

2. Digitale Codierung und Übertragung

- 2.1 Informationstheoretische Grundlagen
- 2.2 Speicherbedarf und Kompression
- 2.3 Digitalisierung, Digitale Medien



Analoge Signale

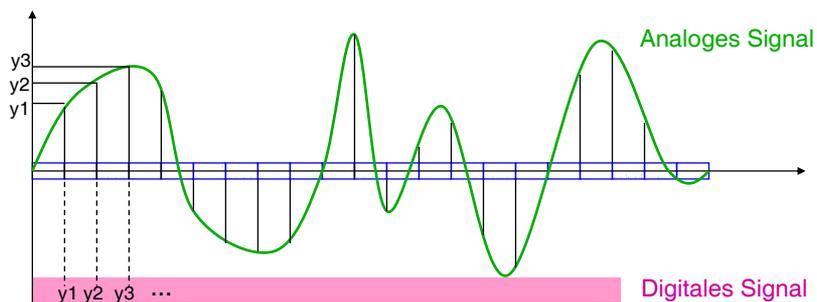
- Ein *Signal* ist die deterministische Änderung einer physikalischen Größe (über Raum und/oder Zeit).
- Ein Signal trägt Information durch Raum und Zeit.
- Im allgemeinen sind physikalische Größen *kontinuierlich* (d.h. durch *stetige* Funktionen darstellbar).
 - Extreme Bereiche der Physik (z.B. Quantenphysik) zeigen Ausnahmen von dieser Regel.
- Ein Signal mit kontinuierlichem Verlauf (d.h. das als stetige Funktion modellierbar ist), heißt *analog*.
 - In analogen Signalen sind prinzipiell beliebig genaue Beobachtungen möglich.
 - Analoge Signale sind sehr anfällig gegen Störungen und damit Informationsverluste (z.B. beim Kopieren).

Beispiele analoger Signale

- Helligkeit einer Lichtquelle (Lichtstärke in cd)
 - Farbton einer Lichtquelle
 - Anteil von Licht einer bestimmten Wellenlänge
 - Helligkeit/Farbton von reflektiertem Licht
 - Luftdruck: Schwankungen im Bereich 20 Hz – 20 kHz hörbar
 - Frequenz und Pegel
 - Position, Geschwindigkeit, Beschleunigung eines Objekts im Raum
 - Drehzahl eines rotierenden Objekts
 - Mechanische Kraft
 - Elektrische Spannung, elektrischer Strom
 - Elektrischer Widerstand, elektrische Kapazität
-
- Die digitale Verarbeitung basiert in der Regel auf analogen Signalen elektrischen Stroms, andere Signalarten werden umgewandelt
 - Beispiel Mikrofon und Lautsprecher

Digitale Signale

- Ein *digitales* Signal gibt für ein Raster des Raums bzw. der Zeit jeweils *diskrete* Werte aus einem endlichen oder abzählbar unendlichen Wertebereich wieder.
 - Bei digitalen Signalen existiert immer eine festgelegte maximale *Auflösung*, die die Genauigkeit von Beobachtungen begrenzt.
- Beispiel:



Digitalisierung und Medienarten

- Verschiedene (Repräsentations-)Medien haben verschiedene Arten von x-Achsen für die Signale.
- Auch die Terminologie weicht leicht ab!
- **Audio:**
 - x-Achse = Zeit
 - Genauigkeit der Diskretisierung = "Abtastrate" (*sampling rate*)
 - Genauigkeit der Quantisierung = "Auflösung" (*resolution*)
- **Bild:**
 - Zwei räumliche Achsen (x und y)
 - Genauigkeit der Diskretisierung = "(räumliche) Auflösung" (Dichte der Bildelemente) (Bsp. 300 dots per inch)
 - Genauigkeit der Quantisierung = "Farb- bzw. Grauwertauflösung" (*color resolution*) oder "Farb- bzw. Grauwerttiefe" (z.B. 16 Bit)

Darstellungsdimensionen

- Ein (Einzel-)Medium kann bis zu drei räumliche Dimensionen und eine zeitliche Dimension enthalten:
 - Text: Eine räumliche (oder zeitliche) Dimension
 - Bild: Zwei räumliche Dimensionen
 - Video: Zwei räumliche Dimensionen, eine zeitliche Dimension
 - Raumklang: Drei räumliche Dimensionen, eine zeitliche Dimension
- Begriffe: Raumabhängige und zeitabhängige Medien
- Prinzipiell kann man (unter Erhalt der Information) eine räumliche Dimension in eine zeitliche Dimension umcodieren und umgekehrt (Transformation in Darstellungsräumen).
 - Beispiel: Scrollen (Raumdimension in Zeitdimension umgewandelt)
 - Beispiel: Notenschrift (Zeitdimension in Raumdimension umgewandelt)

Vor- und Nachteile digitaler Signale

- Vorteile:
 - Unempfindlichkeit gegen Störungen des unterliegenden Übertragungsmediums (z.B. Einstrahlung von Störfeldern) bzw. Speichermediums (z.B. magnetische Instabilitäten)
 - » Fehler erst ab einem Schwellwert bemerkbar
 - » Zusätzlich Fehlererkennung und -korrektur möglich
 - Verlustfrei kopierbar
 - Viele Signale entstehen bereits in digitaler Form (z.B. Computergrafik)
- Nachteile:
 - Erheblicher Informationsverlust gegenüber einem analogen Original
 - Hoher Speicheraufwand bzw. große benötigte Kanalkapazität
 - Früher: Spezielle Computersysteme notwendig (z.B. schnelle Festplatten)

Digitale Medien

- Ein digitales Medium ist ...
 - eine gezielte Kombination von technischen Medien (aller Typen) unter Digitalisierung aller (oder vieler) Repräsentationen und Zwischenrepräsentationen
 - kombiniert mit einer geeigneten rechentechnischen und netztechnischen Infrastruktur
 - mit dem Ziel der Unterstützung von menschlichen Kommunikationsprozessen, d.h. der Schaffung und Ergänzung von gesellschaftlichen Medien

Beispiele digitaler Medien

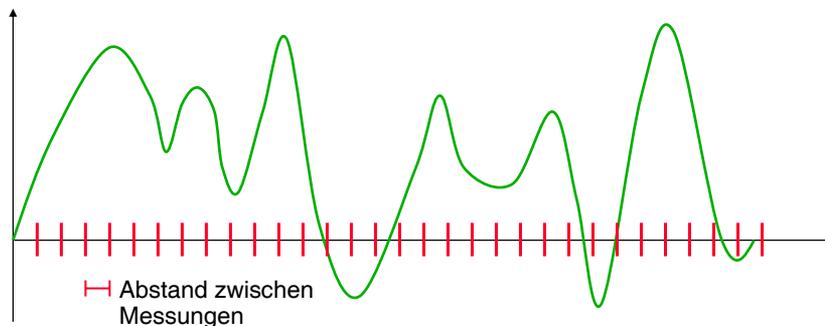
- CD-ROM
- DVD(-Video)
- World Wide Web
 - ... und viele spezielle Dienste darin, z.B. Musik-Verkauf, Bildarchiv
- MMS (Multimedia Messaging auf dem Handy)
- eBook, ePaper

Keine digitalen Medien sind z.B.:

- Klassische Zeitungen und Zeitschriften
 - Aber: Produktion wird immer stärker digitalisiert
- Klassisches (analoges) Festnetz-Telefon (POTS = Plain Old Telephone System)
- Klassischer Rundfunk (im Gegensatz z.B. zu DVB, ADR)

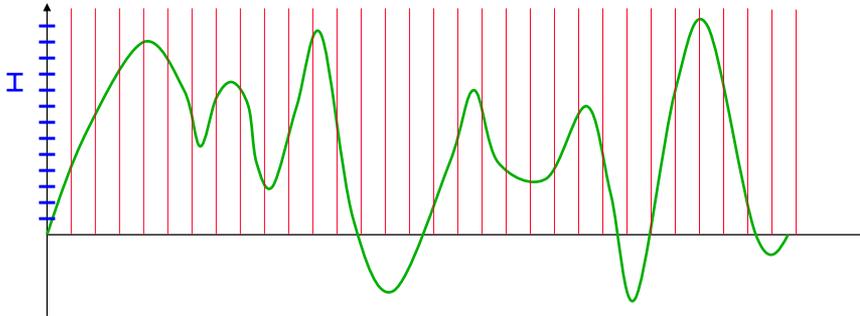
- Der Trend zur Digitalisierung aller Medien ist unverkennbar.

Diskretisierung



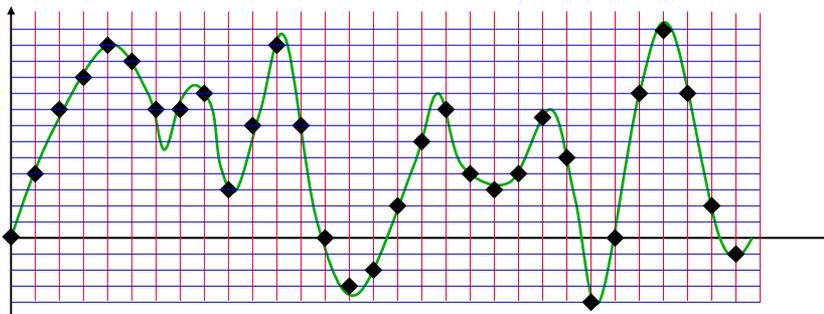
- Bei der *Diskretisierung* wird ein festes Raster von Messpunkten gleichen Abstands auf der Achse festgelegt, über die sich das Signal verändert (z.B. Zeitachse, räumliche Dimension)
- Zu jedem Messpunkt wird der aktuelle Wert des Signals (*Sample*) bestimmt (*Sampling*).

Quantisierung



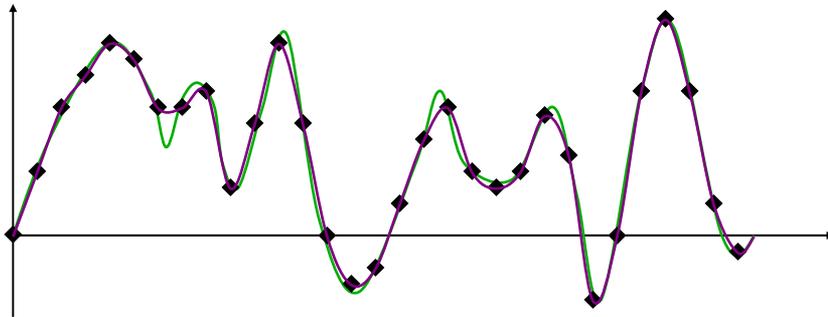
- Die *Quantisierung* besteht in der Darstellung der Messwerte in einem festen ganzzahligen Wertegeraster (letztlich dargestellt durch Binärzahlen).
- Jeder Messwert (jedes Sample) wird als Wert im Raster abgebildet, entweder direkt durch Messgeräte oder durch Berechnung (z.B. Runden) aus analogen Messungen.

Digitalisierung = Diskretisierung+Quantisierung



- Durch zu grobe Raster bei Diskretisierung und Quantisierung entstehen *Digitalisierungsfehler*.

Digitalisierungsfehler



- Fehlerursachen:
 - Zu grobe Quantisierung: Linearer Zusammenhang Fehler/Ursache
 - Zu grobe Diskretisierung, d.h. Fehler in der Abtastrate:
Zusammenhang schwerer zu verstehen; führt zu gravierenden Fehlern!

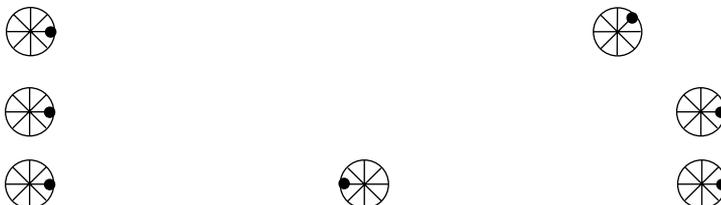
Abtastrate: Einführendes Beispiel

- Warum drehen sich in Kinofilmen die Räder von Zügen oft scheinbar rückwärts?

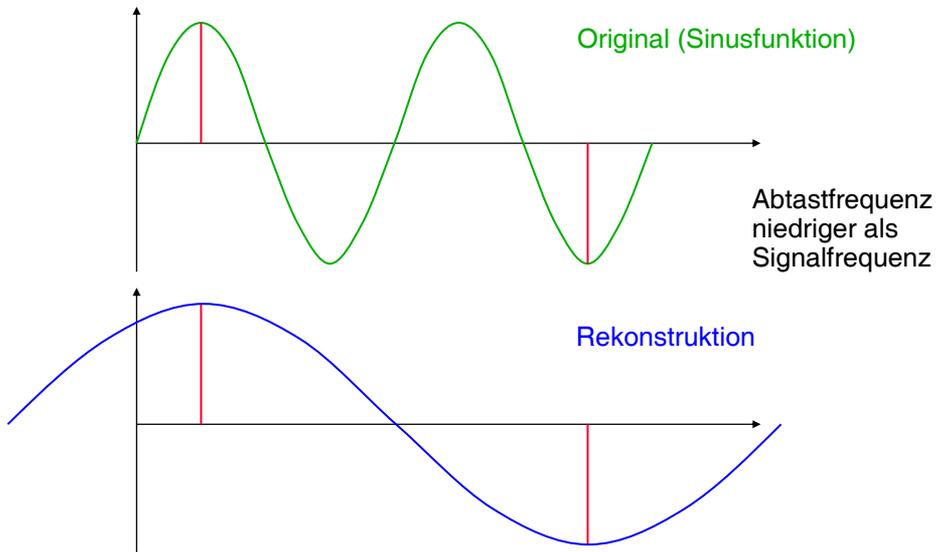
Zugrad (über die Zeit):



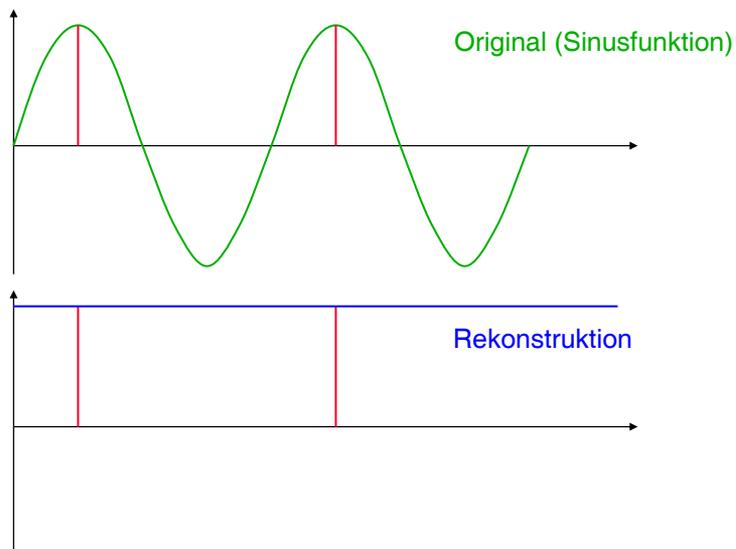
Aufnahmen (über die Zeit):



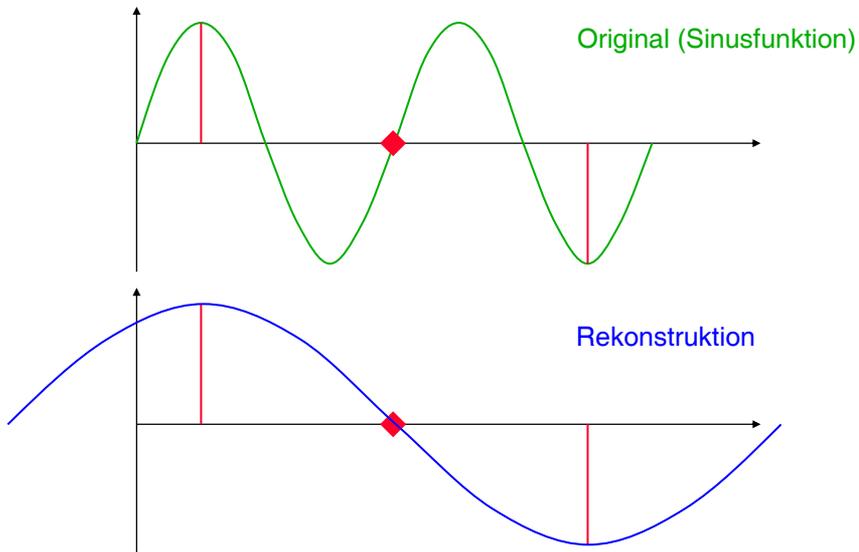
Sehr niedrige Abtastrate



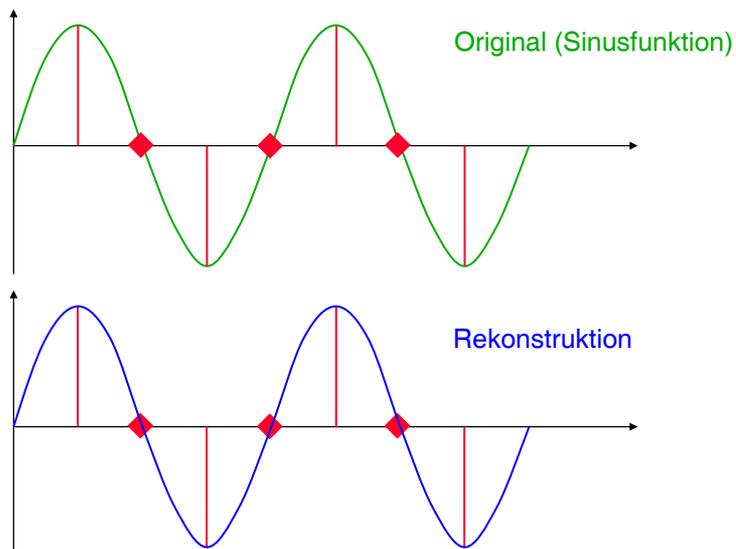
Abtastrate gleich Signalfrequenz



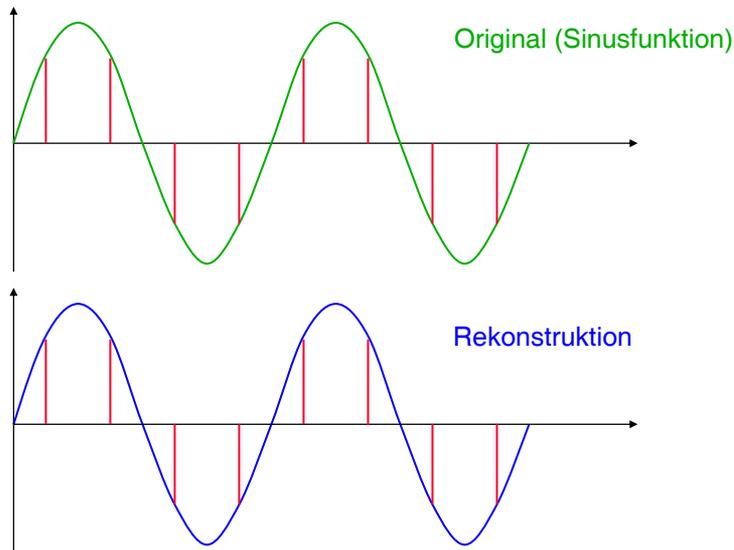
Abtastrate größer als Signalfrequenz



Hohe Abtastrate (1)



Hohe Abtastrate (2)



Abtasttheorem

- Nach Harry Nyquist (1928) oft auch Nyquist-Theorem genannt.
- Wenn eine Funktion
 - mit höchster vorkommender Frequenz f_g (Bandbegrenzung)
 - mit einer Abtastrate f_s abgetastet wird, so dass
$$f_s \geq 2 \cdot f_g,$$
 - dann kann die Funktion eindeutig aus den Abtastwerten rekonstruiert werden.
- Praktisches Beispiel:
 - CD-Abtastrate 44,1 kHz

Speicherbedarf multimedialer Information

- Bsp. Audio-Signale
 - Sprachsignal niedriger Qualität (Mono, 8 bit, 11 kHz): 88 kBit/s
 - CD-Qualität (Stereo, 16 bit, 44,1 kHz): 1,4 MBit/s
 - Eine Stunde Musik in CD-Qualität: 630 MByte
- Bsp. Bilder (9x13cm mit 300 ppi = 1062x1536 Pixel)
 - Schwarz/weiß (1 bit Farbtiefe): ca. 200 kByte
 - TrueColor (24 bit Farbtiefe): 4,9 MByte
- Bsp. Video (ohne Ton)
 - 720 x 525 Pixel, 25 Bilder/s, 16 bit Farbtiefe: 151,2 MBit/s
 - 1280 x 720 Pixel, 60 Bilder/s, 24 bit Farbtiefe: 1,32 GBit/s

Pixel= Bildpunkt
ppi = Pixel per inch

Gliederung

1. Grundbegriffe
2. Digitale Codierung und Übertragung
3. Zeichen und Schrift
4. Internet-basierte digitale Medien
5. Signalverarbeitung
6. Ton und Klang
7. Licht, Farbe und Bilder
8. Bewegtbilder
9. Mediendokumente
10. Computergrafik und Virtuelle Realität