



Fehlersicherung für die ATM-Übertragung über Satellit

Dr. H. Bischl

DLR Oberpfaffenhofen





Inhalt

- ▶ *Systemanforderungen bei der ATM Übertragung*
- ▶ *Eigenschaften des Satellitenkanals im Ka-Band*
- ▶ *Verfügbarkeitsberechnungen für das ATM-Sat Referenzsystem*
- ▶ *Erhöhung der Verfügbarkeit durch adaptive Fehlersicherungsverfahren*
- ▶ *IP über ATM über Satellit*
- ▶ *Schlussfolgerungen*



Systemanforderungen bei der ATM-Übertragung

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

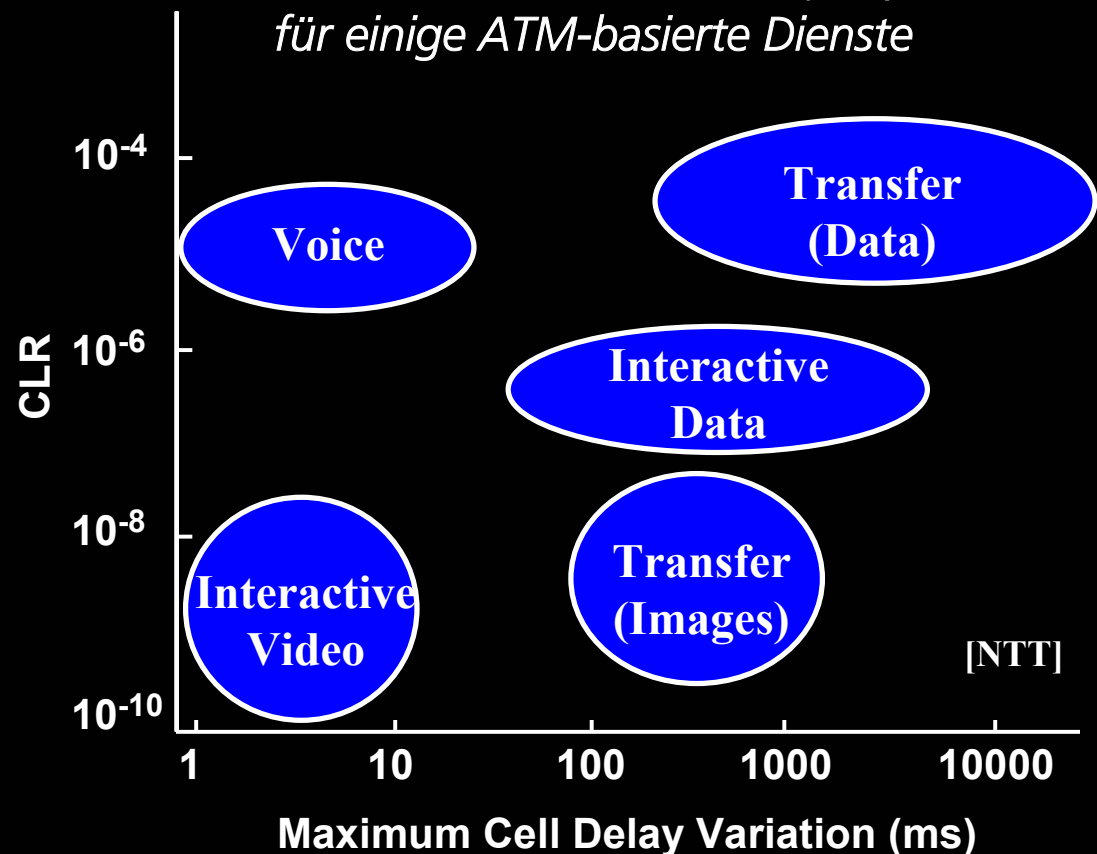
CER (Cell Error Ratio):
Anteil an fehlerhaften Zellen

ATM Class 1 Services
über Satellit:

$$CER_{th} = 10^{-6}, CLR_{th} = 7.5 \cdot 10^{-8}$$

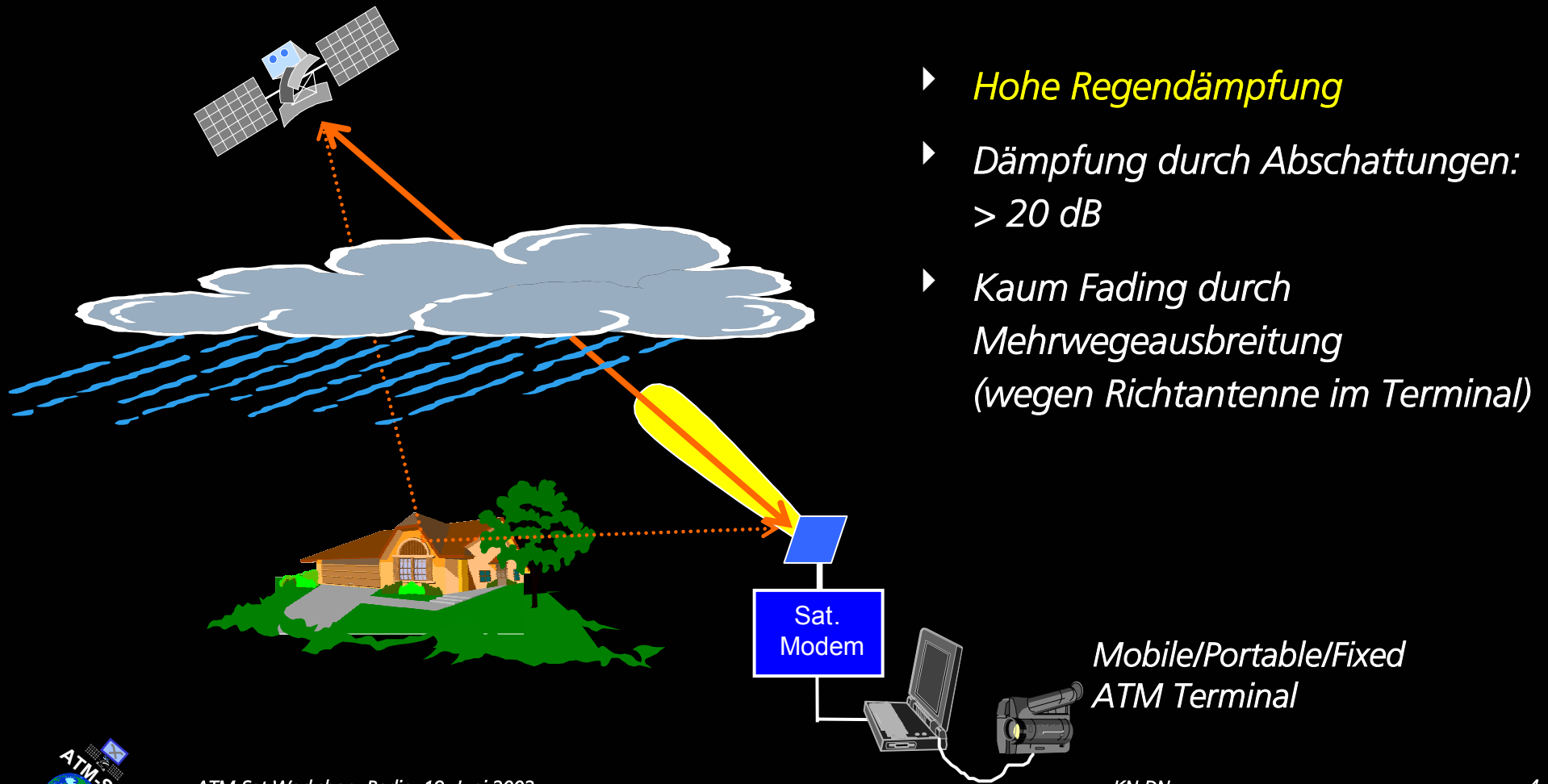
Berechnung der Verfügbarkeit:
 $P(CER < CER_{th})$

Geforderte Zellverlustrate (CLR)
für einige ATM-basierte Dienste





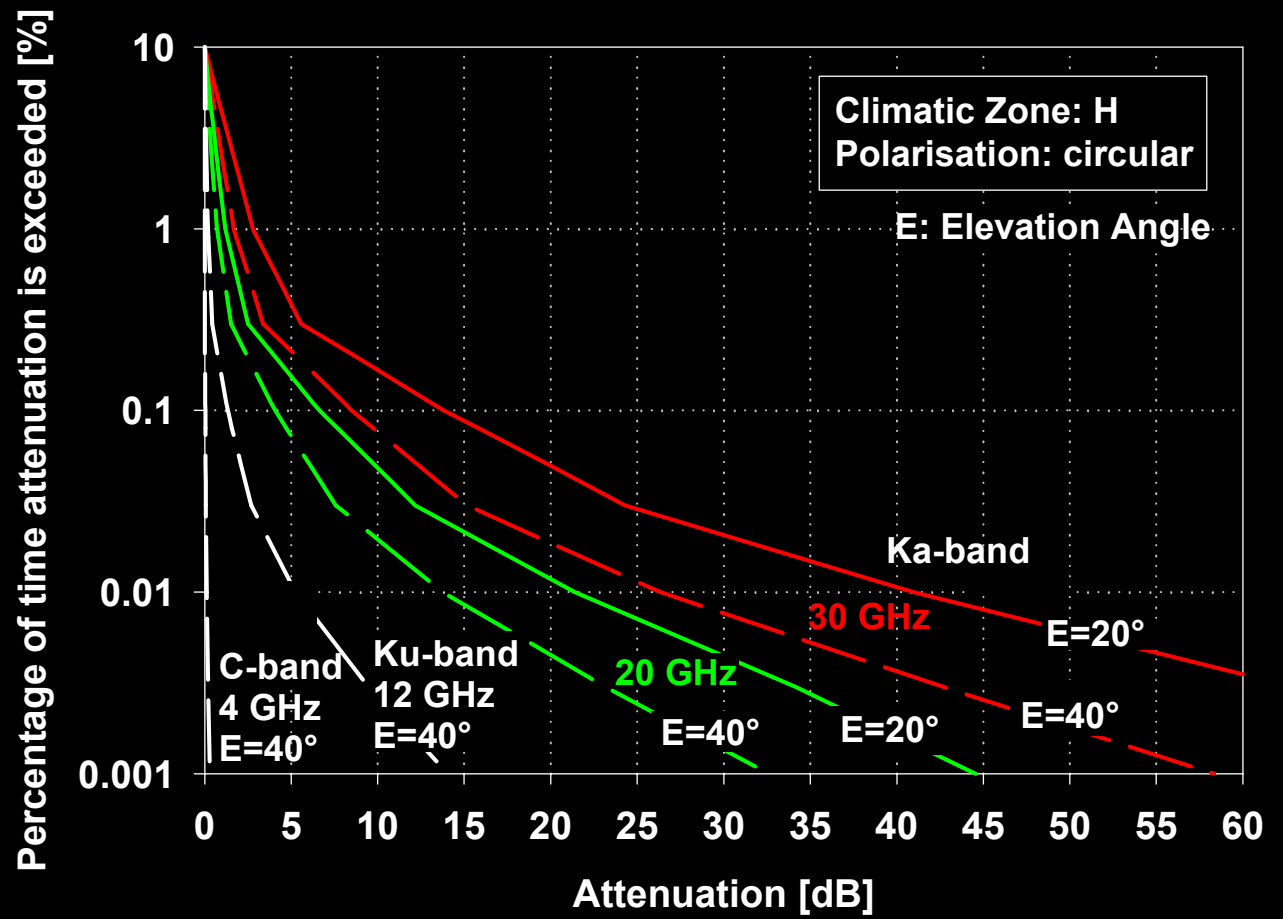
Eigenschaften des Satellitenkanals im Ka-Band





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 ?

- ▶ *Keine beliebig hohe Verfügbarkeiten im Ka-Band möglich*
- ▶ *Bei zeitweise auftretenden stärkeren Regendämpfungen:*
 - *Erhöhung der Sendeleistung: technologische Grenze, maximale Sendeleistung bestimmt Terminalkosten*
 - *Reduktion der Kanalbitrate: nicht bei allen Anwendungen zulässig, Trägerwechsel erforderlich*
 - *Wechsel zu Satelliten mit höherer Elevation: nur bei LEOs, 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

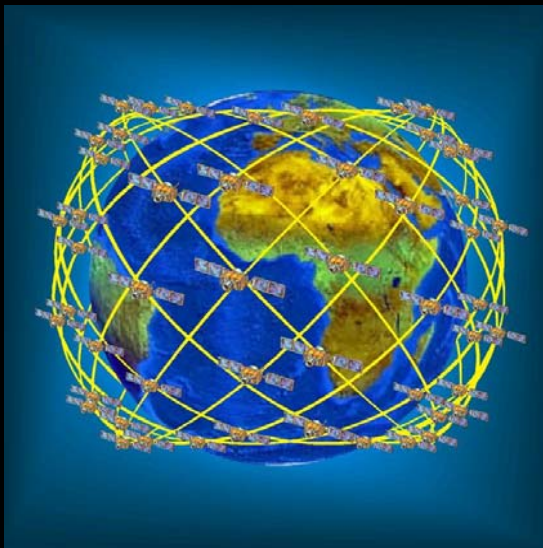
FEC: Forward Error Correction
ARQ: Automatic Repeat Request



Wichtigste Annahmen für die Verfügbarkeitsberechnung

Uplink

LEO Konstellation:



$h = 1350 \text{ km}$,
Inclination $i = 45^\circ$

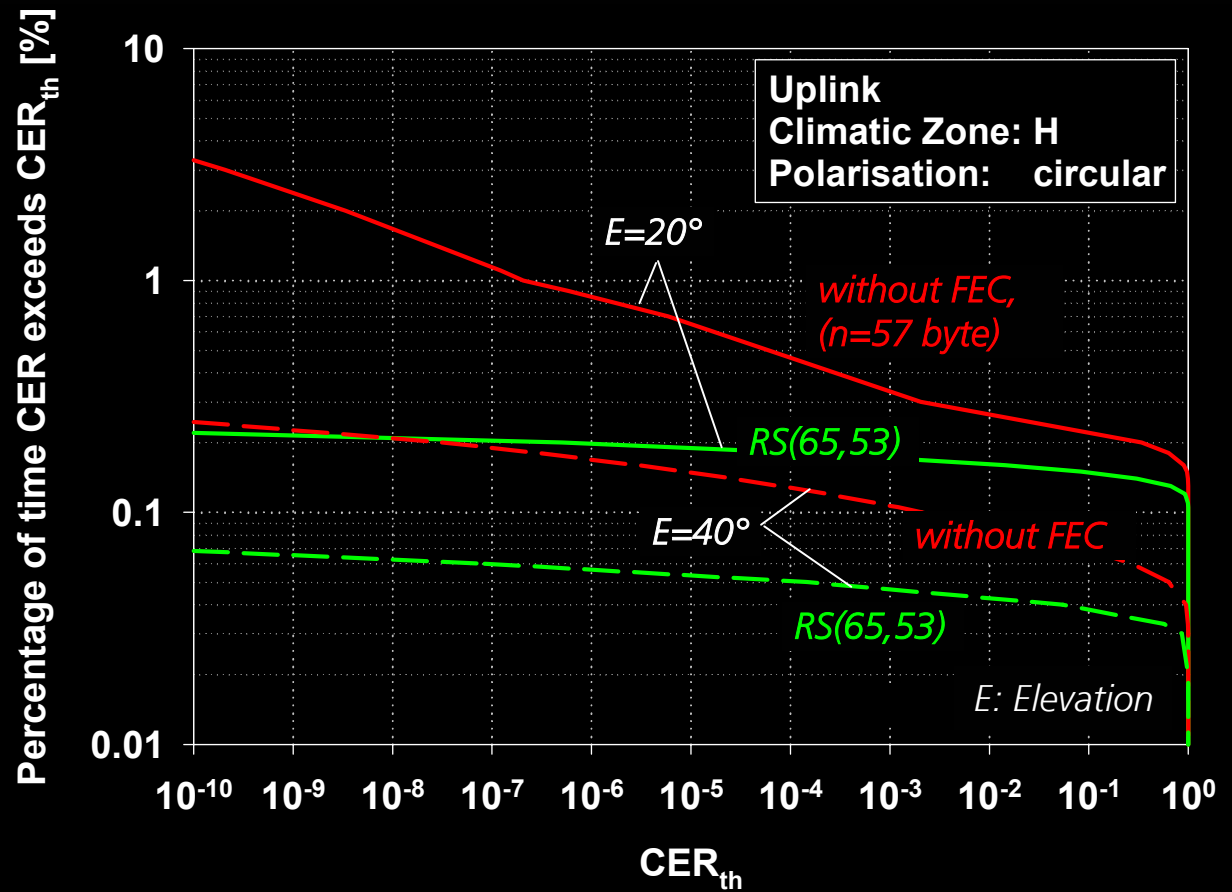
	LEO System
Uplink carrier data rate	3000 kbit/s
Modulation scheme	QPSK
Uplink frequency	30 GHz
Earth station transmitted power	8 W
Tx antenna gain	35 dBi
Satellite Rx ant. gain at -4.3 dB	31,6 dBi
Satellite figure of merit (G/T)	4.5 dB/°K
Losses (implementation, depointing, polarisation, output, interference ...)	5.95 dB
Free space loss	variable, 185 - 191 dB
Rain attenuation	according to ITU

Datenpakete: Eine ATM-Zelle pro Paket,
verschiedene Codierverfahren



Überschreitungshäufigkeit von Zellfehlerraten aufgrund von Regendämpfung

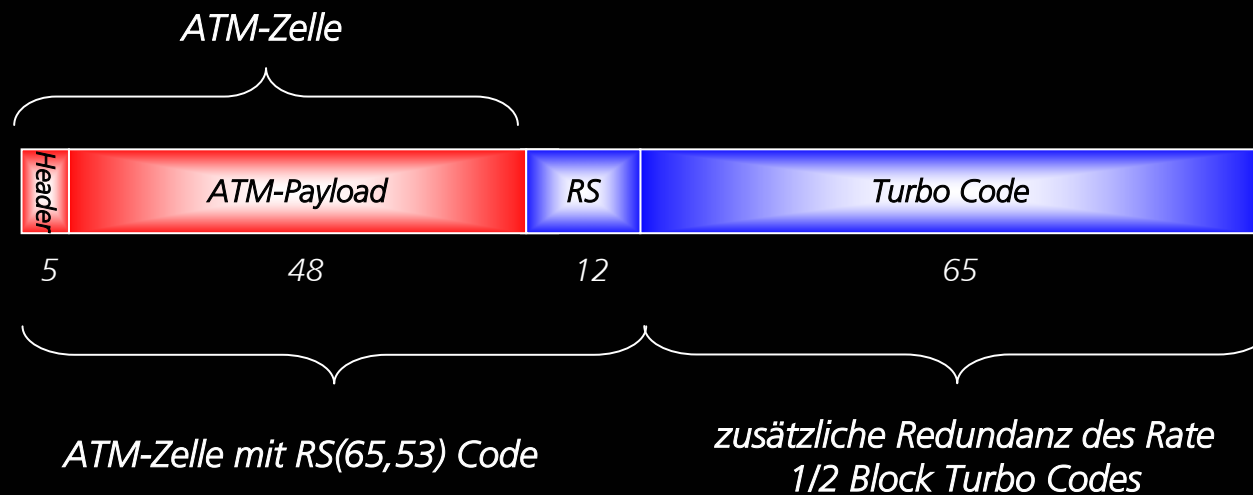
Uplink (30 GHz)





Adaptive Vorwärtsfehlerkorrektur (FEC)

- ▶ *Normalbetrieb:* *4-Byte CRC (kein FEC), n=57 Byte*
- ▶ *Bei mittleren Regendämpfungen:* *RS(65,53) Code*
- ▶ *Bei hohen Regendämpfungen:* *Rate 1/2 Block Turbo Code & RS(65,53) Code*

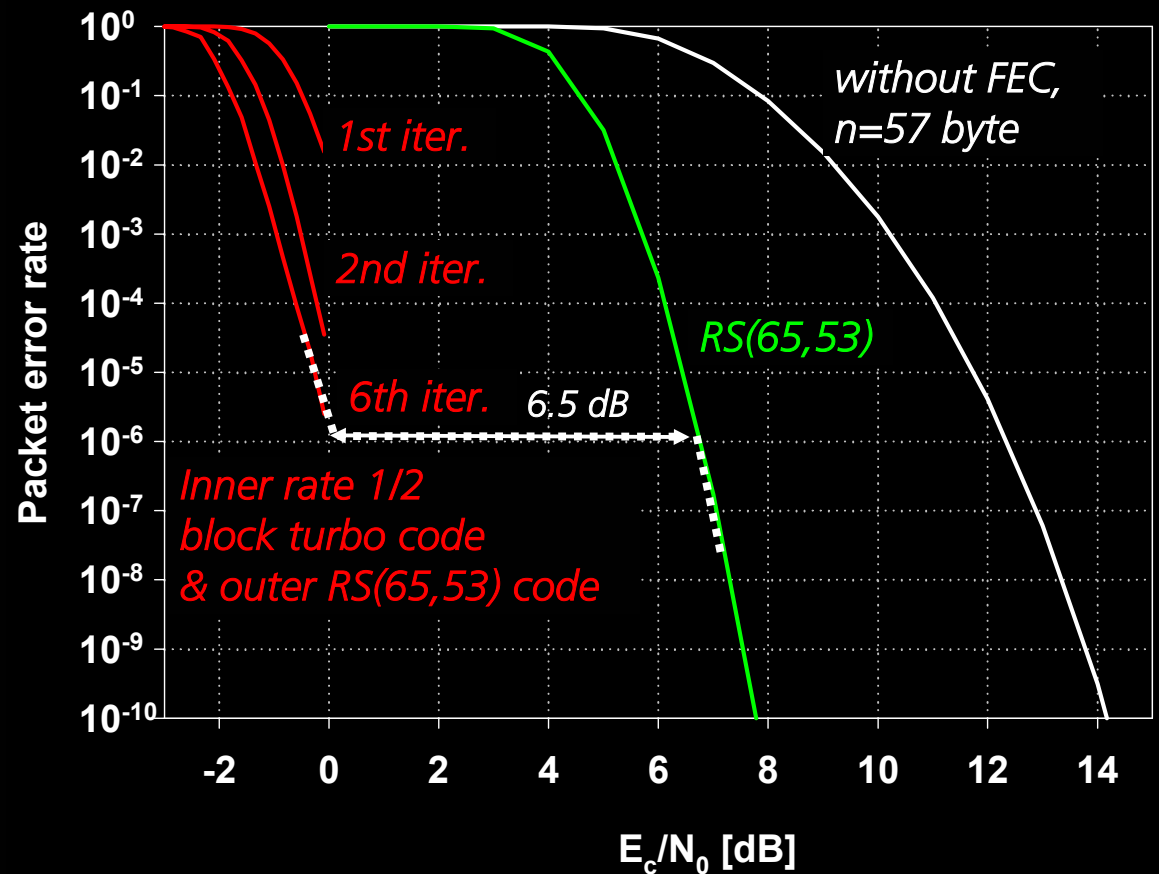




Leistungsfähigkeit der Vorwärtsfehlerkorrekturverfahren

Annahme:
Konstante Sendeleistung

Hinzuschalten des
Rate 1/2 Block Turbo Codes
kompensiert
6.5 dB Regendämpfung



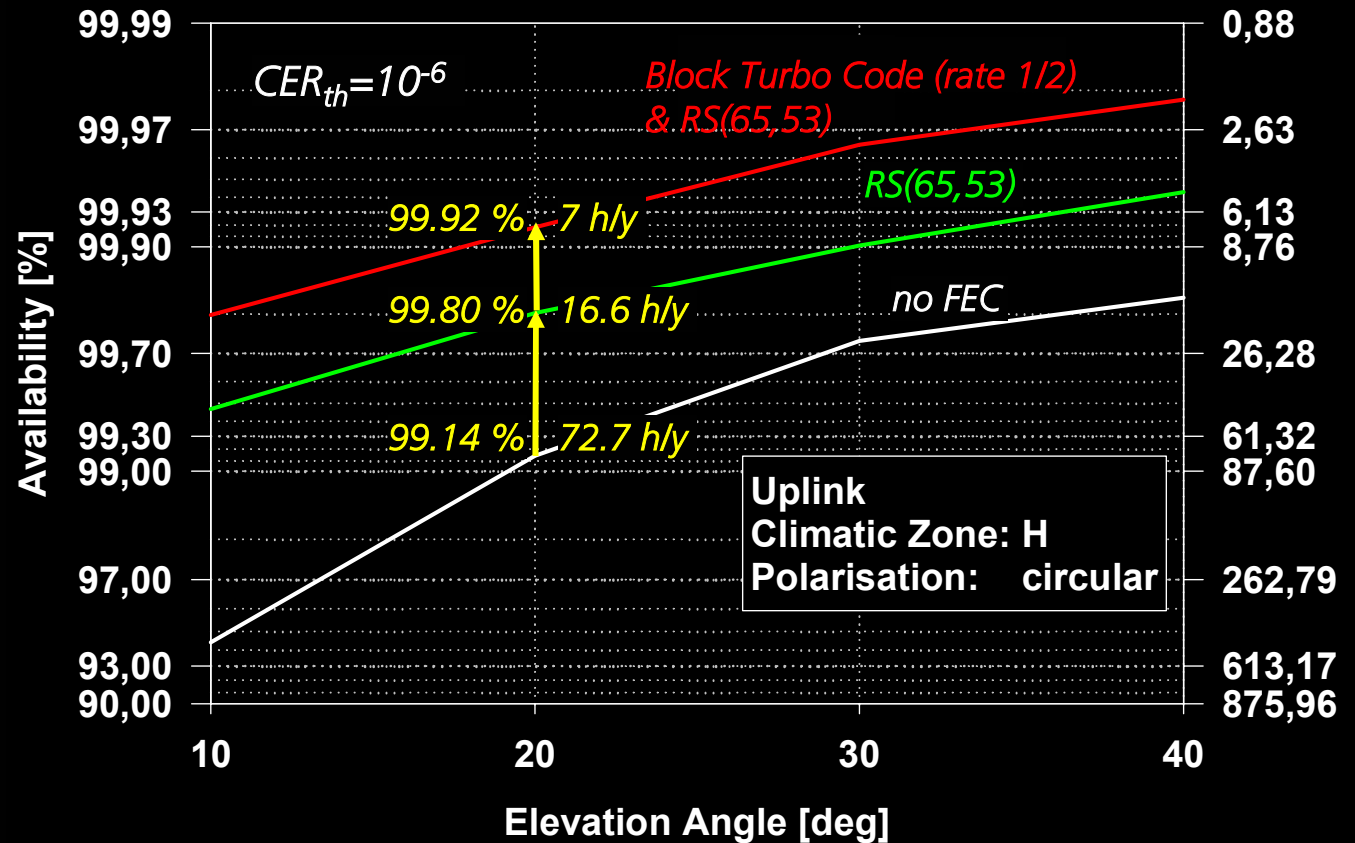
E_c : Energie pro Code-Bit



Erhöhung der Verfügbarkeit durch adaptive Vorwärtsfehlerkorrektur

Adaptive FEC
(bei $E=20^\circ$):

- 99.14 %: no FEC
- 0.66 %: RS-Code
- 0.12 %: RS-Code & Turbo Code
- 0.08 %: $CER > 10^{-6}$



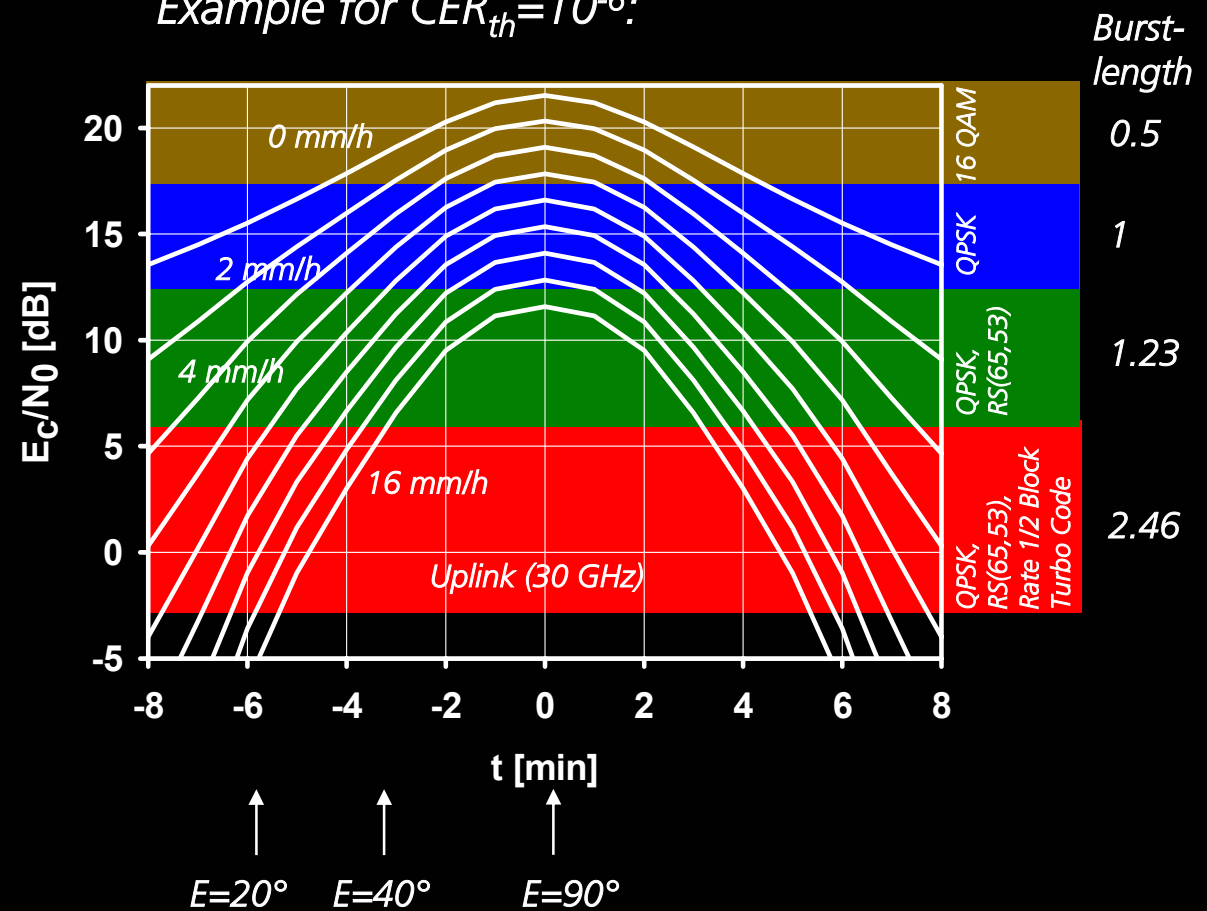
Hours per year link is not available



Remark

- ▶ Systems with high link margins are wasting transmission capacity most of the time!
- ▶ Solution: optimized MAC protocol, which saves transmission capacity by means of adaptive controlling the cell error rate, e.g. by:
 - adaptive modulation
 - adaptive coding

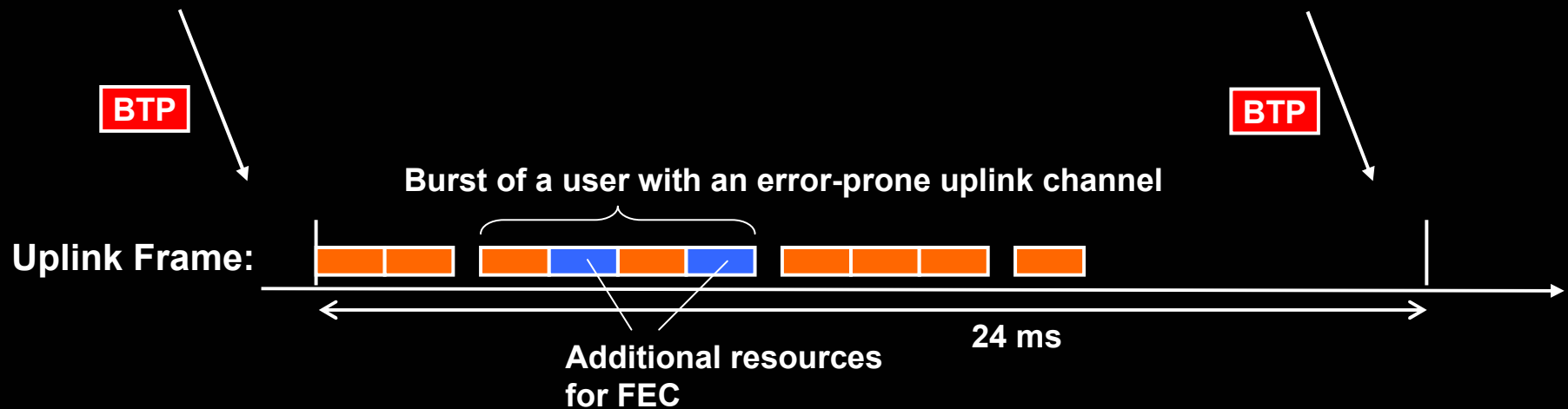
Example for $CER_{th}=10^{-6}$:





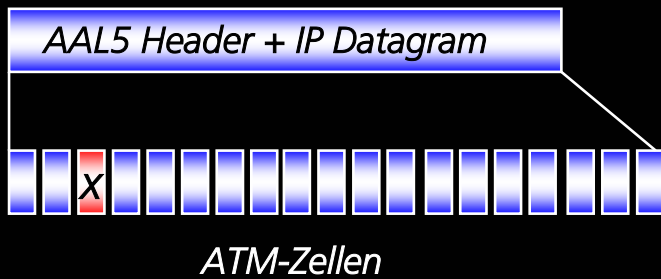
Adaptive Error Control/Modulation and MAC

- ▶ Adaptive error control/modulation fits ideally with the proposed MAC scheme
- ▶ The proposed MAC protocol can easily change the coding/modulation scheme even during a connection
- ▶ Resource allocation is broadcast in a burst time plan (BTP) every frame

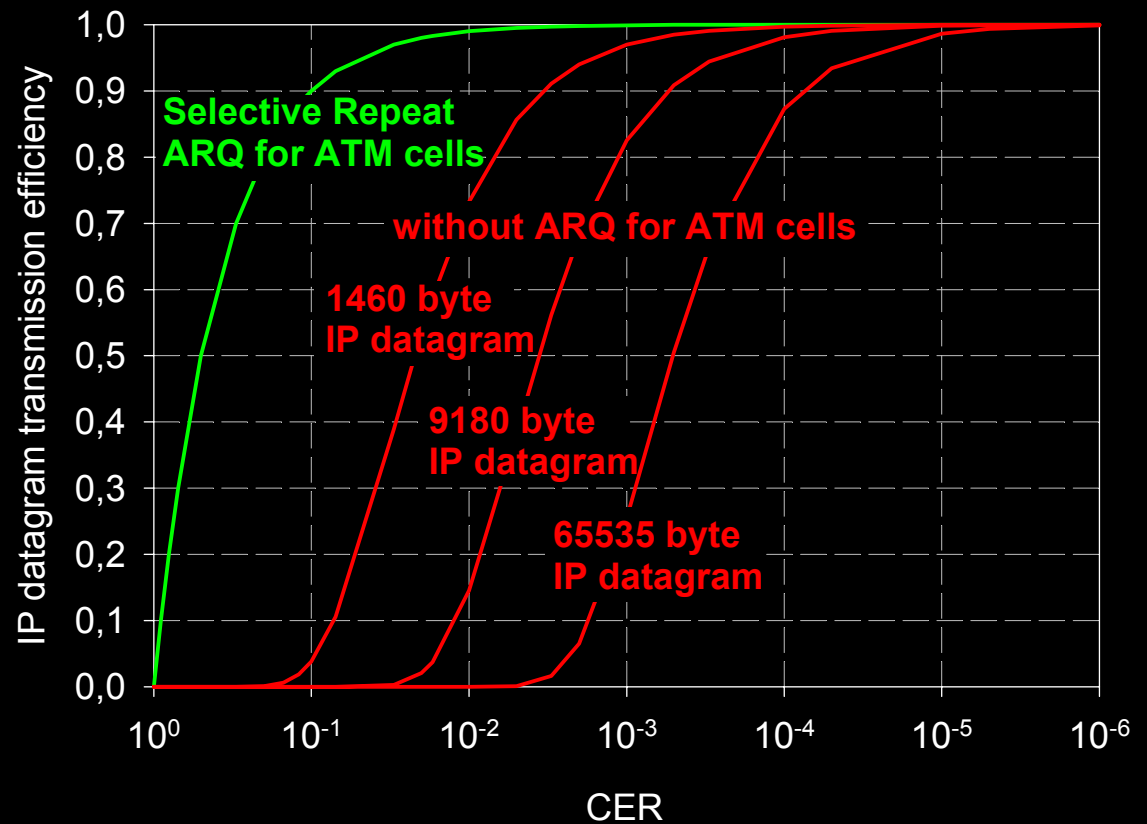




Fehlersicherungsverfahren für IP über ATM über Satellit



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*
- ▶ *Durch adaptive Fehlersicherung/Modulation kann Verfügbarkeit deutlich erhöht werden, ohne Bandbreite zu verschwenden*
- ▶ *Die adaptive Fehlersicherung/Modulation wird ideal von dem vorgeschlagenen MAC Protokoll unterstützt*
- ▶ *Bei IP über ATM über Satellit sollte zusätzlich Selective Repeat ARQ (auf Zell/Paket-Ebene) eingesetzt werden*