

9.2 Arbeitsweise

Das HART-Protokoll arbeitet mit der Technik der Frequenzumtastung (FSK= Frequency Shift Keying), basierend auf dem Kommunikationsstandard Beil 202 [1]. Das digitale Signal wird aus den beiden Frequenzen 1200 und 2200 Hz gebildet, die jeweils die Bitinformation 1 bzw. 0 repräsentieren.

Sinuskurven mit diesen Frequenzen werden dem Gleichstrom im Adempaar des Feldgerätes überlagert, siehe Bild 1.

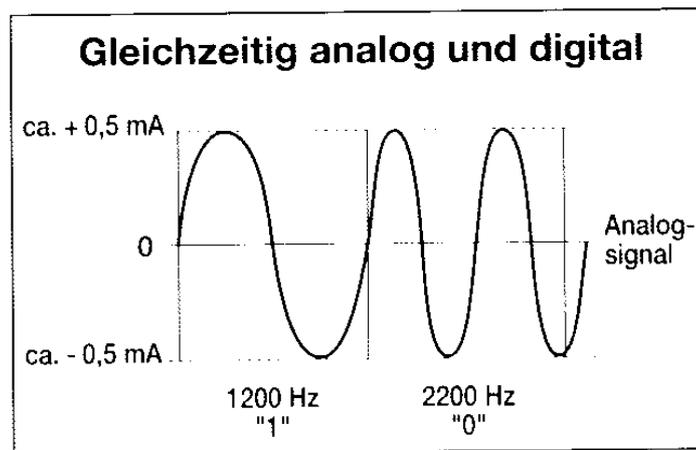
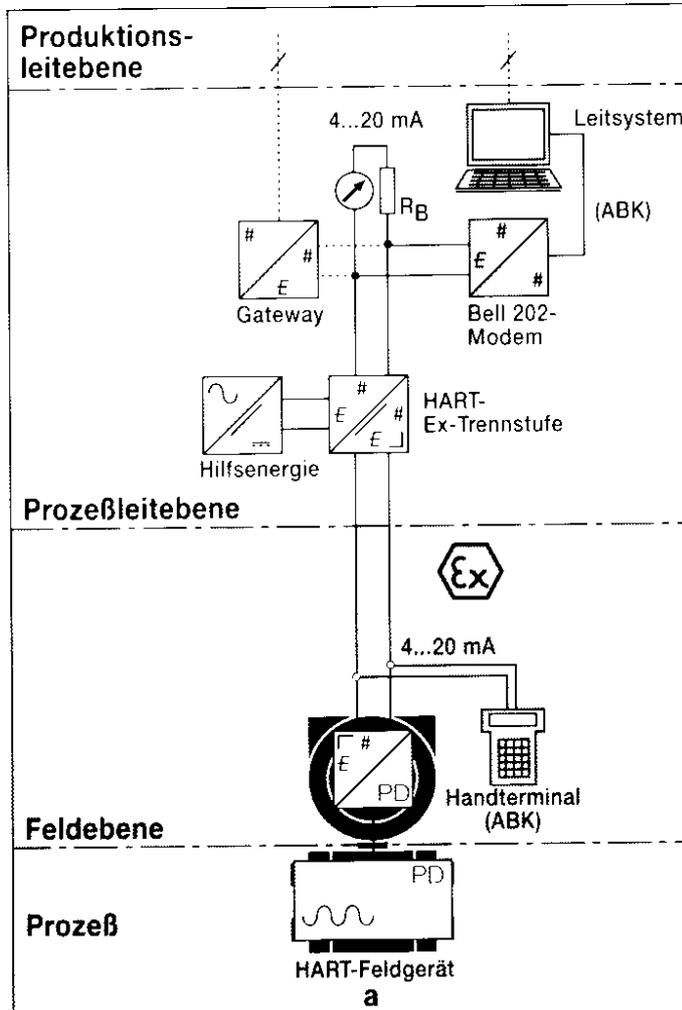


Bild 1

Weil der Signalmittelwert der Schwingung Null ist, beeinträchtigt die digitale Kommunikation ein eventuelles Analogsignal nicht.

Man erhält eine echte simultane Kommunikation mit einer Reaktionszeit von etwa 500 ms pro Feldgerät ohne Unterbrechung einer ggf. stattfindenden Analogsignalübertragung.



In jeder HART-Zusammenschaltung sind zwei Anzeige-Bediengeräte (ABK's, Anzeige-Bedienkomponenten) zugelassen:

ein primäres, im allgemeinen ein Leitsystem oder PC, und ein sekundäres, z. B. ein Handterminal oder ein Laptop.

Sie alle enthalten ein einfaches HART-Modem.

Standard-Handterminals, sogenannte UHI's werden zur Verfügung gestellt, damit die Bedienung im Feld möglichst einheitlich ist.

Gateways bieten weitere Vernetzungsmöglichkeiten

9.3 OSI-Modellstruktur

HART folgt dem Basis-Referenzmodell für die Kommunikation Offener Systeme (OSI) entwickelt von der Internationalen Organisation für Standardisierung (ISO) [3]. Das OSI-Modell liefert Struktur und Elemente für Kommunikationssysteme.

Das HART-Protokoll benutzt ein reduziertes OSI-Modell; es verwirklicht lediglich dessen Schichten 1, 2 und 7 siehe Bild 4.

OSI Basis-Referenzmodell Kommunikation Offener Systeme			
	Schicht	Beschreibung	HART
7	Verarbeitung	stellt formatierte Daten zur Verfügung	HART-Anweisungen
6	Darstellung	übersetzt Daten	
5	Kommunikationssteuerung	steuert den Dialog	
4	Transport	sichert die Teilnehmerverbindung	
3	Vermittlung	stellt Endsystemverbindung her	
2	Sicherung	stellt gesicherte Systemverbindung her	HART-Protokollregeln
1	Bitübertragung	verbindet Geräte	Bell 202

Bild 4

Im HART-Protokoll sind die Schichten 1, 2 und 7 des OSI-Modells verwirklicht.

Schicht 1, die Bitübertragungsschicht, arbeitet mit der FSK-Technik, basierend auf dem Bell 202-Kommunikationsstandard:

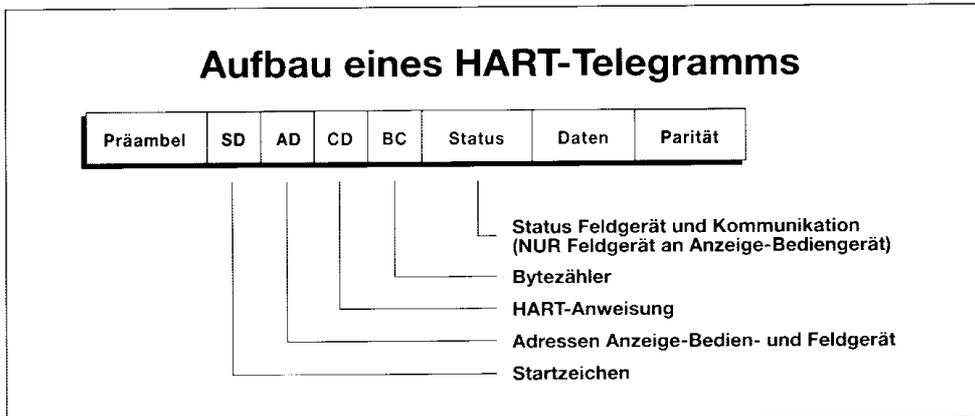
Datenübertragungsrate: 1200 bit/s,
Frequenz für logisch „0“: 2200 Hz,
Frequenz für logisch „1“: 1200 Hz.

Der überwiegende Teil vorhandener Verdrahtung ist für diese Art digitaler Kommunikation verwendbar. Geeignet sind ungeschirmte aber kurze 0,2 mm²-Zweidrahtleitungen, weiterhin bis 1500 m einfach geschirmte Bündel verdrillter 0,2 mm-Adernpaare, während Entfernungen bis 3000 m mit einfachen geschirmten und verdrillten 0,5 mm²-Adernpaaren überbrückt werden.

Im Kommunikationskreis muß eine Gesamtbürde im Bereich von 230 bis 1100 Ohm vorhanden sein. Sie ist in Bild 2 durch RB symbolisiert.

Schicht 2, die Sicherungsschicht, legt das Format eines HART-Telegramms fest. HART ist ein Master-Slave-Protokoll. Jede Kommunikationsaktivität geht von einem Master, also einer Anzeige-Bedieneinheit aus. Das angesprochene Feldgerät (Slave) interpretiert dann das empfangene Anweisungstelegramm und sendet ein Antworttelegramm zurück.

Der Aufbau dieser Telegramme geht aus Bild 5 hervor. Er sorgt für die notwendige Adressierung bei mehreren Anzeige-Bedieneinheiten und Feldgeräten in der Busbetriebsart.

**Bild 5**

Der Aufbau des HART-Telegramms bietet eine hohe Datensicherheit.

Jede von einem Feldgerät auszuführende HART-Anweisung erfordert eine spezifische Größe des Datenteils. Der Bytezähler gibt jeweils die Zahl der nachfolgenden Status- und Datenbytes an.

Die Schicht 2 erhöht durch zwei Maßnahmen die Übertragungssicherheit:

Zum einen fügt sie das aus allen vorangegangenen Zeichen ermittelte Paritätszeichen an, und zusätzlich erhält jedes Zeichen ein Bit für ungerade Parität.

Die einzelnen Zeichen bestehen aus

- 1 Startbit,
- 8 Datenbits,
- 1 bit für ungerade Parität und
- 1 Stopbit.

Schicht 7, die Verarbeitungsschicht, setzt die HART-Anweisungen ein: Die Anzeige-Bedieneinheiten senden Telegramme mit Anweisungen für Sollwerte, Ist-werte und Parameter und solche für Dienste zur Inbetriebnahme und Diagnose.

Diese im Protokoll festgelegten Anweisungen erlauben den Feldgeräten ihre richtige Interpretation. Im Antworttelegramm empfangen die Anzeige-Bedieneinheiten Statusmeldungen und Daten von den Feldgeräten.

Mit dem Ziel des bestmöglichen Zusammenwirkens der HART-kompatiblen Geräte untereinander wurden Konformitätsklassen für Anzeige-Bediengeräte und Anweisungsklassen für Feldgeräte aufgestellt.

Derzeit drei Anweisungsklassen für alle Feldgeräte liefern eine schlüssige, uniforme Kommunikation:

Universelle Anweisungen

werden von allen Feldgeräten verwendet. Alle Feldgeräte, die mit dem HART-Protokoll arbeiten, verstehen diese Anweisungen.

Standardanweisungen

decken Funktionen ab, die von einer großen Zahl, jedoch nicht von allen Feldgeräten ausgeführt werden können. Diese Anweisungen bilden zusammen eine Bibliothek für die in den meisten Feldgeräten auftretenden Funktionen.

Gerätespezifische Anweisungen

sprechen Funktionen an, die lediglich auf ein individuelles Gerätemodell beschränkt sind. Diese Anweisungen greifen sowohl auf Informationen bezüglich Inbetriebnahme und Abgleich zu, als auch auf Daten über den Aufbau des Geräts.

In den meisten Geräten findet man Funktionen aus allen drei Klassen wieder: sämtliche Universelle Anweisungen, die passenden Standardanweisungen und die in dem individuellen Gerät notwendigen Gerätespezifischen Anweisungen.

9.4 BETRIEBSBEDINGUNGEN

Das HART-Dokument [4] fordert eine Festigkeit gegenüber in die Leitungen eingekoppelten Störungen gemäß IEC 801-3 und -4 mit der Stärke 3. Allgemeine Störfestigkeitsanforderungen werden damit erfüllt.

Allein durch Zuschalten, Entfernen oder Ausfall eines Kommunikationsteilnehmers wird die Übertragung zwischen den übrigen Geräten ebenfalls nicht gestört.

Besondere Aufmerksamkeit muß den eigensicheren Anwendungen geschenkt werden. Ex-Trennstufen müssen die Bell 202-Frequenzen in beide Richtungen übertragen können, siehe Bild 2.

TECHNISCHE DATEN

DATENÜBERTRAGUNG

Art der Datenübertragung:

Frequenzumtastung (FSK) entsprechend Bell 202 bezüglich Bitübertragungsrate und der Frequenzen für die Bitinformationen "0" und "1".

Bitübertragungsrate:

1200 bit/s

Frequenz für Bitinformation "0":

2200 Hz

Frequenz für Bitinformation "1":

1200 Hz

Zeichenstruktur:

1 Startbit, 8 Datenbits, 1 bit für ungerade Parität, 1 Stopbit

Übertragungsrate

für einfache Meßwerte:

ca. 2/s

maximale Gerätezahl in der Busbetriebsart:

mit zentraler Hilfsenergieversorgung: 15

Mehrgrößen-Spezifikation:

max. Meßgrößenzahl pro Feldgerät (ein Modem): 256
max. Meßgrößenzahl pro Telegramm: 4

Maximalzahl Leitgeräte:

zwei

Datensicherheit:

Bitübertragungsschicht:

Fehlerrate Empfängerschaltkreis :
1/10⁵ bit

Sicherungsschicht:

Erkannt werden: alle Gruppen von bis zu drei verfälschten Bits; nahezu alle längeren Gruppen und mehrfache Gruppen.

Verarbeitungsschicht:

Übertragung des Kommunikationsstatus im Antworttelegramm.

HARDWARE- EMPFEHLUNGEN

Leitungsaufbau und Grenzen für die Länge:

Entfernung (m)	Leitungstyp	min. Leiterquerschnitt AWG/(mm ²)
≤ 1.500	mehrfach 2 adrig, verdreht, gemeinsam geschirmt	24/0,2
> 1.500 ≤ 3.000	einfach 2 adrig, verdreht, geschirmt	20/0,5

Aus den Anforderungen an die Signalform ergibt sich folgende Faustformel zur Bestimmung der max. Leitungslänge für eine gegebene Anwendung:

$$\ell = \frac{65 \cdot 10^6}{(R \cdot C)} - \frac{(C_r + 10.000)}{C}$$

wobei

ℓ Länge in m,

R Widerstand in Ω ,
Bürde plus Innenwiderstand des Ex-Trenners,

C Leitungskapazität in pF/m,

C_r maximale innere Kapazität der Smart-Feldgeräte in pF.

Als Beispiel sei ein Druckmeßumformer, ein Regelungssystem und ein einfaches geschirmtes Adernpaar mit

$$R = 250 [\Omega],$$

$$C = 150 [\text{pF/m}],$$

$$C_r = 5.000 [\text{pF}]$$

angenommen:

$$\ell = \frac{65 \cdot 10^6}{(250 \cdot 150)} - \frac{(5.000 + 10.000)}{150}$$

$$\ell = 1.633 [\text{m}]$$

Beachte:

In eigensicheren Anwendungen können weitere Beschränkungen vorliegen.

Zu eingehenderen Untersuchungen der Funktionsfähigkeit einer gegebenen Zusammenschaltung sollte die Spezifikation der Bitübertragungsschicht im HART-Dokument [4] herangezogen werden.

9.5. Grundbegriffe der Modulation durch Tastung

Gleich- und Wechselstromtastung

Tastung ist eine sehr einfache Art der Modulation. Bekanntlich läßt sich allein durch Ein- und Ausschalten eines Lichtstrahls eine Nachricht übertragen. Bei den elektrischen Modulationsverfahren dieser Art spricht man von Tastung.

Hierbei kann ein getasteter Gleichstrom über eine Leitung übertragen werden, um am anderen Ende z.B. ein Relais zu betätigen. Man spricht dann von Gleichstromtastung.

Man hat in der Telegrafie den Einfachstrombetrieb, wenn der Gleichstrom lediglich aus- bzw. eingeschaltet wird, den Doppelstrombetrieb, wenn zur Übertragung der beiden Zustände der Strom umgepolt wird.

Wird eine Wechselspannung als Träger der Information verwendet, dem durch Aus- und Einschalten die Nachricht aufmoduliert wird, hat man Wechselstromtastung.

Die Trägerfrequenz kann sowohl im Ton- als auch im Hochfrequenzbereich liegen. je nachdem, ob bei der Wechselstromtastung der Signalparameter „Amplitude“, „Frequenz“ oder „Phase“ getastet wird, spricht man von Amplituden-, Frequenz- oder Phasenumtastung (Bild 8.1).

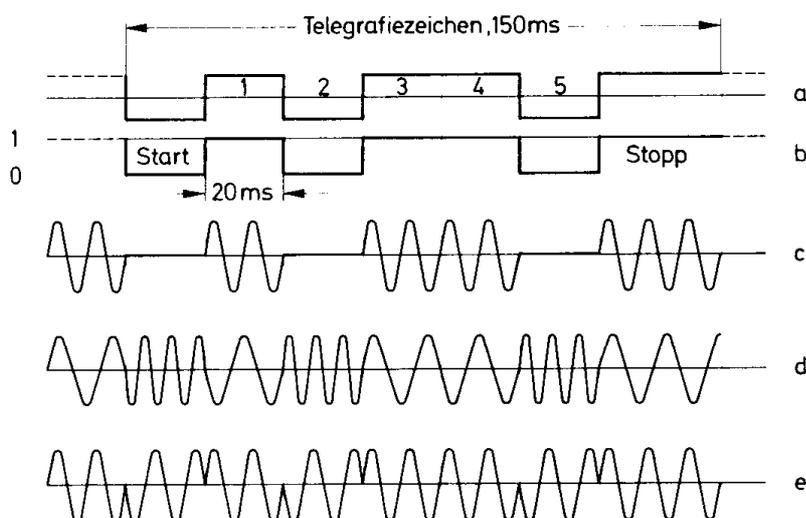


Bild 8.1 Telegrafiezeichen

„F“

- a) Doppel-,
- b) Einfachstrom-,
- c) Amplituden-,
- d) Frequenz-,
- e) Phasentastung

Es versteht sich, daß nur digital vorliegende Nachrichten, also z.B. Morsezeichen oder binär-kodierte Fernschreibzeichen oder Daten aufmoduliert werden können.

Bei Umtastung spricht man zuweilen auch von „Shiftung“ (angelsächsische Literatur, to shift = wechseln, umspringen).

Man unterscheidet:

ASK = Amplitude Shift Keying
Amplitudentastung

FSK = Frequency Shift Keying
Frequenztastung

PSK = Phase Shift Keying
Phasentastung