

Digitale Übertragungstechnik

Um 1935 wurde die digitale Übertragungsform entwickelt. 1940 wurden erste digitale Übertragungen in die Praxis umgesetzt. Erst die Einführung des kostengünstig gefertigten Transistors, welcher die Elektronenröhrentechnik ablöste, ermöglichte den Umstieg von der analogen auf die digitale Technik. Mit der **monolithische Technik** wird der Transistor und andere Bauteile auf einen Chip in verkleinerter Größe übertragen. Dieser neue Baustein wird als IC (Integrated Circuit) bezeichnet. Ein integrierter Schaltkreis ist ein Chip und sie sind in der digitalen Welt nicht mehr wegzudenken.

Bei der digitalen Übertragungstechnik können die Signale wieder **vollständig regeneriert** werden. Bei der analogen Technik wird das Signal nur verstärkt, aber nicht neu regeneriert. Somit wird nicht nur das eigentliche Nutzsignal verstärkt, sondern auch das unerwünschte Rauschen und die störenden Fremdspannungen.

Dadurch wird der Signal-Geräuschabstand bei der analogen Technik immer geringer. Die Qualität der Übertragung wird immer schlechter je länger die Verbindungsentfernung ist. Die digitale Übertragungstechnik war bis 1970 in keinem Netz vorhanden.

Analogen Signalen, wie Video- und Audiosignale, werden digitale zugeordnet.

Die Übertragung der digitalen Signale erfolgt in der sogenannten **Pulsmodulation (PCM)**. Der Empfänger wandelt die digitalen wieder in analoge Signale zurück.

Der Ursprung der digitalen Übertragungstechnik liegt im Fernsprechdienst. Die Sprachsignale mit Frequenzen zwischen 300 Hz und 3400 Hz sollten störungsfrei und unverfälscht übertragen werden.

Informationen zu PCM30:

PCM30 ist das Basissystem zur Informationsübertragung und bildet die Grundlage für digitale Übertragungssysteme höherer Ordnung.

1 Pulsrahmen mit 32 Zeitschlitzen, jeweils ein 8 Bit Wort, t_0 bis t_{31}

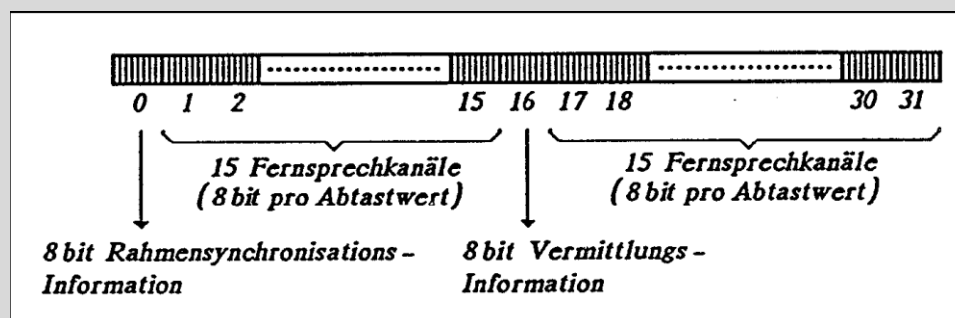
$$125\mu\text{s} \rightarrow 1/125\mu\text{s} = 8000\text{Hz} = \text{Abtastfrequenz } 8000/\text{s}$$

t_0 = Kanal K0 = für Synchronisation

t_{16} = Kanal KZ = vermittlungstechnische Infos, Beginn, Senden, usw.

== > 30 Nutzkanäle bleiben

$32 * 8 \text{ Bit}$	$= 256\text{Bit}$	= Bit pro Pulsrahmen
$125\mu\text{s} / 32$	$= 3,9\mu\text{s}$	= Dauer eines Zeitschlitzes
$8000/\text{s} * 32 * 8\text{Bit}$	$= 2\,048\,000\text{Bit/s}$	= Übertragungsgeschwindigkeit
$2\,048\,000\text{Bit/s} / 32$	$= 64 \text{ kbit/s}$	= Bitrate eines Kanals



Für Fernsprechsingale, d.h. ISDN, beträgt die Übertragungsgeschwindigkeit 64 kBit/s und für einen Fernsehkanal mit Ton sind es 34 MBit/s.

In Europa wurde das **PCM30**-System und Nord-Amerika und Japan das **PCM24**-System entwickelt. Jede Nation/Wirtschaft wählte das für sie optimale System aus. Aufgrund der unterschiedlichen Übertragungsrate eines Basiskanals, **64 kbit/s** in Europa bzw. **56 kbit/s in den USA**, kam es zur Ausbildung **inkompatibeler PDH-Hierarchien**. Es bestanden wenig Gemeinsamkeiten und bei internationalen Verbindungen entstanden ständig Probleme und deren Lösung war kostenintensiv.

Der in den USA vorherrschende DS1-Standard sieht drei Hierarchiestufen vor, von denen die unterste **24 Basiskanäle/Sprechkanäle** zu je 56 kbit/s multiplext. Der europäische E1-Standard hingegen sieht fünf Stufen mit einer Übertragungsrate von bis zu 566 Mbit/s vor.

Die unterste Stufe (E1) multiplext dabei **32 Kanäle** (30 Basiskanäle/Sprechkanäle + 2 Informationskanäle) und bietet 2048 kbit/s. Das haben wir gerade bei den Informationen zu PCM30 (s. o. im Script) kennengelernt.

Das PCM-30/32-System stellt die untere Ebene der PCM-Hierarchie dar. Die höheren Kanäle erhält man durch Gruppenbildung von:

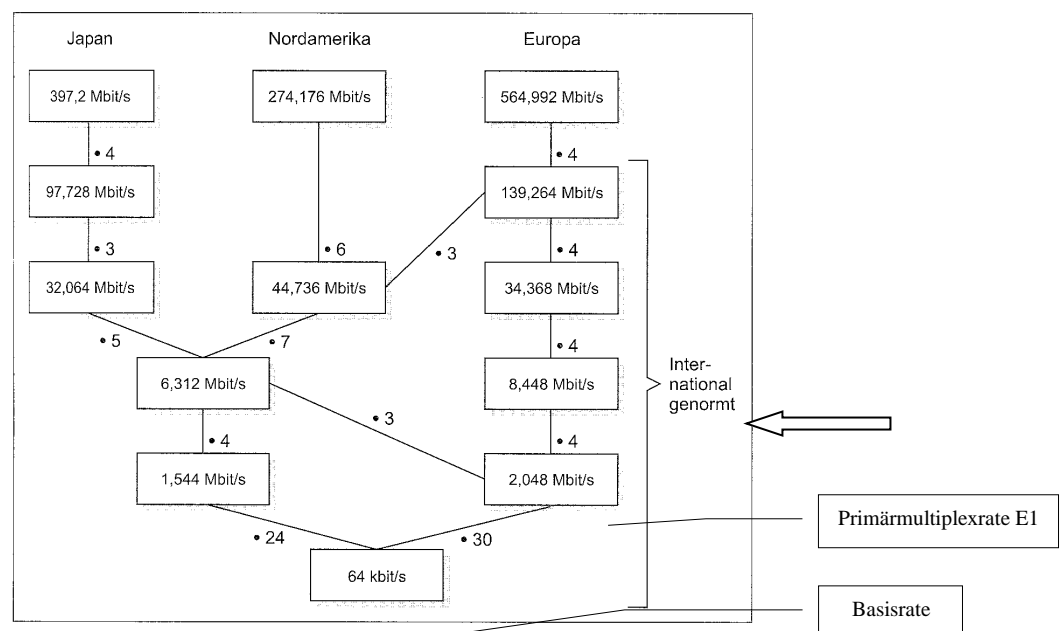
je 4 PCM-30/32-Systemen zu PCM 120, von

je 4 PCM 120-Systemen zu PCM 480 usw. Es werden zusätzliche Stopfbits eingefügt.

Das Ergebnis waren 3 differierende plesiochrone (bedeutet **fast synchrone**), hierarchische Strukturen, == > **die Plesiochrone Digitale Hierarchie, kurz PDH genannt**, also **kein** einheitliches weltweites Übertragungsnetz!

Durch diese Unterschiede und den daraus entstehenden Anpassungsschwierigkeiten wurden internationale Verbindungen problematisch und kostenintensiv.

Ein weiterer kritischer Punkt war das Auskoppeln von Daten. Aus z. B. einer 140 Mbit/s Übertragung konnte nicht einfach ein darin enthaltener 2 Mbit/s Kanal ausgekoppelt werden. Wegen den Stopfbits musste der ganze Multiplexvorgang rückgängig gemacht werden. Eine Demultiplexvorgang war notwendig, um an die gewünschten Daten zu kommen. Das bedeutete Zeit und kostenintensiver Hardwareaufwand.



Struktur der plesiochronen Hierarchie in Europa, in Nordamerika und in Japan

Es sind nur die Übertragungsgeschwindigkeiten von 64 kbit/s bis 140 Mbit/s **international genormt**. In Europa wird dies durch die Organisation ETSI geregelt.

Wir wissen jetzt:

Bei der PDH Technik wird mit Stopfbits gearbeitet:

Stopf- oder Füllbits werden an genau definierten Stellen hinzugefügt, um die unterschiedlichen Bitraten der Datenströme auszugleichen. Dadurch können Fehler beim Empfänger (Bitlips, Verlust von Bits) ausgeglichen werden. Unterschiedliche Takraten bei Sender und Empfänger (Geschwindigkeiten) machen diese **Stopfbits** erforderlich.

(siehe Download Excel-Tabelle: Berechnung-PDH.xls)

Sie haben aber einen wesentlichen **Nachteil**: Nur auf der untersten Ebene können Daten aus dem Datenstrom entnommen werden. Erst müssen alle höheren Ebenen demultiplext werden und die Stopfbits entfernt werden. Hat man die unterste Ebene erreicht können die Daten entnommen werden.

== > Dies erfordert bei PDH eine aufwendige und teure Hardware.

== > Die PDH Technik wird nur noch für Bitraten bis zu 45 Mbit/s verwendet.

== > PDH wird immer mehr durch den Nachfolger SDH ersetzt.

Synchrone Digitale Hierarchie (SDH)

Die SDH-Technik ist momentan die Standardtransporttechnik für Weitverkehrsnetze in der Telekommunikation. Sie löste die PDH-Technik ab, die bis etwa 1990 die dominierende Weitverkehrsnetztechnik war.

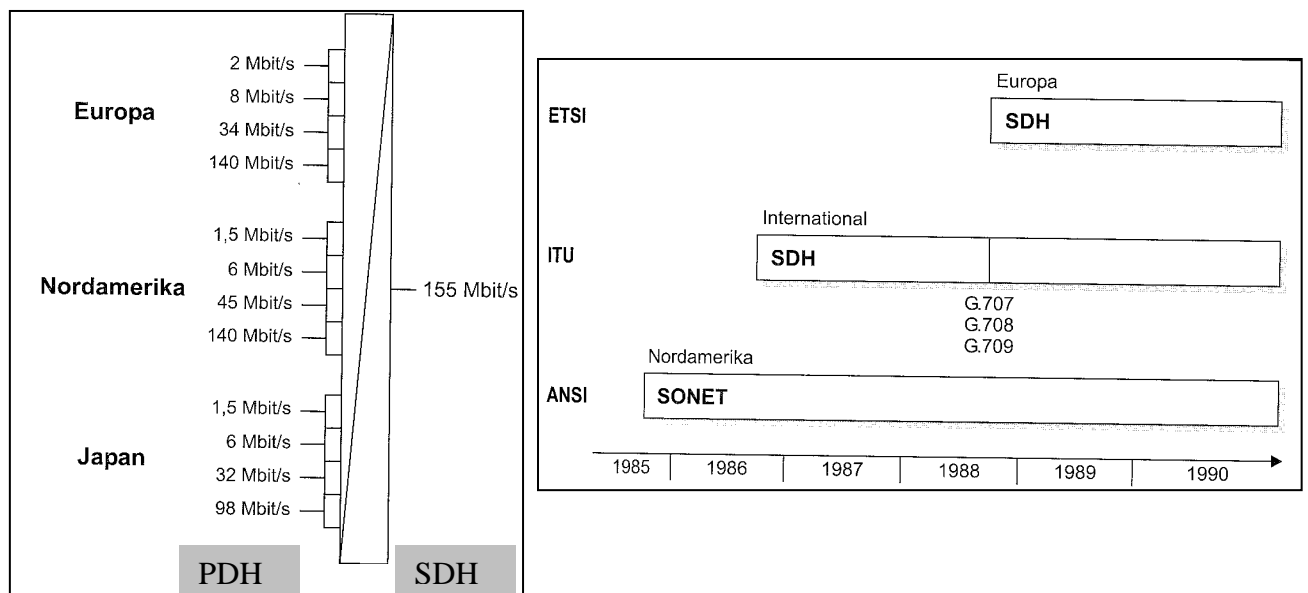
Im nächsten linken Bild sind die unterschiedlichen alten international, bis 140 Mbit/s genormten Übertragungsgeschwindigkeiten aus dem PDH-System zu erkennen.

Es waren Grenzen erreicht und eine Erweiterung für freie Kapazitäten nicht mehr möglich.

Auf der rechten Seite des gleichen linken Bildes ist die Anbindung an das neue **SDH-Grundsignal** der **synchronen digitalen Welt** zu sehen – 155 Mbit/s.

SDH arbeitet mit Pointern und Daten können direkt aus dem Datenstrom entnommen werden.

Auf dem rechten Bild werden die Organisationen im Zusammenhang mit der Zeitleiste gezeigt.

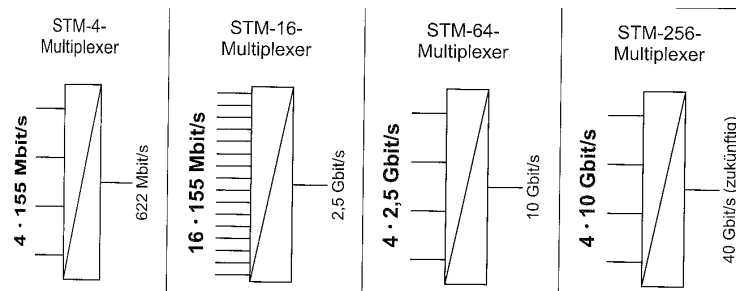


Um ein möglichst globales einheitliches Übertragungsnetz einzuführen und die Mängel des PDH zu beseitigen, wurde bei der ITU die **Synchrone Digitale Hierarchie (SDH)** spezifiziert.

Dabei orientierte man sich am amerikanischen **SONET-Netz** (Synchrones Optisches Netz, geregelt durch ANSI).

→ Es sollten alle bestehenden Bitraten der plesiochronen Hierarchie aus USA, aus Europa und aus Japan transportiert werden können. Nutzlasten sollten leicht ein- und auskoppelbar sein.

Der Übergang von der „alten“ PDH-Struktur an die neue SDH-Struktur wird durch STM-Multiplexer erreicht. Hierbei wurde international der Faktor 4 festgelegt. 40 Gbit/s entsprechen 7688 Fernsprechanälen.



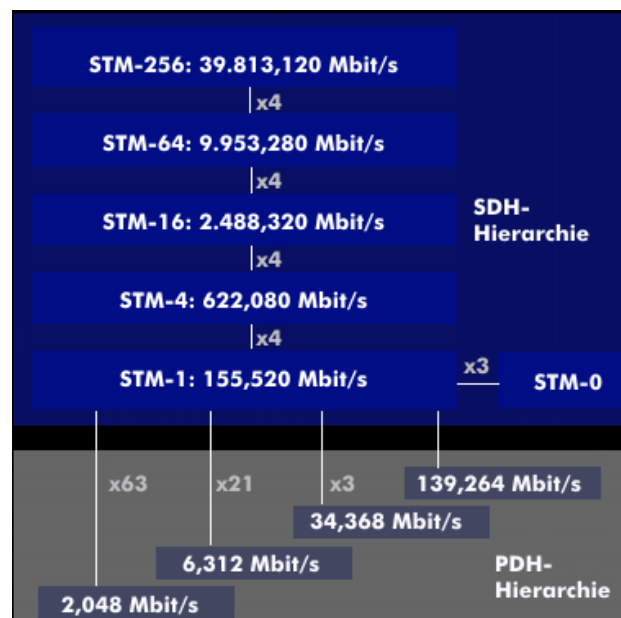
Durch diese Strukturen können in aufeinander folgenden STM-1 Rahmen usw., sowohl

- mehrere 2,048 Mbit/s-Systeme,
- mehrere 34 Mbit/s-Systeme oder auch
- eine kontinuierliche Folge von **ATM-Zellen** (siehe ATM-Script) transportiert werden.

→ Nutzinformationen können bis zur Containerebene herunter aus dem STM1-Rahmen entnommen oder hinzugefügt werden.

→ Von dem STM1-Rahmen leiten sich die höheren Hierarchie-Ebenen der SDH ab.

→ Aufgrund der 125 µs Taktung lassen sich auch bestehende PDH-Netze (z.B. Schmalband-ISDN) problemlos implementieren.



Ableitung der SDH-Hierarchie und Einbindung der PDH-Hierarchie

Alle möglichen Übergänge müssen berücksichtigt werden und das nächste Bild zeigt die Komplexität. Die damit einhergehenden Probleme lassen sich erahnen und die großen Telekommunikationsunternehmen haben sich auf reduzierte Übergänge/Versionen geeinigt. Diese Thematik soll nicht weiter vertieft werden.

