



Medien und digitale Netze

Dieter Hoff

Westdeutscher Rundfunk
Köln

Die medienspezifischen Bedingungen im Rundfunkbereich stellen besondere Anforderungen an die hier genutzten Kommunikationsnetze. Der Rundfunk benötigt spezielle Medienetze, mit einem Anforderungsprofil, das in wesentlichen Punkten von den Spezifikationen der IT-Netze abweicht. IT-Netze können daher nur sehr eingeschränkt durch Rundfunkdienste genutzt werden. Aus diesem Grund sehen die Rundfunkanstalten keine Alternativen zum Aufbau eigener Medienetze.

Abhängig von den spezifischen Anwendungsgebieten benötigen die Rundfunkanstalten speziell zugeschnittene Netze, die im Folgenden beschrieben werden:

1 Begriffsbestimmung: Mediennetz



Bei der Herstellung und Ausstrahlung von Fernseh- und Hörfunkprogrammen spielen Übertragungsleitungen und Übertragungsnetze eine entscheidende Rolle. Dabei unterscheidet man grundsätzlich zwischen der Programmkontribution und der Programmdistribution. Die Kontribution bezeichnet den Abschnitt, der die eigentliche Programmerstellung betrifft. Die Programmdistribution bezeichnet den Netzabschnitt vom Studioausgang bis zum Fernseh- oder Radiogerät des Teilnehmers. An beide Abschnitte werden äußerst unterschiedlich technische Anforderungen gestellt.



Die Herstellung von Nachrichtensendungen stellt hohe Anforderungen an die Aktualität und Bildqualität und erfordert Mindestbandbreiten für die eingesetzten Kontributionsnetze. Die Bildqualität muss so hoch gewählt werden, dass eine Nachbearbeitung und Archivierung der überspielten Beiträge möglich ist. Dies setzt der verlustbehafteten Komprimierung (Quellenkodierung) von digitalem Programmmaterial im Kontributionsbereich enge Grenzen. Diese Grenzen resultieren vor allem aus der mehrfachen Hintereinanderschaltung von verlustbehafteten Formatwandlungen oder (unterschiedlicher) Quellenkodierverfahren, die durch die Zusammenschaltung unterschiedlich ausgestatteter Produktionsstudios sowie das wiederholte Durchlaufen eines Bearbeitungsschritts entstehen. Während der erste Fall mit fortschreitender Modernisierung und Harmonisierung der Produktionsformate in den Griff zu bekommen ist, bleibt der zweite letztlich nur dadurch kontrollierbar, dass die verlustbehafteten Prozesse in der Kontribution so gering wie vertretbar gehalten werden, da nicht vorhersehbar ist, wie oft ein Beitrag die Bearbeitungskette bis zur Ausstrahlung durchläuft. Die Bearbeitungskette schließt auch die Archivierung mit ein, da Beiträge oftmals in unterschiedlichen Sendungen wieder verwendet werden. Im Westdeutschen Rundfunk wurde daher grundsätzlich entschieden, im Bereich der digitalen Programmproduktion MPEG2 bei einer Bitrate von 50 Mbit/s als Produktionsformat für Bildmaterial zu wählen.





Insbesondere bei der ARD wird aufgrund ihrer dezentralen Struktur ein leistungsfähiges Kontributionsnetz benötigt. Herausragende Beispiele sind hier die Sendungen von ARD-Aktuell, die Tagesschau und die Tagesthemen. Diese Sendungen werden federführend vom NDR in Hamburg produziert, dennoch tragen alle ARD-Anstalten inhaltlich zu den Sendungen bei. Die in den Rundfunkanstalten, beispielsweise dem WDR, produzierten Beiträge für die Tagesschau werden oftmals kurz oder sogar während der Sendung zum NDR überspielt oder auch live in die Tagesschau ausgespielt.

Neben der Bildqualität ist für Übertragungssysteme und Übertragungsstrecken im Produktionsbereich die Signallaufzeit oder Latenz ein entscheidender Qualitätsmaßstab, sofern es um Live-Berichterstattungen oder Live-Interviews geht. In einer Interview-Situation machen sich Laufzeiten oberhalb einer halben Sekunde bereits störend bemerkbar. Im Fall von Berichten oder Interviews aus Krisengebieten, Katastrophenstandorten oder Entsprechendem sind Satellitenverbindungen mit Laufzeiten um eine halbe Sekunde und mehr unverzichtbar und werden vom Zuschauer akzeptiert. Für Schaltungen zwischen den ARD-Rundfunkanstalten, wie sie beispielsweise in der Tagesschau oder den Tagesthemen vorkommen, sind solche langen Laufzeiten hingegen unerwünscht und müssen vermieden werden.

Die fertig produzierten Sendungen werden entweder vom Band oder live aus dem Studio durch die Senderabwicklung zu einem kontinuierlichen Programmstrom zusammengefügt und der Programmdistribution zur Ausstrahlung übergeben. Auch für den Prozess der Programmverbreitung werden zahlreiche Übertragungssysteme oder Übertragungsstrecken für die Zuführung der Programme zu den Senderstandorten oder Uplink-Standorten im Falle der Satellitenausstrahlung eingesetzt. Auch an das Distributionsnetz werden spezifische Anforderungen gestellt, die sich allerdings grundsätzlich von denen an das Kontributionsnetz unterscheiden. Im Distributionsnetz spielt die Bildqualität eine untergeordnete Rolle, da eine statische Übertragungskette gegeben ist und keine Bearbeitung mehr erfolgt. Die Übertragungsbandbreite in der Distribution muss lediglich sicherstellen, dass die Qualität der Ausstrahlung nicht durch die Zuführungsleitungen zu den Senderstandorten limitiert wird. Allerdings müssen die Zuführungsstrecken höchstverfügbar sein, da sich Ausfälle in diesem Netzabschnitt unmittelbar auf das ausgestrahlte Programm auswirken.

2 Anforderungsprofil Kontributions- bzw. Distributionsnetz

An die technische Qualität von Kontributions- und Distributionsnetz werden jeweils spezifische Anforderungen gestellt. Um ein qualitatives Anforderungsprofil zu formulieren, ist es nützlich, die Anforderungen an das Kontributionsnetz nach Live- und Nicht-Live-Übertragungen differenziert zu betrachten. Betrachtet man zunächst die Anforderungskategorie „Bildqualität“, so werden an diese sowohl für die Nicht-Live- als auch für die Live-Kontribution höchste Anforderungen gestellt, wobei bei der Live-Kontribution leichte Abstriche hinsichtlich der Bildqualität möglich sind, da in diesem Fall keine oder nur geringfügige Nachbearbeitung des Bildsignals möglich ist. Die Anforderung an die Bildqualität im Distributionsbereich ist hingegen vergleichsweise untergeordnet. Für die Distribution ist es ausreichend zu gewährleisten, dass die Bildqualität oberhalb der Ausstrahlungsqualität



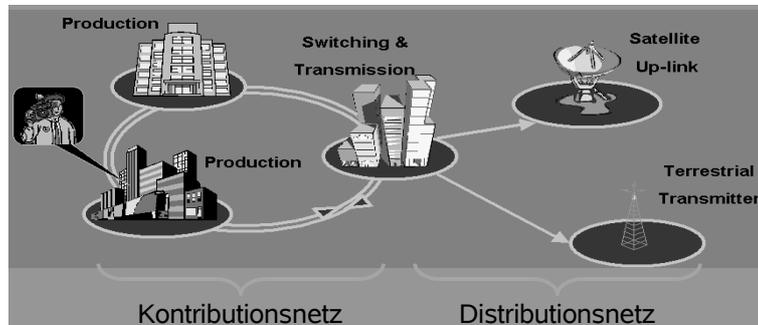


Abbildung 1: Ein Mediennetz umfasst die Netzabschnitte „Kontribution“ und „Distribution“

liegt. Weitergehende Anforderungen an die Bildqualität sind im Distributionsbereich nicht zu stellen.

Wendet man sich der nächsten Anforderungskategorie der „Verfügbarkeit“ zu, so müssen hier Live-Kontributionen als auch Distribution höchsten Anforderungen genügen, da sich Ausfälle bei der Live-Übertragung im Kontributionsnetz und im Distributionsnetz gleichermaßen unmittelbar als Programmausfall beim Zuschauer bemerkbar machen. Für die Nicht-Live-Kontribution sind bei dieser Kategorie geringere Verfügbarkeiten tolerierbar, da Ausfälle während der Überspielung, beispielsweise von Kassette auf Kassette, durch wiederholtes Überspielen „repariert“ werden können, wenn die Aktualität dem nicht entgegen steht.

Die Kategorie Echtzeitfähigkeit ist äußerst relevant für die Live-Kontribution, da bei Interviewsituationen, wie oben bereits erwähnt, nur äußerst kurze Laufzeiten tolerierbar sind. Auch für das Distributionsnetz ist diese Anforderungskategorie von großer Bedeutung, wobei hier größere Latenzzeiten tolerierbar sind, da es keine zeitkritische Interaktion der Zuschauer mit dem Studio gibt. Für die Nicht-Live-Kontribution ist diese Anforderungskategorie nicht kritisch.

Ein weiteres Gütekriterium für Übertragungsstrecken ist die „Signaltransparenz“. Einer Übertragungsstrecke soll im Idealfall keine Signalprozessierung, wie beispielsweise Formatwandlung oder Datenreduzierung, inhärent sein, da dies bei mehrfachem Durchlaufen des Signalprozesses zu unerwünschten Kaskadierungseffekten, welche die Bildqualität erheblich beeinträchtigen können, führt. Die Transparenz einer Übertragungsstrecke ist insbesondere im Kontributionsbereich eine bedeutende Anforderung, da dort möglichst uneingeschränkte Bearbeitungsmöglichkeiten gegeben sein müssen. Für die Live-Kontribution ist diese Kategorie deutlich weniger bedeutend, da das Live-Material nur äußerst eingeschränkt nachbearbeitet werden kann. Für die Distribution ist die Transparenz nicht von entscheidender Bedeutung, da hier keine Nachbearbeitung mehr statt findet. Trotzdem sollte auch dort die Formatwandlung minimiert werden, um bestmögliche Ausstrahlungsqualität zu erzielen.

Netztechnisch gesehen ist Echtzeitfähigkeit das charakterisierende Merkmal des Rundfunks überhaupt. Beim Wiedergeben einer Fernseh- oder Radiosendung arbeiten sämtli-

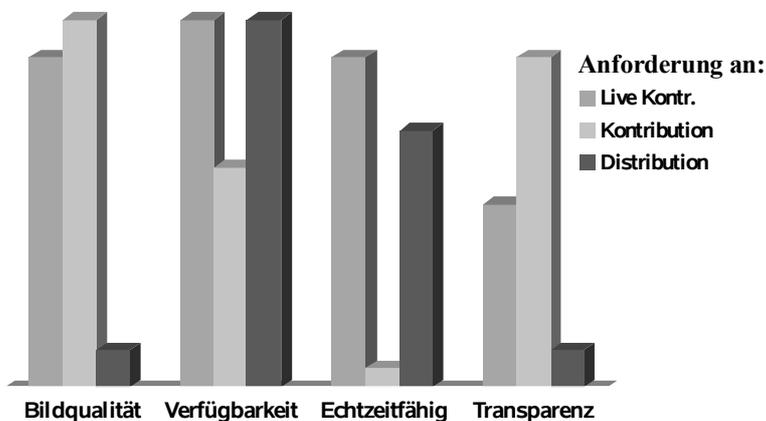


Abbildung 2: Kontribution versus Distribution: Anforderungsprofil

che Empfänger synchron und folgen streng dem vom Sender vorgegebenen Takt. Diese herausstechende technische Eigenschaft findet sich sogar in der gesetzlichen Definition des Rundfunks wieder. Andererseits bedeutet dies nicht, dass nicht auch beim Rundfunk filebasierte Produktion zunehmend Einzug erhält und die bandgestützte lineare Produktion ergänzt und weitgehend verdrängt. Allerdings ist dies nur im nicht zeitkritischen Kontributionsbereich der Fall, wenn es um das „Offline“-Überspielen von Beiträgen geht. Sobald es um Live-Übertragung, insbesondere von Interview-Situationen oder die Programmdistribution geht, gibt es keine Alternative zur synchronen Übertragung, und das gilt unabhängig davon, ob die Übertragung digital oder analog erfolgt.

3 Technologiebetrachtung

Die Übertragung von Video- oder Audiomaterial über IP für die Live-Kontribution oder Distribution, insbesondere falls öffentliche IP-Netze genutzt werden sollen, ist ungeeignet. Zahlreiche Versuche und Messungen der letzten Jahre, unter anderem dem Institut für Rundfunktechnik, haben dies immer wieder erhärtet. Einzig für die nicht zeitkritische Beitragsüberspielung von Speicher auf Speicher ist IP als Basis für den Filetransfer geeignet und wird kurz bis mittelfristig die bandgestützte Überspielung in diesem Anwendungsbereich ersetzen. Hierfür sprechen insbesondere der geringere personelle Aufwand und die Möglichkeit zur Überspielung schneller als Echtzeit.

Die European Broadcast Union (EBU) hat im Rahmen eines Projekts zum Aufbau eines transkontinentalen Glasfaserkontributionsnetzes unlängst den Einsatz von IP/MPLS zum Aufbau von Videoverbindungen ausgiebig untersucht. Im Ergebnis wurde festgehalten, dass die Zeitstabilität der Videoverbindung über IP/MPLS nicht ausreicht und signifikant unter der einer ATM-Lösung liegt. Die Zeitstabilität ist eine entscheidende Qualitätsgröße für die Echtzeitübertragung eines digitalen Videosignals. ATM kann im Gegensatz zu IP/MPLS eine absolute Quality of Service garantieren, da ATM streng deterministisch arbeitet. Beim Aufbauen einer ATM-Verbindung werden sämtliche benötigte Ressourcen

für das Realisieren dieser Verbindung entlang des Netzpfades allokiert und erst bei Verbindungsabbau wieder frei gegeben. IP/MPLS hingegen arbeitet prioritätengesteuert und somit nicht streng deterministisch. Die EBU hat in ihren Testszenarios festgestellt, dass die Zuverlässigkeit einer Videoverbindung über IP sogar unter der einer Satellitenverbindung liegt.

Zu den genannten technischen Unwägbarkeiten kommt bei der Nutzung eines öffentlichen Netzes für Kontribution und Distribution noch die organisatorische Unwägbarkeit hinzu, dass im öffentlichen Netz auf das Network-Routing-Management des Netzbetreibers kein Einfluss genommen werden kann, was für den Aufbau von senderrelevanten Rundfunkverbindungen über öffentliche Netze ein untragbar hohes Risiko bedeutet. Zusammenfassend kann man sagen, dass die Kombination aus Bandbreitenbedarf und Qualitätsforderung im Kontributions- und Distributionsbereich eigene Netze für die Medienindustrie erfordert.

Geht man hiervon aus und setzt ein eigenes Netz voraus, so ist IP/MPLS derzeit nicht der günstigste Realisierungsansatz, um ein Mediennetz aufzubauen. Ein ausgiebiger Evaluierungsprozess des WDR, der von September 2002 bis September 2003 durchgeführt wurde und auf einer vorangegangenen Bedarfsanalyse für ein Mediennetz zur Verbindung der WDR-Standorte in Nordrhein-Westfalen basierte, hat erbracht, dass der Aufbau eines Dark-Fiber-Netzes mit aufgesetzter WDM-Technik sowie DTM als Verbindungsprotokoll derzeit der günstigste und zukunftssicherste Ansatz für ein solches Netz ist. DTM steht für Dynamic Synchronous Transfer Mode und ist ein vom schwedischen Hersteller Net Insight entwickeltes Protokoll, das mit ATM vergleichbar ist. Jedoch ist DTM speziell auf die Belange und Anforderungen der Medienindustrie zugeschnitten.

4 Beispiele für Mediennetze

4.1 ARD HYBNET

Seit 2002 betreibt die Deutsche Telekom für die ARD ein exklusives SDH-Netzwerk mit einer Gesamtkapazität von 2,5 GBit/Sek. Die Topologie des Netzes besteht aus zwei Ringen, dem so genannten Nord- und Südring, mit einer gemeinsamen Querspange zwischen Frankfurt und Leipzig (siehe Abbildung). Über dieses Netz werden die Rundfunkanstalten der ARD breitbandig verbunden. Der Name HybNet steht für Hybrides Breitband Netz. Es ist ein diensteintegrierendes Netz, das genügend Kapazität bietet, um den kompletten Leitungsbedarf zwischen den Rundfunkanstalten zur Abwicklung und Ausstrahlung des Ersten Programms sowie Programmaustausch für die Dritten Programme, Hörfunkleitungen, Kopplung der Datennetze sowie den Telefonverkehr zu übernehmen. Während die Fernseh- und Hörfunkleitungen mittels rundfunkspezifischer Endgeräte (Codecs) direkt auf die SDH- bzw. PDH-Infrastruktur aufsetzen, wird der IP-Datenverkehr über eine ATM-Schicht abgewickelt, die ihrerseits auf der SDH-Schicht aufsetzt. Während der Austausch von Hörfunkbeiträgen heute bereits zu weiten Teilen per Filetransfer abgewickelt wird, wird diese Technik derzeit im Bereich des Fernsehaustausches erprobt. Die Konzeptentwicklung des HybNet geht auf die frühen 90er Jahre zurück, als die einsetzende Liberalisierung des Telekommunikationsmarktes Impulse für den Aufbau eines eigenen diensteintegrierten Netzes für die ARD setzte. Dementsprechend erfolgte die Vergabe über den Aufbau und den Betrieb des Netzes in Form von drei unabhängigen Verträgen, welche

die Bereitstellung der reinen Übertragungsstrecken (Carrier-Vertrag), die Bereitstellung der Endgeräte (Technikvertrag) sowie den technischen Betrieb (Providervertrag) umfassen. Die Schnittstellen zwischen den Teilleistungen sind derart gewählt, dass die Verträge unabhängig nach dem Ende ihrer jeweiligen Laufzeit vergeben werden können.

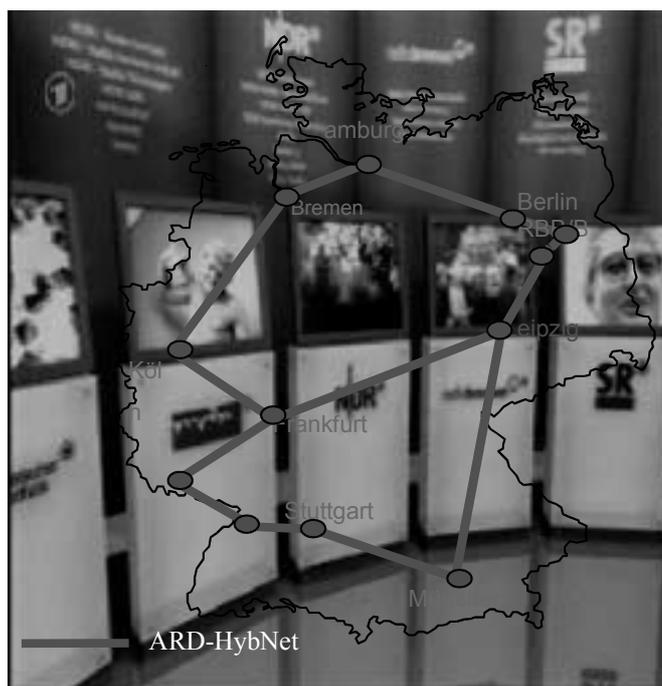


Abbildung 3: Topologie des ARD-HYBNET

4.2 Kontributionsnetz der SRG

Im Jahr 2002 hat die Schweizer Rundspruchgesellschaft (SRG) ihr neues Kontributionsnetz in Betrieb genommen. Wie HYBNET basiert es auf einer der SRG für diesen Zweck exklusiv zur Verfügung stehenden 2,5 Gbit-SDH-Infrakstruktur. Die Topologie ist in der folgenden Abbildung dargestellt und entspricht einem Ring, der die Schweiz komplett durchzieht und sämtliche Standorte der SRG verbindet. Über Stichleitungen sind ausgewählte Veranstaltungsorte, wie Fußballstadien oder Eishockeystadien angebunden. Das Netz wird von der Schweizer Kabelgesellschaft CableCom betrieben und nutzt eine Wellenlänge des CableCom-WDM-Backbones. Wie bei HYBNET wird in der Transportschicht SDH genutzt, wobei allerdings auf ATM verzichtet wird. Sämtliche Dienste wie Fernsehaustausch und IP-Datenverkehr werden direkt über SDH abgewickelt. Als Endgeräte werden rundfunkspezifische Geräte eingesetzt. Es handelt sich dabei um SDH-Add-Drop-Multiplexer für die spezielle Interface-Karten verfügbar sind, welche die im Rund-

funk gebräuchlichen Schnittstellen für digitale Video- und Audioübertragung aber auch Internet-Schnittstellen für IP-Datenverkehr bereit stellen. In dem Netz der SRG werden digitale Videosignale unkomprimiert mit einer Datenrate von 270 Mbit/s übertragen.

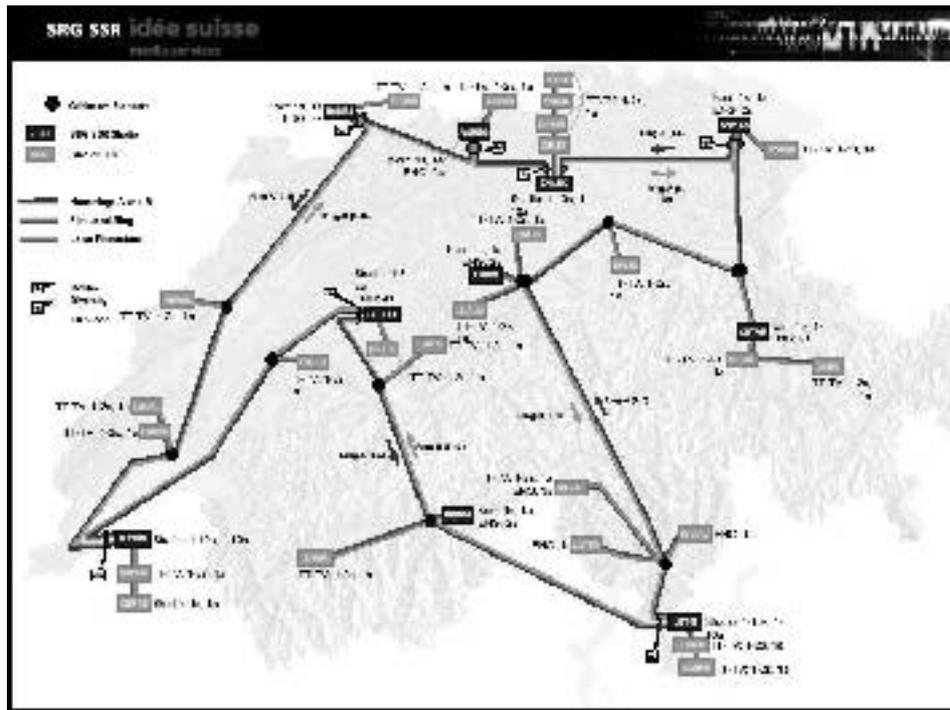


Abbildung 4: Kontributionsnetz der SRG

4.3 EBU-Netz

Ganz aktuell steht der Start eines paneuropäischen Kontributionsnetzes der EBU, der European Broad Casting Union, bevor. Das Netz umfasst sieben europäische Standorte sowie mit New York und Washington DC zwei Standorte in den USA. Die EBU ist die Vereinigung der europäischen öffentlich-rechtlichen Rundfunkanstalten und ist dem Fernsehzuschauer beispielsweise durch die Eurovision-Sendungen bekannt. Von großer Bedeutung ist die EBU auch als Produzent von großen Sportveranstaltungen wie beispielsweise den Olympischen Spielen. Um das Programmmaterial zwischen den über den ganzen Kontinent verteilten Mitgliedern austauschen zu können, betreibt die EBU eigene Satelliten Up- und Down-Links über exklusiv angemietete Satelliten-Kapazitäten. Da die Satelliten-Übertragung nur unidirektional ist und damit nur eine Verteilung von Programmmaterial gestattet, hat die EBU beschlossen, das in der Abbildung dargestellte Kontributionsnetz, das auf terrestrischen Glasfaserleitungen beruht, aufzubauen. Dieses Netz soll die satelli-

tengestützte Verteilung nicht ersetzen, sondern ergänzen und neue Dienste, wie beispielsweise Datenaustausch und damit Filetransfer zwischen den Mitgliedern ermöglichen.

Die Übertragungsstrecken haben eine Bandbreite von 155 Mbit/Sek. und werden von Colt-Telekom bereit gestellt. Die Endgeräte wurden von der EBU selbst beschafft und werden auch in Eigenregie betrieben. Es handelt sich dabei um Geräte der schwedischen Firma Net Insight, die nach dem oben bereits erwähnten DTM-Protokoll arbeiten. Wie ATM garantiert es ein absolutes Quality of Service und entspricht so den Anforderungen des Rundfunk nach Echtzeitverbindungen mit kurzen Laufzeiten. Andererseits erlaubt es wie ATM die Konfiguration von Verbindungen im Netz mit beliebigen Bandbreiten in einer Granularität von 512 kbit/s, wobei DTM mit den deutlich größeren Zellgrößen den Transport von Daten besser angepasst ist als ATM.

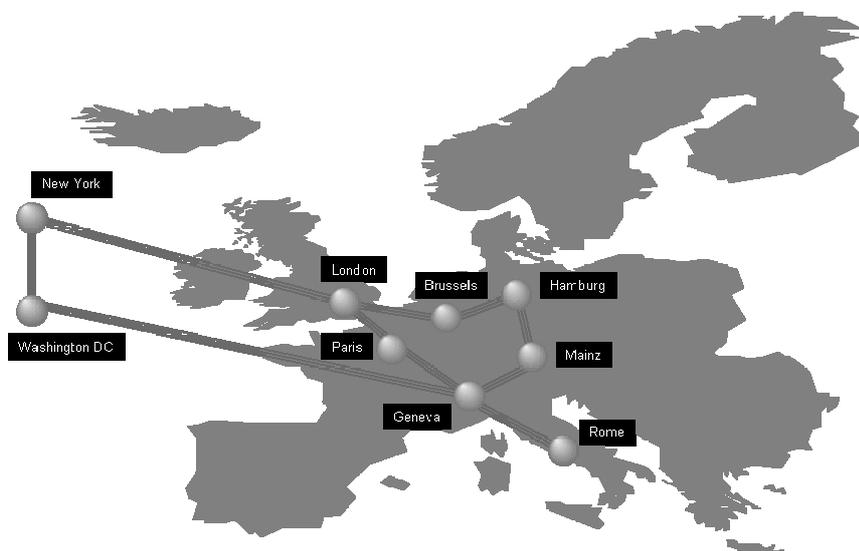


Abbildung 5: EBU-Kontributionsnetz

5 WDR-RegioNet

Im Mai 2004 hat der WDR nach vorausgegangener Bedarfsermittlung beschlossen, das Konzept für ein digitales Mediennetz zur Verbindung seiner 14 Standorte in NRW zu entwickeln. Hierzu wurde unter Federführung der Technischen Direktion eine interdisziplinär besetzte Arbeitsgruppe eingesetzt, die sich am HYBNET-Konzept der ARD orientierte, das Konzept jedoch an die Gegebenheiten und den konkreten Bedarf in NRW anpasste und auch in technischer Sicht aktualisierte.

Wie bei ARD Hybnet wurde das Gesamtvorhaben in Teilleistungen, genannt „Lose“, aufgeteilt, die unabhängig voneinander vergeben werden können. Die modulare Struktur erlaubt eine wesentlich bessere Marktausschöpfung und damit einen größeren Wettbewerb in

der Vergabephase und gibt Flexibilität beim späteren Ausbau bzw. dem Ersatz bestimmter Teilfunktionen.

Nach einer gründlichen Machbarkeits- und Marktuntersuchung wurde beschlossen, als Infrastrukturbasis auf ein Glasfasernetz mit Dark-Fiber-Zugang zu setzen. Hierfür spricht, dass die Distanzen zwischen den einzelnen Standorten so kurz sind, dass auf aktive Komponenten zwischen den Standorten (Regeneratoren) weitestgehend verzichtet werden kann, und dass der Kapazitätsbedarf so hoch ist, dass die Anmietung eines exklusiven Glasfaserpaares wirtschaftlich sinnvoll ist. Aus technischer Sicht sprechen für den Zugang auf Glasfaserebene, dass hierdurch weitgehende Skalierbarkeit bzgl. höherer Bandbreiten aber auch bzgl. unterschiedlicher Transport- und Übertragungsprotokolle gegeben ist. Gleichzeitig ermöglicht die Glasfaser den Einsatz günstiger, auf die Belange der Rundfunktechnik zugeschnittener Systemtechnik. Das Glasfasernetz bildet Los 1.

Das zweite Los umfasst sämtliche aktive Komponenten des Netzes. Dies sind die CWDM- bzw. DWDM-Multiplexer (Coarse-Wavelength-Devition-Multiplex bzw. Dense Wavelength Division Multiplex) sowie DTM-Switche. In einem gründlichen Evaluierungsprozess hat sich der WDR für die DTM-Technik der Firma Net Insight entschieden, da sie die größte Flexibilität hinsichtlich der Einrichtung der benötigten Dienste bietet sowie die Netzinfrastrukturbandbreiten effizient ausnutzt und gleichzeitig ein günstiges PreisLeistungsverhältnis aufweist.



Abbildung 6: Bedienoberfläche des Schalterminals

Um die Flexibilität, die das DTM-Netzwerk bietet, für den Produktionsbetrieb nutzen zu können, wurde eine Schaltsoftware entwickelt, die dem Studiopersonal eine komfortable Bedienoberfläche bietet, über die mittels Touch-Screen mit wenigen Tastendrücken eine digitale Videoverbindung ad hoc aufgebaut werden kann. Die Bedienoberfläche ist in der unten stehenden Abbildung exemplarisch für den Standort Köln dargestellt. Die Ent-

wicklung der Bedienoberfläche sowie die Lieferung der dazugehörigen Rechner Hardware wurde als Los 3 ausgeschrieben und vergeben.

Los 4 schließlich umfasst den Betrieb des gesamten Netzes mit den aktiven Komponenten und den passiven Glasfaserübertragungswegen. Hierzu zählt die Einhaltung definierter Service Level, die Bearbeitung von Störungsmeldungen sowie die Pflege der Netzwerkkomponenten .

Der Aufbau des Netzes erfolgt stufenweise, wobei die Stufe 1 ab Juli diesen Jahres die so genannten Kernstandorte Köln, Düsseldorf, Dortmund, Essen, Wuppertal sowie den Sender Langenberg umfasst. Die zweite Stufe mit den weiteren Standorten Münster, Bielefeld, Siegen, Bonn, Aachen, Arnsberg und Kleve soll bis spätestens Ende 2004 in Betrieb gehen.

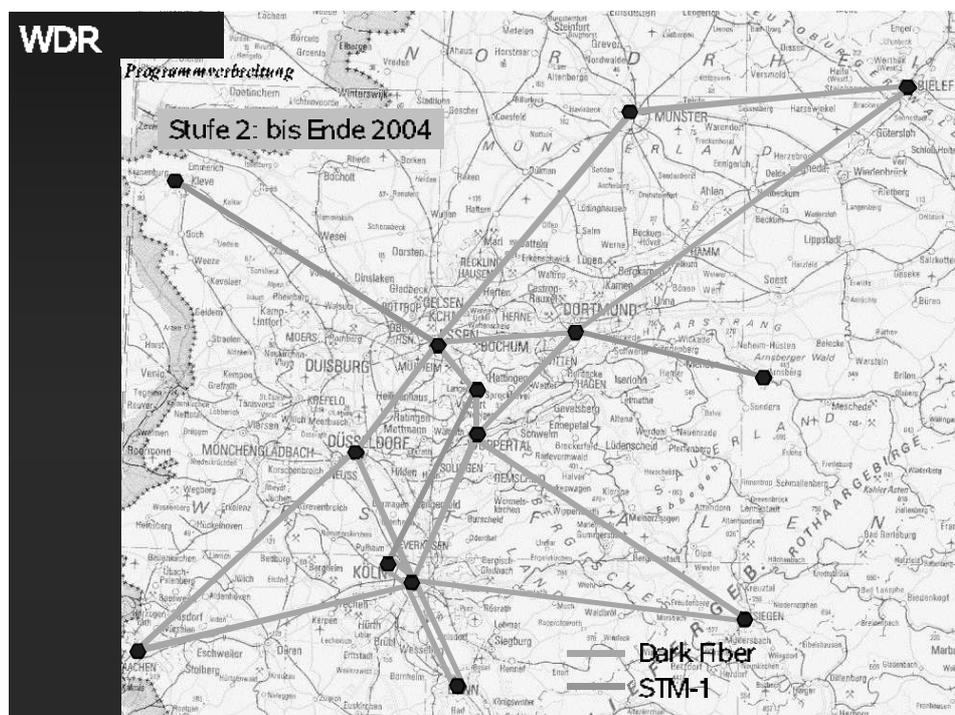


Abbildung 7: RegioNet-Topologie der zweiten Ausbaustufe

Mit RegioNet hat sich der WDR für ein modernes Rundfunknetz entschieden, das allen Anforderungen sowie dem derzeitigen und zukünftigen Kapazitätsbedarf in nahezu idealer Weise gerecht wird. Das Konzept dürfte vorbildlich für weitere Projekte dieser Art sein.