



„Polaroidkamera für Akustiken“

→ Ralph Kessler, Inhaber des Ingenieurbüros Pinguin in Hamburg, forscht seit über zwei Jahren auf dem Gebiet des Faltungshalls. Im KEYS-Gespräch erläutert der Experte die technischen Hintergründe der Faltung und erklärt, worauf es für gute Ergebnisse ankommt.

Wie funktioniert das Prinzip der Faltung technisch?

Ralph Kessler: Die Faltung ist eine mathematische Operation für Signale im Zeitbereich und gehört bereits seit Jahrzehnten zum „Grundwortschatz“ eines Nachrichtentechnikers. In der Sprache der Signaltheorie hört sich das folgendermaßen an: Für ein lineares, zeitinvariantes System gilt, dass sich das Ausgangssignal direkt aus der Formel Eingangssignal „gefaltet“ mit der so genannten Impulsantwort (IR, englisch „Impulse Response“) errechnen lässt.

Die Impulsantwort beschreibt dabei das Übertragungsverhalten eines Systems (zum Beispiel eines realen Raums). Hat man das Übertragungsverhalten einmal gut gemessen, lässt sich das Systemverhalten mit beliebigen Eingangssignalen vorhersagen.



Auf der Suche nach der perfekten Impulsantwort (hier im Hamburger Michel)

Im Falle einer Akustik kann die IR durchaus mit einem Fingerabdruck verglichen werden.

Aber was ist ein lineares, zeitinvariantes System?

Kessler: Es zeichnet sich dadurch aus, dass die Frequenzen, die man hineinschickt, mehr oder weniger in Phase und Frequenz gewichtet auch wieder herauskommen. Es kommen keine neuen Frequenzen hinzu oder werden verschoben.

Kompressoren, Limiter und Lautsprechermembrane, die stark im nichtlinearen Bereich arbeiten und damit verzerren, können mit einfachen Faltern nicht simuliert werden. Zeitlich variante Systeme wie Chorus, Phaser oder Flanger sind ebenfalls nicht mit einer einzigen Faltungsformel zu realisieren.

Weitestgehend linear sind dagegen Filter. Eine Raumakustik lässt sich wunderbar in erster Näherung als ein spezielles Filter ansehen.

Wie kann man so eine komplexe Rechenoperation sinnvoll umsetzen?

Kessler: Faltung kann man prinzipiell auf zwei Arten durchführen: in der Zeitebene oder in der Frequenzebene. Die technische Realisierung der Faltung im Zeitbereich verbraucht unglaublich viel Rechenleistung. Dadurch, dass prinzipiell bedingt die CPU-Leistung in Abhängigkeit einer IR unproportional ansteigt, ist eine Echtzeitimplementierung von längeren IRs auf PCs selbst heute noch schlichtweg unmöglich. Zurzeit ist das nach meiner Meinung eine klare Domäne von Hardwarelösungen, da hier mit extrem vielen Spezial-Prozessoren auch bei langen IRs völlig latenzfrei gearbeitet werden kann, im Gegensatz zu PlugIns.

Dennoch ist das Thema Faltung auch für PlugIns immer populärer geworden. Das liegt zum einen an immer schnelleren Computern, zum anderen an den Forschungsergebnissen im Bereich der so genannten



Ralph Kessler, Inhaber des Ingenieurbüros Pinguin und Faltungshallexperte

„schnellen Faltung“. Dabei handelt es sich um Algorithmen, die die benötigte Rechenleistung durch eine geschickte Aufteilung der Signale in einzelne Frequenzbänder drastisch reduzieren. Das ist jedoch ein kritischer Punkt, da sich je nach Optimierungsgrad gewaltige Fehler einschleichen können, die sich hörbar auf das Simulationsergebnis auswirken.

Was ist bei der Erstellung qualitativ hochwertiger Impulsantworten zu beachten?

Kessler: Es kommt hier in erster Linie darauf an, welche Qualitätsstufe man erreichen möchte. Zu allererst braucht es die gleichen Dinge, die ein Produzent einer hochwertigen Musikaufnahme auch im Auge haben sollte: gut ausgebildetes Personal und gutes Equipment. Das Know-how eines guten Tonmeisters verknüpft mit akustischer und messtechnischer Expertise ist hier nicht fehl am Platze. Nach der Aufnahme folgt die Postproduktion, bei der ebenfalls ein Experte alle Register seines Könnens ziehen kann, vergleichbar dem Mastering.

Dinge wie ein durchgängig guter Rauschabstand, guter Schnitt und gute Fades sind selbstredend. Bei der Wahl der Tools sollte man vorher die Messtechnik zu Rate ziehen oder zumindest jemanden vom Fach konsultieren. Es sind viele so genannte Deconvolver am Markt, die ihr Geld nicht wert sind. Schon die Wahl der jeweiligen Testsignale, um ein Sample für die Impulsantwort

zu erstellen ist teilweise haarsträubend.

Das etablierte 5.1-Mehrkanalformat zum Beispiel eignet sich schon hervorragend, um Schallfelder zum Beispiel von großen Konzerthallen wesentlich realitätsnäher als in Stereo zu simulieren. Wir haben mit dieser Technik aufwendige Hörtests mit interessanten Ergebnissen durchgeführt. Interessierte möchte ich an dieser Stelle auf unsere Website www.AcousticsOnDemand.com verweisen, wo mehr zu dem Thema zu erfahren sein wird, zum Beispiel Bewertungskriterien für Hallgeräte, Messsignale zum Downloaden, Hinweise auf kommende Software- und Hardwarelösungen oder Workshop-Termine.

Wie siehst Du die Zukunft von Faltungs-Anwendungen?

Kessler: Ich habe die letzten beiden Jahren innerhalb meiner eigenen Forschungsarbeit so viele faszinierende Dinge gehört – die Möglichkeit, mit einer Art Polaroidkamera für Akustiken durch die Welt zu reisen, finde ich fantastisch. Auch für die Postproduktion im Filmbereich kann das sehr wertvoll sein. Die Faltungstechnologie hat das Zeug dazu, der Audiowelt wirklich gute Dienste zu leisten und völlig neuartige Dinge hervorzubringen. Dr. Theile vom Institut für Rundfunktechnik (IRT) sagte vor zwei Jahren auf einem Surround-Kongress bereits: „Wir leben im Zeitalter der Faltung“. Wie recht er damit hatte.