

Tandem Connection Monitoring: Grundlagen, Funktion, Testlösungen

Application Note 73



ANT-20-Applikation
Qualifizierung eines
TCM-Streckenabschnitts

Dank:

Der Firma Lucent Technologies, die durch technische Beiträge und Bereitstellung ihres Testlabors sehr zum Gelingen dieser Publikation beigetragen hat, sei an dieser Stelle besonders gedankt.

Der ANT-20 Advanced Network Tester ist ein für den mobilen Einsatz konzipierter Analysator für digitale Übertragungssysteme. Durch sein modulares Konzept werden die neuesten Testanforderungen im Bereich SDH-, SONET- und ATM-Transportnetze und -Netzelemente abgedeckt.



Inhalt

1	Einleitung	3
2	Fehlerprüfung in SDH-Netzen	3
2.1	Hierarchische Fehlerprüfung mit den Parity-Bytes B1, B2, B3 und V5	3
2.2	Bildung der Parity-Bytes	4
2.3	Parity-Prüfung	5
3	TCM – wie funktioniert es?	5
3.1	VC-n-Pfad ohne TCM-Abschnitt	5
3.2	VC-n-Pfad mit TCM-Abschnitt	5
3.3	Prinzipielle Funktion des TCM	6
3.4	Der Fall N1-Byte	6
3.4.1	Bitfehler außerhalb des TCM-Abschnitts	6
3.4.2	Bitfehler innerhalb des TCM-Abschnitts	6
3.4.3	Bitfehler innerhalb und außerhalb des TCM-Abschnitts	8
3.5	N2-Byte: Bleibt alles anders?	9
4	Qualifizierung eines TCM-Abschnitts	10
4.1	N-Byte-Transparenz	10
4.2	TC-APId-Transparenztest	10
4.3	B3-Fehler innerhalb des TCM-Abschnitts	10
4.4	IEC-Fehler-Simulation	11
4.5	TC-AIS-Funktionstest	11
4.6	Streckentest	11
5	Technischer Anhang	12
5.1	Struktur und Rahmenaufbau des N1-Byte	12
5.1.1	Struktur des N1-Byte	12
5.1.2	TCM-Rahmenaufbau des N1-Byte	12
5.1.3	Bedingung für TCM-unequipped	13
5.1.4	Graphische Darstellung der Zusammenhänge im N1-Byte	13
5.2	N2-Byte: Struktur und Rahmenaufbau	14
5.2.1	Struktur des N2-Byte	14
5.2.2	Mehrfachrahmen des VC-11, VC-12 und VC-2	14
5.2.3	TCM-Rahmenaufbau des N2-Byte	15
5.2.4	Graphische Darstellung der Zusammenhänge im N2-Byte	16
5.3	B3- bzw. V5-Kompensation	16
	Normen	17
	Abkürzungen	17

Impressum

Autor: Martin Heinzelmann

Herausgeber:
Wavetek Wandel Goltermann
Eningen GmbH & Co.
Mühleweg 5
72800 Eningen u. A.
Germany

Änderungen vorbehalten
Bestell-Nr. TP/EN/AN73/0500/GE
Printed in Germany ©

1 Einleitung

Im Zuge der globalen Liberalisierung der Telekommunikationsmärkte schießen viele neue Netzbetreiber wie Pilze aus dem Boden. Im ersten Schritt werden dabei hochbitratige, städteübergreifende Ringstrukturen aufgebaut, die den überregionalen Transport von Information realisieren. Die „letzte Meile“ zum End-Kunden wird dabei oft durch einen regional arbeitenden City-Netz-Betreiber oder durch einen größeren Netzbetreiber zur Verfügung gestellt.

Ebenfalls kann es für kleinere Netzbetreiber wirtschaftlicher sein, Netzressourcen bei größeren Netzbetreibern zu mieten, als eigene Strukturen aufzubauen. Das bedeutet, dass komplette SDH-Pfade über Netze verschiedener Betreiber geroutet werden.

Im fehlerfreien Betrieb stellt dies kein Problem dar. Was passiert aber, wenn Störungen auftreten?

Eine vertraglich garantierte Verfügbarkeit der Übertragungsstrecke setzt voraus, dass Fehler innerhalb eines bestimmten Zeitraumes behoben werden. Dazu muss man aber wissen, in welchem Abschnitt oder in welchem Teilnetz sich der Fehler befindet. Und überhaupt: Wer haftet bei eventuellen Schadensersatzforderungen des Kunden?

In synchronen Übertragungssystemen sind diese Aspekte berücksichtigt. Die Lösung heißt Tandem Connection Monitoring (TCM).

Bevor jedoch auf die grundsätzliche Funktion des TCM eingegangen wird, soll zuvor noch kurz die Grundlage für TCM, die so genannte hierarchische Fehlerüberprüfung mit den Parity-Bytes, angesprochen werden.

2 Fehlerüberprüfung in SDH-Netzen

2.1 Hierarchische Fehlerüberprüfung mit den Parity-Bytes B1, B2, B3 und V5

SDH-Systeme bieten im Vergleich zu PDH-Systemen eine vereinfachte Möglichkeit zur Fehlerüberwachung während des Betriebes. Mit Hilfe der Parity-Bytes B1 bis B3 bzw. V5 lassen sich auftretende Bitfehler eindeutig einem Streckenabschnitt zuordnen, wodurch sich die Fehlerquelle leicht eingrenzen lässt. In der SDH wird das Verfahren der bitverschachtelten Parität (Bit Interleaved Parity, BIP) verwendet (siehe Abschnitt 2.2).

Bild 1 zeigt die Überwachungsabschnitte der Paritätsüberwachung. Daraus wird ersichtlich, für welchen jeweiligen Streckenabschnitt die Parity-Bytes generiert und geprüft werden. Die Länge der Parity-Bytes wird von der jeweiligen Position im SDH-Rahmen bestimmt.

Tabelle 1 beschreibt die Zuordnung der Bytes zum Overhead und deren Länge. Dabei gibt die Zahl hinter dem Bindestrich die jeweilige Anzahl der Bits an, z. B.: BIP-2 (2 Bit lang), BIP-8 (8 Bit lang).

Bild 2 auf der nächsten Seite zeigt nochmals, welcher Anteil des SDH-Rahmens durch das jeweils zugehörige Parity-Byte ausgewertet wird.

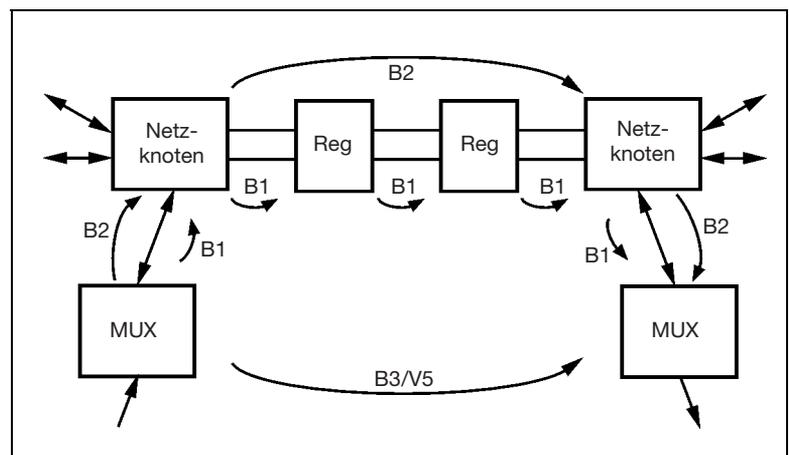
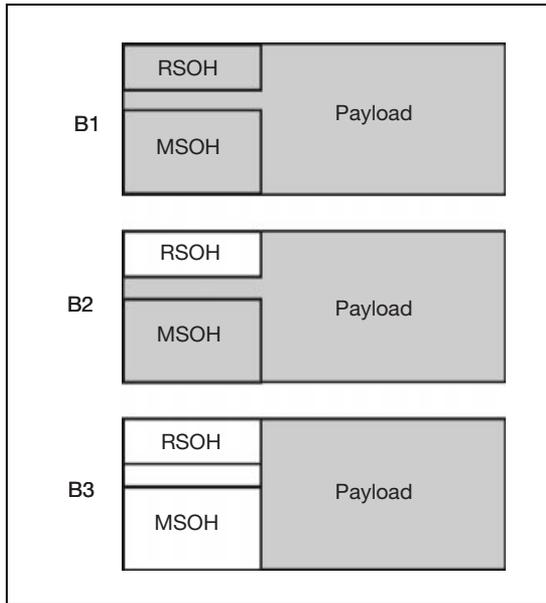


Bild 1: Hierarchische Fehlerüberprüfung

Byte	an Position	überwacht	mittels	den
B1	RSOH	Reg.-Abschnitt	BIP-8	STM-n
B2	MSOH	MUX-Abschnitt	BIP-24	STM-1
B3	POH	gesamte Strecke	BIP-8	VC-3/VC-4
V5	POH	gesamte Strecke	BIP-2	VC-11/VC-12/VC-2

Tabelle 1: Zuordnung der Parity-Bytes



- B1 (8 Bit) dient der Paritätsauswertung über den gesamten STM-1-Rahmen (Regenerator-Abschnitt)
- B2 (N x 24 Bit) dient der Paritätsauswertung ohne Regenerator-SOH (Multiplex-Abschnitt)
- B3 (8 Bit) – hier am Beispiel eines VC-4 – dient der Paritätsauswertung über die gesamte Übertragungsstrecke (Pfad)

Bild 2: Qualitätsüberwachung mit den Parity-Bytes B1, B2, B3

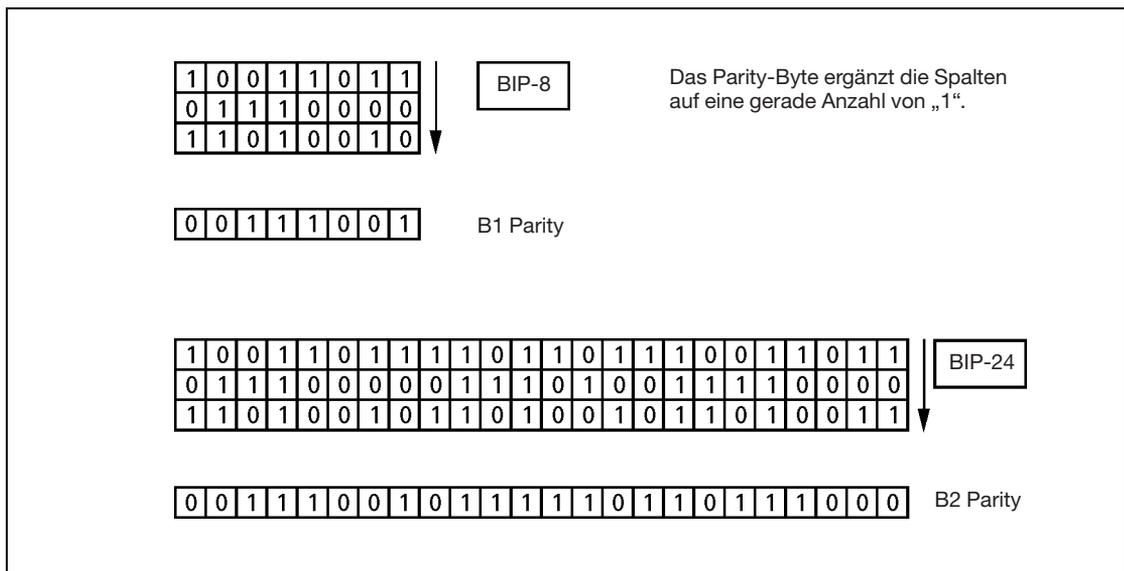
2.2 Bildung der Parity-Bytes

Wie bereits erwähnt, wird zur Bildung der Parity-Bytes in der SDH das Verfahren der bitverschachtelten Parität (Bit Interleaved Parity, BIP) angewendet. Dabei wird die Payload, hier am Beispiel eines VC-4-Containers, zeilenweise mit einer Spaltenbreite von 8 Bit (BIP-8) angeordnet. Anschließend erfolgt die Ergänzung jeder Spalte auf eine gerade Anzahl von Einsen durch das Parity-Byte (**Bild 3**).

Die Grenze dieser Methode ist erreicht, wenn bei erhöhter Fehlerzahl in einer Spalte mehrere Fehler auftreten. Geradzahlige Fehler heben sich dann in ihrer Wirkung auf.

Treten nun auf dem Übertragsabschnitt Bitfehler auf, so stimmt das Parity-Byte mit dem gebildeten Block nicht mehr überein und die aufgetretenen Bitfehler werden bei der Terminierung des Pfades erkannt.

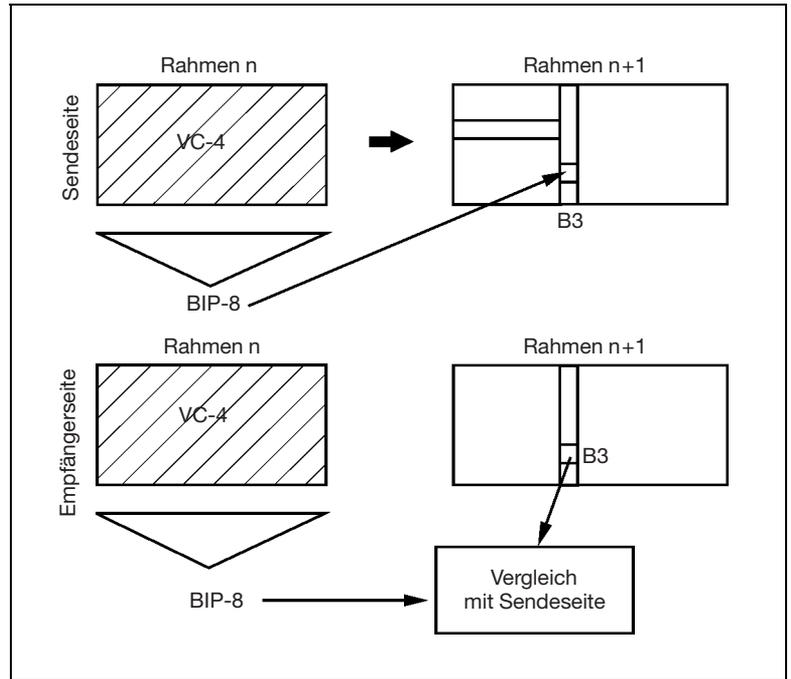
Bild 3: Bildung des Parity-Bytes



2.3 Parity-Prüfung

Nachdem auf der Sendeseite für den VC im Rahmen n die Paritätsbildung durchgeführt wurde, wird das zugehörige Parity-Byte berechnet. Es wird anschließend in den Rahmen n+1 eingefügt und zur Empfangsstelle übermittelt. Auf der Empfangsseite findet ebenfalls für den im Rahmen n empfangenen VC eine Paritätsbildung mit anschließendem Vergleich mit dem Parity-Byte im Rahmen n+1 statt. Bei einer Übereinstimmung des durch das Netzelement nachberechneten BIP-8-Wertes mit dem empfangenen BIP-8-Wert im B3-Byte ist keine Signalverschlechterung im beobachteten Streckenabschnitt entstanden. Aufgetretene Bitfehler werden über die Anzahl der unterschiedlichen Bits im BIP-8 ausgewertet. Der zeitliche Ablauf ist in **Bild 4** noch einmal dargestellt.

Bild 4: Parity-Prüfung am Beispiel eines VC-4-Containers



3 TCM – wie funktioniert es?

3.1 VC-n-Pfad ohne TCM-Abschnitt

In einer VC-n-Verbindung wird mit Hilfe des B3-Byte (HP) bzw. V5-Byte (LP) eine Fehlerüberprüfung über die gesamte Übertragungsstrecke durchgeführt (**Bild 5**). Treten dabei Fehler auf, werden diese am Empfänger erkannt und ausgewertet. Wird jedoch ein Teil der gesamten Strecke über das Netz eines zweiten Betreibers geführt, ist es nicht möglich festzustellen, wer für die aufgetretenen Fehler verantwortlich ist. Eine schnelle Beseitigung des Fehlers ist somit ausgeschlossen.

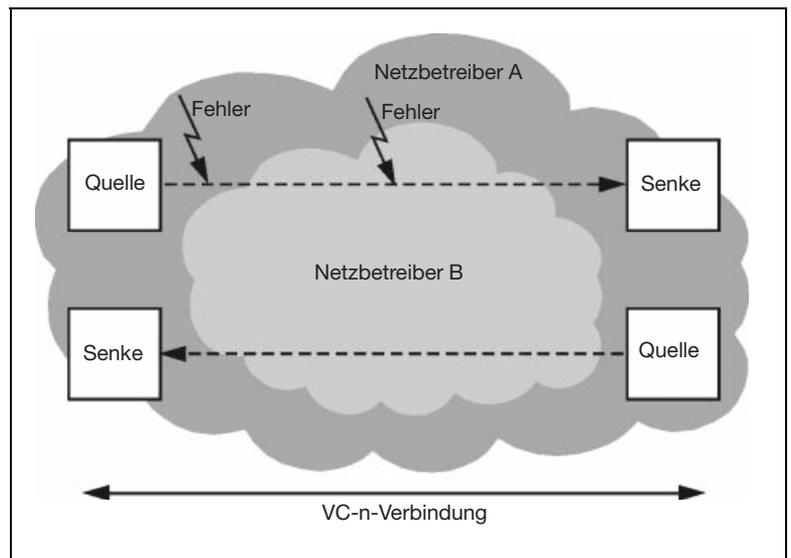


Bild 5: VC-n-Pfad ohne TCM-Abschnitt

3.2 VC-n-Pfad mit TCM-Abschnitt

Konnte bisher nicht festgestellt werden, in welchem Teilnetz die Fehler aufgetreten sind, so lässt sich jetzt mit Hilfe des TCM-Abschnitts genau erkennen, von welchem Betreiber welche Fehler verursacht wurden (**Bild 6**).

Dabei ist die Fehlererkennung nicht nur auf Bitfehler begrenzt. Ein ankommendes AIS oder ein ungültiger VC-n können ebenso erkannt und signalisiert werden. Die erfassten Daten aus dem TCM-Abschnitt werden dem Netzwerk-Management (TMN) zur Verfügung gestellt und können dort für eine Qualitätsanalyse verwendet werden.

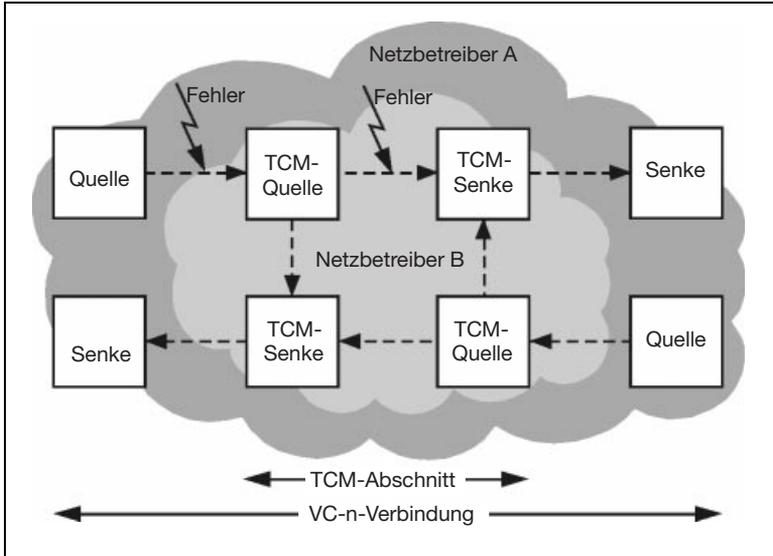


Bild 6: VC-n-Pfad mit TCM-Abschnitt

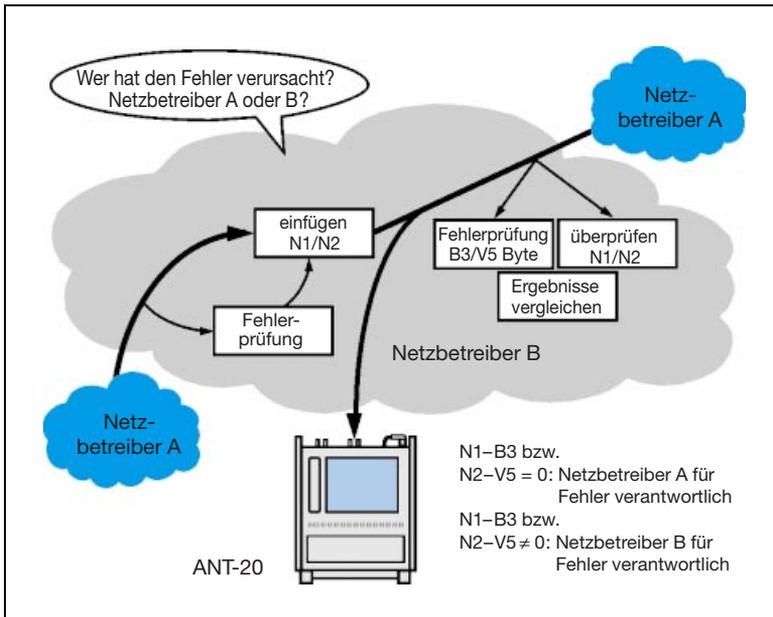


Bild 7: Wer hat die aufgetretenen Fehler verursacht ?

3.3 Prinzipielle Funktion des TCM

Damit eine Fehlerprüfung im TCM-Abschnitt stattfinden kann, muss zunächst der Zustand des VC-n-Pfads am Netzübergang von Betreiber A zum Betreiber B festgestellt werden (Bild 7). Dies wird durch einen Vergleich des ankommenden Parity-Byte mit dem Wert des im Netzelement nachberechneten Parity-Byte durchgeführt. Das Ergebnis des Vergleichs wird anschließend in einem gesonderten Byte an das Ende des TCM-Abschnitts am Netzübergang von Betreiber B zum Betreiber A übermittelt. Abhängig von der Containergröße werden die Ergebnisse im N1-Byte für die Container VC-4 und VC-3 und im N2-Byte für die Container VC-2, VC-11 bzw. VC-12 transportiert. Am Ende

des TCM-Abschnitts erfolgt nochmals eine Überprüfung des Parity-Byte mit anschließendem Vergleich des Inhalts von N1 bzw. N2. Ist dabei die Differenz gleich Null, so ist der Netzbetreiber A für die aufgetretenen Fehler verantwortlich. Liegt eine Differenz ungleich Null vor, sind im Netz des Betreibers B möglicherweise zusätzliche Fehler entstanden. Neben der Fehlerüberwachung werden die N1- bzw. N2-Bytes sowohl für das TCM-Alarm- und Event-Handling als auch für die Identifikation der korrekten Verbindung mit Hilfe des Trace Identifier verwendet.

3.4 Der Fall N1-Byte!

Die Funktion des N1-Byte für Alarm-, Fehler- und Event-Handling in VC-3 und VC-4 wird aus den drei nachfolgenden Fallstudien deutlich. Mit Hilfe des ANT-20 ist es dabei möglich, innerhalb und außerhalb des TCM-Abschnitts auftretende Bitfehler gleichzeitig zu messen, getrennt zu bewerten und zu protokollieren.

3.4.1 Auftretende Bitfehler außerhalb des TCM-Abschnitts

(Vergleiche hierzu Bild 8). Das am Netzelement 2 (NE2) ankommende Signal wird auf Bitfehler überprüft, indem der Wert des ankommenden B3-Byte (von NE1) mit dem im NE2 nachberechneten BIP-8 verglichen wird. Da auf der Teilstrecke Bitfehler aufgetreten sind, sind die Werte der beiden Bytes unterschiedlich. Die Differenz wird als IEC (Incoming Error Count) im N1-Byte zum NE n übertragen. Die Änderung des Inhalts von N1 erfordert eine anschließende Kompensation des ankommenden B3-Byte im NE2. Am Ende des TCM-Abschnitts (NE n) erfolgt nochmals eine Neuberechnung des BIP-8-Wertes. BIP-8 und ankommendes B3 werden wiederum verglichen. Da sich die Werte bedingt durch die aufgetretenen Bitfehler zwischen NE1 und NE2 unterscheiden, wird in Rückwärtsrichtung im N1-Byte das OEI-Bit (Outgoing Error Indication) für die Anomalie gesetzt, welches von NE2 ausgewertet wird. Anschließend erfolgt der Vergleich zwischen berechnetem BIP-8 und dem Wert aus dem IEC. Beide Werte sind gleich, da innerhalb des TCM-Abschnitts keine zusätzlichen Bitfehler entstanden sind. Das N1-Byte wird außerhalb des TCM-Abschnitts wieder auf Standard „0“ gesetzt und B3 neu kompensiert. Das am NE n+1 ankommende B3-Byte wird nochmals mit dem berechneten BIP-8 verglichen. Durch die im Streckenabschnitt zwischen NE1 und NE2 aufgetretenen Bitfehler sind beide Werte unterschiedlich. Die aufgetretene B3-Fehlerzahl wird im G1-Byte des POH (HP-REI) zur Auswertung an das NE1 zurückgemeldet.

3.4.2 Auftretende Bitfehler innerhalb des TCM-Abschnitts

(Vergleiche hierzu Bild 9). Das vom NE1 ankommende B3-Byte wird mit dem im NE2 berechneten BIP-8-Wert verglichen. Da im Teilabschnitt zwischen NE1 und NE2 keine Bitfehler aufgetreten sind, sind beide Werte gleich. In dem zum NE n gesendeten N1-Byte wird der Wert für den IEC auf

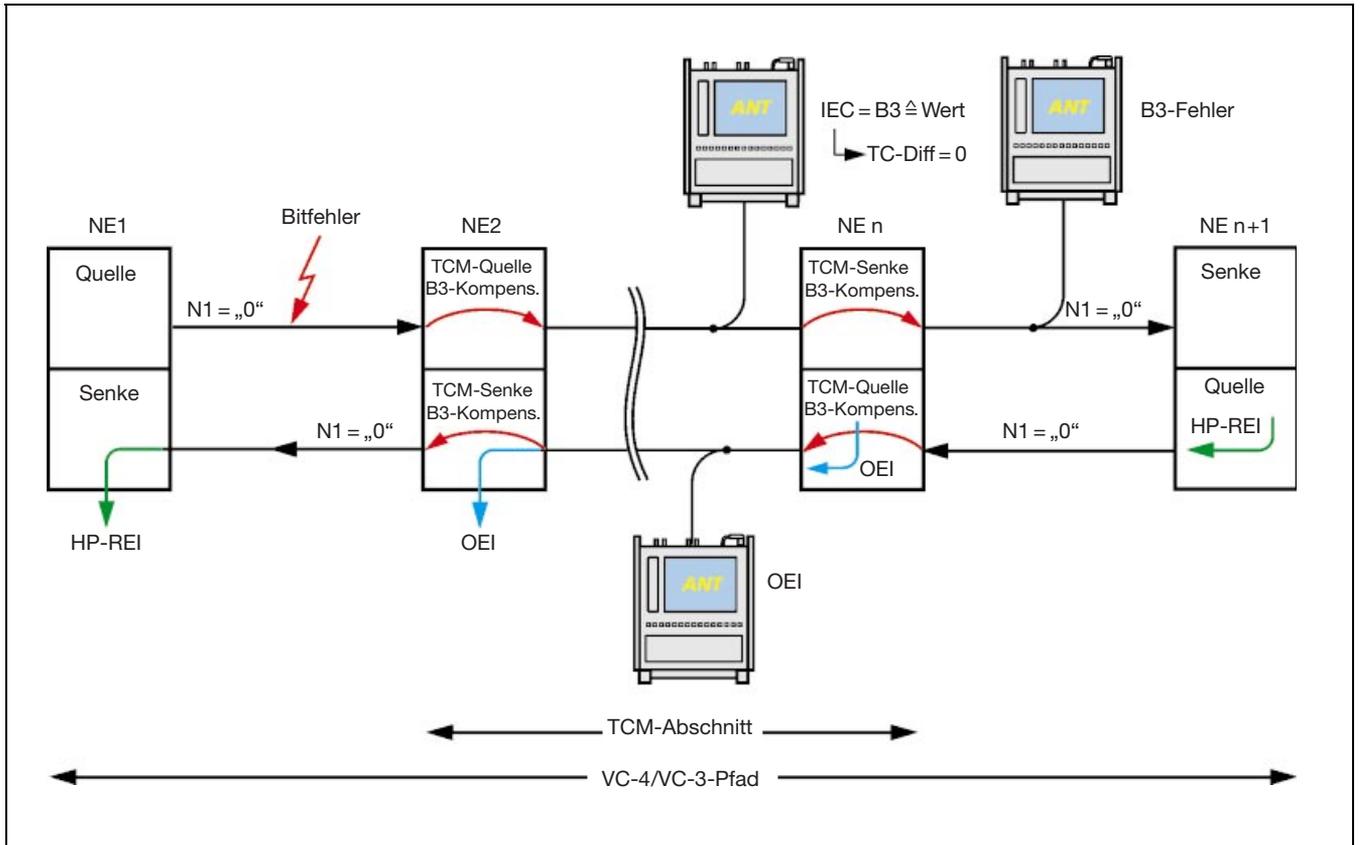


Bild 8: VC-4/VC-3-Pfad mit Bitfehler außerhalb des TCM-Abschnitts

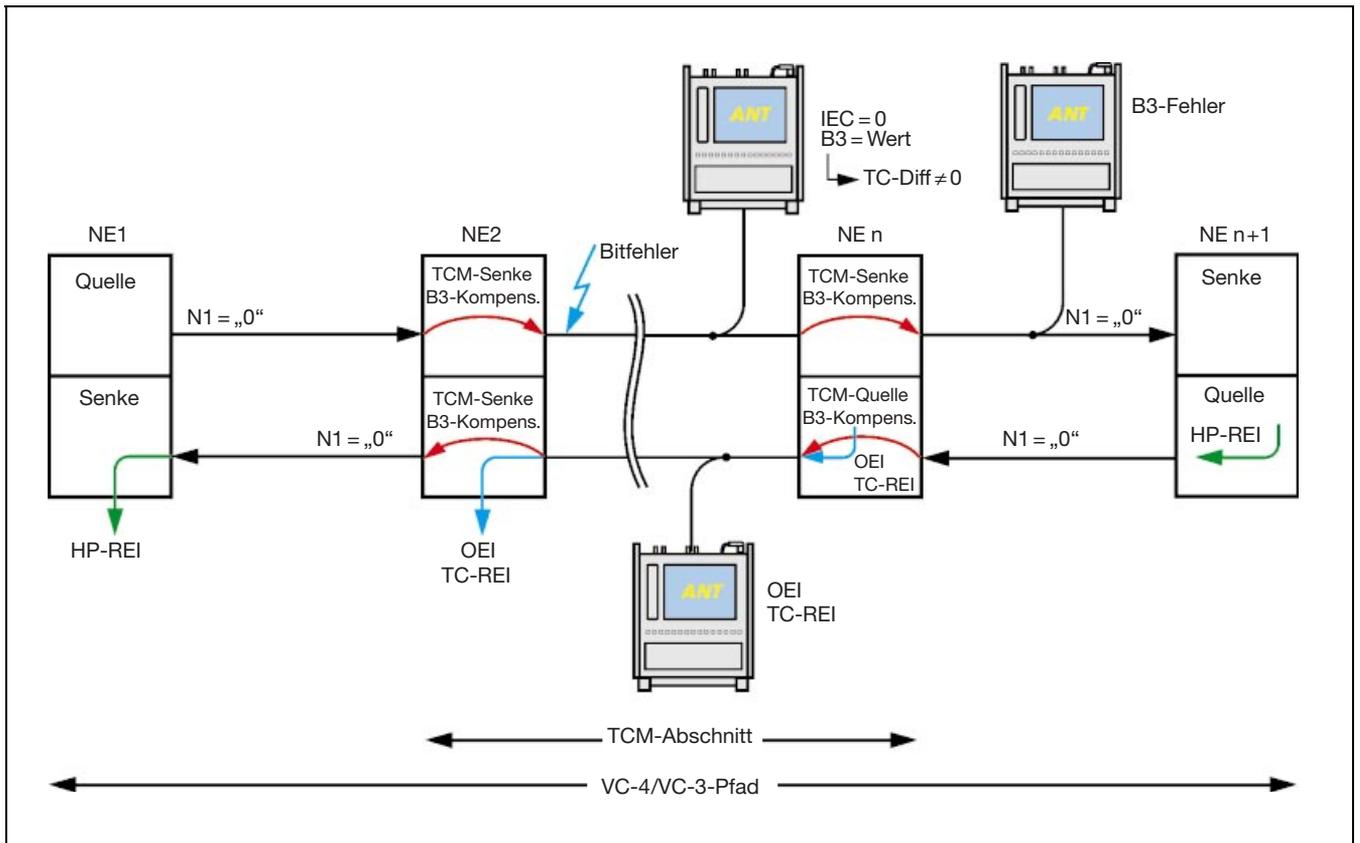


Bild 9: VC-4/VC-3-Pfad mit Bitfehlern innerhalb des TCM-Abschnitts

Null gesetzt und anschließend das B3 kompensiert. Am Ende des TCM-Abschnitts (NE n) wird das ankommende B3 mit dem im NE n berechneten BIP-8-Wert verglichen. Da aber innerhalb des TCM-Abschnitts Bitfehler aufgetreten sind, sind beide Werte unterschiedlich und in Rückwärtsrichtung zum NE2 wird im N1-Byte das Bit für die Anomalie OEI gesetzt. Nun wird der berechnete Wert für BIP-8 mit dem Wert des IEC verglichen. Da diese Werte ebenfalls unterschiedlich sind, bedingt durch die Bitfehler innerhalb des TCM-Abschnitts, wird zusätzlich in Rückwärtsrichtung das Bit für die Anomalie TC-REI im N1-Byte gesetzt. Beide Anomalien (OEI und TC-REI) werden wiederum vom NE2 ausgewertet. Mit Hilfe des TC-REI in Rückwärtsrichtung lässt sich somit eine einfache Aussage machen, dass innerhalb des TCM-Abschnitts Bitfehler aufgetreten sind. Das N1-Byte wird außerhalb des TCM-Abschnitts wieder auf Standard „0“ gesetzt und B3 neu kompensiert. Das am NE n+1 ankommende B3-Byte wird nochmals mit dem berechneten BIP-8 verglichen. Durch die im Streckenabschnitt zwischen NE2 und NE n aufgetretenen Bitfehler sind beide Werte unterschiedlich. Die aufgetretene B3-Fehlerzahl wird im G1-Byte des POH (HP-REI) zur Auswertung an das NE1 zurückgemeldet.

sind beide Werte unterschiedlich (z. B. drei BIP-8-Fehler). Im N1-Byte des NE n wird der Wert für den IEC auf drei gesetzt und anschließend das B3 kompensiert. Am Ende des TCM-Abschnitts (NE n) wird das ankommende B3 mit dem im NE n berechneten BIP-8 (3 BIP-8-Fehler zwischen NE1 und NE2 + 4 weitere BIP-8-Fehler zwischen NE2 und NE n = 7 BIP-8-Fehler) verglichen.

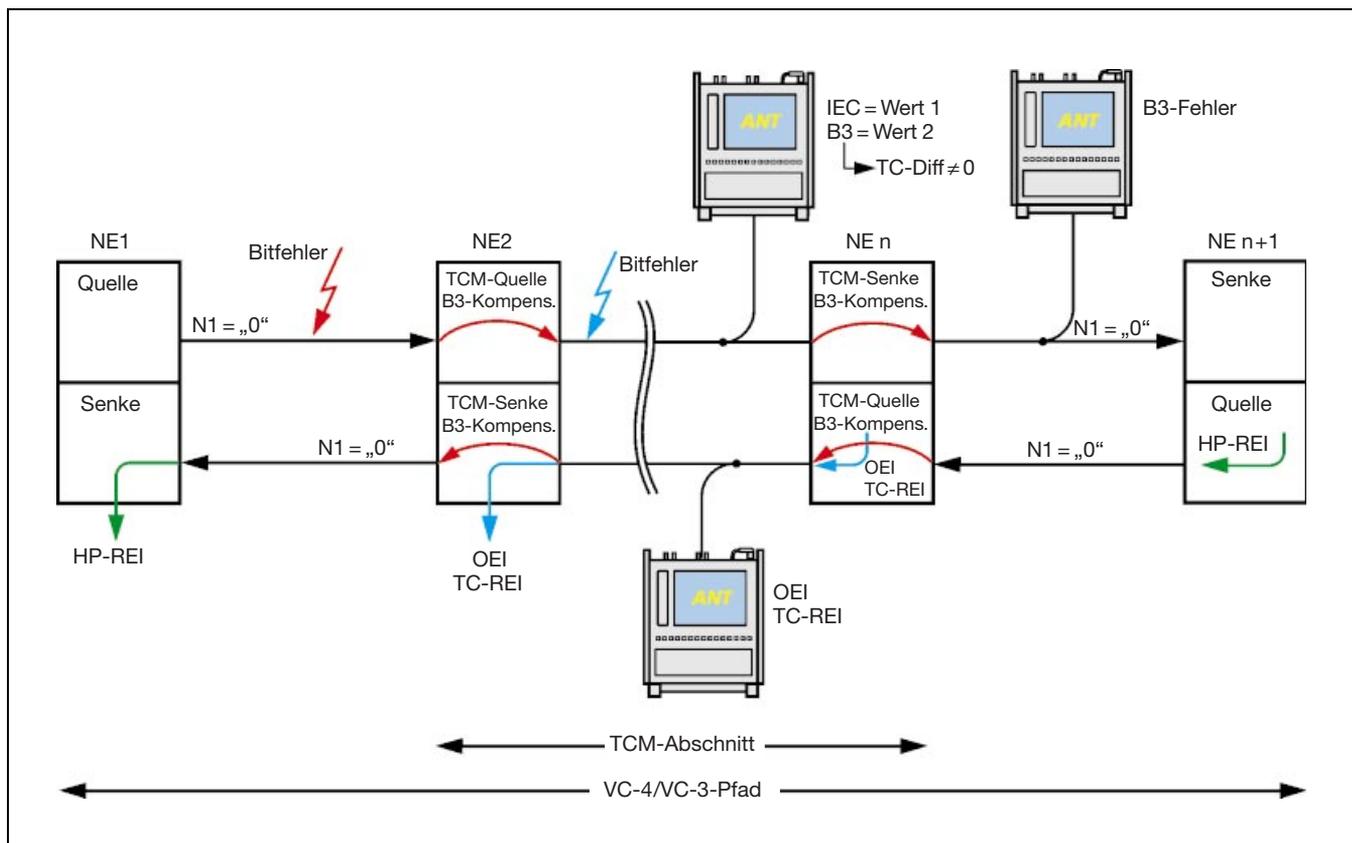
Da das berechnete BIP-8 und das empfangene B3-Byte (von NE2) unterschiedlich sind, wird in Rückwärtsrichtung zu NE2 die Anomalie OEI im N1 eingeblendet. Anschließend wird der berechnete Wert des BIP-8 (7 Fehler) mit dem Wert des IEC (3 Fehler) verglichen. Die Differenz von 4 Fehlern muss somit auf dem TCM-Abschnitt zusätzlich entstanden sein und wird durch das Netzmanagement ausgewertet. Da auch BIP-8 und IEC unterschiedlich sind, wird zusätzlich in Rückwärtsrichtung zu NE2 die Anomalie TC-REI eingeblendet. Beide Anomalien (OEI und TC-REI) werden vom NE2 ausgewertet.

Das N1-Byte wird außerhalb des TCM-Abschnitts wieder auf Standard „0“ gesetzt und B3 neu kompensiert. Das am NE n+1 ankommende B3-Byte wird nochmals mit dem berechneten BIP-8 verglichen. Durch die in den Streckenabschnitten NE1/NE2 und NE2/NE n aufgetretenen Bitfehler sind beide Werte unterschiedlich. Die aufgetretene B3-Fehlerzahl wird im G1-Byte des POH (HP-REI) zur Auswertung an das NE1 zurückgemeldet.

3.4.3. Auftretende Bitfehler innerhalb und außerhalb des TCM-Abschnitts

(Vergleiche hierzu **Bild 10**). Das ankommende B3-Byte von NE1 wird mit dem im NE2 berechneten Wert des BIP-8 verglichen. Da im Teilabschnitt zwischen NE1 und NE2 Bitfehler aufgetreten sind,

Bild 10: VC-4/VC-3-Pfad mit Bitfehler innerhalb und außerhalb des TCM-Abschnitts



3.5 N2-Byte: Bleibt alles anders?

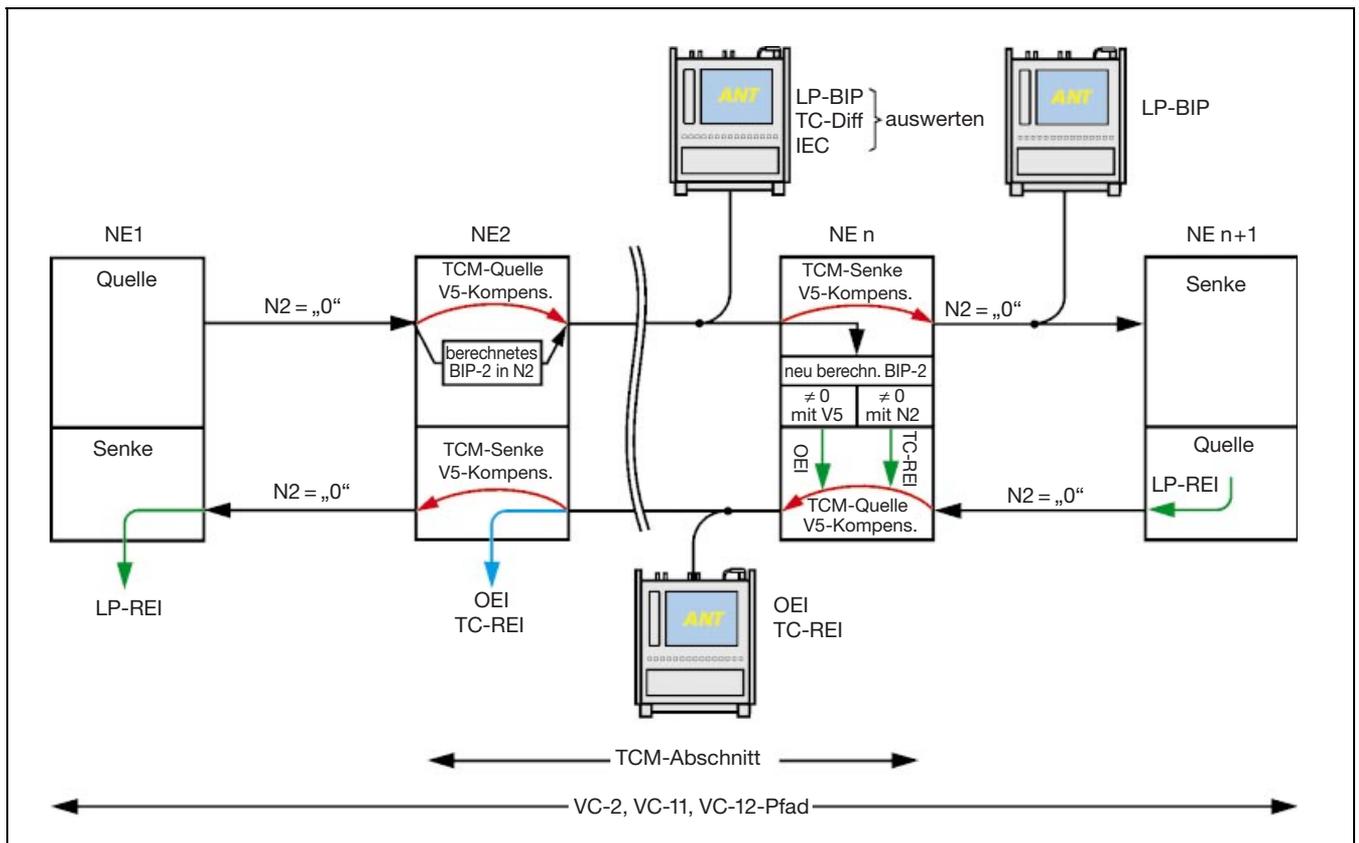
Ebenso wie für die TCM-Funktionalität im VC-3 und VC-4 das N1-Byte verwendet wird, wird für die Container C-2, C-11 und C-12 das N2-Byte verwendet. Alarm- und Event-Handling sowie die Identifikation des Trace Identifier werden bei beiden Bytes gleich, lediglich die Übertragung der auf dem TCM-Abschnitt auftretenden Fehler werden unterschiedlich behandelt (**Bild 11**).

Für das am NE2 ankommende Signal von NE1 wird der Wert des BIP-2 berechnet, der anschließend in das N2-Byte eingefügt wird. Das ankommende V5-Byte von NE1 wird im NE2 kompensiert, da sich der Wert des N2-Byte durch das eingefügte BIP-2 und den Trace Identifier verändert hat. Am Ende des TCM-Abschnitts wird im NE n der Wert des ankommenden V5-Byte und der BIP-2-Wert des N2-Byte mit dem nachberechneten Wert des BIP-2 verglichen. Bei unterschiedlichen Werten zwischen V5 und nachberechnetem BIP-2 sind auf der Strecke von NE1 nach NE n Bitfehler aufgetreten und in Rückwärtsrichtung zum NE2 ist die Anomalie OEI eingefügt worden. Noch ist keine Aussage möglich, ob die aufgetretenen Bitfehler innerhalb oder außerhalb des TCM-Abschnitts entstanden sind.

Stimmen die Werte des BIP-2 im N2-Byte und des berechneten BIP-2 im NE n überein, sind die Bitfehler außerhalb des TCM-Abschnitts entstanden. Sind die Werte jedoch unterschiedlich, sind noch zusätzliche Bitfehler im TCM-Abschnitt aufgetreten und in Rückwärtsrichtung zum NE2 wird zusätzlich die Anomalie TC-REI eingeblendet.

OEI und TC-REI werden vom NE2 ausgewertet. Am NE n wird in Richtung NE n+1 das N2-Byte auf „0“ gesetzt und V5 wieder kompensiert. Das am NE n+1 ankommende V5-Byte wird mit dem im NE n+1 berechneten Wert des BIP-2 verglichen. Bei unterschiedlichen Werten wird in Rückwärtsrichtung die Anomalie LP-REI im POH eingeblendet, die vom NE1 ausgewertet wird.

Bild 11: VC-2, VC-11, VC-12-Abschnitt



4 Qualifizierung eines TCM-Abschnitts

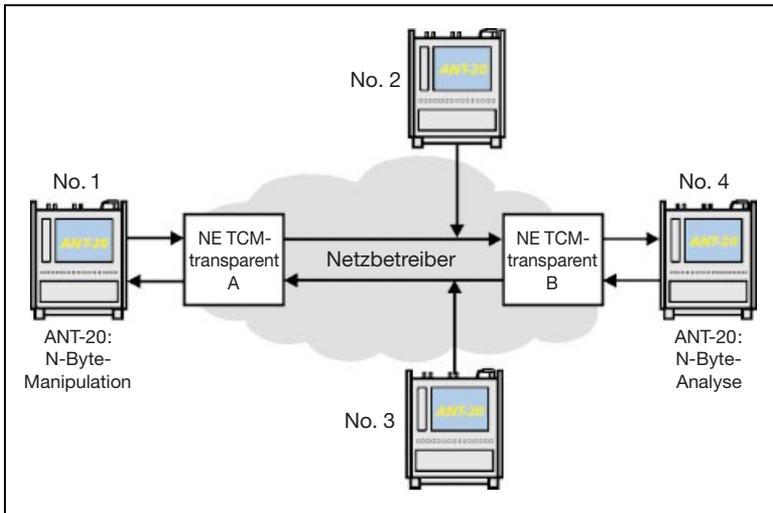


Bild 12: N-Byte-Transparenztest

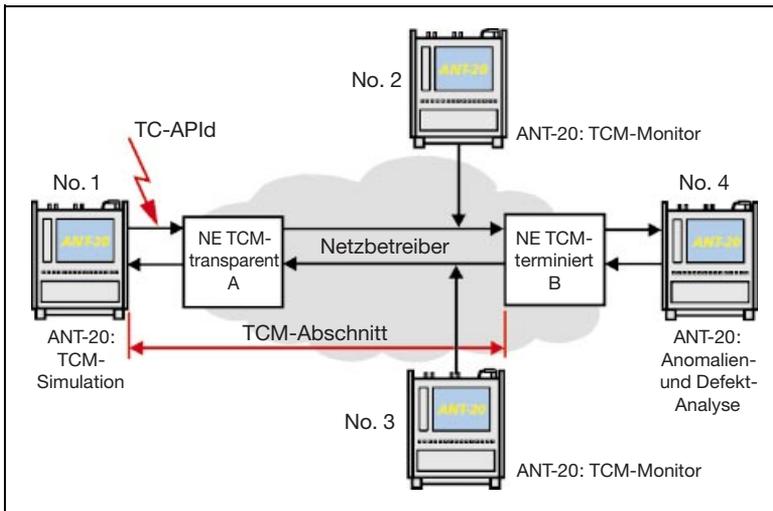


Bild 13: TC-APId-Funktions-test

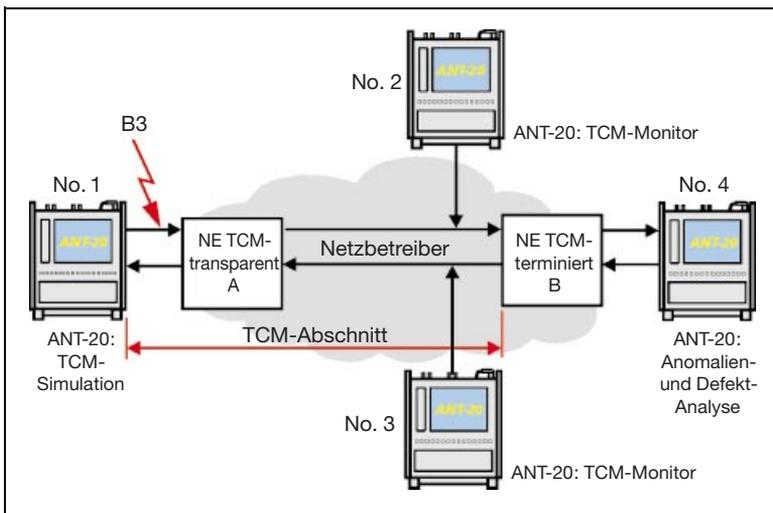


Bild 14: Einblendung von B3-Fehlern zur Prüfung der Funktionalität des Netzmanagements

Bei den nachfolgenden Messungen handelt es sich jeweils um Halbkanalmessungen, die am Beispiel der Übertragungsrichtung NE A nach NE B beschrieben werden. Für einen vollständigen Test sollten die Messungen auch in der Übertragungsrichtung NE B nach NE A durchgeführt werden.

4.1 N-Byte-Transparenztest

Die Synchronisation des TCM-Rahmens sowie der Informationsaustausch zwischen TCM-Quelle und TCM-Senke erfolgt über das N1- bzw. N2-Byte im POH. Dazu muss gewährleistet sein, dass jedes Netzelement innerhalb eines TCM-Abschnitts das N1- bzw. N2-Byte nicht terminiert. Die geforderte Transparenz kann einfach mit Hilfe des ANT-20 überprüft werden, indem im Overhead-Generator des ANT-20 No. 1 das N-Byte mit verschiedenen Werten geladen und am Ende des Abschnitts durch den ANT-20 No.4 im Overhead-Analyzator ausgewertet wird (Bild 12). Innerhalb des Abschnitts kann mit den ANT-20 No. 2 und No. 3 mitgemessen werden. Für diesen Test müssen die beiden Netz-elemente (NE A und NE B), die später die Funktion der TCM-Quelle und TCM-Senke realisieren, ebenfalls auf „transparent“ konfiguriert werden.

4.2 TC-APId-Transparenztest

Zusätzlich zum Path Trace für den kompletten VC-n-Pfad ist innerhalb des TCM-Abschnitts noch ein gesonderter Path Trace, der TC-APId, definiert worden. Er soll verhindern, dass bei einer Fehlschaltung des VC-n-Pfads innerhalb des TCM-Abschnitts die Nutzinformation an den falschen Empfänger übertragen wird. Für den Test dieser Funktion wird nun das NE B als TCM-Senke definiert und damit das N1- bzw. N2-Byte terminiert und ausgewertet (Bild 13). Mit Hilfe des ANT-20 No. 1, der hier die Funktion der TCM-Quelle übernimmt, wird nun ein TC-APId gesendet, das nicht dem Erwartungswert der TCM-Senke entspricht. Als Folge wird im abgehenden Signal AU-AIS eingeleitet, das vom ANT-20 No.4 ausgewertet wird. Zusätzlich kann die Terminierung des N-Byte auf Standard „00h“ ebenfalls mit dem ANT-20 No. 4 kontrolliert werden. In Rückwärtsrichtung wird die Anomalie TC-RDI eingeleitet, die vom ANT-20 No.3 und ANT-20 No. 1 ausgewertet werden. Der ANT-20 No.2 dokumentiert den gesendeten TC-APId des ANT-20 No. 1.

4.3 B3-Fehler innerhalb des TCM-Abschnitts

Auftretende Bitfehler innerhalb des TCM-Abschnitts werden vom Netzmanagement-System (TMN) ausgewertet und dokumentiert. Ist ein Ersatzweg für den TCM-Abschnitt konfiguriert, wird vom Netzmanagement zusätzlich bei einer Überschreitung der definierten Bitfehlerrate automatisch ersatzgeschaltet. Mit der Einblendung von B3-Fehlern durch den ANT-20 No. 1 kann sowohl die Funk-

tionalität des Netzmanagement-Systems als auch des NE geprüft werden (**Bild 14**). Der ANT-20 No. 2 dokumentiert dabei die ankommenden B3-Fehler, während die beiden Analytoren ANT-20 No. 3 und No. 1 die Anomalien RC-RDI und OEI auswerten, die in Rückwärtsrichtung vom NE B eingeblendet werden. Die Anzahl der vom ANT-20 No. 1 gesendeten B3-Fehler müssen ebenfalls vom ANT-20 No. 4 gemessen werden.

4.4 IEC-Fehler-Simulation

Bei der Einblendung von IEC-Fehlern durch den ANT-20 No. 1 werden auftretende Bitfehler nachgestellt, die bereits vor der TCM-Quelle und somit außerhalb des TCM-Abschnitts aufgetreten sind (**Bild 15**). NE B erkennt die ankommenden IEC-Fehler, terminiert das N-Byte im abgehenden Signal und sendet in Rückwärtsrichtung die Anomalie OEI, welche mit den ANT-20 No. 3 und ANT-20 No. 1 nachgewiesen werden kann. Im abgehenden Signal des NE B muss dieselbe Anzahl von B3-Fehlern festgestellt werden, wie sie durch den IEC am NE B ausgewertet werden. Dies lässt sich einfach mit dem ANT-20 No. 4 überprüfen. Die Auswertung der Bitfehlerrate am NE B durch das TMN-System muss ebenfalls mit dem Messwert deckungsgleich sein.

4.5 TC-AIS-Funktionstest

Liegt ein AIS außerhalb des TCM-Abschnitts an der TCM-Quelle an, so wird dies der TCM-Senke mit Hilfe des „Incoming AIS“ im IEC mitgeteilt. Durch den ANT-20 No. 1, der hier als TCM-Quelle konfiguriert ist, wird das ankommende AIS simuliert (**Bild 16**). Innerhalb des TCM-Abschnitts kann dies mit dem ANT-20 No.2 protokolliert werden. Am NE B wird das N-Byte terminiert und im abgehenden Signal AU-AIS eingeblendet, das mit dem ANT-20 No.4 gemessen werden kann. In Rückwärtsrichtung wird vom NE B die Anomalie ODI eingeblendet, die durch die Analytoren ANT-20 No. 3 und ANT-20 No. 4 festgehalten wird.

4.6 Streckentest

Nachdem die richtige Funktionalität der TCM-Senke nachgewiesen ist, wird nun das NE A als TCM-Quelle definiert (**Bild 17**). Der ANT-20 No.1 simuliert jetzt das ankommende Signal des Netzbetreibers A. In diesem abschließenden Test soll das fehlerfreie Verhalten der TCM-Quelle überprüft werden, indem durch den ANT-20 No.1 B3-Fehler eingeblendet werden. Der eingefügte TC-APId sowie die Anzahl der B3-Fehler und der IEC der TCM-Quelle können mit dem ANT-20 No. 2 nachgewiesen werden. Im abgehenden Signal des NE B wird das N-Byte wiederum terminiert. Die mit dem ANT-20 No. 4 gemessenen B3-Fehler müssen mit den mit dem ANT-20 No. 1 gesendeten B3-Fehlern und den mit dem ANT-20 No. 2 gemessenen B3- und IEC-Fehlern übereinstimmen. In Rückwärtsrichtung wird durch das NE B die Anomalie OEI eingefügt, welche zusätzlich zum TC-APId mit dem ANT-20 No. 3 ausgewertet werden kann.

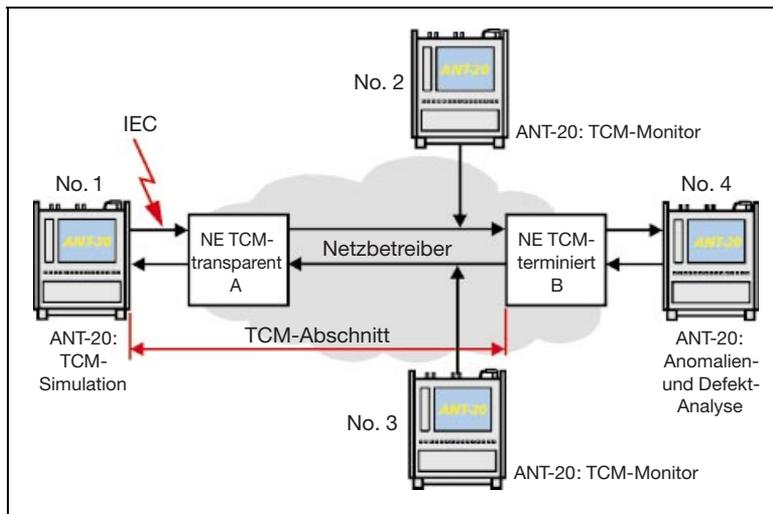


Bild 15: IEC-Fehler-Simulation

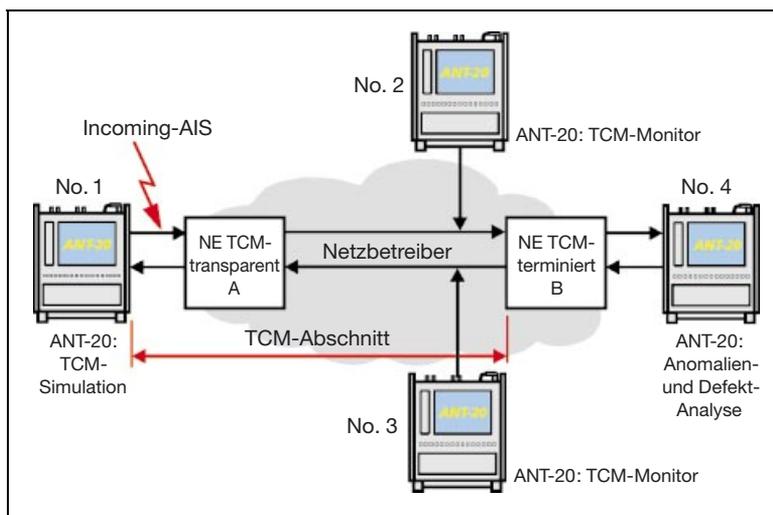


Bild 16: TC-AIS-Funktionstest

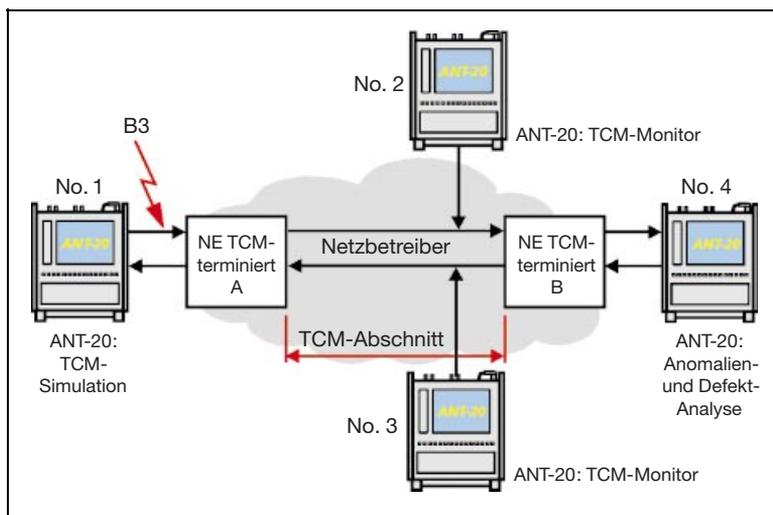


Bild 17: Streckentest zur Überprüfung des fehlerfreien Verhaltens der TCM-Quelle

5 Technischer Anhang

5.1 Struktur und Rahmenaufbau des N1-Byte

5.1.1 Struktur des N1-Byte

Die Position des N1-Byte befindet sich im POH des VC-3- bzw. des VC-4-Containers in der ersten Spalte an letzter Stelle (**Bild A1**).

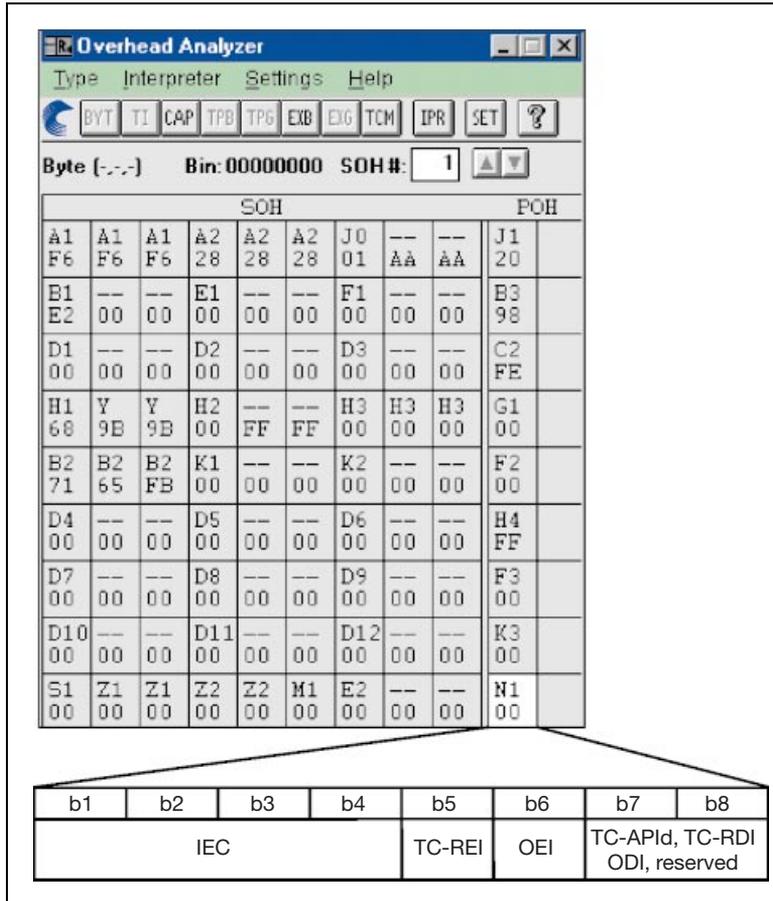


Bild A1: Struktur und Position des N1-Byte im POH

5.1.2 TCM-Rahmenaufbau des N1-Byte

Jeweils 76 zeitlich aufeinander folgende N1-Bytes bilden einen TCM-Rahmen. Bei einer Rahmenlänge von 125 µs für ein STM-n-Signal ergibt sich eine Zeitdauer von

$$76 \cdot 125 \mu\text{s} = 9,5 \text{ ms}$$

für einen kompletten TCM-Rahmen (**Bild A2**).

Während der 76 Byte langen Rahmendauer haben die 8 Bit des N1-Byte unterschiedliche Funktionen wie Synchronisation, CRC7-Prüfung des Rahmens, Alarmhandlung sowie die Übertragung des TCM-Access-Point-Identifizier und der festgestellten B3-Fehler am Beginn des TCM-Abschnitts.

Bit 1 bis Bit 8 werden im N1 dabei folgendermaßen verwendet:

- **Bit 1 bis Bit 4** werden als IEC (Incoming Error Count) verwendet. Dabei wird die Differenz zwischen ankommendem B3 und berechnetem BIP-8 an der TCM-Quelle mit Hilfe der 4 Bit zur TCM-Senke übertragen. Die Zuordnung der BIP-8-Fehler ist aus **Tabelle B1** ersichtlich.
- **Bit 5** wird für die Übertragung des TC-REI in Rückwärtsrichtung zur TCM-Quelle eingeblendet, um aufgetretene Fehler innerhalb des TCM-Abschnitts zu signalisieren.
- **Bit 6** wird für die Übertragung des OEI von der TCM-Senke in Rückwärtsrichtung eingeblendet, um aufgetretene Fehler innerhalb und außerhalb des TCM-Abschnitts der TCM-Quelle zu signalisieren.
- **Bit 7 und Bit 8** werden im 76 Byte großen Rahmen für unterschiedliche Aufgaben verwendet:
 - Rahmen 1–8 für die Rahmensynchronisation (Rahmenkennung)
 - Rahmen 9–12 für die Übertragung der CRC7-Prüfsumme des TC-APId (Tandem Connection Access Point Identifier).
 - Rahmen 13–72 (60 Rahmen) für die Übertragung der 15 ASCII-Zeichen des TC-APId. Wobei jeweils 4 Rahmen (8 Bit) für ein ASCII-Zeichen benötigt werden.
 - Rahmen 73 wird für die Übertragung des TC-RDI in Rückwärtsrichtung von der TCM-Senke zur TCM-Quelle benützt, um aufgetretene Defekte innerhalb der TCM-Strecke der TCM-Quelle zu signalisieren.
 - Im Rahmen 74 wird in Rückwärtsrichtung die Anomalie ODI zur TCM-Quelle eingefügt, wenn als abgehendes Signal AU/TU-AIS durch einen Defekt innerhalb oder außerhalb des TCM-Abschnitts gesendet wird.
 - Rahmen 75 und 76 sind für zukünftige Anwendungen reserviert.

Anzahl der BIP-Verletzungen	Bit 1	Bit 2	Bit 3	Bit 4
0	1	0	0	1
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
Incoming AIS	1	1	1	0

Tabelle B1: IEC-Codierung

Frame No.	Bit 1	Bit 2	Bit 3	Bit 4	Bit 5	Bit 6	Bit 7	Bit 8	Function Bit 7/8
1	IEC	IEC	IEC	IEC	TC-REI	OEI	1	1	FAS
2	IEC	IEC	IEC	IEC	TC-REI	OEI	1	1	
3	IEC	IEC	IEC	IEC	TC-REI	OEI	1	1	
4	IEC	IEC	IEC	IEC	TC-REI	OEI	1	1	
5	IEC	IEC	IEC	IEC	TC-REI	OEI	1	1	
6	IEC	IEC	IEC	IEC	TC-REI	OEI	1	1	
7	IEC	IEC	IEC	IEC	TC-REI	OEI	1	1	
8	IEC	IEC	IEC	IEC	TC-REI	OEI	1	0	
9	IEC	IEC	IEC	IEC	TC-REI	OEI	1	C1	CRC7
10	IEC	IEC	IEC	IEC	TC-REI	OEI	C2	C3	
11	IEC	IEC	IEC	IEC	TC-REI	OEI	C4	C5	
12	IEC	IEC	IEC	IEC	TC-REI	OEI	C6	C7	
13	IEC	IEC	IEC	IEC	TC-REI	OEI	0	X	TC-APId-Byte 1
14	IEC	IEC	IEC	IEC	TC-REI	OEI	X	X	
15	IEC	IEC	IEC	IEC	TC-REI	OEI	X	X	
16	IEC	IEC	IEC	IEC	TC-REI	OEI	X	X	
17	IEC	IEC	IEC	IEC	TC-REI	OEI	0	X	TC-APId-Byte 2
18	IEC	IEC	IEC	IEC	TC-REI	OEI	X	X	
19	IEC	IEC	IEC	IEC	TC-REI	OEI	X	X	
20	IEC	IEC	IEC	IEC	TC-REI	OEI	X	X	
21-68	IEC	IEC	IEC	IEC	TC-REI	OEI			TC-APId-Byte 3-14
69	IEC	IEC	IEC	IEC	TC-REI	OEI	0	X	TC-APId-Byte 15
70	IEC	IEC	IEC	IEC	TC-REI	OEI	X	X	
71	IEC	IEC	IEC	IEC	TC-REI	OEI	X	X	
72	IEC	IEC	IEC	IEC	TC-REI	OEI	X	X	
73	IEC	IEC	IEC	IEC	TC-REI	OEI	Reserved	TX-RDI	
74	IEC	IEC	IEC	IEC	TC-REI	OEI	ODI	Reserved	
75	IEC	IEC	IEC	IEC	TC-REI	OEI	Reserved	Reserved	
76	IEC	IEC	IEC	IEC	TC-REI	OEI	Reserved	Reserved	

Bild 2A: Rahmenaufbau des N1-Byte

5.1.3 Bedingung für TCM-unequipped

Zur einfachen Kennzeichnung eines TCM-Pfads muss der Wert des N1-Byte immer ungleich „00h“ sein. Außerhalb des TCM-Abschnitts ist dagegen der Wert des N1-Byte standardmäßig „00h“. Damit das N1-Byte innerhalb des TCM-Abschnitts nicht den Wert „00h“ annehmen kann, ist es notwendig, dass im IEC-Feld (Bit 1 bis Bit 4) wenigstens eine „1“ enthalten ist. Dies wird sichergestellt, indem der Wert für keine BIP-8-Verletzungen im IEC mit zwei „1“ dargestellt wird.

Sollte jedoch das N1-Byte innerhalb des TCM-Abschnitts den Wert „00h“ annehmen, so deutet dies auf eine Unterbrechung oder Fehlschaltung des VC-n-Containers innerhalb des TCM-Abschnitts hin. In diesem Fall werden von der TCM-Senke in den abgehenden AU-n/TU-n ein AU/TU-AIS und in Rückwärtsrichtung zur TCM-Quelle die Anomalien TCM-RDI und ODI eingefügt.

5.1.4 Graphische Darstellung der Zusammenhänge im N1-Byte

Bild A3 gibt einen einfachen und schnellen Überblick der Zusammenhänge im N1-Byte an der TCM-Quelle bzw. der TCM-Senke.

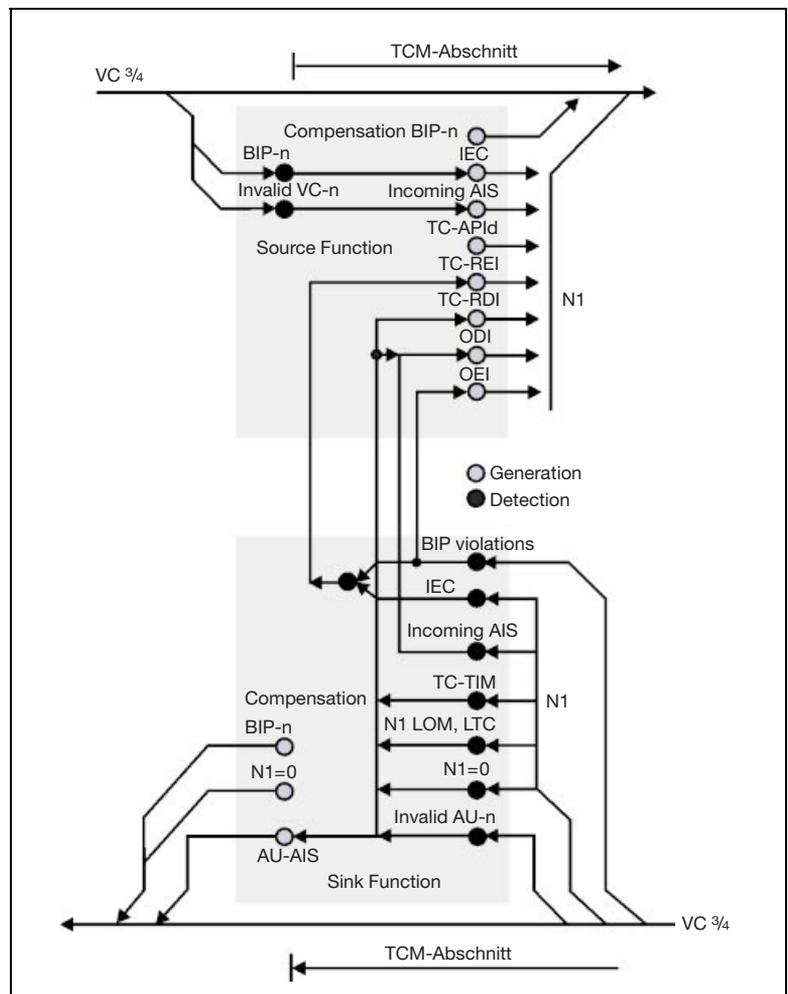


Bild A3: Graphische Darstellung der Ereignisse im N1-Byte

5.2 N2-Byte: Struktur und Rahmenaufbau

5.2.1 Struktur des N2-Byte

Im POH des VC-2, VC-11 bzw. VC-12 befindet sich das N2-Byte nach dem V5- und J2-Byte an 3. Position (**Bild A4**).

Während beim N1-Byte die Anzahl der aufgetretenen B3-Fehler am Beginn des TCM-Streckenabschnitts durch den IEC codiert und zur TCM-Senke übertragen werden, wird beim N2-Byte ein anderes Verfahren für die Übertragung verwendet.

Da für die Container C-11, C-12 und C-2 die Paritäts-Prüfung im V5-Byte mit Hilfe eines BIP-2-Wertes durchgeführt wird und im N2-Byte Platz für einen BIP-2-Wert ist, wird anstelle der codierten Anzahl der aufgetretenen Paritäts-Fehler am Beginn des TCM-Abschnitts der nachberechnete BIP-2-Wert eingesetzt und zur TCM-Senke übertragen.

für diese Bytes eine um den Faktor 4 reduzierte Geschwindigkeit von 16 kbit/s. Die Rahmenlänge erhöht sich dadurch um das 4-Fache, wodurch sich eine Rahmendauer von $4 \cdot 125 \mu\text{s} = 500 \mu\text{s}$ ergibt. Wie beim N1-Byte besteht der TCM-Rahmen des N2-Byte ebenfalls aus 76 aufeinanderfolgenden N2-Bytes. Die resultierende TCM-Rahmendauer des N2-Byte berechnet sich dann zu $76 \cdot 500 \mu\text{s} = 38 \text{ ms}$.

Im Gegensatz zum TCM-Rahmen des N1-Byte ist die Dauer des TCM-Rahmens vom N2-Byte viermal so lang.

5.2.2 Mehrfachrahmen des VC-11, VC-12 und VC-2

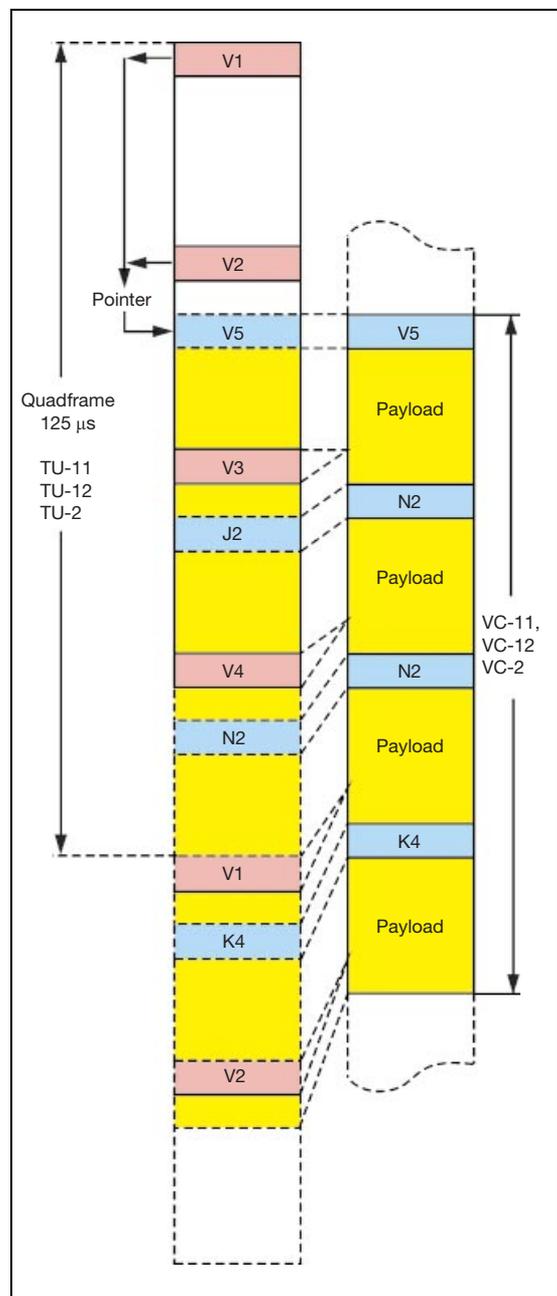
Bei 8000 Rahmen pro Sekunde eines STM-1-Signals und 8 Bit Breite eines Byte ergibt sich für jedes Byte im STM-1-Signal eine Geschwindigkeit von 64 kbit/s. Bedingt durch die Mehrfachrahmen-Struktur (**Bild A5**) für VC-2, VC-11 und VC-12, bei dem die Bytes V5, J2, N2 und K4 nur in jedem 4. STM-1-Rahmen übertragen werden, ergibt sich

Bild A4: Struktur und Position des N2-Byte im POH

SOH										POH		
A1	A1	A1	A2	A2	A2	J0	--	--	J1	V5		
F6	F6	F6	28	28	28	01	AA	AA	20	C4		
E1	--	--	E1	--	--	F1	--	--	B3	J2		
D8	00	00	00	00	00	00	00	00	FF	54		
D1	--	--	D2	--	--	D3	--	--	C2	N2		
00	00	00	00	00	00	00	00	00	02	00		
H1	Y	Y	H2	--	--	H3	H3	H3	G1	K4		
68	9B	9B	00	FF	FF	00	00	00	00	00		
B2	B2	B2	K1	--	--	K2	--	--	F2			
94	2A	92	00	00	00	00	00	00	00			
D4	--	--	D5	--	--	D6	--	--	H4			
00	00	00	00	00	00	00	00	00	FF			
D7	--	--	D8	--	--	D9	--	--	F3			
00	00	00	00	00	00	00	00	00	00			
D10	--	--	D11	--	--	D12	--	--	K3			
00	00	00	00	00	00	00	00	00	00			
S1	Z1	Z1	Z2	Z2	M1	E2	--	--	N1			
00	00	00	00	00	00	00	00	00	00			

b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8
BIP-2		„1“	Incoming AIS	TC-REI	OEI	TC-APId, TC-RDI ODI, reserved	

Bild A5: VC-11, VC-12, VC-2-Mehrfachrahmen



5.2.3 TCM-Rahmenaufbau des N2-Byte

Die Verwendung der Bit 1 bis Bit 8 im N2-Byte lässt sich sehr gut im TCM-Rahmen des N2-Byte darstellen (**Bild A6**).

- **Bit 1** und **Bit 2** werden für die Übertragung des berechneten BIP-2-Wertes zur TCM-Senke verwendet.
- **Bit 3** ist fest auf „1“ gesetzt, damit der Wert des N2-Byte innerhalb des TCM-Abschnitts niemals „00h“ annehmen kann (siehe 5.1.3 Bedingung für TCM-unequipped).
- **Bit 4** wird verwendet, um ein an der TCM-Quelle anliegendes AIS-Signal der TCM-Senke mitzuteilen.
- **Bit 5** wird für die Übertragung des TC-REI in Rückwärtsrichtung zur TCM-Quelle eingeblendet, um aufgetretene Fehler innerhalb des TCM-Abschnitts zu signalisieren.
- **Bit 6** wird für die Übertragung des OEI von der TCM-Senke in Rückwärtsrichtung eingeblendet, um aufgetretene Fehler innerhalb und außerhalb des TCM-Abschnitts der TCM-Quelle zu signalisieren.
- **Bit 7** und **Bit 8** werden im 76 Byte großen Rahmen für unterschiedliche Aufgaben verwendet:
 - Rahmen 1–8 für die Rahmensynchronisation (Rahmenkennung)
 - Rahmen 9–12 für die Übertragung der CRC7-Prüfsumme des TC-APId (Tandem Connection Access Point Identifier).
 - Rahmen 13–72 (60 Rahmen) für die Übertragung der 15 ASCII-Zeichen des TC-APId, wobei jeweils 4 Rahmen (8 Bit) für ein ASCII-Zeichen benötigt werden.
 - Rahmen 73 wird für die Übertragung des TC-RDI in Rückwärtsrichtung von der TCM-Senke zur TCM-Quelle benützt, um aufgetretene Defekte innerhalb der TCM-Strecke der TCM-Quelle zu signalisieren.
 - Im Rahmen 74 wird in Rückwärtsrichtung die Anomalie ODI zur TCM-Quelle eingefügt, wenn als abgehendes Signal AU/TU-AIS durch einen Defekt innerhalb oder außerhalb des TCM-Abschnitts gesendet wird.
 - Rahmen 75 und 76 sind für zukünftige Anwendungen reserviert.

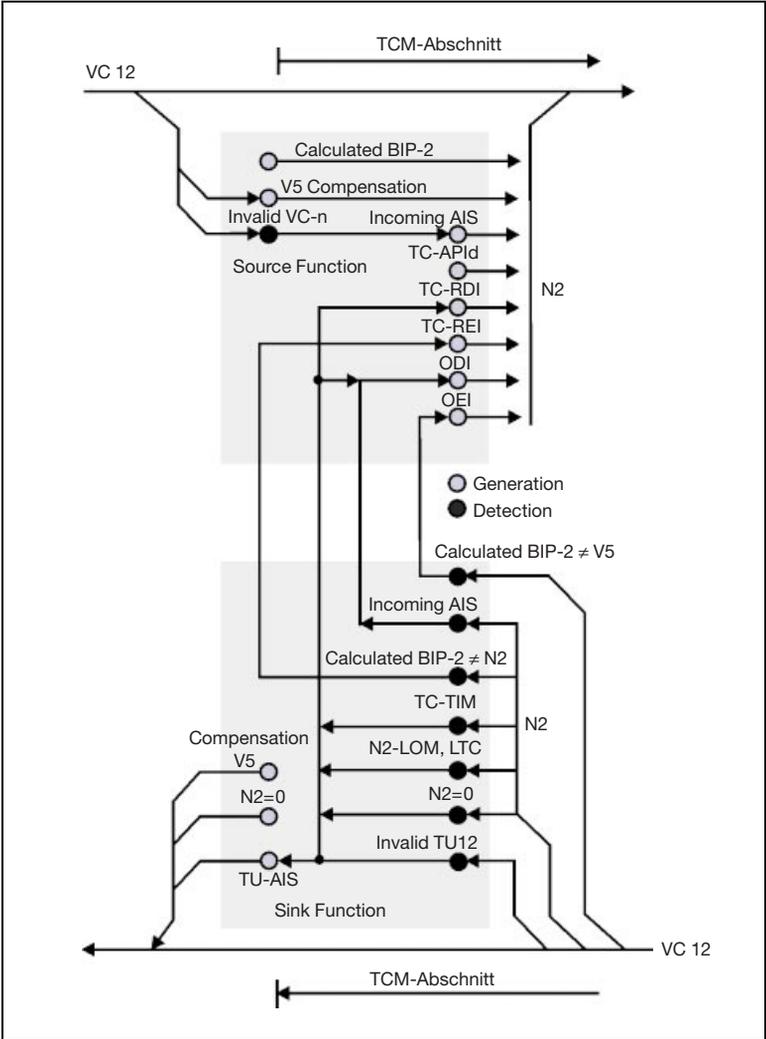
Frame No.	Bit 1	Bit 2	Bit 3	Bit 4	Bit 5	Bit 6	Bit 7	Bit 8	Function Bit 7/8
1	BIP-2		1	inc. AIS	TC-REI	OEI	1	1	FAS
2	BIP-2		1	inc. AIS	TC-REI	OEI	1	1	
3	BIP-2		1	inc. AIS	TC-REI	OEI	1	1	
4	BIP-2		1	inc. AIS	TC-REI	OEI	1	1	
5	BIP-2		1	inc. AIS	TC-REI	OEI	1	1	
6	BIP-2		1	inc. AIS	TC-REI	OEI	1	1	
7	BIP-2		1	inc. AIS	TC-REI	OEI	1	1	
8	BIP-2		1	inc. AIS	TC-REI	OEI	1	0	
9	BIP-2		1	inc. AIS	TC-REI	OEI	1	C1	CRC7
10	BIP-2		1	inc. AIS	TC-REI	OEI	C2	C3	
11	BIP-2		1	inc. AIS	TC-REI	OEI	C4	C5	
12	BIP-2		1	inc. AIS	TC-REI	OEI	C6	C7	
13	BIP-2		1	inc. AIS	TC-REI	OEI	0	X	TC-APId-Byte 1
14	BIP-2		1	inc. AIS	TC-REI	OEI	X	X	
15	BIP-2		1	inc. AIS	TC-REI	OEI	X	X	
16	BIP-2		1	inc. AIS	TC-REI	OEI	X	X	
17	BIP-2		1	inc. AIS	TC-REI	OEI	0	X	TC-APId-Byte 2
18	BIP-2		1	inc. AIS	TC-REI	OEI	X	X	
19	BIP-2		1	inc. AIS	TC-REI	OEI	X	X	
20	BIP-2		1	inc. AIS	TC-REI	OEI	X	X	
21–68	BIP-2		1	inc. AIS	TC-REI	OEI			TC-APId-Byte 3–14
69	BIP-2		1	inc. AIS	TC-REI	OEI	0	X	TC-APId-Byte 15
70	BIP-2		1	inc. AIS	TC-REI	OEI	X	X	
71	BIP-2		1	inc. AIS	TC-REI	OEI	X	X	
72	BIP-2		1	inc. AIS	TC-REI	OEI	X	X	
73	BIP-2		1	inc. AIS	TC-REI	OEI	Reserved	TX-RDI	
74	BIP-2		1	inc. AIS	TC-REI	OEI	ODI	Reserved	
75	BIP-2		1	inc. AIS	TC-REI	OEI	Reserved	Reserved	
76	BIP-2		1	inc. AIS	TC-REI	OEI	Reserved	Reserved	

Bild A6: Rahmenaufbau des N2-Byte

5.3 B3- bzw. V5-Kompensation

5.2.4 Graphische Darstellung der Zusammenhänge im N2-Byte

Einen einfachen und schnellen Überblick der Zusammenhänge im N2-Byte an der TCM-Quelle bzw. der TCM-Senke kann aus **Bild A7** entnommen werden.



Die Bildung des BIP-8-Wertes erfolgt über den gesamten Inhalt des VC-3- bzw. VC-4-Containers und somit auch über den dazugehörigen POH, der das N1-Byte enthält.

Da der Wert des N1-Byte an der TCM-Quelle vom Standard „00h“ um den TCM-Rahmen bzw. an der TCM-Senke vom TCM-Rahmen auf Standard „00h“ geändert wird, muß anschließend im abgehenden Signal der BIP-8-Wert des B3-Byte kompensiert werden. Bei der Kompensation wird dabei der BIP-8-Wert um den geänderten Wert des N1-Byte korrigiert. Dies ist deshalb notwendig, damit bei einer BIP-8-Auswertung am nachfolgenden Netzelement keine „künstlichen“ Fehler aufgrund eines falschen BIP-8-Wertes festgestellt werden. Zusätzlich wird dadurch sichergestellt, dass eine Qualitätsbeurteilung mit Hilfe des B3-Byte über den gesamten VC-3/VC-4-Pfad möglich ist.

Weil ebenfalls an der TCM-Quelle und TCM-Senke der Wert im N2-Byte der VC-11-, VC-12- und VC-2-Container geändert wurde, muss auch wie beim B3-Byte eine Kompensation des BIP-2-Wertes im V5-Byte des abgehenden Signals erfolgen.

Bild A7: Graphische Darstellung der Zusammenhänge im N2-Byte

Normen

- G.707: Grundempfehlung für die SDH;
Annex D: Bytestruktur und
Rahmenaufbau für die Container VC-4
und VC-3
Annex E: Bytestruktur und Rahmen-
aufbau für die Container VC-2, VC-11
und VC-12
- G.783: Funktionsdefinition für den Bau von
- Netzelementen
 - TCM-Rahmenaufbau
 - BIP-Bildung und -Vergleich
 - BIP-Kompensation
- ETSI EN 300 417-4-1:
Grundsätzlicher Aufbau von TCM

Abkürzungen

AIS:	Alarm Indication Signal
ANT:	Advanced Network Testing
BIP-n :	Bit Interleaved Parity
CRC:	Cyclic Redundancy Check
HP:	Higher Path
HP- REI:	Higher Path Remote Error Indication
IEC:	Incoming Error Counter
LOM:	Loss of Multiframe
LP:	Lower Path
LP-REI:	Lower Path Remote Error Indication
LTC:	Loss of Tandem Connection
MUX:	Multiplexer
MSOH:	Multiplex Section Overhead
NE:	Network Element/Netzelement
ODI:	Outgoing Defect Indication
OEI:	Outgoing Error Indication
POH:	Path Overhead
RSOH:	Regenerator Section Overhead
SOH:	Section Overhead
TC-APId:	Tandem Connection Access Point Identifier
TC-RDI:	Tandem Connection Remote Defect Indication
TC-REI:	Tandem Connection Remote Error Indication
TC-TIM:	Tandem Connection Trace Identifier Mismatch
TCM:	Tandem Connection Monitoring
TMN:	Network Management System
VC-n:	Virtual Container

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, Ost- und Südeuropa, Baltikum Türkei, Naher/Mittlerer Osten

Wavetek Wandel Goltermann
Austria GmbH
Postfach 13
Elisabethstrasse 36
2500 Baden
Österreich
Tel. +43 (0) 22 52-85 52 10
Fax +43 (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 –
TP/EN/AN73/0500/GE – Printed in Germany