

HEINRICH-HERTZ-INSTITUT FÜR SCHWINGUNGSFORSCHUNG
BERLIN-CHARLOTTENBURG

Technischer Bericht Nr. 135

Studie über Probleme der Datenfernübertragungs-
technik im Hinblick auf Rechner-Sichtgerät-Systeme

von

Dipl.-Ing. Fritz Kraft



Berlin

1 9 7 1

Studie über Probleme der Datenfernübertragungstechnik im
Hinblick auf Rechner-Sichtgerät-Systeme

Zusammenfassung

Die vorliegende Studie gliedert sich im wesentlichen in die
folgenden drei Kapitel:

1. System- und Verfahrensfragen eines Datenfernübertragungs-
systems
2. Datenfernverarbeitung in dem System IBM/360-67, IBM 1130
3. Betrachtungen zu dem Entwurf von Rechner-Sichtgerät-Systemen.

Zu 1.: In diesem Kapitel sind Themen wie Schema, Gerätegruppen,
Betriebs-, Übertragungs- und Fehlersicherungs-Verfahren
sowie wirtschaftliche Aspekte behandelt, die bei der
Betrachtung von Datenfernübertragungssystemen eine
große Bedeutung erlangt haben.

Zu 2.: Die für Kapitel 3. wichtigen unter 1. genannten Themen
werden auf die Datenübertragung zwischen den Rechnern
IBM/360-67 und IBM 1130 bezogen, wobei insbesondere die
Erläuterung der BSC (Binary Synchronous Communications)-
Steuerungstechnik im Vordergrund steht.

Zu 3.: Die unter 1. und 2. gewonnenen Erkenntnisse werden
dem Hauptanliegen dieser Studie, nämlich dem Entwurf
und der Planung von Rechner-Sichtgerät-Systemen, zugrunde
gelegt. Nach einer Betrachtung der spezifischen Merkmale
eines Rechner-Sichtgerät-Systems folgen Hinweise auf
Lösungsmöglichkeiten bezüglich der Datenübertragungs-
organisation in den genannten Systemen. Abschließend
wird auf die Möglichkeit der Simulation von System-
parametern eingegangen. Details hinsichtlich der
Planung eines Systems konnten nicht angegeben werden,
da die Fülle der zu berücksichtigenden Systemparameter

einfach zu groß ist. Sie können erst im speziellen Anwendungsfall erörtert werden.

HEINRICH-HERTZ-INSTITUT FÜR SCHWINGUNGSFORSCHUNG
Abteilung für Informationsverarbeitung

Der Bearbeiter

F. Kraft
(Dipl.-Ing. F.Kraft)

Der Abteilungsleiter

Giloi
(Prof.Dr.-Ing. W.Giloi)

Der Institutsdirektor

P. Matthieu
(Prof.Dr.phil. P.Matthieu)

Berlin-Charlottenburg, den 8.7.1971

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
A. Aufgabenstellung und Bearbeitungskonzept	1
B. Fachausdrücke der Datenübertragung	2
C. System- und Verfahrensfragen eines Datenfern- Übertragungssystems	4
I. Allgemeines Schema eines Datenfernübertra- gungssystems	4
II. Gerätegruppen	7
1. Daten-Quellen und -Senken	9
2. Anpassungsgerät	10
3. Fehlerkorrekturgerät	12
4. Modem	13
5. Übertragungskanal	16
a. Gewählte Verbindungen in vorhandenen öffentlichen Netzen	17
b. Festgeschaltete private oder gemietete Verbindungen (Standverbindungen)	19
b1. Punkt-zu-Punkt-Verbindungen	20
b2. Mehrpunkt-Verbindungen	20
c. Speichervermittlungsnetz	21
III. Betriebs- und Übertragungs-Verfahren	22
1. Betriebsverfahren	22
a. Simplexverfahren	22
b. Duplexverfahren	22
c. Halbduplexverfahren	23
2. Übertragungsverfahren	26
a. Serien- und Parallel-Verfahren	26
b. Synchron-, Asynchron- und Start- Stop-Verfahren	28
b1. Synchronverfahren	28
b2. Asynchronverfahren	29
b3. Start-Stop-Verfahren	30
b4. Gegenüberstellung	30
IV. Fehler-Erkennung und -Korrektur	32
1. Störeinflüsse und Fehlersicherheit	32
a. Störanfälligkeit der Übertragungsstrecke	32
b. Geforderte Sicherheit gegen Übertragungs- fehler	34

2. Methoden der Fehlersicherung	35
a. Fehlersicherungsverfahren ohne Wiederholung	37
b. Fehlersicherungsverfahren mit Wiederholung	37
3. Fehlerkorrigierende und fehlererkennende Codes	41
a. Fehlerkorrigierende Codes	42
b. Fehlererkennende Codes	42
c. Zyklische Codes	45
V. Wirtschaftliche Betrachtungen	50
1. Einige bestimmende Faktoren für die Auslegung von Datenfernübertragungssystemen	50
2. Definition von Übertragungsleistung und Wirkungsgrad der Übertragungsleistung	53
D. Datenfernverarbeitung in dem System IBM/360-67, IBM 1130	55
I. Aufbau des Systems	55
II. Organisation der Datenübertragung zwischen den beiden Rechnern	57
1. BSC-Verfahren	58
a. Synchronisierung	58
b. Codierung der Daten- und Steuer-Zeichen	59
c. Steuerungstechnik	64
c1. Normaler Modus	65
c2. Transparenter Modus	74
2. Betriebsablaufphasen	75
a. Aufbau der Datenverbindung	75
a1. Bei festgeschalteten Verbindungen	75
a2. Bei gewählten Verbindungen im öffentlichen Netz	77
b. Ausführung und Überwachung des Datenaustausches	79
c. Beendigung der Datenübertragung	80
3. Mittel der Fehlererkennung	81
a. Prüfung auf Übertragungsfehler	82
a1. Prüfung mittels zyklischem Code	83
a2. Prüfung auf Synchronismus	85
b. Interne Prüfungen im Adapter	86
c. Prüfung auf Programmierfehler	86
d. Anweisung "Verzweige bei Fehler"	87

III. Programmierung des IBM 1130 BSCA	88
1. Assembly-Befehle	88
2. Zeitbedingungen	89
E. Betrachtungen zu dem Entwurf von Rechner-Sichtgerät-Systemen	90
1. Merkmale eines Rechner-Sichtgerät-Systems	90
1. Eigenschaften eines Sichtgerätes	90
a. Bildwiederholungsspeicher, Zeichen- und Vektorgenerator	90
b. Eingabevorrichtungen	91
2. Struktur der zu übertragenden Daten	92
3. Antwortzeiten des Systems	92
II. Systeme mit nur einem Sichtgerät	95
1. System IBM/360-67, IBM 1130 als Ausgangspunkt	95
a. Sendepriorität	96
b. Normaler oder Transparenter Modus	97
c. Funktionen der Sichtgerät-Steuereinheit und des -Adapters	97
2. Hinweise auf Modifikationen	99
III. Systeme mit mehreren Sichtgeräten	101
IV. Planung von Rechner-Sichtgerät-Systemen	102
F. Literaturangaben	103

A. Aufgabenstellung und Bearbeitungskonzept

In der Abteilung für Informationsverarbeitung des HHI wurde im Rahmen des Forschungsvorhabens "Ein- und Ausgabe von Bildschirminformationen in einem rechnerunterstützten medizinischen Diagnostiksystem" die Aufgabe gestellt, sich mit der Erstellung von Grundsoftware für den Anschluß spezieller medizinischer Sichtgeräte an Krankenhaus-Informationsverarbeitungssystemen zu beschäftigen. Insbesondere sollten zunächst Untersuchungen bezüglich des Anschlusses an IBM Rechnersystemen durchgeführt werden.

Besondere Angaben hinsichtlich der notwendigen technischen Anschlußeinrichtungen (wie z.B. Übertragungsleitungen, Anschalteinheiten) wurden nicht gemacht. Da von diesen Angaben aber die Organisation der zwischen Rechner und Sichtgeräten erfolgenden Datenübertragung und damit die zu erstellende Grundsoftware abhängen, wurden zunächst in der vorliegenden Studie die wichtigsten System- und Verfahrensfragen der Datenfernübertragungstechnik zusammengestellt, diese auf das System IBM/360-67, IBM 1130 bezogen und ihre Anwendung auf die geplanten Rechner-Sichtgerät-Systeme geprüft.

B. Fachausdrücke der Datenübertragung

Die Begriffsbestimmungen der in den folgenden Abschnitten vorkommenden Fachausdrücke der Datenübertragung sind F.16.) bis F.23.) zu entnehmen.

Insbesondere sei an dieser Stelle auf den wichtigen Unterschied zwischen Schrittgeschwindigkeit, Übertragungsgeschwindigkeit und Transfergeschwindigkeit hingewiesen. Der Übersichtlichkeit halber sind die Begriffsbestimmungen dieser drei Ausdrücke hier nochmal wiedergegeben (entnommen aus F.20.)).

Schrittgeschwindigkeit: Der Kehrwert des Sollwertes der Schrittdauer. Einheit der Schrittgeschwindigkeit: Baud (1Baud = 1/s)

Übertragungsgeschwindigkeit: Anzahl der je Zeiteinheit übertragenen Binärentscheidungen. Einheit der Übertragungsgeschwindigkeit: bit/s. Die Übertragungsgeschwindigkeit ist abhängig von der Schrittgeschwindigkeit und der Anzahl der vereinbarten Wertebereiche des Signalparameters. Sind z.B. zwei Wertebereiche des Signalparameters vereinbart (binäre Übertragung), so gilt die Gleichung

$$\frac{\text{Übertragungsgeschw.}}{\text{bit/s}} = \frac{\text{Schrittgeschw.}}{\text{Baud}}$$

Transfergeschwindigkeit:

Die Anzahl von Bits, Zeichen oder Datenübertragungsblöcken, die im Durchschnitt je Zeiteinheit zwischen den korrespondierenden Einrichtungen zweier Datenstationen übertragen und (als brauchbar) akzeptiert werden.

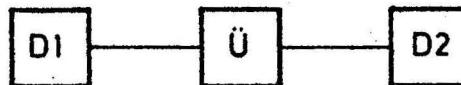
Korrespondierende Einrichtungen sind z.B. Datenübertragungseinrichtungen oder Fehlerschutzeinheiten oder Ein- und Ausgabewerke.

C. System- und Verfahrensfragen eines Datenfernübertragungssystems

1. Allgemeines Schema eines Datenfernübertragungssystems

Ein Datenfernübertragungssystem kann durch die folgenden drei Blöcke charakterisiert werden:

Bild 1:

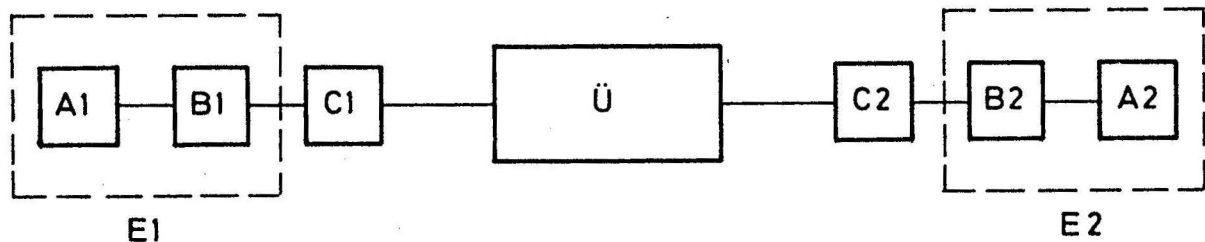


D 1/2 : Datenstation 1 bzw. 2

Ü : Übertragungskanal

Hierin können die Datenstationen i.a. weiter in folgende Blöcke unterteilt werden:

Bild 2:



A 1/2 : periphere Geräte (Datenquellen, Datensinken)

B 1/2 : Adapter (Anpassungsgeräte, Fehlerkorrekturgeräte)

C 1/2 : Datenübertragungseinrichtungen

E 1/2 : Datenendeinrichtungen

Zu den Datenübertragungseinrichtungen zählen nicht nur die Geräte, die üblicherweise als Modems (Modulator-Demodulatoren)

bezeichnet werden, sondern auch Telegrafie-Anschaltgeräte und die die PCM-Technik anwendenden Übertragungsgeräte. Jedoch seien den folgenden Betrachtungen lediglich Modems zugrunde gelegt.

Die Zuordnung und Reihenfolge einzelner Gerätegruppen zu bzw. in den verschiedenen Blöcken können nicht eindeutig festgelegt werden, da die an das Gesamtsystem gestellten Anforderungen meist vielfältiger Art sind und somit dementsprechende Gerätekonfigurationen zur Folge haben. Eine i.ä. übliche weitere Unterteilung der in Bild 2 eingezeichneten Blöcke wird im nächsten Abschnitt angegeben. Stets aber ist festzustellen, daß sich ein Datenfernübertragungssystem durch einen hohen Aufwand an Gerätegruppen auszeichnet, der im wesentlichen nur von der Beschaffenheit des Übertragungskanals (z.B. Länge, Art, Störanfälligkeit) abhängt.

An dieser Stelle sei noch darauf hingewiesen, daß die Übertragung der Daten zwischen den beiden Datenstationen 1 und 2 entweder kontinuierlich oder diskontinuierlich erfolgen kann.

Kontinuierliche Übertragung: Die Daten gelangen ohne Zeitverzögerung von der Quelle zur Senke. Nicht gemeint sind hierbei Verzögerungen, die durch die Gerätelaufzeiten oder Laufzeiten des Übertragungskanals entstehen.

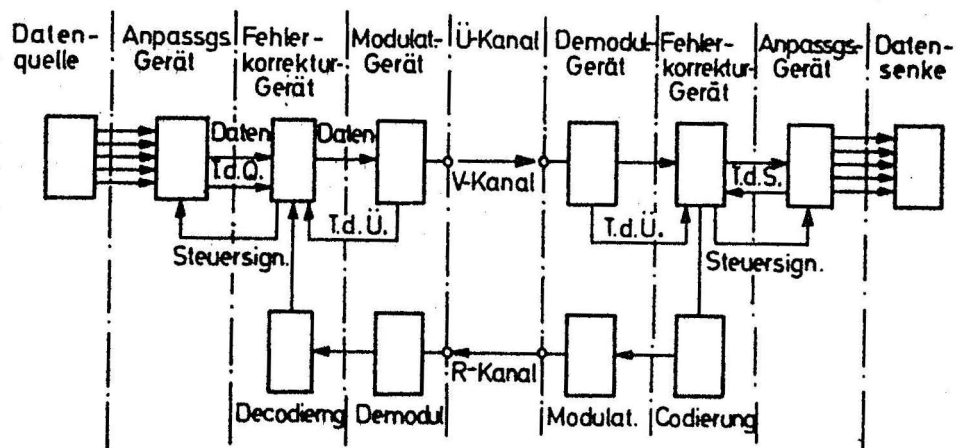
Diskontinuierliche Übertragung: Gegen Übertragungsstörungen

können Sicherungsverfahren verwendet werden, die im Störfall eine Wiederholung der jeweils gestörten Nachricht bedingen, wozu i.a. eine zusätzliche sende- und empfangsseitige Speicherung der Daten im Adapter während bestimmter Zeitabschnitte vorgenommen wird.

II. Gerätegruppen

Für eine eingehendere Beschreibung des Aufbaus eines Datenfernübertragungssystems zur Übertragung digitaler Daten ist das folgende Blockschaltbild günstiger als das in Bild 2 unter C.1.) wiedergegebene, weil die Schnittstellen zwischen den Gerätegruppen genauer angegeben werden können. Dabei sei hier A 1 nur als Datenquelle und A 2 nur als Datensenke betrachtet.

Bild 1:



V-Kanal: Vorwärtskanal

R- " : Rück- oder Hilfskanal

T.d.Q. : Takt der Quelle

T.d.S. : Takt der Senke

T.d.Ü. : Takt der Übertragung

Somit besteht ein Datenfernübertragungssystem sendeseitig im wesentlichen aus der Nachrichtenquelle, dem Anpassungsgerät mit der Betriebssteuerung als Baueinheit, dem Fehlerkorrekturgerät mit den Baueinheiten Codier-Schaltung und Sende-

speicher und dem Modulationsgerät mit den Baueinheiten Modulator, Siebschaltung, Leistungsverstärker.

Empfangsseitig sind das Demodulationsgerät mit den Baueinheiten Demodulator, Siebschaltung, Leistungsverstärker, das Fehlerkorrekturgerät mit den Baueinheiten Decodier-, Codier-, Code-Prüfschaltung, Empfangsspeicher, das Anpassungsgerät mit der Betriebssteuerung und die Nachrichtensenke vorgesehen.

Datenquellen, -senken und Anpassungsgeräte besitzen für beide Übertragungsseiten analogen Aufbau und haben die gleiche Funktion zu erfüllen.

Der in Bild 1 eingezeichnete Rückkanal muß nicht unbedingt vorhanden sein. Steht er jedoch zur Verfügung, so kann auf ihm die Übertragung aller für den betrieblichen Ablauf notwendigen Steuerungs- und Kontrollsignale, etwa der Quittungs- und Wiederholungssignale erfolgen (s. auch in C.II.4) und C.IV.2.)).

1. Daten-Quellen und -senken

Diese peripheren Geräte sind in jedem Fall Zwischenspeicher bzw. dazugehörige Lesegeräte. Es ist hierbei gleichgültig, ob die Daten vom Menschen oder von einer technischen Einrichtung erzeugt bzw. empfangen werden. Je nachdem, ob es sich z.B. um Lochstreifen, Streifenlocher, Tastaturen, Lochkarten, Magnetband, Magnetplatte, Magnettrommel, Kernspeicher usw. handelt, sind die jeweiligen speziellen Eigenschaften dieser Speicher für den Betriebsablauf der Datenübertragung von entscheidender Bedeutung. Sie bestimmen z.B. die Wahl der Synchronisation von Lese- und Übertragungstakt, die Wahl des Übertragungsverfahrens (s. C.III.2.)) usw.

Bei der Vielzahl der möglichen Nachrichtenquellen wird die Schnittstelle zwischen der Quelle bzw. Senke und dem Anpassungsgerät jeweils verschieden ausfallen. Je nachdem, ob die Daten in Serie oder parallel angeboten werden, sind eine oder mehrere Informationsleitungen erforderlich. In allen Fällen wird eine Leitung für den Zeichentakt benötigt. Wird die Nachricht in Serie angeboten, muß noch eine zusätzliche Leitung für den Schritttakt vorhanden sein. Je nach Betriebsart gehen die Taktsignale entweder von der Quelle bzw. Senke aus oder führen zu ihr hin.

2. Anpassungsgerät

Drei wesentliche Grundfunktionen des sendeseitigen Anpassungsgerätes seien hier angeführt, wobei das empfangsseitige Anpassungsgerät die analogen Funktionen erfüllt.

- a) Anpassung der Datenquelle an den Code der Übertragungsstrecke (Fehlerkorrekturgerät, Modem, Übertragungskanal). Diese Umcodierungsaufgabe wird immer dann notwendig, wenn die Daten in einer für die Übertragung ungeeigneten Form vorliegen. Das trifft beispielsweise auf die Übertragung numerischer Information von Lochkarten zu, die im $\binom{10}{1}$ Code gespeichert sind, für deren Übertragung jedoch ein $\binom{5}{2}$ Code vorgesehen ist und deren Ausgabe wieder im $\binom{10}{1}$ Code erfolgen soll.

- b) Anpassung der peripheren Geräte in Geschwindigkeit und Betriebsablauf an die für den Übertragungsweg vorgesehene Geschwindigkeit (Anpassung der Gerätetakte).

Diese Funktion ist zum Beispiel immer dann auszuführen, wenn Datenquelle bzw. -senke nicht auf den Übertragungstakt synchronisiert werden können.

Ferner ist hier die eventuelle Aufgabe der Parallel-Serie- bzw. Serie-Parallel-Umsetzung zu nennen, die notwendig ist, wenn sich die peripheren Geräte und die Übertragungsstrecke hinsichtlich des Parallel/Serien-Verfahrens voneinander unterscheiden (s. in C.III.2.a.)).

- c) Steuerung des Betriebsablaufs

Diese Funktion besteht beispielsweise darin, daß einer Information Anfangs-, Synchronisier- und Schlußzeichen, Adressen und Zeichen zum Numerieren hinzugefügt werden (kann allerdings auch teilweise in der Datenquelle vorgenommen werden).

Wie aus Bild 1 in C.II.) ersichtlich ist, wird die Linie zwischen Anpassungs- und Fehlerkorrekturgerät von insgesamt drei Leitungen überquert: einer Datenleitung, einer Leitung für das Steuersignal zur Quelle hin und einer Leitung für den Schritttakt. Das Steuersignal ist erfor-

derlich, sofern das Fehlerkorrekturgerät ein Verfahren mit Blockwiederholung verwendet. Eventuell muß in diesem Fall beim Auftreten eines Übertragungsfehlers die Nachrichtenquelle angehalten werden.

Für die Übertragung des Schrittaktes ergibt sich, falls die Quelle nicht auf einen äußeren Takt synchronisiert werden kann, die Möglichkeit der Übertragung des Taktes vom Anpassungs- zum Fehlerkorrekturgerät (zum Beispiel beim Lochstreifenleser). Die Übertragung des Taktes vom Fehlerkorrektur- zum Anpassungsgerät wird dann vorgenommen, wenn es möglich ist, die Daten Schritt für Schritt aus der Quelle abzurufen, so bei Ferritkernspeichern.

3. Fehlerkorrekturgerät

Von den vom Anpassungsgerät in das Fehlerkorrekturgerät gelangenden Daten können hier Prüfinformationen abgeleitet werden, die es gestatten, auf der nachfolgenden Übertragungstrecke eventuell auftretende Übertragungsfehler durch ein geeignetes Fehlerkorrekturverfahren zu beseitigen. Auf die verschiedenartigen Fehlerkorrekturverfahren wird in C.IV.) eingegangen.

Angemerkt sei an dieser Stelle noch, daß das Ableiten der Prüfinformationen zum Zweck der Fehlerkorrektur nicht unbedingt in einem eigens hierfür erstellten Gerät erfolgen muß. Diese Funktion kann auch zumindest teilweise von der Datenquelle übernommen werden (z.B. per Programm in einem Rechner). Das gleiche gilt bei der diskontinuierlichen Übertragung für die Zwischenspeicherung der zu übertragenden Daten im Fehlerkorrekturgerät.

4. Modem

Eine Übertragung der in uni- bzw. bipolarer Form vorliegenden Information - Informationsquellen sind Codier- und Speichereinrichtungen - ist über die vorhandenen Nachrichtenkanäle i.a. nicht möglich. Deshalb sind geeignete Modulations- und Demodulationsschaltungen vorzusehen, das heißt, die zu Übertragenden Signale müssen in den Frequenzbereich des Übertragungssystems verlagert werden. Diese Verlagerung wird allgemein als Modulation bezeichnet, wohingegen die Demodulation den reziproken Vorgang kennzeichnet: das Zurückgewinnen der Signale, die den Informationsinhalt darstellen.

Für beide Aufgaben steht in der Datenübertragungstechnik der MODEM zur Verfügung.

Die Verfahren, nach denen dieser arbeitet, sollen hier nicht beschrieben werden (näheres s. in F.4.), F.34.), F.35.)). Die Wahl eines bestimmten Verfahrens richtet sich im wesentlichen nach der gewünschten Übertragungsgeschwindigkeit und des zur Verfügung stehenden Übertragungskanal (s. auch C.11.5.)).

Blockschaltbilder der verschiedenartigen Modems sind F.35.) zu entnehmen. Hier sei nur darauf hingewiesen, daß bei Synchronbetrieb (s. in C.111.2.b.b1.)) der Modem oft auch den für die Abtastung der Sender- und Empfangsdatenleitungen notwendigen Taktgeber und die Synchronisiereinrichtung enthält, wobei die letztere bei Daten-Empfang die Bitsynchronisation (s. in D.11.1.a.)) einleiten und aufrechterhalten soll. Diese Einrichtungen können aber auch im Adapter enthalten sein.

Für die Übertragung von Quittungs- und sonstiger etwa notwendiger Steuerzeichen enthält der Modem oft einen vom Datenkanal unabhängigen Hilfskanal (s. auch in C.111.1.)), der im Vergleich zum Datenkanal stets schmalbandig ist. Er kann z.B. am unteren Ende (370 bis 470 Hz) des Sprachbandes

(300 bis 3400 Hz) liegen, sofern dieses Band als Übertragungskanal verwendet wird, und kann mit einer Schrittgeschwindigkeit von max. 75 Baud übertragen.

In Einzelfällen kann der Modem mit zwei Übertragungswegen verbunden sein, z.B. mit dem öffentlichen Fernsprechwahlnetz und einer Mietleitung. Auf einem dieser Wege können dann Daten übertragen werden, während der andere Weg für eine Sprechverbindung frei ist. Im allgemeinen jedoch ist der Modem nur mit einem Übertragungsweg verbunden, über den zeitlich abwechselnd entweder nur Daten oder nur Sprachsignale übertragen werden können.

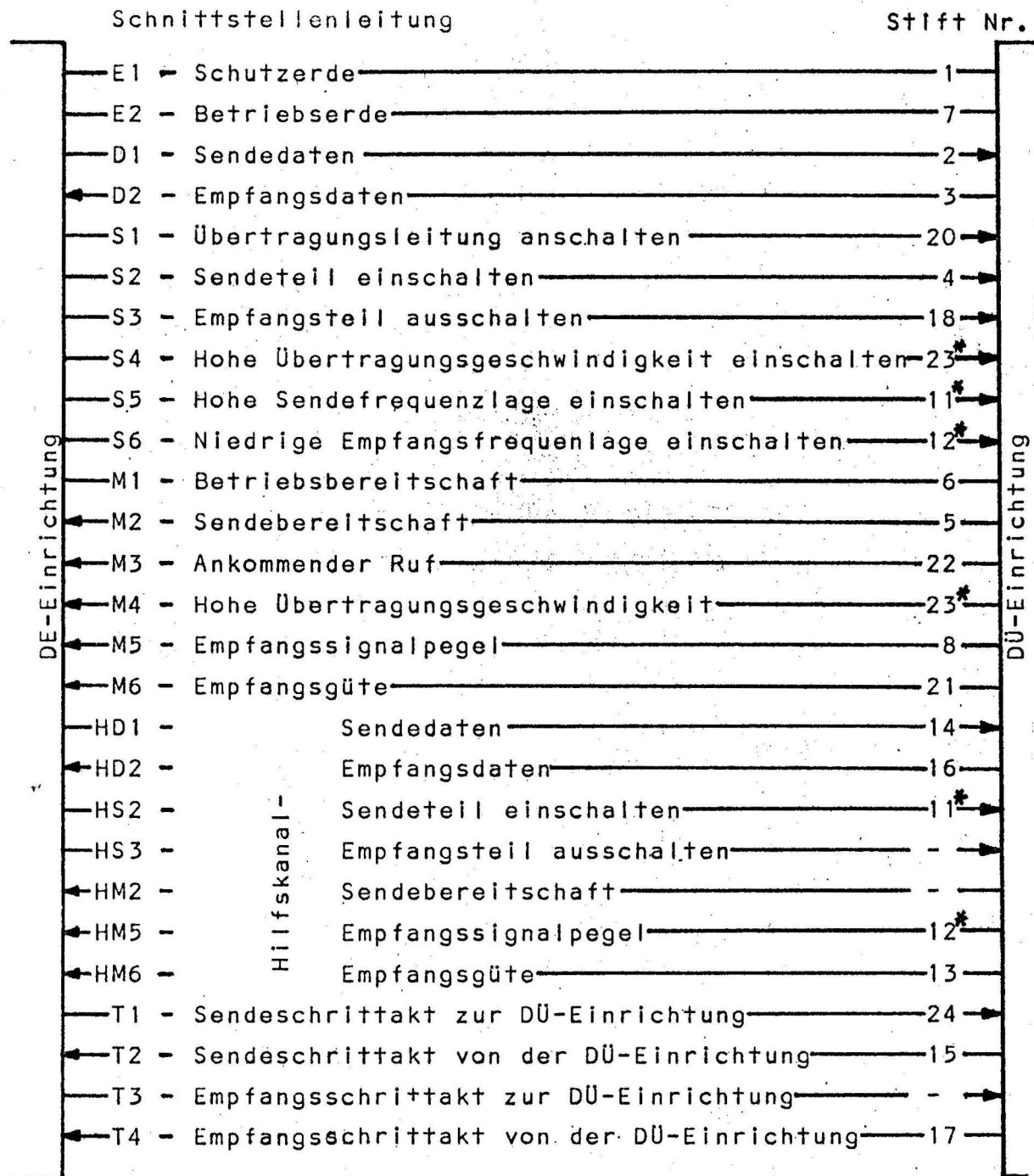
Bei Benutzung des öffentlichen Fernsprech-Wählnetzes der BRD ist die Verwendung des Post-Modems D 1200 S Vorschrift. Dieser Modem bietet 600 und 1200 bit/s Übertragungsgeschwindigkeit und arbeitet mit Frequenz-Modulation. In Verbindung mit einem besonderen Fernsprechapparat mit Datenumschalttaste ist er an jedem Hauptanschluß zu betreiben.

Ein Schalter am Modem ermöglicht neben der manuellen auch die automatische Anrufbeantwortung. Ein ankommender Ruf wird also automatisch angenommen und zur Datenendeinrichtung weitergemeldet, die dann ihrerseits zur Datenübertragung aufschaltet. Zur Zeit ist diese "Automatik" von der DBP noch nicht freigegeben.

Das automatische Auslösen der Verbindung am Ende einer Übertragung wird in jedem Fall von der Datenendeinrichtung aus vorgenommen. Auf festgeschalteten Leitungen kann der Modem für Punkt-zu-Punkt sowie für Mehrpunktverbindungen und auch für 4-Drahtleitungen eingesetzt werden.

Die Anforderungen an die Schnittstelle zwischen Datenendeinrichtung (periphere Geräte und Adapter, vgl. Bild 1 in C.1.) und Datenübertragungs-Einrichtung (Modem) bei Serienübertragung digitaler Daten sind durch Angaben über Schnittstellenleitungen und -signale bereits international festgelegt. Die folgende Übersicht über die Schnittstellenleitung:

gen wurde F.17.) entnommen. Alle weiteren diesbezüglichen Fragen sind ebenfalls dieser Literaturstelle zu entnehmen. Normungen über Modems für Parallelübertragung digitaler Daten sind in Vorbereitung.

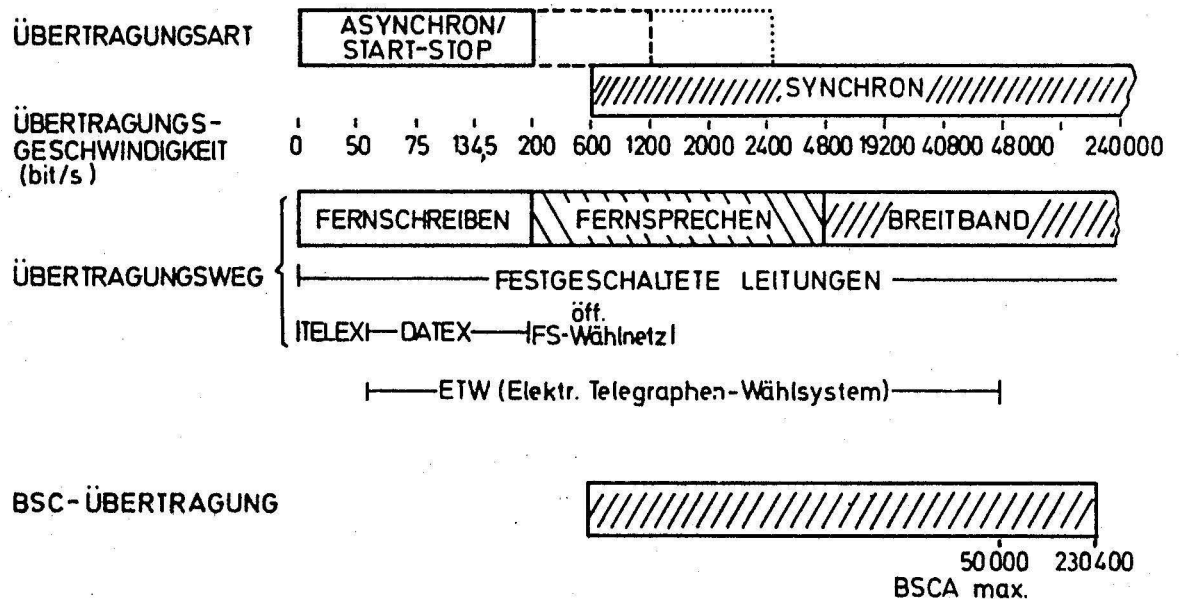


*) Stifte doppelt belegt.

5. Übertragungskanal

Aus Bild 1 sind die Zuordnungen zwischen Übertragungsart, Übertragungsgeschwindigkeit, Übertragungsweg und BSC Übertragung ersichtlich (entnommen aus F.3.)).

Bild 1:



Bezüglich "Übertragungsart" bzw. "BSC Übertragung" s. in C.III.2.b.) bzw. D.II.1.).

Die Übertragungsgeschwindigkeit findet ihre theoretisch nicht erreichbare Grenze in der sogenannten Kanalkapazität C (vgl. F.2.) S. 61) des Übertragungskanals. Für C gilt, falls die die Information Übertragenen elektrischen Signale durch weißes Rauschen gestört werden:

$$C = B \cdot \lg \left(1 + \frac{P}{N} \right)$$

wobei C = Kanalkapazität in bit/s

B = Kanalbandbreite in Hz

$\frac{P}{N}$ = Verhältnis von Signal- und Rauschleistung

z.B.: $B = 3000$ Hz vgl. Bandbreite des Sprachbandes

$$\frac{P}{N} = 1000 = 60 \text{ dB}$$

$$C = 3000 \cdot \lg (1 + 1000)$$

$$\approx 3000 \cdot \lg 1024$$

$C \approx 30\,000 \text{ bit/s}$ (vgl. F.10.) S. 716)

Bisher erreichte Werte der Übertragungs- und Schrittgeschwindigkeiten sind in den folgenden Abschnitten angegeben, die die verschiedenartigen Übertragungswege erläutern.

Über weitergehende Gesichtspunkte zur Leitungsauswahl, Netzauslegung sowie Tarife informiert F.1.).

a. Gewählte Verbindungen in vorhandenen öffentlichen Netzen

Jeder Teilnehmer, also auch der Datenteilnehmer, eines öffentlichen Netzes muß sich an die für den Gebrauch des Netzes getroffenen Vereinbarungen halten und den Gegebenheiten anpassen. Zum Beispiel muß er in Kauf nehmen, daß der angewählte Teilnehmer oder die Leitung dorthin dann und wann einmal belegt ist und dadurch Wartezeiten auftreten.

Das Telexnetz ist nur für binäre Übertragung geschaffen und dafür besonders geeignet. Die über Wähler aufgebaute 2-Draht-Verbindung besteht aus mehreren Vermittlungsabschnitten. Das Signal wird sowohl beim Teilnehmer als auch von Abschnitt zu Abschnitt in der Gleichstromlage übergeben. Wenn innerhalb eines Abschnitts die Nachricht beispielsweise tonfrequent übertragen wird, so wird am Ende dieses Abschnitts wieder demoduliert - das Gleichstromsignal wieder hergestellt. Dieses 'Telegraphie-Prinzip' hat den Vorteil, daß das Signal die Vermittlungseinrichtungen in der Gleichstromlage mit relativ großer Stromstärke durchläuft, was eine wesentliche Voraussetzung für eine fehlerarme Übertragung ist.

Das Datexnetz ist ein 4-Draht-Wählernetz nach dem Telegraphie-Prinzip und stellt einen tarifgünstigen Dienst für den unteren Geschwindigkeitsbereich der Datenübertragung dar (bis 200 bit/s). In diesem Netz können somit jeweils zwei Teilnehmern Verbindungen mit unabhängigen Kanälen für Hin- und Rückweg bereitgestellt werden.

Das öffentliche Fernsprechwählnetz ist für das Gespräch von Mensch zu Mensch eingerichtet. Sprechkreise in diesem Netz weisen ein Übertragungs-Frequenzband von 300 bis 3400 Hz auf, die Übertragung von Gleichstrom scheidet somit aus. Die Datennachricht muß daher im Gegensatz zum Telex- und Datex-Netz schon beim Teilnehmer auf eine Trägerschwingung moduliert werden. Sie wird tonfrequent über die Leitungen und Vermittlungen bis zum anderen Teilnehmer übertragen. Bei den Teilnehmern müssen also Modems (s. C.11.4.)) vorhanden sein. Je nach Modulationsverfahren und Verbindung kann im öffentlichen Fernsprechwählnetz mit einer Schrittgeschwindigkeit von 600 bis 1200 Baud gearbeitet werden, wobei z.Zt. mit der genormten FM-Modulationstechnik Übertragungsgeschwindigkeiten bis zu 1200 bit/s erreichbar sind.

Da z.Zt. eine Wählverbindung immer eine sogenannte 2-Draht-Verbindung ist, muß die Übertragungsrichtung zum Senden der Quittungssignale nach jedem Datenblock geändert werden (Halbduplexbetrieb), sofern die Modems keinen Hilfskanal besitzen (s. C.11.4.)).

Das bisher sendende Modem muß also seinen Träger von der Leitung abschalten, das bisher empfangende Modem muß ihn anschalten. Ein neues Einpegeln der Empfangskreise ist erforderlich. Diese Richtungsumkehrung benötigt in der Regel zwischen 20 und 275 ms.

Besondere Datennetze

Besondere Daten-Wählnetze können nach dem Vorbild des Fernsprechnetzes oder nach dem Vorbild des Telexnetzes (Telegraphie-Prinzip) jeweils für beliebige Übertragungsgeschwindigkeiten aufgebaut werden.

Ein Datenwählnetz kann man mittels genügend großer Anzahl von Verbindungsleitungen so dimensionieren, daß es

den speziellen Betriebsverhältnissen der Datenteilnehmer, z.B. lang dauernder Datenbetrieb auf einer Verbindung, Rechnung trägt, d.h. daß Belegtfälle weitgehend vermieden werden. Es läßt sich andererseits manchmal der Betrieb so organisieren, daß sich die verschiedenen Stationen in einem solchen Netz auch bei nur wenigen Verbindungsleitungen zwischen den Vermittlungen möglichst wenig behindern. Zum Beispiel könnte man für jede Station besondere Betriebszeiten verabreden oder die Zentrale allein mit dem Wählen der Verbindungen beauftragen.

Gegenwärtig entwickelt z.B. die DBP ein universelles Datenvermittlungssystem, das Elektr. Telegrafen Wählsystem. Dieses ETW-Netz soll alle Datenübertragungsdienste zusammenfassen, soweit sie nicht über das Fernsprech-Wählnetz oder überlassene Leitungen abgewickelt werden. Näheres s. in F.9.).

b. Festgeschaltete private oder gemietete Verbindungen
(Standverbindungen)

Wenn viele Daten ausgetauscht werden müssen, kann es wirtschaftlich sein, besondere Leitungen schalten zu lassen. Dies hat gegenüber den gewählten Verbindungen den Vorteil, daß man auf die speziellen Gegebenheiten in öffentlichen Wählnetzen keine Rücksicht zu nehmen braucht. Vielmehr lassen sich solche Standverbindungen, falls erforderlich, für die Datenübertragung besonders herrichten.

Festgeschaltete Fernsprechleitungen ermöglichen bei Anwendung der Zwei- oder Mehrphasenmodulation und äquivalenten Verfahren Übertragungsgeschwindigkeiten von z.Zt. 2400/4800 (nach F.34.) S. 35 auch schon 7200 und 9600) bit/s und über Breitbandleitungen bis zu 240 000 bit/s, s. Bild 1 in C.II.5.).

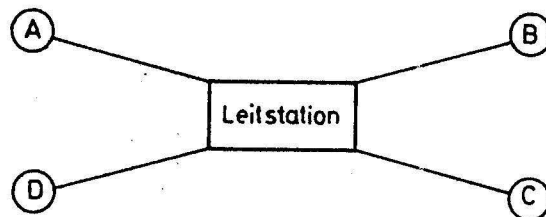
Die Störhäufigkeit auf diesen Leitungen ist geringer als auf Verbindungen des öffentlichen Fernsprech-Wählnetzes. Im Gegensatz zu einer Wahlverbindung kann hier eine 4-

Drahtleitung benutzt werden, womit die beim Halbduplexbetrieb mit einer 2-Drahtleitung auftretenden Umschaltzeiten entfallen.

Bezüglich der Netzkonfiguration sind Punkt-zu-Punkt und Mehrpunktverbindungen zu unterscheiden.

b1. Punkt-zu-Punkt-Verbindung

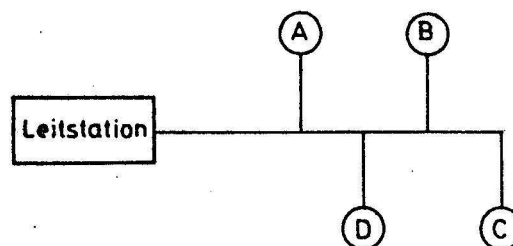
Bei einer Punkt-zu-Punkt-Verbindung oder Einzelverbindung sind lediglich zwei bestimmte Datenstationen fest miteinander verbunden. Angewendet werden kann sie z.B. in folgendem Datenverarbeitungssystem:



Hierin können alle Trabantenstationen A, B, C und D voneinander unabhängig und gleichzeitig senden oder empfangen.

b2. Mehrpunkt-Verbindung

Bei einer Mehrpunkt-Verbindung oder Gruppenverbindung sind mehrere Datenstationen fest miteinander verbunden, z.B. ... in folgendem Datenverarbeitungssystem



die Leitstation die Kontrolle über den gesamten Betriebsablauf aus. Zu jedem Zeitpunkt erfolgt ein Datenaustausch i.a. nur zwischen der Leitstation und einer der Trabantenstationen A,B,C,D.

Eine Mehrpunkt-Verbindung spart gegenüber einer entsprechenden Anordnung aus mehreren Punkt-zu-Punkt-Verbindungen erhebliche Leitungs- und Anschlußkosten, s. auch in E.III.).

c. Speichervermittlungsnetz

Im Speichervermittlungsnetz wird zwischen Sender und Empfänger keine direkte Verbindung hergestellt. Vielmehr überträgt die Sendestation die Nachricht nur zum jeweils nächsten Netzknoten. Dort wird sie gespeichert, bis der nächste Übertragungsabschnitt frei ist, und dann erst weitergesendet. Beim nächsten Netzknoten wird die Nachricht abermals gespeichert, und so geht das fort, bis die Nachricht den Empfänger erreicht. Die Nachricht wird also etappenweise befördert wie im Telegrammverkehr.

Vorteile eines solchen Netzes sind: Besonders gute Ausnutzung der Leitungen, Rundschreib- und Vorrangnachrichten (wichtige und eilige Nachrichten) können leicht bearbeitet werden. Wenn man in den Netzknoten zudem noch Umsetzer vorsieht, können auch Nachrichten zwischen Stationen ausgetauscht werden, die mit verschiedenem Code, Coderahmen oder Format arbeiten. Es ist außerdem möglich, in einer unteren Netzebene mit einer geringen und in einer oberen Netzebene mit einer höheren Geschwindigkeit zu übertragen.

III. Betriebs- und Übertragungsverfahren

1. Betriebsverfahren

Beim Datenverkehr können Daten nur in einer oder in beiden Richtungen übertragen werden. Für den zweiten Fall kann es eintreten, daß beide Richtungen entweder zu verschiedenen Zeiten oder gleichzeitig betrieben werden sollen. Da neben dem Datenkanal in der Vorwärtsrichtung in den meisten Fällen noch ein Übertragungskanal in der Gegenrichtung (Rückkanal) für Quittungs- oder Steuersignale vorhanden ist, muß unterschieden werden, ob der Kanal in der Rückwärtsrichtung gleichzeitig oder abwechselnd mit dem Datenkanal in der Vorwärtsrichtung betrieben werden soll.

Grundsätzlich unterscheidet man in Bezug auf die Möglichkeiten der Übertragungsrichtung drei Betriebsverfahren:

a. Simplexverfahren

Für das Simplexverfahren ist nur ein Übertragungskanal erforderlich, der für eine Übertragung in eine durch die Anordnung vom Sender und Empfänger definierte Richtung betrieben werden kann. Quittungssignale können von der Empfangsstelle zur Sendestelle nicht übermittelt werden.

b. Duplexverfahren

Das Duplexverfahren gestattet die gleichzeitige Übertragung von Nachrichten in beiden Richtungen. Für die Realisierung des Verfahrens stehen folgende Mittel zur Verfügung:

1. Verwendung von zwei Leitungen mit gleichen Frequenzen;
2. Verwendung von verschiedenen Frequenzen für beide Übertragungsrichtungen auf einer Leitung;

3. Verwendung von zwei Leitungen mit verschiedenen Frequenzen.

Quittungssignale lassen sich ohne Zeitverlust übertragen, weil beide Übertragungsrichtungen gleichzeitig ausgenutzt werden können (s. C.IV.2.b.)).

c. Halbduplexverfahren

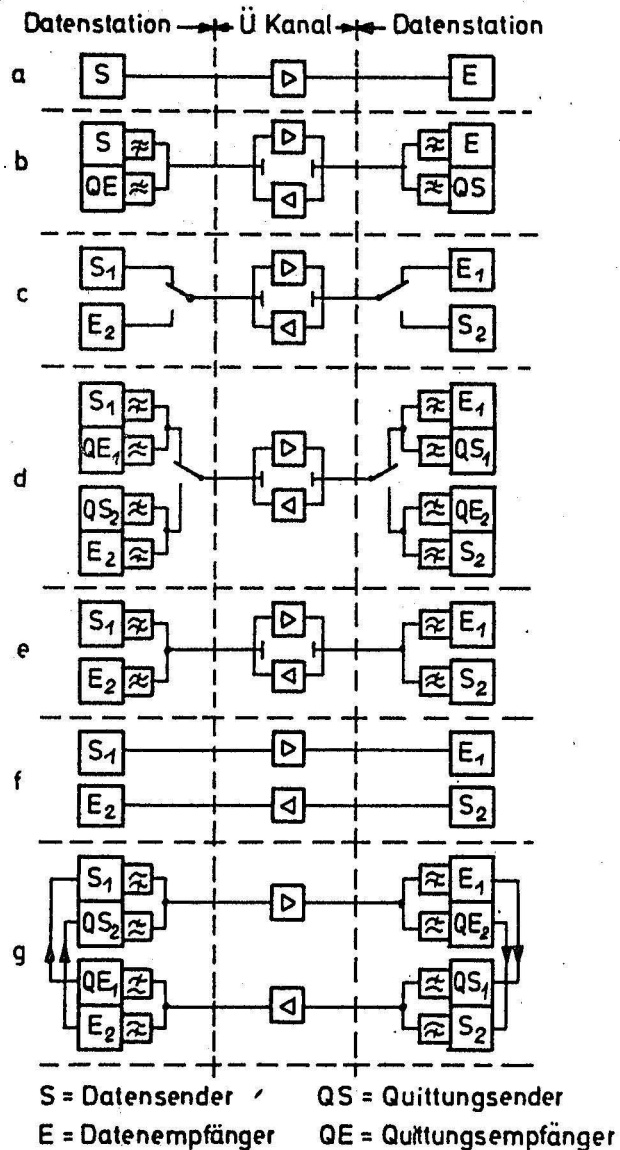
Bei diesem Verfahren wird wie beim Duplexverfahren ein Übertragungsweg in beiden Richtungen, aber zeitlich nacheinander benutzt.

Die Übertragung von Quittungssignalen ist grundsätzlich mit einem Zeitverlust verbunden, der mindestens gleich der doppelten Übertragungslaufzeit ist, vermehrt um die Umschaltzeit (Vgl. Bild 1 in C.IV.2.b.)).

Eine Zusammenstellung der technischen und betrieblichen Eigenschaften des Simplex-, Duplex- und Halbduplexverfahrens bringt die folgende Tabelle, die aus F.4.) S. 48 entnommen wurde.

Verfahren	Technische Eigenschaften	Betriebliche Eigenschaften
Simplex	keine Quittung	Ein-Weg-Verbindung möglich
Duplex	Quittung ohne Zeitverlust	Echosperren nicht möglich
Halb-Duplex	Quittung mit Zeitverlust	Echosperren möglich

Zur näheren Erläuterung sind im Bild 1 einige Betriebsverfahren bei der Datenübertragung zusammengestellt.

Bild 1:

Fall a kennzeichnet eine typische Simplexverbindung. Die Fälle b bis e verwenden beispielsweise Verbindungen im öffentlichen Fernsprechnet (Zweidrahtleitung), die in beiden Richtungen übertragungsfähig sind und über einen Rückkanal verfügen.

Die Anordnungen b und c gestatten die Übertragung der Daten in einer Richtung. Während bei b durch Aufteilung des Frequenzbandes in einen breiten Daten- und einen schmalen Rückkanal gleichzeitig beide Kanäle betrieben werden können, gewährt c lediglich die Möglichkeit, abwechselnd Daten, Quittungs- oder Steuersignale zu

übertragen. Der Vorteil gegenüber b besteht darin, daß hier das gesamte Frequenzband der Leitung zur Verfügung steht und der Rückkanal gleichzeitig als Datenkanal benutzt werden kann.

Fall d ist eine Kombination aus b und c. Der Datenverkehr erfolgt in beiden Richtungen, jedoch wechselseitig bei gleichzeitiger Übertragung der Quittungssignale in je einem schmalen Rückkanal.

Ein Sonderfall von b ist in e dargestellt. Rück- und Datenkanal haben die gleiche Bandbreite, können demzufolge für beide Zwecke genutzt werden. Bei gleichzeitiger Übertragung verschiedener Daten in beiden Richtungen können die Quittungs- und Steuersignale jeweils in der Gegenrichtung eingeblendet werden.

Die in den Fällen f und g dargestellten Möglichkeiten verwenden im allgemeinen festgeschaltete Verbindungen, sog. Mietleitungen, die meist als Vierdrahtverbindungen vorliegen. Für den Fall f gilt das unter e Gesagte. Allerdings steht hier die gesamte Bandbreite des Übertragungsweges für beide Richtungen zur Verfügung. Der Fall g bedeutet prinzipiell lediglich eine Erweiterung der Endstellen von b auf Vierdrahtbetrieb.

2. Übertragungsverfahren

Unter Übertragungsverfahren sollen hier nicht die Modulations- und Demodulationsverfahren (auf diese wurde in C.11.4.) eingegangen) verstanden werden, sondern die diesen übergeordneten Begriffe der Serien-, Parallel-, Synchron-, Asynchron- und Start-Stop-Verfahren.

a. Serien- und Parallelverfahren

Ein Binärschritt kann zum Beispiel übertragen werden, indem ein geeignetes Modulationsverfahren verwendet wird, das zwischen zwei möglichen Zuständen, wie Ein- und Austastung eines Trägers, Frequenzumtastung zwischen zwei Kennfrequenzen oder Zwei-Phasenumtastung, unterscheidet.

Bei binären Modulationsverfahren liegt eine Serienübertragung vor, wenn zur Übertragung des Binärschrittes nur ein Träger benutzt wird. Diese Technik findet z.B. Anwendung im Telexnetz; denn die einzelnen Binärschritte, aus denen ein Fernschreibzeichen zusammengesetzt ist, werden zeitlich nacheinander übertragen. Benutzt man dagegen mehrere Träger bzw. Kanäle zur Übertragung der Zeichen, dann liegt eine Parallelübertragung vor. Bei Parallelübertragung kann beispielsweise eine Information, die sich aus Zeichen mit je n Bit zusammensetzt, dadurch weitergegeben werden, daß man das Frequenzband in n Kanäle aufteilt und im ersten Kanal das erste Bit, im zweiten Kanal das zweite Bit usw. überträgt. Es wird demzufolge eine der Schrittgeschwindigkeit in den einzelnen Kanälen entsprechende Zahl von Zeichen je sec übertragen. Die Kanalzahl braucht jedoch nicht mit der Zahl der Bit je Zeichen übereinzustimmen.

In der folgenden Tabelle (entnommen aus F.4.)), sind die Unterschiede zwischen dem Serien- und Parallelverfahren im Hinblick auf Störungen und Verzerrungen grob angedeutet. Es wird dabei vorausgesetzt, daß die gesamte Signalleistung in beiden Fällen gleich groß und durch

die Forderung begrenzt ist, eine Überlastung der Trägerfrequenzsysteme zu vermeiden. Werden diese Tatsachen zugrunde gelegt, ergibt sich, daß die Störanfälligkeit gegenüber Rauschen in beiden Fällen zwar gleich, jedoch bei Impulsstörungen die Anwendung des Parallelverfahrens vorteilhafter ist.

	Impuls- störung	Rauschen	Periodi- sche Störung	Lineare Verzer- rung	Nicht- lineare Verzer- rung	Betrieb- liche Eigen- schaften
Serie	-	gleich	besser ($\sqrt{n}$)	-	besser	beliebi- ger Code
Parallel	besser ($\sqrt{n}$)	gleich	-	besser	-	starrer Code

Bei n Parallelkanälen erscheint beispielsweise die Spitzenamplitude eines kurzen Störimpulses infolge der geringen Breite dieser Kanäle um den Faktor n kleiner als beim Serienverfahren; die Nutzamplitude eines Parallelkanals ist um den Faktor $\frac{1}{\sqrt{n}}$ kleiner als beim Serienverfahren. Demzufolge ergibt sich beim Parallelverfahren insgesamt nur eine Verbesserung um $\sqrt{n}$. Betrachtet man die linearen Verzerrungen, insbesondere die Laufzeitverzerrungen an den Rändern des Übertragungsfrequenzbereiches, so ist das Parallelsystem im Vorteil, da die Laufzeitverzerrungen mit der längeren Schrittzeit des Parallelsystems verglichen werden müssen. Nichtlineare Verzerrungen dagegen, die beispielsweise durch den Einsatz eines Komponders entstehen können, wirken sich beim Parallelverfahren stärker aus.

Besonders wichtig erscheint die betriebliche Eigenschaft, daß bei einem Parallelsystem der Code praktisch vorgegeben ist. Beim Seriensystem bleibt dagegen die Codewahl völlig freigestellt, das heißt, es kann ein beliebiger Code verwendet werden.

Bei den Datenendeinrichtungen liegen die Informationen meist parallel vor. Deshalb sind Parallel-Übertragungssysteme in der Regel leichter anzuschließen als Serien-Übertragungssysteme, da bei den letzteren ein Parallel-Serien-Umsetzer vorgesehen werden muß. Ob ein Seriensystem einschließlich Umsetzer billiger ist als ein Parallelsystem, hängt von dem jeweiligen Anwendungsfall ab.

b. Synchron-, Asynchron- und Start-Stop-Verfahren

Solange empfangsseitig eine Zeitbezugsinformation fehlt, hat jedes binär codierte Signal wenig Sinn. Erst wenn die Dauer oder Breite eines Datenzeichens bekannt sind, besteht eine Möglichkeit, die gesendete Information in bezug auf die Anzahl der Datensymbole 0 und 1 genau zu identifizieren. Die Übertragung der Zeitbezugsinformation kann nach drei grundsätzlich verschiedenen Verfahren organisiert werden:

- nach dem Synchronverfahren
- nach dem Asynchronverfahren
- nach dem Start-Stop-Verfahren

b1. Synchronverfahren

Bei Systemen, die nach dem Synchronverfahren arbeiten, kann die Übertragung der Zeitbezugsinformation entweder durch ein völlig getrenntes Signal erfolgen oder es wird das Signal selbst, das die Nutzinformation überträgt, als Zeitbezugswert herangezogen. Das erste Verfahren hat den Vorteil, daß die einwandfreie Übertragung der Zeitinformation in keiner Weise von der übertragenen Signalfolge abhängt.

Es hat aber folgende Nachteile:

- Die Übertragung eines zusätzlichen Signals erhöht die Kompliziertheit der Schaltung für den Synchronismus.
- Der Signalspitzenleistung am Leitungseingang bleibt eine Grenze gesetzt. Für das Signal, das die Zeitinformation enthält, ist deshalb ein niedriger Pegel vor-

zusehen. Dadurch wird dieses Signal empfindlicher gegenüber auftretenden Störungen.

- Nutzinformation und Zeitinformation werden mit Hilfe verschiedener Träger übertragen. Es ergeben sich somit unterschiedliche Laufzeitverzerrungen, die zu Phasenverschiebungen zwischen beiden Signalen führen.

Auf Grund der Nachteile wird dieses Synchronsystem nur dort zweckmäßig sein, wo günstige Signalfolgen eine Anwendung des zweiten Synchronsystems nicht gestatten.

In den meisten praktischen Fällen jedoch, besonders dort, wo fehlererkennende oder -korrigierende Codes verwendet werden, ist die alternative Methode der Übertragung einer Zeitbezugsinformation am zweckmäßigsten. Hierbei gibt es für das Gewinnen der Zeitbezugsschwingung verschiedene Möglichkeiten. Meist werden die Übergänge der demodulierten Information - von 0 nach 1 oder umgekehrt - dazu verwendet, einen freischwingenden Oszillator in die richtige Phasenlage zu bringen, so daß die Empfangsstelle stets in einem Synchronismus mit dem Zeitraster der empfangenen Binärschritte gehalten werden kann. Außer dieser Bit-Synchronisation ist noch eine Zeichensynchronisation erforderlich, die als Festlegung der Zusammengehörigkeit einer Folge von Binärschritten zu einem Zeichen innerhalb des seriellen Datenstromes auf der Empfangsdatenleitung zu verstehen ist.

Auf die Möglichkeiten zur Einleitung und Aufrechterhaltung dieser Synchronisierungen wird in D.11.) eingegangen.

b2. Asynchronverfahren

Im Gegensatz zu DIN 44 302 (Blatt 11) (s. in F.20), sei hier eine wesentlich weiter gefaßte Definition angegeben (s.auch F.5.)).

Bei Systemen, die nach dem Asynchronverfahren arbeiten, wird i.a. kein festes Zeitraster der Binärschritte verwendet. Vielmehr wird entweder jeweils ein besonderer

Binärschritt zur Trennung der einzelnen Daten-Binärschritte hinzugefügt oder aber es wird eine Codierung der Daten gewählt, die sich dadurch auszeichnet, daß zwei aufeinanderfolgende Binärschritte stets ungleich sind.

Somit erfordert das Asynchronverfahren gegenüber dem Synchronverfahren eine Übertragung von i.a. wesentlich mehr Binärschritten (unter Zugrundelegung der gleichen Nutzinformation). Praktisch eingesetzt werden kann dieses Verfahren z.B. dann, wenn die Übertragung mit einer beliebigen, aus einer Vielzahl zur Verfügung stehender Geschwindigkeiten möglich sein soll.

Bezüglich Bit- und Zeichen-Synchronisierung vgl. vorhergehenden Abschnitt.

b3. Start-Stop-Verfahren

Dieses Verfahren kann als Kombination von Synchron- und Asynchron-Verfahren aufgefaßt werden. Einerseits wird für die Zusammenfassung der einzelnen Binärschritte zu Datenzeichen ein festes Zeitraster verwendet, andererseits wird jedes Datenzeichen durch Start- und Stop-Binärschritte begrenzt, die dadurch eine asynchrone Übertragung der Datenzeichen ermöglichen.

b4. Gegenüberstellung

In der folgenden Tabelle sind die wichtigsten Vor- und Nachteile der drei zuletzt genannten Übertragungsverfahren einander gegenübergestellt.

	Asynchronver- fahren	Start-Stop-Ver- fahren	Synchronver- fahren
Vorteile	s. unter Start- Stop-Verf.; ge- genüber Start- Stop-Verf. keine Festlegung auf eine bestimmte Taktgeschwindig- keit während des Übertragungs- zeitraumes	geringer (wenn überhaupt) Ver- lust von Daten infolge Mangel an Synchronisa- tion, da jedes Zeichen indivi- duell synchroni- siert ist.	gutes Verhältnis von Daten- zu Kontrol-Binär- schritten, d.h. geringe Redun- danz
Nachteile	s. unter Start- Stop-Verf.	schlechtes Ver- hältnis von Daten- zu Kon- trollschritten, d.h. große Redundanz	hoher Verlust von Daten zwischen Synchronierzei- chenfolgen, wenn die Datenstatio- nen aus der Syn- chronisation herauslaufen

IV. Fehler-Erkennung und -Korrektur

1. Störeinflüsse und Fehlersicherheit

Das Hauptproblem der fehlersicheren Datenübertragung ist die Fehlererkennung und Fehlerkorrektur. Die Wahl des Fehlersicherungsverfahrens für ein Datenübertragungssystem ist im wesentlichen abhängig von folgenden zwei Faktoren:

- a) Störanfälligkeit der Übertragungsstrecke
- b) Geforderte Sicherheit gegen Übertragungsfehler

Diese Faktoren werden in den folgenden Abschnitten näher erläutert.

a. Störanfälligkeit der Übertragungsstrecke

Unter der Übertragungsstrecke werden in diesem Zusammenhang der Übertragungskanal und die mit diesem zusammenarbeitenden Modulations- und Demodulationseinrichtungen (Modems) verstanden. Die zuletzt genannten Einrichtungen haben starken Einfluß auf die Fehlerstatistik, weil jede Klasse von Störungen auf die verschiedenen Modulations- und Demodulationseinrichtungen ganz bestimmte Wirkungen ausübt. Es ist also zu erwarten, daß die Gesamtheit der Störungen die verschiedenen Modulationsarten jeweils anders beeinflusst. Dadurch ergeben sich andere Fehlerwahrscheinlichkeiten und andere Verteilungen.

Die in der Praxis vorkommenden Störungen können nach verschiedenen Gesichtspunkten klassifiziert werden, z.B. nach der Art des Spektrums, dem zeitlichen Verlauf oder dem Grad ihrer Wirkung.

Die Ursachen dieser Störungen können elektrischer oder auch nichtelektrischer Art sein.

Häufige Störungen sind z.B.:

Störungen, die durch Eigenschaften der Leitungen hervorgerufen werden:

Dämpfungsverzerrungen

Gruppenlaufzeitverzerrungen

Äußere Störeinflüsse:

Impulsstörungen

Nebensprechen

insbesondere im Fernsprech-

weißes Rauschen

wählnetz

AM-Effekte:

Modulationsrauschen

kurzzeitige Unterbrechungen

Signalpegelschwankungen

FM-Effekte:

Frequenzverschiebungen (langsam)

Frequenzabweichungen (plötzlich)

Werden die einzelnen Störungen nach ihrer Wirkung gruppiert, sind bei der Übertragung eines Binärschrittes zwei verschiedene Fehlerklassen möglich.

1. Klasse: Das Binärelement L wird in das Binärelement 0 verfälscht ($L \rightarrow 0$). Das Binärelement 0 bleibt unverfälscht.
2. Klasse: Das Binärelement 0 wird in das Binärelement L verfälscht ($0 \rightarrow L$). Das Binärelement L bleibt unverfälscht.

Das bedeutet, daß Störungen der 1. Klasse während der Übertragung des Binärelementes 0 keinen Fehler verursachen, dagegen Störungen der 2. Klasse keinen Fehler während der Übertragung des Binärelementes L.

Übertragungsstrecken, bei denen die Häufigkeiten des Auftretens dieser beiden Klassen von Störungen voneinander verschieden sind, nennt man 'unsymmetrisch'. Für den Fall, daß beide Häufigkeiten gleich sind, wird die Übertragungsstrecke 'symmetrisch' genannt. Bei dieser Art von Übertragungsstrecken kann man auf die Klassifizierung der Störungen nach ihrer Wirkung verzichten. Man spricht schlechthin von einem Schrittfehler, wenn ein Binärschritt in seinen negierten Zustand verfälscht wird, unabhängig davon, in welchem der beiden möglichen Zustände sich der Binärschritt gerade befand.

Bei einer binären Übertragungsstrecke mit wesentlich unsymmetrischem Störcharakter ergeben sich andere Gesichtspunkte für die Codierung als bei einer symmetrischen Übertragungsstrecke.

b. Geforderte Sicherheit gegen Übertragungsfehler

Die zu übertragenden Daten haben - je nach Anwendungsfall - sehr verschiedenen Charakter und stellen daher auch verschiedene Anforderungen an die Sicherheit des Übertragungssystems. Beispielsweise wird die Übertragung eines Rechnerprogramms einen erheblich größeren Aufwand an Sicherung gegen Übertragungsfehler erfordern als das Sammeln von Lagerbestandsangaben, die ohne besondere Sicherung von Menschen eingegeben werden; denn die mittlere Fehlerwahrscheinlichkeit eines Rechners liegt bei etwa 10^{-9} , die des Menschen bei 10^{-3} . Wenn die 'Ursprungsfehlerhäufigkeit' der Nachricht bei z.B. 10^{-3} liegt, braucht die Fehlerhäufigkeit bei der Übertragung sicher nicht besser als 10^{-5} zu sein. Andererseits reicht eine Fehlerhäufigkeit von 10^{-5} für die Übertragung eines Rechnerprogramms nicht aus.

Aus diesen Überlegungen ist zu ersehen, daß Nachrichten sehr verschiedenes Gewicht und die Schrittfehler große oder kleine Bedeutung haben können.

Da man es mit einer Kette von Fehlerquellen zu tun hat, bestimmt der Abschnitt mit der größten Fehlerhäufigkeit fast ausschließlich die Gesamt-Fehlerhäufigkeit, mit der die Nachricht nach der Auswertung dem Menschen wieder zugänglich gemacht wird. Die Fehlerhäufigkeit der Quelle muß also kleiner sein als die zulässige Fehlerhäufigkeit bei der Senke. Aus dem Unterschied der Fehlerhäufigkeit der Quelle und der zulässigen Fehlerhäufigkeit bei der Senke ergibt sich die zulässige Fehlerhäufigkeit für die Übertragung.

2. Methoden der Fehlersicherung

Es kann grundsätzlich zwischen zwei verschiedenen Methoden der Fehlersicherung unterschieden werden:

- (1) Die Nachricht wird in einem 'fehlerkorrigierenden Code' codiert, der empfangsseitig die Feststellung der Lage des Fehlers in der Nachricht gestattet. Die Korrektur erfolgt ohne Wiederholung.

Vorteil: Keine Signale werden zur Senderseite zurückgegeben. Es ist somit nur eine Übertragungsrichtung erforderlich. Der Nachrichtenfluß ist kontinuierlich.

Nachteil: Für eine hohe Fehlersicherheit ist die Redundanz der zu verwendenden Codes oft zu groß.

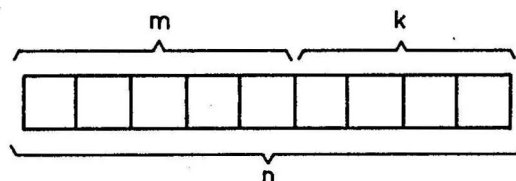
- (2) Die Methode ist dadurch gekennzeichnet, daß im Störfall die ganze Nachricht oder Teile von ihr wiederholt werden. Hier wird die Nachricht in einem 'fehlererkennenden Code' codiert. Beim Auftreten eines Fehlers wird die Wiederholung automatisch oder manuell eingeleitet.

Vorteil : Verringerung des technischen Aufwands für die Codierung und Erhöhung der Fehlersicherheit.

Nachteil: Es muß in jedem Fall eine Duplex- oder Halbduplexverbindung vorliegen. Der Nachrichtenfluß ist diskontinuierlich.

Bild 1 veranschaulicht die Bezeichnungen bei einem geschützten Code.

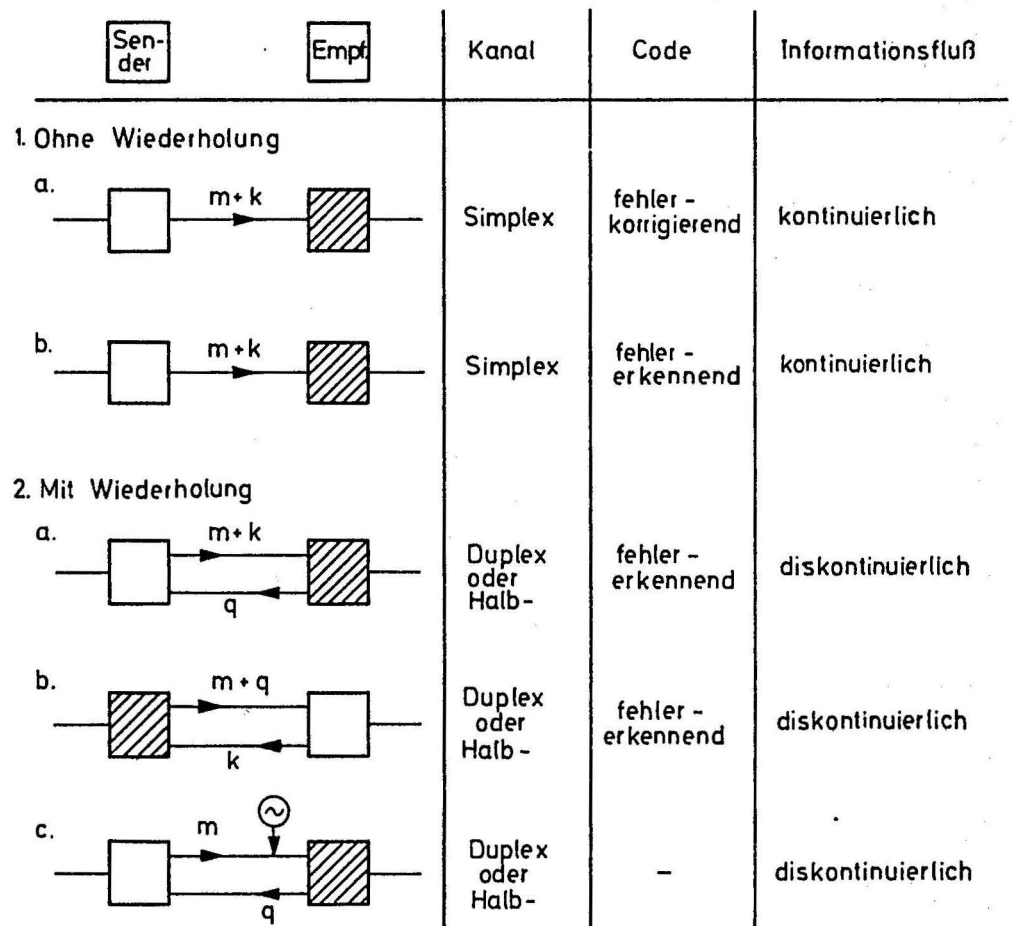
Bild 1:



Ein solcher Code besteht aus m Nachrichtenbits, so daß 2^m Nachrichten möglich sind. Sie werden durch k zusätzliche (redundante) Bits geschützt, die das Ergebnis von k Quersummenprüfungen darstellen.

Infolge dieser Redundanz existieren dann so viele sinnlose, d.h. im Code nicht enthaltene Wörter (jeweils n Bits lang), daß eine Störung mit entsprechend großer Wahrscheinlichkeit ein solches sinnloses Wort erzeugt. Damit ist der Fehler erkannt und kann unter bestimmten Bedingungen ohne Wiederholung der Nachricht selbsttätig korrigiert werden (s. C.IV.3.)). Im Bild 2 sind fünf verschiedene Fehler-sicherungsverfahren nach ihrer prinzipiellen Arbeitsweise zusammengestellt, die mit den oben angeführten Codes realisiert werden können. In der Praxis sind auch Kombinationen der einzelnen Verfahren üblich.

Bild 2: (Die Schraffur kennzeichnet die fehlererkennende Baueinheit)



In den beiden folgenden Abschnitten sind diese Verfahren näher erläutert.

a. Fehlersicherungsverfahren ohne Wiederholung

Die unter 1. in Bild 2 im vorigen Abschnitt angegebenen beiden Verfahren arbeiten ohne Wiederholung und übertragen die $n = m + k$ Bits nur in einer Richtung. Verwendet wird ein Simplexkanal. Da hier die Rückrichtung fehlt, ergibt sich als nur sinnvolle Möglichkeit die Verwendung entweder a) eines fehlerkorrigierenden oder b) eines fehlererkennenden Codes. Im Fall b) werden also die gestörten Teile der Nachricht lediglich erkannt und ausgeschieden aber nicht korrigiert, d.h. es wird der Neuigkeitswert der Nachricht höher bewertet als die Vollständigkeit.

b. Fehlersicherungsverfahren mit Wiederholung

Die unter 2. im Bild 2 in C.IV.2.) angegebenen drei Verfahren arbeiten sämtlich mit Wiederholung und verwenden, wenn überhaupt, einen fehlererkennenden Code. Es muß also zur Realisierung dieser Verfahren eine Duplex- bzw. Halb-Duplex-Verbindung vorliegen. Die Anzahl der Wiederholungen ist abhängig von der Größe und der Dauer der Störungen. Demzufolge ist der Informationsfluß bei den Verfahren mit Wiederholung diskontinuierlich.

zu 2a) Fehlererkennung beim Empfänger (Entscheidungsrücksendung)

Der Empfänger trifft die Entscheidung, ob weiter übertragen werden soll oder ob wiederholt werden muß. Dem Sender wird diese Entscheidung mit Hilfe eines Quittungssignals q mitgeteilt.

zu 2b) Fehlererkennung beim Sender (Redundanz-, Informationsrücksendung)

Hier werden nur die m nachrichtenhaltigen Bits übertragen, die k Prüfbits sowohl vom Sender als auch vom Empfänger abgeleitet und vom Empfänger rückwärts zum Sender übertragen. Der Sender vergleicht die selbst abgeleiteten Prüfbits mit den vom Empfänger rückwärts übertragenen Prüfbits und entscheidet über die Wiederholung

eines Zeichens, wenn beide Prüfungen verschiedene Ergebnisse zeigen. Die Entscheidung muß dem Empfänger mit Hilfe des Quittungssignals q mitgeteilt werden (Redundanzrücksendung). Anstelle der k Prüfbits können auch die m nachrichtenhaltigen Bits zum Sender zurückübermittelt werden (Informationsrücksendung).

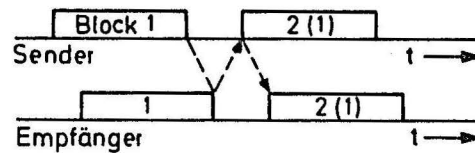
zu 2c) Fehlererkennung mit zusätzlichem Störererkennungskanal

Prinzipiell kann ein ungeschützter Code verwendet werden. Empfangsseitig wird ein zusätzliches Störererkennungssignal vorgesehen, das die Aufgabe hat, eine auftretende Störung anzuzeigen. Beispiele für derartige Störererkennungskanäle sind: Ein zusätzlicher sendeseitig nicht belegter Parallelkanal, die Ausnutzung der Amplitudenmodulation des Trägers zur Störanzeige bei einem FM-Verfahren, eine Messung der Zeichenverzerrung des Empfangssignals und dergleichen mehr. Die Wiederholung der Sendung wird wieder mit einem Quittungssignal q angefordert, sobald die im Störererkennungskanal angezeigte Störung einen bestimmten Schwellwert übersteigt. Die Wiederholung erfolgt unabhängig davon, ob ein empfangenes Zeichen gerade gestört war oder nicht. Es besteht die Möglichkeit, dieses Verfahren mit den vorhergehend besprochenen Fehlererkennungsverfahren zu kombinieren und eine Wiederholung zu veranlassen, wenn entweder der fehlererkennende Code oder der Störererkennungskanal dies vorschreibt.

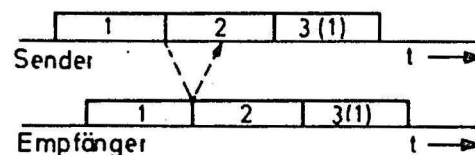
Bezüglich der Rücksendung des Quittungssignals bieten sich für grundsätzlich alle diese drei Verfahren die zwei in Bild 1 dargestellten Möglichkeiten an, wobei eine 4-Draht-Verbindung zugrundegelegt sei.

Bild 1: (Block: Bitfolge endlicher Länge)

a. Blockwiederholung mit Wartezeit



b. Blockwiederholung ohne Wartezeit

zu a) Blockwiederholung mit Wartezeit

Die Sendestelle wartet nach der Sendung eines Datenblocks auf das Quittungssignal des Empfängers. Die Wartezeit setzt sich aus der doppelten Laufzeit des Übertragungsweges und aus den internen Laufzeiten der Sende- und Empfangsstelle zusammen. Mit dem Eintreffen des Quittungssignals erfolgt die Sendung des nächsten Blocks. Im Falle einer fehlerhaften Übertragung wird der Block wiederholt.

zu b) Blockwiederholung ohne Wartezeit:

Nach der Sendung des ersten Blocks wird sofort der zweite Datenblock übertragen. Während der Sendung des zweiten Blocks erfolgt vom Empfänger die Übertragung des Quittungssignals zur Sendestelle. Danach wird entweder die Übertragung des dritten Blocks oder im Wiederholfall für den ersten Block dieser nochmals übertragen usw. Die Wartezeit ergibt sich wiederum aus der doppelten Übertragungslaufzeit und den Gerätelaufzeiten. Der Vorteil gegenüber a) besteht darin, daß während der Übertragung eines Datenblocks die Sendung der Quittungs- bzw. Wiederholungs-signale vorgenommen wird und somit zusätzliche Zeitverluste vermieden werden. Die Verlustzeiten werden hier lediglich durch die Häufigkeit der Wiederholungen bestimmt. Der Nachteil gegenüber a) besteht in einer aufwendigeren

Steuerungs- und Gerätetechnik.

Für beide Fälle a) und b) gilt: Bei Zugrundelegung einer 2-Draht-Leitung mit dem in Bild 1 unter C.II.) angegebenen R-Kanal ergeben sich infolge dessen relativ kleiner Übertragungsgeschwindigkeit größere Warte- und Übertragungslauf-Zeiten.

In F.2.) S. 853 ist angegeben, daß die Möglichkeit b) bis zu einer Blocklänge von etwa 700 bit einen größeren mittleren Nachrichtenfluß ergibt als die Möglichkeit a), sofern folgende Bedingungen erfüllt sind:

Schrittgeschwindigkeit: $v=1200$ Baud

Laufzeit zwischen den
beiden Stationen (bei

Möglichkeit a) : $\tau=10$ ms

mittlere Blockfehler-
wahrscheinlichkeit

(bei Blocklänge $L=$

1000 Bit) : $w_{BF}=0...10\%$

Weitere Informationen über die Wahl der Blocklänge sind in F.15.) enthalten. Dort ist auch angegeben, welcher Art die Block-Zwischenspeicherung im Adapter der Sende- bzw. Empfangs-Stelle sein kann. Je nachdem, ob das Prinzip des Halbduplexbetriebs, der Wechselspeicherung oder der Laufzeitsteuerung der Blockwiederholung zugrundegelegt wird, ergibt sich in steuerungs- und gerätetechnischer Hinsicht ein entsprechend großer Aufwand.

3. Fehlerkorrigierende und fehlererkennende Codes

Wie bereits im vorhergehenden Abschnitt angedeutet beruhen viele Sicherungsverfahren darauf, daß auf der Senderseite den Daten Redundanz hinzugefügt wird. Die daher letztlich zu übertragenden Blöcke sind jeweils als Wörter eines fehlerkorrigierenden oder fehlererkennenden Codes anzusehen. Grundsätzlich ist unter diesen Codes nicht zu verstehen, daß sie in der Lage wären, alle Fehler zu korrigieren bzw. zu erkennen. Der Wirkungsbereich umfaßt stets nur ganz bestimmte Arten von Fehlern. Die Klassifizierung der Codes muß demzufolge auf Grund einer Klassifizierung der möglichen Fehlermuster im Codewort vorgenommen werden. Zwei verschiedene Gesichtspunkte für die Klassifizierung der Fehlermuster sind üblich: einerseits die Einteilung der Fehlermuster nach der Anzahl e der statistisch voneinander unabhängigen Bitfehler im Block, andererseits die Einteilung nach der Burstlänge b des Fehlermusters (Burstlänge: Anzahl der Bits vom ersten einschließlich dem letzten falschen Bit im betrachteten Block, wobei die einzelnen Bitfehler nicht mehr voneinander statistisch unabhängig sind).

Es liegt also nahe, die Codes folgendermaßen zu unterscheiden:

1-Fehler	korrigierender	bzw.	erkennender	Code
2-	"	"	"	"
.				
.				
.				
e-Fehler	"	"	"	"

Kriterien zur Beurteilung der Wirksamkeit eines Codes für die Korrektur und das Erkennen einer bestimmten Anzahl von Bitfehlern im Codewort sind die Hamming-Distanz (oder einfach Abstand) und der Reduktionsfaktor, auf die hier nicht eingegangen werden soll, näheres s. in F.4.) S. 97 ff und S. 117 ff.

a. Fehlerkorrigierende Codes

Ein fehlerkorrigierender Code berichtigt von sich aus bestimmte Fehler; das Korrekturverfahren ist also in diesem Fall ein reines Codiervorgehen. Soll der Code eine größere Anzahl von Fehlern berichtigen können, so ist dazu ein entsprechend großer Aufwand an Kontrollbits pro Codewort nötig. Je mehr Kontrollbits jedoch einem Codewort hinzugefügt werden, um so länger wird dieses und um so wahrscheinlicher treten größere Fehlerzahlen auf. Das Verhältnis der Nutz- zur Kontrollinformation wäre demnach sehr klein, und damit sinkt die effektive Übertragungsleistung. Der Aufwand für die Korrektur während der stark gestörten Intervalle ist für die störungsfreien nutzlos. Aus diesem Grunde ist ein solches Korrekturverfahren i.a. viel unwirtschaftlicher als ein die Fehlererkennung und Wiederholung verwendendes Verfahren. Deshalb und aus Platzmangelgründen sei an dieser Stelle auf die fehlerkorrigierenden Codes nicht weiter eingegangen; näheres s. in F.4.) S. 101, F.7.) und F.8.).

b. Fehlererkennende Codes

Fehlererkennende Codes sind in der Lage, mit gegenüber den fehlerkorrigierenden Codes weniger Kontrollbits einen sehr großen Teil der vorkommenden Fehlermuster zu erkennen. Die Korrektur kann dann durch Wiederholung der falsch erkannten Blöcke vorgenommen werden.

Im folgenden sei der einfachste Vertreter der fehlererkennenden Codes erläutert.

1-Fehler erkennende Codes

Bei diesen Codes ist die Codelänge n folgendermaßen aufgeteilt

$$\begin{aligned} m &= n-1 && : \text{Informationsbits,} \\ k &= 1 && : \text{Kontrollbits.} \end{aligned}$$

Das Kontrollbit wird so gewählt, daß die Quersumme des Codewortes entweder geradzahlig oder ungeradzahlig wird. Diese Kontrolle, auch Gleichheits-(Paritäts-)Kontrolle

oder auch VRC (Vertical Redundancy Checking) genannt, hat demzufolge zwei mögliche Formen:

'Gerade' Gleichheitskontrolle:

$$\sum_{i=1}^n x_i = 0 \bmod 2$$

Für den Kontrollschritt erhält man daraus

$$x_n = \left(\sum_{i=1}^{n-1} x_i \right) \bmod 2$$

'Ungerade' Gleichheitskontrolle:

$$\sum_{i=1}^n x_i = 1 \bmod 2$$

Kontrollschritt:

$$x_n = \left(1 + \sum_{i=1}^{n-1} x_i \right) \bmod 2$$

Darin bedeuten:

$x_i (i=1,2,\dots,n)$	: Binärschritte des Codes
$\bmod 2$	: $0 + 0 = 0$
	$0 + 1 = 1$
	$1 + 0 = 1$
	$1 + 1 = 0$
n, m, k	: s. in C.IV.2.)

Das gleiche Prinzip dieser Gleichheitskontrolle wird beim sog. LRC (Longitudinal Redundancy Checking)-Verfahren angewendet, welches in Bild 1 veranschaulicht ist.

Bild 1:

b ₀	x		x		x		x		x	x	x			x
b ₁		x	x			x	x		x	x			x	
b ₂				x	x	x	x		x	x			x	
b ₃								x		x	x			x
b ₄	x	x	x	x	x	x	x	x						x
b ₅	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x
b ₆	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x
b ₇	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x
	1	2	3	4	5	6	7	8	x	y	z		L R C	L R C

Hierin bedeutet:

b₀...b₇ : Kennzeichnung der Bits (s. Bild 1 in D.11.1.b.))

1,2,...,Z: z.B. im EBCDIC zu codierende Zeichen (s. Bild 1 in D.11.1.b.))

x : logische "1"

LRC kann ebenfalls die gerade oder die ungerade Gleichheitskontrolle anwenden.

Bei serieller Übertragung würde somit die Zeichenfolge 1,2,3,4,5,6,7,8,X,Y,Z,LRC entstehen. Ein in dieser auftretender Einzelfehler hätte sofort einen Unterschied zwischen dem empfangenen und dem generierten LRC-Zeichen zur Folge und wäre damit erkannt.

Weiterhin ist eine Kombination der VRC- und LRC-Verfahren möglich, die bei Einzelfehlern sogar eine Korrektur erlaubt (s. Bild 2).

Bild 2:

b _p			x		x	x			x				x	x
b ₀	--x--	--x--	x	⊗	--x--	--x--	--x--	--x--	x	--x--	--x--	--x--	--x--	--x--
b ₁		x	x			x	x		x	x			x	x
b ₂				x	x	x	x		x	x			x	x
b ₃								x		x	x			
b ₄	x	x	x	x	x	x	x	x					x	x
b ₅	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
b ₆	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
b ₇	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
	1	2	3	4	5	6	7	8	x	y	z		L R C	L R C

im Empfänger
generiert
empfangen

Hierin bedeutet:

- ⊗ : infolge eines Einzelfehlers sei die gewollte logische "0" in eine logische "1" verwandelt.

ferner vgl. Bild 1

D.h.: Der Empfänger würde in diesem Fall (unter Annahme eines Einzelfehlers) feststellen:

1. Zeichen 4 ist falsch, da das zugehörige Paritätsbit falsch ist.
2. Das empfangene LRC-Zeichen ist bezüglich des Bits b_0 ungleich dem generierten LRC-Zeichen.
3. Das in Zeichen 4 fehlerhafte Bit ist durch den Schnittpunkt der beiden gestrichelt gezeichneten Linien lokalisiert und kann korrigiert werden.

Bezüglich weiterer Codes s. in F.7.), F.8.).

c. Zyklische Codes

Die zyklischen Codes haben für die Datenübertragung eine große Bedeutung erlangt. Einmal deswegen, weil sie technisch sehr leicht durch Schieberegister erzeugt werden können und zum anderen, weil sie in der Lage sind, Burstfehler bis zu einer bestimmten Länge zu erkennen. Da auf Telefonieverbindungen gerade Burstfehler sehr häufig auftreten, ist die Anwendung zyklischer Codes zur Fehlererkennung sehr wirksam.

Für die Betrachtung dieser Codes eignet sich besonders eine von Peterson (s.F.7.)) eingeführte mathematische Darstellung, die jede Folge von Binärschritten durch ein Polynom der Variablen x beschreibt. Zum Beispiel entspricht der Folge von Binärschritten 110101 das Polynom $1 + x + x^3 + x^5$ (die Wertigkeit der Stellen innerhalb der Bitfolge steigt hier von links nach rechts).

Allgemein gilt:

Die gegebene Folge von n Binärschritten a_i ($i = 0, 1, 2, \dots, n-1$) entspricht dem Polynom $a_0 x^0 + a_1 x^1 + \dots + a_{n-1} x^{n-1}$.

Für das Rechnen mit diesen Polynomen gelten die Regeln der allgemeinen Algebra bis auf eine Ausnahme, die Addition. Diese entspricht der Addition in der Restklasse bezüglich des Moduls 2.

Damit gelten für die Addition folgende Regeln:

$$1 \cdot x^k + 1 \cdot x^k = 0 \cdot x^k;$$

$$0 \cdot x^k + 0 \cdot x^k = 0 \cdot x^k;$$

$$1 \cdot x^k + 0 \cdot x^k = 0 \cdot x^k + 1 \cdot x^k = 1 \cdot x^k.$$

Insbesondere gilt:

$$-1 \cdot x^k = 1 \cdot x^k.$$

Das bedeutet, daß jedes Subtraktionszeichen durch ein Additionszeichen ersetzt werden kann. Für die Addition und Multiplikation gelten das kommutative, das assoziative und das distributive Gesetz.

Zwei Beispiele sollen das Gesagte erläutern.

1. Addition:

$$\begin{aligned} & (1 + x^3 + x^4) + (x^2 + x^3) + (1 + x + x^5) \\ &= x + x^2 + x^4 + x^5 \end{aligned}$$

2. Multiplikation:

$$(1 + x^3 + x^4)(1 + x) = 1 + x + x^3 + x^5.$$

Definition des zyklischen Codes nach F.4.):

Gegeben sei ein Polynom $P(x)$ vom Grade k .

$$P(x) = x^k + p_{k-1}x^{k-1} + \dots + p_1x + p_0.$$

Ein zyklischer Code der Länge $n \geq k$ ist die Menge aller Polynome $P(x)$ vom Grade n' mit $k \leq n' \leq n-1$, die durch $P(x)$ ohne Rest dividierbar sind.

Die Bezeichnung "zyklischer Code" rührt daher, daß dieser Code die Eigenschaft hat, zu jedem Codewort auch diejenigen Codewörter zu enthalten, die durch zyklische Vertauschung der Elemente des vorgegebenen Codewortes entstehen.

$P(x)$ wird das Erzeugnispolynom genannt; es wird in Anlehn-

nung an die technische Realisierung durch Schieberegister auch als Generatorpolynom bezeichnet. Da der Code aus allen durch $P(x)$ dividierbaren Polynomen $F(x)$ vom Grade n' ($k \leq n' \leq n - 1$) besteht, ist jede Summe der Codepolynome $F(x)$ wieder ein Codepolynom; denn

$$F_3(x) = F_1(x) + F_2(x)$$

ist genau dann durch $P(x)$ ohne Rest dividierbar, wenn $F_1(x)$ und $F_2(x)$ durch $P(x)$ ohne Rest dividierbar sind. Besitzt das Erzeugnispolynom $P(x)$ den Faktor x , mit anderen Worten: ist $P(x)$ darstellbar durch

$$P(x) = x \cdot P'(x) ,$$

dann würde auch jedes Codepolynom $F(x)$ den Faktor x besitzen.

Der Koeffizient der Ordnung Null wäre dann immer Null. Dies würde den Code nur um einen nichts aussagenden Binärschritt verlängern, so daß gefordert werden kann: der Koeffizient der Ordnung Null vom Erzeugerpolynom $P(x)$, p_0 , muß immer eins sein. Damit wird

$$P(x) = x^k + p_{k-1}x^{k-1} + \dots + p_1x + 1 \quad (1)$$

Die Codierung einer Folge von Binärschritten durch das Erzeugerpolynom $P(x)$ geschieht nun folgendermaßen: Gegeben sei eine Folge geordneter Binärschritte der Länge m

$$a_0, a_1, \dots, a_{m-1} .$$

Das dieser Folge entsprechende Informationspolynom $G(x)$ ist

$$G(x) = a_0 + a_1x + \dots + a_{m-1}x^{m-1} . \quad (2)$$

$G(x)$ ist vom Grade m' mit $0 \leq m' \leq m - 1$.

Um $G(x)$ zu codieren, multiplizieren wir $G(x)$ mit x^k und

dividieren dieses Produkt durch $P(x)$. Damit wird

$$\frac{x^k \cdot G(x)}{P(x)} = Q(x) + \frac{R(x)}{P(x)}$$

$$\text{bzw. } x^k \cdot G(x) = Q(x) \cdot P(x) + R(x) . \quad (3)$$

Hieraus erhält man nun das Codepolynom $F(x)$, um die obige Definition zu erfüllen, durch beiderseitige Addition von $R(x)$:

$$F(x) = x^k \cdot G(x) + R(x) = Q(x) \cdot P(x) \quad (4)$$

$F(x)$ ist vom Grade n' mit $0 \leq n' \leq n - 1 = m - 1 + k$. Aus (4) ist ersichtlich, daß $F(x)$ durch $P(x)$ ohne Rest dividierbar ist. Damit ist $F(x)$ ein Codepolynom. Weiterhin ist aus (4) zu erkennen, daß die m Koeffizienten a_i ($i = 0, 1, \dots, m - 1$) die m höchsten Koeffizienten von $F(x)$ sind. Damit entsprechen die m höchsten Koeffizienten von $F(x)$ genau der zu codierenden Folge von Binärschritten. Die restlichen $k - 1$ Koeffizienten von $F(x)$ sind die Kontrollschritte.

Beispiel:

Wir betrachten einen Code, für den $n = 15$, $m = 10$ und $k = 5$ ist.

Als Erzeugerpolynom wählen wir

$$P(x) = 1 + x^2 + x^4 + x^5$$

Es soll die Folge L0L00L000L, die dem Polynom

$$G(x) = 1 + x^2 + x^5 + x^9$$

entspricht, codiert werden. Auf Grund der Vorschrift ergibt sich:

$$x^5 \cdot G(x) = x^5 + x^7 + x^{10} + x^{14}$$

und

$$\frac{x^5 \cdot G(x)}{P(x)} = 1 + x + x^2 + x^3 + x^7 + x^8 + x^9 + \frac{1+x}{1+x^2+x^4+x^5}$$

d.h.: $Q(x) = 1 + x + x^2 + x^3 + x^7 + x^8 + x^9$

$$R(x) = 1 + x$$

Mit (4) folgt daher für das Codepolynom $F(x)$:

$$F(x) = 1 + x + x^5 + x^7 + x^{10} + x^{14}$$

Dies entspricht folgenden Binärschritten:

LL000

LOLOOL000L

Kontroll-
schritte

Informationsschritte

Der dargestellte mathematische Aufbau zyklischer Codes kann nun dazu benutzt werden, um grundlegende Theoreme zur Bildung zyklischer Codes für das Erkennen und die Korrektur spezieller Fehlermuster abzuleiten, näheres s. F.4.) S. 110 ff. Dort sind auch Kriterien für die Wirksamkeit der verschiedenen Codierungen angegeben.

V. Wirtschaftliche Betrachtungen

1. Einige bestimmende Faktoren für die Auslegung von Datenfernübertragungssystemen

Für die Auslegung von Datenfernübertragungssystemen sind die folgenden Faktoren von besonderer Bedeutung

- a) Nachrichtenvolumen,
- b) Ursprung und Bestimmung der Nachricht,
- c) Länge der Nachricht,
- d) Dringlichkeit der Nachricht.

zu a) Nachrichtenvolumen

Das Nachrichtenvolumen bestimmt die Übertragungsgeschwindigkeit. Liegt beispielsweise ein großes Nachrichtenvolumen vor, so muß man, um die Übertragung wirtschaftlich zu gestalten (Einsparung von Leitungskosten), eine hohe Übertragungsgeschwindigkeit vorsehen. Der Gesichtspunkt der Dringlichkeit der Übertragung tritt in den Hintergrund. Die Entscheidung, ob gewählte oder festverschaltete Verbindungen genommen werden, ist vom Verkehrswert abhängig. Der Verkehrswert wiederum wird durch das Nachrichtenvolumen und durch die Übertragungsgeschwindigkeit bestimmt. Ist der Verkehrswert klein, so wird man sich für gewählte Verbindungen, ist er dagegen groß, so muß man sich für festverschaltete Verbindungen entscheiden. Durch diese Entscheidung nimmt das Nachrichtenvolumen Einfluß auf die erforderliche Fehlerkorrektur. Da gewählte Verbindungen viel stärker gestört sind, ist für die Datenübertragung ein wirksamer Fehlerschutz erforderlich.

zu b) Ursprung und Bestimmung der Nachricht

Dieser Faktor bestimmt im wesentlichen den Aufwand der Fehlerkorrektur. Die Daten stammen entweder von Menschen oder Maschinen bzw. werden von Menschen und Maschinen ausgewertet.

Von Menschen herrührende Daten bzw. Daten, die von Menschen ausgewertet werden, weisen eine relativ große Zahl

von Fehlern auf. R i c h t w e r t : 1 Zeichen von 1 000 ist falsch. Daraus ergibt sich die Folgerung, daß es sinnlos ist, die Übertragungen um Größenordnungen darüber hinaus zu schützen.

Diese Daten haben eine relativ große Redundanz. Es ist also nicht notwendig, für eine geschützte Übertragung noch mehr Redundanz zu addieren. Die Nachricht wird am Empfangsort überprüft und nach der Berichtigung nochmals wiederholt.

Von Maschinen herrührende Daten besitzen kleinere Fehleraten, da die in Rechenmaschinen eingegebenen Werte mehrfach überprüft werden und beim Rechenvorgang selbst verschwindend wenig Fehler entstehen. Dementsprechend ist diese Übertragung zu schützen.

zu c) Länge der Nachricht

Die Länge der Nachricht bestimmt die Art der Wiederholung. Nachrichten etwa unter 500 bit wird man im allgemeinen als Ganzes wiederholen. Das Problem der Identifizierung gestörter Zeichen auf der Senderseite entfällt, und ohne großen Zeitverlust kann die Wiederholung von Hand aus eingeleitet werden.

Bei langen Nachrichten ist eine Wiederholung der gesamten Nachricht nicht mehr tragbar, denn die Wahrscheinlichkeit, daß in der Nachricht ein Fehler auftritt, ist größer. Der Zeitverlust durch die Wiederholung wird ebenfalls größer. Die Nachricht wird deshalb in geeignete Blocks, beispielsweise 100 bit, eingeteilt, die beim Auftreten eines Fehlers wiederholt werden. Hier bringt eine automatische Einteilung der Wiederholung wesentliche Vorteile; denn es ist mühsam und mit großem Zeitaufwand verbunden, den zu wiederholenden Block von Hand aus der gesamten Nachricht herauszusuchen bzw. ihn empfangsseitig an der richtigen Stelle einzuordnen.

zu d) Dringlichkeit der Nachricht

Zu den dringlichen Nachrichten zählen solche, deren Bear-

bereitung sofort nach dem Eingang beginnt und die innerhalb kürzester Zeit, zum Beispiel während einiger sec, eine Entscheidung verlangen. Für diese Daten muß eine kurze Übertragungszeit und Vorbereitungszeit vorgesehen werden. Ihre Übertragung erfolgt auf festverschalteten Leitungen mit hoher Geschwindigkeit.

2. Definition von Übertragungsleistung und Wirkungsgrad der Übertragungsleistung

Im folgenden sollen folgende Definitionen gelten (nach F.4.)):

m = Anzahl der Datenelemente;

k = Anzahl der zusätzlichen Kontrollelemente;

f = Anzahl der Datenelemente, die wiederholt werden müssen;

t_m = Zeit zur einmaligen Übertragung der Nutzinformation;

t_k = Zeit zur einmaligen Übertragung der Zusatzinformation;

t_f = Zusätzliche Übertragungs- und Wartezeit.

Die insgesamt erforderliche Zeit für die Übertragung der Daten ergibt sich zu

$$T = t_m + t_k + t_f$$

Als Entscheidungsmenge definiert man

$$m + k + f$$

und als Übertragungsleistung

$$N = \frac{m + k + f}{T} = \frac{m + k + f}{t_m + t_k + t_f}$$

Der ausnutzbare Teil der gesamten Übertragungsleistung, die sogenannte effektive Übertragungsleistung, ergibt sich aus der letzten Gleichung, wenn die Größen k und f nicht berücksichtigt werden.

$$N_{\text{nutz}} = \frac{m}{T} = \frac{m}{t_m + t_k + t_f}$$

Der Wirkungsgrad der Übertragungsleistung ist das Verhältnis der Anzahl der Datenelemente m bzw. der effektiven

Übertragungsleistung zur Entscheidungsmenge bzw. der Übertragungsleistung N.

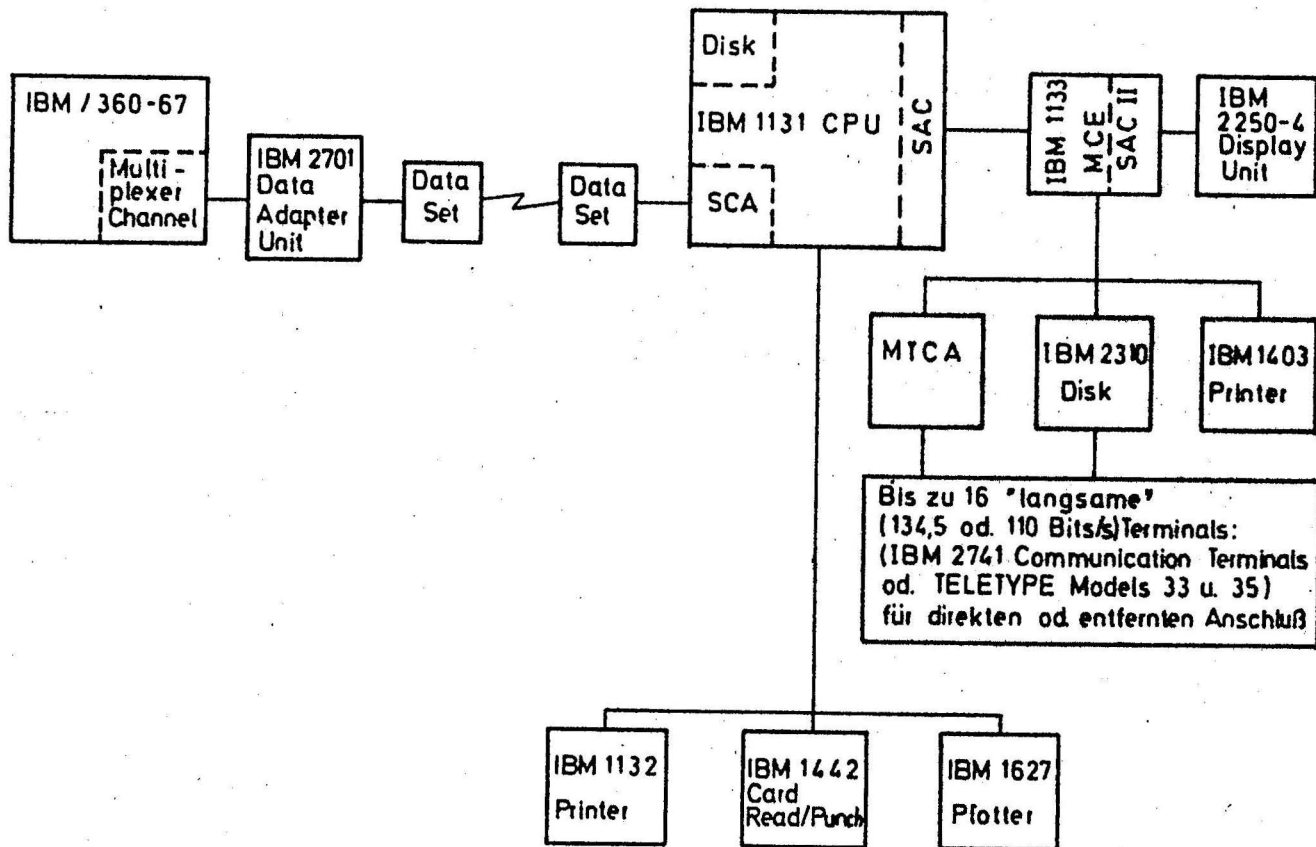
$$\eta = \frac{N_{\text{nutz}}}{N} = \frac{m}{m + k + f} = 1 - \frac{k + f}{m + k + f}$$

D. Datenfernverarbeitung in dem System IBM/360-67, IBM 1130

I. Aufbau des Systems

Als Beispiel für eine Datenverarbeitungsanlage mit Datenfernübertragung möge das System IBM/360-67, IBM 1130 dienen, dessen Konfiguration in Bild 1 schematisch angegeben ist (entnommen F.25.) und F.26.)).

Bild 1:



Hierin bedeuten:

- CPU : Central Processing Unit
- SCA : Synchronous Communications Adapter
- SAC : Storage Access Channel
- MCE : Multiplex Control Enclosure
- MTCA : Multiple Terminal Communications Adapter

Diese Konfiguration muß nicht alle auf der Seite der IBM 1130 angegebenen Ein-, Ausgabegeräte enthalten. Im wesent-

lichen dient sie zur Installierung des Sichtgerätes IBM 2250-4 an einer vom System IBM/360-67 beliebig weit entfernten Stelle. Die IBM 1130-Maschine kann dabei als "Graphischer Prozessor" (graphics processor) fungieren, der bestimmte graphische Funktionen ausübt, wie z.B. Lichtgriffel-Eingabe, Bild-Auswahl und allgemeine Bilddarstellungsmanipulationen. Der Großrechner IBM/360-67 ist dann für umfangreichere Rechenoperationen und für die Speicherung von großen Datenmengen verfügbar.

Somit übernimmt die IBM 1130 im wesentlichen diejenigen Funktionen, die einen schnellen Dialogverkehr (in ms) zwischen Sichtgerät und Benutzer ermöglichen sollen, wohingegen die IBM/360-67 für Rechenoperationen zur Verfügung steht, deren Ausführungszeiten (in sek oder min) den Benutzer nicht übermäßig stören.

Weitere Informationen bezüglich der Gesamtkonzeption können den IBM-SRL-Manuals, insbesondere F.26.), entnommen werden. Da von dem vorliegenden System insbesondere die programmierungs- und gerätetechnische Organisation der Datenübertragung zwischen IBM/360-67 und 1130 Interessierte, wurden in den folgenden Abschnitten die entsprechenden Einzelheiten zusammengestellt.

II. Organisation der Datenübertragung zwischen den beiden Rechnern

Der Organisation der Datenübertragung zwischen den beiden genannten Systemen kann das allgemeine Schema aus Bild 2 in C.1.) zugrundegelegt werden, so daß sich zusammen mit den Bezeichnungen aus Bild 1 im vorigen Abschnitt folgende Zuordnungen ergeben:

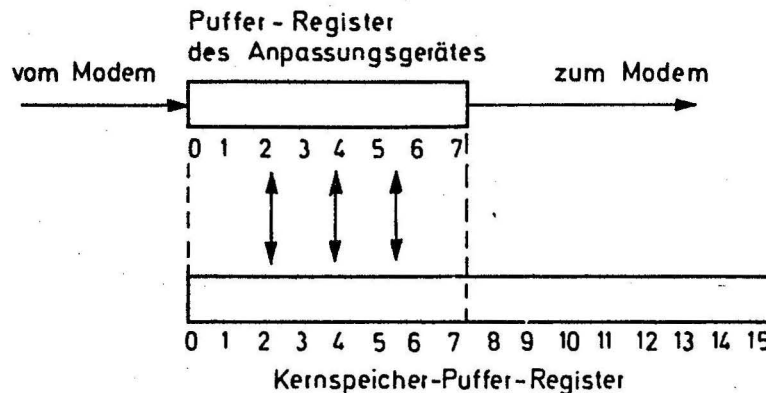
A1	≡	IBM/360-67, Multiplexer Channel
B1	≡	IBM 2701 Data Adapter Unit
C1/2	≡	Data Set (z.B.: IBM 3977 Modem)
B2	≡	SCA
A2	≡	IBM 1131 CPU

Auf eine Beschreibung der gerätetechnischen Einrichtungen, wie sie z.B. unter Zugrundelegung des Abschnitts C.11.) möglich wäre, soll hier nicht näher eingegangen werden. Welche Baueinheiten vorhanden sein können bzw. müssen, geht zum Teil aus den folgenden Abschnitten hervor.

Der Ablauf der Datenübertragung wird von Unterprogrammen der beiden Rechnersysteme gesteuert und kontrolliert, deren einzelne Abläufe hier ebenfalls nicht näher beschrieben werden sollen. Lediglich das ihnen zugrundeliegende Datenübertragungsverfahren, welches unter der Bezeichnung BSC-Verfahren (Binary Synchronous Communication) bekannt geworden ist, sei in den folgenden Abschnitten eingehend erläutert (s. F.3.) und F.11.)).

1. BSC-Verfahren

Dem BSC-Verfahren liegt das synchrone Übertragungsverfahren (s. in C.III.2.b.b1.) zugrunde. Es arbeitet in den Endrichtungen (Adapter) bit- und zeichenseriell sowie im Halbduplexbetrieb:



Bzgl. des Anpassungsgerätes s. Bild 1 in C.II.) sowie C.II.2.).

a. Synchronisierung

Wie in C.III.2.b.b1.) angedeutet ist die Synchronisierung auf zwei verschiedenen Ebenen erforderlich: Bit- und Zeichensynchronisierung. Um diese beim BSC-Verfahren zu gewährleisten, müssen nach jedem Wechsel der Übertragungsrichtung von der jeweiligen Sendeseite vor dem Senden von Datenzeichen sogenannte Synchronisierzeichen gesendet werden. Einerseits ermöglichen diese dem entweder im Modem oder im Adapter der Empfangsseite vorhandenen Taktgeber das Einpendeln auf die Mitte der auf der Empfangsdatenleitung zu empfangenen Binärschritte, andererseits läßt sich aus dem zeitlich gesehen letzten Teil der Synchronisierzeichen der Zeichenrhythmus ableiten, in dem die nach den Synchronisierzeichen empfangenen Binärschritte zu ganzen Zeichen zusammengefaßt und gegebenenfalls abgespeichert werden können.

Das Einpendeln des Bit-Taktgebers auf die Bitimpuls-Mitte wird empfangsseitig während der Übertragung laufend vorgenommen, so daß ein optimales Abtasten der Empfangsdatenleitung über den gesamten Block von Zeichen hinweg gesichert ist.

Bei Verwendung von Modems, die von sich aus die Bit-Synchronisierung gewährleisten, werden von dem BSC-Adapter lediglich Synchronisierzeichen zum Ableiten der Zeichensynchronisierung dem jeweiligen Übertragungsblock automatisch vorangestellt.

b. Codierung der Daten- und Steuerzeichen

Die bit- und zeichenserielle Übertragungsart und die Halbduplex-Betriebsweise bedingen, daß abwechselnd Daten und für die Übertragung notwendige Steuerinformationen über den gemeinsamen Übertragungsweg gesendet werden (s. D.11.1.c.)).

Um Steuerinformationen einfach zu erkennen und von den Daten zu trennen, gibt es beim BSC-Verfahren zwei Möglichkeiten der Steuerungstechnik:

- a) Normaler Modus
- b) Transparenter Modus

zu a) Hier hat man festgelegt, daß die Daten ebenso wie die Steuerinformationen aus bestimmten Zeichen mit einer festen Anzahl von Bits bestehen sollen.

Insgesamt sind 10 Übertragungssteuerzeichen definiert worden. Ihre Benutzung als Daten ist nicht erlaubt, weil sonst ungewollte Steuerfunktionen aufgerufen würden. Die verbleibenden Datenzeichen haben auf den BSC-Adapter keinen Einfluß und werden von diesem auch nicht interpretiert. Die Länge jedes Zeichens beträgt entweder acht Bits oder sieben Bits.

Der Benutzer wählt eines dieser beiden Formate zur Codierung seiner Daten. Einige BSC-Datenstationen erlauben wahlweise auch 6-Bit-Zeichen.

Bild 1: EBCDIC (Extended Binary Coded Decimal Interchange Code)

								0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
								0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1		
								0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	
								0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
b ₇	b ₆	b ₅	b ₄	b ₃	b ₂	b ₁	b ₀	Spalte Zeile	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F				
								0	0	0	0	0	NUL	DLE			blank	&	AckD(*)				+zero	-zero		0		
								0	0	0	1	1	SOH					Ack(*)	a	j			A	J		1		
								0	0	1	0	2	STX			SYN			b	k	s		B	K	S	2		
								0	0	1	1	3	ETX						c	l	t		C	L	T	3		
								0	1	0	0	4	PF	RES	BYP	PN			d	m	u		D	M	U	4		
								0	1	0	1	5	HT	NL	LF	RS			e	n	v		E	N	V	5		
								0	1	1	0	6	LC	BS	ETB EOB	UC			f	o	w		F	O	W	6		
								0	1	1	1	7	DEL	IDL	PRE	EOT			g	p	x		G	P	X	7		
								1	0	0	0	8							h	q	y		H	Q	Y	8		
								1	0	0	1	9							i	r	z		I	R	Z	9		
								1	0	1	0	A				¢	!	:										
								1	0	1	1	B				.	\$	WACK(*)	#									
								1	1	0	0	C				<	*	%	RVZ(*)									
								1	1	0	1	D			ENQ	NAK	(	)	-									
								1	1	1	0	E				+	j	>	=									
								1	1	1	1	F		ITB				~	?	"								

— : z.B. im Anhang A von F.31.) aufgeführt

(*) : keine Steuerzeichen, wenn nicht in Steuerzeichenkombinationen enthalten

— : Steuerzeichen, die z.B. von den IBM-Unterprogrammen SCAT 2 und SCAT 3 interpretiert werden (s.F.29.)).

Die Bedeutung der in Bild 1 enthaltenen BSC-Steuerzeichen und einiger ihrer Kombinationen sind aus Bild 2/3 zu ersehen (s. in F.29.)).

Bild 2: BSC-Steuerzeichen

BSC Steuerzeichen	englische Bedeutung	deutsche Bedeutung nach DIN 66003
SYN	Synchronous Idle (Normal)	Synchronisierung
DLE	Data Link Escape	Datenübertragungs-Umschaltung
ENQ	Enquiry	Stationsaufforderung
SOH	Start of Heading	Anfang des Kopfes
STX	Start of Text	Anfang des Textes
ETB	End of Block	
ETX	End of Text	Ende des Textes
EOT	End of Transmission	Ende der Übertragung
NAK	Negative Acknowledgement	Negative Rückmeldung
ITB	End of Intermediate Block	
ACK0	Positive Acknowledgement, Even Record	positive Rückmeldung
ACK1	Positive Acknowledgement, Odd Record	
RVI	Reverse Interrupt	
WACK	Wait Before Transmit-Positive Acknowledgement	

Die oberhalb der gestrichelt gezeichneten Linie angegebenen Steuerzeichen dürfen nicht als Datenzeichen verwendet werden. Die anderen Steuerzeichen sind nur

dann Steuerzeichen, wenn sie in Steuerzeichenkombinationen gemäß Bild 3 auftreten.

Bild 3: BSC-Steuerzeichenkombinationen

BSC-Steuerzeichenkombination	englische Bedeutung
DLE STX	Start of Transparent Text
ETB BCC	End of Block
DLE ETB BCC	End of Transparent Block
ETX BCC	End of Text
DLE ETX BCC	End of Transparent Text
DLE ACK1	Acknowledgement of Odd Record
DLE ACK0	Acknowledgement of Even Record
DLE EOT	Disconnect Signal
DLE SYN	Synchronous Idle (Transparent Text)
ITB BCC	End of Intermediate Block
DLE ITB BCC	End of Intermediate Transparent Block
DLE WACK	Wait Before Transmit-Positive Acknowledgement
DLE RVI	Reverse Interrupt
STX ENQ	Temporary Text Delay
DLE DLE	Data DLE in Transparent Mode

BCC ist an sich weder ein Daten- noch ein Steuerzeichen, sondern ein 16 Bits umfassendes Prüfzeichen (Block Check Character), vgl. folgende Abschnitte.

Das DLE-Steuerzeichen wird dazu benutzt, den vorhandenen Vorrat an Steuerzeichen zu erweitern. Es hat nur mit dem jeweils nachfolgenden Zeichen zusammen eine Steuerfunktion. Einige der Zeichenkombinationen "DLE... (Folgezeichen)..." sind vom BSC-Verfahren bereits festgelegt, andere wiederum sind frei, d.h. der Benutzer kann ihnen eine besondere Bedeutung zuordnen. Steuerzeichen bzw.-kombinationen, die u.a. eine Um-

kehrung der Übertragungsrichtung bewirken, werden als End-Zeichen bzw. -Folgen bezeichnet.

- zu b) Normalerweise erlaubt der BSC 7-Bit-Code $128 - 10 = 118$ Zeichen und der 8-Bit-Code $256 - 10 = 246$ Zeichen zur freien Verfügung des Benutzers als Datenzeichen. Für viele Anwendungen reicht dieser Zeichenvorrat aus. Es gibt jedoch besondere Fälle, in denen die einschränkende Forderung, daß die 10 Übertragungs-Steuersymbole nicht als Daten verwendet werden, unzulässig ist. Beispiele dafür sind Programme mit binären Adressen, digitalisierte Analogwerte oder dezimale Zahlen in "gepackter Form" (darunter versteht man die Vereinigung zweier binär-codierter Dezimalziffern von je 4 Bits in ein 8-Bit Byte). In diesen Fällen müssen sämtliche möglichen Bitkombinationen erlaubt und übermittelt werden.

Hierfür ermöglicht das BSC-Verfahren eine codetransparente Übertragung. D.h. die Übertragungssteuerung "sieht durch die transparenten Daten hindurch", ohne von den Bitkombinationen Notiz zu nehmen. Es kann jeder einzelne Block für sich durch entsprechende Steuerzeichen zum Transparent-Textblock erklärt werden, während dessen Übermittlung die BSC-Einrichtung völlig codetransparent gegenüber den informationsdarstellenden Daten ist, d.h. hier handelt es sich weniger um ein Problem der Codierung als um ein Problem der Steuerungstechnik. Die entsprechenden Festlegungen sind in D.11.1.c.) angegeben.

c. Steuerungstechnik

Wie in D.11.1.b.) angegeben, sind zwei Steuerungstechniken "Normaler Modus" und "Transparenter Modus" voneinander zu unterscheiden. Im folgenden werden die diesbezüglichen Festlegungen erläutert.

c1. Normaler Modus

Wegen der Verschiedenartigkeit der Anwendungen sind Zeichenfolgen beliebiger Länge zugelassen, diese können in einen oder mehrere Übertragungsblöcke aufgeteilt werden. Die Länge der einzelnen Blöcke ist grundsätzlich frei wählbar. Sie kann sich ergeben aus der optimalen Länge bei einem gestörten Übertragungsweg oder aus den Formaten von Datenträgern der verwendeten Ein-/Ausgabegeräte. Wenn jedoch ein bestimmtes Prüfpolynom vom Grade k für die Erstellung des BCC-Zeichens verwendet wird (s. unten und in D.11.3.a.a1.)) und soll die Wirksamkeit der Block-Redundanz nicht verlorengehen, dann ergibt sich für die resultierende Länge des geschützten Blocks eine obere Grenze von

$$n_{\max} = 2^k - 1$$

d.h. für z.B. $k = 16$:

$$n_{\max} = 65\,535 \text{ bit}$$

(s.F.2.) S. 80 und F.4.) S. 113).

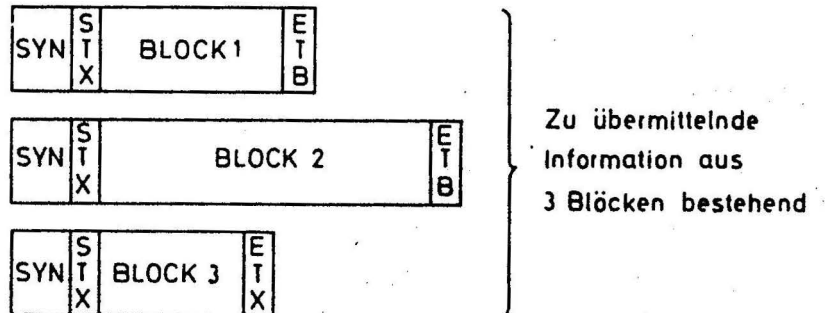
Um einen in der Länge im obigen Sinne variablen Block zu erlauben, muß dessen Anfang und Ende gekennzeichnet werden. Dafür sind die Steuerzeichen vorgesehen.

Der Beginn einer Zeichenfolge, die Daten darstellt, wird durch das Steuerzeichen STX angezeigt. Der letzte Block wird durch das Steuerzeichen ETX beendet. Alle dazwischen liegenden Blöcke enden mit ETB und beginnen ebenfalls mit STX.

Eine neue Synchronisierung erfolgt beim BSC-Verfahren immer dann, wenn eine Umkehrung der Übertragungsrichtung geschieht. Wie sich noch zeigen wird, ist eine Umkehrung nach jedem Block erforderlich; es müssen also jedem Block Synchronisierungszeichen vorangestellt werden. Diese sind in den Abbildungen durch das Symbol SYN angedeutet (s.Bild 1),

das bei Verwendung geeigneter Modems (s. in D.11.1.a.)) lediglich i.a. zwei SYN-Steuerzeichen für die Zeichensynchronisierung umfaßt.

Bild 1:



Die Datenübertragung muß wegen der Störanfälligkeit der Übertragungswege gegen auftretende Übertragungsfehler gesichert werden. Dieses geschieht bei der BSC-Technik mit dem Verfahren 2a.) aus Bild 2 in C.IV.2.). Hierzu wird, wie in D.11.3.) erläutert, aus jedem Datenblock (einschließlich der Steuerzeichen außer SYN) eine Prüfinformation abgeleitet und dem Block als BCC angefügt.

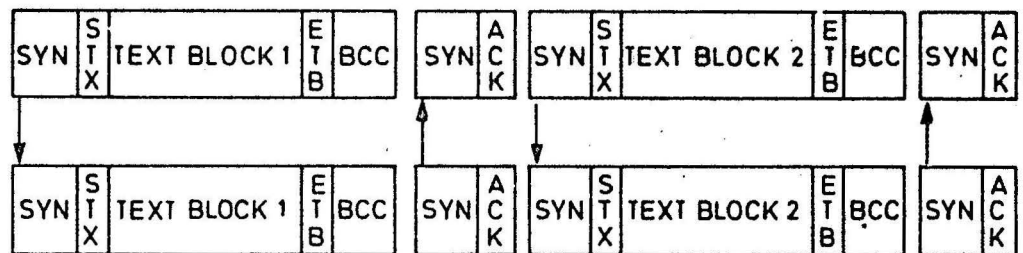
Durch Auswerten der Prüfinformation auf der empfangenden Seite werden Übertragungsfehler erkannt und durch wiederholtes Übertragen desselben Blocks korrigiert. Um den Sender zu informieren, ob der nächste Block gesendet werden darf oder ob eine Wiederholung notwendig ist, werden Quittungssignale nach jedem Block vom Empfänger zum Sender übertragen (Rückmeldung). Dies bedeutet für den Adapter, daß nach jedem ETX BCC bzw. ETB BCC eine Umkehrung der Übertragungsrichtung vorgenommen werden muß. ETX und ETB sind daher Endzeichen.

Man hat zunächst lediglich ein positives und ein negatives Quittungssignal definiert. Das negative hat die Bezeichnung NAK und besteht aus einem Steuerzeichen, das positive ACK

wird durch Kombination von zwei Zeichen gebildet (DLE ACK).

Da nach jeder Empfangsbestätigung die Übertragung weitergeht, sind NAK und ACK auch Endzeichen (s. Bild 2).

Bild 2: Die Pfeile kennzeichnen die Übertragungsrichtung.

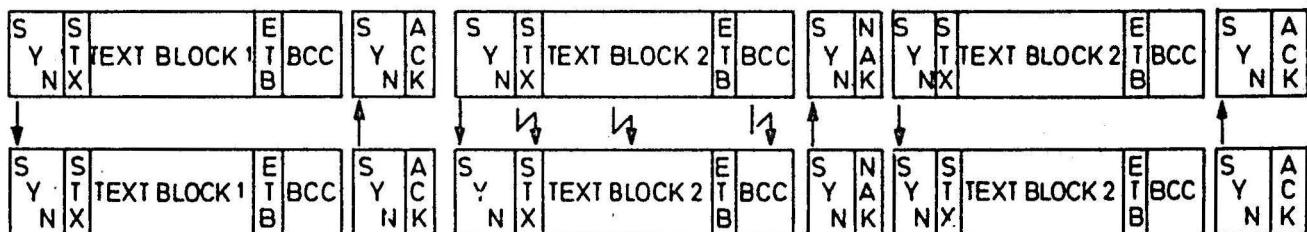


Erkennen von Übertragungsstörungen

In den nachfolgenden Beispielen wird anhand der wahrscheinlichsten Störungsfälle gezeigt, auf welche Weise Übertragungsstörungen erkannt und korrigiert werden können.

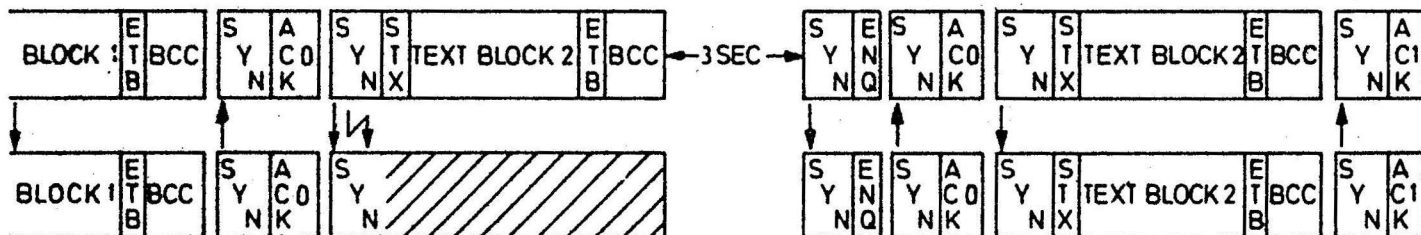
- a) Bild 3 zeigt den Fall, daß entweder das STX-Zeichen oder irgendwelche Zeichen des Textblocks oder die angehängte Prüfinformation oder aber alle diese Teile fehlerhaft übertragen wurden. Alle diese Fehler werden bei der Auswertung der Prüfinformation vom Empfänger erkannt. Dieser beantwortet den Block (in Bild 3 ist es der Block 2) mit einer negativen Quittung NAK und veranlaßt den Sender damit, den gleichen Block zu wiederholen.

Bild 3:



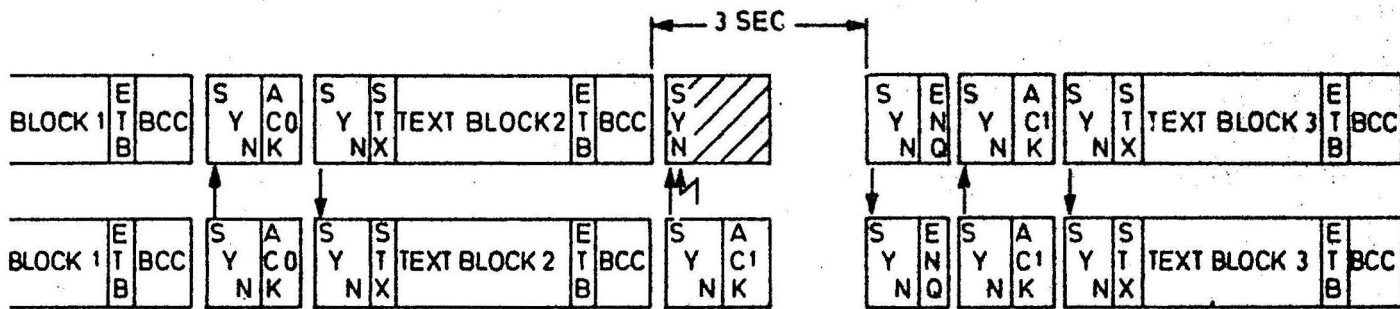
b.)

- b1) Nimmt man an, daß eine Störung die Synchronisierzeichen so verstümmelt, daß sie auf der Empfangsseite nicht erkannt werden, so geht dem Empfänger dieser gesamte Datenblock verloren. Er bleibt in Wartestellung und gibt keine Quittung. Für diese Fälle ist im BSC-Verfahren eine Zeitüberwachung (Timeout) vorgesehen. Diese erlaubt im vorliegenden Beispiel dem Sender nur 3 Sekunden lang auf die Quittung für Block 2 zu warten. Danach nimmt er eine Ablaufstörung an und sendet eine Nachfrage nach dem zuletzt gegebenen Quittungssignal. Dazu dient das Steuerzeichen ENQ (siehe Bild 4).

Bild 4:

- b2) Im Bild 5 wurde für den Textblock 2 ein Quittungssignal gegeben, aber es ist nicht verstanden worden, weil seine Synchronisierzeichen auf der Leitung unkenntlich gemacht wurden. Auch in diesem Fall wartet der Sender 3 Sekunden vergeblich auf die Quittung. Die Senderseite stellt wieder eine Ablaufunterbrechung fest und erfragt beim Empfänger das zuletzt gegebene Quittungssignal.

Bild 5:



In beiden Beispielen (b1) und b2) hat der Sender auf seinen Textblock 1 keine Antwort erkannt. Dabei wurde im Fall b2) der Block fehlerfrei übertragen, im Fall b1) dagegen nicht.

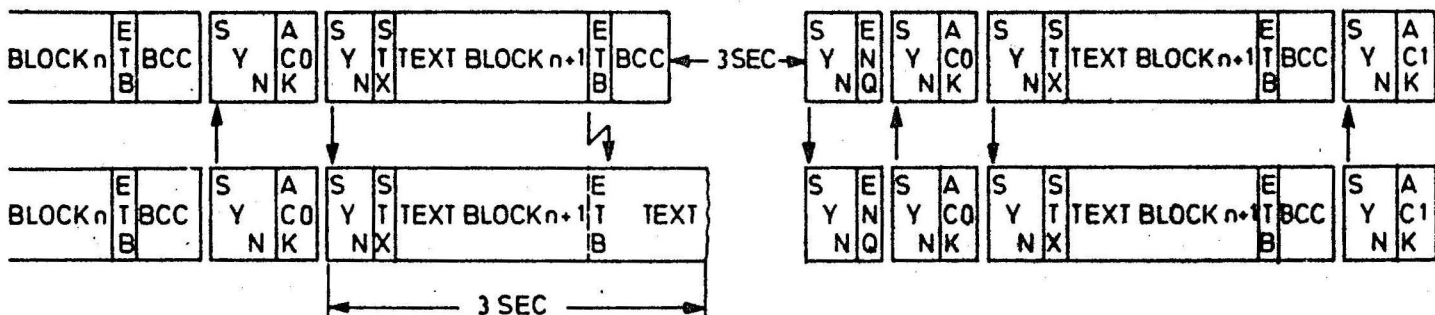
Wenn nun - wie oben angedeutet - nur ein positives Quittungssignal definiert ist, kann die Nachfrage nach der letzten Quittung vom Empfänger in jedem Fall nur mit ACK beantwortet werden. Dies sagt dem Sender aber nicht, ob die Quittung den letzten oder den vorletzten Block betrifft, ob also wiederholt oder weitergeschritten werden muß. Daher wurden die zwei verschiedenen positiven Quittungssignale ACK 0 und ACK 1 eingeführt (s. Bild 2 und 3 in D.11.1.b.)).

Sie werden üblicherweise abwechselnd gesendet.

Somit kann in Beispiel b1) der Sender erkennen, daß der Block 2 nicht empfangen wurde, weil die Quittung ACK 0 dem Block 1 zugeordnet ist. Dagegen zeigt im Beispiel b2) das Quittungssignal ACK 1, das auf die Nachfrage ENQ empfangen wird, daß der Block 2 zuvor fehlerfrei empfangen worden ist.

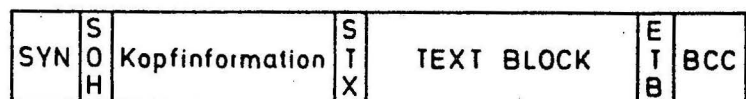
zu warten. Er sendet zur Nachfrage ENQ, erhält als Antwort das zu Block n gehörende Quittungssignal ACK 0 und weiß damit, daß er den Block $n + 1$ wiederholen muß (s. Bild 6).

Bild 6:



Es sei noch an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß es für den Anwender des BSC-Verfahrens bei Bedarf noch weitere Möglichkeiten zur Sicherung gegen Störungen gibt. Beispielsweise durch Numerierung der Datenblöcke über eine größere Gruppe hinweg. Dies kann durch Verwendung von SOH mit nachfolgender Blocknummer geschehen, auf die dann erst STX und der Textblock folgen. Der Block hat dann folgendes Aussehen (s. Bild 7).

Bild 7:

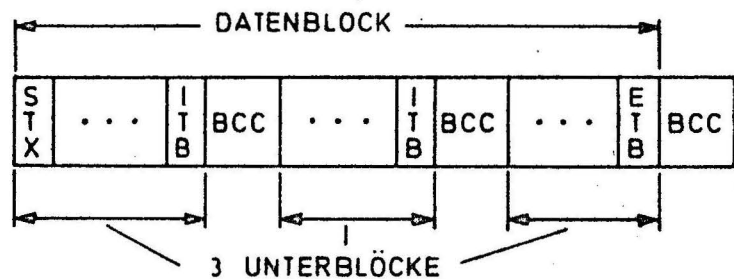


Die Kopfinformation kann aber auch, vom Anwender festgelegt, anderer Art sein, z.B. kann sie Hinweise auf Geheimhaltungsgrad, Priorität usw. enthalten.

Mit dem Steuerzeichen ITB läßt sich ferner ein Datenblock in kleinere Unterblöcke aufteilen, wobei jeweils ein ITB-Zeichen einen Unterblock beendet. Der letzte Unterblock endet mit ETB bzw. ETX.

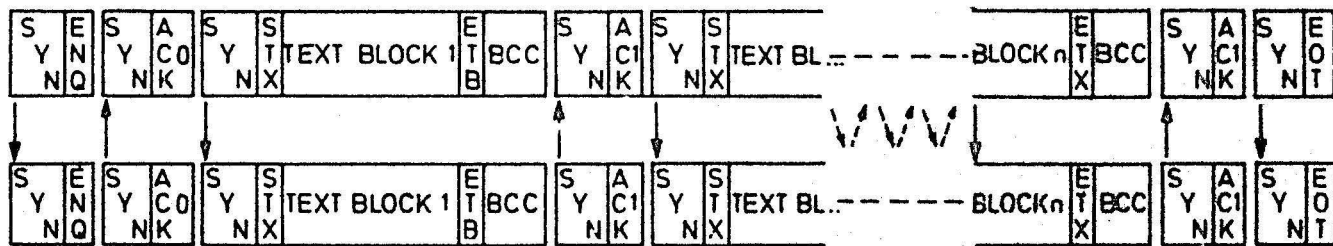
Für jeden Unterblock wird ein gesonderter BCC erstellt und anschließend an das ITB-Steuerzeichen gesendet. Eine Richtungsumkehrung erfolgt dabei nicht. ITB ist daher kein Endzeichen (s. Bild 8).

Bild 8:



Anfang und Ende einer Übertragung

Bisher wurde beschrieben, wie die Übermittlung einzelner Übertragungsblöcke abläuft. Bild 9 zeigt noch zusätzlich, wie die Gesamtübertragung eingeleitet und wieder beendet wird. Wünscht eine Datenstation zu senden, so schickt sie ein ENQ-Steuerzeichen zur Gegenstation. Ist diese bereit zu empfangen, so antwortet sie anfangs mit dem positiven Quittungssignal ACK 0. Danach wird der erste Datenblock gesendet. Ist der letzte Übertragungsblock gesendet und mit positivem Quittungssignal beantwortet, dann wird die Übertragung beendet, indem statt eines weiteren Blocks das Steuerzeichen EOT (End of Transmission) gesendet wird.

Bild 9:

Steuerungsmaßnahmen zur Aufrechterhaltung
des Synchronismus sind in D.11.3.a.a2.)
angegeben.

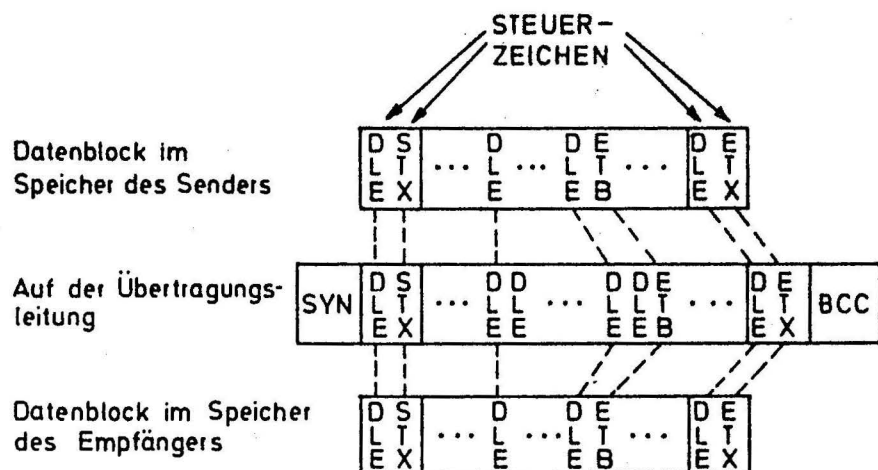
c 2. Transparenter Modus

Auf diesen Modus wurde bereits in D.11.1.b.) hingewiesen. Hier nun sind die Festlegungen angegeben, die im übrigen im engen Zusammenhang mit den für den Normalen Modus geltenden zu sehen sind.

Die Steuerzeichenfolge DLE STX leitet einen Transparent-Textblock ein; DLE ETB bzw. DLE ETX beendet ihn. Dazwischen können beliebig codierte Daten stehen, ohne daß der Adapter dadurch in seiner Ablaufsteuerung beeinflusst wird.

Bild 1 stellt dar, wie z.B. eine zufällig in den Daten enthaltene Zeichenkombination DLE ETB gehandhabt wird, so daß sie nicht fälschlich ein frühzeitiges Blockende hervorruft.

Bild 1:



Es wird also jedes "Daten-DLE" von dem sendenden Adapter verdoppelt, wobei dieser auf Grund der

In der Sendeinstruktion angegebenen Feldlänge für den zu übertragenden Block in der Lage ist, jedes "Daten-DLE" von der Endfolge DLE ETB bzw. DLE ETX zu unterscheiden. Jenes DLE in der Endfolge wird also nicht verdoppelt, womit dem empfangenden Adapter eine eindeutige Unterscheidung ohne genaue Kenntnis der zu empfangenden Blocklänge möglich ist. Er eliminiert auch die durch Duplikation entstandenen DLE-Zeichen, so daß das Bild im Speicher des an den Empfangsadapter angeschlossenen Rechners dem Bild im Sendespeicher gleicht. Im übrigen geschieht der Steuerungsablauf analog zu dem beim Normalen Modus.

2. Betriebsablaufphasen

Die Ablaufphasen der Datenübertragung nach dem BSC-Verfahren seien in folgenden Schritten beschrieben:

- a. Aufbau der Datenverbindung
- b. Ausführung und Überwachung des Datenaustausches
- c. Beendigung der Datenübertragung

a. Aufbau der Datenverbindung

Die unterschiedlichen Eigenschaften der Leitungs- und Netzkonfigurationen (s. C.11.5.)) erfordern entsprechende Modifikationen der BSC-Steuerung.

a1. Bei festgeschalteten Verbindungen

a. Punkt-zu-Punkt-Verbindungen

Zunächst ist die Leitung im Ruhezustand. Hat eine der beiden Seiten ein Sendeaufkommen, so signalisiert sie dies durch Senden eines ENQ-Steuerzeichens, wie in Bild 9 in D.11.1.c.cl.) gezeigt ist.

b. Mehrpunkt-Verbindungen

Vgl. C.11.5.b.b2.)

Die Auswahl einer bestimmten Trabantenstation an einer Mehrpunktleitung geschieht so, daß zunächst alle Trabantenstationen A,B, C usw. mittels einer Folge

SYN	E 0 T
-----	-------------

In einen Zustand erhöhter Bereitschaft versetzt werden. Damit wird jeder einzelnen Trabantenstation ermöglicht, im folgenden auch solche Übertragungen zu beobachten, an denen sie selbst nicht beteiligt ist. So kann sie Datenphasen unterscheiden von solchen, in denen eine Neuadressierung durchgeführt wird. Jeder Trabantenstation ist eine Stationsadresse eindeutig zugeordnet, so daß Jede von ihnen als Gesprächspartner von der Leitstation ausgewählt werden kann (master-slave-system).

Um der adressierten Trabantenstation mitzuteilen, in welcher Richtung der Informationsfluß erfolgen soll, enthält die Stationsadresse ein redundantes Bit. Durch dieses wird der adressierten Station mitgeteilt, welchen von zwei möglichen Betriebsabläufen die Leitstation wünscht. Entweder den Empfangsaufruf (selecting), der anzeigt, daß sie selbst Information an diese Trabantenstation senden möchte. Oder aber den Sendeabruf (polling), womit die Trabantenstation aufgefordert wird, ihrerseits Daten an die Leitstation zu senden. Damit hat die nach der Einleitungsinstruktion

von der Leitstation zu sendende, der Adressierung dienende Zeichenfolge folgendes Format:

SYN	ADRESSE + redundantes Bit	ENQ
-----	---------------------------	-----

Wird die eigene Adresse erkannt, so ist die Trabantestation aufgerufen, darauf zu antworten. Per Programm (programmierungs- oder gerätetechnisch realisiert) muß zunächst untersucht werden, ob es sich um einen Empfangsaufruf oder einen Sendeabruf handelt. Bei Sendeabruf wird sofort der erste Datenblock gesendet, bei Empfangsaufruf zeigt die Quittung ACK 0 die Bereitschaft der Trabantestation zum Empfang an. Wenn jedoch z.B. EØT, die Adresse oder das ENQ nicht ordnungsgemäß empfangen werden, so unterbleibt die Auswahl, und alle Trabantestationen kehren in den ursprünglichen Wartezustand zurück.

a2. Bei gewählten Verbindungen im öffentlichen Netz

Auf der Sendeseite erfolgt zunächst der Wählvorgang. Dafür gibt es zwei Möglichkeiten:

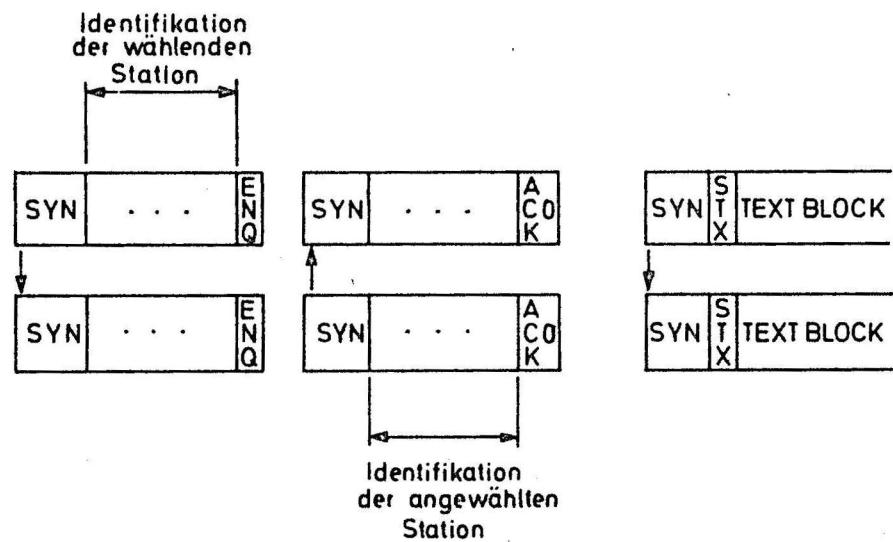
a) Manueller Verbindungsaufbau

Über einen mit dem Modem gekoppelten Fernsprechapparat. Auf der Empfangsseite kann wahlweise "automatische Anrufbeantwortung" (Unbedienter Datenbetrieb) vorgesehen sein oder ein Bediener nimmt den Anruf entgegen. (Unbedienter Datenbetrieb ist im BSC-Verfahren vorgesehen, dafür erforderliche Modifikationen an den Modems sind von der DBP zur Zeit aber noch nicht freigegeben). Nach einer Konversation wird die Übertragungsleitung in beiden Datenstationen manuell an die Modems geschaltet.

b) Automatischer Verbindungsaufbau

Er erfolgt durch Verwendung einer automatischen Wähleinrichtung, die von einer Zusatzeinrichtung im Adapter betrieben wird. Mittels einer Instruktion wird der Wählvorgang vom Programm her eingeleitet, worauf die Wähleinrichtung die im Speicher enthaltene Telephonnummer in Wählimpulse umwandelt und aussendet. Ein bestimmter Antwortton von der gerufenen Station zeigt an, daß die Verbindung zustande gekommen ist, worauf die Übertragungsleitung an den Modem angeschlossen wird, um eine Datenverbindung zum Adapter zu errichten. Das Programm kann dann mit dem Datenaustausch beginnen. Für diese Art des Wählens ist auf der Empfangsseite die "automatische Anrufbeantwortung" eine sinnvolle Voraussetzung, da nur auf diese Weise der ankommende Ruf mit dem erwähnten Antwortton automatisch beantwortet werden kann. Dieser ganze Vorgang zum Aufbau einer Datenverbindung benötigt dann kein Bedienungspersonal.

Im allgemeinen wird bei Wählverbindungen zwischen den Datenstationen zunächst eine Identifikation (Stationskennung) ausgetauscht, die für beide Seiten sicherstellt, daß sie mit dem richtigen Partner verbunden sind. Dazu schickt man vor dem ENQ-Steuerzeichen sowie vor dem ersten Quittungssignal Identifikationszeichen, die jeweils den eigenen Stationsnamen darstellen:



Eine Datenstation, die Daten erwartet, macht sich durch Starten eines Empfangsprogramms empfangsbereit. Dieses beginnt mit einer Einleitungsinstruktion, die den Empfangsadapter in einen Bereitzustand versetzt, bis die Gegenstation schließlich mit der Übertragung beginnt und der erste Block empfangen wird. Der Start des Programms kann beliebig lang im voraus geschehen, muß aber spätestens vollzogen sein, wenn die Gegenstation zu senden beginnt.

b. Ausführung und Überwachung des Datenaustausches

Die zu Übertragenden Daten stehen vor der Übertragung im Speicher des Senders, nach der Übertragung außerdem im Speicher des Empfängers. Auf beiden Seiten wird das Senden bzw. Empfangen eines Blocks durch eine Instruktion gesteuert. Ein aus einer logischen Folge solcher Instruktionen zusammengesetztes Programm auf beiden Seiten des

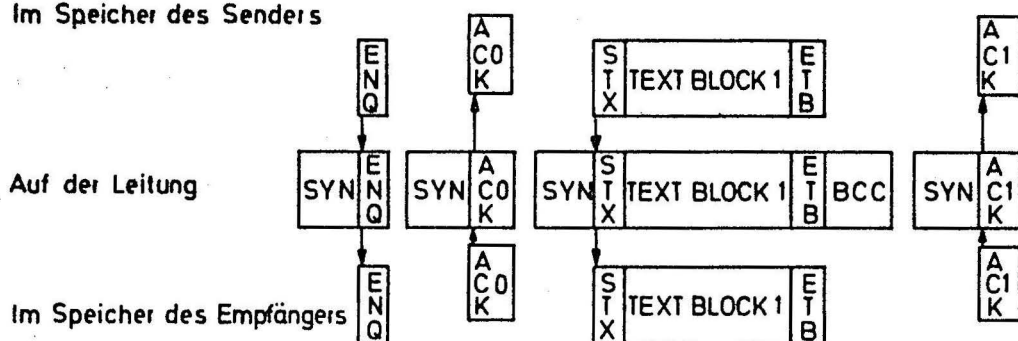
Übertragungsweges ist erforderlich, um den Austausch von Daten, Quittungssignalen und Steuerinformationen sinnvoll ablaufen zu lassen.

Zu Übertragende Daten sind zunächst in Blöcke einzuteilen, denen die Übertragungssteuerzeichen hinzuzufügen sind. Das Hinzufügen der notwendigen SYN-Steuerzeichen und das Erstellen, Hinzufügen und Auswerten der Prüfinformation erfolgt automatisch durch den Adapter. Alle weiteren Steuerzeichen, wie z.B. STX/ETB/ETX oder auch Quittungssignale müssen mit den aufbereiteten Daten zusammen im Speicher der zentralen Recheneinheit vom Benutzer vorgegeben werden.

Ein Beispiel veranschaulicht die Verhältnisse. Bild 1 gibt keine räumliche Darstellung der Speicheraufteilung, sondern lediglich einen Überblick über die nur im Speicher erscheinenden Zeichen und jene, welche nur auf dem Übertragungsweg, d.h. außerhalb der Dateneneinrichtung, vorhanden sind.

Bild 1:

Im Speicher des Senders



c. Beendigung der Datenübertragung

Eine Datenübertragung endet damit, daß die positive Rückmeldung zum letzten Block empfangen wurde. Danach

schließt der Sender durch Senden von EOT die Übertragung endgültig ab. Dies gilt für festgeschaltete Verbindungen.

Bei Wählverbindungen wird statt EOT die Folge DLE EOT gesendet, die das Auslösen der Leitungsverbindung einleitet. Dies geschieht in beiden Stationen, gesteuert durch die Adapter über die Modems.

3. Mittel der Fehlererkennung

Um die zu Übertragenden Informationen mit einem hohen Maß an Fehlerfreiheit vom Sender zum Empfänger gelangen zu lassen, werden in den BSC-Dateneneinrichtungen umfangreiche Prüfmethoden angewendet (s. Bild 1, entnommen aus F.3)).

Bild 1:

Art der Prüfung		Maßnahmen nach einer Fehlererkennung
Prüfung auf Übertragungsfehler	CRC oder LRC	Nur beim Empfänger: Sofortiges Setzen einer Programmunterbrechung
	Vertikale Paritätsprüfung	Nur beim Empfänger: Weitere Datenübertragung in den Speicher, Programmunterbrechung bei Endcode oder Zeitschranke.
	Kurzer Bereich beim Empfänger	Empfänger: Keine weiteren Daten zum Speicher, warten auf Endcode, dann Programmunterbrechung setzen.
	Synchronisierungsprüfung mittels Zeitüberwachung	Nur beim Empfänger: Sofortige Programmunterbrechung. Station versucht sich neu zu synchronisieren.

Prüfung auf interne Fehler der Datenendeinrichtung	Interne Paritätsprüfung an verschiedenen Stellen in der Datenstation Zeitlicher Überlauf	Sender: Sofortige Programmunterbrechung. Empfänger: Weitere Übertragung in den Speicher, Programmunterbrechung bei Endcode oder Zeitschranke Sender: Sofortige Programmunterbrechung. Empfänger: Daten werden weiter in den Speicher übertragen, Programmunterbrechung bei Endcode.
Prüfung auf Programmfehler	Kurzer Bereich beim Sender oder Speicherüberlauf beim Sender oder Empfänger Bei automatischem Wählen: Nummer der zu wählenden Station enthält nichtnumerische Zeichen	Sender: Sofortige Programmunterbrechung setzen. Empfänger: Keine weiteren Daten zum Speicher, warten auf Endcode, dann Programmunterbrechung setzen. Sofortiges Setzen der Programmunterbrechung.

Diese Prüfmethode sollen hier lediglich im Hinblick auf das BSC-Verfahren noch näher erläutert werden. Weitere Einzelheiten sind dem Abschnitt C.IV.) und den dort angegebenen Literaturstellen zu entnehmen.

a. Prüfung auf Übertragungsfehler

Gemäß dem bei der BSC-Technik gewählten Verfahren 2a) aus Bild 2 in C.IV.2.) werden die Vorkehrungen zur Erkennung von Übertragungsfehlern bei der jeweiligen Empfangsstation getroffen (s. auch D.II.1.c.c1.)). Bild 1 zeigt die entsprechenden Verfahren in der obersten Gruppe:

a. CRC/LRC

Cyclic Redundancy Cheking, d.h. Prüfung mittels zyklischem Code (s. unten)

Longitudinal Redundancy Checking (s. C.IV.3.b.))

b. Vertikale Paritätsprüfung, auch VRC (Vertical Redundancy Checking) genannt (s.C.IV.3.b.)). Wenn Daten im 7-Bit-Code übertragen werden (ISO 7-Bit-Code), wird das achte Bit jedes Zeichens als Paritätsbit verwendet. Diese Prüfung geschieht zusätzlich zur LRC-Prüfung.

c. Kurzer Bereich

Deutet beim Empfänger ebenfalls auf Leitungsstörung hin, auf Grund derer z.B. die Ende-Markierung eines Textblockes nicht erkannt werden konnte. Diese Prüfung zeigt an, daß die mittels Instruktion definierte Blocklänge abgearbeitet ist, ohne daß ein Endcode entdeckt wurde.

d. Zeitüberwachung

Diese Prüfung stellt sicher, daß innerhalb bestimmter Zeitabschnitte ganz bestimmte Funktionen, ausgedrückt durch Steuerzeichenfolgen, auftreten.

Zwei dieser Verfahren (a. und d.) sollen nun näher beschrieben werden.

a1. Prüfung mittels zyklischem Code

Dabei handelt es sich um das wirksamste Fehlererkennungsmittel im Rahmen des BSC-Verfahrens. Der Sender ergänzt einen zu schützenden Übertragungsblock (m Bits lang) durch redundante Prüfinformation (k Bits lang), die nach den in C.IV.3.c.) angegebenen Regeln aus dem Übertragungsblock abgeleitet wird. Der derart verlängerte Block, aus insgesamt $n=m+k$ Bits bestehend, kann dann als Codewort eines zyklischen Codes aufgefaßt werden.

Die Ableitung der Prüfinformation aus den m Bits erfolgt durch logische Verknüpfungsschaltungen sowohl beim Sender

als auch beim Empfänger, wobei letzterer mittels eines Vergleichs der empfangenen und der von ihm selbst generierten Prüfinformationen entscheidet, ob der Block als richtig oder als falsch gewertet werden soll.

l.a. werden folgende Werte gewählt:

Prüfinformation: $k = 16$ Bits

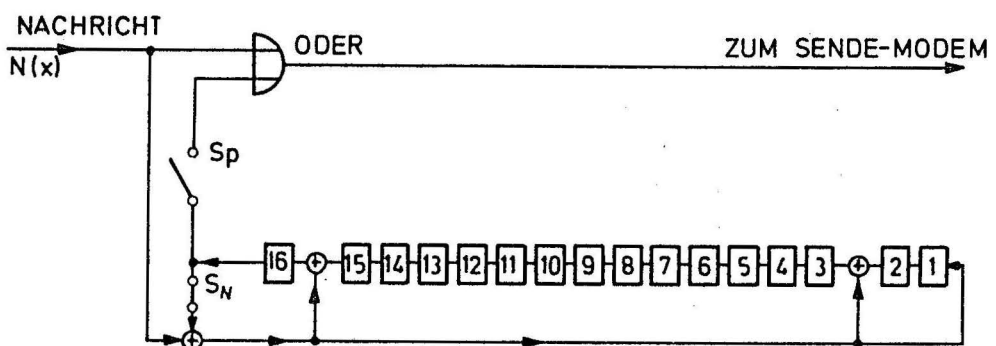
Prüfpolynom: $P(x) = x^{16} + x^{15} + x^2 + 1$

Nutzinformation: z.B. $m = 700$ Bits s. in C.IV.2.)

Um die Wirkung der Blockredundanz nicht zu beeinträchtigen, sollte die Blocklänge nicht größer als $(2^{k-1} - 1)$ Bits = 32767 Bits sein.

Die Schaltung in Bild 1 zeigt ein Schieberegister aus 16 Stufen, das in seiner Zusammenschaltung und seinen Rückführungen dem gewählten Prüfpolynom entspricht. Während der Übertragung gehen die zu übertragenden Bits zum Sendemodem, aber parallel auch in das Schieberegister und erzeugen dort die Prüfinformation, wobei der offene Schalter S_p zunächst keinen Einfluß auf die Nachricht erlaubt. Nach dem m -ten (letzten) Bit des Datenblocks $N(x)$ hat sich im Schieberegister der endgültige BCC ergeben. Schalter S_N öffnet und die 16 Prüfbits werden nahtlos anschließend über den dann geschlossenen Schalter S_p und den Oder-Kreis zum Modem gegeben und gesendet.

Bild 1: "⊕" kennzeichnet die Boolesche Disvalenz-Funktion



Bei fehlerfreier Übertragung ist dann das n-Bit-Polynom in der Empfängerschaltung "restfrei teilbar".

Gemäß F.3.) ist diese Prüfung imstande, folgende Fehlerarten zu erkennen:

- alle Fehler mit ungerader Anzahl von Bitfehlern,
- alle möglichen einzelnen Bündelfehler, wenn das Bündel ≤ 16 Bits umfaßt,
- 99,9969% aller möglichen einzelnen Bündelfehler der Länge 17 Bits,
- 99,9984% aller möglichen längeren Bündelfehler.

Zu beachten ist, daß diese sehr hohen Prozentwerte nicht automatisch als Fehlerentdeck-Wahrscheinlichkeiten aufgefaßt werden können, es sei denn, alle Arten von Fehlern wären gleich wahrscheinlich.

a2. Prüfung auf Synchronismus

Diese Prüfung ist von ganz besonderer Bedeutung, da sie eine Art Schranke darstellt, die verhindert, daß das gesamte Netz zur Datenübertragung längere Zeit funktionsunfähig wird. Selbst wenn infolge Häufung von Störungen Steuerzeichen oder ganze Steuerzeichenfolgen nicht mehr erkannt werden können, führt sie nach längstens 3 Sekunden zu einer Programmbenachrichtigung bei der empfangenden Endeinrichtung. Die Sendestelle erzeugt periodisch alle 1,25 Sekunden zwei SYN-Zeichen, die in lange Datenblöcke eingeschoben werden. Bei ihrem Empfang wird die auf 3 Sekunden eingestellte Zeitüberwachung jeweils auf Null zurückgestellt, so daß auch beliebig lange Textblöcke bei intakter Synchronisierung nicht zum Ansprechen dieser Prüfung führen (s. Bild 6 in D.11.1.c.c1.)). Auch das Wechselspiel der Übertra-

gung von Daten und der entsprechenden Rückmeldungen erfolgt unter Zeitüberwachung (s. Bild 5 in D.II.1.c.c1.)). Selbst Ablaufunterbrechungen werden so erkannt und leiten eine neue Synchronisierung ein.

b. Interne Prüfungen im Adapter

Trotz der um Zehnerpotenzen höheren Fehlersicherheit moderner Schaltkreise im Vergleich zu den Einflüssen des Übertragungsweges sind auch interne Prüfstromkreise vorgesehen.

Paritätsprüfungen

Sie erfolgen an mehreren Stellen im Datenpfad des Adapters. Ihre Aufgabe ist es, Daten und Steuerzeichen auf ihrem Transport zwischen dem Speicher der Zentraleinheit und der Schnittstelle zum Modem abzusichern. (Vgl. C.IV.3.b.)).

Zeitlicher Überlauf

Es sind Schaltkreise vorgesehen, die einen Fehler im zeitlichen Ablauf dann erkennen, wenn z.B. die zentrale Einheit das n. Zeichen noch nicht übernommen hat, und der Adapter bereits das (n+1). Zeichen zum Abspeichern anbietet.

c. Prüfung auf Programmierfehler

Wie in Tabelle 1 in D.II.3.) dargestellt, weisen "Kurzer Bereich" beim Sender oder "Kernspeicherüberlauf" in jedem Fall direkt auf Fehl-Programmierung hin. Bei "automatischem Wählen" signalisieren eingebaute Prüfkreise dem Programm, wenn nicht-numerische Zeichen anstatt der Ziffern 0-9 zur Wähleinrichtung gegeben werden.

d. Anweisung "Verzweige bei Fehler"

Sie erlaubt eine summarische Prüfung in einem Schritt, ob irgendein Fehler der vorerwähnten Arten von den Prüfkreisen festgestellt wurde. Ist dies der Fall, so erlaubt eine weitere Anweisung "Abspeichern Fehlerinformation" nun eine detaillierte Analyse durch das Programm.

Für sämtliche Maschinen und Systeme der IBM, die für das BSC-Verfahren konzipiert sind, bestehen nun genaue Vorschriften über die Vorgehensweise nach dem Auftreten der definierten Fehlerarten bzw. Störungen. Tabelle 1 in D.11.3.) skizziert einige der wichtigsten. Festgelegt sind danach sowohl die Maßnahmen der Übertragungssteuereinheiten selbst bis zu dem Zeitpunkt, zu dem sie das Programm mittels Programmunterbrechung informieren, als auch die dann einzuleitende programmierte Aktion.

So wird z.B. die empfangende BSC-Einrichtung bei CRC- oder Synchronisierfehlern sofort die Programmunterbrechung einleiten, während bei zeitlichem Überlauf oder Speicherüberlauf das Blockendezeichen oder das Ansprechen der Zeitschranke abgewartet wird. Die eigentliche Fehlerkorrektur geschieht durch Wiederholung der als fehlerhaft erkannten Übertragung. Durch diese konsequente Auswertung aller Prüfanzeigen sollen zwei Hauptziele erreicht werden:

1. Unbedingtes Verhindern nicht erkannter Fehler im Gesamtsystem der Datenübertragung im Rahmen der Fähigkeit der angewandten Vorkehrungen.
2. Erreichen einer automatischen (programmierten) Rückkehr aus einer Fehlersituation heraus (Ablaufunterbrechung) zu vollem, normalem Betriebsablauf. Dazu erhält das Programm nach Eintritt einer Fehlersituation zum Zeitpunkt der Ende-Unterbrechung detaillierte Information im Sinne von Bild 1 aus D.11.3.).

III. Programmierung des IBM 1130 BSCA

Als Beispiel dafür, in welcher Weise ein Adapter von einem in der zugehörigen Datenstation (z.B. ein Rechner) gespeicherten Programm angesprochen werden kann, seien hier die Grundzüge der Assembly-Programmierung des IBM 1130 BSCA (Binary Synchronous Communications Adapter) angegeben.

1. Assembly-Befehle

Alle Ein/Ausgabe-Operationen des Systems IBM 1130 werden mit Hilfe des $XI\emptyset$ -Befehls programmiert, der die Adresse des zwei Worte umfassenden $I\emptyset CC$ (Input/Output Control Command)-Befehls angibt. Dieser $I\emptyset CC$ -Befehl wiederum enthält Hinweise auf die jeweils anzusprechende Geräteeinheit (z.B. Adapter), die auszuführende Operation (Write, Read, Sense Interrupt, Control, Initiate Write, Initiate Read, Sense Device mit jeweiligen durch sog. "Modifier Bits" bedingten Modifikationen) und auf die Adresse der jeweils benötigten Speicherzelle.

Der Adapter kann das laufende Programm auf IL1 (Interrupt Level 1) unterbrechen, indem er bewirkt, daß Bit 1 des zugehörigen ILSW-Wortes (Interrupt Level Status Word) gesetzt wird. Nachdem das Programm den Adapter als unterbrechende Geräteeinheit erkannt hat, analysiert es das vom Adapter generierte DSW-Wort (Device Status Word). Die gesetzten Bits dieses Wortes geben dann an, in welchem Betriebszustand sich der Adapter gerade befindet (Read Response, Write Response, Check, Timeout, Auto Answer Request, Busy, Enabled, Ready), so daß entsprechende Programmwege durchlaufen werden können.

Die detaillierten Beschreibungen der Befehle sind F.27.) zu entnehmen.

2. Zeitbedingungen

Da der Adapter keinen eigenen Speicher als Puffer für alle jeweils während eines Datenaustausches zu Übertragenden Daten besitzt, müssen insbesondere bei einander überlappenden Ein/Ausgabe-Operationen mehrerer Geräteeinheiten bestimmte Zeitbedingungen eingehalten werden, damit gewährleistet ist, daß weder beim Empfangen Daten verlorengelassen noch beim Senden Lücken im Datenfluß entstehen (die Lücken können zwar mit SYN-Steuerzeichen gefüllt werden, setzen aber die effektive Übertragungsleistung herab).

Die Tabelle 1 gibt die Zeiten an, innerhalb derer

- beim Empfangen nach einer "Read-Response-Unterbrechung" ein Zeichen vom Adapter-Puffer-Register abgerufen und
- beim Senden nach einer "Write-Response-Unterbrechung" ein Zeichen in das Adapter-Puffer-Register geschrieben werden muß.

Tabelle 2 enthält die zugehörigen Zeichenraten, d.h. die reziproken Werte der Zeiten aus Tabelle 1.

Tabelle 1:

Baud \ Char. Size	6 Bit	7 Bit	8 Bit
600	10.0ms	11.6ms	13.3ms
1200	5.0ms	5.8ms	6.6ms
2000	3.0ms	3.5ms	4.0ms
2400	2.5ms	2.9ms	3.3ms

Tabelle 2:

Baud \ Char. Size	6 Bit	7 Bit	8 Bit
600	100 cps	85.7 cps	75 cps
1200	200 cps	171 cps	150 cps
2000	333.3cps	286 cps	250 cps
2400	400 cps	343 cps	300 cps

Beide Tabellen sind F.27.) entnommen.

E. Betrachtungen zu dem Entwurf eines Rechner-Sichtgerät-Systems

Die in den vorhergehenden Abschnitten erläuterten System-, Verfahrens- und Organisationsfragen eines Datenfernübertragungssystems sollen im folgenden dazu herangezogen werden, den Datenaustausch zunächst zwischen einem Rechner und nur einem Sichtgerät unter Berücksichtigung bestimmter Bedingungen zu entwerfen. Des weiteren sollen Überlegungen angestellt werden, die auf den Anschluß mehrerer Sichtgeräte an einen Rechner hinführen. Zunächst jedoch seien einige der wichtigsten Merkmale aufgezeigt, die allgemein für solche Systeme charakteristisch sind.

I. Merkmale eines Rechner-Sichtgerät-Systems

1. Eigenschaften eines Sichtgerätes

Im wesentlichen sind es zwei Merkmale der meisten z.Zt. handelsüblichen Sichtgeräte, die bei dem Entwurf eines Rechner-Sichtgerät-Systems eine entscheidende Rolle spielen. Diese sind Bildwiederholungsspeicher nebst Zeichen- und Vektorgenerator sowie die Eingabemöglichkeiten.

a. Bildwiederholungsspeicher, Zeichen- und Vektorgenerator

Die meisten der z.Zt. üblichen Sichtgeräte müssen aus bekannten Gründen einen sogenannten Bildwiederholungsspeicher besitzen, der die auf dem Bildschirm jeweils dazustellende Information enthält und diese in Zeitabständen von ca. 30 ms ausgibt. Dieser Speicher befindet sich meistens in unmittelbarer Nähe des Bildschirms, da sonst die angegebene Ausgabezeit infolge der Übertragungszeiten ohne erhöhten Aufwand nicht eingehalten werden kann. Ist er von dem Hauptspeicher des Rechners getrennt in der Sichtgerät-Baueinheit untergebracht, spricht man von einem autonomen Sichtgerät. Und nur ein solches kann in den zu entwerfenden Systemen verwendet werden, da die Übertragungszeiten zwischen Rechner und Sichtgerät i.a. zu hoch liegen. Somit brauchen die jeweils eine graphische

Darstellung betreffenden Daten nur einmal vom Rechner zum Sichtgerät übertragen zu werden.

Des weiteren besitzen die Sichtgeräte meist noch einen Zeichen- und einen Vektor-Generator, auf deren Funktionsweise hier nicht eingegangen werden soll. Wichtig ist hier nur, daß das Vorhandensein dieser Generatoren insofern einen Einfluß auf die Organisationen der zu übertragenden Daten hat, als neben Punkten auch Linien und alphanumerische Zeichen auf dem Bildschirm dargestellt werden können und diese dementsprechend für die Übertragung codiert werden müssen.

b. Eingabevorrichtungen

Die wichtigsten Eingabevorrichtungen sind z.Zt.: Lichtgriffel, Rollkugel, alphanumerische und Funktions-Tastaturen. Ihr Sinn ist es, dem Operator ein interaktives Arbeiten mit dem gesamten System zu ermöglichen. Hierbei soll unter "interaktiv" verstanden werden: Der Operator wünscht, daß nach Betätigung der Eingabevorrichtungen das System gemäß des in ihm gespeicherten Programms (geräte- oder/und programmierungstechnisch im Rechner und Sichtgerät realisiert) bestimmte Operationen ausführt und die Ergebnisse ihm, dem Operator, in möglichst kurzer Zeit (in ms) mitteilt, z.B. durch Ausgabe auf dem Bildschirm des Sichtgerätes.

Diese Forderung nach interaktivem Arbeiten hat jedoch zur Folge, daß die Datenübertragung nicht nur vom Rechner zum Sichtgerät sondern auch in umgekehrter Richtung möglich sein muß, d.h. daß auf der Seite des Sichtgerätes alle Einrichtungen zum Senden von Daten vorhanden sein müssen. Wenn die Komplexität und damit auch die Kosten des Sichtgerätes klein gehalten werden sollen, wird es zweckmäßig sein, diese Einrichtungen nur gerätetechnisch nicht aber auch noch programmierungstechnisch wie es bei einem Rechner-Rechner-System (s.z.B. System IBM/360-67, IBM 1130) i.a. der Fall ist, zu realisieren.

2. Struktur der zu Übertragenden Daten

Die Struktur der zu Übertragenden Daten hat einen wesentlichen Einfluß auf die Komplexität der Übertragungseinrichtungen und auf die Antwortzeiten des Systems, da je nach Codierung und Komprimierung der Daten die zugehörigen Einrichtungen und Übertragungszeiten entsprechend aufwendig bzw. lang werden. Eine Komprimierung der Daten kann z.B. dadurch geschehen, daß bei der Übertragung vom Rechner zum Sichtgerät bei bestimmten Bildfolgen jeweils nur die Änderungen gegenüber der vorhergehenden graphischen Darstellung übertragen werden. Bei der entgegengesetzten Übertragungsrichtung hängt es davon ab, welcher Art die eingegebenen Daten sind. Jedenfalls hat für beide Richtungen eine Komprimierung eine nicht einheitliche Codierung der Daten zur Folge, da nur so eine Unterscheidung der verschiedenen Datenstrukturen möglich ist; z.B. ist bei dem im nächsten Abschnitt angegebenen Beispiel ein hell zu tastender Punkt nur dann bereits durch zwei Bits festgelegt, wenn der gesamte Bildschirminhalt übertragen wird, wohingegen bei Übertragung einzelner Änderungen weitere Bits für die jeweilige Angabe der geometrischen Lage eines Punktes notwendig sind.

3. Antwortzeiten des Systems

Das in E.1.1.b.) gewünschte schnelle interaktive Arbeiten kann z.B. sehr beeinträchtigt werden, wenn die Zeiten für die Datenübertragung zwischen Rechner und Sichtgerät relativ lang (in min) sind. Andererseits können auch die insbesondere im Rechner durchgeführten Operationen zum Errechnen, Suchen und Sortieren von Daten usw. erhebliche Zeiten beanspruchen, so daß der Einfluß der für die Datenübertragung benötigten Zeit oft nicht sehr schwerwiegend ist. Inwieweit der das Sichtgerät bedienende Operateur die Ant-

wortzeiten des Systems als störend empfindet, wird sich an der erstellten Anlage oder bei einer geeigneten Simulation derselben erweisen müssen.

Das folgende Beispiel gibt einen Hinweis auf die zu erwartenden Übertragungszeiten:

Werte eines Raster-Sichtgerätes:

Bildschirm : 192 x 192 Rasterpunkte mit $(\frac{1}{3})$ -Codierung in waagerechter Richtung

Speicher : Sei gerade so groß, daß ein "Bildschirm-Inhalt" in ihm gespeichert werden kann, also

$$P = \frac{192}{3} \times 192 \times 2 = 24 \text{ k bits}$$

Ein solcher Bildschirminhalt P sei vom Rechner zum Sichtgerät im BSC-Verfahren zu übertragen. Gemäß Bild 9 in D.11.1.c.c1.) folgt, wobei dem Symbol SYN zwei SYN-Steuerzeichen für die Zeichensynchronisierung zugrunde gelegt werden; die für die Bitsynchronisierung benötigte Zeit ist zunächst nicht berücksichtigt:

z.B. 24 Blöcke à 1 k bit :

Insgesamt 24576 bit

Steuer-, Prüf- und Quitt-

tungs-Zeichenbits pro Block:

SYN	16	bit
STX	8	"
ETB/ETX	8	"
BCC	16	"
SYN	16	"
DLE	8	"
ACK 0/1	8	"

80 bit insgesamt 1920 bit

Steuerzeichenbits am
Anfang und Ende des
Datenaustausches

: SYN	16	bit
ENQ	8	"
SYN	16	"
DLE	8	"
ACKO	8	"
SYN	16	"
EOT	8	"

80 bit einmalig 80 bit

Summe 26576 bit

Sofern fehlerfreie Übertragung angenommen wird, folgt für die Übertragungszeit T_1 bei einer Übertragungsgeschwindigkeit von $v = 2400$ bit/s:

$$T_1 = \frac{26576}{2400} \text{ s}$$

$$T_1 = 11,05 \text{ s}$$

Nun sind noch die Bitsynchronisationszeiten zu berücksichtigen. Da diese nicht genau festgelegt sind, sei hier angenommen, daß pro SYN-Symbol noch zwei Zeichen jeweils mit der hexadezimalen Notierung '55' hinzukommen, also pro SYN-Symbol ca. 6,7 ms bei $v = 2400$ bit/s.

Insgesamt sind in obiger Aufstellung 51 SYN-Symbole enthalten, so daß sich ergibt:

$$T_2 = 51 \times 6,7 \text{ ms}$$

$$T_2 = 0,340 \text{ s}$$

Damit folgt für die Gesamtzeit T des Datenaustausches:

$$T = T_1 + T_2$$

$$T = \underline{11,39 \text{ s}}$$

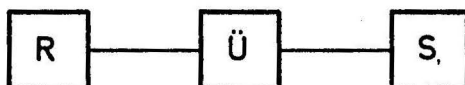
T erhöht sich entsprechend, wenn während der Übertragung Fehler auftreten, die die Wiederholung der als fehlerhaft erkannten Blöcke bedingen.

Im übrigen kann T , da $T \sim 1/v$, im wesentlichen nur durch eine Vergrößerung von v herabgesetzt werden. Der Einfluß des BSC-Verfahrens ist nicht sehr schwerwiegend, im obigen Beispiel bewirkt er lediglich eine Zunahme bezüglich T um ca. 12% gegenüber der unteren Schranke $T = 24 \text{ k bit} / 2400 \text{ bit/s} \approx 10,2 \text{ s}$.

II. Systeme mit nur einem Sichtgerät

Einem solchen System können gemäß den Bildern 1 und 2 in C.1.) folgende Blockschaltbilder zugrunde gelegt werden:

Bild 1:



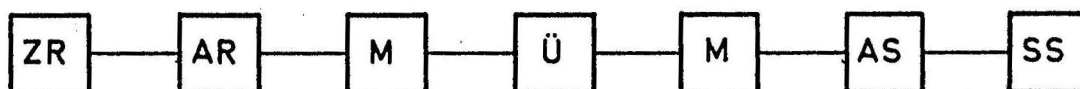
R: Rechner

Ü: Übertragungskanal

S: Autonomes Sichtgerät

bzw.

Bild 2:



ZR: Zentraleinheit des Rechners nebst Peripherie

AR: Adapter des Rechners

M: Modem

AS: Adapter des Sichtgerätes

SS: Speicher- und Steuer-Einheit des Sichtgerätes nebst Peripherie

Im folgenden wird auf einzelne Blöcke näher eingegangen.

1. System IBM/360-67, IBM 1130 als Ausgangspunkt

Ein erster Entwurf der Organisation und Realisierung der Übertragungseinrichtungen kann beispielsweise von dem in D.) angegebenen System IBM/360-67, IBM 1130 ausgehen, in welchem z.B. der Rechner IBM 1130 durch ein autonomes Sichtgerät zu ersetzen ist. Die Verbindung sei eine

festgeschaltete Punkt-zu-Punkt-Verbindung.

Dann bleiben im wesentlichen die folgenden Fragen zu klären:

- a. Sollen sowohl Rechner als auch Sichtgerät das Recht haben, von sich aus einen Datenaustausch einleiten zu können?
- b. Welcher Modus (Normal oder Transparent) soll gewählt werden?
- c. Welche Funktionen muß die Sichtgerät-Steuereinheit hinsichtlich der zum Rechner gerichteten Datenübertragung erfüllen?
- d. Welche Funktionen muß der Sichtgerät-Adapter erfüllen?
- e. Wie kann die Schnittstelle zwischen Sichtgerät-Adapter und -Steuereinheit aussehen?

Diese Fragen werden in den folgenden Abschnitten untersucht.

a. Sendepriorität

Grundsätzlich ist es in einem Rechner-Sichtgerät-System, welches nur ein Sichtgerät enthält, gleichgültig, ob a. beide Datenstationen das Recht haben, jeweils eine Datenverbindung aufbauen zu dürfen, oder ob b. nur der einen von ihnen dieses Recht zugestanden wird.

Zu a. Diese Regelung ist im allgemeinen nur sinnvoll, wenn Rechner und Sichtgerät über eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung miteinander verbunden sind und der Operateur am Sichtgerät eine unverzügliche Übertragung seiner Daten zum Rechner hin wünscht, sobald diese verfügbar sind.

Zu b. Hierbei fungiert die eine der beiden Datenstationen als Leitstation ("Master") und die andere als Trabantenstation ("Slave"), wobei i.a. der Rechner die Rolle der Leitstation übernimmt. Das Sichtgerät als Trabantenstation wird hierbei vom Rechner zu bestimmten Zeitpunkten abgefragt, ob sie sende- oder empfangsbereit ist, woraufhin von ihr entsprechende Quittungszeichen gesendet werden (s. in D.11.2.)).

Dem oben angegebenen System wird man eventuell zunächst, um den Aufwand auf der Seite des Sichtgerätes klein zu halten, die Regelung b. (auch als Master-Slave-Prinzip bekannt) zugrundelegen, d.h. den Rechner IBM/360-67 als Leitstation und das autonome Sichtgerät als Trabantenstation benennen.

b. Normaler oder Transparenter Modus

Bei der Übertragung der Daten muß z.B. bei Zugrundelegung des BSC-Verfahrens (s. in D.11.) berücksichtigt werden, daß die Datenzeichenbits von Steuerzeichenbits eingerahmt und eventuell auch noch zu durchsetzen sind (s. in D.11.1.c.c2.) und D.11.3.a.a2.)). Dies beinhaltet, daß die Steuerzeichen natürlich auch als solche von dem Adapter der jeweils empfangenden Datenstation erkannt werden müssen.

Da nun aber infolge der Besonderheiten der hier auftretenden Daten (s. in E.1.2.)) nicht auszuschließen ist, daß einige Datenzeichen-Bitfolgen identisch mit Steuerzeichen-Bitfolgen sind, wird notwendigerweise der Transparente Modus anzuwenden sein.

Die entsprechenden Regelungen sind in D.11.1.c.c2.) angegeben.

c. Funktionen der Sichtgerät-Steuereinheit und des -Adapters

Da an dieser Stelle naturgemäß noch keine klare Entscheidung bezüglich der Schnittstelle zwischen einer Steuereinheit und eines Adapters des Sichtgerätes getroffen werden kann, seien die von beiden Einrichtungen auszuführenden Funktionen lediglich summarisch dargestellt. Mittels der in E.1.b.) angegebenen Eingabevorrichtungen können u.a. solche Daten in das Sichtgerät eingegeben werden, die zum Rechner übertragen werden sollen (z.B. Inhalt

einer Tabelle). Andere Funktionen des Sichtgerätes, die keine Übertragungsoperationen auslösen, werden hier nicht betrachtet.

Die zu Übertragenden Daten werden in einem Speicher (zweckmäßigerweise im Bildwiederholungsspeicher, da man davon ausgehen kann, daß diese Daten vorher auf dem Bildschirm dargestellt werden) aufeinanderfolgend abgelegt, der sie nach Aufforderung dem Adapter übergibt. Von diesem gelangen sie, mit den notwendigen Steuer- und Prüfzeichen (z.B.: STX, ETB, BCC) versehen, zum Modem und von dort auf den Übertragungskanal. Da infolge möglicher Übertragungsstörungen eine weitgehende Einteilung in Blöcke notwendig ist, muß eine solche Einteilung entweder bereits im Speicher oder beim Durchlaufen des Adapters erfolgen. Die Blocklänge braucht dabei nicht unbedingt konstant zu sein. Ihre obere Schranke wird sich im wesentlichen nach der Störanfälligkeit des Übertragungskanals richten (s. in D.11.1.c.c1.)).

Eine Zwischenspeicherung des jeweils zu Übertragenden Blocks im Fehlerkorrekturgerät des Adapters wird man wohl aus Kostengründen nicht vornehmen. Dann müssen jedoch bei einem auftretenden Übertragungsfehler und der damit verbundenen Aufforderung des Rechners zur Blockwiederholung die betreffenden Daten wieder dem Speicher entnommen und wieder mit Steuer- und Prüfzeichen versehen werden.

Beim Empfang eines Blocks hat der Adapter die Aufgabe, die Steuerzeichen auszusortieren und die Prüfung auf Übertragungsfehler vorzunehmen. Ferner müssen im Adapter die für das BSC-Verfahren notwendigen Zeitgeber enthalten sein, um entsprechende Prüfungen auf Synchronismus fortlaufend ermöglichen zu können.

Im übrigen gelten für die Schnittstelle zwischen Adapter und Modem die in C.II.4.) angegebenen genormten Bedingungen.

2. Hinweise auf Modifikationen

Die Wahl des Rechners und seines Adapters ist natürlich beliebig, wenn sichergestellt ist, daß die Einrichtungen der jeweiligen zunächst unbekannten Datenstation für einen Datenaustausch im obigen Sinne geeignet sind. Solange das BSC-Verfahren in seiner angegebenen Form für die Übertragung angewendet wird, werden sich die einander entsprechenden Baueinheiten sehr ähneln. Werden jedoch Modifikationen dieses Verfahrens vorgenommen, so ergeben sich auch meist Änderungen in den technischen Einrichtungen; z.B. könnte bei einem sehr störungsarmen Übertragungskanal auf eine Prüfung mittels zyklischem Code verzichtet werden, was einen Wegfall der Erstellung des BCC-Prüfzeichens bedeuten würde.

Da i.a. kleine Übertragungszeiten des Rechner-Sichtgerät-Systems angestrebt werden, wird es sinnvoll sein, stets das synchrone Übertragungsverfahren unter Benutzung einer 2- oder 4-Draht-Leitung zu wählen. Die Verwendung einer 4-Draht-Leitung ist dabei insofern günstiger, weil die Umschaltzeiten entfallen (s. in C.II.5.a.) und C.II.5.b.)). Steht nur eine 2-Draht-Leitung zur Verfügung und sind die Umschaltzeiten nicht höher als ca. 200 ms, so bringt bei Blockwiederholung mit Wartezeit (s. in C.IV.2.)) die Benutzung des mit einer relativ kleinen Übertragungsgeschwindigkeit (meist 75 Bit/s) arbeitenden Hilfskanals (s. in C.II.4.)) obwohl auch hier die Umschaltzeiten entfallen, i.a. keinen Vorteil gegenüber Nichtverwendung dieses Hilfskanals. Lediglich bei Blockwiederholung ohne Wartezeit ist seine Benutzung von Vorteil. In Tabelle 1 wurden die hier

wichtigsten Vor- und Nachteile eingetragen, wobei diese sich jeweils nur entweder auf die Zeile "Blockwiederholung mit Wartezeit" oder auf die Zeile "Blockwiederholung ohne Wartezeit" beziehen. Die grundsätzlichen Vor- und Nachteile von "mit" bzw. "ohne" Wartezeit gehen aus C.IV.2.) hervor.

Tabelle 1: H.K. ■ Hilfskanal

	2-Draht-Leitung		4-Draht-Leitung	
	mit H.K.	ohne H.K.	mit H.K.	ohne H.K.
Blockwiederholung mit Wartezeit	1.a. kein Vorteil gegenüber 2-Dr.-L. ohne H.K. Nachteil gegenüber 4-Dr.-L. ohne H.K.: größere Wartezeiten	Nachteil gegenüber 4-Dr.-L. ohne H.K.: Umschaltzeiten treten auf	H.K. 1.a. überflüssig	Vorteil gegenüber 2-Dr.-L. ohne H.K.: keine Umschaltzeiten
Blockwiederholung ohne Wartezeit	Nachteil gegenüber 4-Dr.-L. ohne H.K.: größere Übertragungslaufzeiten	-	H.K. 1.a. überflüssig	Vorteil gegenüber 2-Dr.-L. mit H.K.: kleinere Übertragungslaufzeiten

Für das beschriebene BSC-Verfahren wird daher nur eine der beiden Möglichkeiten "2- oder 4-Draht-Leitung ohne H.K. bei Blockwiederholung mit Wartezeit" angewendet. Soll der Datenaustausch über Wähleinrichtungen erfolgen, so sind die zusätzlich notwendigen Anschlußeinheiten bereitzustellen und die entsprechenden Regelungen des BSC-Verfahrens zu beachten.

III. Systeme mit mehreren Sichtgeräten

Rechner-Sichtgerät-Systemen, die mehrere Sichtgeräte enthalten, liegen grundsätzlich eine der folgenden drei Organisationsformen zugrunde.

a. System mit Punkt-zu-Punkt-Verbindung

s. Blockschaltbild in C.11.5.b.b1.)

Hier ist von Vorteil, daß jedes Sichtgerät (A,B,C oder D) unabhängig von den anderen Sichtgeräten mit dem zentralen Datenverarbeitungssystem (Leitstation) in Verbindung steht.

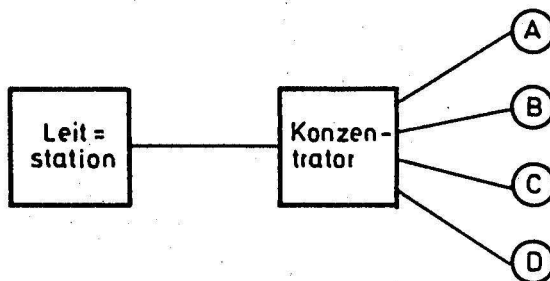
b. System mit Mehrpunkt-Verbindung

s. Blockschaltbild in C.11.5.b.62)

Wegen des gegenseitigen Blockierens der an eine Mehrpunkt-leitung angeschlossenen Sichtgeräte wird diese Organisationsform nur dann sinnvoll sein, wenn je Sichtgerät lediglich ein kleines Datenvolumen zum Senden oder Empfangen anfällt.

c. System mit Konzentrator

Blockschaltbild:



In manchen Fällen kann es sinnvoll sein, den Nachrichtenverkehr mehrerer Sichtgeräte in einem Konzentrator zusammenlaufen zu lassen und die Datenübertragung mit einer

sehr großen Übertragungsgeschwindigkeit zur Leitstation fortzusetzen. Hierbei können die über die Punkt-zu-Punkt-Leitungen an den Konzentrator angeschlossenen Sichtgeräte unabhängig voneinander und gleichzeitig arbeiten.

IV. Planung von Rechner-Sichtgerät-Systemen

Die Planung eines Rechner-Sichtgerät-Systems, d.h. die Erstellung eines "Programms" für den Ablauf des praktischen Aufbaus eines solchen Systems, kann nur dann vorgenommen werden, wenn die grundsätzlichen System- und Verfahrensfragen geklärt sind. Es muß also Klarheit herrschen, z.B. über

- Konfiguration des Systems (wie viele Rechner und Sichtgeräte?)
- Betriebsverfahren (Simplex, Halbduplex, Duplex?)
- Übertragungsverfahren (seriell, parallel, synchron, asynchron, start-stop?)
- Organisation des Datenaustausches (Quittungssignale, Blockwiederholung mit/ohne Wartezeit, Fehlerprüfung, Blocklänge?),
- Übertragungsgeschwindigkeit,
- Übertragungsstrecke (private-, gemietete-, festgeschaltete-, Wähl-Verbindung, Modem?) usw.

Viele dieser Fragen können oft durch bereits bestehende Gegebenheiten recht schnell entschieden werden, andere dagegen sind zu sehr miteinander verkettet, als daß voneinander unabhängige Entscheidungen möglich wären. Hier sind dann entweder die an bereits vorhandenen Rechner-Sichtgerät- oder ähnlichen Systemen gewonnenen Erfahrungen zu berücksichtigen, oder aber es ist zu versuchen, mittels Simulationen (z.B. auf einem Digitalrechner) zumindest von Teilen des aufzubauenden Rechner-Sichtgerät-Systems entsprechende Aufschlüsse zu erhalten. Zum zweiten Fall ist zu beachten, daß solche Simulationen von den zu schreibenden Programmen her sehr zeitaufwendig sein können. Möglich sind z.B. Simulationen der System-Antwortzeiten, der Fehlereinflüsse, der Blocklänge, der Struktur der zu übertragenden Daten, usw.

F. Literaturangaben:

1. H. Vetter: "Systemanalyse-Leitungsauswahl und Netzauslegung bei Datenfernverarbeitungssystemen"
IBM Nachrichten, Heft 186, S. 777 ff (Dez.67)
2. K. Steinbuch: "Taschenbuch der Nachrichtenverarbeitung"
2. Auflage 1967
3. R. Hörle: "Ein Verfahren zur synchronen, code-unabhängigen Datenübertragung"
F. Irro
H. Schaal
H. Siebert
J. Wevers
Elektron. Rechenanlagen, April 70, S. 59 ff
4. P.-F. Kuhrt: "Datenfernübertragung"
R. Giesecke
V. Maurer
Schriftenreihe Datenverarbeitung, Institut für Datenverarbeitung, Dresden
Westdt. Verlag 1966
5. W.R. Bennett: "Data Transmission"
J.R. Davey
McGraw-Hill Book Company 1965
6. W.W. Peterson: "Cyclic Codes for Error Detection"
D.T. Brown
Proceedings of the IRE 49, Nr. 1, 228-235 (Jan.61)
7. W.W. Peterson: "Error-Correcting Codes"
M.I.T. Press, 1961
8. Lucky: "Principles of Data Communications"
Salz
Weldon
Mc-Graw-Hill Book Company, 1968
9. E. Hummel: "Neue öffentliche Digitalnetze der Deutschen Bundespost"
Fachtagung Datenübertragung der NTG in Mannheim v. 19. bis 21.3.69
10. E.R. Kretzmer: "Modern Techniques for Data Communication Over Telephone Channels"
Proceedings of IFIP Congress 68
11. J.L. Eisenbles: "Conventions for Digital Data Communication Link Design"
IBM Systems Journal, Vol.6, No.4, 1967
12. A.Q. Lippert: "Designing a Remote Graphics System"
The Symposium on Interactive Computer Graphics, Delft, 26.-28.10.70

13. R.A. Armstrong: "The Designing of a Multiple-Console Graphic System"
The Symposium on Interactive Computer Graphics, Delft, 26.-28.10.70
14. F.K. Nolle: "Datenfernverarbeitung"
IBM Nachrichten Nr. 189, Juni 1968
15. U. Haller: "Gesicherte Datenübertragung mittels Wiederholverfahren für die gestörte Information"
Fachtagung Datenübertragung der NTG in Mannheim v. 19. bis 21.3.69
16. NTG 1202: "Begriffe der Telegrafentechnik und der Entwurf 1970 Telegrafie-Endeinrichtungen für Datenübertragung" NTZ, Okt. 70, S.K 187 ff
17. DIN 66 020: "Anforderungen an die Schnittstelle bei Serien- Entwurf Nov. 66 Übertragung digitaler Daten"
18. DIN 44 300 "Informationsverarbeitung, Begriffe"
Entwurf Aug. 68
19. DIN 44 301: "Informationstheorie, Begriffe"
Vornorm Juni 67
20. DIN 44 302 "Datenübertragung, Begriffe"
Okt. 68
21. DIN 44 302 "Datenübertragung, Begriffe"
Bl.11, Entw. Ergänzung zu DIN 44 302
Febr. 70
22. DIN 66 003 "Informationsverarbeitung, 7-bit-Code"
Juli 68
23. DIN 66 022 "Informationsverarbeitung, Darstellung des Bl. 1 7-bit-Code bei Datenübertragung, Serien- Entwurf Übergabe"
März 70
24. IBM-SRL-Manual "Data Communications Primer"
C20-1668
25. IBM-SRL-Manual "Multiple Terminal Communications Adapter Order No. (MTCA), RPQ's Y94121 through Y 94 128, GA 33-3000-0 for IBM 1133 Multiplex Control Enclosure"
26. IBM-SRL-Manual: "IBM 2250 Display Unit Model 4"
Form A27-2723-1
27. IBM-SRL-Manual: "IBM 1130 Functional Characteristics Form A26-5881-4"

28. IBM-SRL-Manual: "IBM 1130 Computing System Storage Access
GA 26-3645-5 Channel Original Equipment Manufacturer's Inf."
29. IBM-SRL-Manual: "IBM 1130 Synchronous Communications Adapter
Form C26-3706-4 Subroutines"
30. IBM-SRL-Manual: "IBM 1130 Disk Monitor System, Version 2,
Form GC26-3717-5 Programming and Operator's Guide"
31. IBM-SRL-Manual: "IBM 1130 Assembler Language"
Form C26-5927-4
32. IBM-SRL-Manual: "IBM 1130 Subroutine Library"
Form GC26-5929-5
33. IBM-SRL-Manual: "System /360-1130 Data Transmission for
Form C27-6937-1 Fortran".
34. G. Gottfried: "Modems für die Übertragung digitaler Daten"
Signal und Draht 58,59 (1966,1967)
35. D. Letsche: "Datenübertragung"
IBM-Nachrichten 198 (Dez. 1969)
36. F.K. Nolle: "Datenfernverarbeitung"
Verlag R. Müller, 1970

Weitere Literaturhinweise sind insbesondere in 36.) angegeben.

