



Satellitengestützte Datenübertragung

Satellit



# Satellitengestützte Datenübertragung

D i p l o m a r b e i t

im Studiengang Audiovisuelle Medien  
an der Hochschule der Medien

---

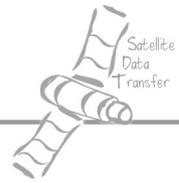
Vorgelegt von Gina Grätz

Prüfer  
Prof. Dipl.-Ing. Uwe Schulz  
Dipl.-Ing. Bernhard Storz

Stuttgart, den 15. August 2003

Hiermit versichere ich, dass ich die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe und dass sämtliche Quellen im Text oder im Anhang nachgewiesen sind.  
Die Preisangaben im wirtschaftlichen Teil sind ausschließlich zur internen Verwendung der Firma Storz Interaktive Medien und mit deren ausdrücklichem Einverständnis verwendet.

Stuttgart, den 15.August 2003



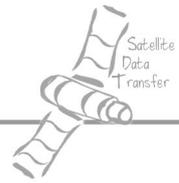
## VORWORT

Diese Diplomarbeit beschreibt die Möglichkeiten des satellitengestützten Datentransfers und richtet sich in erster Linie an Marketing- und Trademanager größerer Handelsketten und Konzerne, sowie Multimedia-Agenturen, die auf der Suche nach technischen Neuerungen bei der Nutzung interaktiver Verkaufsterminals sind.

Das Ziel ist, über die Möglichkeiten und Vorteile der Satellitenübertragung umfassend zu informieren, Vorteile und Einsatzmöglichkeiten aufzuzeigen, den wirtschaftlichen Nutzen zu erläutern, sowie eventuell entstehende Probleme anzusprechen und Lösungsmöglichkeiten anzubieten.

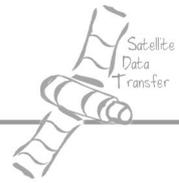
Darüber hinaus werden die wichtigsten technischen Grundbegriffe geklärt, sowie aktuelle Standards angesprochen.

Die Diplomarbeit enthält des weiteren die an einem Fallbeispiel genau erläuterte Phasen der Entstehung und Implementierung eines satellitengestützten POS-Netzes, sowie eine detaillierte Kostenauflistung.

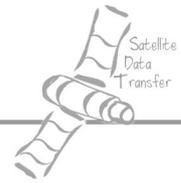


## INHALTSANGABE

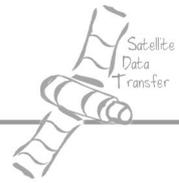
<b>Vorwort</b> .....	<b>I</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>V</b>
<b>Abbildungs- und Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>VII</b>
<b>1. Einführung</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Technische Grundlagen</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1 Satelliten</b> .....	<b>3</b>
2.1.1 Grundlagen .....	3
2.1.1.1 Raumsegment .....	3
2.1.1.2 Bodensegment .....	4
2.1.1.3 Luftschnittstelle .....	4
2.1.2 Zugriffsmethoden .....	5
2.1.2.1 FDMA Frequency Division Multiple Access .....	5
2.1.2.2 OFDMA Orthogonal Frequency Division Multiple Access .....	6
2.1.2.3 TDMA Time Division Multiple Access .....	6
2.1.2.4 CDMA Code Division Multiple Access .....	7
2.1.2.5 WCDMA Wideband Code Division Multiple Access .....	9
2.1.2.6 PRMA Packet Reservation Multiple Access .....	9
2.1.2.7 ATM Asynchronous Transfer Mode .....	10
2.1.3 Frequenzbänder .....	10
2.1.3.1 UHF-Band .....	10
2.1.3.2 L-Band .....	10
2.1.3.3 S-Band .....	11
2.1.3.4 C-Band .....	11
2.1.3.5 X-Band .....	11
2.1.3.6 K <sub>U</sub> -Band .....	11
2.1.3.7 K-Band .....	11
2.1.3.8 K <sub>a</sub> -Band .....	11
2.1.4 Umlaufbahnen .....	12
2.1.4.1 LEO Low Earth Orbit .....	12
2.1.4.2 GEO Geostationary Orbit .....	13
2.1.4.3 MEO Medium Earth Orbit .....	13
2.1.4.4 HEO Highly Elliptical Orbit .....	13



2.1.5 Satellitennetze.....	14
2.1.5.1 Loral Skynet.....	14
2.1.5.2 Astrolink.....	15
2.1.5.3 Teledesic.....	16
2.1.5.4 Spaceway.....	16
2.1.5.5 SkyBridge.....	17
2.1.5.6 Euroskyway.....	17
2.1.5.7 SES Astra.....	18
2.1.5.8 Intelsat.....	19
2.1.5.9 Eutelsat.....	19
2.1.6 VSAT Netzwerke.....	21
2.2 Standards und Protokolle.....	21
2.2.1 Dynamisches Routing aufgrund der Netzwerktopologie.....	21
2.2.2 TCP via Satellit.....	22
2.2.3 DVB Digital Video Broadcasting.....	26
2.2.4 IP-over-MPEG-2/DVB.....	27
<b>3. Satellitengestützter Datentransfer.....</b>	<b>30</b>
3.1 Multicast.....	30
3.1.1 Das Unicast Modell.....	30
3.1.2 Das Broadcast Modell.....	31
3.1.3 Das Multicast Modell via Satellit.....	31
3.1.3.1 Der grundsätzliche Multicast Prozess.....	33
3.1.3.2 Multicast im Einzelnen.....	34
3.1.3.3 Kosten.....	38
3.1.3.4 Voraussetzungen für Multicast.....	38
3.2 Satellitenspezifische Vorüberlegungen.....	41
<b>4. Fallbeispiel Sony Hitstation.....</b>	<b>43</b>
4.1 Konzeption und Planung.....	43
4.1.1 Allgemeine Überlegungen zu Terminals mit satelliten-gestütztem Datentransfer.....	44
4.1.2 Hardware.....	45
4.1.3 Funktionsentwurf der Plattform.....	46
4.2 Technische Umsetzung.....	47
4.2.1 Projektbeschreibung.....	47
4.2.2 Leistungen durch SATLYNX.....	47

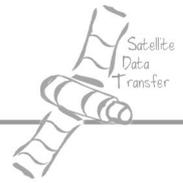


4.2.3 Allgemeines.....	48
4.2.3.1 Endgeräte.....	48
4.2.3.2 Verfügbarkeit.....	48
4.2.4 Daten-Verkehrsprofil.....	49
4.2.5 Konfiguration.....	49
4.2.6 Installation.....	50
4.2.7 Überwachung und Instandhaltung.....	51
4.2.7.1 Betrieb und Überwachung des Kommunikationsnetzes.....	51
4.2.8 Lieferungen.....	51
4.2.9 Voraussetzungen vor Ort.....	51
4.3 Kosten.....	52
4.3.1 Entwicklung.....	52
4.3.2 Laufende Kosten (Updates).....	52
4.3.3 Projekteinrichtungskosten.....	53
4.3.4 Transferkosten.....	53
4.3.4.1 Preise für die Bereitstellung des Kommunikations-Dienstes.....	53
4.3.4.2 Preise für sonstige Servicedienstleistungen.....	54
4.3.4.3 Kosten der terrestrischen Datenverbindung.....	54
4.3.4.4 Preise für Installation, Inbetriebnahme und De-Installation.....	54
4.3.4.5 Steuern und Abgaben.....	55
<b>5. Wirtschaftlichkeit.....</b>	<b>56</b>
5.1 Datentransfer via Satellit.....	56
5.2 Daten auf einem physikalischen Medium.....	56
5.3 Vergleich.....	57
5.4 Fazit.....	58
<b>6. Schlusswort.....</b>	<b>59</b>
<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>61</b>
<b>Glossar.....</b>	<b>66</b>
<b>Anhang.....</b>	<b>69</b>
<b>Danksagung.....</b>	<b>70</b>

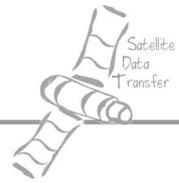


## ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

ACK	Acknowledgements
ARP	Address Resolution Protocol
ATDM	Asynchronous Time Division Multiple Access
ATM	Asynchronous Transfer Mode
BER	Bit Error Rate
BGP	Border Gateway Protocol
CAM	Conditional Access Mode
CBT	Core Based Tree
CDMA	Code Division Multiple Access
DS	Direct Sequence
DVB	Digital Video Broadcasting
DVB-C	Digital Video Broadcasting - Cable
DVB-S	Digital Video Broadcasting - Satellite
DVB-T	Digital Video Broadcasting - Terrestrial
DVMRP	Distance Vector Multicast Routing Protocol
ECN	Explicit Congestion Notification
EIGRP	Enhanced Interior Gateway Routing Protocol
E-TDMA	Enhanced Time Division Multiple Access
ETSI	European Telecommunication Standards Institute
FDDI	Fiber Distributed Data Interface
FDMA	Frequency Division Multiple Access
FEC	Forward Error Correction
FH	Frequency Hopping
FFH	Fast Frequency Hopping
GEO	Geostationary Orbit
GHz	Giga Hertz
HEO	Highly Elliptical Orbit
HPC	High Performance Coatings
IANA	Internet Assigned Numbers Authority
IDU	Indoor Unit
IGMP	Internet Group Management Protocol
ILS	International Launch Services
IP	Internet Protocol
IPE	IP-Encapsulator
IRD	Integrated Receiver Decoder
ISL	Inter Satellite Link
ISP	Internet Service Provider
ITU	International Telecommunications Union



LAN	Local Area Network
LEO	Low Earth Orbit
LNB	Low Noise Block
Mbps	Mega Bits per Second
MHz	Mega Hertz
MPEG	Motion Picture Experts Group
MOSPF	Multicast Open Shortest Path First
MTU	Maximal Transmission Unit
NIC	Network interface Card
NMS	Netzmanagement Service
OBP	On Board Prozessor
ODU	Outdoor Unit
OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiple Access
OSI	Open Systems Interconnection
OSPF	Open Shortest Path First
PCI	Peripheral Component Interconnect
PEP	Performance Enhanced Proxy
PG	Prozessgewinn
PID	Packet Identifier
PIM	Protocol Independent Multicast
PRMA	Packet Reservation Multiple Access
PRN	Pseudo-Random Noise
POS	Point of Sale
POI	Point of Interest
QoS	Quality of Service
RS	Reed-Solomon
RSVP	Reservation Protocol
RTP	Real Time Protocol
SWS	Sender Window Size
SSMA	Spread Spectrum Multiple Access
SFH	Slow Frequency Hopping
TCP	Transmission Control Protocol
TDMA	Time Division Multiple Access
TH	Time Hopping
UDP	User Datagram Protocol
UHF	Ultra High Frequency
USB	Universal Serial Bus
VSAT	Very Small Aperture Terminal
WAN	Wide Area Network
WLAN	Wireless Local Area Network
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access

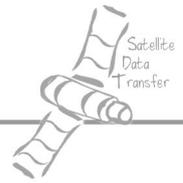


## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

- ABB 1: Scan aus „Extra-terrestrial Relays – Can Rocket Stations give world wide radio Coverage?“ [serendip.org]
- ABB 2: Photo “Sputnik” [NASA]
- ABB 3: FDMA Frequency Division Multiple Access
- ABB 4: TDMA Time Division Multiple Access
- ABB 5: CDMA Code Division Multiple Access
- ABB 6: Frequenzbänder
- ABB 7: Umlaufbahnen
- ABB 8: Blockdiagramm DVB
- ABB 9: Unicast Topologie
- ABB 10: Multicast Topologie
- ABB 11: Vergleich Unicast – Multicast
- ABB 12: Multicast Mapping
- ABB 13: Multicast Netzwerk
- ABB 14: Internet Content Distribution (Internet Backbone)
- ABB 15: Satellitengestützte Übertragung

## TABELLENVERZEICHNIS

- Tab 1: OSI-Schichtenmodell
- Tab 2: IP-Schichtenmodell
- Tab 3: Class D Adressen
- Tab 4: IP Multicast Routing Protokolle
- Tab 5: Kosten DVD



## 1. Einführung

Die Idee Satelliten als Kommunikationsmittel zu verwenden, wurde zum ersten Mal 1945 von Sir Arthur C. Clarke in *Wireless World* veröffentlicht. Clarke, der in erster Linie durch seinen Roman *2001: A Space Odyssey* bekannt wurde, beschreibt in seinem Artikel *Extra-terrestrial Relays – Can Rocket Stations give world-wide radio Coverage?* das Prinzip von drei geostationären Satelliten, die sich somit nicht relativ zu ihrer Erdstation bewegen und in einem Orbit von etwa 42.000 km um die Erde kreisen; damit wären sie in der Lage, die gesamte Oberfläche der Erde abzudecken.

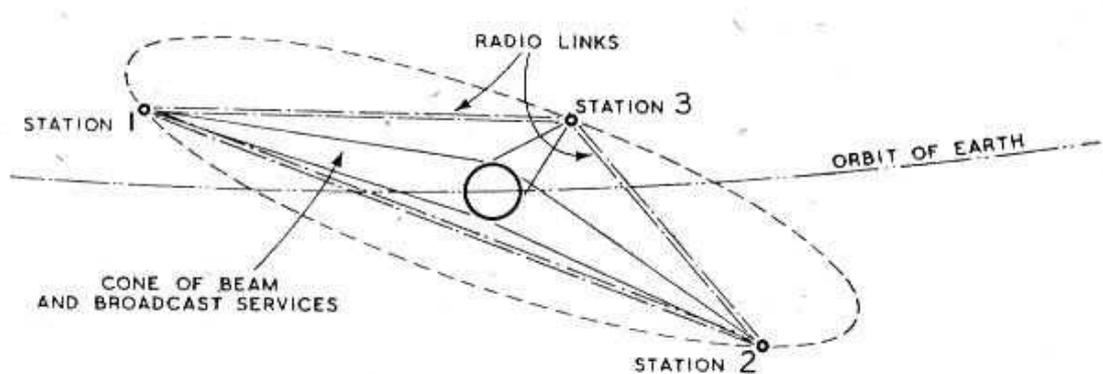


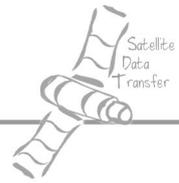
Fig. 3. Three satellite stations would ensure complete coverage of the globe.

ABB 1: Scan aus dem Original-Artikel [serendib.org]

Clarkes Vision sollte schnell Wirklichkeit werden, denn schon am 4. Oktober 1957 war der Launch des ersten Satelliten, des russischen *Sputnik*. Verglichen mit heutigen Satelliten war Sputnik sehr primitiv, war er doch nur eine 83 kg schwere 58 cm große Metallkugel, die Thermometer, Batterien, einen Funksender und Stickstoff enthielt.



ABB 2: Sputnik [NASA]

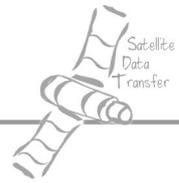


Schon ein Jahr später gelang den USA die erste Sprachübertragung per Satellit. Diese ersten Satelliten waren passive Satelliten, die Signale nur reflektieren konnten; der erste aktive Satellit wurde 1962 gestartet.

Heutzutage gehören Satelliten zu unserem täglichen Leben. Von Live-Übertragungen diverser Sportveranstaltungen, über Kriegsberichterstattung, Wettervorhersagen, Navigation und Kommunikation – ohne Satelliten wäre dies alles nicht vorstellbar.

Durch die immer größer werdenden Datenmengen, die in unserer modernen Medienwelt anfallen, wie zum Beispiel beim verstärkten Einsatz von Audio und Video an Kioskterminals und durch den Vorteil der Unabhängigkeit von terrestrischer Infrastruktur ergibt sich die logische Konsequenz, Satelliten auch zum Transfer multimedialer Daten einzusetzen.

Die Vorteile, Probleme und wirtschaftlichen Aspekte sollen im folgenden im Vergleich mit herkömmlichen Methoden der Datenübertragung dargestellt und bewertet werden.



## 2. Technische Grundlagen

In diesem Kapitel werden die wichtigsten technischen Grundbegriffe, die den Datentransfer via Satellit betreffen geklärt. Relevante Standards werden kurz erläutert, sowie die wichtigsten Satellitennetze vorgestellt.

### 2.1 Satelliten

**Satellit** [aus *lat.* *Satelles*, Gen. *Satellitis* „Leibwächter, Trabant; Gefolge“] *der*; -en, -en: 1. (abwertend) Satellitenstaat. 2. Himmelskörper, der einen Planeten umkreist (Astron.). 3. Raumsonde, künstlicher Erdmond.

[Duden: Fremdwörterbuch]

#### 2.1.1 Grundlagen

Ein Satellitensystem besteht aus drei wesentlichen Teilen; dem *Raumsegment*, das ist das gemeinhin als „Satellit“ bekannte Element, dem *Bodensegment*, worunter man sowohl das Kontrollzentrum und die Gateways, wie auch die Endempfänger versteht und der *Luftschnittstelle*, unter der man die verschiedenen Frequenzbereiche zusammenfasst.

##### 2.1.1.1 Raumsegment

Das Raumsegment besteht aus einem oder mehreren Satelliten in einer Erdumlaufbahn. Die wesentlichen Komponenten eines Satelliten sind das Kommunikationssystem, die Steuerung und die Energieversorgung.

##### **Kommunikationssystem**

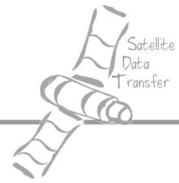
Das Kommunikationssystem besteht aus Sende- und Empfangsantennen und Geräte zur Signalverarbeitung.

##### **Steuerung**

Die Steuerung dient zur Bahnkorrektur oder zum Wechsel zu einer neuen Position.

##### **Energieversorgung**

*Solarzellen* sind bei der Energieversorgung sehr effizient und risikoarm, allerdings benötigt man für den Erdschatten Batterien.



*Brennstoffzellen* dagegen sind zwar unabhängig von der Sonne, allerdings wird ein separater Treibstofftank benötigt.

*Atomreaktoren* arbeiten ebenfalls unabhängig von der Sonne, haben allerdings den Nachteil, dass die Elektronik zusätzlich gegen die Strahlung des Reaktors abgeschirmt werden muss, außerdem ist der Transport risikoreich und die Entsorgung schwierig.

### **2.1.1.2 Bodensegment**

Das Bodensegment besteht aus dem Kontrollzentrum, den Gateways und den Endgeräten.

#### **Kontrollzentrum**

Die Aufgaben des Kontrollzentrums liegen in der Überprüfung und Korrektur der Satellitenpositionen, Überwachung der technischen Daten und der Subsysteme, sowie dem Betrieb der Gateways.

#### **Gateways**

Gateways sind ortsfeste Erdfunkstellen und die Verbindung zwischen den Satelliten und den terrestrischen Netzwerken.

#### **Endgeräte**

Die Anforderungen an die Endgeräte, wie Mobilität, Frequenzbereiche und Übertragungsarten bestimmen ihre Beschaffenheit. Typische Endgeräte sind z.B. SAT-Receiver für TV-Geräte oder Mobiltelefone.

### **2.1.1.3 Luftschnittstelle**

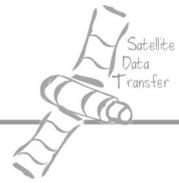
Nur begrenzt zur Verfügung stehende Frequenzbereiche haben den Bedarf einer möglichst effektiven Nutzung derselben zur Folge; dies wird durch die Verwendung verschiedener Multiplex-Verfahren erreicht.

Die Vergabe der Frequenzen erfolgt getrennt für drei Bereiche der Erde:

Region 1: Europa, Afrika, Nachfolgestaaten der Sowjetunion, Mongolei

Region 2: Nord- und Südamerika, Grönland

Region 3: Asien (mit Ausnahme der Länder der Region 1), Australien, südlicher Pazifik



## 2.1.2 Zugriffsmethoden

Um die nur begrenzt zur Verfügung stehenden Frequenzbänder möglichst effizient nutzen zu können, werden verschiedene Zugriffsmethoden angewandt, von denen die wichtigsten hier kurz erläutert werden.

### 2.1.2.1 FDMA Frequency Division Multiple Access

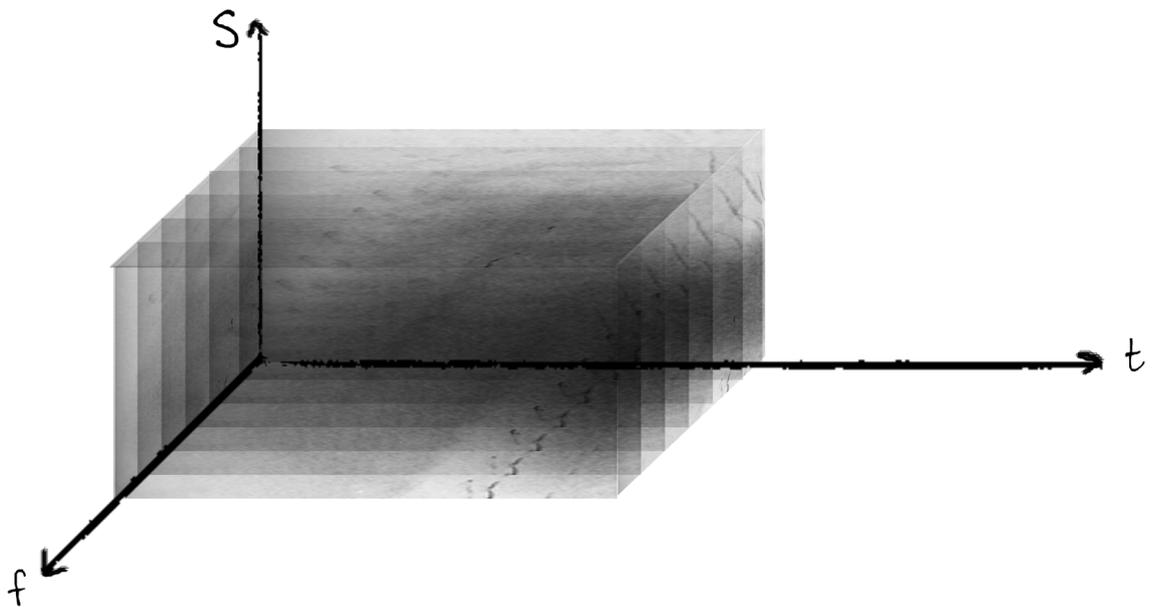


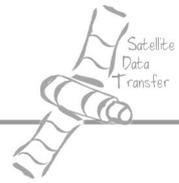
ABB 3: Frequency Division Multiple Access

Das FDMA ist ein Verfahren, bei dem der zu Verfügung stehende Frequenzbereich in einzelne schmalbandige Kanäle aufgeteilt wird, um eine bessere Ausnutzung der vorhandenen Übertragungskapazitäten zu erreichen.

Ein großer Vorteil dieser Methode ist die kaum notwendige Synchronisation.

Da die entstandenen Kanäle jedoch sehr schmal sind (10 bis 30 kHz), kann es zu Nachbarkanalinterferenzen kommen; die Übertragung ist also störanfällig. Um diesem Umstand entgegen zu wirken, verwendet man relativ große Frequenzabstände, was wiederum einen hohen *Overhead* bedeutet.

Weitere Nachteile sind die mangelnde Flexibilität neue Anwendungen und Technologien betreffend und die hohen Kosten bei Bedarf der Erhöhung der Anzahl der Übertragungskanäle, da dies nur durch *Kanalsplitting* zu erreichen ist, was einen Austausch der Hardware voraussetzt.



Außerdem kommt es durch die exklusive Kanalnutzung zu einem Verlust an Kapazitätsreserven, da Pausen ungenutzt bleiben.

Da es nur selten eine Sendeleistungsregelung in Abhängigkeit von der Entfernung gibt, kommt es teilweise zu unnötig hoch abgestrahlter Sendeleistung.

### 2.1.2.2 OFDMA Orthogonal Frequency Division Multiple Access

OFDMA benutzt  $2K/1K$ -Trägerwellen für die Upstream-Übertragung, die in Subkanäle unterteilt sind, um eine Frequenz- und Zeit-Bereichsvielfalt zu erlauben.

Dieses Verfahren erreicht eine größere Immunität gegen Nachbarkanalinterferenzen und ein dynamisches Verwalten der Kapazitäten.

Zusätzliche Upstream-Leistung wird erreicht, indem ausgewählte Teile des ganzen Kanals als Subkanäle übermittelt werden. Die Anzahl der Subkanäle hängt von den Verbindungsbedingungen ab; eine Verringerung der Zahl der übertragenen Subkanäle erhöht die Leistung. Diese zusätzliche Leistung kann verwendet werden, um das Signal zu verstärken und somit Kosten am Verstärker einzusparen.

### 2.1.2.3 TDMA Time Division Multiple Access

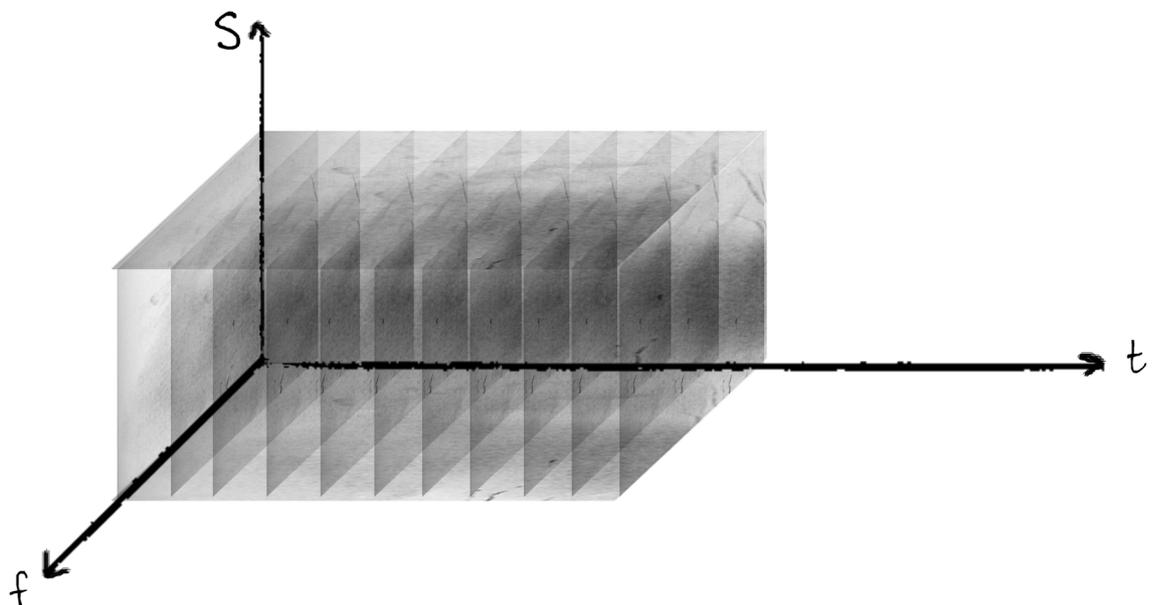
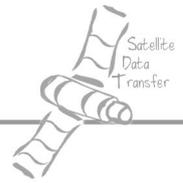


ABB 4: Time Division Multiple Access

Bei dieser Methode wird das zur Verfügung stehende Frequenzband von mehreren Teilnehmern geteilt, da jeder einen *Timeslot* erhält. Innerhalb dieses Zeitabschnitts kommt es zur Datenübertragung, die somit nicht kontinuierlich verläuft.



Durch zeitlich versetzte Slots für Sende- und Empfangsrichtung kommt es zu einer Kostenreduktion, da die Hardware sowohl vom Sender wie auch vom Empfänger nutzbar ist.

Außerdem stehen größere Kanalbandbreiten (30-200kHz) wegen der gleichzeitigen Übertragung zur Verfügung und der Overhead sinkt auf grund der Frequenzzwischenräume.

Der Aufwand für die Synchronisation steigt allerdings; zwischen den Timeslots ist eine Schutzzeit wegen Synchronabweichungen notwendig.

Da das Prinzip auf softwaretechnischer Aufteilung eines Funkkanals in logische Kanäle beruht, ist eine Erweiterung durch Softwareupdates theoretisch realisierbar.

*E-TDMA (Enhanced-TDMA)*: Bei dieser Unterart werden ungenutzte Zeitslots für andere Verkehrsarten freigegeben, dies erfordert jedoch eine komplexe Steuerung für die kurzzeitige Nutzung der freien Slots.

*ATDM (Asynchronous Time Division Multiplexing)*: Multiplexverfahren, bei dem die Informationseinheiten (fester oder variabler Größe) der Benutzer abwechselnd und nach Bedarf übertragen werden.

#### 2.1.2.4 CDMA Code Division Multiple Access

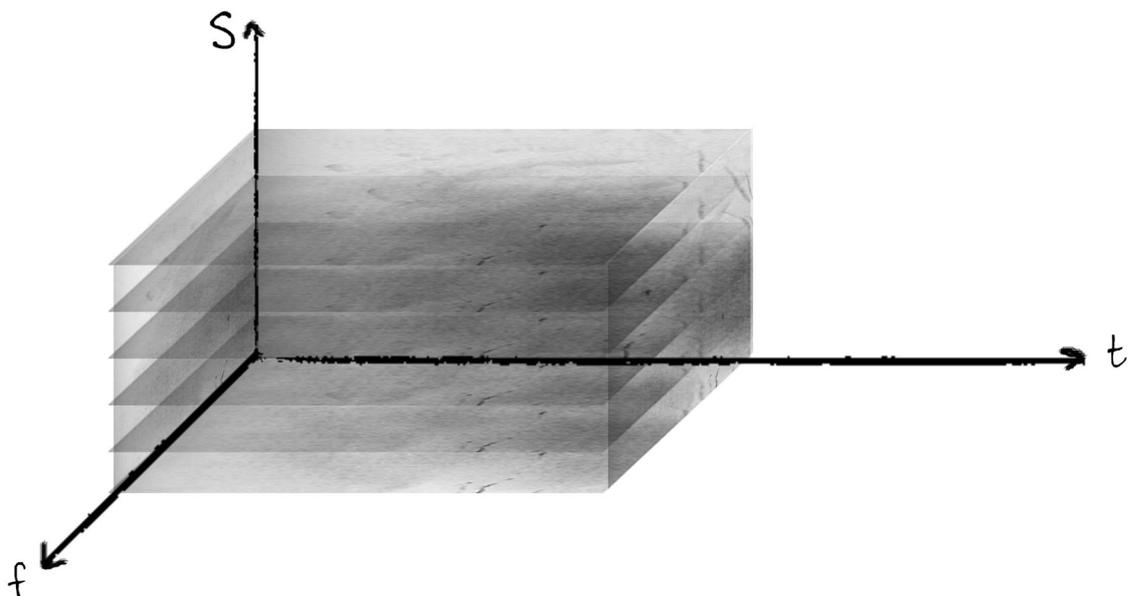


ABB 5: Code Division Multiple Access



Bei CDMA können mehrere Benutzer gleichzeitig auf einen Übertragungskanal zugreifen und damit denselben Frequenzbereich nutzen. Ermöglicht wird dies durch eine Kodierung des Sendesignals durch *Direct Sequence*, *Frequency Hopping* oder *Time Hopping*.

Der wesentliche Vorteil von CDMA ist die bessere Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Übertragungsbandbreite, da CDMA keine Sicherheitsfrequenzbänder verwendet.

### **Direct Sequence (DS)**

Das schmalbandige Nutzsignal wird hierbei durch eine *Exklusiv-Oder-Verknüpfung (XOR)* jedes einzelnen Datenbits mit der gesamten Folge auf die gesamte Bandbreite aufgespreizt. Die verwendeten Codierungen müssen stark unterschiedlich, d.h. mathematisch orthogonal sein. Handelt es sich hierbei um eine *Zufallsfolge (Pseudo-Random Noise PRN)*, so spricht man auch von *Spread Spectrum Multiple Access (SSMA)*, während die einfach zu generierenden *Folgen (Codes)* CDMA seinen Namen gaben.

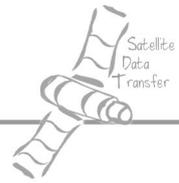
Den Gewinn durch die zugefügte Redundanz nennt man *Prozessgewinn (PG)* oder *Spreizfaktor N*. Aus den Bits werden nach der Verknüpfung mit der Pseudozufallsfolge Chips.

Man erreicht mit Direct Sequence einen besseren Rauschabstand, aber auch eine höhere Komplexität. Hohe Chipgeschwindigkeiten fordern aufwändige und somit auch teure Schaltungen.

Bei geeigneten Codefolgen kann die Nutzerzahl durch Veränderung der Codelänge oder Anzahl der verwendete Codes unkompliziert erhöht werden. Eine Integration in bestehende Systeme ist allerdings kaum möglich, eine Co-Existenz jedoch schon.

### **Frequency Hopping (FH)**

Das Signal wird durch schnellen Frequenzwechsel aufgespreizt, diese Methode stammt aus der militärischen Verschlüsselungstechnik und soll frequenzselektive Störungen verringern, da es keine Phasenkohärenz zwischen Sender und Empfänger gibt, allerdings ist der Nachteil dabei eine erhöhte Rauschanfälligkeit. Die Nutzeranzahl wird begrenzt durch die Zahl der akzeptierbaren Kollisionen.



Sind ein oder mehrere Chips auf einer Frequenz, spricht man vom *Slow Frequency Hopping (SFH)*, befindet sich jedes Chip auf anderer Frequenz vom *Fast Frequency Hopping (FFH)*.

Oft wird nur SFH verwendet, da die Umschaltfrequenz limitiert ist. Außerdem führt schnelles Umschalten beim Sender zu unerwünschtem Rauschen, des weiteren kommt es wegen schmalen Kanälen zu Störungen durch Interferenzen wie bei FDMA, jedoch kann durch Spreizung der Information dieser Effekt teilweise verringert werden.

Eine gute Synchronisation ist sehr schwierig, da sie nach jedem Hop erfolgen muss, daher ist eine hohe Komplexität von Sendern und Empfängern gefordert, was wiederum die Kosten erhöht.

Die Integration in bestehende FDMA- und TDMA-Systeme ist relativ leicht, jedoch wird meist nur SFH verwendet.

Neue Applikationen erweisen sich als schwierig, da keine Veränderung der Spreizgewinne möglich ist, das heißt man muss auch hier (vgl. die Probleme bei FDMA) die Hardware austauschen, was einen hohen Kostenfaktor darstellt.

### **Time Hopping (TH)**

Hierbei wird der verfügbare Übertragungsabstand in Zeitintervallen mit pseudo-zufälligem Abstand und pseudozufälliger Dauer aufgeteilt.

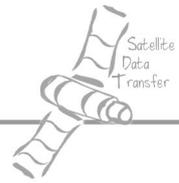
Die Nachteile von TH sind die Gefahr der Kollisionen für Sender pseudozufälliger Zeitpunkte für das Aussenden breitbandiger Signale und die geringe Effizienz durch die zeitweise Nichtbelegung, wenn die Zeitintervalle von gleicher Dauer und periodischer Wiederholung sind (vglb. mit TDMA).

### **2.1.2.5 WCDMA Wideband Code Division Multiple Access**

WCDMA, offiziell als *IMT-200 Direct Spread* bekannt, ist ein ITU (International Telecommunications Union)-Standard, der von CDMA abgeleitet wurde. Dieses Verfahren bietet höhere Übertragungsgeschwindigkeiten bis zu 2 Mbps, dabei wird eine 5 MHz Trägerwelle benutzt.

### **2.1.2.6 PRMA Packet Reservation Multiple Access**

Die Kanalaufteilung erfolgt wie bei TDMA, aber die Slots werden dynamisch nach Anforderungen priorisiert für Sprachverbindungen vergeben, ohne Priorität für Daten; daher für die Datenübertragung weniger interessant.



Nachteile sind unter anderem die notwendige Zwischenspeicherung, denn wenn zeitweise zu wenige Kanäle zur Verfügung stehen, kann es zu variablen Verzögerungszeiten bis hin zu Paketverlusten kommen und der konkurrierende Zugriff auf die Timeslots, durch die Kollisionen möglich werden.

### 2.1.2.7 ATM Asynchronous Transfer Mode

Bei ATM handelt es sich um ein asynchrones Datenübertragungsverfahren für Hochgeschwindigkeitsnetze, bei dem die Daten in winzige *Pakete (Cells, Zellen)* von 53 Byte Länge (davon 48 Bytes Daten) zerhackt werden. Es kann sowohl im WAN als auch im LAN eingesetzt werden. ATM erlaubt sehr hohe Bandbreiten - von 25 Mbps bis zu 622 Mbps.

### 2.1.3 Frequenzbänder

Das gesamte Spektrum wird in verschiedene Frequenzbereiche eingeteilt, von denen die für die Satellitenübertragung wichtigsten hier kurz vorgestellt werden.

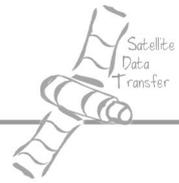
Ein Frequenzband ist ein zusammenhängender Frequenzbereich, der sich durch gleiche Übertragungseigenschaften auszeichnet. Frequenzbänder werden durch eine Buchstabenbezeichnung gekennzeichnet.

Da die vorhandenen Frequenzen nur in einem begrenzten Umfang zur Verfügung stehen, ist eine Regulierung des Frequenzbereichs national sowie international nötig.

International dafür zuständig ist die Internationale Fernmeldeunion, kurz *ITU (International Telecommunications Union)* genannt. Sie wurde 1865 gegründet und gehört heute als Sonderorganisation zum System der Vereinten Nationen. Im Rahmen einer von ihr regelmäßig durchgeführten *World Radio Conference* wurde 1992 in Spanien das für die neuen Generationen von Satellitensystemen benötigte Frequenzspektrum garantiert. Die einzelnen Frequenzbereiche wurden auf den Weltradiokonferenzen 1992, 1995 und 1997 nach und nach freigegeben.



ABB 6: Frequenzbänder



### **2.1.3.1 UHF-Band**

UHF steht für *Ultra High Frequency*; diese Band umfasst TV-Kanäle und liegt gemäß der *ITU Radiocommunication Assembly* im Frequenzbereich 300-3000 MHz.

### **2.1.3.2 L-Band**

Dieses Frequenzband liegt im Bereich der Dezimeterwellen zwischen 1 GHz und 2 GHz. Das L-Band wird für die Satellitenkommunikation benutzt, ebenso wie für Mikrowellenanwendungen, in der Satellitenkommunikation vorwiegend bei LEO-Satelliten; so erfolgt in diesem Band beispielsweise der Downlink für die Nutzdatenübertragung von den Iridium-Satelliten hin zu den Mobilstationen.

### **2.1.3.3 S-Band**

Das S-Band ist ein Frequenzband in der Satellitenübertragung und für andere Mikrowellenanwendungen im Frequenzbereich von 2 GHz bis 4 GHz. Die mittlere Wellenlänge liegt bei 10 cm. Das S-Band ist in sich noch mal unterteilt.

### **2.1.3.4 C-Band**

Das C-Band wird für Satelliten- und terrestrische Kommunikation verwendet. Der Frequenzbereich liegt bei 4-8 GHz.

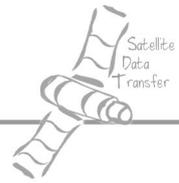
### **2.1.3.5 X-Band**

Das X-Band liegt im Frequenzbereich 8-12 GHz. Es handelt sich also um Zentimeterwellen (SHF). Die mittlere Wellenlänge liegt bei 3 cm. Innerhalb des X-Bandes gibt es das  $X_c$ -Band zwischen 7 GHz und 8,5 GHz.

### **2.1.3.6 $K_u$ -Band**

Der Frequenzbereich 12-18 GHz wird oft von Kommunikationssatelliten benutzt, da man kleinere Antennen, durchschnittlich ca. 1,2 m, braucht.

Das  $K_u$ -Band ist ein Unterband des K-Bandes. Die mittlere Wellenlänge liegt bei 2 cm. Das  $K_u$ -Band wird in der Satellitenkommunikation benutzt, und zwar für den Uplink im Frequenzband zwischen 14 GHz und 14,5 GHz und im Downlink im Frequenzband zwischen 11,7 GHz bis 12,2 GHz.



### 2.1.3.7 K-Band

Das K-Band ist ein Mikrowellenband im Frequenzbereich zwischen 18 GHz und 26,5 GHz. An das K-Band gliedern sich die Unterbänder, das  $K_U$ -Band oder das  $K_a$ -Band an.

### 2.1.3.8 $K_a$ -Band

Das  $K_a$ -Band ist ein Frequenzband, das in der Satellitenkommunikation und bei WLANs verwendet wird. Das  $K_a$ -Band gliedert sich frequenzmäßig oberhalb des K-Bandes an und liegt im Frequenzbereich zwischen 26,5 GHz und 40 GHz. In der Satellitenkommunikation wird das  $K_a$ -Band im Uplink zwischen 27,5 GHz und 31 GHz verwendet.

## 2.1.4 Umlaufbahnen

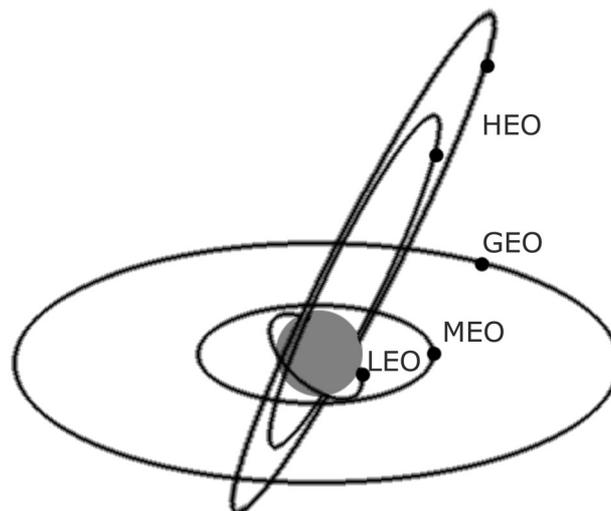
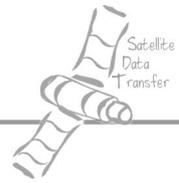


ABB 7: Umlaufbahnen

### 2.1.4.1 LEO Low Earth Orbit

Um eine vollständige Abdeckung zu gewährleisten braucht man etwa 30 – 60 Satelliten, abhängig von Höhe und Elevation. Die durchschnittliche Höhe liegt zwischen 200 und 1600 km, dadurch können diese Satelliten durch Flugzeuge platziert werden, wodurch geringe Transportkosten als Vorteil gewertet werden können. Die LEOs befinden sich in verschiedenen Umlaufbahnen und auf verschiedenen Bahnhöhen.

Durch die geringe Höhe sind die Signallaufzeiten relativ kurz (10 ms für eine einfache Strecke), das heißt man braucht nur eine geringe Sendeleistung, allerdings gibt es nur eine kurze Sichtbarkeit wegen der großen Konstellationen.



Ein weiterer Nachteil ist die kurze Lebensdauer (5-8 Jahre), da durch die Strahlung die Haltbarkeit von Solarzellen und Elektronik vermindert werden, aus diesem Grunde ist „Spacejunk“ auch ein großes Problem in diesem Orbit.

Des Weiteren kommt es zu einem unerwünschten Doppler-Effekt wegen der Satellitenbewegung relativ zum Empfänger. Deshalb sind die Bodensegmente auch sehr komplex und kostenintensiv.

Satelliten im Low Earth Orbit finden in der Erdbeobachtung und weltweit verfügbaren Telefon- und Datendiensten ihre Verwendung.

#### **2.1.4.2 GEO Geostationary Orbit**

Die Satelliten (z.B. Kopernikus, Eutelsat, Intelsat) im geostationären Orbit umkreisen die Erde mit der selben Geschwindigkeit der Erdumdrehung, das heißt sie bewegen sich relativ zur Erde gesehen nicht und sind immer in Sicht.

Durch die feste Position gibt es keine Topologie- und Routingprobleme, außerdem können festausgerichtete Antennen verwendet werden, da man keine Basis-Tracking-Station benötigt. Des Weiteren kommt es kaum zum Doppler-Effekt, wodurch weniger komplexe Empfänger verwendet werden können.

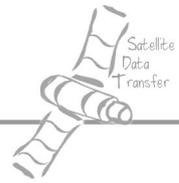
Die Satelliten haben eine sehr hohe Lebensdauer (10 – 15 Jahre) und 42,4 % der Erde wird durch einen Satelliten abgedeckt, das heißt eine vollständige Abdeckung wird bereits mit drei Satelliten gewährleistet.

Durch die große Höhe (36000 km) kommt es allerdings zu langen Signallaufzeiten (ca. 250 ms) und einem schwach zu empfangenen Signal; man braucht also eine hohe Sendeleistung.

Ein weiterer Nachteil ist der geringe Elevationswinkel von 20° bis 30°, sowie keine Versorgung der Polkappen.

Im Gegensatz zur einfachen Basisstation ist der GEO-Satellit relativ komplex und kostenintensiv, ebenso muss man für den Launch des Satelliten einen hohen Kostenfaktor berücksichtigen.

Zur Anwendung kommen die geostationären Satelliten als Fernsatsatelliten, in der Telefon- und Datenverbindung, sowie als Positionierungssysteme.



#### **2.1.4.3 MEO Medium Earth Orbit**

Die Anwendung der MEOs ist ähnlich der der LEOs. Allerdings sind die Konstellationen kleiner und die Signallaufzeiten länger (50 ms).

#### **2.1.4.4 HEO Highly Elliptical Orbit**

Der große Vorteil des Highly Elliptical Orbit sind die Abdeckung der Pole, sowie eine lange Verweilzeit über einem geographischen Bereich durch die Nutzung der erdfernen Position, die relativ lange gehalten wird.

Durch die variierende Entfernung kommt es jedoch zu variierenden Signallaufzeiten, außerdem sind mehr Satelliten nötig als auf geostationären Umlaufbahnen. Ihre Anwendung finden die HEOs hauptsächlich als Fernseh- und Nachrichtensatelliten.

### **2.1.5 Satellitennetze**

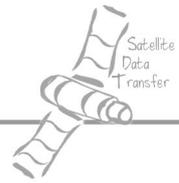
Einige der wichtigsten Satellitennetze werden hier kurz vorgestellt. Der Satellitenmarkt ist einer schnellen Entwicklung unterworfen. Die hier gemachten Angaben sind der aktuelle Stand Frühjahr/ Sommer 2003 und der Selbstdarstellung der Unternehmen entnommen.

#### **2.1.5.1 Loral Skynet**

Vor einiger Zeit schlossen sich *Skystar* und die *LORAL Global Alliance* zu dieser Verbindung zusammen. *Skystar* brachte seine Telstar Flotte, und damit 35 Jahre Erfahrung in Satellitentechnik mit ein, *Loral* seine *Advanced Systems*.

Zur Zeit umfasst die Flotte acht Satelliten im Orbit und das Serviceangebot umfasst

- Television Broadcasting
- Cable und Direct-to-Home
- Daten-Übertragung
- Sport und Events
- Business TV
- Telelernen
- Videokonferenzen
- Telephonie



*Skynet* betreibt derzeit zwei Satelliten-Bodenstationen, beide in den USA (in Hawley, Pennsylvania und in Three Peaks, Kalifornien) und bietet weiteren Service durch *San Francisco International Gateway* (in Richmond, Kalifornien) an.

*Hawley* überwacht und kontrolliert die Position, Temperatur, Antennenausrichtung und Energieversorgung der Telstar Flotte, dient aber auch als Mission Control für Launches. Die *Three Peaks* Bodenstation in Kalifornien liefert zusätzliche Services an *Hawley*.

Das *San Francisco International Gateway* ist für Uplinks, Downlinks, Datenkompression, Telephonie und Internetapplikationen zuständig. Der Service beinhaltet Internet Backbone Extension, Private Datenkanäle, sowie Datenkanäle für Telephonie. Die Kapazität soll bald auf 31 Antennensysteme erhöht werden.

### **2.1.5.2 Astrolink**

Das *Astrolink*-Netzwerk arbeitet mit GEO-Satelliten auf  $K_a$ -Band-Basis, ATM, IP, Frame Relay und TDM werden unterstützt. Das Ziel ist eine globale Zweiweg-Hochgeschwindigkeits-Datenverbindung, die Zielgruppe sind Großunternehmen, sowie auch mittelständische und kleine Betriebe, eine Ausweitung auf Privatkunden ist möglich. Astrolink hat Lizenzen von der United States Federal Communications Commission für fünf Orbitale Slots: Amerika ( $97^\circ W$ ), Asien ( $130^\circ O$ ), Atlantik ( $21,5^\circ W$ ), Europa ( $2^\circ O$ ) und Oceanic ( $175,25^\circ W$ ).

Die Investoren hinter Astrolink sind *Liberty Media*, *Lockheed Martin Global Telecommunications*, *Telespazio S.p.A.* und *Northrop Grumman Space Technology*, die insgesamt bisher mehr als 1,3 Mrd US-Dollar zur Verfügung gestellt haben.

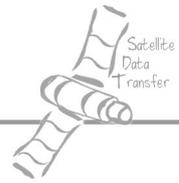
*Lockheed Martin* entwickelt das *Astrolink Spacecraft* und bietet Launch Services.

*Telespazio* richtet die weltweiten Bodenstationen ein und wird die Satelliten- und Netzwerkkontrollsysteme überwachen und betreiben.

*Northrop Grumman Space Technology* liefert die in die Satelliten integrierten Übertragungssysteme.

Weitere Partner sind *Motorola*, die Kundenterminals für das Senden und Empfangen von Broadbandsignalen über *Astrolink* entwickeln und *ViaSat*, die ebenfalls Kundenterminals, aber auch Terminals für Service Provider Gateways entwickeln.

Die Terminals werden je nach Ausstattung mit Geschwindigkeiten von bis zu 2 Mbps Daten senden können, die Astrolink Satelliten haben eine Sendeleistung von 20 Mbps und können bis zu 110 Mbps empfangen.



Folgende Dienste und Applikationen werden unter anderem angeboten

- Internet
- Interaktive Spiele
- Aufbau privater Netzwerkverbindungen
- E-Commerce
- Telelernen
- Videokonferenzen

### 2.1.5.3 Teledesic

*Teledesic* ist ein globales, *Internet-in-the-Sky*® Netzwerk, das folgende Dienste anbietet:

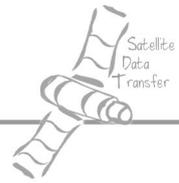
- Globale Computer Netzwerke
- Breitband Internetzugang
- Interaktive Multimedia Anwendungen, wie Telemedizin, Telelernen, Videokonferenzen etc.
- High Quality Voice

Die Zielgruppe umfasst sowohl öffentliche Einrichtungen, wie auch Großunternehmen und Privatkunden.

*Teledesics* Partner sind unter anderem *Lockheed Martin*, die für Launches zuständig sind und das italienische *Alenia Spazio SpA*, die Satelliten herstellen. Die Hauptinvestoren sind *Craig McCaw*, *Microsoft Chairman Bill Gates*, der saudi-arabische *Prinz Abwaleed Bin Talal*, die *Abu Dhabi Investment Company* und die *Boeing Company*.

Der Beginn des kommerziellen Services ist für 2005 geplant.

Das *Teledesic* Netzwerk wird eine Konstellation von MEO Satelliten nutzen, die entsprechenden Lizenzen haben sie seit 1997 von der *U.S. Federal Communications Commission*. Die Userterminals sollen On Demand Datenraten von 128 kbps bis zu 2 Mbps für den Uplink und 64 Mbps für den Downlink haben. *Teledesics* Satelliten werden auf dem  $K_a$ -Band senden, die Zahl der Satelliten ist auf 30 geplant.



#### 2.1.5.4 Spaceway

*Hughes Network Systems* unterhält das *Spaceway* Netzwerk, das früher auch unter dem Namen *Galaxy* bekannt war.

Es werden folgende Services angeboten

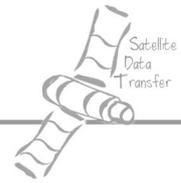
- Zweiwege-Hochgeschwindigkeits-Internetzugang
- Private IP
- Satellite Backup, ein unabhängiges Backup System für Frame Relay Services und andere terrestrische Netzwerke
- Multicast und Multicast Streaming
- E-Payments
- Telelernen

*Spaceway* arbeitet im  $K_a$ -Band und soll dieses Jahr seinen kommerziellen Service in Europa, sowie im nächsten Jahr in den USA starten. Es sind acht Satelliten geplant, die über Inter-Satellite-Links verfügen. Das gesamte System soll ca. 3 Mrd. US-Dollar kosten.

#### 2.1.5.5 SkyBridge

*SkyBridge* der Firma Alcatel ist ein LEO-System, das eine globale Marktabdeckung anstrebt. Es sind insgesamt 80 Satelliten geplant. Die Userterminals können bis zu 20 Mbps empfangen und bis zu 2,5 Mbps übertragen. Business-Terminals, die mit PCs oder LANs verbunden sein können, erreichen Übertragungsraten von bis zu 60 Mbps. Die Zielgruppe umfasst wenig oder kaum besiedelte Flächen, nicht unbedingt hochbesiedelte Großstadtgebiete, die Kapazitäten sollen über Lokale Service Provider angeboten werden und nicht in direktem Kontakt mit dem Endkunden. Folgende Services werden angeboten

- Hochgeschwindigkeits-Internetzugang
- Home Shopping
- Home Banking
- E-commerce
- Videokonferenzen
- Video on Demand
- Telelernen



*SkyBridge* benutzt den Asynchronous Transfer Mode (ATM) und arbeitet mit dem gleichen Frequenzbereich (10-18 GHz), in dem auch GEO-Satelliten senden. Die *SkyBridge*-Konstellation kann bis zu 215 Gbit/s routen.

#### **2.1.5.6 Euroskyway**

*Alenia Spazios EuroSkyWay* ist Europas erstes Satellitennetzwerk für Zweiwege-Breitband-Kommunikation mit einfachen Terminals und kleinen Antennen.

*EuroSkyWay* bietet Bandbreite On Demand an mit einer Kapazität von 45 Gbps, der Service soll über Provider vertrieben werden, nur in bestimmten Fällen auch direkt an Großkunden wie Krankenhäuser und Universitäten.

*EuroSkyWay* soll ab 2003 einsatzbereit sein, mit einer Konstellation von fünf geostationären Satelliten auf K<sub>a</sub>-Band-Basis.

Die PC-basierten Terminals werden Datenraten bis zu 32 Mbps empfangen und je nach Terminal mit einer Geschwindigkeit zwischen 160 kbps und 2 Mbps senden können. Die *EuroSkyWay Operating Company* ist als Multimedia-Operator in Italien registriert.

Der erste *EuroSkyWays* Satellite soll 2003 gelauncht werden, ein Jahr später soll der zweite folgen; diese beiden Satelliten werden Europa und das Mittelmeergebiet abdecken. Eine weitere Ausdehnung Richtung Afrika, Osteuropa und Asien mit drei weiteren Satelliten ist geplant.

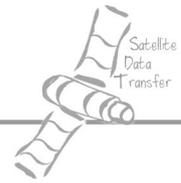
#### **2.1.5.7 SES Astra**

*SES Astra* ist eine Tochtergesellschaft der *SES GLOBAL*. Die Astra Flotte umfasst derzeit 13 Satelliten, die vom Hauptquartier in Betzdorf (Luxemburg) aus überwacht werden. Die Verfügbarkeit ihres Netzwerkes gibt Astra selbst mit 99.99% an.

Die Hersteller der Satelliten sind *Boeing Satellite Systems (Hughes Space and Communications)*, *Astrium (Matra Marconi Space)* und *Alcatel Space*.

Astras Launch Service Providers sind *Arianespace* und *International Launch Services (ILS)*. *Arianespace* ist ein Europäisches Konsortium, das die *Ariane 4* und *Ariane 5* Launchraketen vertreibt.

*ILS* ist ein Gemeinschaftsunternehmen von *Lockheed Martin*, *Khrunichev Enterprises* und *RSC Energia*, das die russische *Proton Rakete* vertreibt, die von *Khrunichev Enterprises* in Moskau hergestellt wird.



Die *Astra-NET* Plattform von *SES Astra* umfaßt sowohl Business-to-Business wie auch Business-to-Consumer Applikationen, sowohl für Unternehmen wie auch für öffentliche Einrichtungen.

Andere angebotene Dienste sind unter anderem Telelernen und Video-Promotions.

### **2.1.5.8 Intelsat**

*Intelsat (International Telecommunications Satellite Organization)*, seit Juli 2003 ein privates Unternehmen der *Intelsat, Ltd.* ist ein globales Netzwerk mit 26 GEO Satelliten, wovon 24 dem Unternehmen gehören und die Kapazität zweier zusätzlichen Satelliten geleast wird. Ein weiterer Satellit befindet sich gerade im Bau und soll Ende dieses Jahres oder im ersten Quartal 2004 gelauncht werden. Die Satelliten senden im C- und im K<sub>u</sub>-Band.

Angebotene Dienste umfassen unter anderem

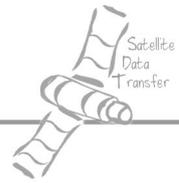
- Corporate Network
- Internet
- Video
- Telephonie

*Intelsat* konzentriert sich vorallem auf seine Key Customers, so unterzeichnete *MCI*, ein großes amerikanisches Telekommunikationsunternehmen, erst dieses Jahr ein Abkommen mit *Intelsat*. Desweiteren dehnt sich *Intelsat* gerade auf den Afrikanischem Markt aus und schloss mehrjährige Verträge mit der *Ethiopia Telecom* und der *SADC (Southern African Development Community) Telecom*, ebenso wie ein Dreijahresvertrag mit *Broadband Technology, Ltd.* über die Bereitstellung von 36 MHz Kapazität für die Verbindung zu deren Nigerianischem Netzwerk.

Auch im Mittleren Osten und im Asiatisch-Pazifischen Raum ist *Intelsat* verstärkt aktiv und hat diese Jahr z.B. einen Vertrag mit *Fast Telecommunications*, einem Kuwaitischen Unternehmen abgeschlossen.

### **2.1.5.9 Eutelsat**

*Eutelsats* Flotte besteht aus 23 geostationären Satelliten, 20 davon in vollem Besitz auf der HOT BIRD Position 13° Ost. Seine Marktpräsenz ist global und deckt beinahe alle Kontinente bis auf Australien ab. Die Einnahmen des seit Juli 2001 privatisierten Unternehmens lagen 2001-2002 bei 659 Mio. €, außerdem hält *Eutelsat* 27,7 % der Anteile an *HISPASAT*, Spaniens nationalem Satelliten-Operator.

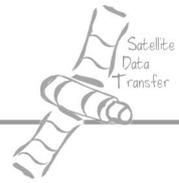


Der angebotene Service umfasst:

- Broadcasting
- Direct-to-home
- Video Distribution und Contribution Services
- Corporate Network Solutions
- IP Applikationen, wie Multimedia-Distribution, Breitband-Internetzugang und Internet Backbone-Verbindungen

*Eutelsat* bietet seine Kapazität sowohl Service Providern wie auch Endkunden an. Seit 2002 bietet das Unternehmen seinen *OPENSKY* Service an, der Endkunden einen Breitband-Internetzugang durch eine hybride DVB/IP-Plattform bietet. Dies erlaubt eine Satellitenverbindung vom Internet zum Endnutzer und eine terrestrischen Rückkanal. Aber auch Zweiwege-Breitband-Satelliten-Netzwerke werden angeboten, dabei stellt *Eutelsat* die notwendigen Satelliten-Kapazitäten zur Verfügung, die Kunden selbständig zur Unterhaltung ihres Netzwerkes nutzen können (Bsp. für solche Kunden sind *Aramiska*, *Websat*, *Telespazio* und *Hughes Network Systems*).

*Eutelsats* eigene Lösung baut auf der D-Star Technologie auf, die den DVB-RCS Standard benutzt. Bevorzugte Satelliten für Broadband Lösungen sind *W3* und *ATLANTIC BIRD*™ 2. Aber auch der *ATLANTIC BIRD*™ 1 und 3, im August 2002 gelaunchte Satelliten, sowie der *e-BIRD*™ Satellit sind für Multimedia Applikationen gut geeignet.



## 2.1.6 VSAT Netzwerke

VSAT steht für Very Small Aperture Terminal. VSAT Netzwerke haben oft eine Stern-Topologie mit einem zentralen Hub und vielen direkt beim Anwender installierten Empfangsstationen, die aus einer kleinen Antenne und einer Set-Top-Box bestehen. Es gibt jedoch auch Netzwerke, die in der Point-to-Point- oder „mesh“-Form ohne Hub arbeiten.

Der große Vorteil dieser Netzwerke ist die gute Skalierbarkeit, da einfach neue VSATs in das Netzwerk integriert werden können, um die Anzahl der Nutzer zu erhöhen.

Üblicherweise werden 14 / 11-12 GHz und 6 / 4 GHz Bänder benutzt, die Kodierungs-, Modulations- und Zugriffstechniken können sehr verschieden sein, abhängig von der größten Effektivität einer bestimmten Technologie beim Einsatz der VSATs. Die Satelliten sind geostationär, da nur festinstallierte Antennen wirtschaftlich vertretbar sind. Die Übertragungsgeschwindigkeiten liegen zwischen 64 kbps und 2 Mbps. Pro Zentralstation werden bis zu 500 Geräte unterstützt, pro Netz maximal 16.000.

Die Terminals können sowohl für den One-Way-Empfang wie auch die Two-Way-Kommunikation ausgelegt sein. Im zweiten Fall bestehen sie aus einer Außeneinheit (ODU), die den Returnlink-Modulator, den Upconverter und die Transmittereinheit beinhaltet, und einer Inneneinheit (IDU), die als Transceiver bzw. Router funktioniert und sowohl über serielle Ports wie auch Ethernet-Schnittstellen verfügt.

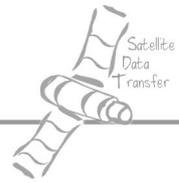
## 2.2 Standards und Protokolle

Im folgenden werden die wichtigsten Standards und Protokolle beim Datentransfer via Satellit erklärt, sowie die besondere Merkmale der satellitengestützten Datenübertragung genau erläutert.

### 2.2.1 Dynamisches Routing aufgrund der Netzwerktopologie

Um eine zielbasierte Datenweiterleitung an den nächsten geeigneten Hop durchführen zu können, benötigt ein Satellit Topologie-Informationen über die Konstellation der Satelliten und die der Erdstationen, welche er bedient.

Diese Informationen zu erhalten kann eine komplexe Aufgabe sein, denn die Topologie ändert sich häufig aufgrund der Umlaufbahnen, Geschwindigkeiten und *Satellit-an-Satellit Übergaben (Handovers)*.



Nachdem Satelliten mit *OBP (On Board Processor)* und *ISLs (Inter Satellite Links)* nur über begrenzte Prozessor-Ressourcen und Speicherkapazitäten verfügen, können sie realistischlicherweise nicht als Peers (gleichrangige Partner) terrestrischer IP-Router angesehen werden, welche ein IP-Routing-Protokoll installiert haben und bis zu 70 000 Routing-Tabellen-Einträge verwalten können; trotz dieser begrenzten Ressourcen ist jedoch ein *Dynamisches Routing* möglich.

Nachdem bis zu einem gewissen Grad eine zeitliche Vorhersage der Netzwerkgröße und Position möglich ist, kann man diese vorherberechnen und die korrekte Topologie periodisch in den Bordprozessor des Satelliten laden. Diese Berechnung kann durch die Bodenstation des Providers des Satelliten erfolgen und muss dann an den Satelliten übertragen werden, sie könnte aber auch an Bord des Satelliten erfolgen.

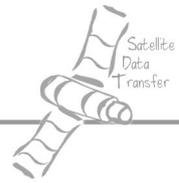
Ein Satellitennetzwerk kann als *separate IP-Routing Domain* behandelt werden. Sobald Pakete in den Satellitenbereich gelangen, können deren Routing-Funktionen sie bis an einen geeigneten Austrittspunkt weiterleiten. Verschiedene Techniken wie *IP-Tunneling* und *ARP (Address Resolution Protocol)* können verwendet werden, um IP-Pakete für die Weiterleitung durch den ISL-Bereich einzukapseln.

Man kann den Satellitenbereich auch als separates *autonomes Routing-System* behandeln und das *BGP (Border Gateway Protocol)* zwischen terrestrischen und Satelliten-Netzwerken laufen lassen.

Die Verwendung von dynamischem Routing in Satelliten-Netzwerken, welche ISLs, OBP, Spot-Beam Antennen und  $K_a$ -Band (Frequenzen zwischen 18 und 31 GHz) verwenden, bringt einige Vorteile:

- effizientere Ausnutzung der Netzwerk-Ressourcen (Frequency Reuse) und größere Bandbreite für interaktive Multimedia-Anwendungen,
- Antennen mit kleineren Durchmessern sowie geringerer Stromverbrauch für standortfeste und mobile Nutzer,
- effizientes Multicast-Routing sowie
- dynamische Ressourcen-Zuteilung je nach Bedarf.

Provider wie Astrolink verwenden beispielsweise Technologien, welche es ermöglichen, den Benutzern Breitbandsprach-, Daten- und Video-Services zu liefern.



## 2.2.2 TCP via Satellit

Das *Transmission Control Protocol*, kurz *TCP* genannt, stellt einen zuverlässigen, verbindungsorientierten Transportdienst für Unicast-Anwendungen zur Verfügung. Um eine Performance-Verbesserung, also einen höheren *Durchsatz (Throughput)* zu erreichen, versucht man Netzüberlastungen zu vermeiden. Dazu verwendet der TCP-Sender einen *Fenster-Mechanismus (Sliding Window Protocol)*, um seine Übertragungsrate basierend auf dem Netzwerk-Feedback, welches über die *ACKs (Acknowledgements, Empfangsbestätigungen)* des TCP-Empfängers erfolgt, anzupassen.

Die Fenstergröße ist als Anzahl ausstehender Pakete anzusehen, welche der Sender über das Netzwerk übertragen kann, bevor ein ACK erforderlich ist. Es erfolgt also ein *Send on Credit*.

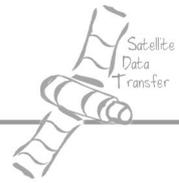
Zu Beginn der Verbindung wird die *Fenstergröße (SWS, Sender Window Size)* auf 1 gesetzt. Für jedes akzeptierte, das heißt vom Empfänger durch ein ACK bestätigtes Paket, wird die Fenstergröße um eins erhöht. Diese *Slow-Start* Phase ermöglicht eine allmähliche Steigerung der Fenstergröße, *Congestion Control* genannt, bis der Sender eine Verkehrsüberlastung durch Paketverlust bemerkt. Der Paketverlust wird dadurch erkannt, dass innerhalb eines bestimmten *Zeitintervalls (Timeout)* keine Bestätigung durch den Empfänger erfolgt.

Der TCP-Sender verkleinert daraufhin seine Fenstergröße, schickt das verloren gegangene Paket nochmals und wiederholt den Congestion Control Prozess.

### Asymmetrie der Bandbreite

Im allgemeinen hat eine vorwärts gerichtete Satellitenverbindung Sender – Empfänger mehr Bandbreite als die entgegengesetzt gerichtete Verbindung (*Reverse Link* oder *Return Channel* genannt). Ein großer Unterschied in den beiden Bandbreiten würde den Sender bremsen, da er darauf wartet, dass die ACKs über den langsameren *Reverse Link* zurückkommen.

Beispielsweise schickt der Sender die Daten an den Empfänger mit einer Bandbreite von mehreren Mbps via Satellit. Der Empfänger schickt seine ACKs über ein terrestrisches Medium, welches nur über eine Bandbreite einiger kbps verfügt. Aufgrund des geringen Datendurchsatzes oder einer Verkehrsüberlastung auf dem terrestrischen Medium kann es nun passieren, dass die ACKs zu spät beim Sender ankommen und er bereits eine Neusendung des verloren gegangenen Pakets gestartet hat. Eine Verkehrsüberlastung



auf dem terrestrischen Medium kann aber auch dazu führen, dass mehrere ACKs unmittelbar hintereinander bei einem Router eintreffen und dessen Puffer damit überfüllen. ACKs, welche nicht mehr in die Warteschlange des Routers aufgenommen werden können, gehen verloren.

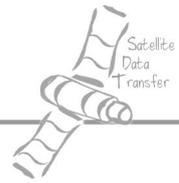
Dadurch wird aber beim Sender wieder eine Neusendung und somit eine Verminderung des Datendurchsatzes am Netz ausgelöst.

Ein langsamer Rückflusskanal kann aber auch Paketverluste auf dem Hochgeschwindigkeits-Vorwärtskanal nach sich ziehen. Wenn ACK-Pakete sich entlang des Rückflusskanals in Puffern befinden, kann es leicht passieren, dass auf einmal eine große Anzahl von ACKs beim TCP-Sender eintrifft, was zur Folge hat, dass innerhalb kurzer Zeit eine Menge von Daten ins Netzwerk geschickt werden, d.h. ein *Data-Burst* erzeugt wird. Dadurch kann es wiederum zu einem Überlaufen der Router-Puffer kommen, wodurch die Datenpakete verloren gingen und deren neuerliche Übertragung erfolgen müsste.

Diesen Problemen könnte man durch die Modifikation der Frequenz und des Formats der ACKs, welche über einen langsamen Rückflusskanal gesendet werden, entgegenwirken:

- *TCP/IP Header Kompression*: reduziert die Größe des ACK-Pakets
- *ACK filtering (Suppression)*: reduziert die Anzahl der ACK-Pakete, welche über den Rückflusskanal geschickt werden; nachdem TCP kummulative ACKs verwendet, können ACKs mit niedrigen Sequenznummern beispielsweise verworfen werden
- *ACK spacing*: Zwischenräume zwischen den ACKs haben zur Folge, dass die ACKs nicht gehäuft beim Sender eintreffen können und somit keinen data-burst im vorwärts gerichteten Netzwerk erzeugen können

Ein Netzwerkadministrator kann spezielle Gateways, sogenannte PEPs (*Performance Enhancing Proxies*) zwischen terrestrischen und Satelliten-Segmenten positionieren, um die Leistung und Zuverlässigkeit der End-to-End TCP und Application Sessions zu verbessern. Dadurch kann man sich die Installation oben angeführter Maßnahmen beim TCP-Host ersparen.



Es gibt einige Standard-Mechanismen, welche sich mit den TCP-Performance-Problemen bei Satellitenverbindungen beschäftigen:

### **Größere Fenster**

Wenn das Fenster sowohl am Data Link Layer als auch am TCP Layer zu klein angesetzt wird, leidet die Performance darunter, da aufgrund der langen Rücklaufzeiten der ACKs die auf dem Data Link Layer implementierten Retransmission-Mechanismen oft zu früh ausgelöst werden und sich somit auch negativ auf den TCP Transfer auswirken.

### **MTU Discovery (Path Maximum Transmission Unit Discovery)**

Es wird dabei die größtmögliche Paketgröße für eine bestimmte Netzwerkverbindung ermittelt. Damit soll eine Fragmentierung der IP-Pakete vermieden werden. Dadurch erspart man sich die Zeit für den Fragmentierungsprozess und den Prozess des Wiederaussetzens. Außerdem wird dadurch der Paket-Overhead reduziert, da mehr Byte pro Paket gesendet werden können. Größere Segmente erlauben es dem TCP-Sender auch, sein *Congestion Window* schneller zu vergrößern.

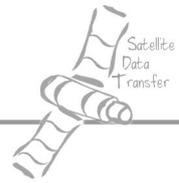
Ein Nachteil von MTU Discovery ist jedoch, dass die Ermittlung der maximal möglichen Paketgröße auch einiges an Zeit benötigt. Man kann dem jedoch wiederum entgegenhalten, dass es bereits allgemein bekannte MTU-Werte gibt und dass das System aufgrund bereits ermittelter und gespeicherter MTU-Werte einiges an Zeit einsparen kann.

### **Selective Acknowledgements**

Dabei handelt es sich um einen Algorithmus zur Wiedergewinnung von Daten, bei dem der Empfänger selektiv angeben kann, welche Blöcke (Segmente) er nicht erhalten hat. Dadurch wird es möglich, nur korrumpierte bzw. verloren gegangene Pakete erneut senden zu müssen.

### **Forward Error Correction (FEC)**

Um die Verbindungsbedingungen zu verbessern und damit die Fehlerraten zu verkleinern, könnten beispielsweise stärkere Transmitter und/oder größere Antennen verwendet werden oder man setzt noch bessere Kodierungsverfahren ein.



## Explicit Congestion Notification

*Explicit Congestion Notification (ECN)* erlaubt es Routern, die TCP-Sender durch entsprechende Signale über bevorstehende Überlastungen zu informieren, ohne dass es zu einem Verlust von Segmenten kommen muss. Drohende Verkehrsüberlastung können Router aufgrund der Belegung ihrer Warteschlangen erkennen.

### Problem beim TCP via Satellite:

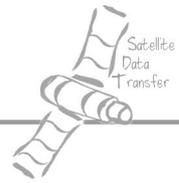
- Long Feedback Delay: Verbindungen über geostationäre Satelliten bringen *RTTs (Round Trip Times)* von bis zu 600 ms, wodurch sie nicht nur für Telefondienste (Sprachübertragungen) nicht geeignet sind, da in diesem Bereich Verzögerungen von 200 ms bereits störend wirken, sondern sie wirken sich auch schlecht auf eine TCP- Verbindung aus.

Muss der TCP-Sender zu lange auf die ACKs warten, wirkt sich dies aufgrund des zuvor beschriebenen Congestion Control Mechanismus negativ auf die Übertragungsrate aus.

## 2.2.3 DVB Digital Video Broadcasting

Beim Digital Video Broadcasting (DVB) handelt es sich um eine Sammlung von Standards, die die Übertragung von MPEG2-Datenströmen oder -kanälen bestimmen. Dies kann über eine Vielzahl von Übertragungsmedien geschehen; dabei standardisiert DVB-S die Satellitenübertragung, DVB-C steht für Cable, also die Übertragung per Glasfaserkabel und DVB-T regelt die terrestrischen Dienste. Die DVB-Standards gelten für Rundfunk- und Telekommunikationsdienstleister, Gerätehersteller, Anwendungsentwickler und alle digitalen Datendienste. Da DVB auf offenen Standards basiert, lassen sich Geräte und Technologien unterschiedlicher Hersteller gut miteinander verbinden.

DVB basiert auf dem ISO-Standard 13818 zur MPEG-2-Codierung, Standardalgorithmen zur Verschlüsselung und Multiplexing-Spezifikationen. Die IP-Datenpakete gehen über ein ATM- oder Router-Interface in ein DVB-fähiges Netzwerk ein. Mit Hilfe *des IP-Encapsulators (IPE)* wird ein IP/DVB-Datenstrom im MPEG2-Format gebildet. Zusammen mit den aus anderen Quellen stammenden MPEG2-Datenströmen, wie Video- oder Audiosequenzen, wird dieser IP/ DVB-Datenstrom zu *Transportstreams* gemultiplext. Eine Reihe von verschiedenen Kodierungen folgen, so zuerst nach dem *Reed-Solomon (RS)*



Prinzip, dann ein *Convolutional Inner Coding*, schließlich wird nach der *Modulation (QPSK Modulation)* der gesamte Datenstrom an den Uplink übertragen.

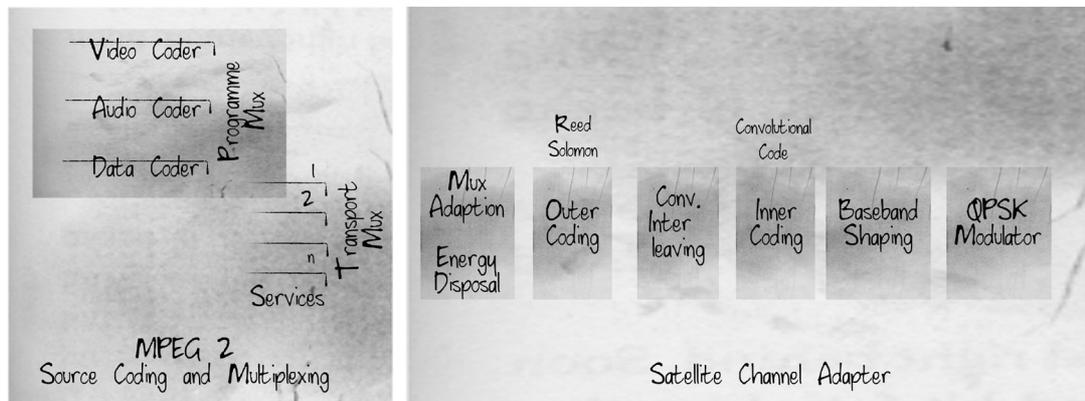


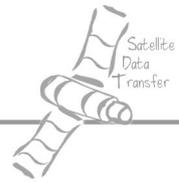
ABB 8: Blockdiagramm DVB

Optional werden MPEG-2-Pakete auch mit dem *DVB-Scrambling-Algorithmus* verschlüsselt.

Das System ist optimiert für TDM (Time Division Multiplexing), kann aber auch für FDM (Frequency Division Multiplexing) verwendet werden

Bevor DVB eingeführt wurde, wurden mehrere Satellitendienste, die dafür alle unterschiedliche Frequenzen und verschiedenen Leistungspegel haben mussten, auf separaten Trägern eingerichtet. Dank DVB können nun bis zu 64 IP-Multicast und 512 Unicast pro Transponder (mit 54 MHz und einer Übertragungsleistung von 58 Mbit) eingerichtet werden. So kann auch eine VSAT-Bodenstation mehrere Internet-Anwendungen bzw. -Kanäle gleichzeitig empfangen.

Die wichtigste Komponente für den Empfang der DVB-Kanäle oder -Dienste ist der *integrierte Empfangsdecoder (Integrated Receiver Decoder, IRD)*, der bis zu vier DVB-Kanäle oder -Dienste verarbeiten kann. Physisch handelt es sich dabei um eine so genannte Set-Top-Box mit einer Antenne, die sowohl über serielle als auch über RJ45-Ethernetanschlüsse verfügt (mit einer Datenrate von max. 4 Mbps). Jedem IRD kann ein *Conditional Access Module (CAM)*, ein Modul für bedingten Zugang, das eine *Smartcard* enthält, hinzugefügt werden. Die optionale Smartcard dient der *Entschlüsselung (Descrambling)* der Datenpakete und zugriffsgeschützten Informationen; dies gewährleistet hohe Datensicherheit.



## 2.2.4 IP-over-MPEG-2/DVB

Eine der interessantesten Entwicklungen der letzten Jahre im Bereich der Satellitenkommunikation ist die Verwendung von IP über *Direct Video Broadcast Satellite* (DVB-S) Systeme.

DVB ist ein internationaler Standard, welcher das Format und Protokolle für die Übertragung von Video und Sprache in digitaler Qualität über broadcast-fähige Netzwerke (Kabel, Satelliten usw.) definiert. s. 2.2.3

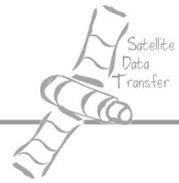
MPEG-2, die Spezifikation der *Motion Picture Experts Group* ist ein integraler Bestandteil obiger Spezifikation. Sie stellt Mechanismen für die Kompression und das Multiplexen mehrfacher Informationsströme für den Datentransport über Hochgeschwindigkeitsnetze zur Verfügung.

ETSI, das *European Telecommunications Standard Institute* hat das Potential von DVB-Netzwerken zur Übertragung von Internetdaten erkannt und den DVB-Standard derart erweitert, dass auch das Broadcasting von Daten unterstützt wird. Somit können Internetdaten durchsetzt mit traditionellen MPEG-2-codierten DVB-Inhalten über 40 Mbps Downlinks geschickt werden. Es wird dabei eine *Multiprotokoll-Kapselungstechnik (MPE)* verwendet.

Bei der MPE-Technik werden IP-Pakete

- zuerst in einen *MPE-Header* eingebettet, welcher eine den Empfänger-Host identifizierende *MAC-Adresse* enthält.
- danach wird es noch mit einem *Section Header* versehen, der dazu verwendet wird, das Paket wieder zusammen zu fügen, falls es wegen Überschreitung der fixen MPEG-2-Transportzellengröße fragmentiert werden muss.
- Die so verpackten Daten werden dann in 184 Byte große MPEG-2 *Transport Stream Cells* zerlegt. Jede dieser Zellen bekommt noch einen 4-Byte Header, welcher den *Packet Identifier (PID)* enthält.

Der PID definiert, welchem Informationsstrom das Paket angehört. So kann man beispielsweise unterschiedliche PID-Werte für Broadcast TV, Digital Audio und Internet Datenservices verwenden. Der PID kann auf der Empfängerseite dazu verwendet werden, um festzustellen, an welchen Anwendungsbereich das Paket weitergeleitet werden soll.



Das auf diese Weise eingekapselte IP-Paket hat inzwischen eine Größe von 188 Byte.

- Abschließend werden noch 16 Bit *Forward Error Correction Information (FEC)* hinzugefügt, wodurch die Zelle eine Größe von insgesamt 204 Byte erreicht. Diese 204-Byte-Zelle wird nun mit anderen MPEG-2-Transportzellen, welche unterschiedlichen Strömen angehören können, gemultiplext und durch einen *Quadrature Phase-Key Shifting* Modulator geschickt, um das Signal zum Satelliten-Transponder zu senden. Der Empfänger muss über einen *Integrated Receiver / Decoder (IRD)* verfügen, welcher die ankommenden Ströme wieder demultiplexen und die benötigten Informationen wie PID, MAC- und IP-Adresse herausfiltern kann.

Skystream Networks und ASTRA verfügen beispielsweise über einen *MPEG-2 Encapsulator*.

Bei Skystream Networks gibt es einen zusätzlichen Mechanismus, welcher die Bandbreiten begrenzen soll. Die *Section Packing* genannte Technik verpackt dabei IP-Pakete unterschiedlicher Größe in eine MPEG-2-Zelle fixer Größe, sofern dort noch Platz vorhanden ist. Man verspricht sich dadurch eine 30%-ige Rückgewinnung der Satellitenbandbreite.

Der Einsatz von Satelliten für einen Zwei-Wege-Internetzugang bringt noch weitere Vorteile. Wenn die Satellitenschüssel auf dem Hausdach Teil eines interaktiven Satelliten-Terminals wird, welches Daten nicht nur empfangen, sondern auch senden kann, ist kein terrestrischer Rückflussskanal, wie zum Beispiel ein Modem zum Einwählen ins Internet, mehr nötig; damit könnte der Benutzer bis zu 38 Mbps an DVB/MPEG-2 Daten über ein  $K_u$ -Band (10 – 18 GHz) downlink empfangen und bis zu 2 Mbps über ein Ka-Band (18 – 31 GHz) unter Einsatz von *MF-TDMA (Multiple-Frequency Time-Division Multiple Access)* uplink senden. Aufgrund der auf dem Uplink-Kanal verwendeten höheren Frequenz können beim Benutzer kleinere und billigere Antennen installiert werden.

## 3. Satellitengestützter Datentransfer

Die Besonderheiten des Datentransfers via Satellit liegen vor allem in seiner Multicastfähigkeit, sowie des Vorteils der Umgehung des Internet Backbone.

### 3.1 Multicast

Einer der wichtigsten Begriffe bei der heutigen Datenübertragung ist das sogenannte Multicast, bei dieser Übertragungsart werden einzelne Usergruppen gebildet, die von der Sendestation direkt angesprochen werden können. Dem gegenüber stehen das Unicast, sowie das Broadcast Modell, die hier ebenfalls kurz vorgestellt werden.

#### 3.1.1 Das Unicast Modell

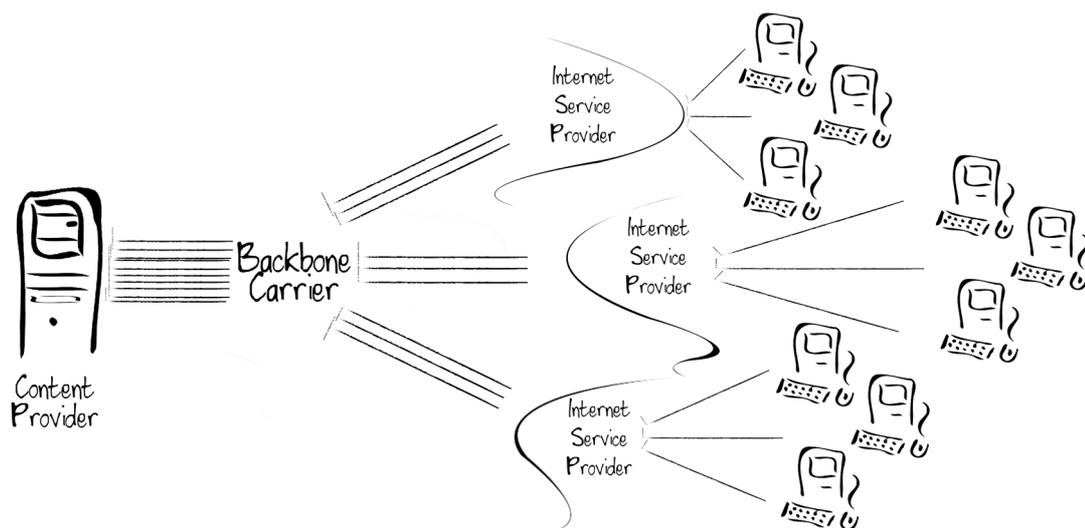


ABB 9: Unicast Topologie

Jedem Nutzer wird eine Kopie jedes Paketes gesendet. Unicast ist leicht zu implementieren, aber schwierig zu skalieren, wenn die Zahl der User zu groß wird. Außerdem verbraucht Unicast zuviel Bandbreite, da dieselbe Information mehrere Male übertragen werden muss, selbst wenn es sich um gemeinsam genutzte Links handelt.

Die Nachteile des Unicast-Modells sind die hohen Bandbreite-Kosten, da alle Daten vom jedem einzelnen Endnutzer heruntergeladen werden, sowie die niedrige Übertragungsqualität, da zwischen dem Content Provider und dem Endnutzer schnell 20 bis 40 Routerhops auftreten können, je weiter auseinander die beiden liegen desto schwieriger wird die Übertragung, das heißt nur Nutzer, die nahe an der Quelle sind haben den optimalen Zugang.

### 3.1.2 Das Broadcast Modell

Eine Kopie jedes Datenpaketes wird an eine Broadcast-Adresse gesendet, bzw. an eine Uplink Station geschickt, die die Daten dann an die Endnutzer sendet.

Broadcast ist leichter zu implementieren als Unicast, aber es ist schwieriger zu routen, besonders über weite Strecken hinweg. Hierbei wird Bandbreite verschwendet, wenn es nur wenige Empfänger gibt, da die Daten trotzdem an alle Hosts des Netzwerk übertragen werden.

### 3.1.3 Das Multicast Modell via Satellit

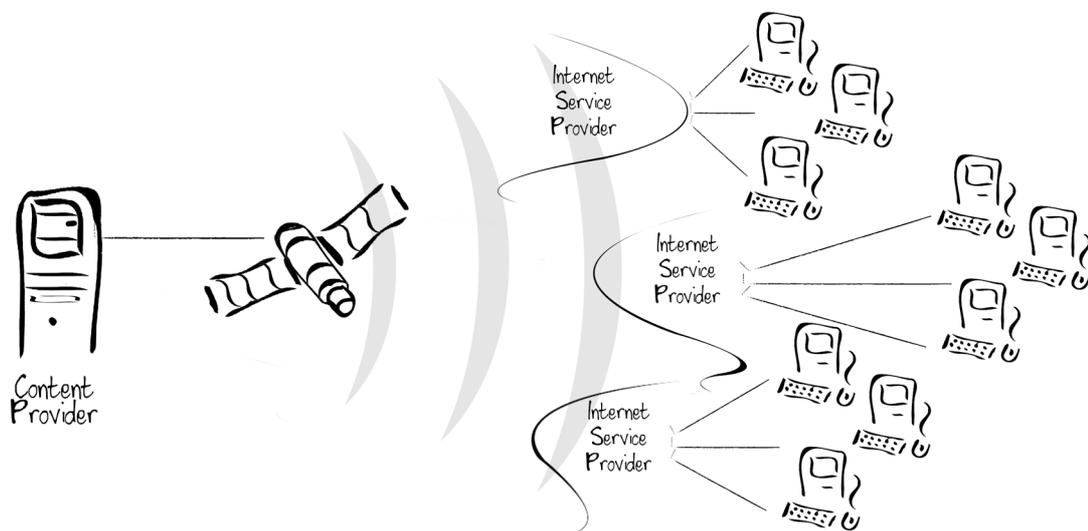


ABB 10: Multicast Topologie

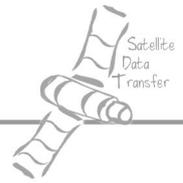
Werden nur bestimmte Endnutzer angesprochen, sogenannte Usergruppen, spricht man von Multicast.

Eine Kopie eines Paketes wird an eine Gruppe von Empfängern geschickt, wodurch die benötigte Bandbreite deutlich reduziert wird. Der Hauptvorteil liegt hierbei also bei den niedrigen Bandbreiten-Kosten, da nur ein Stream für viele Endnutzer gleichzeitig heruntergeladen werden muss.

Außerdem arbeiten Multicast-Applikationen unabhängig von Domain Grenzen und können im gesamten Internet eingesetzt werden.

Es gibt generell drei unterschiedliche Kategorien im Multicast:

*One to many* bedeutet ein einziger Host sendet an zwei oder mehr Empfänger. Typische Anwendungen sind z. B. Database Updates oder Live Konzerte.



*Many to one* bezieht sich auf die Rückmeldung beliebig vieler Empfänger an die Sendequelle, Beispiele hierfür sind Auktionen oder moderierte Applikationen.

*Many to many* besteht aus einer beliebigen Anzahl von Hosts, die an die gleiche Multicast Adresse senden und auch Rückmeldungen davon empfangen, z. B. bei Multimedia Konferenzen oder Multi-Player Spielen.

Im Moment sind noch One to many Applikationen am häufigsten vertreten, aber die Nachfrage nach Many to many wächst mit der Entwicklung neuer Technologien ständig.

Die spezifischen Vorteile beim Multicast via Satellit sind der globaler Zugang zu den Daten, sowie die geringe Installationszeit und die leichte Skalierbarkeit des Netzwerks, ebenso wie der Zugang zu Gebieten ohne terrestrische Anbindung. Der QoS (Quality of Service) Faktor ist extrem hoch, da ein minimaler Package Verlust anfällt. (0,5% im Vgl. zu 25% bei terrestrischen Netzen).

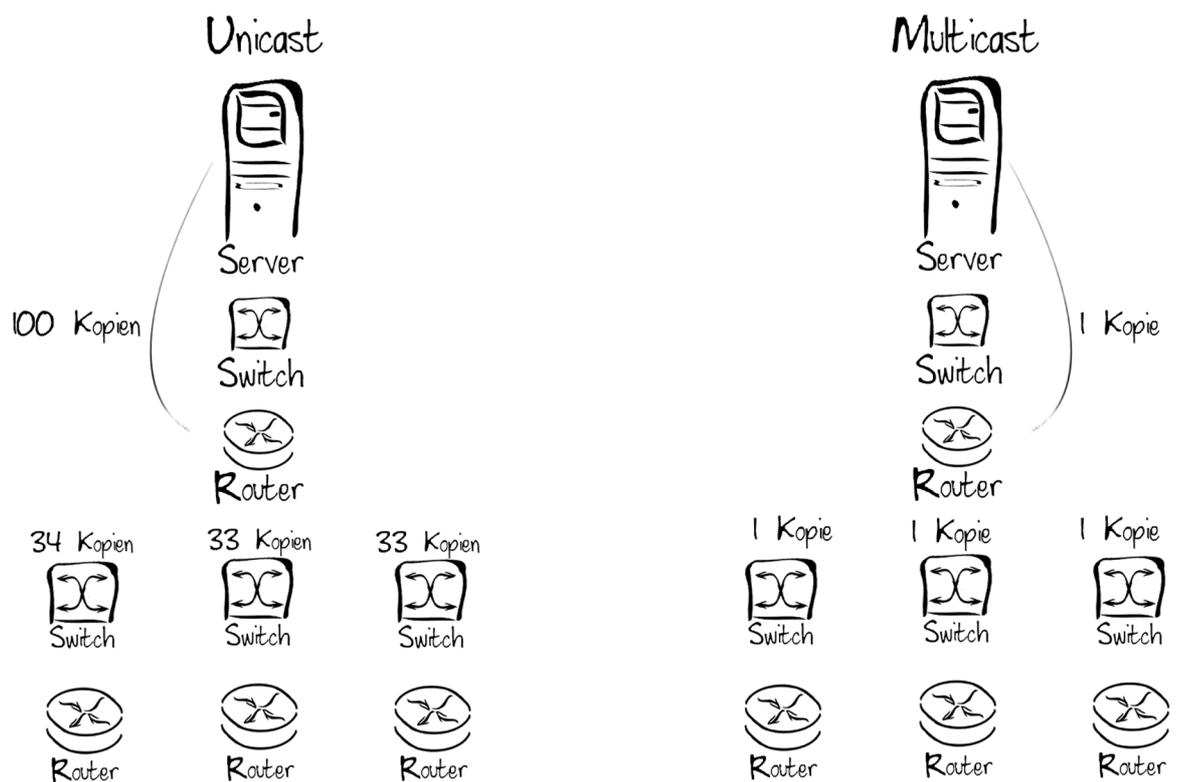
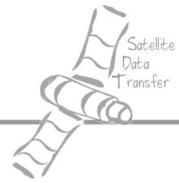


ABB 11: Vergleich Unicast – Multicast



### 3.1.3.1 Der grundsätzliche Multicast Prozess

Der Client schickt eine *IGMP (Internet Group Management Protocol) Join Message* an den Multicast Router. Die Ziel MAC-Adresse wird auf die Class D Adresse der Gruppe abgebildet.

Der Router loggt die Join Message und benutzt *PIM (Protocol Independent Multicast)* oder ein anderes Multicast Routing Protokoll um sein Verteilerschema zu erweitern.

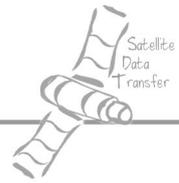
Der IP Multicast Verkehr wird nun vom Server über den Router an das Subnetzes des Kunden übertragen. Die Ziel MAC-Adresse entspricht der Class D Adresse der Gruppe.

Der Switch empfängt die Multicast-Pakete und führt sein Forwarding Schema aus. Wenn kein Eintrag für die MAC Adresse existiert, werden die Daten im Broadcast Mode übertragen, andernfalls nur an die bestimmten Ports.

Mit IGMP V2 kann sich der Client beim Router abmelden, mit IGMP V1 bleibt er solange Mitglied der Gruppe bis er keine Rückmeldung mehr auf eine Nachfrage des Routers gibt.

OSI-Schichtenmodell		
7	Applications-Layer	Anwendungsschicht
6	Presentations-Layer	Darstellungsschicht
5	Session-Layer	Kommunikationssteuerungsschicht
4	Transport-Layer	Übertragungsschicht
3	Network-Layer	Vermittlungsschicht
2	Data-Link-Layer	Sicherungsschicht
1	Physical-Layer	Bitübertragungsschicht

Tab 1: OSI-Schichtenmodell



### Das Internet Protokoll(IP)-Schichtenmodell

Das Internet Protokoll (IP) ist ein verbindungsloser Übertragungsmodus. Es ist dafür verantwortlich, Daten-Pakete von einen Knoten zum nächsten zu befördern (sog. Routing). Die Versendung der einzelnen Pakete geschieht über die IP-Adresse. Das IP besteht aus 4 Schichten, die jeweils eine bzw. mehrere OSI-Schichten umfassen:

1	Data Link Layer	Als erstes gibt es eine Schicht für Protokolle zur physischen Übertragung der Daten (z.B: Ethernet). Diese umfasst die Physical Layer sowie den Data Link Layer des OSI-Modells. Auf dieser Ebene erfolgen bereits erste Zuverlässigkeitsprüfungen.
2	Network Layer	Diese Schicht besteht aus dem eigentlichen IP, das grundsätzliche Dienste zum Routing beinhaltet, damit die Daten an ihre Zieladressen gelangen. Das Routingkonzept bedient sich des sog. Internetworking, d.h. das der Wechsel zwischen verschiedenen Netzwerken gestattet ist.
3	Transport Layer	In dieser Schicht werden Transportprotokolle wie TCP oder UDP verwandt.
4	Application Layer	Auf dieser Schicht setzen die einzelnen Dienste auf, wie z.B. FTP, Telnet oder SMTP. Diese Schicht umfasst den Session, Presentation und Application Layer des OSI-Modells.

Tab 2: IP-Schichtenmodell

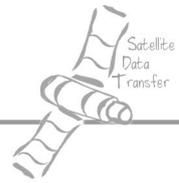
#### 3.1.3.2 Multicast im Einzelnen

Multicast Technologie kann zwar sowohl auf der Datenlink Ebene (Layer 2) wie auch auf der Netzwerkebene (Layer 3) implementiert werden, jedoch ist der Netzwerkebene der Vorzug zu geben, da Multipoint-Applikationen oftmals aus unterschiedlichen Netzwerk Technologien, wie Ethernet, FDDI, Token Ring, Frame Relay und ATM bestehen und somit Multicast auf dem Layer 3 eingerichtet werden muss.

Dabei gibt es folgende, spezielle Mechanismen:

#### IP Multicast Group Addressing

Es muss eine Layer 3 Adresse geben, die genutzt wird, um mit einer Gruppe von Empfängern zu kommunizieren, zusätzlich muss diese Adresse auf die Ebene 2 des physikalischen Netzwerks abgebildet werden. In IP Netzwerken werden die Class D Adressen für Multicast Anwendungen reserviert.



Im Gegensatz zu den Klasse A, B und C Adressen haben die letzten 28 Bits der Klasse D keine Struktur. Die Multicast Gruppen Adresse ist die Kombination der High-Order 4 bits 1110 und der Multicast Group ID. Diese werden gewöhnlich als Dezimalzahlen mit Punkten geschrieben und liegen zwischen 224.0.0.0 und 239.255.255.255.

Einige Multicast Group Adressen sind von der Internet Assigned Numbers Authority (IANA) festgelegt und ähneln im Konzept den well-known TCP und UDP Port Nummern. Zum Beispiel bedeutet 224.0.0.1 „alle Systeme in diesem Subnetz“ und 224.0.0.2 „alle Router dieses Subnetzes“.

<b>Class D Adresse</b>	<b>Bedeutung</b>
224.0.0.1	Alle Hosts im Subnetz
224.0.0.2	Alle Router im Subnetz
224.0.0.4	Alle DVMRP Router
224.0.0.5	Alle MOSPF Router
224.0.0.9	Routing Information Protocol (RIP)-Version 2
224.0.1.1	Network Time Protocol (NTP)
224.0.1.2	SGI Dogfight
224.0.1.7	Audio News
224.0.1.11	IETF Audio
224.0.1.12	IETF Video
224.0.0.13	Protocol Independent Multicasting

Tab 3: Class D Adressen

Beim Mapping der IP-Multicast-ID auf die Ethernet-Adresse werden nur die 23 low-order Bits berücksichtigt, was bedeutet, dass die resultierende Adresse nicht eindeutig ist; 32 verschiedene Multicast-Gruppen-IDs entsprechen jeweils einer Ethernet-Adresse, dies wiederum führt dazu, dass ein Host der Multicast empfängt unerwünschte Multicast-Pakete ausfiltern muss, die an Gruppen mit der selben MAC-Layer-Multicast-Adresse geschickt werden. Ethernet-Multicast-Adressen haben ein „01“ im ersten Byte der Ziel-Adresse um dem Netzwerkinterface eine leichte Unterscheidungsmöglichkeit zwischen Multicast- und Unicast-Paketen zu geben.

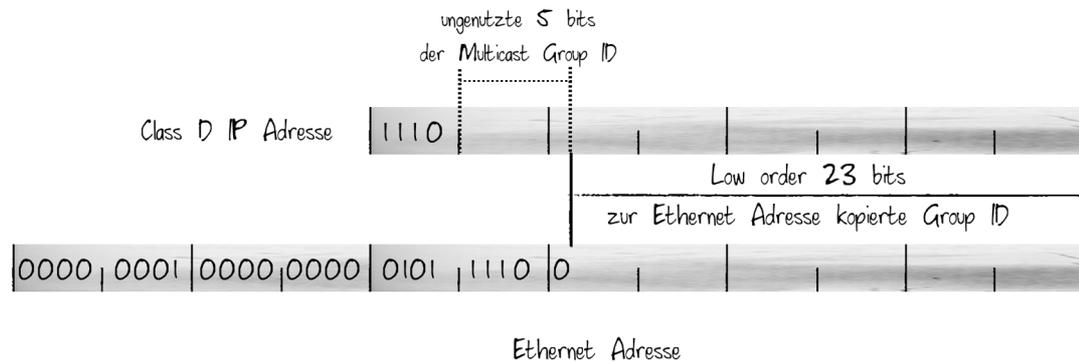
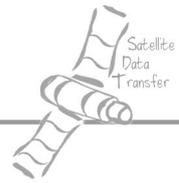


ABB: Multicast Mapping

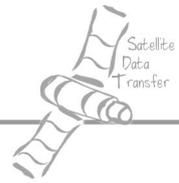
### Dynamic Registration

Das *Internet Group Management Protocol (IGMP)* ist ein integraler Bestandteil des IP. IMPG ist Teil des IP Layers und benutzt IP Datagramme, die aus einem 20 Byte IP Header und einer 8 Byte IGRP Message bestehen, um Information über die Multicast-Gruppe zu übermitteln.

Dieser Mechanismus informiert das Netzwerk über die Mitglieder einer Usergruppe. In IP Netzwerken ist das Internet Group Multicast Protocol zwischen Routern und Hosts dafür zuständig, dass die Mitgliederliste dynamisch verwaltet werden kann. Der Host schickt einen IGMP Report an den Router um einer Gruppe beizutreten, in gewissen Abständen schickt der Router wiederum Rückfragen, um zu prüfen ob die entsprechenden Hosts noch immer Teil der Gruppe sind. Antwortet der Host nicht, so wird er von der Liste gestrichen um unerwünschte Übertragungen zu minimieren. Mit IMPG V2 schickt der Host zusätzlich noch eine Nachricht, wenn er die Gruppe verlässt, was eine noch aktuellere Mitgliederliste und damit geringere Kapazitätsverschwendung fördert.

### Distribution Trees

Verteilerbäume werden entweder mit einem einzigen Pfad zwischen der Quelle und jedem LAN, das Empfänger hat, eingerichtet, sogenannte Source-based Trees, dies bietet zwar den kürzesten Routing Pfad, kann jedoch bei vielen Quellen mit vielen Empfängern zu Kapazitätsproblemen der Router führen oder aber es werden sogenannte Shared Trees gebildet, die um einen zentralen Router aufgebaut sind, Rendezvouspunkt genannt, von dem der ganze Verkehr verteilt wird, unabhängig davon, wo sich die Quelle befindet. Vorteil davon ist, dass die Router nicht so viele Pfade abspeichern müssen, jedoch kann es dadurch zu Umwegen im Netz führen, außerdem kann der Rendezvous-Router eventuell ein Flaschenhals im Netzwerk sein.



Protokoll	Dense Mode	Sparse Mode	Shared trees	Source Trees	Unterstützte Unicast Protokolle
PIM Protocol Independent Multicast	x	X	x	x	alle
CBT Core Based Trees			x	-	
MOSPF Multicast Open Shortest Path First			-	x	OSPF
DVMRP Distance Vector Multicast Routing Protokoll	x	-	-	x	Kein OSPF, IS-IS und EIGRP

Tab 4: IP Multicast Routing Protokolle

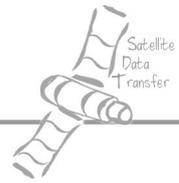
### Multicast Forwarding

Die meisten IP Anwendungen basieren auf UDP (User Datagram Protocol), das bei der Datenübertragung dem TCP unterlegen ist, was zur Folge hat, dass mehr Multicast als Unicast TCP Pakete verloren gehen. Dies kann durch eine adäquate Bandbreite vermindert werden. Die Verlässlichkeit der Multicast Übertragung kann gesteigert werden wenn das *ReSerVation Protocol (RSVP)*, das *Real-Time Transport Protocol (RTP)* und *802.1p* oder andere *Layer 2 Priority Mechanismen* End-to-End QoS über ein Layer 2 / Layer 3 Netzwerk ermöglichen.

### Multicast Routing

Das Netzwerk muss in der Lage sein einen einzigen Pfad zwischen der Datenquelle und dem Ziel zu finden, um keine Kapazitäten zu verschwenden

Es gibt verschiedene Multicast-Protokolle wie *Distance Vector Multicast Routing Protocol (DVMRP)*, *Multicast Open Shortest Path First (MOSPF)* und *Core-Based Tree (CBT)*, die jedoch entweder nur schwer skalierbar sind oder sich schlicht nicht durchgesetzt haben. Das wohl am weitesten verbreitete Protokoll ist *Protocol-Independent Multicast (PIM)*, welches leichter zu skalieren ist und außerdem mit existierenden Unicast-Protokollen wie OSPF und EIGRP interagiert.



Multicast Routing Protokolle fallen in zwei Kategorien: den Dense Mode (DM) und den Sparse Mode (SM).

DM Protokolle (wie MOSPF, DVMRP und PIM-DM) gehen davon aus, dass fast alle Router im Netzwerk die Multicastpakete für jede einzelne Gruppe verteilen müssen und bilden somit ihr Verteilerschema, indem sie das gesamte Netzwerk erst einmal überfluten und dann die kleinere Anzahl von Pfaden ohne Empfänger zurücknehmen.

SM Protokolle (wie CBT und PIM-SM) dagegen nehmen an, dass nur sehr wenige Router in jedem Multicast Vorgang involviert sind und beginnen deshalb mit einem leeren Verteilerschema, das sie nur auf spezielle Nachfrage erweitern.

DM Protokolle werden hauptsächlich im LAN eingesetzt, wo eine Bandbreite gegeben ist, die mit der Flutung zurecht kommt, während SM Protokolle ihren Einsatz in der WAN Umgebung finden.

Zusätzlich gibt jedoch auch einen hybriden Sparse-Dense Modus, der die Vorteile beider Vorgehensweisen ineinander vereint, da er die Flexibilität bietet, den Modus den Bedürfnissen der Usergruppen anzupassen.

### 3.1.3.3 Kosten

Beim Unicast wachsen die Kosten linear mit der Zahl der Empfänger, da die benötigte Bandbreite ebenfalls linear wächst, da jedes Paket an jeden einzelnen Empfänger gesendet wird. Broadcast wiederum sendet die Datenpakete an alle Hosts im Netzwerk, auch wenn diese dort nicht gebraucht werden und verschwendet so ebenfalls Bandbreite.

Multicast dagegen sendet ein einziges Multicast Paket an alle adressierten Empfänger, was eine effiziente Kommunikation und Transmission und optimierte Performance bietet.

Um IP Multicast nutzen zu können, müssen sowohl der Sender und der Empfänger, sowie alle Router dazwischen und die Netzwerk-Infrastruktur Multicast enabled sein. Dabei müssen die im folgenden Abschnitt 3.1.3.4 *Voraussetzungen für Multicast* aufgeführten Gesichtspunkte berücksichtigt werden.

### 3.1.3.4 Voraussetzungen für Multicast

Der Server und der Client Host müssen ein IP Protokoll haben, das Multicast unterstützt.

Die Network Interface Cards (NICs) müssen auf allen empfangenden Hosts dafür konfiguriert sein, Multicast-Pakete zusätzlich zu den üblichen Unicasts und Broadcasts zu überwachen.

Viele Switch Hops sind für Multicast nicht geeignet, im Idealfall ist ein End-to-End Netzwerk gegeben.

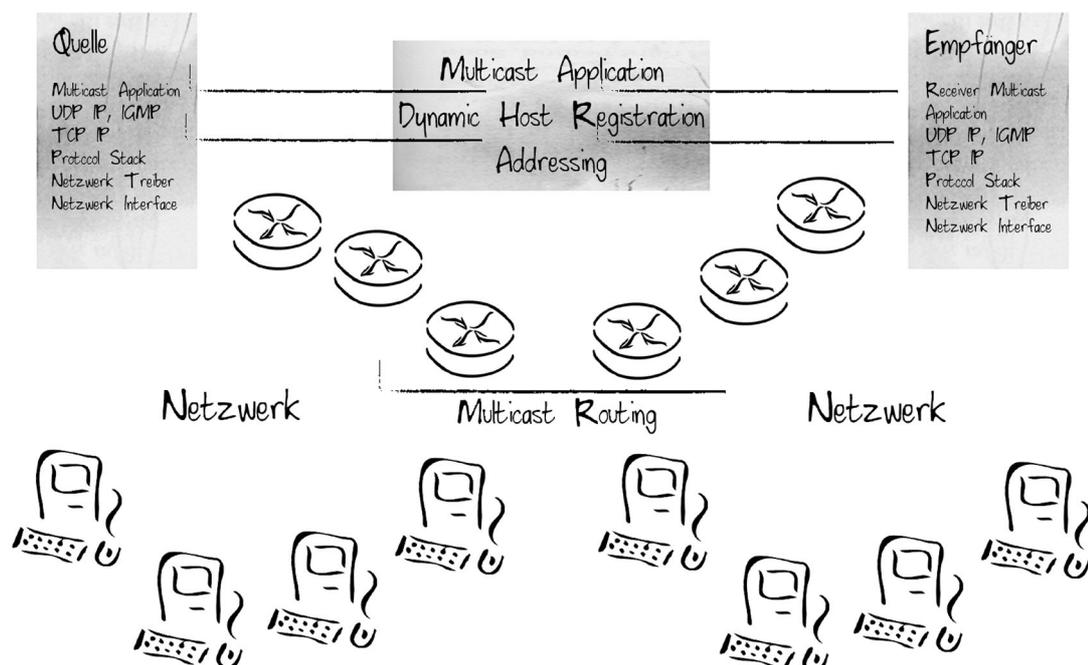
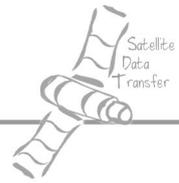


ABB 13: Multicast Netzwerk

### Adressing

Um an eine Gruppe von Empfängern übertragen zu können benötigt man eine IP-Multicast-Adresse, sowie einen Mechanismus um diese auf eine MAC-Layer-Adresse abbilden zu können. Die Hosts an den Endknoten müssen über Network Interface Karten (NICs) verfügen, die LAN Data-Link-Layer-Adressen herausfiltern können, die auf Netzwerk-Layer IP-Multicast-Adresse gemappt wurden.

Der Raum in IP-Adressen wird in vier Klassen eingeteilt, A, B, C und D, wovon die ersten drei für Unicast verwendet werden, während die Klasse D dem Multicast vorbehalten ist.



### **Dynamic Host Registration**

Der Endknoten Host muss über ein Internet Group Management Protocol (IMPG) verfügen um Join Requests empfangen und verarbeiten zu können. IMPG spezifiziert wie der Host das Netzwerk informiert, dass er ein Mitglied einer bestimmten Multicast Gruppe ist.

### **Multicast Routing**

Das Netzwerk muss in der Lage sein Verteilerbäume zu bilden, die der Quelle erlaubt, die Datenpakete an alle Empfänger zu schicken und die gleichzeitig sicher stellen, dass nur eine Kopie jeden Paketes im Netzwerk existiert. Es gibt verschiedene Standards für den Multicast Traffic, wie z. B. Protocol Independent Multicast (PIM).

### **Multicast Applications**

Endknoten Hosts müssen in der Lage sein IP Multicast Übertragung und Empfang im TCP/IP Protocoll Stack zu unterstützen, außerdem müssen sie über entsprechende IP Multicast Application Software verfügen, wie z.B. Videoconferencing.

### 3.2 Satellitenspezifische Vorüberlegungen

Das rasche Wachstum des Internet stellt bei der Übertragung von multimedialastigen Inhalten eine neue Herausforderung dar. Mit jeder Erweiterung des Internet Backbone wächst die Komplexität des Netzes, das heißt man muss die teilweise großen Datenmengen über viele Router und Switches durch das Netz navigieren und bis zu zwanzig solcher sogenannten Hops zwischen dem Content Provider und dem Enduser sind heute keine Seltenheit.

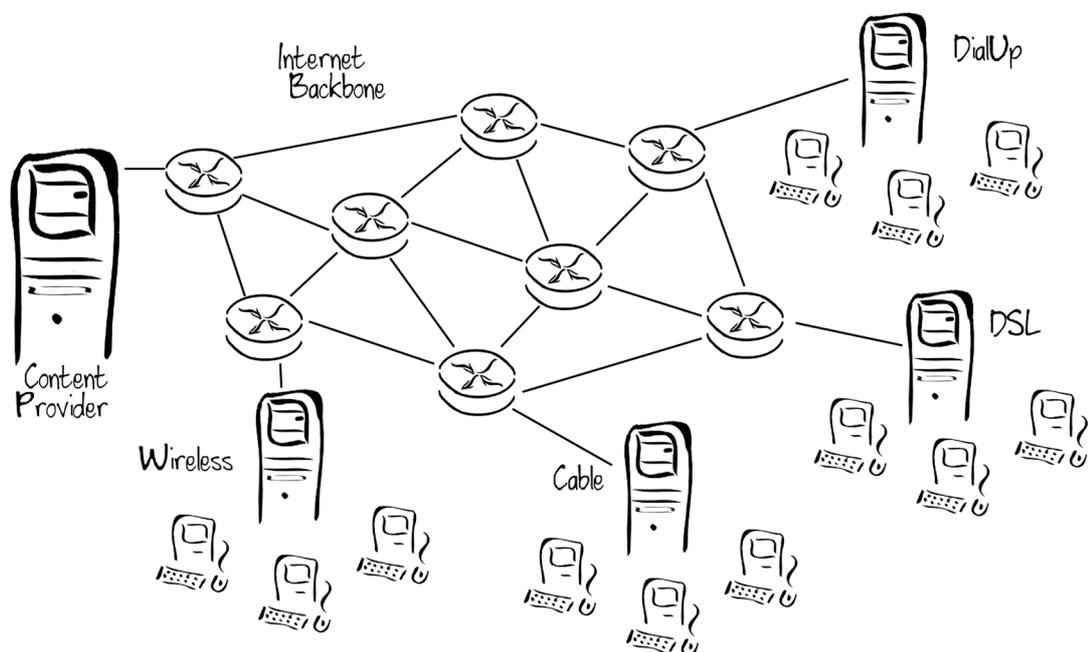


ABB 14: Internet Content Distribution (Internet Backbone)

Die Lösung für dieses Problem stellt eine Umgehung des Internet Backbone dar, wie man sie mit Hilfe der Satelliten-Technologie erreichen kann. Die Vorteile hierbei liegen auf der Hand. Die Inhalte werden einmal an eine Uplink-Facility geschickt, von der sie dann simultan an alle Endknoten Hosts gesendet werden können. Dadurch erreicht man eine Verminderung der Anzahl der Hops, was sich auch auf die Qualität der Übertragung auswirkt. Dieses in der letzten Zeit immer wichtiger gewordene Schlagwort ‚Quality of Service‘ oder kurz QoS wird entscheidend verbessert, je weniger Hops zwischen Sender und Empfänger liegen, da es so zu weniger Verlusten auf der Übertragungsstrecke kommt. Beispielsweise ist besonders bei Streaming-Videos ein hoher QoS wünschenswert, da es bei Paketverlusten zu Bild- und Tonfehlern in den Videos kommen kann, des weiteren ist beim Satelliten-Modell eine leichte Skalierbarkeit, das bedeutet die

Erweiterung des Netzes, ein entscheidendes Merkmal, da der Satellit auch nachträglich eingerichtete Empfangstationen leicht erreicht, ohne das man das System langwierig oder kostenintensiv erweitern muss, wodurch wiederum Kosten gespart werden können. Die Satelliten-Technologie ist seit Jahren erfolgreich im TV-Bereich im Einsatz, das heißt es handelt sich um eine ausgereifte und geprüfte Technologie mit einer qualitativ hochwertigen Datenübertragung. Ein ebenso entscheidender Vorteil ist die Globalität in der Satellitenübertragung. Die meisten Systeme decken den kompletten Erdball ab und mit der zunehmend wichtiger werdenden Internationalität der Wirtschaft sind Lösungen die netz- und grenzunabhängig arbeiten deutlich vorzuziehen.

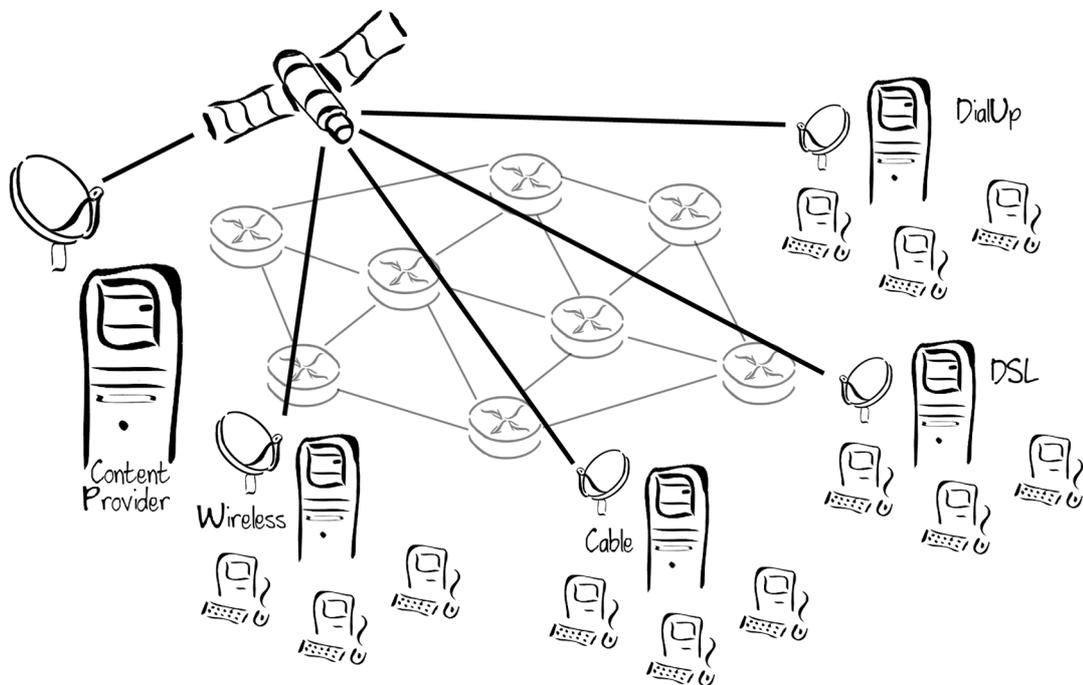
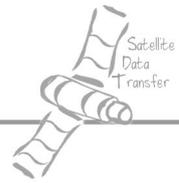


ABB 15: Satellitengestützte Übertragung



## 4. Fallbeispiel Sony Hitstation

In diesem Kapitel soll exemplarisch ein komplettes Projekt von der Konzeption bis hin zum Einsatz begleitet werden. Es werden sowohl Probleme wie auch aufkommende Kosten berücksichtigt.

### 4.1 Konzeption und Planung

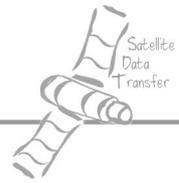
Die Aufgabe ist, aus einem schon existierendem Terminal mit Hilfe des Einsatzes von Satelliten-Technologie ein multimediales POS zu entwickeln, welches kostengünstig, schnell und zuverlässig geupdatet werden kann. Die Hardware des alten Terminals muss dabei nicht weiterverwendet werden.

Auf dem bisherige Terminal, der sogenannte *SONY Hitstation*, laufen Musikvideos aus den aktuellen Charts in MPEG1 Qualität, zusätzlich sind CD-Audio-Player angeschlossen um Audiofiles wiedergeben zu können. Das Terminal findet seinen Einsatz z. B. in großen Kaufhäusern und dient unter anderem der Marktforschung, da Userstatistiken über die Anzahl und Dauer der Aufrufe bestimmter Lieder gespeichert werden. Ein Update der Terminals erfolgt alle wöchentlich in Abhängigkeit von den aktuellen Charts-Daten der *Media Control* auf CD-ROM. Die Datenmenge pro Update beträgt etwa 500 MB. Die Anzahl der Terminals liegt bei 800.

Das verbesserte Terminal soll die Videos nun in MPEG2 Qualität abspielen, was ungefähr eine Verdopplung der Datenmenge zur Folge hat. Das heißt die wöchentlich erfolgenden Updates können nicht mehr über eine CD-ROM erfolgen. Würde man nun zwei CD-ROMs verschicken bedeutet dies eine rasante Explosion der Kosten, ebenso, wenn man auf eine DVD als Speichermedium ausweichen würde, deshalb bietet sich bei dieser Datenmenge eine Übertragung per Satellit durchaus an.

Des weiteren soll das neue Terminal aktuelle Musik-News und Informationen zu Künstlern bieten, lokale Events, wie Konzerte, Open-Airs etc. sollen angekündigt werden und aktuelle Titel sollen zum Download bereitstehen.

Da die Informationen über Konzerte etc. lokal unterschiedlich sind, müssen Usergruppen gebildet werden, in diesem Fall abhängig von der geographischen Lage des Terminals; die Übertragung muss also im Multicast-Modus erfolgen, was wiederum dagegen spricht die Daten per CD-ROM oder einem anderen physikalische Medium zu übertragen, da sich dies nur mit erheblichem Aufwand realisieren ließe.



Die aktuellen Musikstücke sollen vom Kunden auf die eigenen Flash Cards geladen werden können, handelt es sich nur um einen Ausschnitt des Liedes so ist dies zu promotionzwecken kostenfrei, wird jedoch das gesamte Lied heruntergeladen wird dieser Service kostenpflichtig.

Das Terminal dient nach wie vor vor allem der Marktforschung, deshalb ist eine tagesaktuelle Auswertung der Nutzungszahlen von besonderer Bedeutung und wird über einen Rückkanal realisiert.

#### **4.1.1 Allgemeine Überlegungen zu Terminals mit satellitengestütztem Datentransfer**

Durch die permanente Anbindung des Terminals an das Sendezentrum lassen sich eventuelle Probleme vor Ort schnell erkennen und lösen. Durch den Einsatz eines sogenannten Watchdogs am Terminal, ein Programm, das den Datentransfer überwacht und automatisch Rückmeldung über den Erfolg dieser gibt, ist das Sendezentrum jederzeit darüber informiert, welche Terminals erfolgreich geupdated wurden. Dies ist ein wichtiger Vorteil bei satellitengestützten Updates.

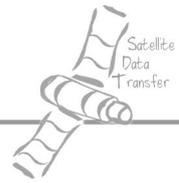
Da die Inhalte außerdem nicht mehr vom Personal vor Ort installiert werden müssen, sondern vom Sendezentrum zentral übertragen werden, kommt es zu keiner Fehlbedienung des Terminals mehr und eine höhere Verfügbarkeit des korrekten Inhalts ist damit gewährleistet.

Durch das Multicast-Netzwerk bieten sich neue Möglichkeiten die Marktforschung betreffend, da man gezielt verschiedene Terminals mit unterschiedlichem Inhalt ausstatten kann und über den Rückkanal einen schnellen Zugriff auf die Userstatistiken der Terminals hat.

Ein weiterer Vorteil ist die hohe Aktualität der Daten, da die Zeit für die Pressung der CD-ROMs und die Auslieferung wegfällt. Sobald die Daten im Sendezentrum sind, kann die Übertragung beginnen und innerhalb weniger Stunden sind sämtliche POS aktualisiert.

Auch die hohe Verfügbarkeit des Satellitenempfangs ist ein großer Vorteil, während terrestrische Netze teuer im Aufbau sind und sich in manchen Gegenden gar nicht verwirklichen lassen, hat man mit der Satellitenübertragung auch an entlegenen Orten immer Zugriff auf die Daten.

Es gibt allerdings auch andere Punkte zu berücksichtigen bevor man sich zur Implementierung eines satellitengestützten Netzes entschließt.



Beispielsweise muss man bedenken, dass jedes Terminal mit einer Satellitenschüssel verbunden sein muss, das heißt es kann zu Schwierigkeiten kommen, wenn das Terminal z. B. in einem Denkmalschutzgebäude steht, da dort die Installation einer Satellitenschüssel untersagt ist.

Außerdem sind die im Moment noch hohen Datenübertragungskosten ein wichtiger Gesichtspunkt bei den Überlegungen und verlangen eine genaue Kostenkalkulation.

Des Weiteren muss berücksichtigt werden, dass z.B. schon bestehende Terminals zusätzlich mit neuen Empfangskarten ausgestattet werden müssen.

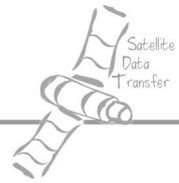
Gibt es schon existierende Satellitenschüsseln am Gebäude ist die Frage der Mitnutzung dieser gegeben. Man spart hierbei Hardwarekosten, allerdings sind diese meist festausgerichteten Antennen dann nicht mehr flexibel auf verschiedene Satellitennetze auszurichten.

#### **4.1.2 Hardware**

Alle genannten Anforderungen an das Terminal lassen sich mit einem PC-System, inklusive einer angeschlossenen Satelliten-Schüssel umsetzen, das mit einer Sound-Karte ausgestattet ist und über eine DVB-S-Karte verfügt.

Die DVB-Karte empfängt und entschlüsselt das Signal, DVB-S-Karten sind speziell auf den Empfang von Satellitensignalen ausgerichtet. Diese Karten gibt es sowohl als externe USB-Boxen wie auch als PCI-Variante für den internen Anschluss. Die Karte muss sowohl über ein MPEG2-Decoding wie auch über ein Data-Decoding verfügen, dabei gibt es Karten die über einen eigenen Prozessor-Chip für das Decoding verfügen und so die System-Ressourcen schonen, diese Hardware-Decoder sind aber entsprechend teurer als eine Software-Lösung. Die preiswertesten Varianten mit Software Decodern gibt es ab etwa 150 Euro, die Preise für Karten mit Hardwareunterstützung liegen bei etwa 300 Euro. Einige bekannte Hersteller sind z. B. Hauppauge, Pinnacle, TechniSat, Satelco oder PentaMedia, die als einzige auch eine Karte anbieten, die unter Linux läuft.

Die Ansteuerung des PCs erfolgt über einen Touchscreen um eine leicht Bedienbarkeit zu gewährleisten.



### 4.1.3 Funktionsentwurf der Plattform

Um zu gewährleisten, dass die regelmäßig mit neuen Daten versorgten Terminals diese auch in ihre programmierte Anwendung einbinden, muss man dafür sorgen, dass neue Files erkannt und anschließend integriert werden. Dies wird mit Hilfe eines sogenannten *Watchdogs* erreicht. Ein Watchdog ist ein Programm, das regelmäßig überprüft, ob neue Daten in einem vordefinierten Ordner liegen und anschließend entsprechende Maßnahmen, wie z.B. das Starten oder Beenden bestimmter Programme veranlasst.

Das Prinzip ist sehr einfach; auf der POS-Station befindet sich eine interaktive Applikation, die im *Macromedia Director* erstellt wurde und in erster Linie aus zwei Teilen besteht, dem Player, der die sichtbare Anwendung inklusive diverser Menüs und Medieneinbindungen umfasst und dem Installer, der die empfangenen Dateien verwaltet. Des Weiteren befinden sich die drei Ordner Backup, Import und Player auf der Festplatte des Terminals. Der Backup Ordner dient zur Aufbewahrung älterer, ungenutzter Dateien, im Player Ordner liegen die Daten, auf die der Player tatsächlich zugreift und die zu übertragenen Daten werden im Import Ordner gesammelt. Ist die Übertragung abgeschlossen wird als letztes File eine Datei (*import.ini*) übertragen, die eben diese Information enthält.

Der Player fungiert gleichzeitig auch als Watchdog der Applikation. Sobald er bemerkt, dass sich im Import Ordner die *import.ini* befindet, startet er den Installer und beendet sich selbst. Der Installer löscht, verschiebt, kopiert und benennt die entsprechenden Files um, wie es ihm durch die *import.ini* mitgeteilt wird und startet anschließend wieder die Player Engine.

Beispiele der Syntax der *import.ini* :

```
@COPYALL [I|P|B] [I|P|B]
```

```
@MOVE dateiname.dat [I|P|B] [I|P|B]
```

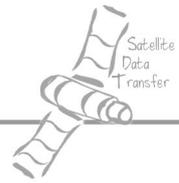
```
@DELETEALL [I|P|B]
```

```
@DELETE dateiname.dat [I|P|B]
```

```
@TOUCH dateiname.dat [I|P|B]
```

```
@STATUS
```

Des Weiteren überprüft der Installer, ob er alle aufgelisteten Dateien vollständig erhalten hat und fordert gegebenenfalls fehlende Files nach.



## 4.2 Technische Umsetzung

Im Folgenden wird anhand des Projektes *SONY Hitstation* die komplette Implementierung eines POS-Netzes mit satellitengestütztem Datentransfer aufgezeigt. Es werden sowohl die technischen Details erklärt, sowie eine genaue Auflistung der Kosten gegeben.

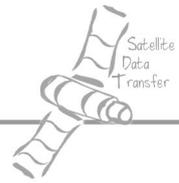
### 4.2.1 Projektbeschreibung

Die hier genannten Informationen beziehen sich auf das im vorangegangenen Kapitel erläuterte Projekt *SONY Hitstation*. Die beteiligten Firmen sind *Storz Interaktive Medien*, zuständig für Konzeption und Produktion der Inhalte, sowie die Verteilung der Daten und *SATLYNX*, die die Zentralstation und die VSAT-Stationen bereitstellen, sowie erforderliche Übertragungskapazität für den Betrieb des Kommunikationsnetzes bei einer Satellitenbetreibergesellschaft anmieten und bereitstellen.

Das Projekt umfasst ein Zweiwege-Satellitenkommunikationsnetz, für die Verteilung von Datenfiles über einen SATLYNX Hub in Backnang zu 800 POS-Stationen mit geringem Rückkanalverkehr.

### 4.2.2 Leistungen durch SATLYNX

- Verkauf und Installation von VSAT-Stationen des Typs *360E* mit technisch möglichen Übertragungsraten von bis zu 300 kbps im Inbound und bis zu 6 Mbps im Outbound, innerhalb Deutschlands.
- Der Durchmesser der VSAT-Antennen richtet sich nach dem jeweiligen Standort der VSAT-Stationen und der Ausleuchtzone des genutzten Satelliten.
- Schlüsselfertige, betriebsbereite Installation der VSAT-Stationen einschließlich funktionsfähigem Anschluß an Endgeräte (z. B. Kassenterminals).
- Einrichtung und laufender Betrieb einer entsprechenden terrestrischen Datenverbindung zwischen dem Rechenzentrum des Datenproduzenten (Storz) und der SATLYNX Zentralstation in Backnang.
- 24stündige Bereitstellung der Zentralstation und der Satellitenkapazität, jeweils im erforderlichen Umfang, zur Datenkommunikation zwischen dem Rechenzentrum des Auftraggebers und den installierten VSAT-Stationen.
- Netzmanagement-Services (NMS) durch SATLYNX zur kontinuierlichen Überwachung des Kommunikationsnetzes.



- Hot-Line- und Help-Desk-Services bei Störungen im Netzbetrieb und Ausfall von VSAT-Stationen.
- Instandhaltung der installierten VSAT-Stationen einschließlich der Bereithaltung von Ersatzteilen.

### 4.2.3 Allgemeines

Hier werden allgemeine Informationen zu den Endgeräten, sowie zur Verfügbarkeit gegeben.

#### 4.2.3.1 Endgeräte

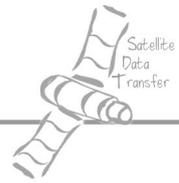
Die Endgeräte, die SATLYNX bereitstellt, sind mit international standardisierter Ethernet-Schnittstelle und TCP/IP-Protokoll ausgestattet.

#### 4.2.3.2 Verfügbarkeit

Die Verfügbarkeit ergibt sich durch Mittelung der Verfügbarkeit aller Einzelverbindungen zwischen den Nutzerschnittstellen über 12 Kalendermonate, sie wird von SATLYNX mit mindestens 99,5 % angegeben und soll 98 % je voller Kalendermonat nicht unterschreiten. Eine Einzelverbindung gilt als nicht verfügbar, wenn sie entweder ganz unterbrochen ist oder die *Bitfehlerhäufigkeit (Bit Error Rate BER)* die Schwelle von  $BER > 10^{-4}$  überschritten hat, so dass diese Verbindung nicht mehr unter den genannten Rahmenbedingungen ausreichend genutzt werden kann.

Ausfälle, die aufgrund folgender Ursachen entstehen, werden bei der Ermittlung der Verfügbarkeit als Zeiten, in denen die vereinbarte Verfügbarkeit vorgelegen hat, entsprechend berücksichtigt:

- Angekündigte Betriebsunterbrechungen, die z. B. zur Instandhaltung erforderlich sind, erfolgen maximal sechsmal jährlich für maximal vier Stunden während eines Sonntags zwischen 0 und 6 Uhr.
- Degradation der Übertragungsqualität durch Sonneninterferenz (jeweils wenige Minuten einiger aufeinanderfolgender Tage im Frühjahr und im Herbst)
- Ausfälle, die durch eine Fehlfunktion der an die Nutzerschnittstelle an den angeschlossenen Geräte verursacht werden.



Auf der Basis dieser Voraussetzungen wird die Verfügbarkeit wie folgt ermittelt:

VS: Kummulierte Anzahl aller Betriebsstunden, in denen die Verfügbarkeit vorgelegen hat, aller VSAT-Stationen im Jahr

NS: Kummulierte Anzahl aller nicht verfügbaren Betriebsstunden aller VSAT-Stationen im Jahr

V: Gesamtverfügbarkeit in Prozent

$$V = (VS - NS) / VS * 100\%$$

#### 4.2.4 Daten-Verkehrsprofil

Protokoll an den Benutzerschnittstellen:

- TCP/IP

Überwiegende Nutzungszeit/Tag:

- 18:00 h – 06:00 h

Angaben zum Datenverkehr:

- Mittlere Anzahl der Transaktionen/VSAT:
  - 1 pro Woche
- Anzahl der Nutzer-Datenpakete/Transaktion:
  - Inbound: 0
  - Outbound: 1
- Überwiegende Paketlänge/Transaktion:
  - Inbound: 0 Byte
  - Outbound: 1,0 GByte

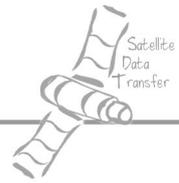
Der interaktive Verkehr auf Basis des Daten-Verkehrsprofils, beträgt  $\leq 5$  MByte je Monat.

#### 4.2.5 Konfiguration

*Konfiguration der VSAT-Stationen, der Zentralstation und des gesamten Kommunikationsnetzes*

Die VSAT-Stationen werden wie folgt konfiguriert:

- Anzahl der Datenschnittstellen/VSAT: 1



- Datenrate des VSATs: 240 kbit/s
- Schnittstellentyp: 1 x Ethernet LAN
- Protokoll an den Schnittstellen: TCP/IP
- Antennendurchmesser: ca. 75 cm

Die Zentralstationsschnittstelle wird in folgender Konfiguration bereitgestellt:

- Datenrate Outbound 384Mbit/s
- Datenrate von den VSATs Inbound: 240 kbit/s
- Schnittstellentyp: Ethernet LAN
- Protokoll an den Schnittstellen: TCP/IP

#### **4.2.6 Installation**

Die technisch-/mechanischen Installationsarbeiten beziehen sich auf

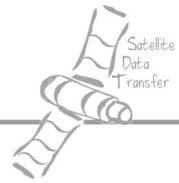
- Aufbau der Antenne und der Ausseneinheit (HPC, LNB, Antennenausrichtung)
- Aufbau der Inneneinheit IDU und Konfiguration dieser
- Inbetriebnahme der Station

Nach der Installation wird an jeder Station eine Verbindung als Funktionstest zur Überprüfung der korrekten Anbindung an den Zentralrechner durchgeführt.

Die Dauer der Installation von 800 Anlagen in Deutschland beträgt ca. zwei bis drei Monate.

Entsprechend den bei der Ortsbesichtigung festgestellten Aufstellungsgegebenheiten für die VSAT-Stationen werden u. U. Vorarbeiten erforderlich, die nicht in einer der Installationskategorien vorgesehen sind. Dies beinhaltet z. B.:

- Verlegung von Kabeltrassen (unterirdisch, verdeckt),
- Durchführung von Bauarbeiten (z. B. Mauer- und Wanddurchbrüche, Ausschachtungen, Fundamente etc.)
- Umzäunung der Außeneinheit zum Schutz vor unbefugtem Zutritt,
- Montage einer Blitzschutzanlage



## 4.2.7 Überwachung und Instandhaltung

### 4.2.7.1 Betrieb und Überwachung des Kommunikationsnetzes

SATLYNX betreibt das Kommunikationsnetz und stellt es der Firma Storz für die vereinbarte Vertragslaufzeit zur Verfügung.

Die Überwachung der Zentralstation und aller VSAT-Stationen erfolgt durch SATLYNX über den SATLYNX TELEPORT in Backnang.

### Instandhaltung und Entstörung

SATLYNX übernimmt die Instandhaltung und Entstörung für die VSAT-Stationen im Inland:

Die Instandhaltung und Entstörung in der Bundesrepublik Deutschland enthält einen technischen Hot-Line-Service an Arbeitstagen (Montag – Freitag) zwischen 6.00 und 18:30 Uhr sowie einen Entstörungsdienst, der bei Bedarf spätestens an dem der Störungsmeldung folgenden Arbeitstag mit der Entstörung beginnt. Ein Einsatz des Entstörungsdienstes an Wochenenden und Feiertagen wird separat nach Aufwand abgerechnet.

Angekündigte Betriebsunterbrechungen, die z. B. zur Instandhaltung (Softwarepflege an der Zentralstation u. ä.) erforderlich sind, erfolgen maximal sechsmal jährlich für maximal vier Stunden während eines Sonntags zwischen 00.00 h und 06.00 h erfolgen.

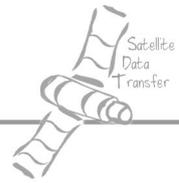
## 4.2.8 Lieferungen

Die übliche Lieferzeit für VSAT-Stationen bis zur betriebsbereiten Installation beträgt im Inland ca. vier Wochen. Das Gesamtnetz mit 800 Anlagen kann innerhalb von ca. 12 Wochen aufgebaut werden.

## 4.2.9 Voraussetzungen vor Ort

Folgende Installationsvoraussetzungen müssen geschaffen sein:

- Freie Sicht zum genutzten Satelliten auf der erforderliche Installationsfläche an allen Standorten.
- Ausreichende Installationsfläche (inkl. Ausreichender Belüftung für die Inneneinheit) für den Aufbau der VSAT-Inneneinheit.



- erforderlichen Stromanschlüsse für die VSAT-Stationen und alle Kabelverbindungen für die an die VSAT-Inneneinheit anzuschließenden Endgeräte müssen bereitgestellt sein.
- Etwa erforderlichen Baugenehmigungen müssen rechtzeitig eingeholt werden.

## 4.3 Kosten

Die entstehenden Kosten reichen von der Konzeption, Entwicklung und Programmierung der Terminals über deren Hardware, bis hin zu den laufenden Übertragungs- und Unterhaltungskosten. Alle genannten Kosten sind Schätzungen, verstehen sich zuzüglich der gesetzlichen Mehrwertsteuer und sind soweit nicht anders deklariert Stand Frühjahr/Sommer 2003.

### 4.3.1 Entwicklung

Die Entwicklung des Terminals beinhaltet die Konzeption des Systems, das Screendesign, die Anpassung der Datenupdate-Engine an das Projekt, die Erstellung der Grundseiten, sowie das Testing. Im einzelnen ergeben sich dadurch folgende Posten:

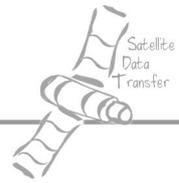
Technische und Inhaltliche Konzeption	10 Tage
Screendesign	8 Tage
Grafikproduktion	10 Tage
Programmierung	10 Tage
Projektmanagement	10 Tage
Testing	4 Tage

Insgesamt ergibt sich dadurch eine grobe Kostenschätzung von etwa 50.000-55.000 €.

### 4.3.2 Laufende Kosten (Updates)

Da sowohl redaktionelle wie auch grafische Inhalte geändert werden in den wöchentlich stattfindenden Updates, beispielsweise aktuelle, regionale Events oder Musikerbiografien, sowie neue Videos eingefügt werden, ergeben sich folgende Kostenpunkte pro neuer Ausgabe:

Redaktion	2 Tage
Grafikproduktion	2 Tage



Videoencoding	ca. 25 min
Programmierung (Einbindung)	1 Tag

Dadurch ergibt sich ein Schätzwert von etwa 4000 – 5000 € pro Ausgabe.

### **4.3.3 Projekteinrichtungskosten**

Die Projekteinrichtungskosten fallen einmal bei der Implementierung des Netzes an. Sie umfassen die Einrichtung der Datenverteilung auf die verschiedenen Terminals inklusive der Einrichtung von Usergruppen. Ebenso wird ein Verschlüsselungsmechanismus angewendet um einen Schutz der Daten zu gewährleisten. Der Preis hierfür ist abhängig von vielen Faktoren wie z.B. dem Grad der Aufsplittung in Usergruppen.

### **4.3.4 Transferkosten**

Es existieren verschieden Ansätze zur Berechnung der Transferkosten. Ein beliebtes Modell ist hierbei die Berechnung der Kosten nach der Anzahl der angebundenen Terminals. Das bedeutet eine festgesetzte Flatrate pro Terminal und kann bei einem großen Netz sehr schnell sehr teuer werden. Ein ebenso beliebtes Modell ist die Berechnung nach angefangenem Gigabyte pro Monat. Dies bietet sich bei einem Projekt dieser Größe eher an, allerdings müssen hierbei die Rahmenbedingungen genau geprüft werden, da manche Anbieter eine kleine Dauerkapazität anbieten und der Datenstrom somit kontinuierlich mit kleiner Übertragungsrate gesendet werden muss. Im vorliegenden Fall werden die Preise der Firma SATLYNX für dieses Projekt zu Grunde gelegt.

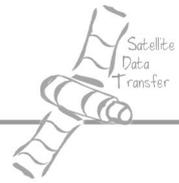
#### **4.3.4.1 Preise für die Bereitstellung des Kommunikations-Dienstes**

##### **Einmalige Kosten**

Für Standardinstallation und Satelliten Sende-/Empfangsanlage beträgt der Preis je Station bei einer Gesamtzahl von 800 VSAT-Anlagen € 1750 je Anlage.

##### **Monatlicher Mietzins**

Ab 1. August 2003 beträgt der Dienstleistungspreis je VSAT Station einheitlich € 48.-/Monat/VSAT-Station.



In diesem Preis enthalten ist: Raumsegment-Bandbreite ohne Volumentar mit

- Inbound: 4 x RA mit 153kbit/s
- Outbound: 384kbit/s

Die in den Abschnitten 4.2.3 bis 4.2.7 aufgeführten Leistungen werden nicht gesondert berechnet.

#### **4.3.4.2 Preise für sonstige Servicedienstleistungen**

In Deutschland gelten folgende zusätzliche Pauschalen:

- Umsetzung der Antenne oder Inneneinheit innerhalb des Firmengeländes € 400,-
- Umrüstung der Außeneinheit und Inneneinheit € 400,-
- Abbau der VSAT-Außen- und Inneneinheit € 300,-
- Kostenpflichtiger Serviceeinsatz innerhalb der normalen Entstörzeiten \*)€ 250,-
- Fehlfahrt während Installationstour € 200,-
- Zusätzliche Wartezeiten bei der Installation € 60,-/ angefangene halbe Stunde
- Verlegung von ZF-Kabel bei mehr als 25 m Abstand zwischen Inneneinheit und Außeneinheit € 5,- pro angefangenen Meter

#### **4.3.4.3 Kosten der terrestrischen Datenverbindung**

Die Kosten für die Zubringerleitung zwischen Esslingen und SATLYNX Backnang ist in den Monatspreisen auf der Basis von 800 Stationen enthalten.

#### **4.3.4.4 Preise für Installation, Inbetriebnahme und De-Installation**

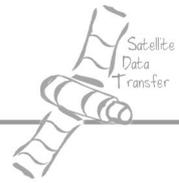
Die Kosten für die Installation und Inbetriebnahme der einzelnen Stationen richten sich nach der gewünschten und für den einwandfreien Betrieb erforderlichen Installationskategorie sowie nach den örtlichen Gegebenheiten am Installationsort.

Die Inbetriebnahme der VSAT-Stationen wird nicht gesondert in Rechnung gestellt.

Beträgt die Kabellänge mehr als 20 m, so wird die zusätzliche Verlegung nach Aufwand abgerechnet.

Die vorgenannten Preise gelten unter der Voraussetzung, dass

- die Montage der Antenne unter Verwendung einer Standardhalterung, ohne dass die Verwendung von Hilfsmitteln (Hubwagen, Steiger, Gerüst o. ä.) erforderlich ist



- am Installationsort keine Wand- oder Deckendurchbrüche größer als 25 mm Durchmesser bei mehr als 400 mm Wandstärke notwendig sind,
- keine Dachdurchbrüche am Installationsort durchzuführen sind.

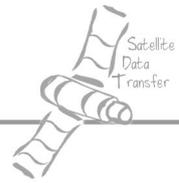
Sollte ein Standort nicht die vorgenannten Voraussetzungen erfüllen, werden die standortabhängigen Leistungen, wie z. B. Sonderkonstruktionen, nach Aufwand abgerechnet.

Die Kommunikationsverbindungen werden direkt nach der Installation in Betrieb genommen.

Die Installation der VSAT-Stationen erfolgt durch SATLYNX -Personal oder autorisierte Partner. In den o. a. Preisen sind Reisezeiten und Reisekosten von SATLYNX -Personal für Installationen im Inland enthalten.

#### **4.3.4.5 Steuern und Abgaben**

Alle Preise verstehen sich zuzüglich der jeweils gesetzlich gültigen Mehrwertsteuer.



## 5. Wirtschaftlichkeit

Ein großes Problem beim Datentransfer via Satellit ist noch immer der Kostenfaktor. Im direkten Vergleich zu herkömmlichen Methoden wird dies schnell deutlich. Die verbreitetste Methode für die Übertragung großer Datenmengen ist nach wie vor, die Versendung auf einem physikalischen Medium, daher soll hier eine direkte Gegenüberstellung der beiden Optionen folgen:

### 5.1 Datentransfer via Satellit

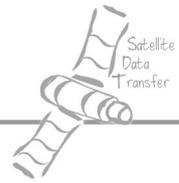
Eine genaue Auflistung der Kosten ist unter Kapitel 4.3 zu finden. Neben den einmaligen Projekteinrichtungskosten und den Kosten für die einzelnen Terminals, kostet der reine Datentransfer 48 € im Monat pro Terminal.

### 5.2 Daten auf einem physikalischen Medium

Aufgrund der großen Datenmenge (1 GB) bietet sich als Speichermedium die DVD an. Unter die einzelnen Kostenpunkte fallen hierbei die Erstellung eines DVD-Rom Masters, die Erstellung des Glasmasters für die Pressung, die Pressung an sich, die Kosten für die Verpackung der DVD, der administrative Aufwand bei der Versendung, das Verpackungsmaterial für den Versand und das Porto.

Die Kosten für die Erstellung eines DVD-Rom Masters betragen 105 €, der Preis für die Pressung bei einer Auflage von 800 Stück liegt bei 4,62 €/Stück und beinhaltet hier schon die Erstellung des Glasmasters, sowie einen bis zu 2farbigen Labeldruck. Hinzu kommen die Kosten für die Verpackung der DVD, eine sogenannte Jewel-Box zu 0,20 € das Stück. Der administrative Aufwand der Konfektionierung, sowie Versendung wird nach Aufwand abgerechnet. Im vorliegenden Fall ergibt sich dadurch etwa 0,50 €/Stück und umfasst das Eintüten, Bekleben mit Adressaufklebern sowie alle anderen notwendigen Schritte bis zur Versandfertigkeit, hinzu kommen das Verpackungsmaterial mit 0,40 € pro Tasche und das Porto mit 1,44 €. Ein verbilligtes Porto ist erst ab einer Menge von 2000 Stück erhältlich.

Somit ergibt sich folgende Kostenaufstellung pro DVD beim bisherigen Fallbeispiel mit 800 Terminals und einer Datenmenge von einem Gigabyte wöchentlich:



Mastering	0,13 €
Pressung, inkl. Glasmastering	4,62 €
Jewel-Box	0,20 €
Administrativer Aufwand	0,50 €
Verpackungsmaterial	0,40 €
Porto	1,44 €
<b>SUMME</b>	<b>7,39 €</b>

TAB 5: Kosten DVD

Hieraus ergibt sich die Summe von 29,56 € pro Monat und Terminal.

### 5.3 Vergleich

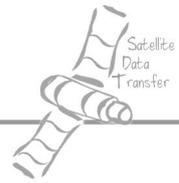
Im direkten Vergleich der Kosten schneidet die Satellitenlösung deutlich schlechter ab. Bei dieser Menge an Update-Daten wäre der Datentransfer via Satellit erst bei einer Häufigkeit von 7 mal pro Monat der herkömmlichen Methode überlegen.

Jedoch darf man die anderen Aspekte nicht außer acht lassen und muss abwägen, welche Prioritäten man setzen möchte und welche Mehrkosten zu vertreten sind.

Der große Nachteil bei der Verwendung eines physikalischen Mediums ist die lange Vorlaufzeit. Von der Erstellung, über das Glasmastering, der Pressung, Versendung und endgültigen Installation muss man eine Vorlaufzeit von etwa drei Wochen einkalkulieren; damit wird die Aktualität vieler Daten hinfällig.

Des Weiteren ist mit einem physikalischen Medium die Umsetzung von Multicast im Sinne der Bildung von Usergruppen nur schwer durchführbar und führt zu einer Explosion der Kosten im administrativen Aufwand und der Pressung, da die Auflage pro Version deutlich kleiner würde.

Weitere Nachteile, die unbedingt in die Überlegungen mit einbezogen werden müssen, sind die hohe Fehlerquote, die sich durch die vielen Schritte bei der Erstellung der DVD bis zu ihrem endgültigen Einsatz ergeben. Die Auslieferung kann zu spät oder unter Umständen gar nicht erfolgen, die gepressten DVDs können Transportschäden aufweisen und zusätzlich muss die Installation vor Ort von extra dafür geschultem Personal durchgeführt werden. Da man auf diese Faktoren nur wenig Einfluss nehmen kann und es zudem keine direkte Rückmeldung über das erfolgreiche Update am Terminal gibt, bleibt



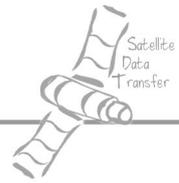
bei dieser Methode immer ein gewisses Restrisiko, dass nicht alle Stationen pünktlich mit allen Daten versorgt werden können.

Die Vorteile der Satellitenlösung wurden in den vorangegangenen Kapiteln ausführlich erläutert. Für die Bildung von Usergruppen ist dieses System prädestiniert, auch die hohe Aktualität ist gewährleistet, da man bei der Satellitenübertragung mit maximal zwei Tagen Vorlauf von der Erstellung der Daten bis zu ihrem Einsatz am Terminal rechnen muss. Ein ebenso großer Vorteil ist die direkte Rückmeldung über das erfolgreich verlaufene Update, sowie bei eventuell entstehenden Problemen der direkte Zugriff auf die Station. Auch dass kein Personal vor Ort die Installation durchführen muss, kann man als entscheidenden Vorteil in der Fehlerminimierung ansehen.

## **5.4 Fazit**

Der Dantransfer via Satellit bietet gegenüber der herkömmlichen Methode entscheidende Vorteile, ist jedoch zumindest im Moment noch deutlich teurer.

Dies relativiert sich jedoch zunehmend mit der Häufigkeit der Updates und dem Einsatz spezieller Mechanismen wie zum Beispiel der Bildung von Usergruppen oder der Anforderung höchster Aktualität an die Daten.



## 6. Schlusswort

Die Datenübertragung mit Hilfe satellitengestützter Systeme ist ein spannendes und meiner Ansicht nach durchaus zukunftssträchtiges Thema.

Die Technologien und Standards, die für einen reibungslosen Einsatz - auch bei der Installation großer Netze - gegeben sein müssen, sind schon seit geraumer Zeit erfolgreich im Einsatz. Die Technik befindet sich nicht mehr in der Entwicklungsphase sondern ist mittlerweile einsatzbereit. Die Übertragungen sind sicher, schnell und zuverlässig.

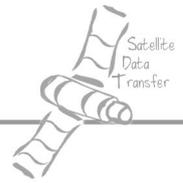
Das Problem, das die Satelliten-Übertragung im Augenblick hat, ist ihr öffentliches Ansehen als neue, unsichere und viel zu teure Technologie.

Auf der technischen Seite lassen sich hierbei die Bedenken schnell zerstreuen, wie aus den Protokoll- und Standardbeschreibungen in Kapitel zwei und drei dieser Diplom-Arbeit deutlich ersichtlich sein sollte.

Eine Schwachstelle ist jedoch noch immer der Kostenfaktor, denn die Satelliten-Übertragung ist als reines Übertragungsmedium im Vergleich zu herkömmlichen Methoden kostenintensiver.

Es führt jedoch zu einem Trugschluss sich bei der Bewertung dieses Mediums auf die reine Datenübertragung zu konzentrieren, vielmehr müssen die Vorteile einer solchen Übertragung als Werte in die Kalkulation einfließen. Die Bildung von Usergruppen, die Globalität, Ubiquität und die Aktualität sind hierbei entscheidende Punkte, die in zukünftigen Anwendungen vor allem im POS-Bereich eine immer entscheidendere Rolle spielen werden. Die Übertragung via Satellit eignet sich bestens für die Umsetzung neuer Ideen, was die Kundenbindung durch mehr Interaktivität, Aktualität und „Personalisierung“ der Terminals angeht. Hinzu kommt, dass sich auch die Transferpreise bei häufiger Übertragung großer Datenmengen relativieren.

Die Satellitenbranche war in den letzten anderthalb Jahren genau wie die gesamte Medienbranche stark von der allgemein schlechten Wirtschaftslage betroffen. Viele kleinere Serviceprovider mussten Konkurs anmelden und es herrscht Unsicherheit auf dem Markt. Es ist im Moment ausgesprochen schwierig einen geeigneten Partner für die Realisierung großer Projekte zu finden. Viele der für das in dieser Arbeit angesprochene Projekt SONY Hitstation angefragten Firmen konnten keine klaren Angaben zur Kostenkalkulation machen oder die praktische Umsetzung eines Projektes dieser Größe

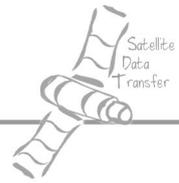


zusichern. Eine Großzahl der Firmen meldete auch während der Entstehungszeit dieser Arbeit Konkurs an.

Dennoch bleibt nach eingehender Beschäftigung mit diesem Thema zu sagen, dass es sich bei der Datenübertragung mit satellitengestützten Systemen um eine Technologie handelt, die auf dem zukünftigen Markt eine legitime Stellung einnehmen wird, da die technischen Vorteile klar auf der Hand liegen und der durch den Einsatz neuer POS-Systeme immer größer werdende Bedarf an aktuellen, benutzergruppenspezifischen Datenupdates durch den Einsatz der Satelliten-Übertragung gedeckt werden kann.

Mit dem zu erwartenden Fallen der Preise, vor allem da einige große Satellitennetze in den nächsten zwei Jahren ihre Kapazitäten deutlich ausbauen werden, wird auch die allgemeine Akzeptanz dieser Technologie steigen.

Zusammenfassend kann also festgestellt werden, dass es sich bei der Datenübertragung via Satellit um eine einsatzbereite Technik handelt, die unübersehbare Vorteile bietet und in Zukunft vermutlich verstärkt ihren Einsatz finden wird.



## Literaturverzeichnis

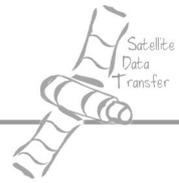
**3Com Corporation:** Retail Branch Communications. Choosing Communications Solutions to Satisfy Current and Future Branch Network Applications. Technical Paper. 1997. URL: <http://www.3com.de/pdf/50062801.pdf> [Stand: 2003-08-11]

**Allman, Mark; Ostermann, Shawn; Kruse, Hans:** Data Transfer Efficiency Over Satellite Circuits Using a Multi-Socket Extension to the File Transfer Protocol (FTP). URL: <http://www.csm.ohiou.edu/kruse/publications/arfftp.pdf> [Stand: 2003-08-11]

**Böhle, Knud; Rader, Michael; Riehm, Ulrich:** *Electronic Payment Systems in European Countries Country Synthesis Report*. Final Report. Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe. Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse. 1999. URL: <http://www.itas.fzk.de/deu/Projekt/Pez/ESTOCSRFinal991216.pdf> [Stand: 2003-08-11]

**Cidera, Inc.:** *Everything to the Edge, The Economic Value of Broadcasting Rich Media via a Satellite Edge Platform, Caching for Improved Content Delivery*. Whitepapers. URL: <http://www.cidera.com/news/whitepapers/> [Stand: 2002-03-21]

**Cisco Systems, Inc.:** *Overview of IP Multicast*. Whitepaper. URL: [http://www.cisco.com/warp/public/cc/techno/tity/ipmu/tech/ipmc\\_wp.htm](http://www.cisco.com/warp/public/cc/techno/tity/ipmu/tech/ipmc_wp.htm) [Stand: 2003-08-11];  
*Multicast Deployment Made Easy*. Implementation Guide. URL: [http://www.cisco.com/warp/public/cc/techno/tity/ipmu/tech/ipcas\\_dg.htm](http://www.cisco.com/warp/public/cc/techno/tity/ipmu/tech/ipcas_dg.htm) [Stand: 2003-08-11];  
*Delivering Multicast Video Over Asymmetric Digital Subscriber Line*. Whitepaper. URL: [http://www.cisco.com/warp/public/cc/so/neso/dsso/global/madsl\\_wp.htm](http://www.cisco.com/warp/public/cc/so/neso/dsso/global/madsl_wp.htm) [Stand: 2003-08-11];  
*University of Oregon Multicast Extends the Reach of Education*. Customer Profile. URL: [http://www.cisco.com/warp/public/cc/pd/iosw/profiles/unvo\\_cp.htm](http://www.cisco.com/warp/public/cc/pd/iosw/profiles/unvo_cp.htm) [Stand: 2003-08-11];  
*Catalyst 2900 XL Switch Architecture*. Whitepaper. URL: [http://www.cisco.com/warp/public/cc/pd/si/casi/ca2900xl/tech/malbu\\_wp.htm](http://www.cisco.com/warp/public/cc/pd/si/casi/ca2900xl/tech/malbu_wp.htm) [Stand: 2003-08-11];  
*Cisco Intelligent Network Services*. White Paper. URL: [http://www.cisco.com/warp/public/cc/so/neso/ienesv/cxne/cins\\_wp.htm](http://www.cisco.com/warp/public/cc/so/neso/ienesv/cxne/cins_wp.htm) [Stand: 2003-08-11]



**Consultative Committee for Space Data Systems (CCSDS):** *Telemetry Summary of Concept and Rationale*. Green Book. Ausgabe vom 1. Dezember 1987; *Telemetry Channel Coding*. Blue Book. Ausgabe vom 6. October 2002; *Overview of Space Link Protocols*. Green Book. Ausgabe 1. Juni 2001. URL: <http://www.ccsds.org/CCSDS/recommandreports.jsp> [Stand: 2003-08-11]

**D'Orville, Hans; Peske, Thorsten:** *Das Handbuch der Satelliten-Kommunikation*. Grundlagen, Märkte, Entwicklungen. Frankfurt/M: F.A.Z.-Institut 2000.

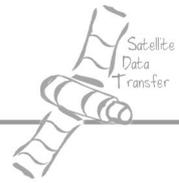
**Elbaz, Danny:** *IP VSAT Solutions: A Flexible Friend*. In *Broadbandmag*, Ausgabe Juni/Juli 2001. URL: [http://www.harmonicinc.com/stageone/files/harmonic/collateral/IP\\_VSATsolutions0701.pdf](http://www.harmonicinc.com/stageone/files/harmonic/collateral/IP_VSATsolutions0701.pdf) [Stand: 2003-08-11]; *IP VSAT: Satisfying a Need*. In *CSCI*, Ausgabe März 2001. URL: <http://www.harmonicinc.com/stageone/files/harmonic/collateral/csci0301vast.pdf> [Stand: 2003-08-11]

**Ericsson:** *Ericsson Seamless Network: Evolution of GSM and WCDMA into a Seamless Network*. April 2002. Whitepaper. URL: [http://www.3gamericas.org/pdfs/Ericsson\\_Seamless\\_April\\_02.pdf](http://www.3gamericas.org/pdfs/Ericsson_Seamless_April_02.pdf) [Stand: 2003-08-11]; *EDGE: Introduction of High-speed Data in GSM/GPRS Net*. Whitepaper . URL: [http://www.3gamericas.org/pdfs/Ericsson\\_EDGE\\_WP\\_tech\\_2002.pdf](http://www.3gamericas.org/pdfs/Ericsson_EDGE_WP_tech_2002.pdf) [Stand: 2003-08-11]; *The TDMA Operator Path to GSM -- A Successful Transition to GSM and Evolution of TDMA*. Whitepaper. URL: [http://www.3gamericas.org/pdfs/ericsson\\_tdma\\_gsm\\_white-paper-9-01.pdf](http://www.3gamericas.org/pdfs/ericsson_tdma_gsm_white-paper-9-01.pdf) [Stand: 2003-08-11]

**European Telecommunications Standards Institute:** *Digital Video Broadcasting (DVB). A guideline for the use of DVB specifications and standards*. Technical Report. URL: [http://www.dvb.org/news/pdf/dvb\\_cook.pdf](http://www.dvb.org/news/pdf/dvb_cook.pdf) [Stand: 2002-05-17]

**European Telecommunications Standards Institute:** *Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for 11/12 GHz satellite services*. EN 300 421 V1.1.2 (1997-08). URL: [http://eit.agh.edu.pl/~mkoz/en\\_300421v010102p.pdf](http://eit.agh.edu.pl/~mkoz/en_300421v010102p.pdf) [Stand: 2003-08-11]

**Evain, J.-P. :** *Multi Media Home Platform*. Whitepaper. URL: <http://www.dvb.org/documents/white-papers/evain.pdf> [Stand: 2003-08-11]



**Fenger, Carl; Elwood-Smith, Michael:** *The Fantastic Broadband Multimedia System*. Platform Description. 19.Mai 2000, Version 1.3. URL: [http://www.dvb.org/resources/pdf/broadband\\_mm\\_system.pdf](http://www.dvb.org/resources/pdf/broadband_mm_system.pdf) [Stand: 2002-05-17]

**Fitzek, Frank H.P.; Reisslein, Martin:** *A Prefetching Protocol for Continuous Media Streaming in Wireless Environments*. Erschienen in IEEE Journal on Selected Areas in Communications. October 2001. URL: <http://www-tnk.ee.tu-berlin.de/publications/papers/FR01jsac.pdf> [Stand: 2003-08-11]

**GSA:** *It's About Services That Make Money - The AMPS and TDMA Roadmap to 3G*. URL: [http://www.gsacom.com/downloads/gsa\\_opinion\\_007.pdf](http://www.gsacom.com/downloads/gsa_opinion_007.pdf) [Stand: 2003-08-11]

**Habrigh, Heinz:** *Geodetic Applications of the Global Navigation Satellite System (GLONASS) and of GLONASS/GPS Combinations*. Inauguraldissertation der Philosophisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Bern. URL: [http://igs.ifag.de/root\\_ftp/dist/habrigh\\_glonass.pdf](http://igs.ifag.de/root_ftp/dist/habrigh_glonass.pdf) [Stand: 2003-08-11]

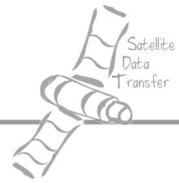
**Harmonic Data Systems Inc.:** *Redefining Broadband Business*. URL: <ftp://ftp.uni-duisburg.de/pub/Hardware/Harmonic/4page.a4.99.11.pdf> [Stand: 2003-08-11]

**Harmonic, Inc.:** *IP-Over-Satellite Terms*. Glossary. URL: [http://www.harmonicinc.com/pa\\_ios\\_library.cfm](http://www.harmonicinc.com/pa_ios_library.cfm) [Stand: 2003-08-11];  
*IP-over-Satellite*. Produktbeschreibung. URL: [http://www.harmonicinc.com/view\\_ios\\_product\\_group.cfm?classID=1180](http://www.harmonicinc.com/view_ios_product_group.cfm?classID=1180) [Stand: 2003-08-11]

**INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION:** *Radiocommunication Study Group 6: Transmission system for advanced multimedia services provided by integrated services digital broadcasting in a broadcasting-satellite channel*. Draft Modification to Recommendation ITU-R BO.1408.18. January 2002.[516120cf254accb0aad5de826ea03d65-1.pdf];

*Nomenclature of the Frequency and wavelength bands used in telecommunications*. Recommendation ITU-R V.431-7. [1f6a7a260d48bfc7282b7b5da3e595e9-1.pdf];

Technical Characteristics for Very Small Aperture Terminals (VSATs). Recommendation 725. [375a7dd49bf24bd0b489d50df90fd0d9-1.pdf]. Alle erhältlich bei URL: <https://ecs.itu.ch> [Stand: 2002-05-27]



**Jobmann, Klaus:** *Mobilfunk- und Intelligente Mobilfunk- und Intelligente Netze*. Universität Hannover. Institut für Allgemeine Nachrichtentechnik. URL: [http://www.ant.uni-hannover.de/Lehre/Kn/MIN/PDF/MIN\\_01\\_1.pdf](http://www.ant.uni-hannover.de/Lehre/Kn/MIN/PDF/MIN_01_1.pdf) [Stand: 2003-06-06]

**Katz, Randy H., Prof.:** *Mobile Satellite Systems*. CS 294-7. University of California, Berkeley. 1996. URL: <http://www-vs.informatik.uni-ulm.de/Lehre/MobileNetworks99/Literature/MSS.pdf> [Stand: 2003-08-11]

**Microspace Communications:** *Reliable Content Distribution In A One-Way Satellite Environment*. Whitepaper. URL: [http://www.microspace.com/news/whitepapers/wp\\_reliable\\_content.shtml](http://www.microspace.com/news/whitepapers/wp_reliable_content.shtml) [Stand: 2003-08-11]

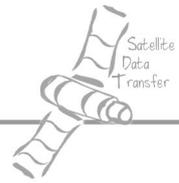
**Mokler, Christoph:** *Satellitenbasierte Systeme*. Hauptseminar „Dienste und Infrastrukturen für mobile Netze“. 22.11.2001. URL: [http://wwwhegering.informatik.tu-muenchen.de/Hauptseminar/ws0102/handouts/mokler\\_slides.pdf](http://wwwhegering.informatik.tu-muenchen.de/Hauptseminar/ws0102/handouts/mokler_slides.pdf) [Stand: 2003-08-11]

**Nera Broadband Satellite AS (NBS):** *Digital Video Broadcasting, Return Channel via Satellite (DVB-RCS)*. Background Book. URL: <http://www.dvb.org/documents/white-papers/DVBRCsbkgrbk1sted20021126.pdf> [Stand: 2003-08-11]; *The Development of Digital Television in the EU*. June 2000. URL: [http://www.dvb.org/documents/white-papers/digitv\\_devel.pdf](http://www.dvb.org/documents/white-papers/digitv_devel.pdf) [Stand: 2003-08-11]

**Northern Sky Research, LLC.:** *Economic and Technical Issues to Affect Short-Term Consumer Broadband Satellite Market Growth*. Press Release. URL: [http://www.northernskyresearch.com/aboutus/press/pr11\\_7\\_01.html](http://www.northernskyresearch.com/aboutus/press/pr11_7_01.html) [Stand: 2003-08-11]

**Smith, Anthony:** *Plain Sailing with DVB-S*. In *DVB-News*. Edition No. 2. September 2001. URL: <http://www.dvb.org/news/newsletters/NewsletterSept2001.pdf> [Stand: 2002-05-22]

**Taylor, Leslie A.:** *A Disaster Recovery Plan for Local Municipalities Using Satellite Facilities and Services*. URL: [http://www.lta.com/res\\_articles/VA\\_Tech-Taylor-Skjei-Final\\_Paper-3-20-02.pdf](http://www.lta.com/res_articles/VA_Tech-Taylor-Skjei-Final_Paper-3-20-02.pdf) [Stand: 2003-08-11]; *The Role of Satellites in the Internet: Push, Pull and Last-Mile Delivery*. Pacific Telecommunications Conference – 2002. URL: [http://www.lta.com/res\\_articles/Ltaylor\\_final\\_PTC-02\\_Paper.pdf](http://www.lta.com/res_articles/Ltaylor_final_PTC-02_Paper.pdf) [Stand: 2003-08-11]



**Thie, Dieter:** *Ein drahtloses Multimedia-Kommunikationssystem unter Nutzung von Internet-Protokollmechanismen.* Dissertation. 1999. URL : [http://mvvs.informatik.tu-chemnitz.de/Mitarbeiter/Thie\\_sub/open\\_docs/dissertation.pdf](http://mvvs.informatik.tu-chemnitz.de/Mitarbeiter/Thie_sub/open_docs/dissertation.pdf) [Stand: 2003-08-11]

**Winkler, Lutz:** *Funknetze.* URL: [http://telecom.htwm.de/telecom/Vorlesungen/grdl\\_kt/pdf-dateien/Funknetze.PDF](http://telecom.htwm.de/telecom/Vorlesungen/grdl_kt/pdf-dateien/Funknetze.PDF) [Stand: 2003-08-11]

**Werner, M.; Holzbock, M.:** *Aeronautical Broadband Communications via Satellite.* URL: <http://www.fh-hamburg.de/pers/Scholz/dglr/bericht0101/Werner.pdf> [Stand 2003-08-11]

#### **Weitere wichtige Internetadressen:**

Astrolink: <http://www.astrolink.com>

Euroskyway: <http://www.euroskyway.it>

Eutelsat: <http://www.eutelsat.de>

Intelsat: <http://www.intelsat.com>

Loral Skynet: <http://www.loralskynet.com>

SATLYNX: <http://www.satlynx.de>

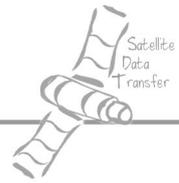
Storz: <http://www.storz.de>

SES Astra: <http://www.ses-astra.com>

Skybridge: <http://www.skybridgesatellite.com>

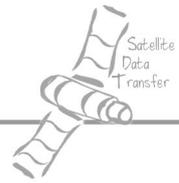
Spaceway: <http://www.spaceway.com>

Teledesic: <http://www.teledesic.com>

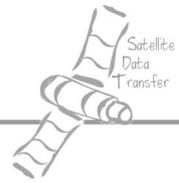


## Glossar

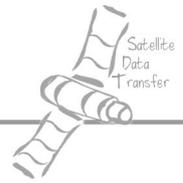
<b>Broadcast</b>	Aussendung von Datenpaketen, die an alle Rechner eines Netzes gerichtet sind
<b>Business-to-Business</b>	Geschäftsbeziehungen zwischen Unternehmen oder Händlern untereinander
<b>Business-to-Consumer</b>	Geschäftsbeziehungen zwischen Unternehmen und Endverbraucher
<b>Chips</b>	Bezeichnung der Bits nach Verknüpfung mit der Pseudozufallsfolge beim Direct Sequence
<b>Content Provider</b>	Anbieter von Internet-Inhalten, bspw. Betreiber einer Website
<b>Data Link Layer</b>	Datensicherungsschicht im OSI-Modell
<b>Doppler-Effekt</b>	Physikalischer Effekt: Änderung der Wellenlänge bei Bewegung der Strahlungsquelle
<b>Downlink</b>	Signalstrecke vom Satelliten zu den Empfangsstationen
<b>Elevation</b>	Neigungswinkel (Steigungswinkel) einer Satellitenantenne vertikal gegen den Horizont
<b>Ethernet</b>	Häufig verwendeter Netzwerkstandard
<b>FDDI</b>	Netzwerkart auf Glasfaser Basis
<b>Flash Card</b>	Auch Compact Flashcard (CF); Speichermedium
<b>Frame Relay</b>	Protokoll mit 2 Byte Headerfeld für schnelle Datenvermittlung
<b>Footprint</b>	geographisches Gebiet, auf das der Satellit abstrahlt
<b>Gateways</b>	Gerät, das Netze mit unterschiedlichen Adressierungen, inkompatiblen Protokollen etc. verbinden kann
<b>Geostationär</b>	Umlaufbahn eines Satelliten, auf der die Umlaufdauer der Rotationsdauer des Planeten entspricht
<b>Handovers</b>	Übergabe der Übertragung von Satellit zu Satellit
<b>Hop</b>	Zähleinheit basierend auf der Lebensdauer eines Datenpaketes, bei IP wird jeder Router als 1 Hop gezählt



<b>Host</b>	Großrechner und Server, an denen Arbeitsstationen angeschlossen sind
<b>Hub</b>	Knotenpunkt von Leitungen in einem sternförmig angelegten Netzwerk
<b>Interferenz</b>	Überlagerung von mehreren Wellen gleicher Wellenlänge
<b>Internet Backbone</b>	Hauptstrang eines Netzwerks, verbindet die PoPs eines ISPs, allgemein: komplettes Netzwerk
<b>LAN</b>	lokal angelegtes Netzwerk
<b>Launch</b>	Abschuss eines Satelliten
<b>MAC-Adresse</b>	Hardware-Adresse, durch die eine Station eindeutig im Netz identifiziert ist
<b>Media Control</b>	Meinungsforschungsinstitut, spezialisiert auf aktuelle Musik-Charts etc.
<b>MPEG-2</b>	Komprimierungsverfahren für Videodaten
<b>Multicast</b>	Verteilen von Nachrichten an eine Gruppe von Empfängern
<b>On Demand</b>	Streaming-Technik, die es dem Anwender erlaubt, zu einem beliebigen Zeitpunkt auf die gewünschten Daten zugreifen zu können
<b>Orbit</b>	Umlaufbahn
<b>Overhead</b>	Daten, die aufgrund technischer Notwendigkeiten zusätzlich zu den relevanten Informationen übermittelt werden müssen
<b>Provider</b>	Firma, die den Zugang zum Internet über einen eigenen Internet-Server zur Verfügung stellt
<b>PoP</b>	Point of Presence, lokaler Einwahlknoten eines Providers
<b>POS</b>	Point of Sale, Kioskterminal
<b>Reverse Link, Return Channel</b>	Rückkanal
<b>Section Header</b>	Information am Anfang einer Datei mit allen notwendigen Identifizierungs-, Struktur- und Verwaltungsinformationen



<b>Set-Top-Box</b>	Hardware, mit der digitale Daten via Satellit empfangen werden können
<b>Slot</b>	s. Timeslot
<b>Smartcard</b>	Karte um verschlüsselte Daten zu descrambeln
<b>Spacejunk</b>	Überbleibsel alter Raketen und Satelliten im Orbit, wörtlich „Weltraumschrott“
<b>Spot-Beam</b>	Stark gebündelter Ausleuchtbereich eines Satelliten mit relativ großer Strahlungsleistung
<b>Switch</b>	aktiver Hub, der den Netzwerkverkehr zwischen Clients und Server(n) regelt, in dem er selbsttätig die Zieladressen der IP-Pakete auswertet und diese dann den entsprechenden Adressaten zustellt
<b>TCP Layer</b>	Transport Layer, korrigiert Übertragungsfehler
<b>Terrestrisch</b>	Übertragung von Rundfunk- und TV-Signalen innerhalb der Atmosphäre
<b>Timeslot</b>	Einzelner Zeitabschnitt, in den eine Funkfrequenz unterteilt wird
<b>Token Ring</b>	von IBM entwickelte Netzwerk-Architektur
<b>Topologie</b>	Art der Verbindung zwischen Computern
<b>Tracking</b>	Aufspüren oder verfolgen, beim Satellit z.B. die Überwachung der Position
<b>Unicast</b>	Für jeden Empfänger wird eine Kopie der Datei vom Sender über das Netzwerk geschickt
<b>Upstream</b>	Datenfluss vom Client zum Server
<b>Usergruppen</b>	Definierte Gruppe von Nutzern im Multicast
<b>WAN</b>	Weit angelegtes Netzwerk
<b>Watchdog</b>	Anwendung zur Überwachung bestimmter Programme

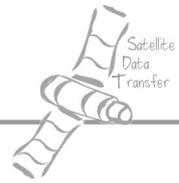


## Anhang

Letter symbols	Radar (GHz)		Space radiocommunications	
	Spectrum regions	Examples	Nominal designations	Examples (GHz)
L	1-2	1.215-1.4	1.5 GHz band	1.525-1.710
S	2-4	2.3-2.5 2.7-3.4	2.5 GHz band	2.5-2.690
C	4-8	5.25-5.85	4/6 GHz band	3.4-4.2 4.5-4.8 5.85-7.075
X	8-12	8.5-10.5	–	–
Ku	12-18	13.4-14.0 15.3-17.3	11/14 GHz band 12/14 GHz band	10.7-13.25 14.0-14.5
K <sup>(1)</sup>	18-27	24.05-24.25	20 GHz band	17.7-20.2
Ka <sup>(1)</sup>	27-40	33.4-36.0	30 GHz band	27.5-30.0
V	–	–	40 GHz band	37.5-42.5 47.2-50.2

<sup>(1)</sup> For space radiocommunications K and Ka bands are often designated by the single symbol K<sub>a</sub>.

TAB: Nomenclature of the Frequency and Wavelength Bands aus Rec. ITU-R V.431-7



## **Danksagung**

An dieser Stelle möchte ich mich noch bei der Firma Storz Interaktive Medien GmbH bedanken, die mir während der Diplomierungszeit ein zuhause bot, des weiteren möchte ich mich bei meinen Kollegen bedanken, die mir mit Rat und Tat zur Seite standen und ohne die diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

Auch der Firma SATLYNX gilt mein Dank, die mir einen technischen Einblick in die Implementierung eines VSAT-Netzes bot und mich mit Informationen und Kalkulationen unterstützt hat.

Zum Schluß möchte ich mich bei allen Freunden und meiner Familie bedanken, die mir während dieser Zeit beigestanden haben, sei es beim Kontrolllesen oder der moralischen Unterstützung.

Die Beschäftigung mit diesem Thema war eine interessante Erfahrung, die ich nicht missen möchte.

Stuttgart, den 14. August 2003