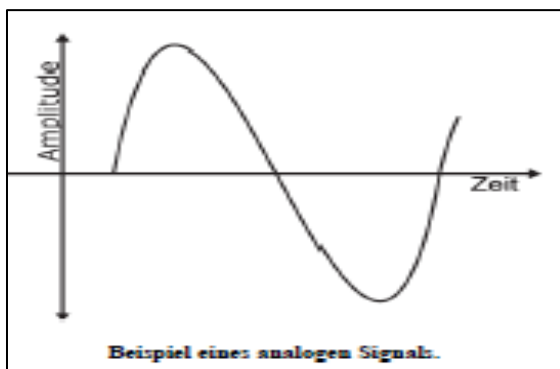


## Digitale und analoge Signale

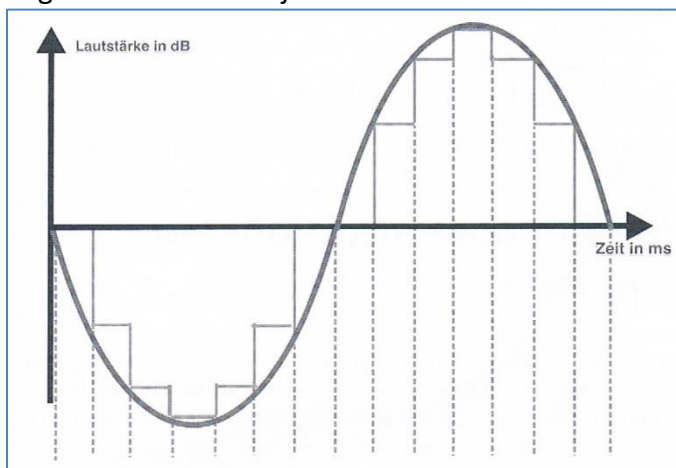
Alles, was man hört, alle Klänge, alle Töne, sind analoge Signale. Es sind Schallwellen. Damit man sie am Computer bearbeiten kann, muss man sie in digitale Signale umwandeln. Die Entwicklung der Digitaltechnik brachte die Unterscheidung von analogen und digitalen Signalen.

Nimmt man z.B. analoge Töne wie Sprache oder Gesang über ein Mikrofon mittels Kassettenrekorder auf, so bleibt das **Ergebnis analog**. Das analoge Signal kann dabei jeden möglichen Wert einer bestimmten Skala einnehmen.

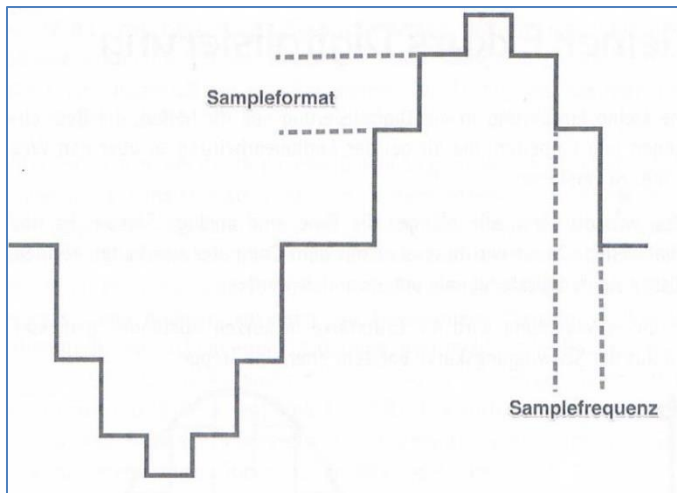
Speichert man ein Audiosignal hingegen mithilfe eines **Computers**, so wird das **Signal digitalisiert**, also in diskrete, d.h. ganzzahlige Zahlenwerte umgewandelt, wobei der Analog-Digital- und zur Rückumwandlung der Digital-Analog-Wandler (A/D, D/A – Wandler) zur Anwendung kommt, die sich beide auf der Soundkarte befinden.



Bei diesem Vorgang, der auch **Quantisierung** heißt, wird das analoge Signal in bestimmten Intervallen (der sogenannten Sampling-Rate oder auch Abtastfrequenz, d.h. das ist die Anzahl der Messungen pro Sekunde) gemessen und in einen diskreten Wert umgewandelt. Im folgendem Bild steht jeder senkrechte Strich für einen solchen Abtastvorgang.



Die Samplingtiefe oder das Sampleformat gibt in Bit die Genauigkeit der Daten an, die bei einer Messung aufgezeichnet werden. Je mehr Bits, umso mehr Lautstärkeabstufungen sind möglich und umso „echter“ wird die Audio-Datei klingen.



Der **Vorteil der Digitalisierung** liegt auf der Hand: Digitale Daten sind wesentlich

- einfacher zu be- und verarbeiten,
- unterliegen keinem Alterungsprozess und
- können zudem beliebig oft ohne Qualitätsverlust kopiert werden.

Die Daten können in digitaler Form über Komprimierungsverfahren auch äußerst effizient gespeichert oder über das Internet weltweit verfügbar gemacht werden.

Beim Digitalisieren wird die Amplitude bzw. das Volumen des Audiosignals mit einer bestimmten Häufigkeit abgetastet und die dabei ermittelten Werte abgespeichert. Die pro Sekunde durchgeführten Abtastvorgänge werden als **Sampling-Rate** bezeichnet. Audio-CDs haben z.B. eine **Sampling-Rate von 44,1 kHz**. Das heißt, dass 44100-mal pro Sekunde das Audiosignal abgetastet und die dabei ermittelten Werte gespeichert werden.

Die zweite wichtige Größe bei der Digitalisierung von analogen Signalen ist das **Sampleformat, auch Sampeletiefe** genannt. Sie gibt die Größe der Skala bzw. des Rasters vor, in dem die Umwandlung in Zahlenwerte stattfindet und bestimmt somit die Anzahl möglicher Abstufungen. Bei der schon angesprochenen Audio-CD wird normalerweise eine Sampletiefe von 16 Bit verwendet, womit exakt 65536 verschiedene Werte darstellbar sind.

Sampleformat oder Sampletiefe	Mögliche Werte
4 bit ( $2^4$ )	16
8 bit ( $2^8$ )	256
16 bit ( $2^{16}$ )	65536
24 bit ( $2^{24}$ )	16777216
32 bit ( $2^{32}$ )	4294967296
48 bit ( $2^{48}$ )	281474976710656
96 bit ( $2^{96}$ )	79228162514264337593543950336

Gängige Sampletiefen.

Je höher die Sampletiefe gewählt wird, desto größer ist zum einen der Speicherbedarf und zum anderen aber auch der Dynamikumfang, also der Unterschied zwischen dem leisesten und dem lautesten Ton. Bei 16 bit Stereo beträgt der Dynamikumfang z.B. rund 96 dB (ca. 6 dB pro bit Sampletiefe). Gleichzeitig verringert sich mit höherer Sampletiefe der Quantisierungsfehler in Bezug auf das Originalsignal.

**Unkomprimiert** benötigt eine Audioaufnahme sehr **viel Speicherkapazität**. Eine dreiminütige Aufnahme braucht in CD-Qualität rund 30 MB Speicherplatz. Dies entspricht z.B. den Datenumfang von ca. 6000 Seiten Text oder der Kapazität von mehr als 20 Disketten. Vor wenigen Jahren noch waren Computer mit solchen Datenmengen schlicht überfordert. Nehmen wir als Beispiel wieder die normale Audio-CD: Bei einer Abtastrate von 44,1 kHz und eine Sampletiefe von 16-Bit sowie 2 Kanälen für den Stereoeffekt, errechnet sich die Datenmenge wie folgt:  
 $(44.100 * 16) * 2 = 1.411.200 \text{ bit/s}$

## Gängige Audioformate

### Standards:

- AIFF – Audio Interchange File Format von Apple (unkomprimiert)
- WAV – Windows Wave Format, von Microsoft entwickeltes Dateiformat zur Speicherung von Wellenform-Audio mit der Extension WAV, Standard unter Windows, unkomprimiert
- MP3 – MPEG 1, Layer 3, ist ein komprimiertes Audio-Dateiformat.
- WMA – Windows Media Audio, von Microsoft. Es basiert auf dem gleichen Kompressionsverfahren wie MP3
- Ogg Vorbis - ist eine freie Alternative zu MP3. Es ist nicht so sehr verbreitet wie MP3, unterliegt aber keinen patentrechtlichen Bestimmungen.

Das beliebteste verlustbehaftete Audioformat ist zweifellos **MP3**, das vom Fraunhofer Institut in Zusammenarbeit mit den Firmen AT&T, Bell Labs und Thomson entwickelt wurde. Dieses Verfahren, das aber mittlerweile von anderen Formaten wie Vorbis oder AAC überholt wurde, bedient sich der Datenreduktion, indem nicht bzw. fast nicht hörbare Frequenzbereiche genauso weggelassen werden wie sich überlagernde Frequenzen oder Sequenzen mit Lautstärkeänderungen (z.B. leise Töne, die direkt Sequenzen mit sehr großer Lautstärke folgen), die das menschliche Gehör nicht mehr voneinander trennen bzw. nicht wahrnehmen kann.

So lassen sich hochwertige Audioaufnahmen auf durchschnittlich **ein Zwölftel** ihrer Ursprungsgröße komprimieren. Eine Minute unkomprimierte Musik belegt zehn MB Speicher. Im MP3-Format benötigt ca. 1 MB. Selbst bei einem Komprimierungsfaktor von 24:1 werden noch bessere Klangqualitäten als bei herkömmlichen Reduktion der Sampling-Rate erreicht.

**MP3 ist streamingfähig**, d.h. die Musikdaten sind schon während des Downloads abspielbar und müssen nicht komplett abgespeichert werden.

