



Verfügbarkeit und Fehlersicherung bei der ATM-Übertragung über Satellit

Dr. H. Bischl

DLR Oberpfaffenhofen



Inhalt

- ▶ *Systemanforderungen*
- ▶ *Eigenschaften des Satellitenkanals (Ka-Band)*
- ▶ *Geeignete Fehlersicherungsverfahren*
- ▶ *Erhöhung der Verfügbarkeit durch adaptive Fehlersicherungsverfahren*
- ▶ *Schlussfolgerungen*

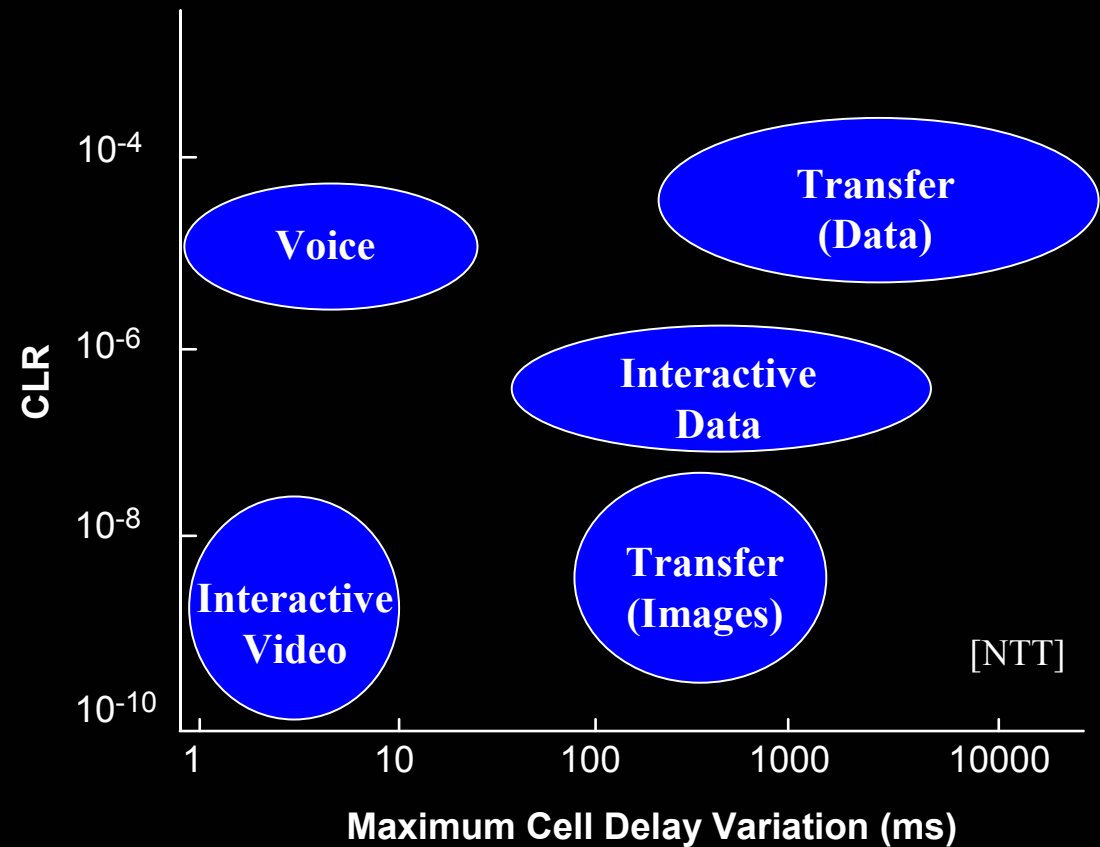


Systemanforderungen

Geforderte Zellverlustrate (CLR) für einige ATM-basierte Dienste

CLR (Cell Loss Ratio): Anteil an verlorenen oder zu spät übermittelten Zellen

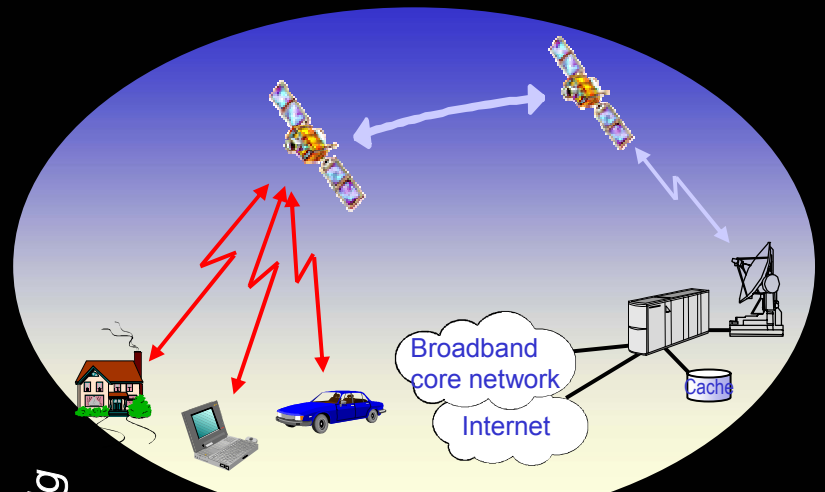
Bei der ATM-Übertragung über Satellit können diese Anforderungen nicht immer erfüllt werden





Ursachen für Zellverluste bei der ATM-Übertragung über Satellit

- ▶ Übertragungsfehler im Satellitenkanal (*häufig*)
- ▶ Übertragungsfehler bei den ISLs (selten)
- ▶ Übertragungsfehler im Festnetz (selten)
- ▶ Überlast beim Vielfachzugriff (z.B. Pufferüberlauf im Terminal bei UBR Diensten)
- ▶ Überlast (Pufferüberlauf) im ATM-Switch
- ▶ Verwerfen nichtkonformer ATM-Zellen

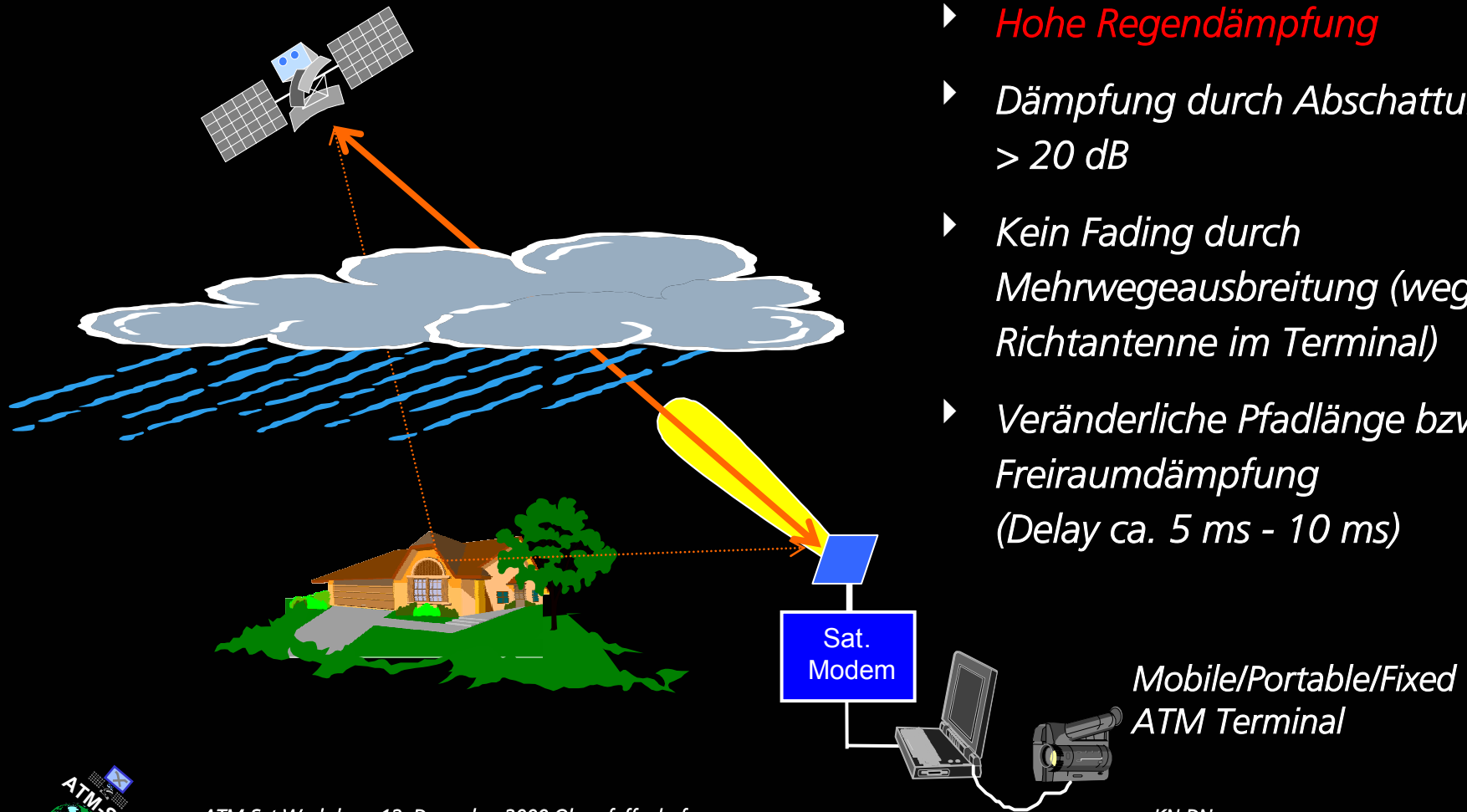


Verkehrabhängig

*Im Folgenden:
Berechnung
der Zellverlustrate (CLR)
aufgrund von
Paketfehlern im
Satellitenkanal*



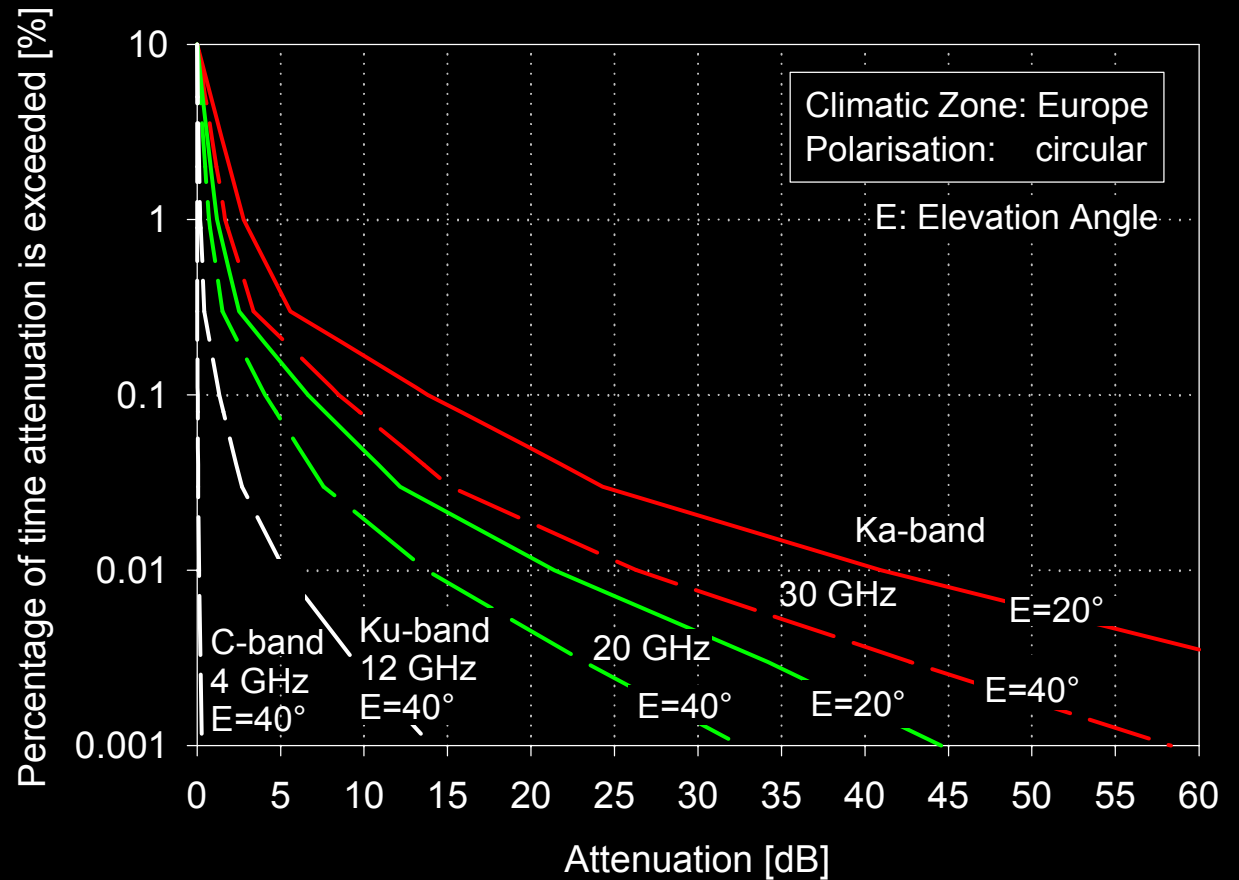
Eigenschaften des LEO-Satellitenkanals (Ka-Band)





Überschreitungshäufigkeit von Regendämpfungen

Hohe Regendämpfung
im Ka-Band,
im **Uplink (30 GHz)**
doppelt so hoch wie im
Downlink (20 GHz)





Was folgt aus der hohen Regendämpfung im Ka-Band ?

- ▶ Wegen der hohen Regendämpfung sind **nicht beliebig hohe Verfügbarkeiten möglich**
- ▶ Zeitweise auftretenden stärkeren Regendämpfungen könnte sich das System adaptiv anpassen, z.B. mit
 - Erhöhung der Sendeleistung: *i.a. nicht möglich, da Sendeleistung begrenzt*
 - Reduktion der Kanalbitrate: *nicht bei allen Anwendungen zulässig, Trägerwechsel erforderlich*
 - Wechsel zu Satelliten mit höherer Elevation: *nicht immer möglich*
 - Adaptive Fehlersicherung: *adaptive Vorwärtsfehlerkorrektur (FEC), Wiederholverfahren (ARQ)*



Geeignete Fehlersicherungsverfahren für die ATM-Übertragung über Satellit

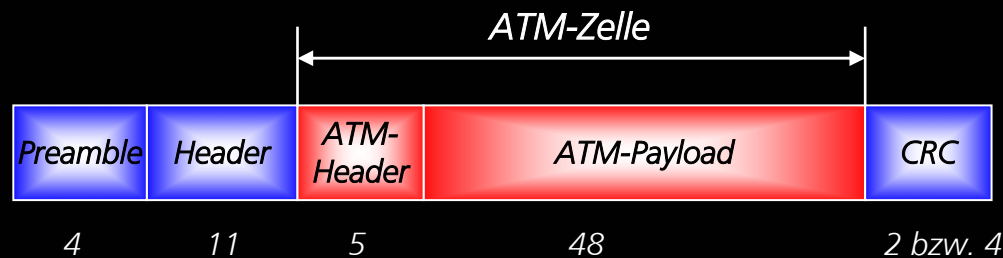
ATM Service Category	Guarantees			Error Control Method	Typical Application
	CLR	Delay Variance	Band-width		
CBR	X	X	X	FEC	Voice, Audio, Video, TV, ...
rt-VBR	X	X	X	FEC	VBR Video and Audio
nrt-VBR	X	NO	X	FEC, ARQ	Data Transp., Frame Relay
ABR	X	NO	X	FEC, ARQ	Data Transport, TCP/IP
UBR	NO	NO	NO	none, FEC, ARQ	Data Transport, TCP/IP
UBR with MCR	NO	NO	X	none, FEC, ARQ	Data Transport, TCP/IP

*FEC: Forward Error Correction
ARQ: Automatic Repeat Request*



ATM-Sat Pakete ohne und mit Vorwärtsfehlerkorrektur (FEC)

ohne FEC:



Korrigierbare Fehler

nur Fehlerdetektion

FEC mit RS(80,64) code:



8 Byte

Annahme für die Berechnung der Zellverlustrate (CLR):
 Paket wird verworfen, falls der Decoder das Paket nicht mehr decodieren kann
 (Paketfehler \Rightarrow Zellverlust)



Wichtigste Systemparameter für die Leistungsanalyse der Fehlersicherungsverfahren (ATM-Sat Referenzsystem)

Uplink:

<i>gross data rate</i>	<i>3100 kbit/s</i>
<i>modulation scheme</i>	<i>QPSK</i>
<i>frequency (uplink)</i>	<i>30 GHz</i>
<i>earth station transmitted power</i>	<i>4 W</i>
<i>Tx antenna gain</i>	<i>37 dBi</i>
<i>satellite Rx ant. gain at -4.3 dB</i>	<i>29.44 dBi</i>
<i>satellite G/T</i>	<i>2.31 dB/K</i>
<i>losses (implementation, pointing, output, ...)</i>	<i>3.4 dB</i>

Freiraumdämpfung:

sinkt mit wachsendem Elevationswinkel (abnehmende Entfernung zum LEO-Satelliten)

Regendämpfung:

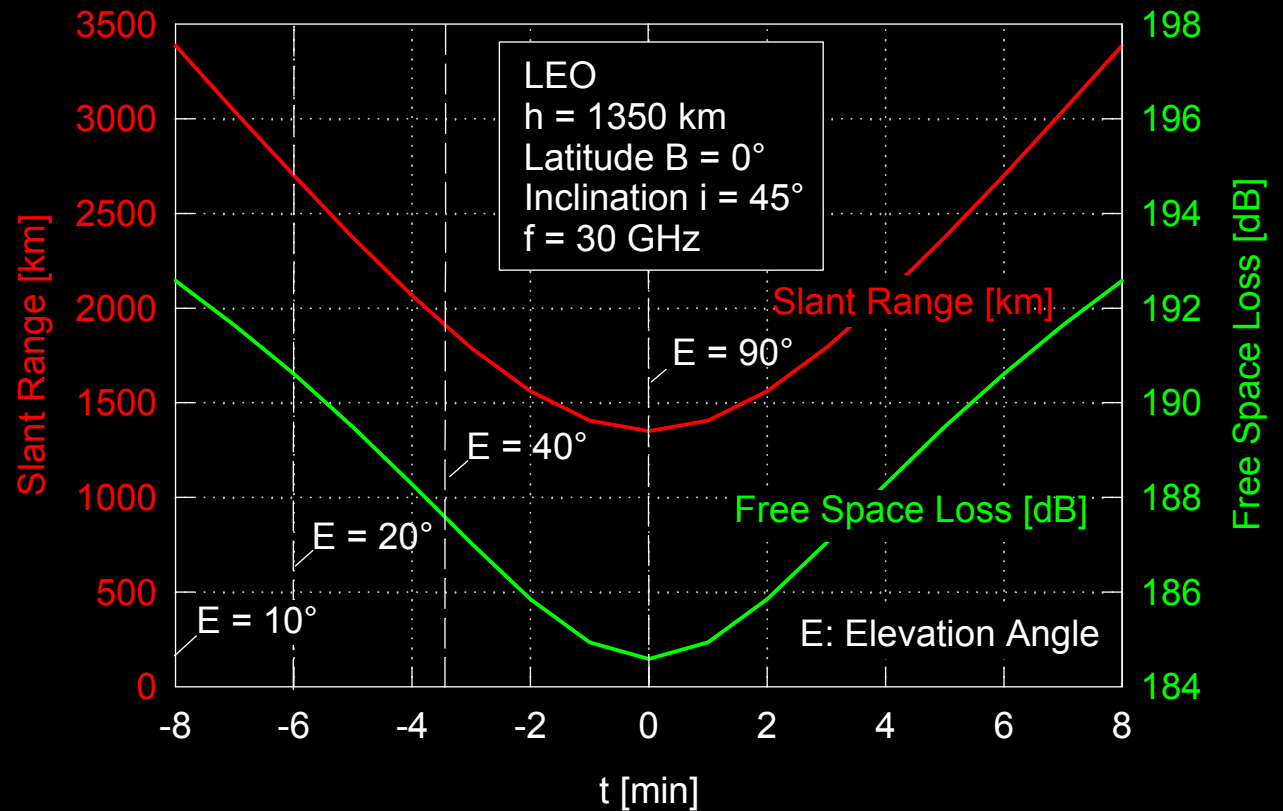
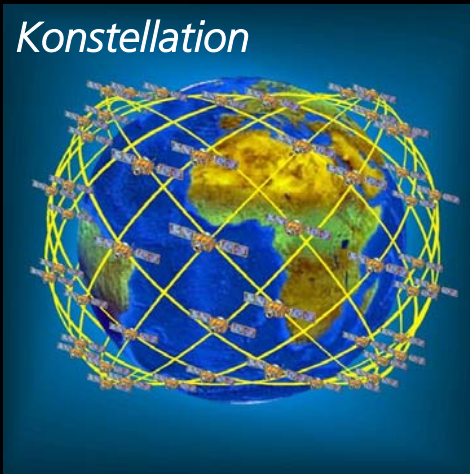
sinkt mit wachsendem Elevationswinkel (kürzere effektive Weglänge in der Regenwolke)



Freiraumdämpfung im ATM-Sat Referenzsystem

Veränderliche
Freiraumdämpfung
bei LEO-Systemen

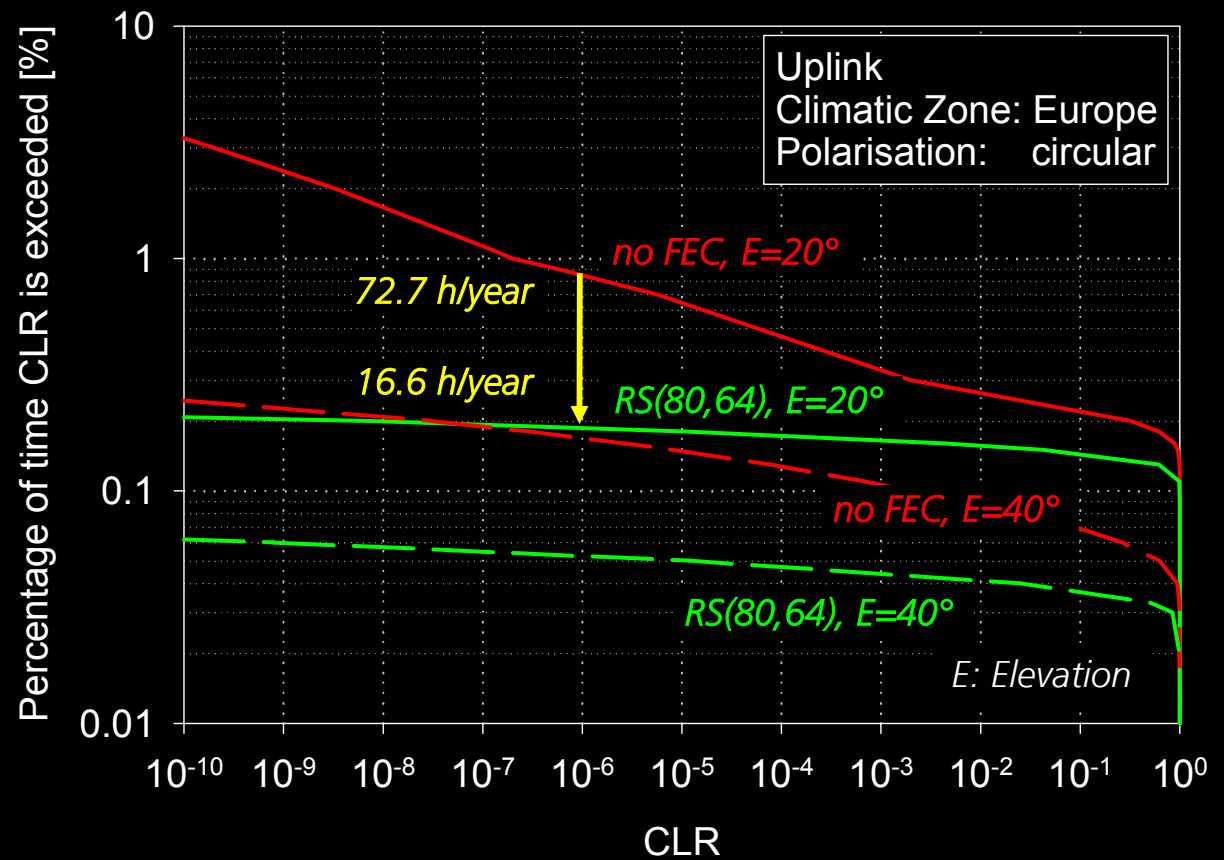
Konstellation





Leistungsfähigkeit einer Fehlersicherung mit einem RS(80,64)-Code im ATM-Sat Referenzsystem

Überschreitungs-
häufigkeit von
Zellverlustraten (CLR)
aufgrund von
Regendämpfung

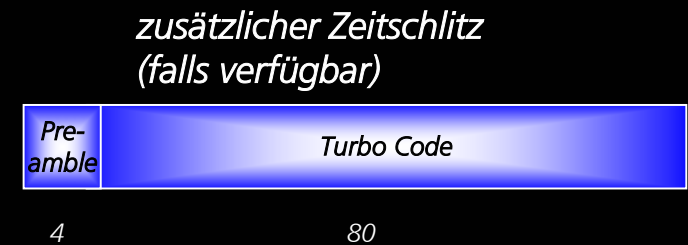
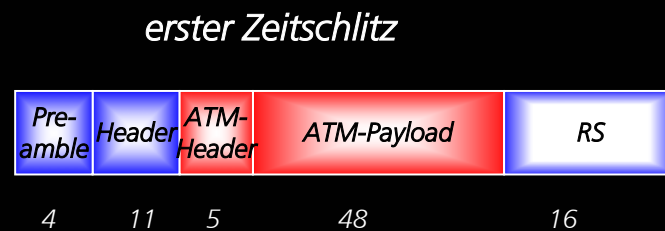




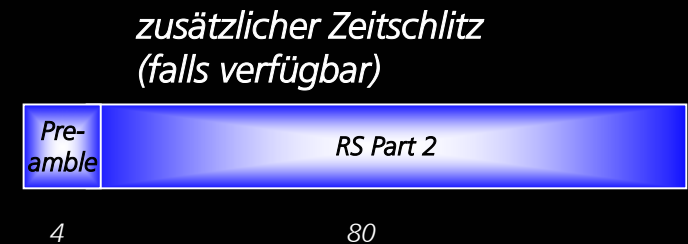
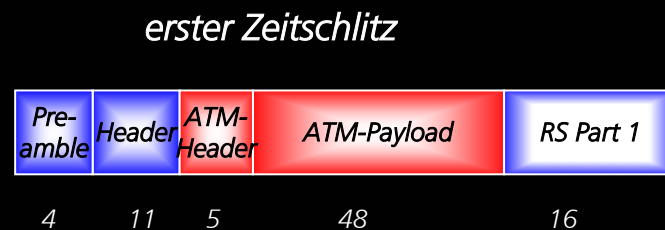
Adaptive Vorwärtsfehlerkorrektur (FEC)

Verwendung eines zusätzlichen Zeitschlitzes zur Übertragung zusätzlicher Redundanz bei hoher Regendämpfung:

FEC mit Turbo Code (Rate 1/2) & RS(80,64) Code:



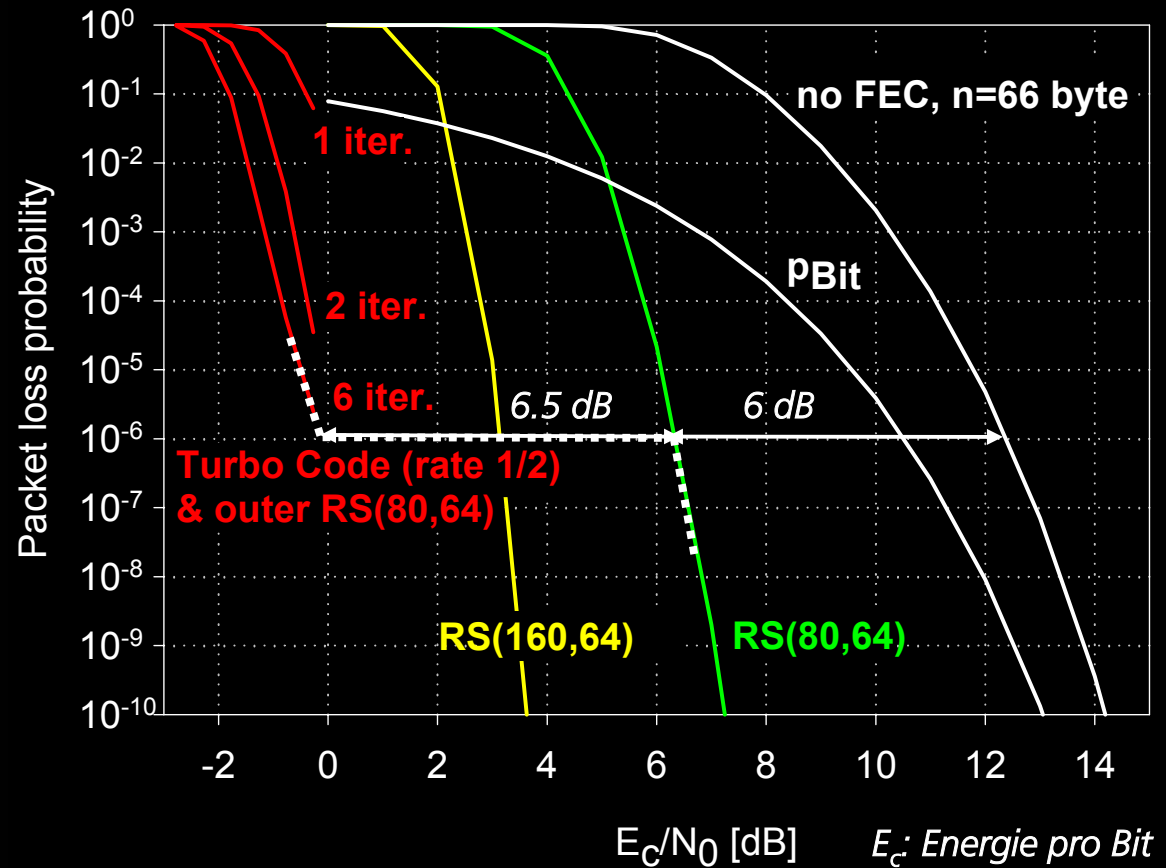
FEC mit RS(160,64) Code:





Leistungsfähigkeit der Vorwärtsfehlerkorrekturverfahren

Das Hinzuschalten des Turbo Codes kompensiert eine Regendämpfung von ca. 6.5 dB (bei gleichbleibender Sendeleistung!)

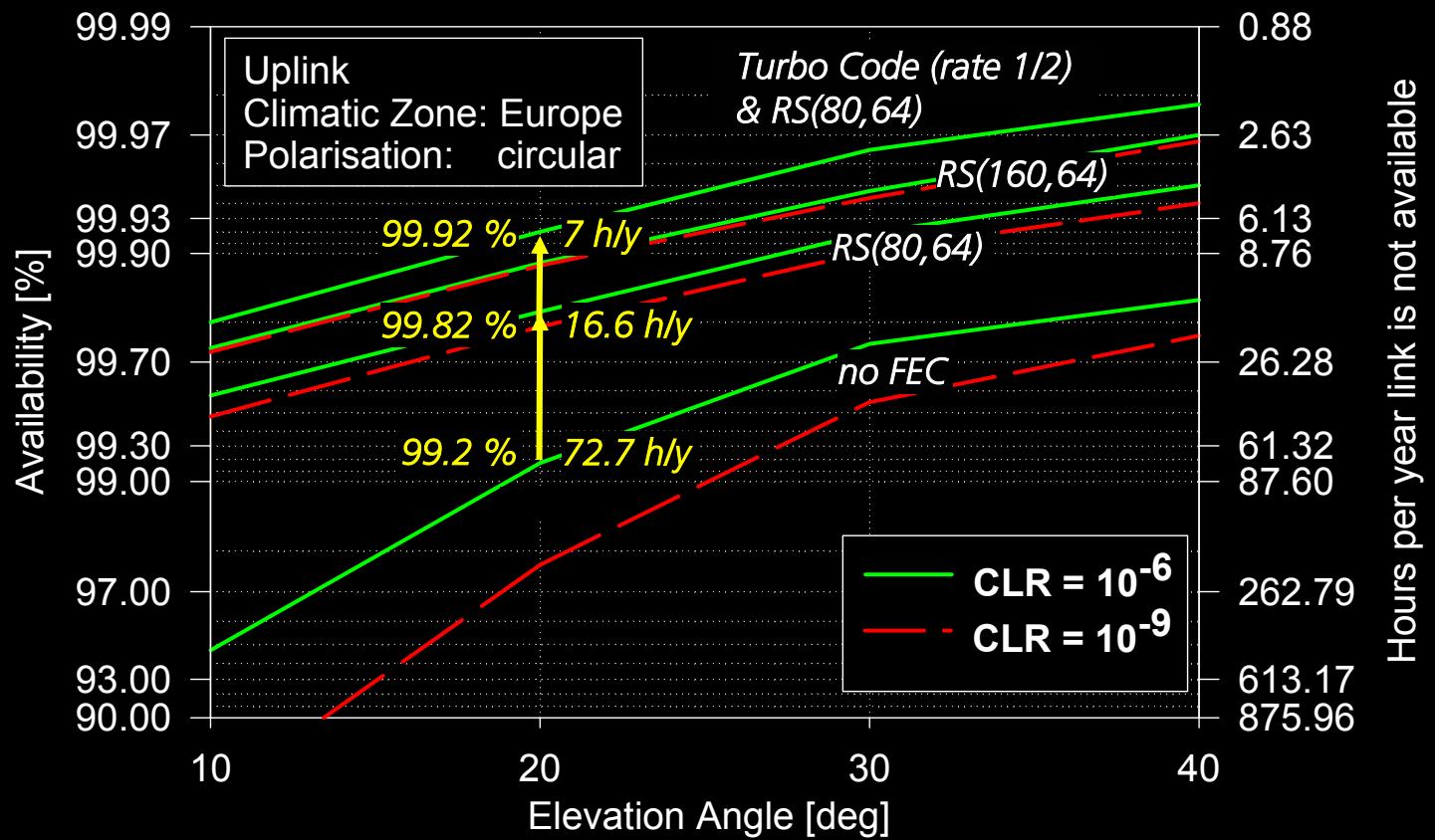




Erhöhung der Verfügbarkeit durch adaptive Vorwärtsfehlerkorrektur

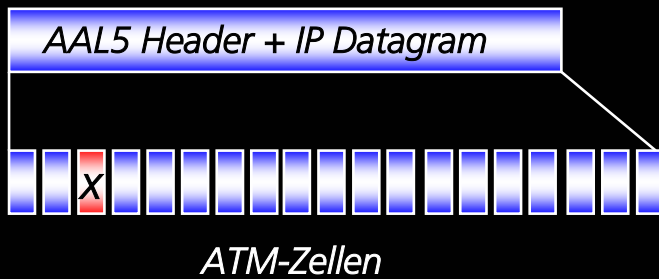
Verfügbarkeit im ATM-Sat Referenzsystem

Bei $CLR=10^{-6}$ und $E=20^\circ$ wird der Turbo Code nur ca. 16 h pro Jahr benötigt!

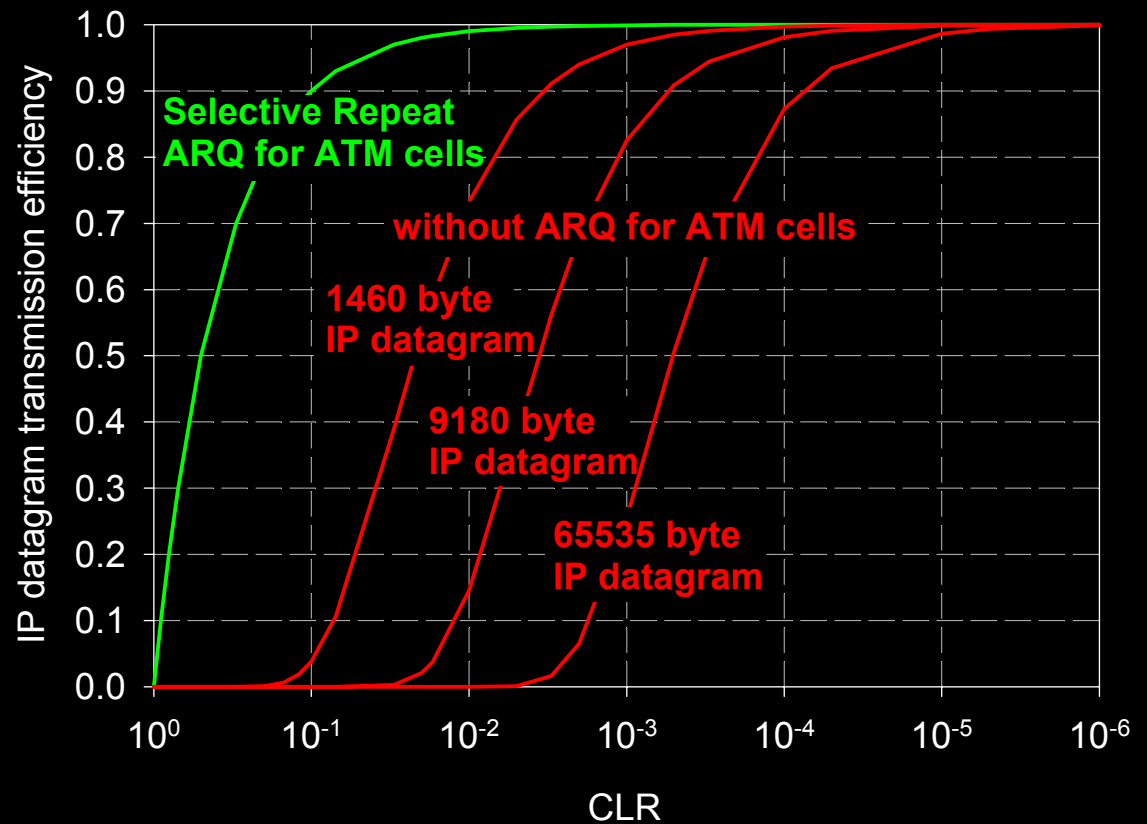




Fehlersicherungsverfahren für IP über ATM über Satellit



Verlorene ATM-Zellen sollten im ARQ-Verfahren wiederholt werden, da sonst der Verlust einer ATM-Zelle den Verlust des ganzen IP Datagramms nach sich zieht





Schlussfolgerungen

- ▶ *Starke Regendämpfung im Ka-Band, besonders im Uplink*
→ *keine beliebig hohen Verfügbarkeiten möglich*
- ▶ *Vorwärtsfehlerkorrektur (FEC) erhöht die Verfügbarkeit besonders für geringe Zellverlustraten*
→ *FEC sollte für alle ATM Dienstklassen verwendet werden, z.B. RS(80,64) Code*
- ▶ *Bei zeitweise stärkeren Regendämpfungen sollte ein Turbo Code (Rate 1/2) hinzugeschaltet werden (adaptive Fehlersicherung)*
- ▶ *Bei IP über ATM über Satellit sollte zusätzlich Selective Repeat ARQ (auf Zell/Paket-Ebene) eingesetzt werden*



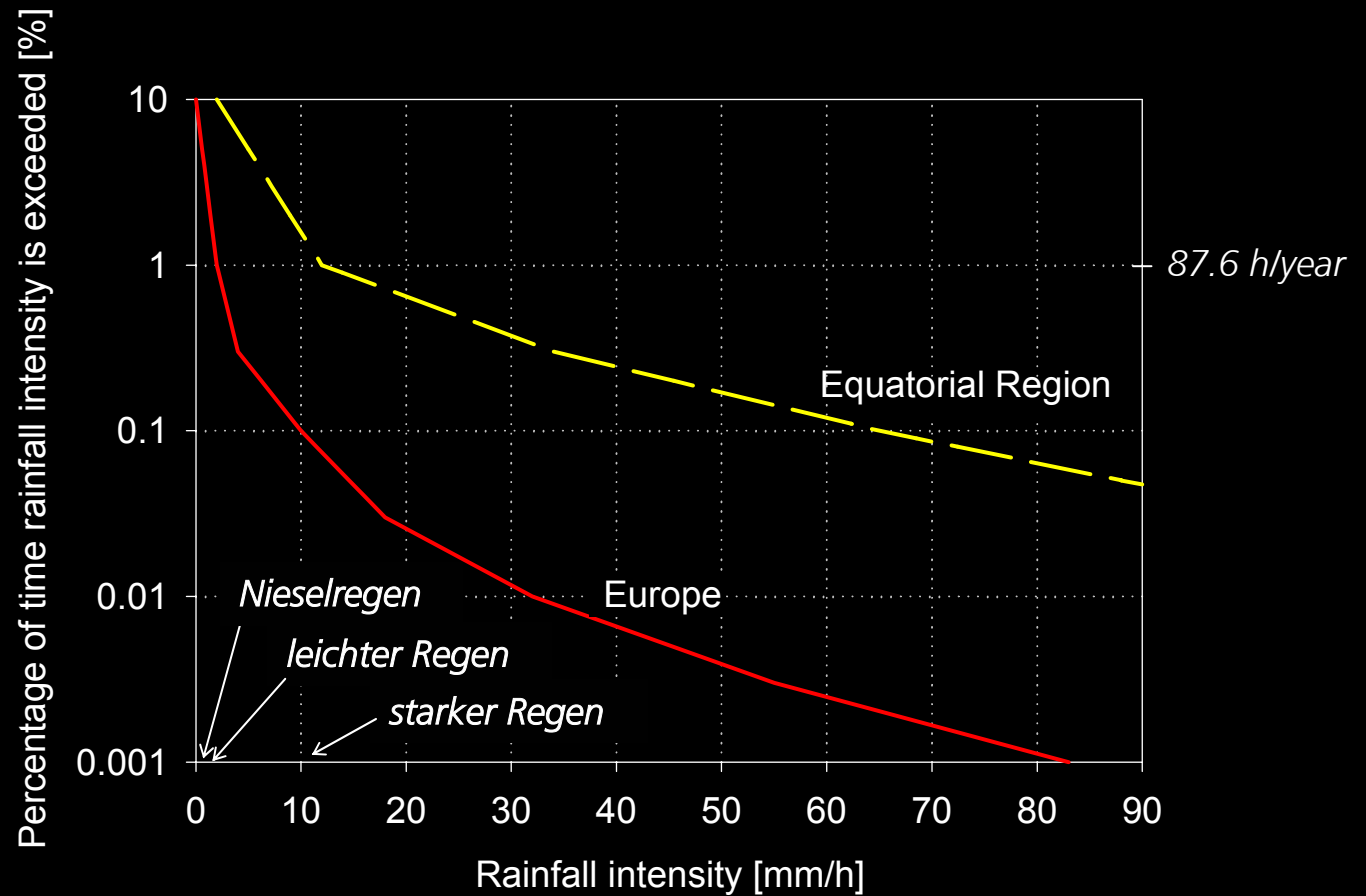
Alte Folien



Eigenschaften des Satellitenkanals (Ka-Band)

Häufigkeit der Regenintensität

Regendämpfung = $f(\text{Regenintensität, Frequenz, Elevation, Polarisation, Breitengrad})$

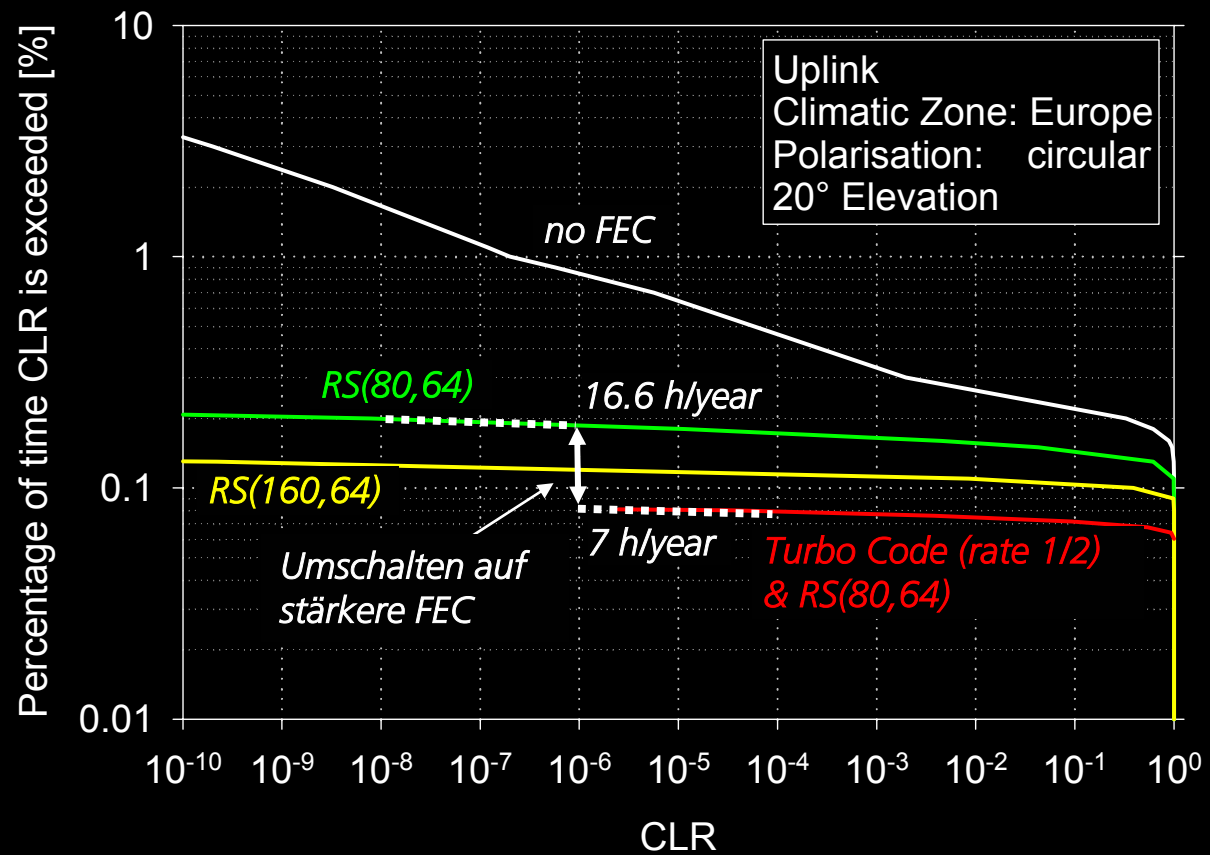




Leistungsfähigkeit adaptiver FEC - Verfahren im ATM-Sat Referenzsystem

Überschreitungs-
häufigkeit
bestimmer
Zellverlustraten (CLR)

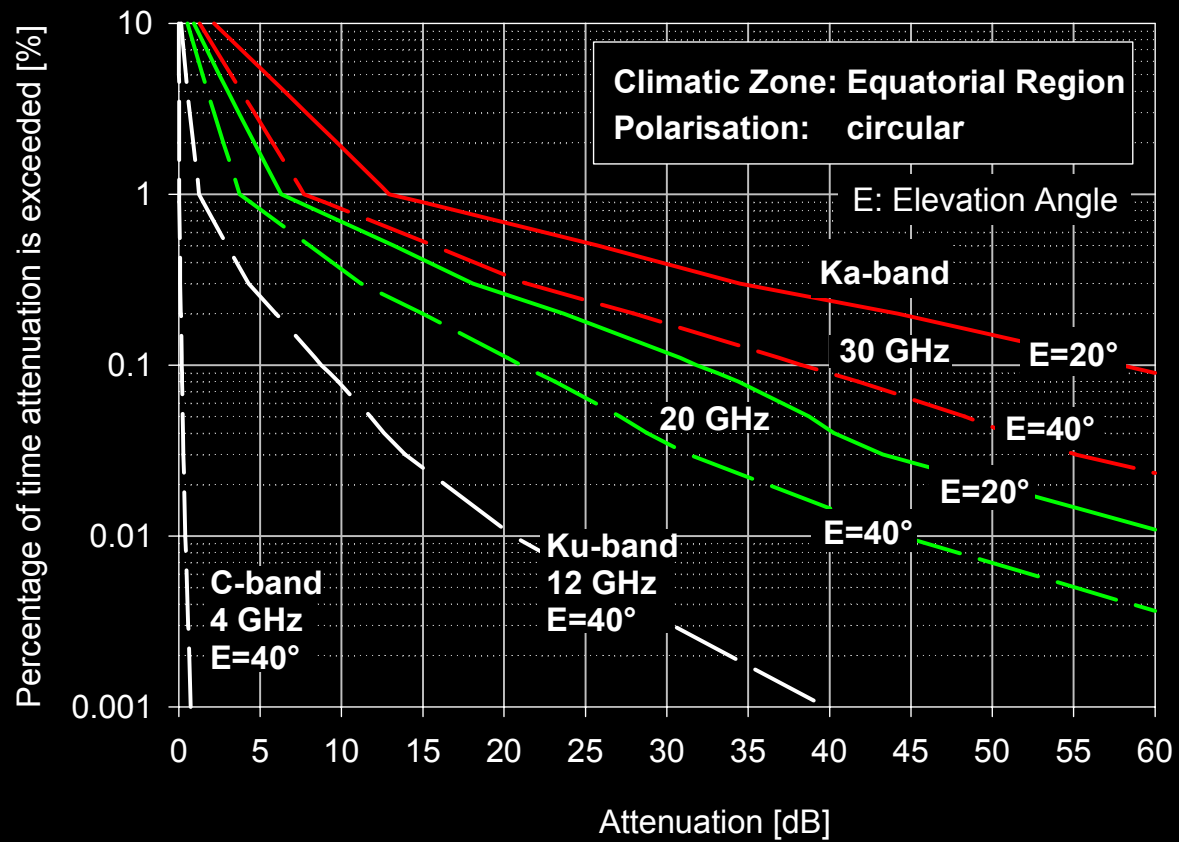
Umschalten auf
stärkere FEC, falls
 $CLR > 10^{-6}$:
zu etwa 0.2 %
der Zeit
notwendig





Eigenschaften des Satellitenkanals im Ka-Band

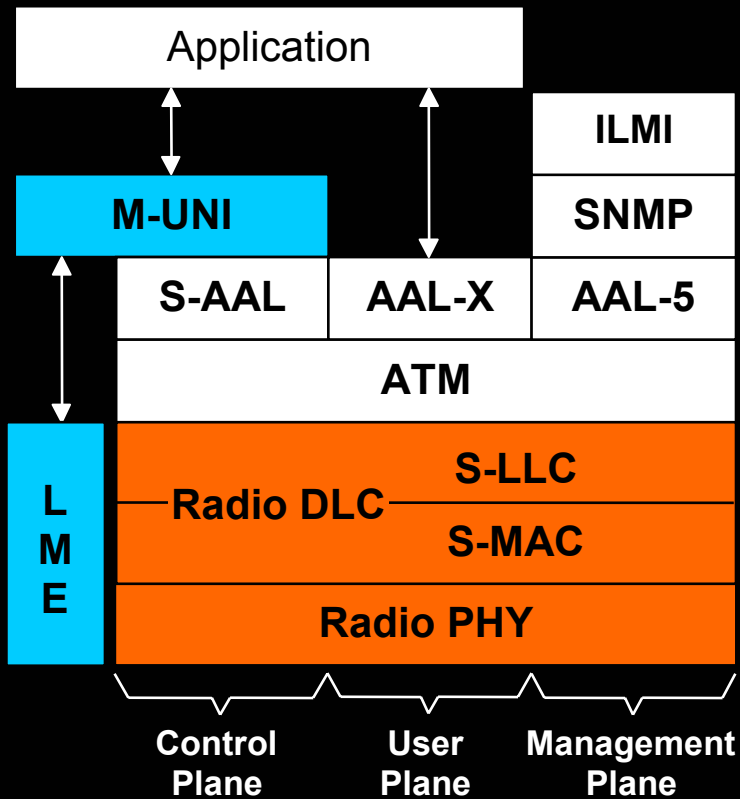
Häufigkeit der Regendämpfung



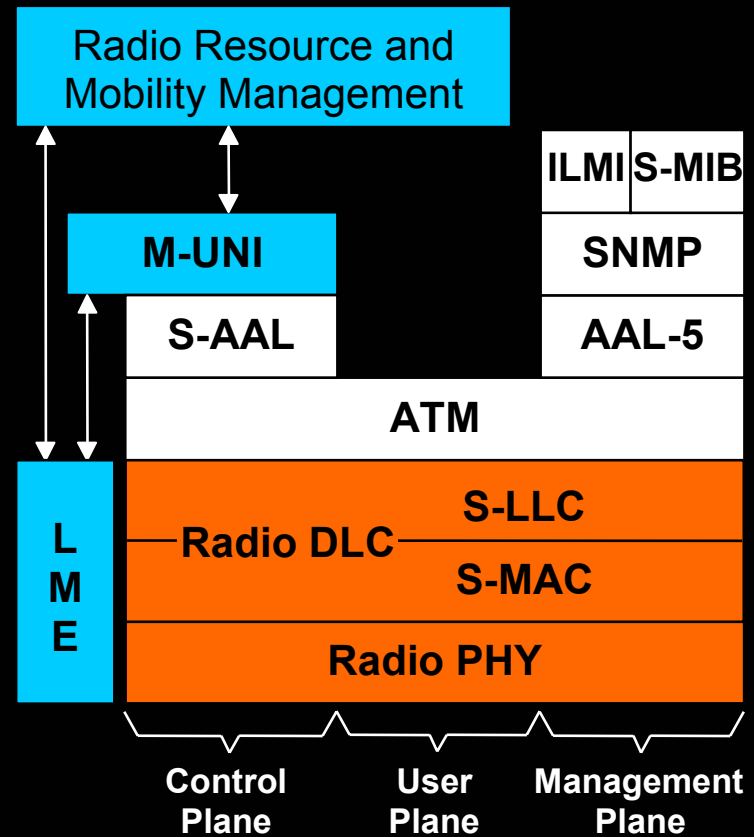


ATM-Sat Protokollarchitektur

Satellite ATM Terminal

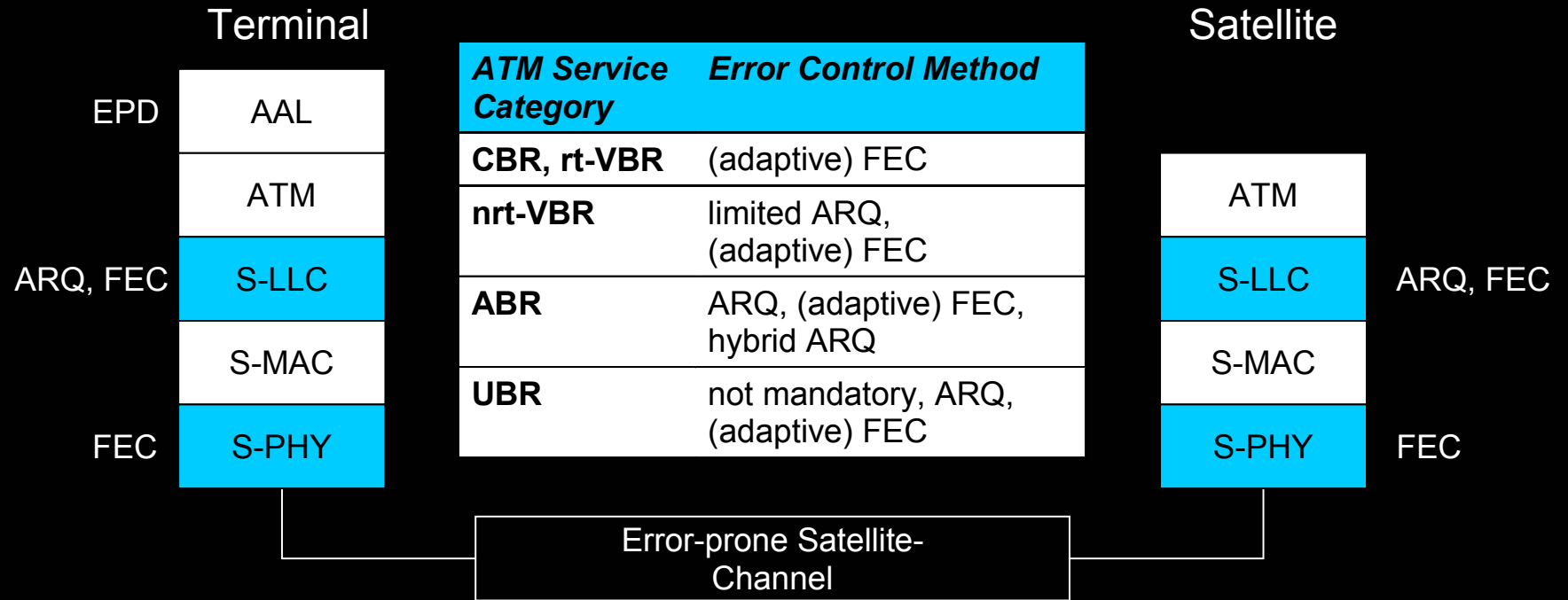


Satellite

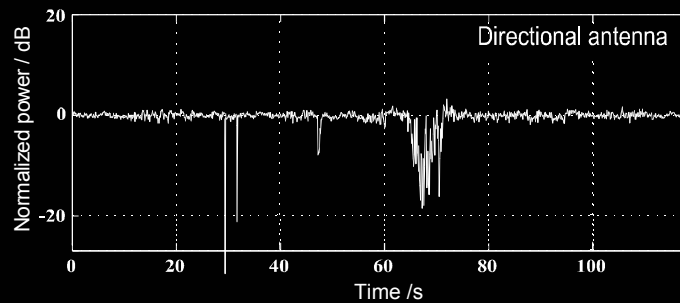




Fehlersicherung



channel modelling





Dienste und Anwendungen (Auswahl)

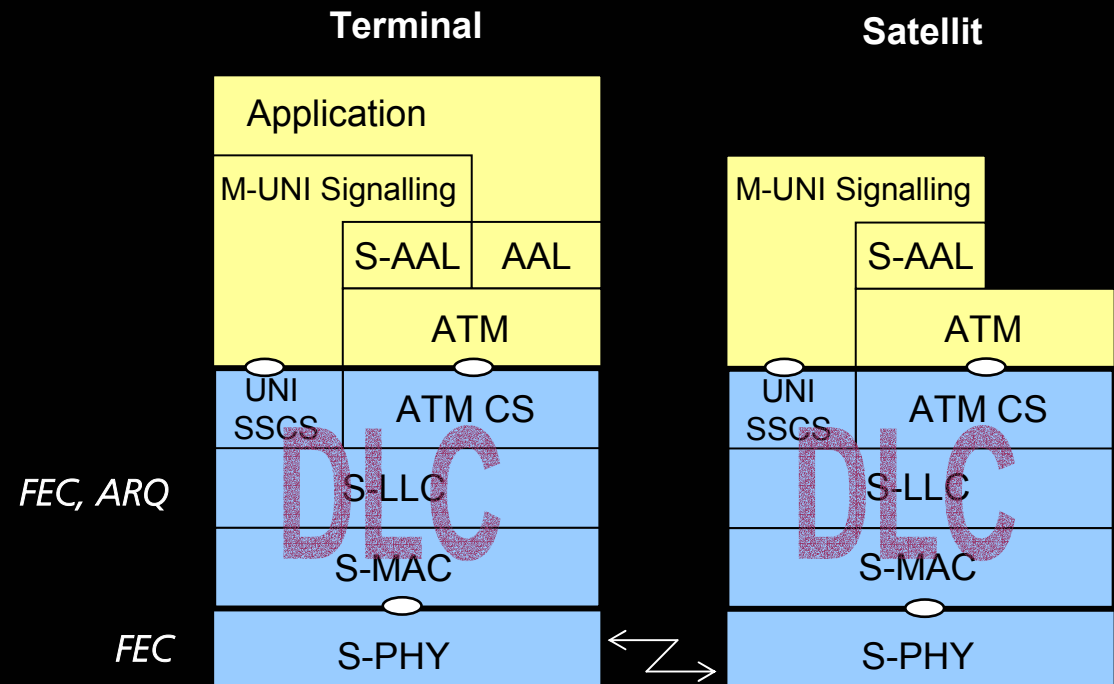
	Standard	Bit rate	Mapping ATM services
Voice	LD-CELP, ADPCM, SB-ADPCM, PCM	16 - 64 kbit/s	CBR
CD quality audio	MPEG-1 audio (MP3)	32 - 224 kbit/s	CBR
	MPEG audio FFT	384 kbit/s	CBR
Video conferencing and video telephony	H.261	$p \cdot 64$ kbit/s, $p=1, 2, \dots, 30$	rt-VBR, nrt-VBR, (CBR)
	JPEG	1, ..., 5 Mbit/s	nrt-VBR, (CBR)
	MJPEG	1, ..., 10 Mbit/s	nrt-VBR, (CBR)
Broadcast TV quality video	MPEG-2	2, 4, 6, to > 20 Mbit/s	CBR, rt-VBR, nrt-VBR
Multimedia applications	MPEG-4	64 kbit/s, ..., 4 Mbit/s	rt-VBR, (CBR)
Web browsing, file transfer, IP over ATM		$p \cdot 16$ kbit/s, $p=1, 2, \dots$	UBR, UBR with MCR, (ABR)
Network interconnection		$p \cdot 16$ kbit/s, $p=1, 2, \dots$	nrt-VBR, (UBR, UBR with MCR, CBR, ABR)



Geeignete Fehlersicherungsverfahren für die ATM-Übertragung über Satellit

- ▶ Vorwärtsfehlerkorrektur (FEC, Forward Error Correction)
 - + *konstantes Delay*
 - *benötigt zusätzliche Bandbreite*
- ▶ Wiederholverfahren (ARQ, Automatic Repeat Request)
 - + *nur fehlerhafte Pakete werden wiederholt*
 - *variables Delay*

Protokollstack

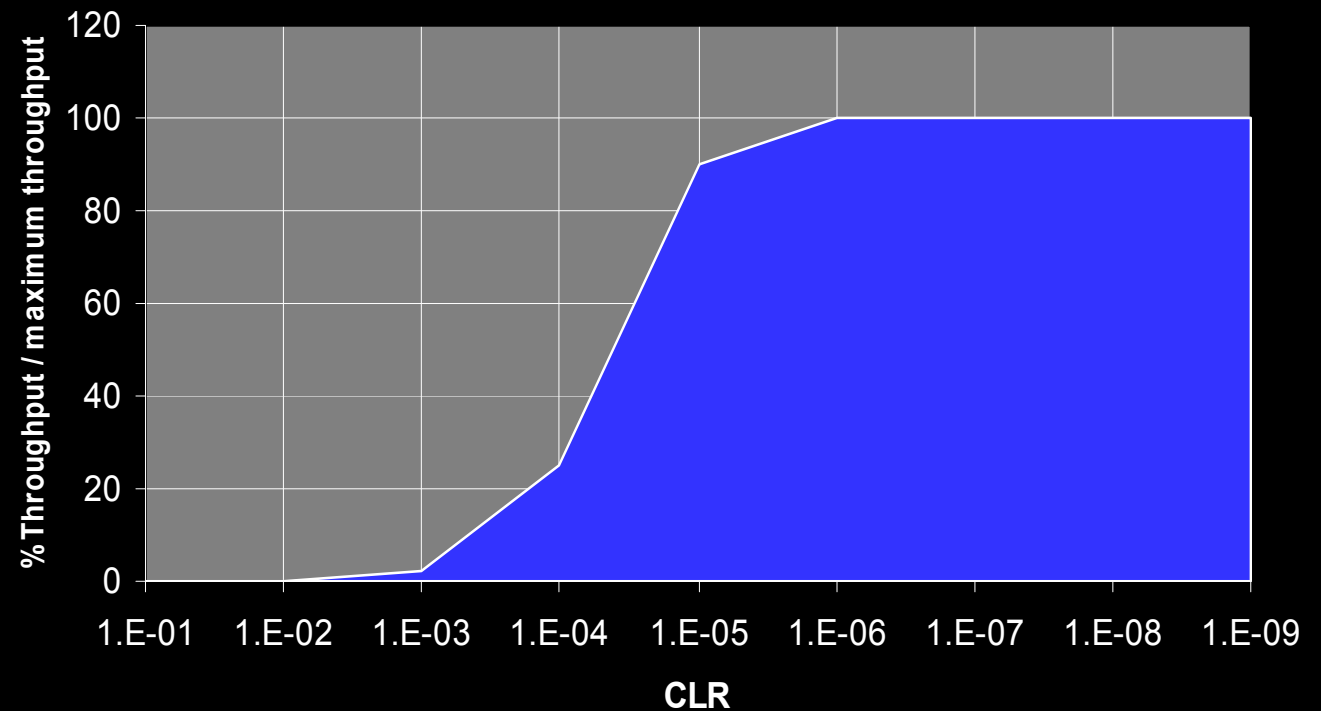




Dienste und Systemanforderungen

TCP/IP über ATM (realisiert z.B. durch UBR oder UBR mit MCR)

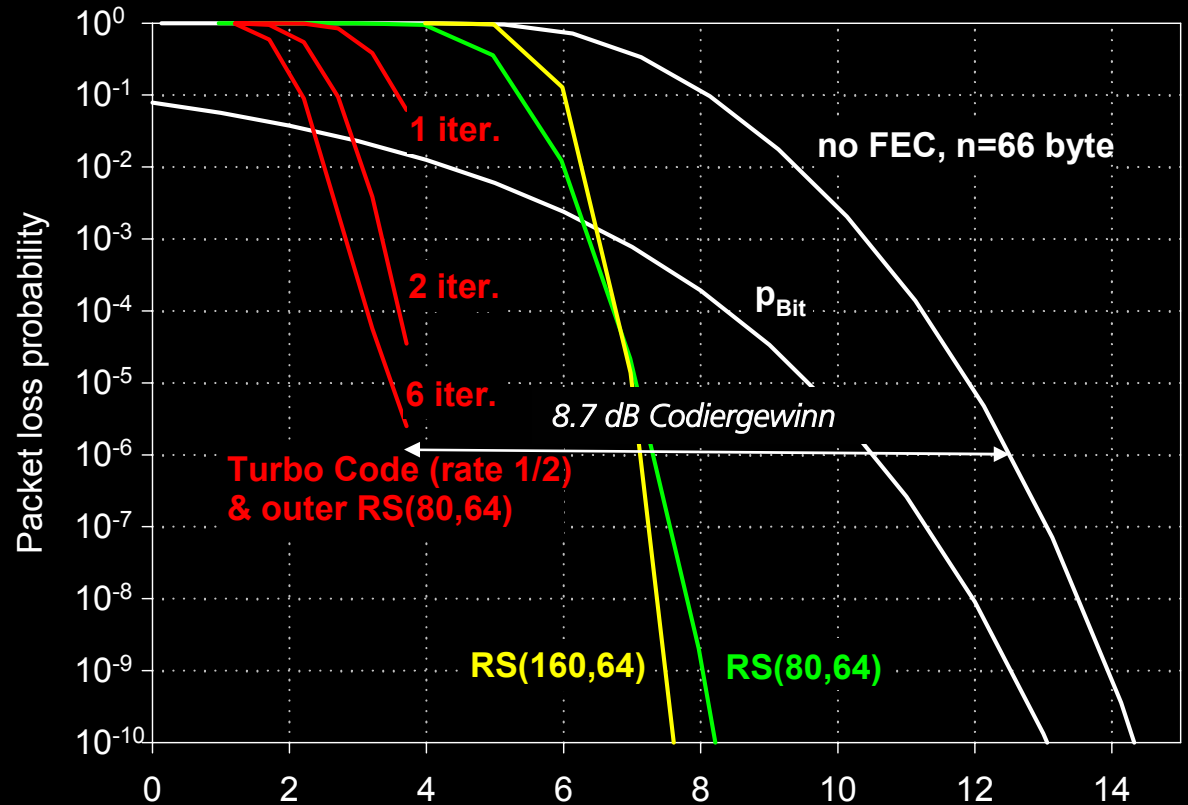
Durchsatz und Zellverlustrate CLR





Erhöhung der Verfügbarkeit durch adaptive Fehlersicherungsverfahren

Codiergewinn



E_b/N_0 [dB] E_b : Energie pro Infobit

KN-DN



Geeignete Fehlersicherungsverfahren für die ATM-Übertragung über Satellit

Protokoll-
stack

