



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*

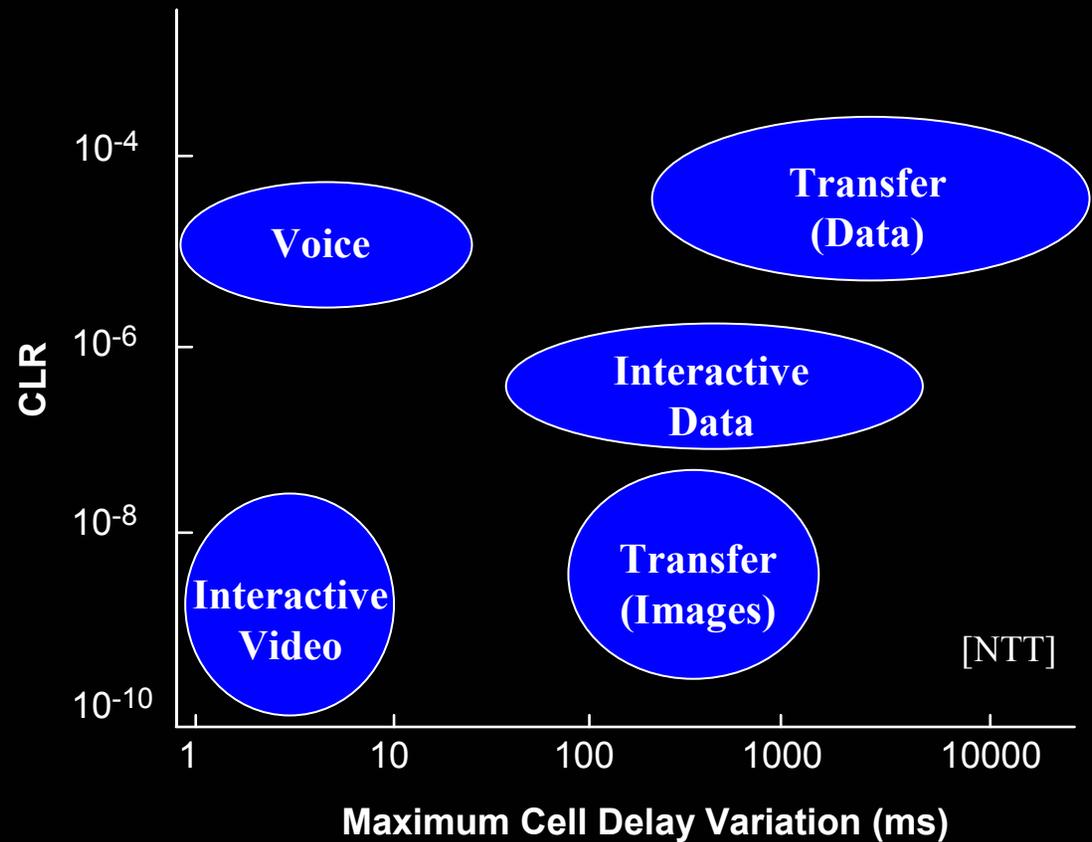


Systemanforderungen

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

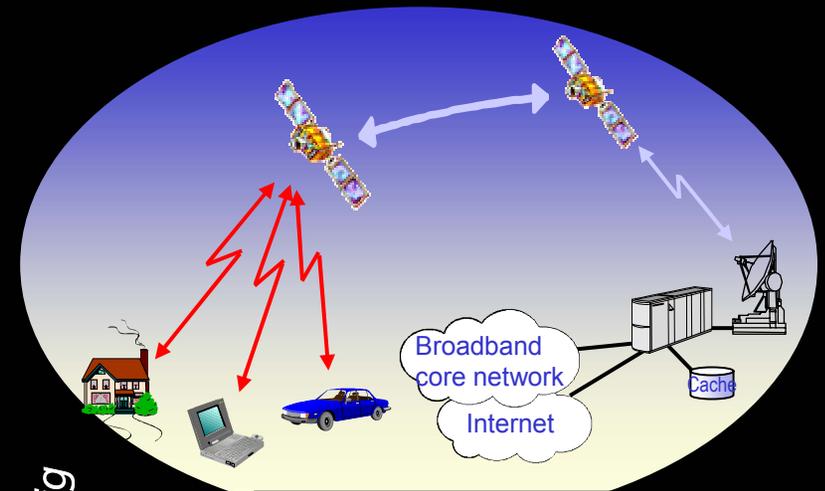




Ursachen für Zellverluste bei der ATM-Übertragung über Satellit

- ▶ 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

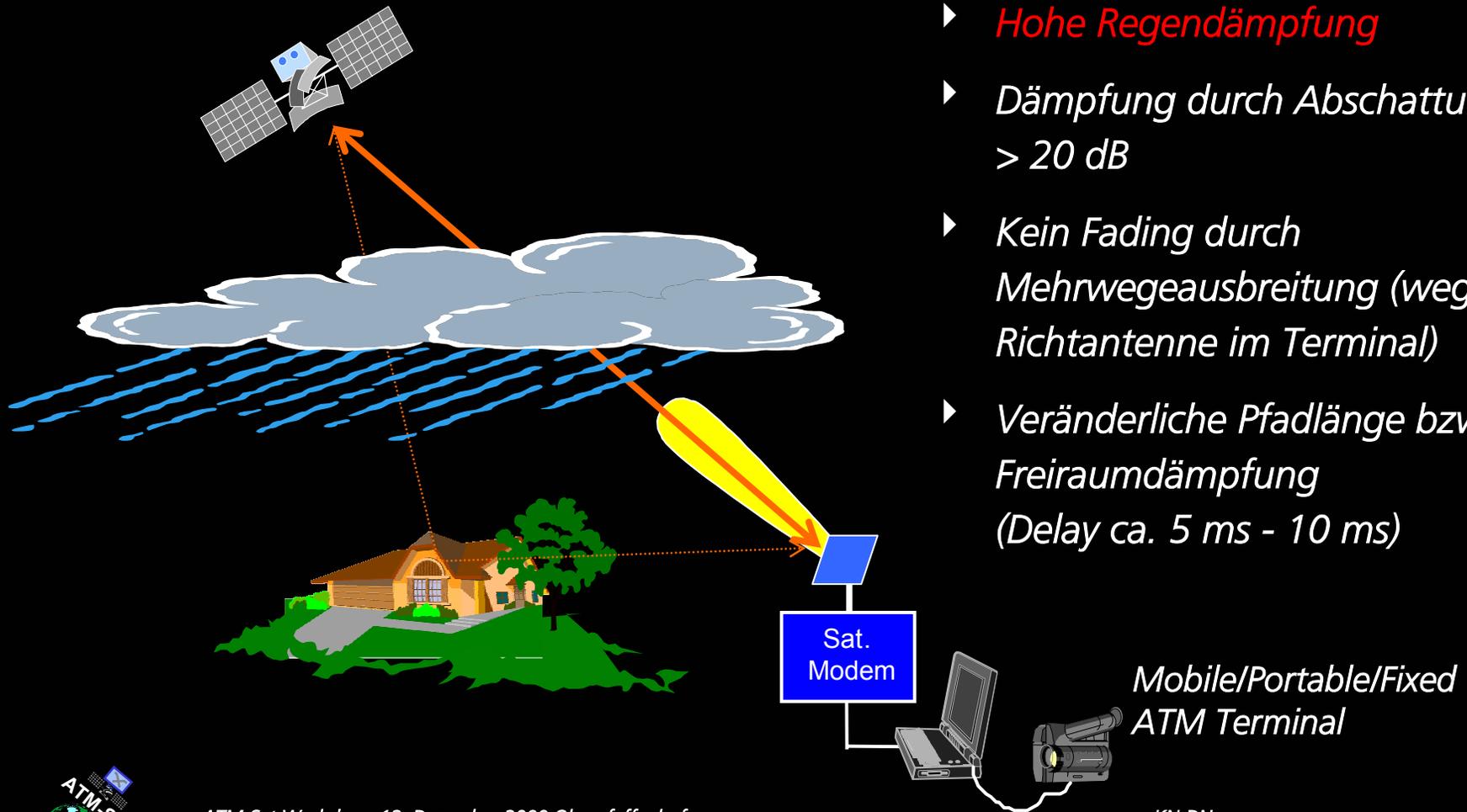
Verkehrsbabhängig



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



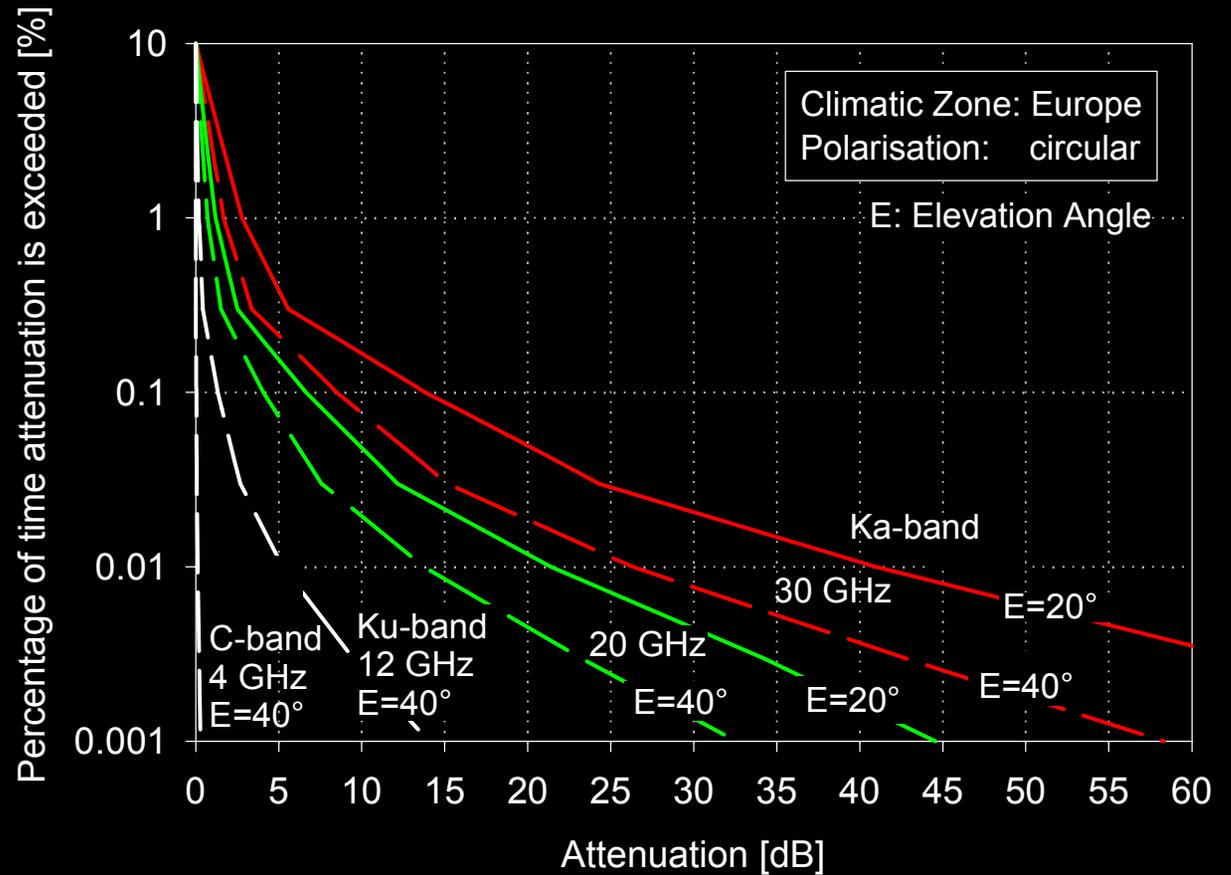
Eigenschaften des LEO-Satellitenkanals (Ka-Band)





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

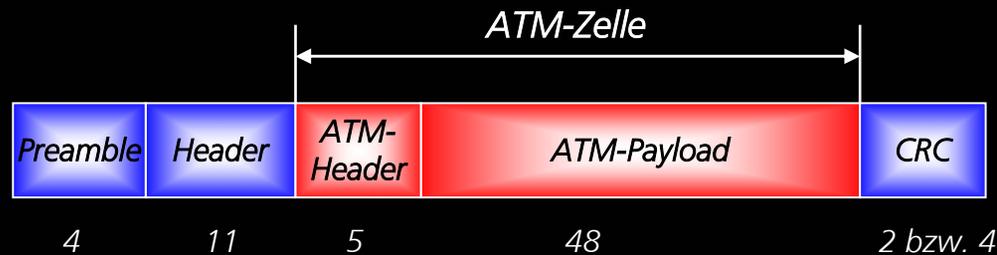
ATM Service Category	Guarantees			Error Control Method	Typical Application
	CLR	Delay Variance	Band-width		
CBR	X	X	X	FEC	Voice, Audio, Video, TV, ...
rt-VBR	X	X	X	FEC	VBR Video and Audio
nrt-VBR	X	NO	X	FEC, ARQ	Data Transp., Frame Relay
ABR	X	NO	X	FEC, ARQ	Data Transport, TCP/IP
UBR	NO	NO	NO	none, FEC,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

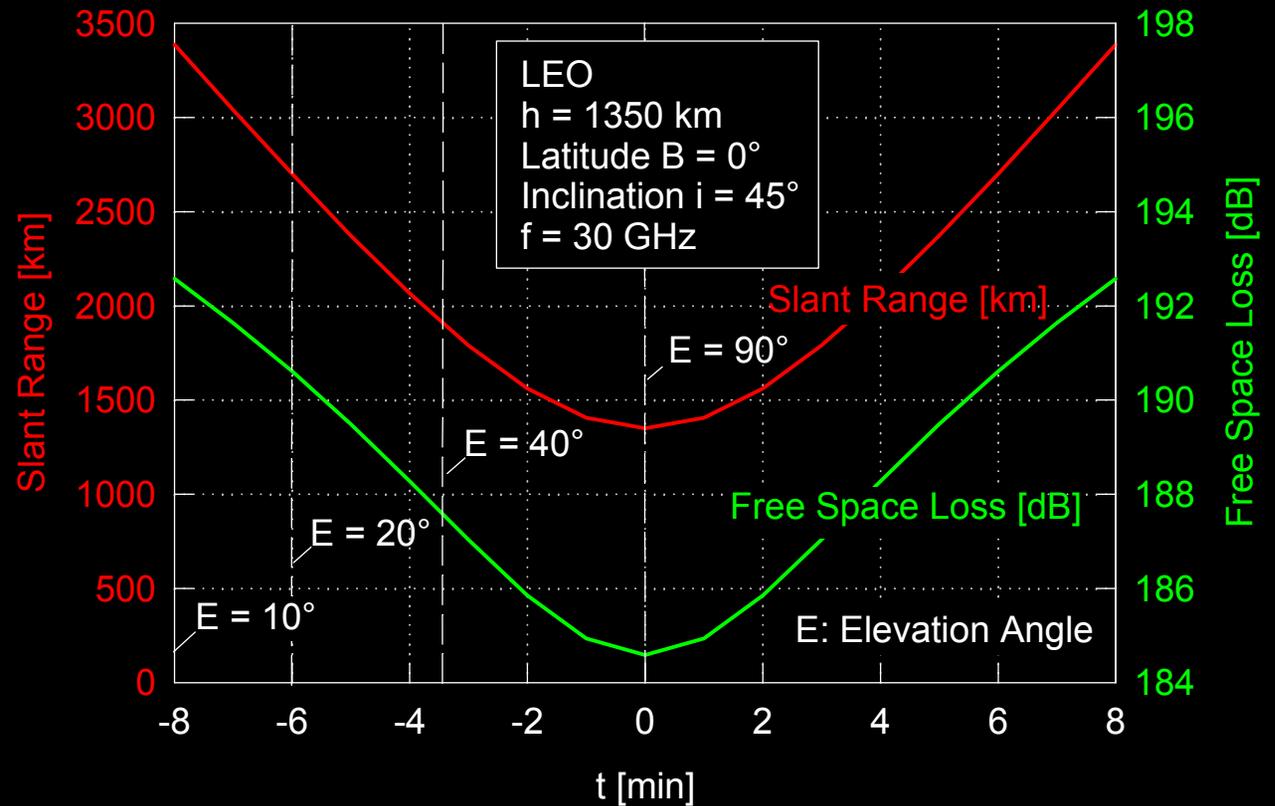
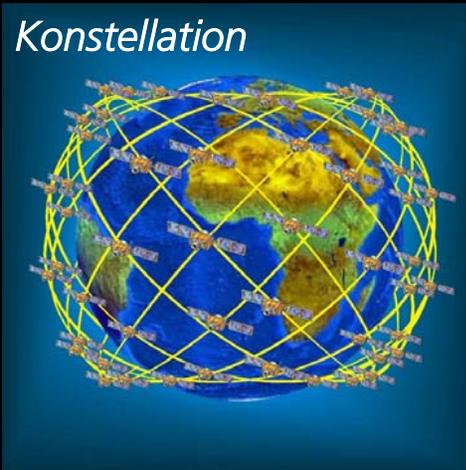
sinkt mit wachsendem Elevationswinkel (kürzere effektive Weglänge in der Regenwolke)



Freiraumdämpfung im ATM-Sat Referenzsystem

Veränderliche
Freiraumdämpfung
bei LEO-Systemen

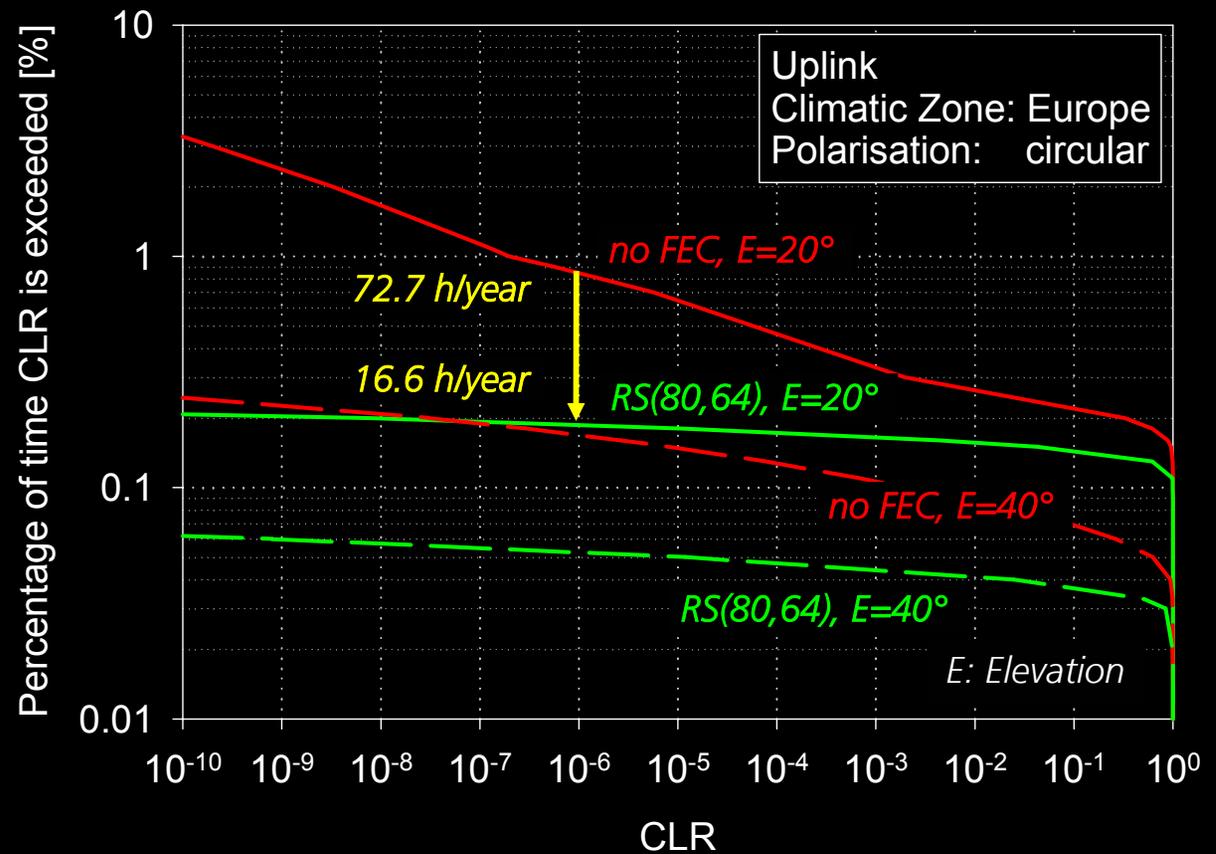
Konstellation





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

Überschreitungshäufigkeit von Zellverlustraten (CLR) aufgrund von Regendämpfung

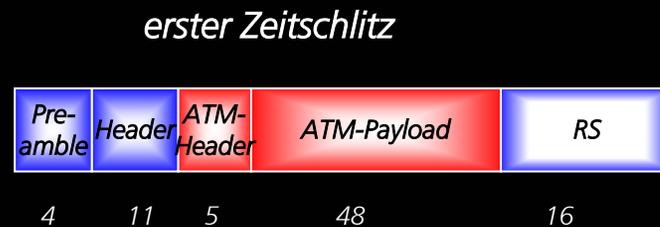




Adaptive Vorwärtsfehlerkorrektur (FEC)

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

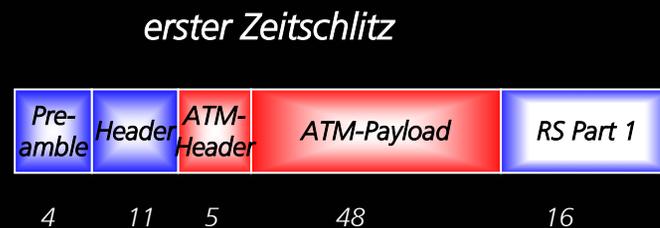
FEC mit
Turbo Code (Rate 1/2)
& RS(80,64) Code:



zusätzlicher Zeitschlitz
(falls verfügbar)



FEC mit
RS(160,64) Code:



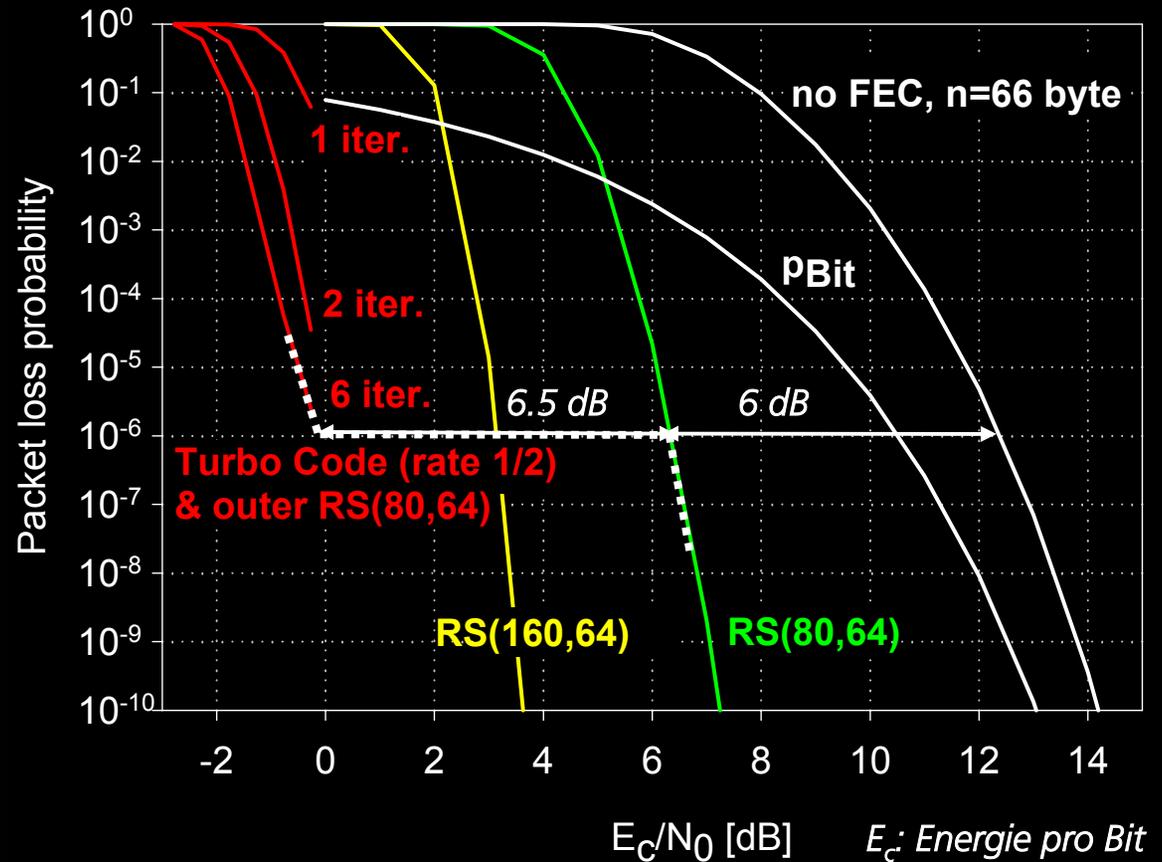
zusätzlicher Zeitschlitz
(falls verfügbar)





Leistungsfähigkeit der Vorwärtsfehlerkorrekturverfahren

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

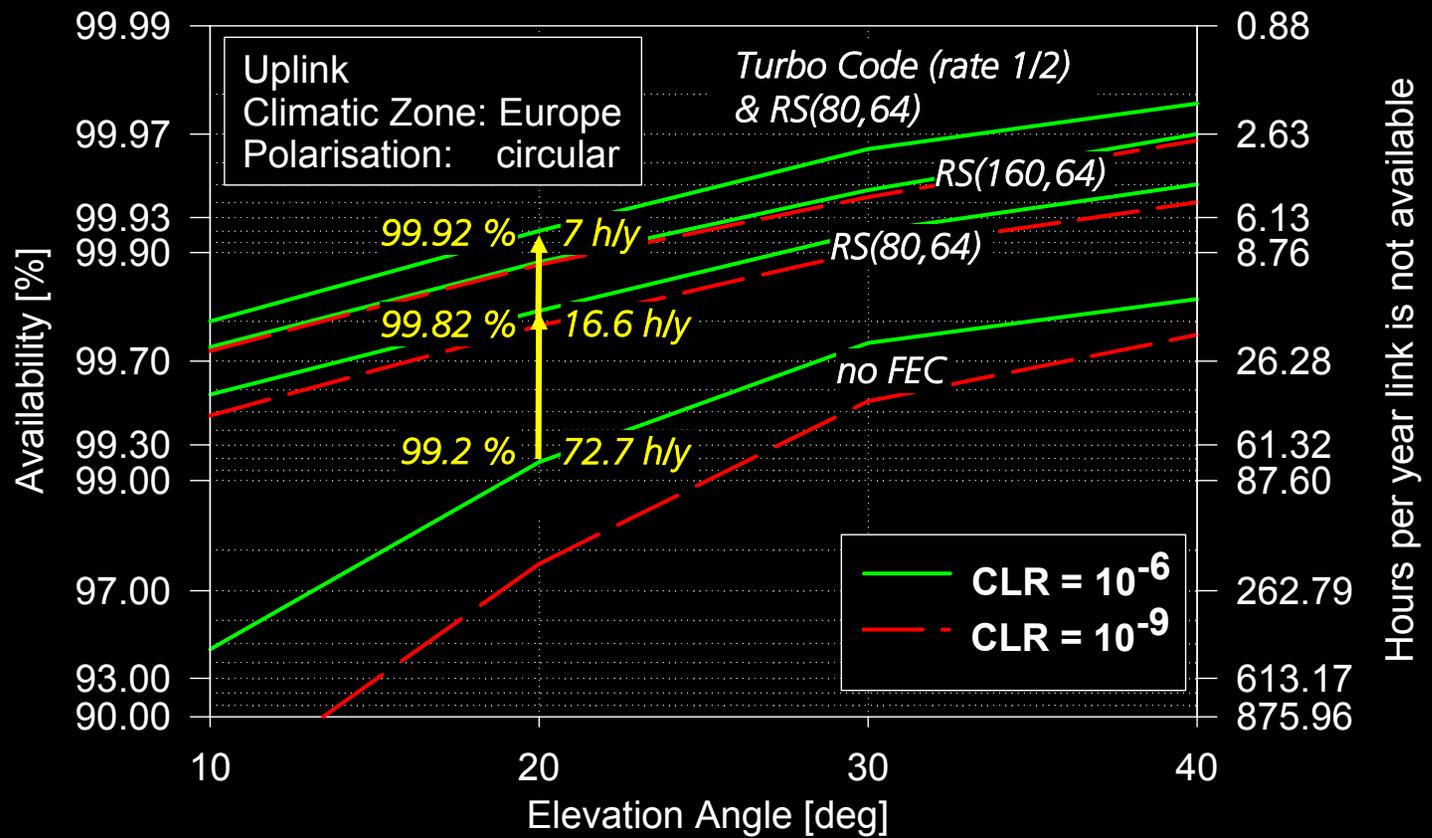




Erhöhung der Verfügbarkeit durch adaptive Vorwärtsfehlerkorrektur

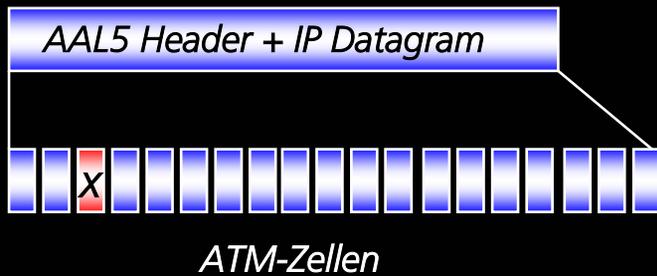
Verfügbarkeit im ATM-Sat Referenzsystem

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

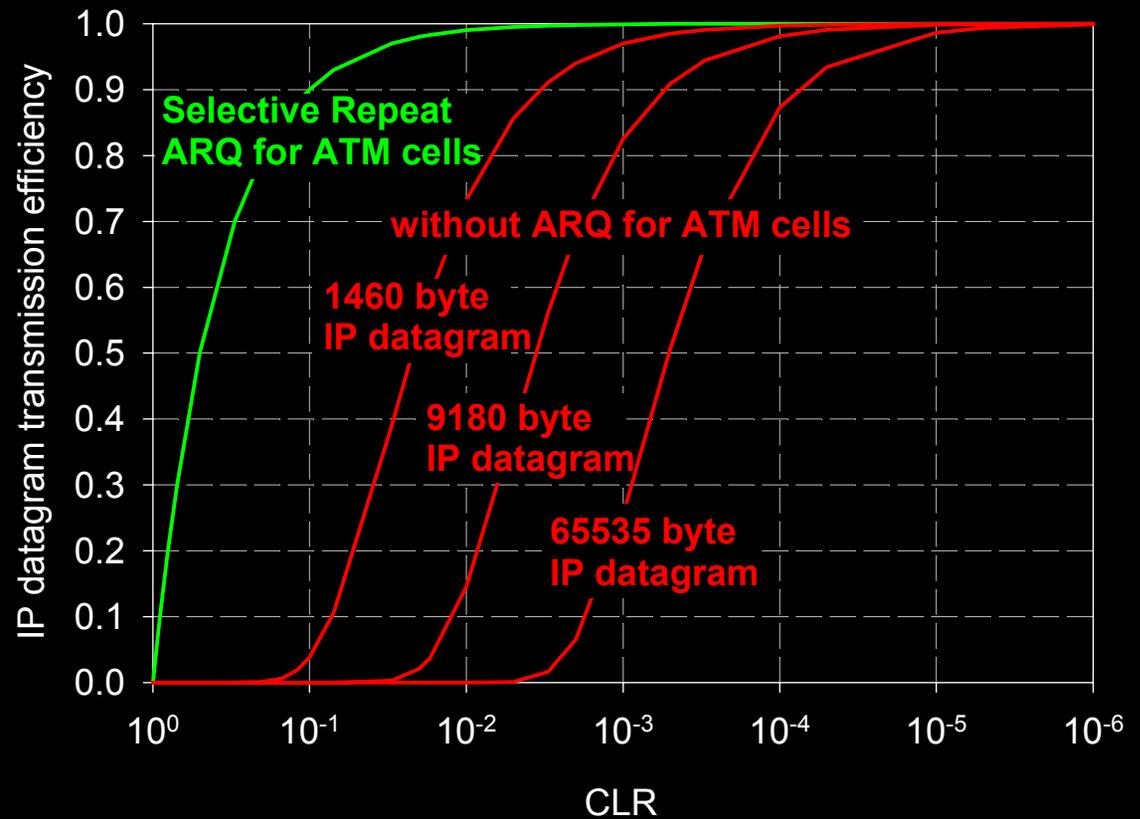




Fehlersicherungsverfahren für IP über ATM über Satellit



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*



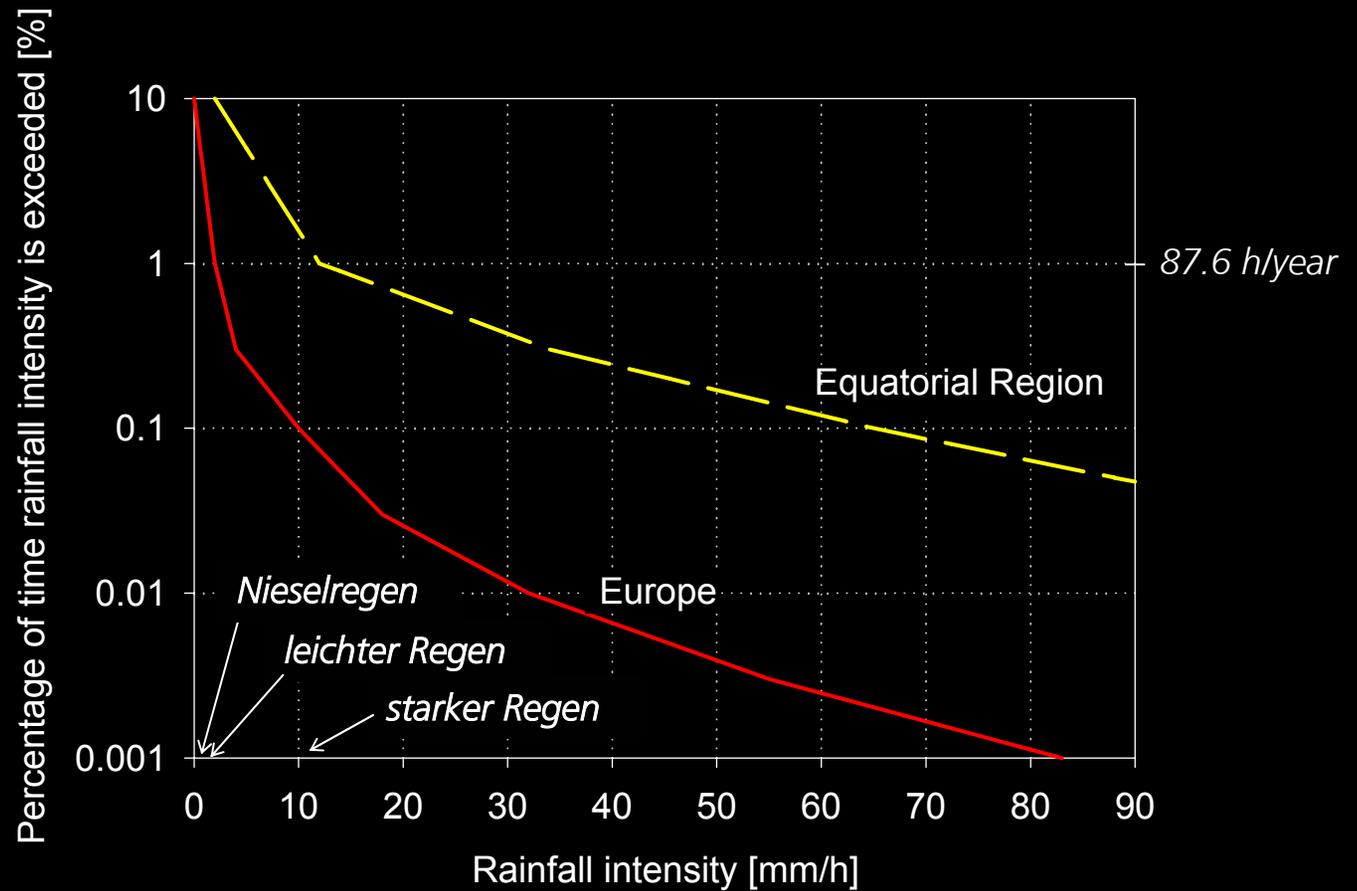
Alte Folien



Eigenschaften des Satellitenkanals (Ka-Band)

Häufigkeit der Regenintensität

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

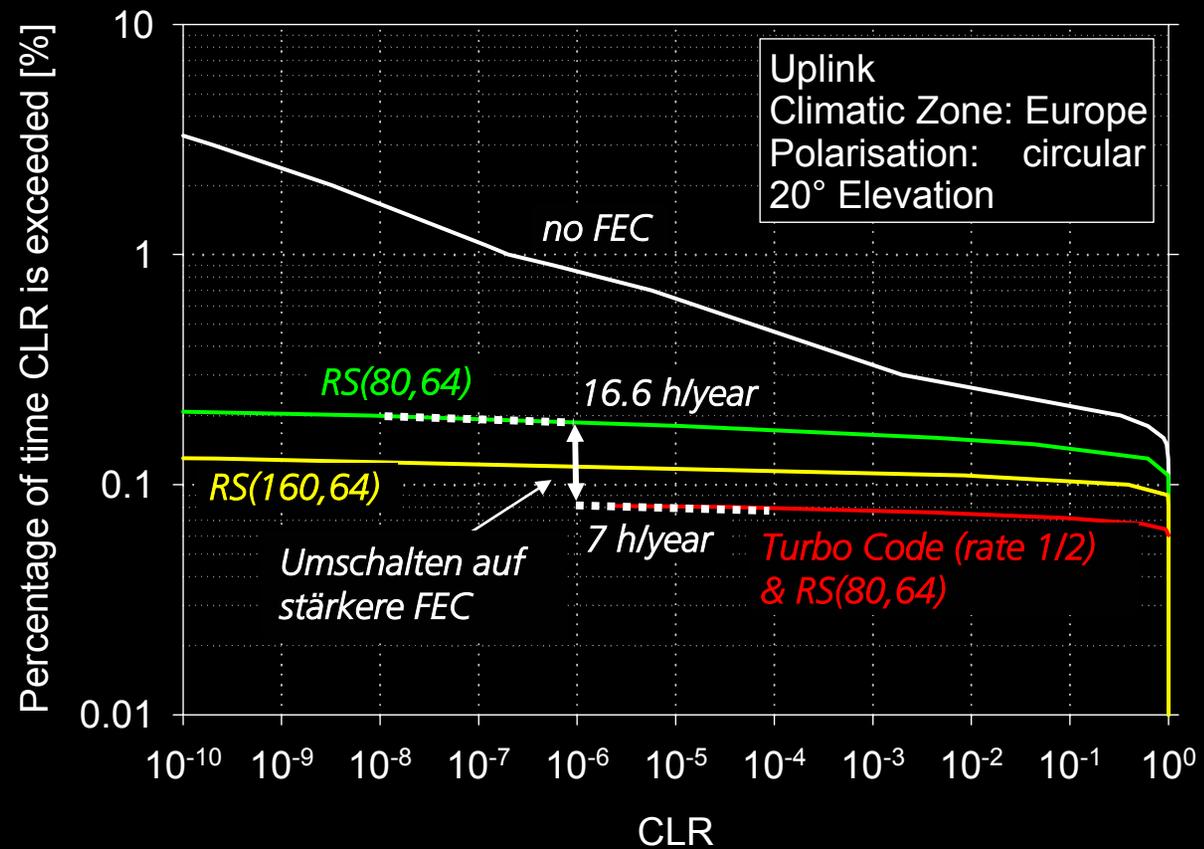




Leistungsfähigkeit adaptiver FEC - Verfahren im ATM-Sat Referenzsystem

Überscheitungs-
häufigkeit
bestimmer
Zellverlustraten (CLR)

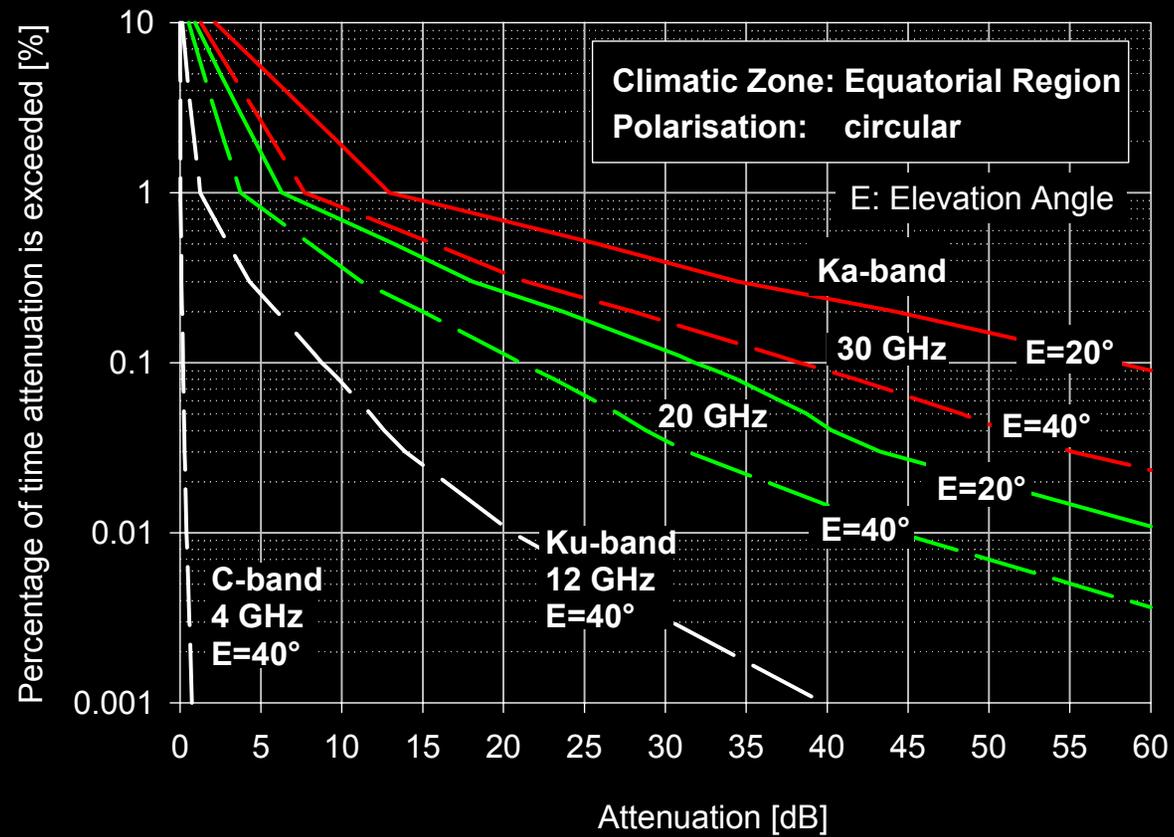
Umschalten auf
stärkere FEC, falls
 $CLR > 10^{-6}$:
zu etwa 0.2 %
der Zeit
notwendig





Eigenschaften des Satellitenkanals im Ka-Band

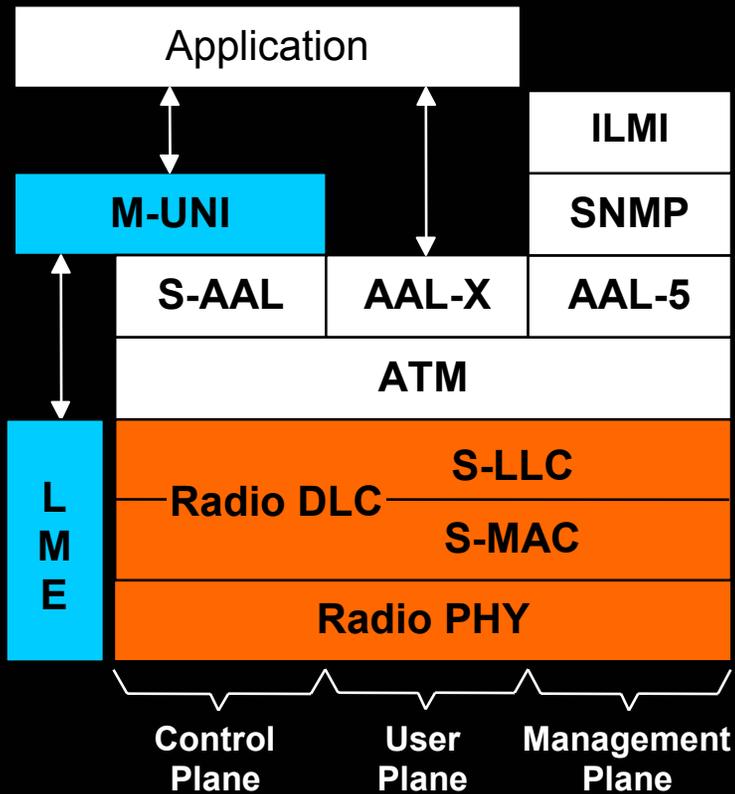
Häufigkeit der Regendämpfung



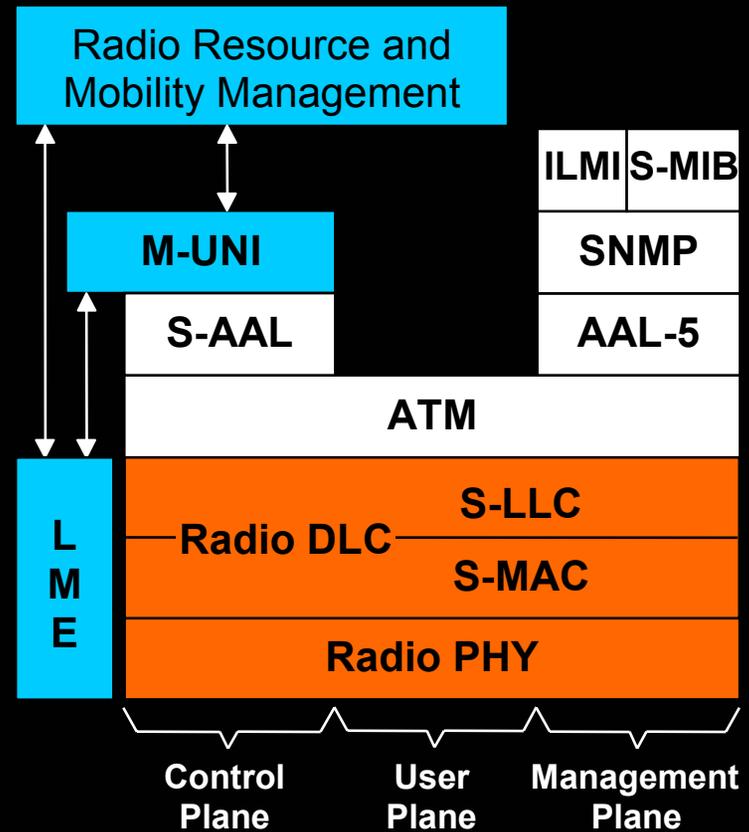


ATM-Sat Protokollarchitektur

Satellite ATM Terminal

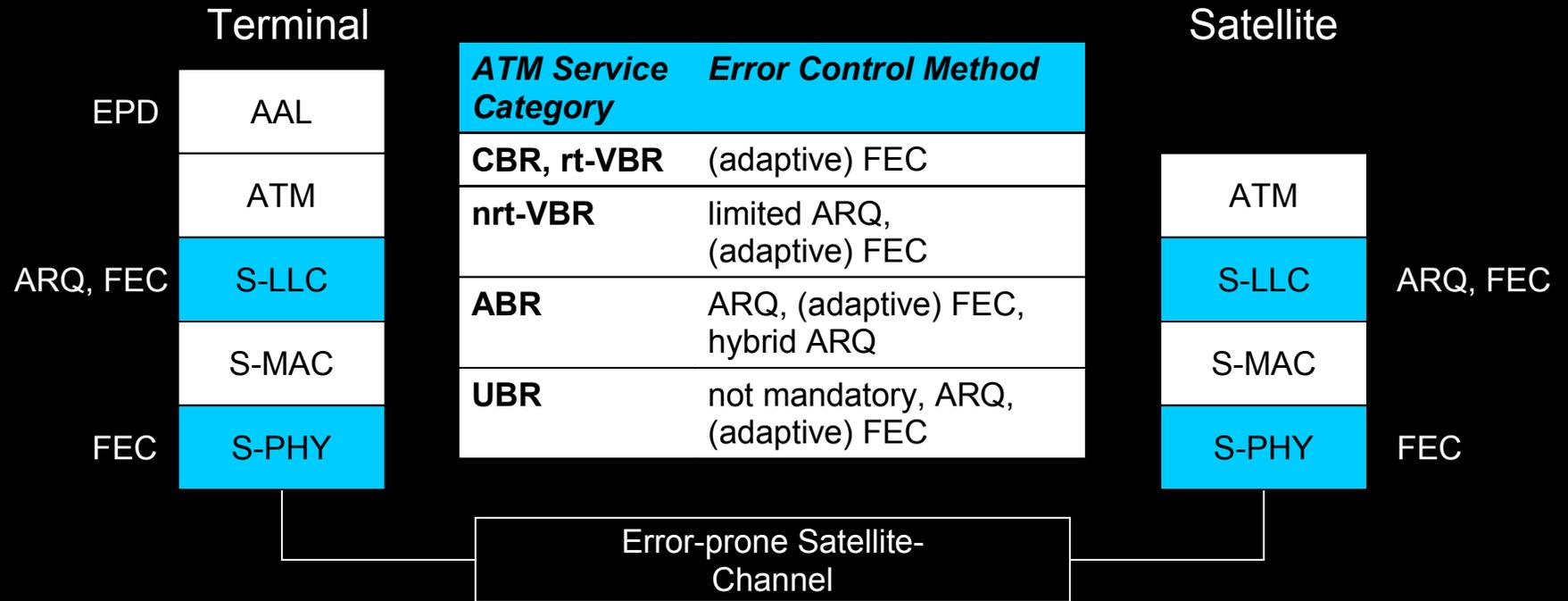


Satellite

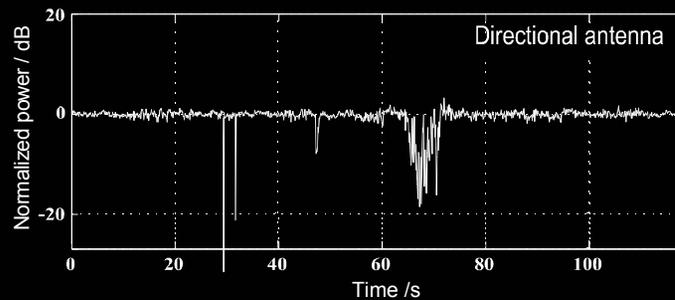




Fehlersicherung



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)

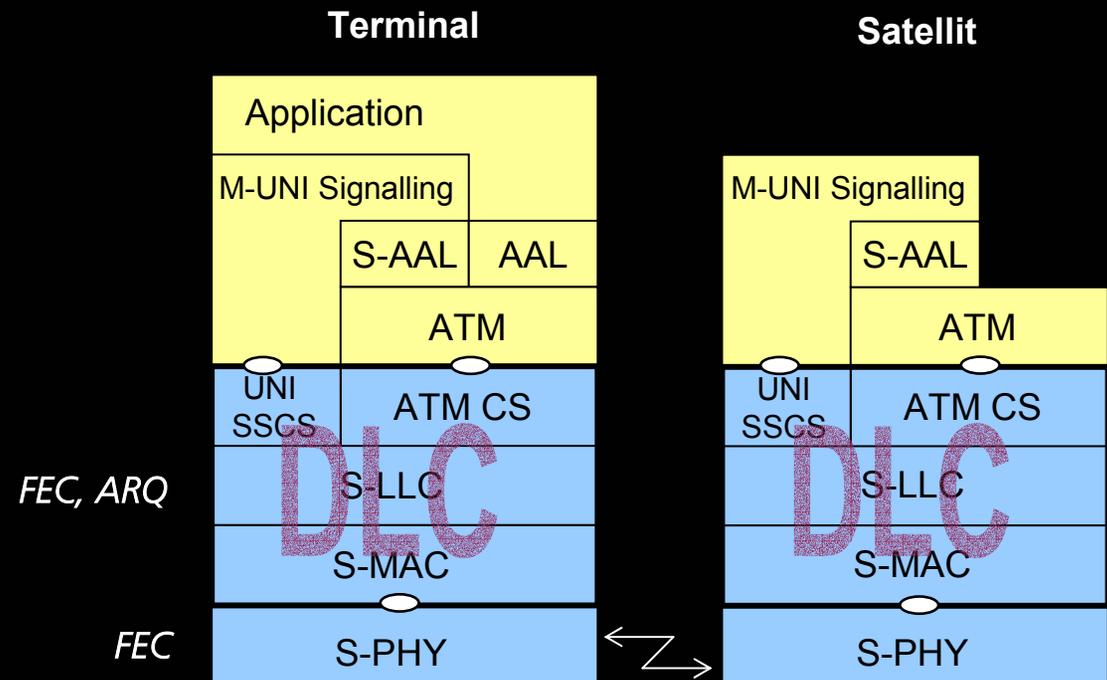


Geeignete Fehlersicherungsverfahren für die ATM-Übertragung über Satellit

- ▶ Vorwärtsfehlerkorrektur (FEC, Forward Error Correction)
 - + *konstantes Delay*
 - *benötigt zusätzliche Bandbreite*

- ▶ Wiederholverfahren (ARQ, Automatic Repeat Request)
 - + *nur fehlerhafte Pakete werden wiederholt*
 - *variables Delay*

Protokollstack

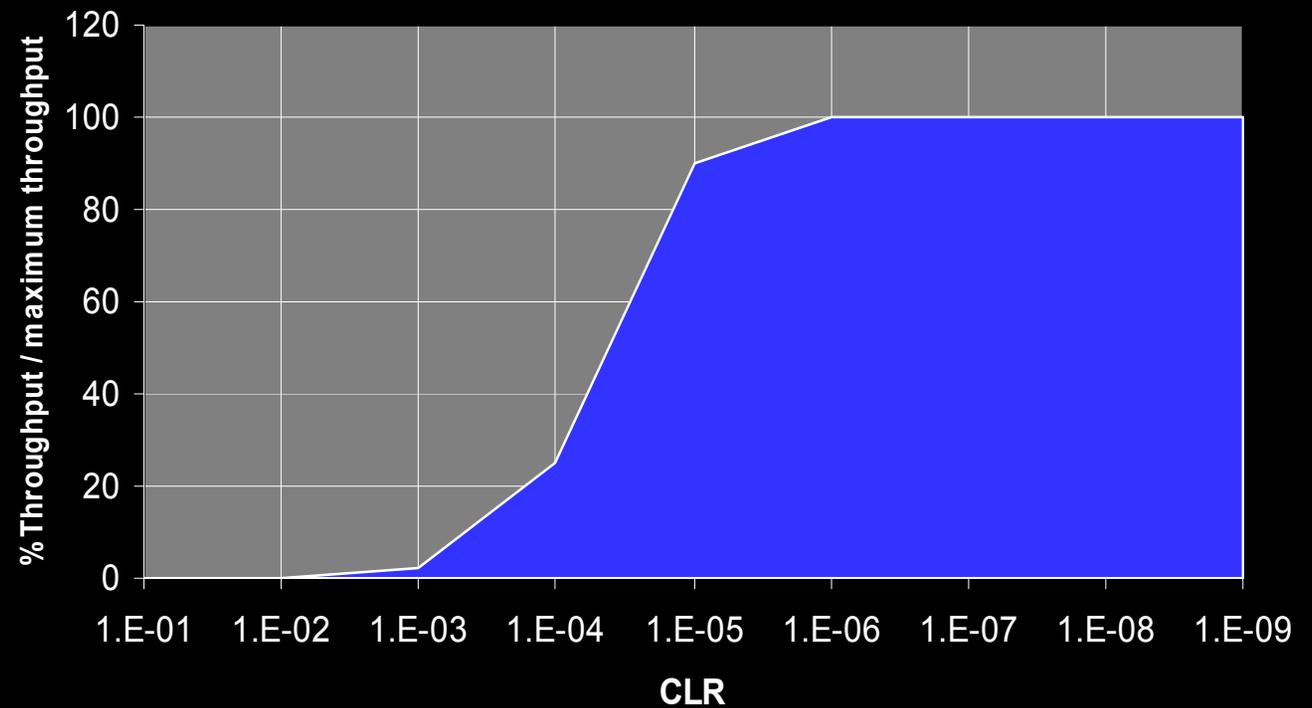




Dienste und Systemanforderungen

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

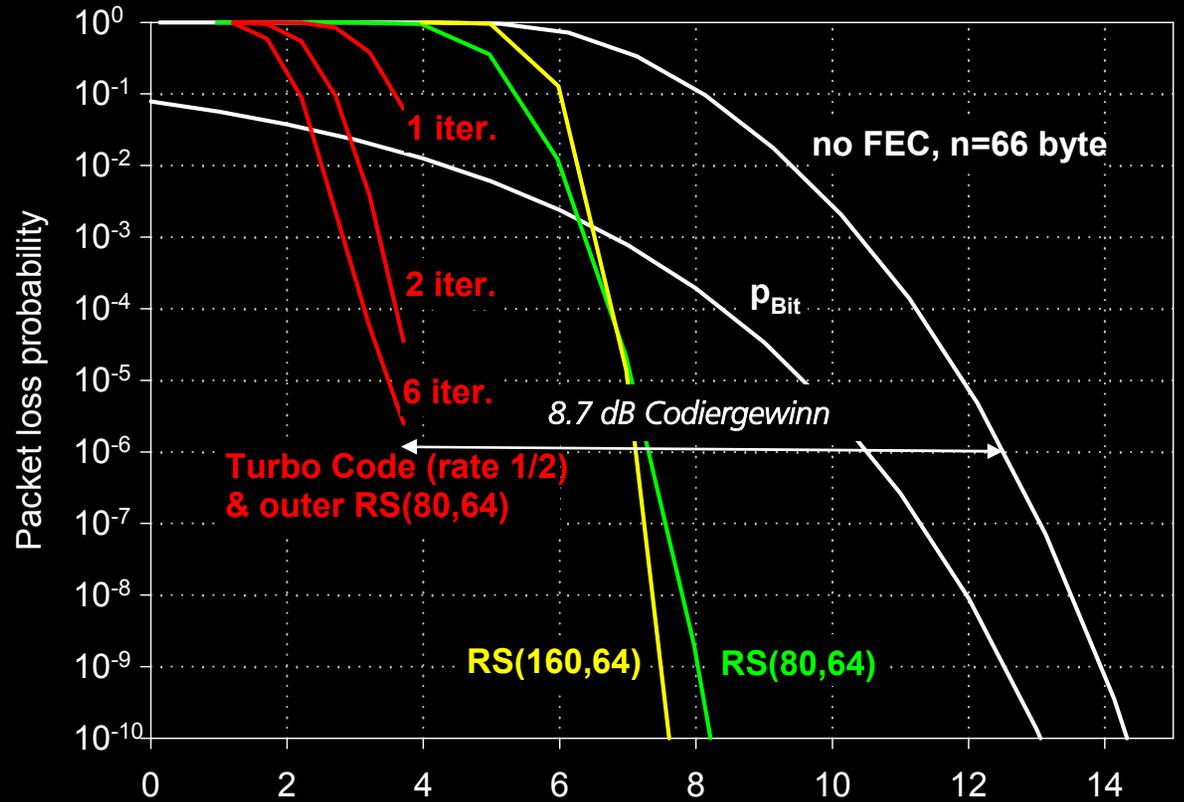
Durchsatz und Zellverlustrate CLR





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

