

# ITU-T-Empfehlungen zum Thema Error Performance

Application Note 62

ERROR



PERFORMANCE

ITU-T-Empfehlungen  
zur Beschreibung  
des Fehlerverhaltens  
der physikalischen  
Schicht digitaler Über-  
tragungssysteme



WAVETEK  
WANDEL  
GOLTERMANN  
Communications Test Solutions

## Abkürzungen

AIS	Alarm Indication Signal
ATM	Asynchronous Transfer Mode
BBE	Background Block Error
BBER	Background Block Error Ratio
BIP	Bit Interleaved Parity
CRC	Cyclic Redundancy Check
DSL	Digital Subscriber Line
EB	Errored Block
ES	Errored Second
ESR	Errored Second Ratio
HP	Higher Order Path
HRP	Hypothetical Reference Path
IG	International Gateway
ISDN	Integrated Services Digital Network
ITU	International Telecommunication Union
LOM	Loss of Multiframe
LOP	Loss of Pointer
LP	Lower Order Path
OAM	Operation and Maintenance
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy
PLM	Payload Label Mismatch
RDI	Remote Defect Indication
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
SEP	Severely Errored Period
SEPI	Severely Errored Period Intensity
SES	Severely Errored Second
SESR	Severely Errored Second Ratio
TCM	Tandem Connection Monitoring
TIM	Trace Identifier Mismatch
TMN	Telecommunication Management Network
TU	Tributary Unit
UNEQ	Unequipped

## Impressum

Autor: Frank Coenning  
Chairman ITU-T Working Party 2/4  
Performance and Test Equipment  
Rapporteur ITU-T Question 16/13  
Transmission Error Performance

## Herausgeber

Wavetek Wandel Goltermann Eningen GmbH & Co.  
Mühlweg 5  
72800 Eningen u. A.  
Germany

Änderungen vorbehalten  
Bestell-Nr. TP/EN/AN62/0600/GE  
Printed in Germany ©

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	3
<b>2</b>	<b>Vorgeschichte</b>	3
<b>3</b>	<b>Die Empfehlung G.826</b>	4
3.1	Anwendungsbereich der Empfehlung G.826	4
3.2	Blockfehlermessung	5
3.3	Definition der Fehlerereignisse und Fehlerparameter	5
3.4	Verfügbarkeit des Übertragungssystems	6
3.5	Zielwerte für das Fehlerverhalten	6
3.6	Zuordnung der Fehlerzielwerte zum Bezugspfad	6
3.7	In der Praxis benutzte Qualitätskriterien	7
3.8	Ablaufdiagramm	8
3.9	Darstellung von Messergebnissen	8
<b>4</b>	<b>Engere Fehlergrenzen für moderne SDH-Systeme</b>	9
4.1	Genaue Pfaddefinitionen	9
4.2	Neues Fehlerereignis, neuer Fehlerparameter	9
4.3	Tandem Connection Monitoring	10
4.4	Vergleich der Fehlerzielwerte in den Empfehlungen G.828 und G.826	11
4.5	Probleme der Fehlererkennung bei wachsender Blockgröße	12
4.6	Die Unterschiede zwischen den Empfehlungen G.821 und G.826 / G.828	12
<b>5</b>	<b>Die neue Empfehlung G.829</b>	13
<b>6</b>	<b>Die Empfehlungen der M.21xx-Reihe</b>	14
6.1	Unterschiedliche Aufgaben der G- und M-Empfehlungen	14
6.2	Die Empfehlung M.2100	14
6.3	Die Empfehlungen M.2101.1 und M.2101	16
6.4	Einsatz der Empfehlungen der G- und M-Reihe	16
6.5	Weitere Empfehlungen der M.21xx-Reihe	17
6.6	Ausblick auf zukünftige M-Empfehlungen	18
<b>7</b>	<b>Empfehlungen der I-Reihe</b>	18
<b>8</b>	<b>Literatur</b>	19

# ITU-T-Empfehlungen zur Beschreibung des Fehlerverhaltens der physikalischen Schicht digitaler Übertragungssysteme<sup>1</sup>

## 1 Einleitung

Das Fehlerverhalten der physikalischen Schicht digitaler Übertragungseinrichtungen ist ein wichtiges Qualitätsmerkmal. Zugehörige Messungen begründen den Einsatz einer Anzahl von Wavetek Wandel Goltermann-Messgeräten. Wegen der besonderen Bedeutung des Fehlerverhaltens für die Übertragungsqualität digitaler Netze gibt es eine Reihe von ITU-T-Empfehlungen, die die entsprechenden Qualitätsparameter festlegen. Zu nennen sind die Empfehlungen G.821, G.826, G.828, G.829, I.356 und die M.21xx-Reihe. Nachfolgende Zusammenfassung beschreibt exemplarisch die Bedeutung der Empfehlungen G.821/G.826 auf der einen und M.2100 auf der anderen Seite. Es wird aber auch auf den Zusammenhang zwischen G.826, G.828 und den entsprechenden Empfehlungen der M-Reihe eingegangen. Außerdem wird kurz auf die Empfehlung G.829 hingewiesen.

## 2 Vorgeschichte

Im Jahre 1980 wurde die erste Ausgabe der CCITT-Empfehlung G.821 verabschiedet. Sie definierte das Bitfehlerverhalten internationaler ISDN-Verbindungen mit einer Bitrate von 64 kbit/s [4]. Eine vierte Ausgabe wurde im Jahr 1996 herausgebracht. Bei sonst unverändertem technischem Inhalt wurde der Bitratenbereich auf  $N \times 64$  kbit/s ausgedehnt.  $N$  ist dabei so zu wählen, dass die Bitrate kleiner als die Primärrate der PDH-Grundsysteme bleibt. Außerdem wurde mit dem Annex D jeder Bezug auf höhere Bitraten und auch der Qualitätsparameter *Degraded Minute* (DM) gelöscht. G.821 war für lange Zeit maßgebend für die Planung, die Installation und den Betrieb digitaler Netze. Die Empfehlung bestimmte aber auch die Entwicklung der in diesen Netzen eingesetzten Übertragungs- und Fehlermesseinrichtungen. Im Laufe der Jahre hat sich allerdings gezeigt, dass bei der praktischen Anwendung von G.821 Probleme auftreten. Dies hat im wesentlichen zwei Gründe:

a) Die Qualitätsanforderungen der Empfehlung G.821 sind ausschließlich auf 64-kbit/s-Verbindungen bezogen. Praktische Fehlerüberwachungen werden aber in der Regel an Übertragungssystemen durchgeführt, die bei wesentlich höheren Bitraten arbeiten. Die dabei erzielten Ergebnisse wurden daher auf einen 64-kbit/s-Kanal normalisiert. Hierzu diente ein im Anhang D zu G.821 angegebenes Verfahren. Dieses Verfahren war jedoch von Anfang an umstritten, und

### Wichtige „Error Performance“-Empfehlungen

- Empfehlung G.821: *Error performance of an international digital connection operating at a bit rate below the primary rate and forming part of an integrated services digital network*
- Empfehlung G.826: *Error performance parameters and objectives for international, constant bit rate digital paths at or above the primary rate*
- Empfehlung G.828: *Error performance parameters and objectives for international, constant bit rate synchronous digital paths*
- Empfehlung G.829: *Error performance events for SDH multiplex and regenerator sections*
- Empfehlung I.356: *ATM cell transfer performance*
- Empfehlung M.2100: *Performance limits for bringing-into-service and maintenance of international PDH paths, sections and transmission systems*
- Empfehlungen M.2101 und M.2101.1: *Performance limits for bringing-into-service and maintenance of international SDH paths and multiplex sections*
- Empfehlung M.2110: *Bringing-into-service of international PDH paths, sections and transmission systems and SDH paths and multiplex sections*
- Empfehlung M.2120: *PDH path, section and transmission system and SDH path and multiplex section fault detection and localization procedures*

Anhang D wurde daher gestrichen. Außerdem ist mit der Einführung neuer Breitbanddienste eine Normalisierung auf 64 kbit/s wenig sinnvoll.

(Annex D zur Empfehlung G.821 besagte, dass die einem 64-kbit/s-Kanal zuzuweisenden Fehler aus der bei einer höheren Bitrate gemessenen Fehlerzahl proportional umzurechnen seien. Wurde z. B. bei einer Bitrate von 2048 kbit/s gemessen, so wurde angenommen, dass die Fehlerzahl bei 64 kbit/s um den Faktor  $2048 : 64 = 32$  kleiner sei. Obwohl diese Methode nicht mehr empfohlen wird, bieten verschiedene WWG-Messgeräte noch diese Messmöglichkeit, um ältere Messobjekte untersuchen zu können.)

b) Die Definitionen der Qualitätsparameter in G.821 beruhen auf der Erfassung fehlerhafter Bits und, daraus abgeleitet, auf der Messung der Bitfehlerhäufigkeit. Fehlerhafte Bits können aber nur dann eindeutig erkannt werden, wenn die überwachte Bitfolge bekannt ist. Messungen während des Betriebes sind daher nur schwer möglich.

<sup>1</sup> Im Rahmen der Neustrukturierung der Internationalen Fernmeldeunion (ITU, Genf) im März 1993 ging der Standardisierungssektor ITU-T aus der Standardisierungsorganisation CCITT (Internationaler Beratender Ausschuss für Telegrafie und Telefonie) hervor.

### 3 Die Empfehlung G.826<sup>2</sup>

Diese Mängel führten schließlich zur Aufnahme der Arbeiten an einer neuen Empfehlung, die später den Namen G.826 und den Titel „*Error performance parameters and objectives for international, constant bit rate digital paths at or above the primary rate*“ erhielt. G.826 wurde nach längeren Vorarbeiten im Juli 1983 verabschiedet und trat damit an die Seite von G.821 aus dem Jahre 1980.

An die neue Empfehlung wurden folgende Forderungen gestellt:

- Eignung für höhere Bitraten ( $\geq 1,5$  Mbit/s) ohne „Normalisierung“
- Messung der Qualitätsparameter während des Betriebes möglich
- Unabhängigkeit vom Übertragungsmedium
- Unabhängigkeit vom Übertragungssystem (PDH, SDH, zellenbasierend)
- Verschärfung der Zielwerte gegenüber G.821 unter Berücksichtigung der Eigenschaften moderner Übertragungssysteme

Wie diese Forderungen in der Empfehlung G.826 realisiert wurden, wird nachfolgend gezeigt.

#### 3.1 Anwendungsbereich der Empfehlung G.826

Anwendungsbereich der Empfehlung sind internationale digitale Pfade mit konstanter Bitrate, die bei der Geschwindigkeit der Primärsysteme (1544 bzw. 2048 kbit/s) oder darüber arbeiten. Der Begriff digitaler Pfad ist in der ITU-T-Empfehlung M.60 definiert [11]. Zu einem Pfad gehörende Übertragungssysteme sind zwischen digitalen Verteilern oder Endgeräten geschaltet. Damit können die Pfadendpunkte auch beim Endteilnehmer liegen, wenn dort die sogenannte „Overhead-Information“ zur Verfügung steht. G.826 erfasst dann auch den Teilnehmerzugang.

Digitale Pfade nach Empfehlung G.826 können über beliebige Übertragungssysteme wie plesiochrone, synchrone oder zellenbasierende Einrichtungen laufen. Allerdings wird der Einfluss der ATM-Schicht nicht berücksichtigt (ATM = Asynchronous Transfer Mode). Hier ist die Empfehlung I.356 anzuwenden [8].

Die in G.826 geforderten Kennwerte gelten Ende-zu-Ende für einen hypothetischen Bezugspfad (Hypothetical Reference Path, HRP) mit einer Länge von 27 500 km. Sie sind unabhängig davon zu erfüllen, welche Übertragungsmedien (z. B. metallische Kabel, Lichtwellenleiter oder Richtfunk- und Satellitensysteme) eingesetzt werden.

Bild 1 und Bild 2 illustrieren den Anwendungsbereich der Empfehlung G.826. Die Punkte A und B in Bild 1 sind physikalische Schnittstellen, z. B. nach ITU-T-Empfehlung G.703 [1]. In Bild 2 ist zu erkennen, dass G.826 nur die physikalische Schicht, nicht aber die ATM-Schichten betrifft.

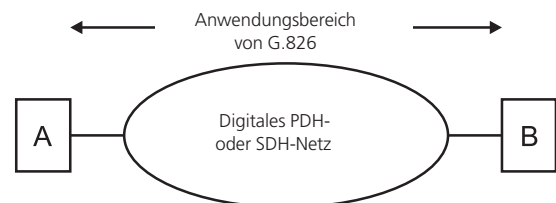
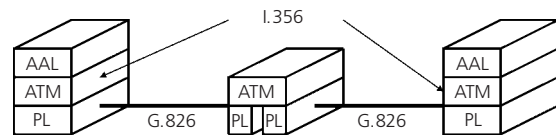


Bild 1: Anwendungsbereich von G.826 bei PDH- und SDH-Netzen



AAL – ATM-Adaptations-Schicht  
 ATM – ATM-Schicht  
 PL – Physikalische Schicht

Bild 2: Anwendungsbereich von G.826 bei ATM-Netzen

<sup>2</sup> Die Empfehlung G.826 liegt seit 1998 in einer Neufassung vor. Diese Fassung wird hier berücksichtigt.

## Was ist ein Block?

Ein Block ist definiert als eine Gruppe aufeinanderfolgender Bits, die dem untersuchten Pfad zugeordnet werden können. Jedes Bit gehört zu genau einem Block. Die zu einem Block gehörenden Bits müssen zeitlich nicht unmittelbar aufeinander folgen.

## Die Fehlerereignisse

### Fehlerhafter Block

(Errored Block, EB)

Ein Block, in dem ein oder mehrere Bits fehlerhaft sind.

### Gestörte Sekunde

(Errored Second, ES)

Ein Zeitabschnitt von einer Sekunde, der einen oder mehrere fehlerhafte Blöcke enthält.

### Stark gestörte Sekunde

(Severely Errored Second, SES)

Ein Zeitabschnitt von einer Sekunde, der  $\geq 30\%$  gestörte Blöcke oder mindestens einen Defekt enthält.

### Hintergrund-Blockfehler

(Background Block Error, BBE)

Ein fehlerhafter Block, der nicht zu einer stark gestörten Sekunde gehört.

### Stark gestörter Zeitabschnitt

(Severely Errored Period, SEP)

Ein Zeitabschnitt mit 3 bis 9 aufeinanderfolgenden SES.

## Die Fehlerparameter

### Errored Second Ratio (ESR)

Das Verhältnis von gestörten Sekunden zur Gesamtzahl der im Messintervall beobachteten Sekunden.

### Severely Errored Second Ratio (SESER)

Das Verhältnis von stark gestörten Sekunden zur Gesamtzahl der im Messintervall beobachteten Sekunden.

### Background Block Error Ratio (BBER)

Das Verhältnis von fehlerhaften Blöcken zur Gesamtzahl der im Messintervall beobachteten Blöcke.

### Severely Errored Period Intensity (SEPI)

Häufigkeit des Auftretens stark gestörter Zeitabschnitte (SEP/s).

## 3.2 Blockfehlermessung

Ziel der Arbeiten an G.826 war es von Anfang an, eine Qualitätsbeurteilung während des Betriebes zu ermöglichen, wobei die in den Übertragungssystemen vorhandenen Fehlerüberwachungseinrichtungen genutzt werden. Dies verlangte eine Abkehr von der in G.821 nötigen Bitfehlermessung und den Übergang zur Blockfehlermessung.

Die Blocküberwachung erfolgt mit Hilfe der in modernen Übertragungssystemen eingebauten Fehlerüberwachungseinrichtungen. Zur Anwendung kommen CRC-Verfahren (CRC = Cyclic Redundancy Check) und die Überwachung der Bitparität.

Dabei ist sicherzustellen, dass Fehler mit einer Sicherheit von mindestens 90% erkannt werden.

Eingehalten wird diese Forderung beispielsweise von CRC-4- und BIP-8-Verfahren, nicht jedoch von BIP-2 (BIP = Bit Interleaved Parity).

## 3.3 Definition der Fehlerereignisse und Fehlerparameter

Die Empfehlung G.826 beruht auf der Beobachtung von vier Fehlerereignissen. Die Definition dieser Ereignisse berücksichtigt das oben erläuterte Prinzip der Blockfehlerauswertung. Die vier Fehlerereignisse sind nebenstehend angegeben. Siehe Abschnitt 4.2 zum Thema SEP/SEPI.

Um den Messablauf zu vereinfachen, wird ein so genannter Defekt in der Definition für stark gestörte Sekunden verwendet. Defekte sind für die verschiedenen Übertragungssysteme (PDH, SDH, zellenbasierend) definiert (siehe Abschnitt 3.7). Es ist zu beachten, dass es Fehlerstrukturen geben kann, die zwar noch nicht zu einem Defekt führen, jedoch die Signalübertragung erheblich stören. SES würde in einem solchen Fall nicht ausgelöst, obwohl eine starke Störung vorliegt.

Erneut zu erwähnen ist, dass das Fehlerereignis „gestörte Minute“ (Degraded Minute) nicht mehr in G.826 aufgenommen wurde. Diese Kenngröße hat sich in der Praxis nicht bewährt und wurde auch in G.821 gelöscht.

Die Messung der oben definierten Ereignisse liefert absolute Zahlen. Aus praktischen Gründen ist es jedoch zweckmäßiger, mit Verhältniszahlen zu arbeiten. Die Empfehlung G.826 benutzt drei bezogene Kenngrößen (Fehlerparameter), die wegen der besseren Prägnanz der Begriffe hier mit ihren englischen Bezeichnungen angegeben werden.

In Übereinstimmung mit der Definition der Fehlerereignisse sind bei der Berechnung von Background Error Ratio die Blöcke auszuschließen, die innerhalb von stark gestörten Sekunden auftreten.

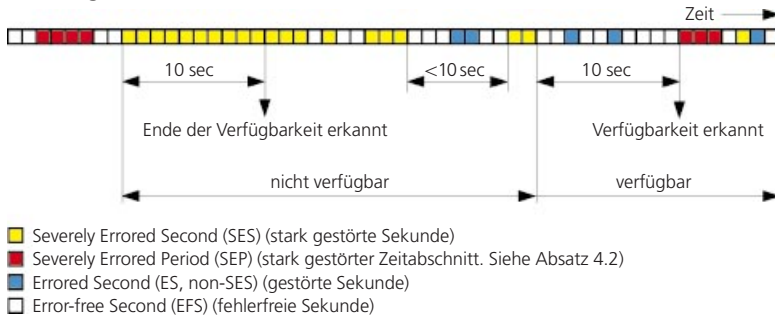
Bei allen drei Definitionen ist zu beachten, dass für die Verhältnisbildung nur die Zeiten herangezogen werden, in denen das Übertragungssystem verfügbar ist (siehe Abschnitt 3.4).

### 3.4 Verfügbarkeit des Übertragungssystems

Im Abschnitt 3.3 wurde erwähnt, dass verschiedene Kenngrößen nur dann berechnet werden dürfen, wenn das untersuchte Übertragungssystem „verfügbar“ ist. Für die Zwecke der Empfehlung G.826 endet die Verfügbarkeit mit dem Beginn eines Zeitabschnittes, der mindestens zehn aufeinanderfolgende stark gestörte Sekunden in mindestens einer Übertragungsrichtung enthält.

Das System ist wieder verfügbar vom Anfang eines Zeitabschnittes an, der aus mindestens zehn Sekunden besteht, die nicht stark gestört sind. Ein Beispiel zur Bestimmung der Verfügbarkeit ist in Bild 3 wieder gegeben.

Bild 3: Beispiel zur Bestimmung der Verfügbarkeit



### 3.5 Zielwerte für das Fehlverhalten

Der wichtigste Abschnitt der Empfehlung G.826 legt die einzuhaltenden Zielwerte für das Fehlverhalten fest. In einer Tabelle, deren wesentlicher Teil in Bild 4 wiedergegeben ist, werden die Ende-zu-Ende-Zielwerte für den 27 500 km langen Bezugspfad angegeben. Dabei wird gefordert, dass ein digitaler Pfad alle in der Tabelle für seine Bitrate genannten Zielwerte gleichzeitig zu erfüllen hat. Als Beobachtungsintervall wird ein Zeitabschnitt von einem Monat vorgeschlagen.

Zu der Tabelle in Bild 4 gibt es eine Reihe von Hinweisen: Für „Concatenated Containers“ VC-4-4c in einem 601-Mbit/s-Pfad beträgt die Blocklänge 75 168 Bits/Block. Sie liegt damit außerhalb des Wertebereichs der Tabelle. Der zugehörige BBER-Wert ist  $4 \times 10^{-4}$ . Es wird ferner erwähnt, dass der Fehlerparameter ESR bei hohen Bitraten nicht mehr sinnvoll angewandt werden kann, weil selbst bei geringer Fehlerhäufigkeit die Wahrscheinlichkeit groß ist, dass Blockfehler und damit gestörte Sekunden beobachtet werden. Es fehlen daher ESR-Spezifikationen für den Bitratenbereich 160 bis 3500 Mbit/s<sup>3</sup>.

Bild 4: Zielwerte für das Fehlverhalten eines 27 500 km langen HRP

Bitrate Mbit/s	1,5 - 5	> 5 - 15	> 15 - 55	> 55 - 160	> 160 - 3 500
Bits/Block	800 - 5000	2000 - 8000	4000 - 20000	6000 - 20000	15000 - 30000
ESR	0,04	0,05	0,075	0,16	nicht spezifiziert
SESR	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
BBER	$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-4}$	$10^{-4}$

Nachteilig für die Anwendbarkeit der Zielwerte ist die nicht eindeutige Festlegung der Blocklängen für die verschiedenen Bitraten. Hier bestehen im Interesse eindeutiger Messergebnisse für die Zukunft Verbesserungsmöglichkeiten. (Siehe auch Abschnitt 4.5.) Beide Übertragungsrichtungen eines Pfades werden unabhängig voneinander betrachtet und müssen die Zielwerte **gleichzeitig** erreichen. Ist dies nicht der Fall, gilt die Empfehlung als nicht erfüllt.

### 3.6 Zuordnung der Fehlerzielwerte zum Bezugspfad

Die Fehlerzielwerte nach Bild 4 werden in der Empfehlung G.826 einzelnen Abschnitten des Bezugspfades zugeordnet. Dazu wird der Bezugspfad in zwei nationale Abschnitte an den Enden des Pfades und einen internationalen Abschnitt aufgeteilt. Dies ist in Bild 5 dargestellt.

Den nationalen Abschnitten werden je 17,5% des Gesamtzielwertes fest zugeordnet. Außerdem erhält jeder nationale Abschnitt einen Anteil von 1% pro 500 km überbrückter Entfernung<sup>4</sup>. Wird ein Satellit im nationalen Abschnitt eingesetzt, kann dieser 42% der zulässigen Fehler in Anspruch nehmen. Diese 42% ersetzen die längenabhängige Zuordnung. Dem internationalen Abschnitt werden für jedes Durchgangsland 2% und für die Abschlussländer je 1% des Gesamtzielwertes fest zugeordnet. Dabei geht man von maximal 4 Durchgangsländern aus. Außerdem gilt auch im internationalen Abschnitt eine längenabhängige Zuordnung von 1% pro 500 km Systemlänge. Ein Satellit erhält hier 35% der zulässigen Gesamtfehler.

Bei der Berechnung der Systemlängen ist die tatsächliche geographische Länge heranzuziehen. Ist diese nicht bekannt, ist die Luftlinie zu nehmen und mit dem Faktor 1,25 bzw. 1,5 zu multiplizieren. Die erhaltenen Zahlen sind auf den nächsten, durch 500 teilbaren Wert aufzurunden. Führt die Rechnung für den internationalen Abschnitt zu einem Anteil von <6% des Gesamtzielwertes, so werden 6% zugeteilt.

G.826 verwendet sowohl im nationalen wie im internationalen Abschnitt ein kombiniertes Zuordnungsverfahren mit einem längenabhängigen und einem festen Anteil. Diese Abweichung von einer festen Zuordnung per km wurde aufgrund der Erfahrungen aus der Praxis eingeführt. Danach wird das Fehlverhalten einer Übertragungsstrecke nicht nur durch ihre Länge bestimmt, sondern ebenso durch ihre Komplexität (z. B. durch die Anhäufung von Multiplexeinrichtungen). Diese Zuordnung führt zu den in Bild 6 genannten Werten.

<sup>3</sup> Beträgt die Übertragungsbitrate z. B. 160 Mbit/s und wäre die Bitfehlerhäufigkeit  $10^{-8}$ , so würden bei gleichmäßiger Fehlerverteilung im Mittel 1,6 Fehler pro Sekunde auftreten. Es gäbe unter diesen Bedingungen also keine fehlerfreien Sekunden mehr.

<sup>4</sup> In der neuen Empfehlung G.828 wurde für den nationalen Abschnitt ein Anteil von 0,2% pro 100 km festgelegt, um auch kürzere Entfernungen als 500 km berücksichtigen zu können.

Anomalien	
a <sub>1</sub>	Fehler im Rahmenkennungssignal
a <sub>2</sub>	Fehlerhafter Block erkannt
Defekte	
d <sub>1</sub>	Signalverlust
d <sub>2</sub>	Alarmmeldesignal empfangen
d <sub>3</sub>	Rahmensynchronverlust

*PDH Qualitätskriterien*

Pfad Typ	SES-BIP-Schwelle
VC-11	600
VC-12	600
VC-2	600
VC-3	2400
VC-4	2400
VC-4-4c	2400

*SDH SES-BIP-Schwellen*

Defekte am nahen Ende	Art des Pfades
LP UNEQ	
LP TIM	„lower order“ Pfade
TU LOP	
TU AIS	
HP LOM	
HP PLM	„higher order“ Pfade
HP UNEQ	
HP TIM	
AU LOP	
AU AIS	

Defekte am fernen Ende	Art des Pfades
LP RDI	„lower order“ Pfade
HP RDI	„higher order“ Pfade

*SDH-Defekte, die zu SES führen*

Anomalien	
a <sub>1</sub>	Fehlerhafte ATM-Zelle (durch F3-OAM-Zelle erkannt)
a <sub>2</sub>	Fehlerhafter oder korrigierter Zellenkopf
a <sub>3</sub>	Fehlerhafte F3-Zelle
a <sub>4</sub>	Verlust einer F3-Zelle
Defekte	
d <sub>1</sub>	Verlust von zwei aufeinanderfolgenden OAM-Zellen
d <sub>2</sub>	Empfang des Alarmmeldesignals (TP-AIS)
d <sub>3</sub>	Verlust der Zellensynchronisation
d <sub>4</sub>	Signalverlust

*Anomalien und Defekte bei zellenbasierenden Systemen*

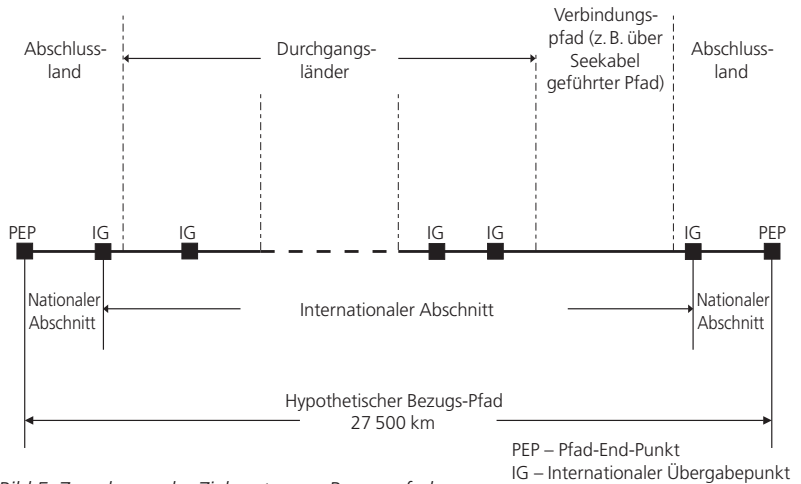


Bild 5: Zuordnung der Zielwerte zum Bezugspfad

Nationale Abschnitte (fest)	35 %
Abschlussländer (fest)	2 %
Internationale Abschnitte (fest)	8 %
Längenabhängige Zuordnung	55 %
Summe	100 %

Bild 6: Zuordnung der Zielwerte zu einem Pfad (numerische Werte)

### 3.7 In der Praxis benutzte Qualitätskriterien

Die in Bild 4 angegebenen Fehlerzielwerte gelten allgemein und beziehen sich daher nicht auf bestimmte Systeme. Für praktische Anwendungen gibt es in G.826 drei Anhänge, die genauere Angaben für PDH-, SDH- und zellenbasierende Systeme enthalten. Für die drei Systemfamilien werden Fehlerkriterien angegeben, die die individuellen Eigenschaften dieser Familien berücksichtigen und damit in der Praxis besser nutzbar sind. Dabei wird zwischen Anomalien und Defekten unterschieden, die zu unterschiedlichen Fehlerereignissen führen.

#### 3.7.1 Kriterien für PDH-Systeme

Für PDH-Systeme sind Anomalien und Defekte nach nebenstehender Liste definiert.

#### 3.7.2 Kriterien bei SDH-Systemen

SDH-Systeme verwenden grundsätzlich eine rahmenorientierte Überwachung der Bitparität (BIP-n = Bit Interleaved Parity über n Bits). Deshalb war es naheliegend, die SDH-Rahmen mit G.826-Blöcken gleichzusetzen.

Die theoretische Berechnung des Umrechnungsfaktors zwischen BIP-Verletzung und Blockfehler geht stets von bestimmten Fehlermodellen aus und kann zu einem geringfügig von eins abweichenden Faktor führen. Da feste Fehlermodelle jedoch in der Praxis ohnehin kaum anwendbar sind, wurde für die Zwecke von G.826 aus praktischen Gründen der Umrechnungsfaktor eins gewählt.

Eine erkannte BIP-Verletzung wird dementsprechend unmittelbar als Anzeige eines fehlerhaften Blocks (und damit einer gestörten Sekunde, ES) interpretiert.

Für das Auslösen von stark gestörten Sekunden enthält die Empfehlung G.826 genaue Angaben. Die gewählten Schwellen entsprechen unter den obengenannten Bedingungen 30% gestörten Blöcken, wie es in der SES-Definition angegeben wird.

Als stark gestörte Sekunde gilt auch bei SDH-Systemen ein Zeitabschnitt, in dem ein Defekt auftritt. Kriterien für Defekte sind die „Path Layer Defects“ der ITU-T-Empfehlungen G.707 und G.783 [2] [3]. Dabei ist zwischen Defekten am nahen und fernem Ende sowie zwischen „lower order“ und „higher order“-Pfad zu unterscheiden (siehe Tabellen).

### 3.7.3 Kriterien bei zellenbasierenden Systemen

Bei zellenbasierenden Systemen werden die Zellen nicht in einem Rahmen (z. B. SDH-Rahmen), sondern als reiner Zellenstrom übertragen. Schnittstellen für solche Systeme sind in den Empfehlung der I.432-Reihe [9] beschrieben. Auch für zellenbasierende Systeme sind Anomalien und Defekte definiert, wobei ein Block hier eine Folge von Zellen zwischen zwei OAM-Zellen ist.

(Anmerkung: OAM-Zellen [Operation and Maintenance Cells] werden für die Qualitätsüberwachung von ATM-Systemen benutzt. F3-Zellen überwachen den digitalen Pfad.)

Das Auftreten von mindestens einer Anomalie oder eines Defekts führt zu einem gestörten Block. Stark gestörte Sekunden werden gezählt, wenn 30% gestörte Blöcke oder ein Defekt beobachtet werden.

## 3.8 Ablaufdiagramm

Unter Berücksichtigung der Definitionen für Anomalien, Defekte und für die Verfügbarkeit ergibt sich das in Bild 7 gezeigte vereinfachte Ablaufdiagramm. Die Fehlerüberwachung erkennt Anomalien (z. B. als Folge von Blockfehlern) und Defekte. Anomalien und Defekte führen zu fehlerhaften Blöcken bzw. stark gestörten Zeitabschnitten. Unter Beachtung der definierten Randbedingungen werden hieraus gestörte und stark gestörte Sekunden (ES und SES) abgeleitet.

Die Größen cES, cSES und cBBE sind die Zählergebnisse von ES, SES und BBE. Die zugehörigen Zähler werden zu Beginn einer Messung zurückgesetzt. % EB bedeutet das Verhältnis von gestörten Blöcken innerhalb einer gestörten Sekunde zur Gesamtzahl der Blöcke pro Sekunde. Werden 30% gestörte Blöcke pro Sekunde gezählt, wird SES ausgelöst. Am Ende einer Messperiode P können die Kenngrößen der Empfehlung G.826 unter Berücksichtigung nicht verfügbarer Sekunden (UAS) wie folgt berechnet werden:

$$ESR = \frac{cES}{P - UAS}$$

$$SESR = \frac{cSES}{P - UAS}$$

$$BBER = \frac{cBBE}{(P - UAS - cSES) \times \text{Blöcke pro Sekunde}}$$

In dem vereinfachten Diagramm wird der Übergang zwischen „Verfügbarkeit“ und „Nichtverfügbarkeit“ nicht korrekt berücksichtigt. Es wird lediglich gezeigt, dass die Fehlerereignisse nur gezählt werden, wenn das System verfügbar ist.

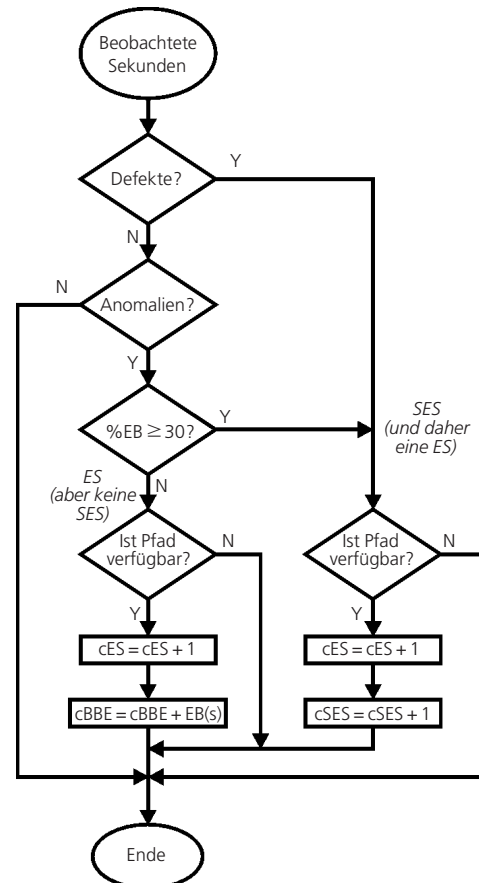


Bild 7: Ablaufdiagramm zur Fehlererkennung nach Empfehlung G.826

## 3.9 Darstellung von Messergebnissen

Eine Reihe von WWG-Fehlermessgeräten ermöglichen die Fehlerauswertung entsprechend den Kriterien der Empfehlung G.826.

Der Bildschirm Ausdruck in Bild 12 zeigt die Darstellung von „In-Service“-Messergebnissen, die mit dem WWG-Fehleranalysator ANT-20 gewonnen wurden. Ausgewertet wurden gestörte Blöcke (EB), Hintergrund-Blockfehler-Verhältnis (BBE), gestörte Sekunden (ES), fehlerfreie Sekunden (EFS), stark gestörte Sekunden (SES) und nicht verfügbare Sekunden (UAS). In den Bildern 21 und 22 ist dargestellt, unter welchen Bedingungen derartige Messergebnisse gewonnen werden können.



## 4 Engere Fehlergrenzen für moderne SDH-Systeme

Abgesehen davon, dass die Empfehlung G.826 bei der Spezifizierung von PDH-Systemen breite Anwendung fand, lag das Schwergewicht für ihren Einsatz bald bei SDH-Systemen. Hier zeigte sich aber, dass die stark durch die PDH-Technik und ältere Übertragungsmedien bestimmten Zielwerte von G.826 nicht dem entsprachen, was moderne, auf Glasfasertechnik basierende SDH-Systeme leisten können. Es wurden auch immer wieder Zweifel geäußert, ob die Zielwerte nach Empfehlung G.826 ausreichen, um eine zufriedenstellende Übertragung von ATM-Zellen über SDH-Einrichtungen zu gewährleisten. Es wurde daher im Jahre 1997 die Entwicklung der neuen Empfehlung G.828 mit der Absicht begonnen, schärfere Fehlerzielwerte für moderne SDH-Systeme zu spezifizieren.

Wie aus dem Titel „*Error performance parameters and objectives for international, constant bit rate synchronous digital paths*“ ersichtlich ist, beschreibt auch G.828 das Fehlerverhalten digitaler Pfade, ist aber ausschließlich auf SDH beschränkt.

Der Aufbau der Empfehlung G.828 entspricht weitgehend dem von G.826. Auch hier wird mit dem blockbasierenden Messkonzept großer Wert auf Messmöglichkeiten während des Betriebes gelegt. Neben den engeren Fehlergrenzen sind im Vergleich mit G.826 die nachfolgenden Punkte hervorzuheben.

### 4.1 Genaue Pfaddefinitionen

Im Laufe der Arbeiten an der Empfehlung G.828 stellte sich heraus, dass in der ITU-Literatur keine genauen Definitionen für SDH-Pfad und Bezugspfad existierten. G.828 legt daher diese Definitionen wie folgt fest:

*(Im Interesse einer eindeutigen Darstellung sind die nachfolgenden Definitionen in der englischen Originalfassung wiedergegeben.)*

#### **Hypothetical Reference Path**

*A Hypothetical Reference Path (HRP) is defined as the whole means of digital transmission of a digital signal of a specified rate, including the path overhead, between equipment at which the signal originates and terminates. An end-to-end Hypothetical Reference Path spans a distance of 27,500 km.*

#### **SDH Digital Path**

*An SDH digital path is a trail carrying an SDH payload and associated overhead through the layered transport network between the path terminating equipment. A digital path may be bidirectional or unidirectional and may comprise both customer owned portions and network operator owned portions.*

### 4.2 Neues Fehlerereignis, neuer Fehlerparameter

Lange und schwierige Diskussionen gab es im Zusammenhang mit dem Vorschlag, ein neues Fehlerereignis und einen neuen Fehlerparameter einzuführen. Gestützt auf praktische Messergebnisse war vorgeschlagen worden, das Fehlerereignis „*Severely Errored Period (SEP)*“ in G.828 aufzunehmen. Unter SEP ist ein Zeitabschnitt zu verstehen, der mindestens 3 aber nicht mehr als 9 aufeinanderfolgende stark gestörte Sekunden (SES) enthält. Eine Periode aufeinanderfolgender SES kann wie eine Kurzzeitunterbrechung wirken und zu einer empfindlichen Störung des von einem SDH-Pfad unterstützten Dienstes führen.

Der zu SEP gehörende Fehlerparameter heißt „*Severely Errored Period Intensity (SEPI)*“ und hat die Dimension 1/Zeit. Obwohl für diese Kenngröße der sehr konservative Zielwert von 0.0002/s vorgeschlagen worden war (dies hätte ca. 518 Kurzzeitunterbrechungen pro Monat erlaubt), war es nicht möglich, diesen Zielwert in G.828 festzulegen. Verschiedene Netzbetreiber hielten es, auch gestützt auf Messergebnisse, für überflüssig, den neuen Fehlerparameter zu überwachen. Genauso heftig wurde die Überwachung von SEPI von anderen Betreibern verteidigt.

Die Empfehlung G.828 enthält daher in einem gesonderten Abschnitt lediglich die Definitionen von SEP und SEPI als optionale Kenngrößen mit dem Hinweis, dass deren Anwendung weiterer Untersuchungen bedarf.

Diese Untersuchungen müssen besonders auch den Teilnehmerzugang zum Übertragungsnetz („*the last mile*“) berücksichtigen. Da die in G.828 geforderten Fehlergrenzen vom Übertragungsmedium unabhängig sind, kann sich ein Pfad im Bereich des Teilnehmerzugangs z. B. auf Richtfunk- oder xDSL-Technik abstützen. In einem solchen Fall ist es möglich, dass die von den SEP-Gegnern vorgelegten günstigen Messergebnisse nicht mehr erreicht werden.

### 4.3 Tandem Connection Monitoring

Die neue Empfehlung G.828 berücksichtigt „Tandem Connection Monitoring“, eine Fähigkeit moderner SDH-Systeme, die zur Entwicklungszeit von G.826 noch unbekannt war. Entsprechend umfangreicher wurden die Listen von Defekten, die zur Auslösung von

Severely Errored Seconds (SES) führen. Die folgenden Bilder, die der Empfehlung G.828 entnommen wurden, zeigen dies. Im Interesse einer eindeutigen Darstellung sind die nachfolgenden Tabellen in der englischen Originalfassung wiedergegeben.

Near end defects (NOTES 5, 6, 7)			Kind of path
Path termination	Non-Intrusive Monitor	Tandem Connection	
LP UNEQ (NOTE 3)	LP UNEQ (NOTES 3, 4)	LPTC UNEQ (NOTE 3)	Applicable to lower order paths and lower order tandem connections
LP TIM	LP TIM	LPTC TIM	
—	—	LPTC LTC	
—	LP VC AIS (NOTE 2)	—	
TU LOP	TU LOP	TU LOP	
TU AIS	TU AIS	TU AIS	
HP LOM (NOTE 1)	HP LOM (NOTE 1)	HP LOM (NOTE 1)	
HP PLM	HP PLM	HP PLM	
HP UNEQ (NOTE 3)	HP UNEQ (NOTES 3, 4)	HPTC UNEQ (NOTE 3)	Applicable to higher order paths and higher order tandem connections
HP TIM	HP TIM	HPTC TIM	
—	—	HPTC LTC	
—	HP VC AIS (NOTE 2)	—	
AU LOP	AU LOP	AU LOP	
AU AIS	AU AIS	AU AIS	

NOTE 1 – This defect is not related to VC-3.  
 NOTE 2 – VC AIS defect applies to monitoring a path at an intermediate point by means of non-intrusive monitoring.  
 NOTE 3 – Paths not actually completed, e.g. during path set-up, will contain the unequipped VC-n signal.  
 NOTE 4 – Two types of non-intrusive monitor functions are defined in Recommendation G.783. The original (version 1) type detect the UNEQ defect when an unequipped or a supervisory-unequipped VC signal is received. The advanced (version 2) type detects the UNEQ condition as type 1 but validates this condition by means of checking the content of the trace identifier; the receipt of a supervisory-unequipped VC signal will not result in an UNEQ defect. Neither will the receipt of a supervisory-unequipped VC signal result in the contribution of UNEQ condition to performance monitoring; if the supervisory-unequipped VC signal was not the expected signal, TIM defect will contribute to performance monitoring instead.  
 NOTE 5 – The above defects are path defects only. Section defects such as MS AIS, RS TIM, STM LOF and STM LOS give rise to an AIS defect in the path layers.  
 NOTE 6 – When a near-end SES is caused by a near-end defect as defined above, the far-end performance event counters are not incremented, i.e., an error-free period is assumed. When a near-end SES results from  $\geq 30\%$  errored blocks, the far-end performance evaluation continues during the near-end SES. This approach does not allow reliable evaluation of Far-End data if the Near-End SES is caused by a defect. It should be noted in particular, that the evaluation of Far-End events (such as SES or Unavailability) can be inaccurate in the case where Far-End SESs occur in coincidence with Near-End SESs caused by a defect. Such inaccuracies cannot be avoided, but are negligible in practice because of the low probability of the occurrence of such phenomena.  
 NOTE 7 – Refer to Recommendation G.783 for defects contributing to performance monitoring in each trail termination sink function.

Bild 8: Defekte, die am „nahen Ende“ zu SES führen

Far end defects			Kind of path
Path termination	Non-Intrusive Monitor	Tandem Connection	
LP RDI	LP RDI	LPTC TC RDI	Applicable to lower order paths and lower order tandem connections
HP RDI	HP RDI	HPTC TC RDI	Applicable to higher order paths and higher order tandem connections

Bild 9: Defekte, die am „fernen Ende“ zu SES führen

#### 4.4 Vergleich der Fehlerzielwerte in den Empfehlungen G.828 und G.826

Neben den neuen Kenngrößen SEP und SEPI sowie der Berücksichtigung von „Tandem Connection Monitoring“ definiert die neue Empfehlung schärfere Fehlerzielwerte. Dies betrifft besonders die Parameter „Errored Second Ratio (ESR)“ und „Background Block Error Ratio (BBER)“. Bild 10 zeigt die Tabelle 1/G.828 mit den dort genannten Zielwerten. Zum Vergleich sind für

ESR und BBER die entsprechenden G.826-Zahlen in Klammern eingetragen.

Interessant ist die „NOTE 2“ zu BBER: Es wird erwähnt, dass die BBER-Werte mit wachsender Blockgröße nicht konstant gehalten oder gar verbessert werden können. (Siehe auch Abschnitt 4.5.)

Bit rate (kbit/s)	Path type	Blocks/s	ESR	SESR	BBER	SEPI (NOTE 3)
1 664	VC-11, TC-11	2 000	0.01 (0.04)	0.002	$5 \times 10^{-5}$ ( $2 \times 10^{-4}$ )	—
2 240	VC-12, TC-12	2 000	0.01 (0.04)	0.002	$5 \times 10^{-5}$ ( $2 \times 10^{-4}$ )	—
6 848	VC-2, TC-2	2 000	0.01 (0.05)	0.002	$5 \times 10^{-5}$ ( $2 \times 10^{-4}$ )	—
48 960	VC-3, TC-3	8 000	0.02 (0.075)	0.002	$5 \times 10^{-5}$ ( $2 \times 10^{-4}$ )	—
150 336	VC-4, TC-4	8 000	0.04 (0.16)	0.002	$1 \times 10^{-4}$ ( $1 \times 10^{-4}$ )	—
601 344	VC-4-4c, TC-4-4c	8 000	(NOTE 1)	0.002	$1 \times 10^{-4}$ ( $1 \times 10^{-4}$ )	—
2 405 376	VC-4-16c, TC-4-16c	8 000	(NOTE 1)	0.002	$1 \times 10^{-4}$ ( $1 \times 10^{-4}$ )	—
9 621 504	VC-4-64c, TC-4-64c	8 000	(NOTE 1)	0.002	$1 \times 10^{-3}$ (NOTE 2)	—

NOTE 1 – ESR objectives tend to lose significance for applications at high bit rates and are therefore not specified for paths operating at bit rates above 160 Mbit/s. Nevertheless, it is recognized that the observed performance of synchronous digital paths is error-free for long periods of time even at Gbit/s rates; and that significant ESR indicates a degraded transmission system. Therefore, for maintenance purposes ES monitoring should be implemented within any error performance measuring devices operating at these rates.

NOTE 2 – This BBER objective corresponds to a equivalent bit error ratio of  $8.3 \times 10^{-10}$ , an improvement over the bit error ratio of  $5.3 \times 10^{-9}$  for the VC-4 rate. Equivalent Bit Error Ratio is valuable as a rate-independent indication of error performance, as BBER objectives cannot remain constant as block sizes increase.

NOTE 3 – SEPI objectives require further study.

Bild 10: Ende-zu-Ende Zielwerte für das Fehlerverhalten eines 27 500 km langen SDH-HRP

## 4.5 Probleme der Fehlererkennung bei wachsender Blockgröße

Eine Unsicherheit in den Zielwertdefinitionen der Empfehlung G.826 bestand in den fehlenden genauen Angaben der Größe der auszuwertenden Blöcke. In G.828 wurde dieser Nachteil beseitigt und für jede Bitrate eine genaue Blockgröße angegeben wie dies Bild 10 zeigt.

Bild 11 ist zu entnehmen, dass die Zahl der pro Sekunde überwachten Blöcke für die Bitraten VC-3 bis VC-4-64c mit 8 000 konstant bleibt. Dies hat eine mit der Bitrate wachsende Blockgröße zur Folge. Gleichzeitig wird BIP-8 zur Fehlererkennung beibehalten.

Diese wachsende Blockgröße führt zu einer immer schlechter werdenden Effektivität bei der Fehlerüberwachung. Größere Bitfehlerhäufigkeiten können damit nicht mehr sicher erkannt werden. Als Ergebnis umfangreicher theoretischer Überlegungen war daher

vorgeschlagen worden, die Zahl der pro Sekunde beobachteten Blöcke mit der Bitrate wachsen zu lassen und damit zu annähernd festen Blockgrößen zu kommen. Jeder „Virtual Container“ VC-4 sollte getrennt ausgewertet werden, was zu  $4 \times 8\,000$ ,  $16 \times 8\,000$  bzw.  $64 \times 8\,000$  Blöcken pro Sekunde für VC-4-4c, VC-4-16c bzw. VC-4-64c geführt hätte. Dementsprechend wäre die Blockgröße ab VC-4 mit 18 792 bits konstant geblieben.

Unabhängig von der theoretischen Richtigkeit dieser Zusammenhänge war es nicht möglich, eine entsprechende Definition durchzusetzen, weil dies eine Änderung der zugehörigen, schon weit fortgeschrittenen Hardware-Empfehlungen bedeutet hätte. Einen Niederschlag fanden die Überlegungen jedoch in der neuen Empfehlung G.829 (siehe Abschnitt 5).

Bit rate (kbit/s)	Path type	Blocks/s	SDH Block size in G.828	EDC
1 664	VC-11, TC-11	2 000	832 bits	BIP-2
2 240	VC-12, TC-12	2 000	1 120 bits	BIP-2
6 848	VC-2, TC-2	2 000	3 424 bits	BIP-2
48 960	VC-3, TC-3	8 000	6 120 bits	BIP-8
150 336	VC-4, TC-4	8 000	18 792 bits	BIP-8
601 344	VC-4-4c, TC-4-4c	8 000	75 168 bits	BIP-8
2 405 376	VC-4-16c, TC-4-16c	8 000	300 672 bits	BIP-8
9 621 504	VC-4-64c, TC-4-64c	8 000	1 202 688 bits	BIP-8

Bild 11: Blockgröße bei der Fehlerüberwachung von SDH-Pfaden

## 4.6 Die Unterschiede zwischen den Empfehlungen G.821 und G.826/G.828

### 4.6.1 Unterschiede im Grundkonzept

In Abschnitt 2 wurde schon auf einige Unterschiede zwischen den Empfehlungen hingewiesen. Die wesentlichen Punkte sind:

- G.821 betrifft Verbindungen (Connections)
- G.821 findet nur bei Bitraten Anwendung, die kleiner als die Primärsystembitraten sind.
- G.821 beruht auf der Messung von Bitfehlern.
- Wegen des bei den genannten Bitraten fehlenden „Overheads“ sind In-Service-Messungen (ISM) nicht oder nur schwer möglich.
- G.826 und G.828 betreffen Pfade (Paths)
- G.826 und G.828 finden bei Bitraten Anwendung, die gleich oder größer als die Primärsystembitraten sind.
- G.826 und G.828 beruhen auf der Messung von Blockfehlern.
- Unter Benutzung von vorhandenen Fehlererkennungseinrichtungen sind In-Service-Messungen möglich.

Besonders wegen der Möglichkeit, **während des Betriebes** messen zu können, verdrängte die Empfehlung G.826 in ihrer Bedeutung mehr und mehr die ältere G.821. Dies wird durch den Hinweis in G.826 unterstrichen, „... dass nur diese Empfehlung erforderlich ist, um das Fehlerverhalten von digitalen Transportnetzen bei und oberhalb der Primärsystemrate zu planen ...“

G.826: PDH2CRC	NEAR END: CRC-4	FAR END: E-BIT
EB	9	0
BBE	9	0.01024 %
ES	13	14.13043 %
EFS	79	85.86956 %
SES	4	4.34783 %
UAS	20	0
VERDICT	Rejected	Accepted

PATH ALLOCATION	18.50000 %
PATH UAS	20

Bild 12: Fehlerauswertung nach Empfehlung G.826 mit Fehleranalysator ANT-20

Mit der Verabschiedung von G.828 wird diese neue Empfehlung bei modernen SDH-Systemen zunehmend an Wichtigkeit gewinnen und ihrerseits G.826 und besonders G.821 zurückdrängen.

#### 4.6.2 Vergleich der Anforderungen an das Fehlerverhalten

Gemäß Abschnitt 3 wurde beim Entwurf von G.826 – und später auch bei G.828 – angestrebt, die Zielwerte für das Fehlerverhalten gegenüber der „alten“ Empfehlung G.821 zu verschärfen. Inwieweit dies tatsächlich erreicht wurde, lässt sich wegen der unterschiedlich definierten Fehlerereignisse nicht unmittelbar vergleichen. Um den Vergleich zu ermöglichen, muss der Zusammenhang zwischen Bitfehlerhäufigkeit und fehlerhaftem Block bekannt sein. Dieser Zusammenhang hängt von der zeitlichen Verteilung der auftre-

tenden Fehler ab. Folgen z. B. Fehler rasch aufeinander (Fehler-Burst), so würden nach der Empfehlung G.821 eine Anzahl Bitfehler gezählt, während nach G.826/G.828 unter Umständen nur ein fehlerhafter Block auftritt. Sind die Fehler dagegen gleichmäßig über der Zeit verteilt, kann jeder Bitfehler auch zu einem Blockfehler führen. Es lässt sich nachweisen, dass je nach Fehlermodell die Forderungen nach den Empfehlungen G.826 und G.828 erheblich schärfer sein können als die von G.821.

Es ist auch zu erwähnen, dass G.821 und G.826/G.828 bezüglich der definierten Fehlergrenzen nicht vollständig miteinander kompatibel sind. Auf diesen Umstand wird in einem Zusatz zur Empfehlung G.821 aus dem Jahr 1996 hingewiesen. Hier eine bessere Harmonisierung zu erreichen, ist Gegenstand weiterer Standardisierungsarbeit.

## 5 Die neue Empfehlung G.829

Neben G.828 wurde im März 2000 die neue Empfehlung G.829 „*Error performance events for SDH multiplex and regenerator sections*“ verabschiedet. Im Unterschied zu den vorgenannten Empfehlungen der G-Reihe definiert G.829 keine Zielwerte, sondern beschreibt lediglich die Fehlerereignisse für SDH-Multiplex- und Regenerator-Abschnitte. Ein Grund für das Fehlen von Zielwerten sind die Bedenken verschiedener Netzbetreiber, Festlegungen für Netzkomponenten zu akzeptieren, die häufig nationaler Zuständigkeit unterliegen. Unabhängig davon ist die Definition der Fehlerereignisse im Zusammenhang mit der Inbetriebnahme und Wartung von SDH-Abschnitten wichtig, weil nur übereinstimmende Ereignisdefinitionen zu vergleichbaren Messergebnissen führen.

Auch G.829 geht vom Prinzip der Blockfehlerbeobachtung aus, um Messungen während des Betriebes durchführen zu können. Dementsprechend werden die Blockgröße, die Zahl der Blöcke pro SDH-Rahmen, die Zahl der pro Sekunde übertragenen Blöcke und der verwendete Fehlererkennungscode (*Error Detection Code*, EDC) für die verschiedenen SDH-Bitraten bis zu STM-64 definiert.

Ein wesentlicher Bestandteil der Empfehlung G.829 ist die Definition der SES-Schwellen, d. h. die Angabe der Zahl der gestörten Blöcke, die eine SES auslösen. In den Empfehlungen G.826 und G.828 ist diese Schwelle einheitlich 30% gestörte Blöcke.

Für Multiplex- und Regenerator-Abschnitte konnte diese Schwelle nicht übernommen werden. Besonders weil die Fehlererkennungsmechanismen auf der Pfad- und Abschnitts-Ebene verschieden sind, würden gleiche Schwellen dazu führen, dass zwischen beiden Ebenen keine Kompatibilität besteht. Dies bedeutet, dass eine bestimmte Zahl von gestörten Blöcken z. B. zum Auslösen einer stark gestörten

Sekunde (SES) auf der Abschnitts-Ebene führt, ohne dass auf der Pfad-Ebene SES erkannt wird. Auch der umgekehrte Fall kann eintreten. Basierend auf umfangreichen theoretischen Untersuchungen wurden die Schwellen so festgelegt, dass zwischen beiden Ebenen eine möglichst gute Übereinstimmung besteht.

Nachfolgende Tabelle zeigt die gefundenen Schwellenwerte für SDH-Multiplex-Abschnitte und die Bitraten STM-0 bis STM-64. Die Abkürzung „EBs“ steht für „Errored Blocks“.

Bit rate	STM-0	STM-1	STM-4	STM-16	STM-64
SES threshold	15% EBs	15% EBs	25% EBs	30% EBs	30% EBs

Bild 13: SES-Schwellen für SDH-Multiplex-Abschnitte nach Empfehlung G.829

Wie erwähnt, behandelt die Empfehlung G.829 Multiplex- und Regenerator-Abschnitte. Dabei sind die Festlegungen für Regenerator-Abschnitte auf Anwendungen bei Richtfunk- und Satellitensysteme beschränkt.

Für Regenerator-Abschnitte findet jedoch das Prinzip fester Blockgrößen Anwendung. Da es sich hier um Festlegungen handelt, die vom Übertragungsmedium abhängig sind („*media-specific*“), war es möglich, zu der wünschenswerten Definition fester Blockgrößen zu kommen. Bild 14 zeigt dies.

STM-N	Block size	Blocks per frame	Blocks/s	EDC
STM-0	6 480 bits	1	8 000	BIP-8
STM-1	19 440 bits	1	8 000	BIP-8
STM-4	19 440 bits	4	4 × 8 000	4 × BIP-8
STM-16	19 440 bits	16	16 × 8 000	16 × BIP-8

Bild 14: Blockgrößen, Blöcke pro Sekunde und EDC für Regenerator-Abschnitte

## 6 Die Empfehlungen der M.21xx-Reihe

### 6.1 Unterschiedliche Aufgaben der G- und M-Empfehlungen

Die unterschiedliche Bedeutung der Empfehlungen G.821, G.826 und G.828 und der M.21xx-Reihe wird bereits aus ihrer unterschiedlichen Herkunft deutlich: Die G-Empfehlungen haben ihre Heimat in der ITU-T-Studienkommission 13 (Allgemeine Netzfragen), während für die M-Reihe die Kommission 4 (Netzunterhaltung und TMN) zuständig ist. Die wesentlichsten Unterschiede in der Zielsetzung der beiden Empfehlungsreihen sind:

- G.821, G.826 und G.828 definieren Fehlerzielwerte die **langfristig** einzuhalten sind („Long-Term Performance Objectives“).
- G.821, G.826 und G.828 verlangen mit einem Monat sehr **lange Messzeiten**.
- Die Empfehlungen der M-Reihe finden besonders bei der **Inbetriebnahme** neuer Übertragungseinrichtungen Anwendung. Sie sollen sicherstellen, dass die Forderungen der G-Empfehlungen in jedem Fall eingehalten werden (z. B. unter Berücksichtigung der Alterung der Bauelemente).
- Die Forderungen der M-Empfehlungen sind daher im allgemeinen schärfer als die der hier betrachteten G-Empfehlungen.
- Aus praktischen Gründen ermöglichen die M.21xx-Empfehlungen **kurze Messzeiten**.

### 6.2 Die Empfehlung M.2100

Die Empfehlung M.2100 mit dem Titel „Performance limits for bringing-into-service and maintenance of international PDH paths, sections and transmission systems“ beschreibt, wie digitale PDH-Systeme und deren Komponenten in Betrieb genommen werden und welche Zielwerte dabei zu erreichen sind [12]. Dabei stützt sich die Empfehlung bezüglich der Übertragungsfehler (Error Performance) auf die Empfehlungen G.821 (für 64 kbit/s) und G.826 (für höhere Bitraten) und bezüglich Synchronisation, Jitter und Wander (Timing Performance) auf G.822 und G.823/G.824.

#### 6.2.1 Vergleich der Fehlerzielwerte in M.2100 und G.826

Die „Reference Performance Objectives“ (RPO) sind eine wichtige Kenngröße der Empfehlung M.2100. Die Werte sind so gewählt, dass z. B. die Forderungen von G.826 auch langfristig eingehalten werden. Dies

Systemebene	Primär		Sekundär		Tertiär		Quartär	
	G.826	M.2100	G.826	M.2100	G.826	M.2100	G.826	M.2100
ESR	0,04	0,02	0,05	0,025	0,075	0,0375	0,16	0,08
SESR	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001

Bild 15: Fehlerzielwerte in den Empfehlungen G.826 und M.2100

soll dadurch erreicht werden, dass die Basiswerte in M.2100 nur 50% der Grenzwerte von G.826 ausmachen. In Bild 15 ist dies im Vergleich dargestellt. Die Tabelle nennt die Werte für den hypothetischen Bezugspfad mit einer Länge von 27 500 km. Da sich die Empfehlung M.2100 für Bitraten, die gleich oder größer als die Bitrate der Primärsysteme sind, aber nur auf den internationalen Teil eines Pfades bezieht, dürfen für diesen Teil nur 63% der in Bild 15 angegebenen Zielwerte verbraucht werden, wie es die Empfehlung G.826 für die „International Portion“ fordert.

*Anmerkung: Die 63% sind die Differenz aus der Gesamtzuordnung von 100% für einen 27 500 km langen Bezugspfad minus 37% für den nationalen Teil. Für den nationalen Teil definiert G.826 eine feste Zuordnung von 2 x 17,5% und eine längenabhängige Zuordnung von 2% entsprechend einer angenommenen Minimallänge von 2 x 500 km. Dies ergibt insgesamt die genannten 37%. Siehe auch Bild 6.*

#### 6.2.2 Die Empfehlung M.2100 im praktischen Einsatz

Mit Hilfe der Empfehlung M.2100 soll es möglich sein, Teile eines Übertragungspfades – M.2100 spricht hier von Path Core Elements (PCE) – so zu dimensionieren, dass die Gesamtforderungen nach Bild 15 erfüllt werden. Wie dies in der Praxis geschieht, wird nachfolgend am Beispiel einer Systeminbetriebnahme für die Kenngröße fehlerhafte Sekunde (Errored Second – ES) erläutert.

Im allgemeinen wird ein Übertragungspfad aus Stücken mit unterschiedlicher Teillänge zusammengesetzt sein, denen Fehlerzielwerte (RPOs) zuzuordnen sind. Als Hilfe werden in M.2100 Tabellen bereitgestellt, aus denen die erlaubte Zuordnung der RPOs entnommen werden kann. Ein Auszug aus einer solchen Tabelle, die längenabhängige Zielwerte für Durchgangsländer und Länder am Ende eines Pfades angibt, ist in Bild 16 wiedergegeben. Ähnliche Tabellen gibt es auch für Unterseekabel und Satelliten.

Teillänge eines Pfades (Path Core Element)	Zuordnung (% der Ende-zu-Ende Forderung)
Entfernung ≤ 500 km	2,0 %
500 km < Entfernung ≤ 1000 km	3,0 %
1000 km < Entfernung ≤ 2500 km	4,0 %
2500 km < Entfernung ≤ 5000 km	6,0 %
5000 km < Entfernung ≤ 7500 km	8,0 %
Entfernung > 7500 km	10,0 %

Bild 16: Zuordnung von Fehlerzielwerten zu Teillängen eines Pfades

Die Prozentzahlen in der zweiten Spalte der Tabelle beziehen sich auf die für M.2100 gültigen Zielwerte nach Bild 15. Soll z. B. für einen bei der Primärbitraten arbeitenden Teil eines Pfades mit einer Länge von 4 000 km der ES-Fehlerzielwert bestimmt werden, so

sind 6% von 0,02 anzusetzen. Dieser Zielwert ist dann der Ausgangswert für Messungen bei der Inbetriebnahme und der Wartung von Übertragungseinrichtungen.

Im Gegensatz zur Empfehlung G.826, deren Zielwerte Langzeitmessungen über einen Zeitraum von einem Monat voraussetzen, sind für Messungen im Zusammenhang mit der Inbetriebnahme und Überwachung von Übertragungssystemen sehr lange Messzeiten in der Praxis im allgemeinen nicht hinnehmbar. M.2100 gestattet daher auch kürzere Messzeiten, z. B. von einem Tag. Bei kurzen Messzeiten steigt naturgemäß die Messunsicherheit, was bei der Interpretation der Messergebnisse zu berücksichtigen ist.

Die Empfehlung M.2100 beschreibt die Verhältnisse anhand der in Bild 17 wiedergegebenen Grafik und der folgenden Gleichungen.

Zunächst werden für die Systeminbetriebnahme (Bringing-into-Service Objective - BISO) als Bezugsgröße 50% des obengenannten Ausgangswertes angenommen, um sicherzustellen, dass auch bei Alterung der Übertragungseinrichtungen noch genügend Abstand zu den geforderten Grenzwerten besteht.

Also ist  $BISO = RPO/2$ .

RPO wird mit der Gleichung  $RPO = PO \times A \times TP$  berechnet.

In dieser Gleichung ist PO (Performance Objective) der Zielwert, der der Tabelle in Bild 15 entnommen wird. A ist die Zuordnung für die Teillänge eines Pfades (Path Allocation) entsprechend der Tabelle in Bild 16 und TP (Test Period) die Messzeit in Sekunden.

Die Grenzwerte S1 und S2 für den Unsicherheitsbereich der Messung werden mit den Formeln

$$S1 = RPO/2 - D \text{ und } S2 = RPO/2 + D$$

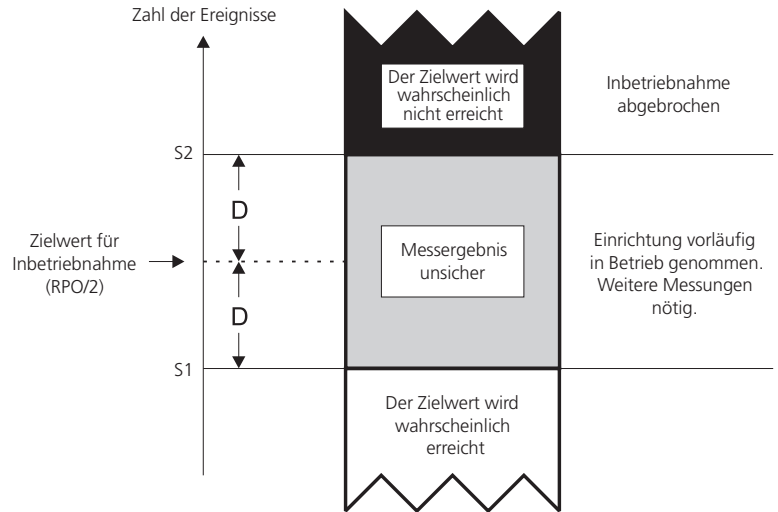


Bild 17: Berechnung der Fehlerzielwerte bei der Inbetriebnahme

berechnet. Wobei für D der (pragmatische) Wert  $D = 2 \times \sqrt{BISO \text{ Objective}}$  angenommen wird.

In praktischen Zahlen bedeutet dies bei einer Messzeit von einem Tag:

Insgesamt zulässige Zahl der fehlerhaften Sekunden pro Tag =  $0,02 \times 86\,400 = 1728$  ES

Davon 6% (für Teillänge 4000 km) =  $0,06 \times 1728 = 104$  ES/Tag

Bringing-into-Service-Zielwert =  $0,5 \times 104 = 52$  ES/Tag

Bei der Inbetriebnahme sind danach für einen 4000 km langen Teilpfad eines Primärsystems maximal 52 fehlerhafte Sekunden pro Tag zulässig.

$$D \text{ errechnet sich zu } D = 2 \times \sqrt{52} = 14,42$$

Mithin ist

$$S1 = 52 - 14,42 \approx 37 \text{ und } S2 = 52 + 14,42 \approx 66$$

Path allocation	ES (2%) 1 Tag				ES 7 Tage	SES (0.1%) 1 Tag				SES 7 Tage
	RPO	BISO	S1	S2	BISO	RPO	BISO	S1	S2	BISO
0.50%	9	4	0	8	30	0	0	0	1	2
1.00%	17	9	3	15	60	1	0	0	2	3
1.50%	26	13	6	20	91	1	1	0	2	5
2.00%	35	17	9	26	121	2	1	0	3	6
2.50%	43	22	12	31	151	2	1	0	3	8
3.00%	52	26	16	36	181	3	1	0	4	9
3.50%	60	30	19	41	212	3	2	0	4	11
4.00%	69	35	23	46	242	3	2	0	4	12
4.50%	78	39	26	51	272	4	2	0	5	14
5.00%	86	43	30	56	302	4	2	0	5	15
5.50%	95	48	34	61	333	5	2	0	5	17
6.00%	104	52	37	66	363	5	3	0	6	18
6.50%	112	56	41	71	393	6	3	0	6	20
63.00%	1089	544	498	591	3810	54	27	17	38	191

Bild 18: Fehlerzielwerte bei der Inbetriebnahme von Primärsystemen

Für Messzeiten von einem Tag enthält die Empfehlung M.2100 umfangreiche Tabellen, die die Zahlenwerte für RPO, BISO, S1 und S2 für „Path Allocations“ im Bereich 0,5 bis 63 % für „Errored Second (ES)“ und „Severely Errored Seconds (SES)“ angeben. Außerdem sind noch die Zahlen für BISO bei Messzeiten von 7 Tagen aufgeführt. Ein Auszug aus einer solchen Tabelle ist in Bild 18 wiedergegeben. Für die „Path Allocation“ von 6% sind die Zahlen des obigen Rechenbeispiels eingetragen.

Dem Benutzer von M.2100 wird mit diesen Tabellen Rechenarbeit abgenommen. Es muss nur die prozentuale Zuordnung zu den Pfadelementen bekannt sein, um die zugehörigen Kennzahlen für die System-Inbetriebnahme abzulesen.

### 6.3 Die Empfehlungen M.2101.1 und M.2101

Neben M.2100 sind im hier diskutierten Zusammenhang die Empfehlungen M.2101.1 und M.2101 mit dem Titel „Performance limits for bringing-into-service and maintenance of international SDH paths and multiplex sections“ zu nennen [13] [14]. Diese Empfehlungen entsprechen in ihrer Zielsetzung und ihrem Aufbau sehr stark der Empfehlung M.2100, betreffen aber ausschließlich SDH-Systeme. Auch in M.2101.1 und M.2101 gibt es Hilfstabellen, wie Sie oben beschrieben wurden, und auch die Rechenmethoden zur Bestimmung der Kenngrößen sind im wesentlichen gleich. Man kann daher die beiden M-Empfehlungen für SDH-Systeme als Schwesterempfehlungen zu M.2100 für PDH-Systeme bezeichnen. (Siehe auch Bild 19)

Die ähnliche Nummerierung und der identische Titel für beide M-Empfehlungen kann leicht zu Verwirrungen führen. Hierzu ist zu bemerken, dass M.2101.1 die ältere Empfehlung ist und ursprünglich eine Verwandte mit der Nummer M.2101.2 bekommen sollte. M.2101.1 stützt sich auf die Performance-Empfehlung G.826 ab und wurde vor der Fertigstellung von G.828 verabschiedet.

Die Empfehlung M.2101 wurde parallel zur Empfehlung G.828 entwickelt und berücksichtigt deren Kenngrößen und Zielwerte (einschließlich SEP). M.2101 wurde im Juni 2000 verabschiedet. Es war geplant, M.2101.1 mit der Annahme von M.2101 zurückzuziehen (daher der identische Titel). Hierüber war jedoch keine Einigung zu erzielen, weil argumentiert wurde, dass nach G.826 dimensionierte SDH-Systeme noch lange in Betrieb sein werden und ohne M.2101.1 keine Empfehlung zu deren Inbetriebnahme vorhanden wäre.

Es wurde daher beschlossen, die Empfehlung M.2101.1 zunächst neben M.2101 bestehen zu lassen. Es ist jedoch beabsichtigt, die wichtigen Kennzahlen aus M.2101.1 in einen Annex nach M.2101 zu überführen und M.2101.1 dann zu streichen. Die revidierte Fassung von M.2101 würde dann die Empfehlungen G.826 und G.828 berücksichtigen.

### 6.4 Einsatz der Empfehlungen der G- und der M-Reihe

Eine summarische Übersicht über den Einsatz der hier diskutierten Empfehlungen gibt Bild 19. Dabei wurden alle vier Empfehlungen der G-Reihe und die entsprechenden M-Empfehlungen mit einbezogen.

Bild 19:  
Anwendungsbereich  
der G- und der  
M-Empfehlungen

Recommendation	G.821	G.826	G.828	G.829	M.2100	M.2101 <sup>2)</sup>
<b>Application</b>	Long-term error performance (OOS)	Long-term error performance (ISM/OOS)	Long-term error performance (ISM/OOS)	Error event definition	BIS limits ISM/OOS (PDH)	BIS limits ISM/OOS (SDH)
<b>Monitored element</b>	N × 64 kbit/s connections	PDH/SDH/ cell-based paths	SDH paths	SDH sections	PDH paths, sections, systems	SDH paths, sections
<b>Min. Bit rate</b>	64 kbit/s	1.5 Mbit/s VC-11	VC-11	Sub-STM-0	64 kbit/s	VC-11, STM-0
<b>Max. Bit rate</b>	31(24) × 64 kbit/s	3500 Mbit/s VC-4-4c	VC-4-64c	STM-64	140 Mbit/s	VC-4-64c, STM-64
<b>Evaluation period</b>	30 days	30 days	30 days	—	24 h, 2 h, 7 days	24 h, 2 h, 7 days, (15 min)
<b>Error detection mechanism</b>	Bit error	Block error	Block error	Block error	Bit error, block error	Block error
<b>Error event</b>	ES, SES	ES, SES <sup>1)</sup> , BBE	ES, SES <sup>1)</sup> , BBE	ES, SES <sup>1)</sup> , BBE	as G.821 and G.826	as G.826, G.828, G.829

1) Stark gestörte Sekunden (*Severely Errored Seconds, SES*) werden auch aus erkannten Defekten wie z.B. *Loss of Signal (LOS)*, *Loss of Frame Alignment (LOF)*, *Alarm Indication Signal (AIS)* oder *Remote Defect Indication (RDI)* abgeleitet.

2) Die Empfehlung M.2101.1 deckt gegenwärtig noch Pfade ab, die auf G.826 basieren. Die Übernahme der entsprechenden Werte in M.2101 ist geplant.



## 6.5 Weitere Empfehlungen der M.21xx-Reihe

Neben den Empfehlungen M.2100, M.2101.1 und M.2101 gibt es eine Reihe weiterer Empfehlungen der M.21xx-Reihe, die für die Beschreibung des Fehlerverhaltens digitaler Übertragungseinrichtungen von Bedeutung sind.

### 6.5.1 Empfehlung M.2102

Die Empfehlung M.2102 mit dem Titel „Maintenance thresholds and procedures for recovery mechanisms (Protection and restoration) of international SDH VC trails (paths) and multiplex sections“ [15] beschäftigt sich mit Ersatzschaltungen für den Fehlerfall, bei nachlassender Übertragungsqualität oder für den Fall von Unterhaltungsarbeiten. Die Empfehlung definiert die Schwellen für den Übergang auf Ersatzschaltungen für SDH-VC-Pfade.

### 6.5.2 Empfehlung M.2110

Diese Empfehlung unter der Überschrift „Bringing into service of international PDH paths, sections and transmission systems and SDH paths and multiplex sections“ [16] lässt schon im Titel ihre Verwandtschaft mit den Empfehlungen M.2100 und M.2101 erkennen. M.2110 geht umfassend auf die Vorgehensweisen ein, die bei der Inbetriebnahme von Übertragungseinrichtungen zu beachten sind.

Ein wesentlicher Punkt ist dabei die Unterscheidung zwischen Messungen während und außerhalb des Betriebes. Für Messungen außerhalb des Betriebes weist die Empfehlung explizit auf die Messgeräteempfehlungen O.150 [18], O.151 [19] und O.181 [23] hin, die auch von WWG-Messgeräten abgedeckt werden. Es wird festgelegt, erste Messungen bei der Inbetriebnahme unter Verwendung der von externen Messgeräten erzeugten Quasi-Zufallsfolgen durchzuführen.

In einem ersten Schritt wird über eine Messzeit von 15 Minuten eine Messung mit Quasi-Zufallsfolgen durchgeführt, wobei Messsignale bevorzugt werden sollen, bei denen die Zufallsfolge in einem Impulsrahmen gesendet wird. Während dieser Messung muss der Prüfling verfügbar bleiben und es dürfen keine Fehler auftreten. Wird diese Bedingung nicht erfüllt, darf die Prozedur noch zweimal wiederholt werden. Treten dabei immer noch Fehler auf, sind zunächst die Fehlerursachen zu beseitigen (siehe auch Empfehlung M.2120 unten).

War der erste Schritt erfolgreich, wird in einem zweiten Schritt 24 Stunden lang gemessen. Dabei ist es möglich, Messungen im Betrieb mit realem Verkehr durchzuführen, wenn das Messobjekt über „In-Service-Messeinrichtungen (ISM)“ verfügt.

Anderenfalls sind wieder externe Messgeräte einzusetzen.

Während der Messung muss der Prüfling verfügbar bleiben. Ist dies nicht der Fall, darf die Messung einmal wiederholt werden. Tritt der Fehler erneut auf, ist

zunächst die Ursache zu suchen und zu beseitigen. Am Ende der Messzeit von 24 Stunden sind die Messergebnisse mit den Grenzwerten S1 und S2 zu vergleichen, die in der Grafik in Bild 20 dargestellt sind. Bild 20 ist eine modifizierte Version der schon oben in Bild 17 gezeigten Figur. Es ist zu erkennen, dass in Bild 20 zwischen Messungen in Betrieb und außer Betrieb unterschieden wird.

Wurden die Schritte eins und zwei mit externen Messgeräten durchgeführt, gelten folgende Bedingungen:

1. Sind die Messergebnisse für ES und SES kleiner oder gleich S1, wird der Pfad in Betrieb genommen.
2. Sind die Messergebnisse für ES oder SES (oder für beide) größer als S2, kann der Pfad nicht in Betrieb genommen werden, und die Fehlersuche und Beseitigung entsprechend Empfehlung M.2120 beginnt.
3. Liegen die Messergebnisse für ES oder SES (oder für beide) zwischen S1 und S2, kann der Pfad je nach Absprache zwischen den betroffenen Netzbetreibern entweder in Betrieb genommen werden, oder es sind weitere Messungen durchzuführen.

Wurde während des Betriebes mit ISM-Einrichtungen gemessen, sind die Bedingungen 1. und 2. wie oben. Die dritte Bedingung besagt, dass der Pfad vorläufig in Betrieb genommen werden kann, eine endgültige Aussage jedoch vom Ergebnis eines 7-Tage-Tests abhängt. Diese Verhältnisse sind in Bild 20 beschrieben.

Ein 7-Tage-Test ist nur erforderlich, wenn vorhergehende Messungen zu unbefriedigenden Ergebnissen geführt haben. Die oben als Schritt zwei erwähnte Messung über 24 Stunden kann in die 7 Tage eingerechnet werden.

### 6.5.3 Empfehlung M.2120

Die Empfehlung M.2120 trägt den Titel „PDH path, section and transmission system and SDH path and multiplex section fault detection and localization procedures“ [17]. Sie ist die vierte in der Reihe der wichtigen Empfehlungen zur Systeminbetriebnahme. M.2120 nennt die Methoden, die bei der Fehlersuche anzuwenden sind. Im Zusammenhang mit externen Messgeräten ist das Kapitel 4.1/M.2120 interessant, das sich mit „Out-of-Service-Messungen“ befasst. Ist Verkehr über das untersuchte Übertragungssystem wenigstens noch teilweise möglich, wird der Einsatz von Rahmenanalysatoren nach den Empfehlungen O.161 [20], O.162 [21] und O.163 [22] empfohlen. Ist der Verkehr vollständig unterbrochen, soll die Fehlersuche mit Quasi-Zufallsfolgen (Messgeräte nach den Empfehlungen O.150, O.151 und O.181) durchgeführt werden. Dabei werden wieder „gerahmte“ Signale bevorzugt.

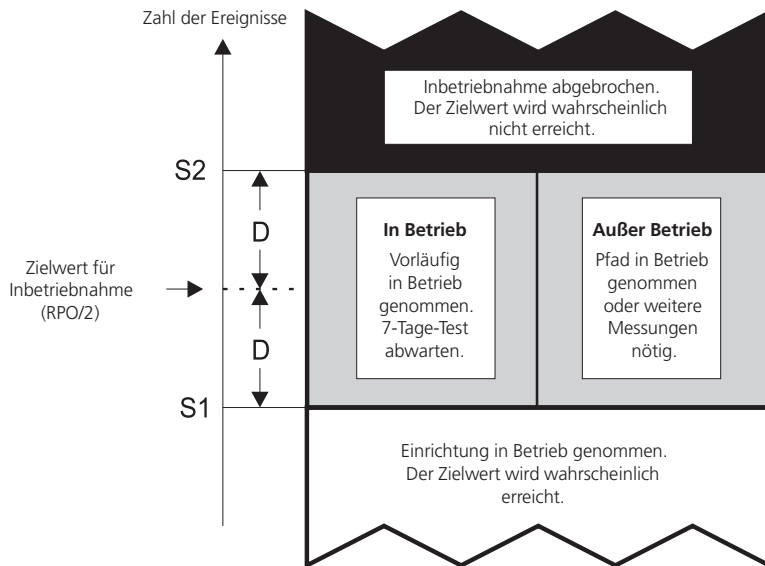


Bild 20: Zielwerte bei der Inbetriebnahme und Messbedingungen

## 6.6 Ausblick auf zukünftige M-Empfehlungen

Hier ist die M.22yy-Reihe zu nennen, die sich mit ATM-Übertragungseinrichtungen beschäftigen wird. Gegenwärtig (Juli 2000) sind folgende Empfehlungen geplant:

M.2201

*Performance objectives, allocations and limits for international ATM permanent and semi-permanent virtual path connections.*

M.2210

*Bringing-into-service procedures for ATM VPs and VCs.*

M.2220

*Maintenance procedures for ATM VPs and VCs.*

Man sieht, dass diese Reihe ähnlich strukturiert ist wie die oben beschriebene M.21xx-Reihe. Die Empfehlungen werden vergleichbare Aufgaben für den Bereich der ATM-Übertragungstechnik abdecken.

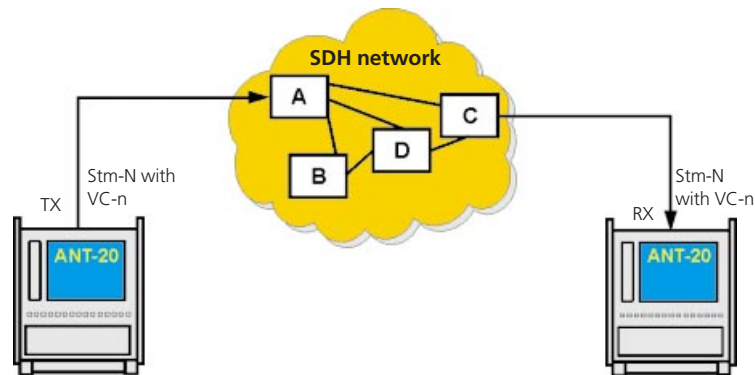


Bild 21: Out-of-Service-Messungen von A nach B mit ANT-20

## 7 Empfehlungen der I-Reihe

Im Zusammenhang mit der Übertragungsqualität digitaler Übertragungssysteme sind auch zwei Empfehlungen der I-Reihe zu erwähnen:

I.356 – B-ISDN ATM layer cell transfer performance [8].

I.610 – B-ISDN operation and maintenance principles and functions [10].

Beide Empfehlungen betreffen die ATM-Schicht und gehen damit über den Rahmen dieser Arbeit hinaus, die sich mit der physikalischen Schicht beschäftigt. Die Empfehlungen sind jedoch auch für die Messtechnik wichtig, weil sich die Empfehlung O.191 für ATM-Messgeräte [24] stark auf I.356 und I.610 abstützt.

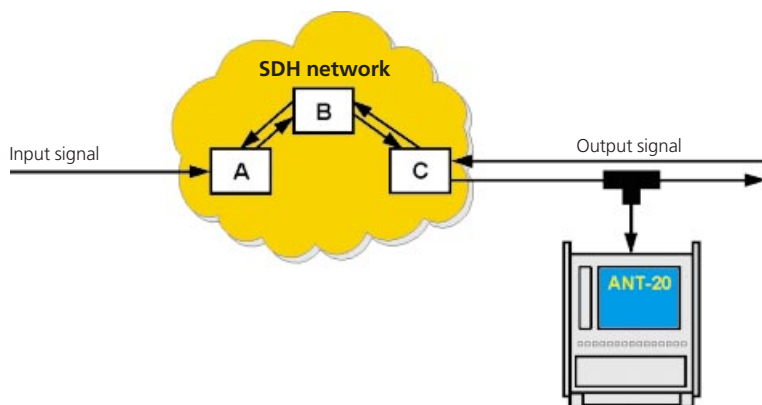


Bild 22: In-Service-Messungen am fernen Ende (C nach A) unter Auswertung von RDI (Remote Defect Indication).

## 8 Literatur

- [1] ITU-T Recommendation G.703 – *Physical/electrical characteristics of hierarchical digital interfaces*
- [2] ITU-T Recommendation G.707 – *Network node interface for the synchronous digital hierarchy (SDH)*
- [3] ITU-T Recommendation G.783 – *Characteristics of synchronous digital hierarchy (SDH) equipment functional blocks*
- [4] ITU-T Recommendation G.821 – *Error performance of an international digital connection operating at a bit rate below the primary rate and forming part of an integrated services digital network*
- [5] ITU-T Recommendation G.826 – *Error performance parameters and objectives for international, constant bit rate digital paths at or above the primary rate*
- [6] ITU-T Recommendation G.828 – *Error performance parameters and objectives for international, constant bit rate synchronous digital paths*
- [7] ITU-T Recommendation G.829 – *Error performance events for SDH multiplex and regenerator sections*
- [8] ITU-T Recommendation I.356 – *B-ISDN ATM cell transfer performance*
- [9] ITU-T Recommendation I.432 – *B-ISDN User-Network Interface – Physical layer specification*
- [10] ITU-T Recommendation I.610 – *B-ISDN operation and maintenance principles and functions*
- [11] ITU-T Recommendation M.60 – *Maintenance terminology and definitions*
- [12] ITU-T Recommendation M.2100 – *Performance limits for bringing-into-service and maintenance of international PDH paths, sections and transmission systems*
- [13] ITU-T Recommendation M.2101.1 – *Performance limits for bringing-into-service and maintenance of international SDH paths and multiplex sections*
- [14] ITU-T Recommendation M.2101 – *Performance limits for bringing-into-service and maintenance of international SDH paths and multiplex sections*
- [15] ITU-T Recommendation M.2102 – *Maintenance thresholds and procedures for recovery mechanisms (Protection and restoration) of international SDH VC trails (paths) and multiplex sections*
- [16] ITU-T Recommendation M.2110 – *Bringing-into-service of international PDH paths, sections and transmission systems and SDH paths and multiplex sections*
- [17] ITU-T Recommendation M.2120 – *PDH path, section and transmission system and SDH path and multiplex section fault detection and localization procedures*
- [18] ITU-T Recommendation O.150 – *General requirements for instrumentation for performance measurements on digital transmission equipment*
- [19] ITU-T Recommendation O.151 – *Error performance measuring equipment operating at the primary rate and above*
- [20] ITU-T Recommendation O.161 – *In-service code violation monitors for digital systems*
- [21] ITU-T Recommendation O.162 – *Equipment to perform in-service monitoring on 2 048, 8 448, 34 368 and 139 264 kbit/s signals*
- [22] ITU-T Recommendation O.163 – *Equipment to perform in-service monitoring on 1 544 kbit/s signals*
- [23] ITU-T Recommendation O.181 – *Equipment to assess error performance on STM-N interfaces*
- [24] ITU-T Recommendation O.191 – *Equipment to measure the cell transfer performance of ATM connections*

# Wavetek Wandel Goltermann

## Deutschland

Wavetek Wandel Goltermann  
GmbH & Co. Vertriebsgesellschaft  
Postfach 11 55  
72794 Eningen u.A.  
Tel. (0 71 21) 86 22 22  
Fax (0 71 21) 86 12 22  
E-mail:  
sales.germany@wwgsolutions.com

## Schweiz

Wavetek Wandel Goltermann  
Schweiz AG  
Postfach 779  
Morgenstrasse 83  
3018 Bern 18  
Tel. 031-996 44 11  
Fax 031-996 44 22  
E-mail:  
sales.switzerland@wwgsolutions.com

## Österreich

### GUS, Osteuropa, Nahe Osten, Afrika

Wavetek Wandel Goltermann  
Austria GmbH  
Postfach 13  
Elisabethstrasse 36  
2500 Baden  
Österreich  
Tel. (0 22 52) 85 52 10  
Fax (0 22 52) 8 07 27  
E-mail: austria@wwgsolutions.com

## Weltweit

Wavetek Wandel Goltermann  
Eningen GmbH & Co.  
Internationales Marketing  
Postfach 12 62  
72795 Eningen u.A.  
Deutschland  
Tel. +49 (0) 7121-86 16 16  
Fax +49 (0) 7121-86 13 33  
E-mail: info@wwgsolutions.com  
<http://www.wwgsolutions.com>



**WAVETEK  
WANDEL  
GOLTERMANN**  
Communications Test Solutions

Änderungen vorbehalten –  
Bestell-Nr. TP/EN/AN62/0600/GE – Printed in Germany