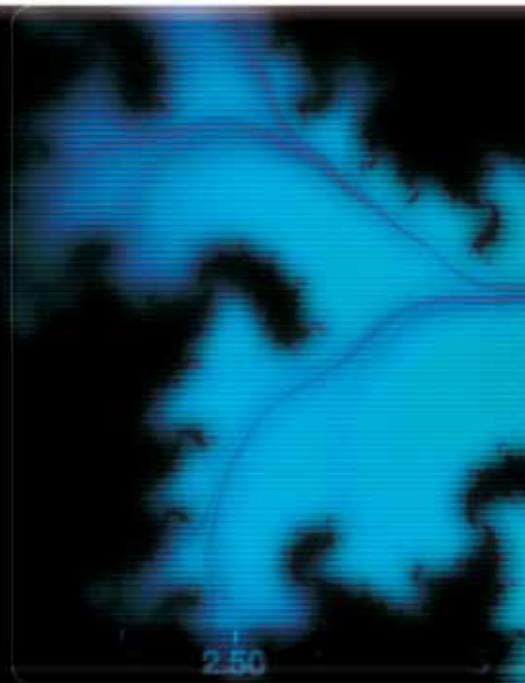


KORG stellt eine neue Generation Audiorecorder auf Basis des 1-Bit-Verfahrens vor: den handlichen MR-1 mit 1Bit/2,8MHz und den professionell ausgestatteten MR-1000 mit 1Bit/5,6MHz. Die momentan höchste Auflösung überhaupt! Im Lieferumfang ist die AudioGate-Software zur Konvertierung der 1-Bit-Aufnahmen in alle gängigen Formate. Aufnahmen im 1-Bit-Format empfehlen sich zur Archivierung (z.B. für das Asset Management von Plattenfirmen), da sie in alle heutigen und zukünftigen Formate gewandelt werden können.

Die 1-Bit-Technologie wurde Ende der 1980er von Dr. Yoshio Yamasaki (Waseda-Universität, Japan) entwickelt und 1992 zum Patent angemeldet. Sony und Phillips übernahmen die Technologie unter der Bezeichnung Direct Stream Digital (DSD) als Grundlage für die SACD. 1-Bit SACDs gibt es seit 1999 mit derzeit über 4000 Titel im Katalog. In diesem 1-Bit-Leitfaden werden die Möglichkeiten dieser neuen Recorder vorgestellt. Zum besseren Verständnis gehen wir zunächst auf das PCM-Format ein. Danach wenden wir uns den Vorteilen der 1-Bit-Technologie zu: Audioqualität und Zukunftstauglichkeit.



### Digital-Audio: ein kurzer Überblick

In analogen Wiedergabesystemen definiert das Medium Qualität und Dynamik. Aufgrund des mechanischen Kontakts kommt es zu Abnutzungserscheinungen. Bei der Archivierung müssen Kriterien wie Klima oder Nähe zu Magnetfeldern berücksichtigt werden. Außerdem sind diese Medien gemessen an der Kapazität teuer. Im Herbst 1982 wurde deshalb die Compact Disc und mit ihr die 16-Bit-Digital-Technologie für den Konsumentenmarkt vorgestellt. Dieses

Verfahren weist in puncto Klangqualität, Dynamik und Kapazität klare Vorteile auf. Dieses Verfahren tastet das Audio-Signal 44,100 mal pro Sekunde ab (Sampling-Frequenz in Hz) und speichert den Pegel kodiert in einer Auflösung von 16-Bit (Wortbreite; 32.768 darstellbare Pegel-Zustände jeweils links und rechts). In Abbildung 1 markieren die orangenen Punkte die gerasterten Werte der blau gefärbten Audio-Welle (Sampling-Frequenz horizontal, Bit-Auflösung vertikal). Aufgrund der relativ groben Auflösung liegen die Punkte nicht exakt auf der Welle.

Allgemein wählt man Sampling-Frequenzen von 44,1kHz, der doppelten Frequenz der menschlichen Hörschwelle (max. 16-20kHz), damit Fehlinterpretationen in Form von Störfrequenzen (Aliasing) des Systems unhörbar bleiben (Nyquist-Theorem). In Abbildung 2 repräsentiert die blaue Linie die originale, analoge Signalwelle von 18 kHz. Bei einer Abtastung entsprechend der durchgezogenen, vertikalen Linien werden Samples an den orangenen Punkten genommen. Das digitale System ermittelt aus diesen Samples ein Schwingung mit einem Drittel der originalen Signal-Frequenz. Es erklingt die rot gepunktete Welle von 6 kHz- eine komplett andere Frequenz als das Original und deutlich im Hörbereich.

Je höher die Auflösung des Systems in Bit desto detaillierter können Signale gewandelt werden. Die Auflösung definiert den Dynamikumfang des Systems, bei 16-Bit ca. 96 dB. 16-Bit-Aufnahmen sind analogen Medien mit einem Dynamikumfang von nur 50~60dB deutlich überlegen. Da Speicherkapazität damals teuer war, entschieden sich die Entwickler für das 16bit/44,1kHz-Format, das Klangqualität und Datenmenge im Ausgleich hält.

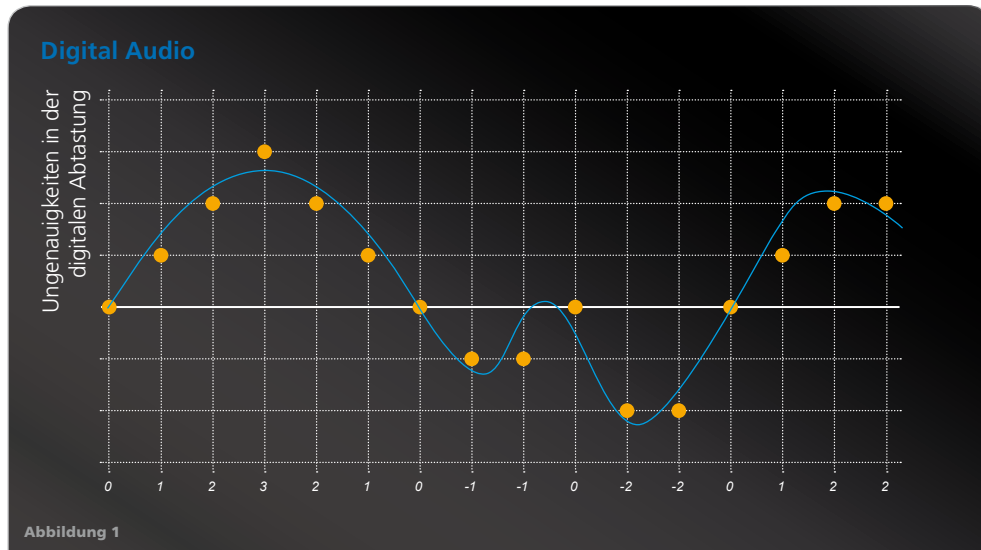


Abbildung 1

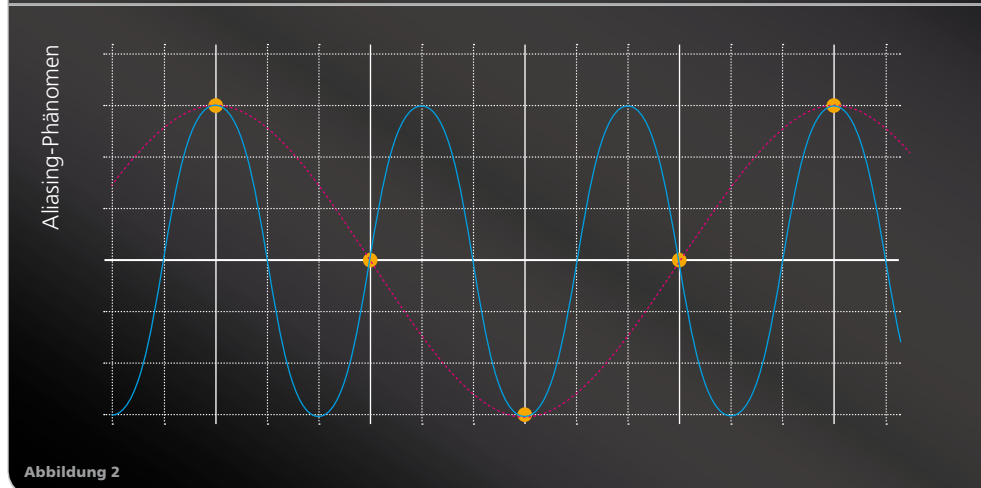


Abbildung 2





### Quantisierungsrauschen

Gleichmäßig über das gesamte Frequenzband verteilt (weißes Rauschen)

Reduktion durch eine höhere Auflösung



Abbildung 3

### Die Multibit-PCM Kodierung

A/D- und D/A-Wandlungen werden meist mit 1-Bit-Schaltungen bei sehr hohen Sampling-Frequenzen vorgenommen. Allerdings wird schlussendlich nur jedes X-te Sample verwendet (Datenreduktion).

Die Reduktion erfolgt während der Aufnahme (bei der A/D-Wandlung). Während der Wiedergabe (D/A-Wandlung) werden Interpolationen und eine Delta-Sigma-Modulation vorgenommen.

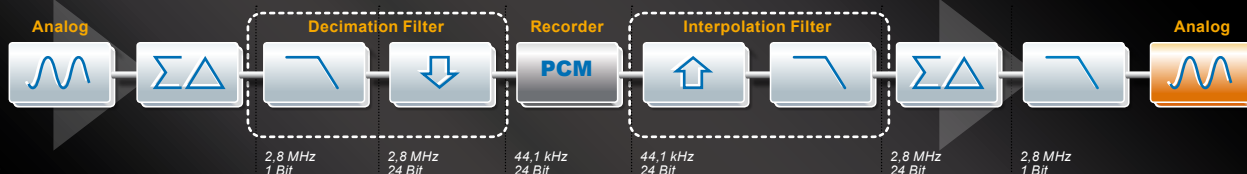


Abbildung 4

### Fortschritte und Probleme der Multibit-Technologie

Mit dem Wunsch nach größerer Klangtreue entwickelte man Formate mit höherer Auflösung und Frequenz. Die Dynamik nimmt leider immer weniger zu, je stärker man die Wortbreite erhöht. Der Wechsel von 16 auf 24 Bit erhöht die Dynamik nur um ca. ±14dB (Abbildung 3).

Viele hochwertige Digital-Systeme verwenden 1-Bit-Eingangsstufen (Abbildung 4). Hierauf folgt ein Decimation-Filter für die Umsetzung der 1-Bit-Daten in das Multibit-Format. Dieses Filter dezimiert intelligent aber endgültig Sample-Informationen. Außerdem filtert das Bauteil Aliasing-Artefakte bei 22,05kHz (in einem 44,1kHz-System). Die Qualität dieses Filters beeinflusst massiv Phasentreue, Linearität und Transientenwiedergabe und somit den gesamten Klang. Am Ende der Wandlung liegen die Daten pulse-code-moduliert im Format 16Bit/44,1kHz vor.

Die Digital-Analog-Wandlung der Wiedergabe verändert die Daten erneut. Eine Interpolation fügt die gerasterten PCM-Daten wieder zu einem glatten Strom zusammen. Durch Einrechnen von

Zwischenwerten versucht die Interpolation dem ursprünglichen Signalverlauf weitestgehend zu entsprechen. Die Delta-Sigma-Modulation soll das Rauschen aufgrund unvermeidlicher Rechenfehler abschwächen.

Oversampling kann die Sampling-Frequenz künstlich verdoppeln. Hier wird die Datenlage bei doppelter Abtastfrequenz geschätzt. Letztlich unterliegen diese Schätzungen immer klanglich der ursprünglichen Information.

Das Multibit-Verfahren manipuliert die Audi-

osignale zwei Mal: bei der Kodierung und der Dekodierung. 24-Bit/192kHz-Systeme erzielen überzeugende Ergebnisse, aber es gibt noch bessere Lösungen.



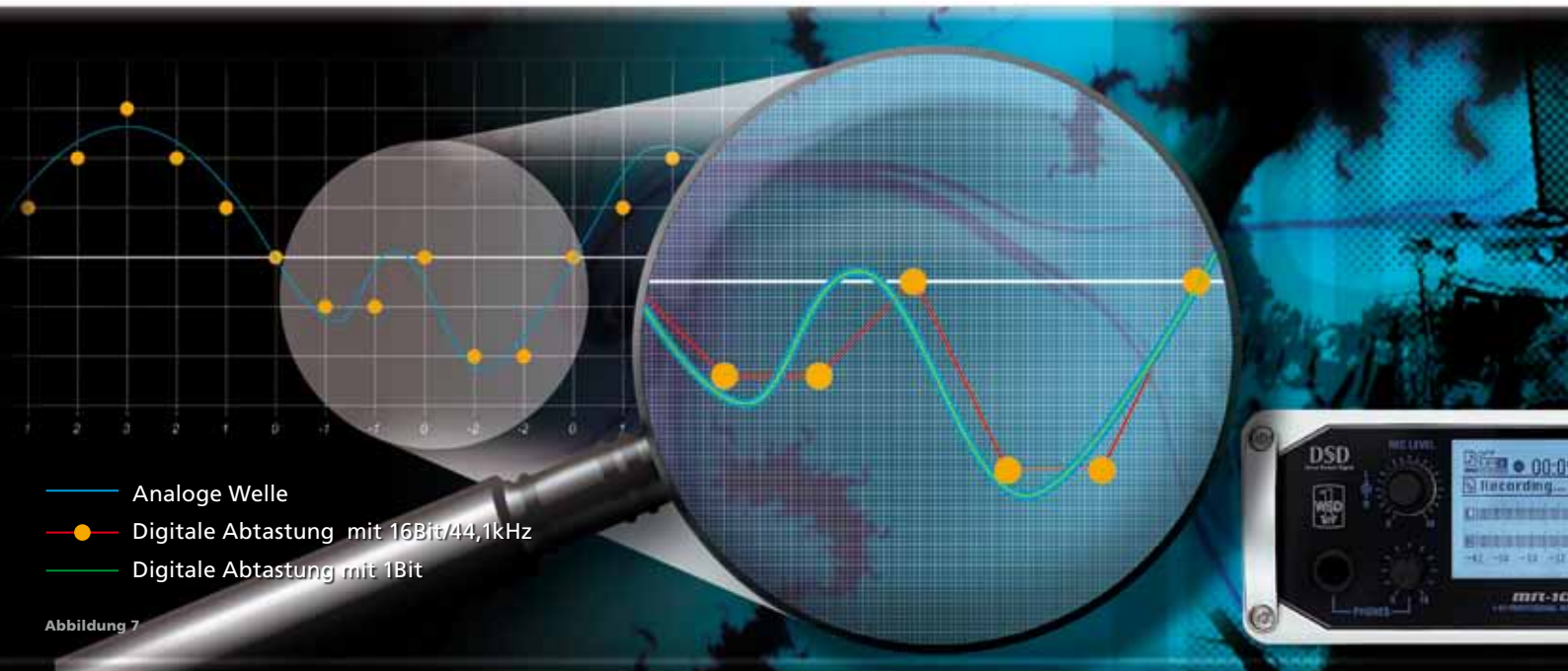


Abbildung 7

Abbildung 7: Digitale System, auch mit 16Bit/44,1kHz, tasten die analoge Schwingung (in blau) relativ grob ab (orange Punkte). Das System interpretiert die analoge Schwingung gemäß der roten Linie und erzeugt so hörbare Artefakte. KORGS 1-Bit-Systeme fahren dagegen mit höchster Auflösung die originale Welle exakt ab (grüne Linie).

### Der Vorteil von 1 Bit

1-Bit-Systeme arbeiten mit der Abtastrate 2,8224MHz, der MR-1000 sogar mit 5,6448MHz und damit 128-fach schneller als 16Bit/44,1kHz-Systeme. Theoretisch reicht der Frequenzgang von 1-Bit-Systemen bis 100kHz. KORGS MR-Recorder bilden zuverlässig bis 50kHz ab, wie die besten analogen Medien. Da auf steiflankige Filter verzichtet wird, bleibt das Signal verfärbungsfrei.

Elementar ist, dass das 1-Bit-Format eine Datenreduktion mit Codierung und Interpolation genauso wie Oversampling erübrigt. Kein Dezimierungsfiler und damit keine Klinge inbußen wie bei PCM-Daten. Das Signal am Ausgang entspricht exakt dem analogen Signal ohne Rechenfehler und Verfälschungen.

### Weniger ist mehr

Die Vorteile solcher hoher Abtastraten leuchten sofort ein. Aber warum soll 1-Bit besser sein als 16- oder 24Bit, wo doch 16 oder 24 mehr als eins ist?

Multibit-Systeme speichern das gewandelte Signal gerastert nach Bit-Tiefe und Abtastrate in Absolutwerten. Im Gegensatz dazu tastet das 1-Bit-Verfahren das analoge Signal extrem schnell ab und speichert die Wertänderung. Je nachdem ob das Signal lauter oder leiser wurde, ändert sich der Zustand des einzelnen Bits von 0 zu 1. Die Fehlerquote ist äußerst gering. Die 1-Bit-Technologie fährt mit der heute größtmöglichen Präzision die analogen Signalwellen nach und gibt sie ebenso exakt wieder.

Diesen Umstand verdeutlicht ein Test mit dem KORG MR-1000 bei 5,6MHz. Digitale Systeme können Rechteckwellen besonders schwer dar-

stellen, da die Flanken der Welle mit 90° extrem steil sind. Der plötzliche Pegelsprung führt zu massiven Fehlinterpretationen und einer komplett falschen Interpolation am Ausgang. Je höher die Frequenz der Rechteckwelle, desto auffälliger die Artefakte.

Dazu haben wir eine Rechteckwelle mit 20kHz mit verschiedenen Abtastraten aufgezeichnet und die Ausgabe gemessen. In den Diagrammen der Abbildung 5 repräsentieren die oberen Wellen jeweils das Original, darunter das jeweilige Signal am Ausgang.

Sowohl 16 Bit/44,1kHz- als auch 24 Bit/96kHz-Systeme interpretieren das Signal als reine Sinuswelle. Erst ein 24Bit/192kHz-System erkennt die Rechteckwelle, gibt sie aber mit deutlichen Obertönen aus (gewellter Rechteck). Allein das 1-Bit-System erreicht eine annähernde Übereinstimmung mit dem Rechteck.

### 1-Bit im Vergleich zu PCM

- Keine Datenreduktion, keine Klangfärbungen
- In der D/A-Wandlung nur ein weiches Filter bei 50kHz

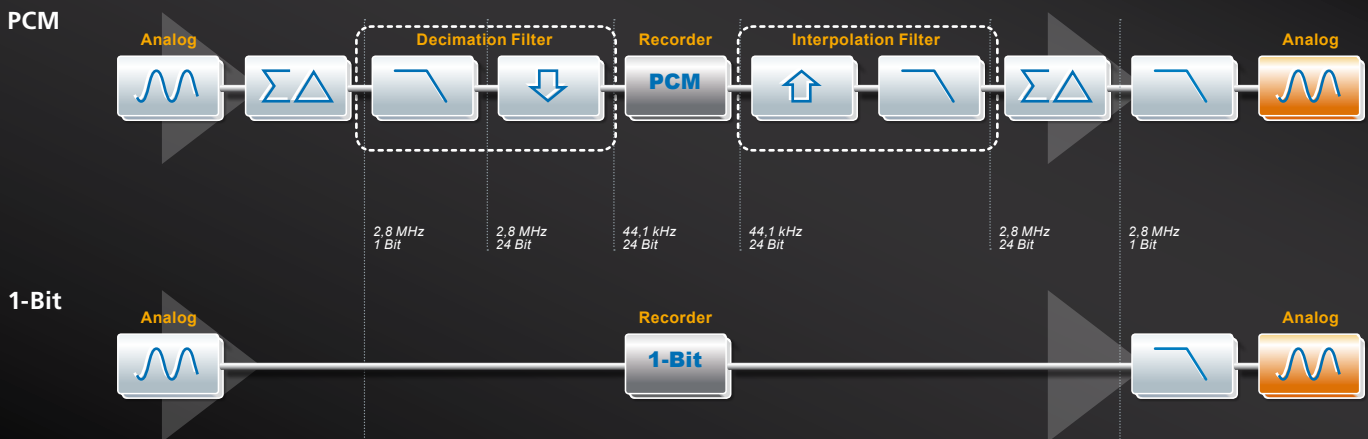


Abbildung 6



Mess-Diagramme verschiedener Sampling-Frequenzen

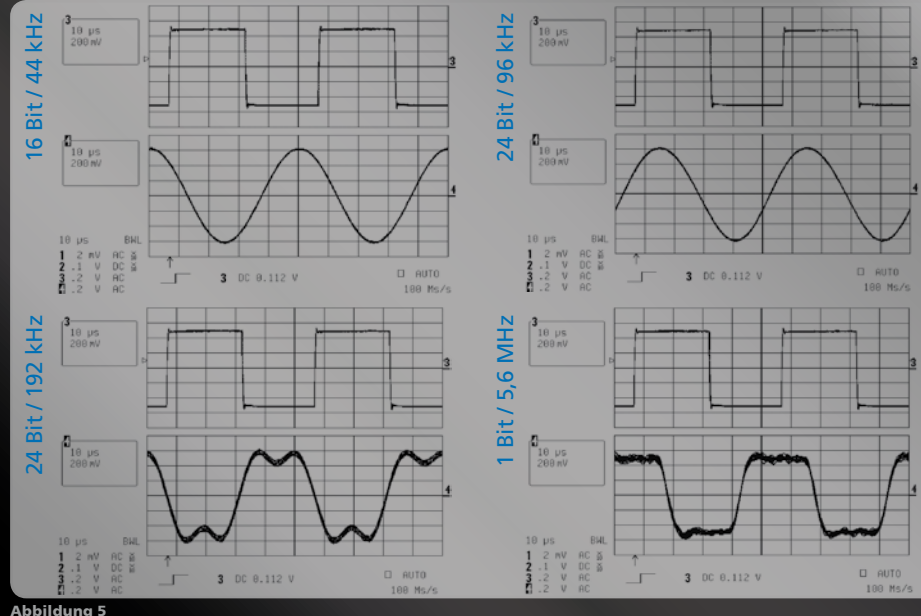


Abbildung 5

**Der wahre Vorteil von 1 Bit: zukunftsstaugliche Aufnahmen**

Heutige Digital-Systeme liefern gemessen an den Möglichkeiten der Vor-Digital-Ära im Allgemeinen gute Ergebnisse. Die Qualität Ihres derzeitigen Aufnahme- und Wiedergabe-Systeme soll hier nicht in Frage gestellt werden. Daneben gibt es gute Gründe, warum man seine Ab- und Endmischungen mit einem 1-Bit-System aufzeichnen sollte.

Die Fachwelt rühmt die Klangqualität von Tonbändern. Leider sind sie klima- und alterungsempfindlich, mechanisch anfällig und mittlerweile selten und deswegen teuer.

Multibit-PCM-Aufnahmen besitzen eine gute Qualität, allerdings nicht den Frequenzgang eines Tonbands. Außerdem lässt sich dieses Format in Zukunft nicht leicht in andere Formate wandeln. Die Qualität von 16-Bit/44,1kHz-Aufnahmen kann nicht durch ein Re-Mastering in das 24-Bit/192kHz-Format gesteigert werden, da die ursprüngliche Audio-Information durch die Wandlung und Codierung unwiderruflich

verloren ist. Deshalb setzen die Remastering-Projekte immer bei den Original-Tonbändern mit dem vollen Dynamik- und Frequenzumfang an.

Viele Anwender nutzen nach wie vor das PCM-Verfahren trotz der Probleme mit Datenreduktion und Filtern. Der benötigte Speicherplatz ist in Zeiten der Giga-Bytes leicht zu beschaffen. Der einzige Hinderungsgrund für 1-Bit-Aufnahmegeräte bestand bislang im horrenden Preis.

Mit den MR-Recordern hat KORG die 1-Bit-Technologie erschwinglich gemacht. Sie können jetzt frei von Manipulationen und Interpolationen optimal aufnehmen. Jederzeit können Sie Ihre Originale in andere Formate wandeln – auch solche, die heute noch nicht definiert sind. KORG MR-1000 und MR-1 sind damit ideal für die langfristige Archivierung Ihrer Audio-Informationen. Dafür verwenden beide MR-Recorder hochwertige D/A-Wandler Burr Brown PCM4202 und für die A/D-, Cirrus Logic CS4398. Alle herunterformatierten Audio-Dateien profitieren selbst als PCM-Daten von der Qualität der 1-Bit-Technologie, da ja die MR-Recorder auf die Filter im Eingang verzichten.



1-Bit Audio als Archivformat

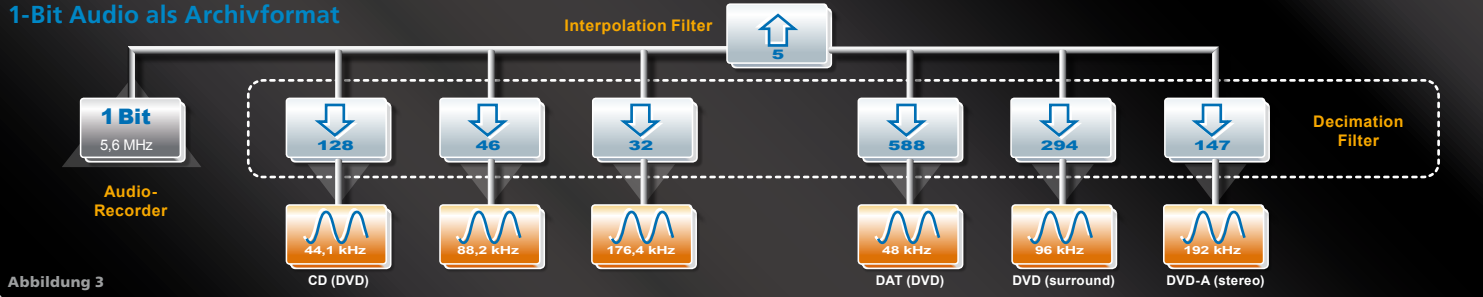


Abbildung 3



Die Audio Gate Software

- ⊕ Teil des Lieferumfangs von MR-1 und MR-1000 – ohne Aufpreis
- ⊕ Archiviert Ihre Aufnahmen in höchster Auflösung für spätere Konvertierungen – auch in Formate, die heute noch nicht gebräuchlich sind
- ⊕ Konvertierung der 1-Bit-Aufnahmen in WAV- u. AIFF-Dateien in allen üblichen Frequenzen

- ⊕ Konvertierung von WAV- und AIFF-Dateien in das 1-Bit-Format
- ⊕ Echtzeit-Konvertierung des 1-Bit-Signals über die Audio-Hardware Ihres Computers
- ⊕ Löscht Gleichspannungsversatz (DC Offset)
- ⊕ Pegelanpassungen, Schneiden und Zusammenfügen, Fade Ins und Fade Outs auf 1-Bit-Ebene