internet Engineering Task Force (IETF), gebildet vom Internet Activities Board (IAB), spielt im Bereich ATM noch keine beherrschende Rolle. Die Aktivitäten beschränken sich zurzeit im wesentlichen auf die Gebiete

- IP (Internet Protocol) over ATM (Protokollkapselung von IP in ATM-Zellen über die AAL5, so dass ATM als Backbone-Netz für das Internet fungiert)
- SNMP (Simple Network Management Protocol), wobei es hier vor allem um eine funktionale Ausdehnung der ATM-MIB zum lokalen Management von ATM-Equipment geht.

Es existieren zwei Versionen von SNMP: Version 2 (Kommunikation Bild 15) wartet immer noch auf den breiten Durchbruch, was nicht zuletzt auf dem im Vergleich zu Version 1 (Kommunikation Bild 14) verzehnfachen Spezifikationsumfang sowie auf den immer noch vorhandenen Sicherheitsmängeln beruht. Kritische Stimmen verweisen zudem darauf, dass sich Version 2 von der Ausrichtung von Version 1 zu weit entfernt habe («simple and cheap», daher auch *Simple Network Management Protocol*). SNMP Version 1 (kurz «SNMPv1») hingegen ist nach wie vor bei den Systementwicklern populär und wird von zahlreichen Herstellern unterstützt. SNMPv1 ist in [11] und SNMPv2 in [12] definiert.

In den Bildern 14 und 15 (SNMPv1 und v2) werden ähnliche Begriffe gebraucht wie in Bild 5 (CMIP), die allerdings in der SNMP-Welt gänzlich anders interpretiert werden. «Objekte» wie in einer CMIP-basierten MIB sind hier de facto Werte in einer Tabelle, die über SNMP abgefragt und verändert werden können (siehe

Das Buch zum Thema

Dipl. Ing. Rüdiger Sellin

ATM & ATM-Management

Die Basis für das B-ISDN der Zukunft

- LAN-Kopplung über ATM-WAN.
- 8.1997, 340 S., kartoniert, ISBN 3-8007-2212-7

Aufgrund des immer noch zunehmenden Verkehrs bei gleichzeitig wachsendem Bandbreitenbedarf geraten die heutigen Tele- und Datenkommunikationsnetze schnell an ihre Grenzen. Die fortschreitende Liberalisierung der Telekommunikation in Europa sorgt für neue Dienstideen, deren Anforderungen heutige Kommunikationsnetze nur schwer erfüllen können. Bereits bei der Einführung des N-ISDN war klar, dass dessen Nachfolger – das B-ISDN – auch die wachsenden Anforderungen aus dem Daten- und Videokommunikationsbereich abdecken muss.

Die Neuerscheinung beschreibt die Anwendung der ATM-Technik als Basis für B-ISDN-Netze sowie zur LAN-Kopplung über ATM-WAN. Geraade diese Technik erfährt zurzeit auf breiter Ebene eine sehr hohe Akzeptanz. Ziel der Publikation ist es, einen gut verständlichen Überblick über die weltweiten Aktivitäten zur ATM-Definition zu geben. Eingeschlossen sind detaillierte Betrachtungen zum ATM-Management sowie ein Überblick zur Signalisierung im B-ISDN.

Dem Autor geht es nicht um die Darstellung aller Details, sondern um eine stufenweise Erarbeitung des Themas ATM und ATM-Management, in dessen Verlauf auch wichtige Grundlagen zum besseren Verständnis der Problematik einfließen. Durch diesen stufenweisen Aufbau ist das Buch für den Einsteiger gleichermaßen geeignet wie für den Telecom- und Datacom-Kenner, der sich mit der neuen Technik auseinander setzen will. Eine «Roadmap» zu Beginn sowie ein ausführliches Glossar und ein Stichwortverzeichnis am Ende des Buches erleichtern die Handhabung und den Gebrauch des Buches als Nachschlagewerk.

auch Bild 18). Diese Tatsache erschwert das Interworking zwischen der CMIP- und der SNMP-Welt bisweilen stark, da die streng objektorientierte Auslegung von CMIP mit einer überwiegend funktionalen und nur sehr bedingt objektorientierten Auslegung von SNMP kollidiert. Bild 16 zeigt einen typischen Anwendungsfall von SNMPv1 in einer LAN-Umgebung (rechter, oberer Teil), welche über einen Router und ein User Network Interface (UNI) in eine öffentliche ATM-Netzumgebung eingebunden ist. In der LAN-Umgebung werden über SNMP vorwiegend Bridges und Router verschiedener Hersteller gemanaged. Eigentlich ist SNMPv1 lediglich in der Lage, einzelne Werte in einer Tabelle mit Hilfe eines einfachen Polling-Mechanismus abzufragen und zu verändern. Bei grösseren Tabellen kann dies eine zeitraubende Übung darstellen, nicht zuletzt wegen der verbindungslosen Kommunikation über das Internet-Protokoll (IP). Wegen IP kann der Netzmanager auch nie ganz auschliessen, dass SNMP-PDUs verlorengehen, seine Befehle über SNMPv1 also gar nicht beim Agent ankommen. Mit SNMPv2 wäre es neben dem Gebrauch verbindungsorientierter Protokolle zusätzlich auch möglich, ganze Tabellen mit der GET-BULK PDU abzufragen. Damit könnte SNMP auch ATM-Netzelemente in einem privaten ATM-Netz managen (Bild 16, linker, unterer Teil). In beiden Fällen geschieht dies über einen SNMP-Agenten, welcher Bestandteil eines Netzelements (entweder wie bisher in einem LAN oder aber in einem ATM-Netz) und dazu der Partner des Managementsystems ist, das den SNMP-Manager enthält.

Bild 17 schliesst die Betrachtungen zur Rolle der Internet Engineering Task Force (IETF) im ATM-Bereich ab und zeigt eine Auswahl der wichtigsten MIB (Management Information Base) der IETF. Es sei angemerkt, dass in der IETF MIB nicht selten auch herstellerspezifische «Objekte» anzutreffen sind. Dies kollidiert einerseits zwar mit dem Wunsch des ATM-Netzbetreibers nach einem herstellerneutralen Netzmanagement. Anderseits erleichtert es die Einbindung verschiedener Hersteller in ein übergreifendes ATM-LAN-Management, solange sich die Systemlieferanten an die MIB-Definition halten und darüber hinaus SNMP (meist Version 1) unterstützen. Gemäss den Ausführungen in diesem Kapitel verwundert es nicht, wenn die ATM MIB

- ATM NE High-Level Objects
- Interfaces: Physical Path Termination Point Table
- TC Adaptor Table
- ATM Cell Layer Interface Table
- VPL Termination Point Table Extensions
- VCL Termination Point Table Extensions
- VP Cross-Connect Table Extensions
- VC Cross-Connect Table Extensions
- VP 'next VPI' Table
- VC 'next VCI' Table
- ATM Cell Protocol Monitoring Current Data Table
- ATM Cell Protocol Monitoring History Data Table
- ATM Cell Protocol Monitoring Error Log Table
- TC Adaptor Protocol Monitoring Current Data Table
- TC Adaptor Protocol Monitoring History Data Table
- VPL UPC/NPC Disagreement Monitoring Current Data Table
- VPL UPC/NPC Disagreement Monitoring History Data Table
- VCL UPC/NPC Disagreement Monitoring Current Data Table
- VCL UPC/NPC Disagreement Monitoring History Data Table
- OAM Loopback Test Definitions
- VPL/VPC Termination Point Test Table
- VCL/VCC Termination Point Test Table
- Hardware Unit Table
- Equipment Table Extension
- Equipment Holder Table Extension
- Plug-In Unit Table Extension
- Hardware Unit Relationship Table
- Hardware Unit/Running Software Relationship Table
- Hardware Unit/Installed Software Relationship Table
- Alarm Forwarding Discriminator Table
- Trap Log Table
- Trap Log Entry Table
- Alarm Trap Log Entry Table Extension
- Notifications (traps)
- Conformance statements

Bild 18. MIB-Modul der M4-Netzelemente mit SNMP.

Summary

The significance of management protocols and information models from ITU-T, ATM Forum and IETF for ATM management

In the field of ATM (Asynchronous Transfer Mode) management the following two management architectures have established themselves over the past two years and have become significant in the ATM environment: the TMN architecture of the ITU-T (Telecommunications Management Network) and the management model of the ATM Forum. Whereas the TMN architecture is more akin to a universal architecture that defines network management principles for network and service management, the management model of the ATM Forum implements these principles into a concrete ATM management concept. For this reason there are no contradictions between these two management architectures; they rather complement each other.

An increasing influence is also exercised by the Internet Engineering Task Force (IETF), which in the management area has received particular attention through its definition of the popular SNMP (Simple Network Management Protocol). The matching MIBs (Management Information Bases) are partially created by the ATM Forum and partially by the IETF itself; however, terms such as 'MIB' and 'Information Model' have a different connotation than in a TMN environment, which concentrates more on CMIP (Common Management Information Protocol).

The utilization of both protocols and the creation of matching MIBs in the ATM Forum allows the creation of flexible concepts, depending on the desired management application. Consequently, CMIP and SNMP are not mutually exclusive, they rather complement each other, depending on the size of the ATM network and the requirements to be satisfied by the corresponding ATM management.

(RFC 1695) eher die M1-, M2- und M3-Schnittstellen des ATM-Forums unterstützen und der Anwender – statt SNMPv1 zu gebrauchen – auch auf SNMPv1 ausweichen kann.

Die in Bild 6 dargestellte Netzelementsicht mit CMIP am M4-Interface wird zurzeit im ATM-Forum auch für das Managementprotokoll SNMP erstellt. Dazu müssen alle «echten» Managed Objects aus der CMIP-NE-Sicht (objektorientierter Ansatz) in die SNMP-NE-Sicht (kein objektorientierter Ansatz) umgeschrieben werden. Dies ist problematisch, da die MIB II aus Bild 18 teilweise veraltete oder sogar zu wenige «Objekte» beinhaltet, weshalb Ergänzungen unumgänglich waren. Bild 18 zeigt eine Übersicht über die «Objekte» (dies sind manipulierbare Werte in einer Tabelle) innerhalb der M4-Netzelemente.

9.4



Dipl. Ing. Rüdiger Sellin

ist seit 1992 am Hauptsitz der Swisscom in Bern als Berater sowie freiberuflich als Trainer tätig. Er berät verschiedene Kunden (u. a. auch in Projekten der Unisource-Allianz) in den Gebieten ATM-Management, Switch-Management und Customer Network Management. Vor seiner Tätigkeit war Rüdiger Sellin in der Privatindustrie als Product Manager für Network Support Systems im Marketing sowie als Systems Engineer für OSI-Applikationen in der Entwicklung tätig.

E-Mail: ruediger.sellin@swisscom.com

**Wer mit uns
Lösungen für
öffentliche
Verwaltungen
realisiert,
setzt den Amts-
schimmel in
Galopp.**



SOHARD AG

Software/Hardware Engineering
Gaggenfeldweg 18, CH-3000 Bern 32
Tel. 031 33 99 888, Fax 031 33 99 800
E-Mail: sohard@sohard.ch