

Ab Version 5 bietet Hauptwerk in den ‚Advanced‘-Versionen die Möglichkeit, hochwertigen dynamischen Hall mittels IR-Faltung live während des Spielens zu berechnen. Was hinter diesem Verfahren steckt, welche Fortschritte dadurch für die Virtuelle Orgel erreichbar werden und wie Sie IR-Faltungshall wirkungsvoll einsetzen (auch als HW 4 oder HW5/6 Basic-Nutzer), werden wir in einer dreiteiligen Serie erkunden.

Raum für die Königin IR-Faltungshall - was steckt dahinter (Teil 1)

Der natürliche Hall

Ein Orgelbauer sagte einmal zu mir: „Das wichtigste Register einer Orgel ist die Akustik des Raumes, in dem sie steht“. Beim Bau einer Orgel ist die Raumakustik, beginnend mit dem Entwurf der Disposition bis hin zur finalen Intonation vor Ort, von größter Bedeutung, denn wann immer sie erklingt, hören wir das Ergebnis einer Interaktion von Instrument und Raum: Beides, die Orgel, die den Raum mit dem von ihr abgegebenen Schall anregt, und der Raum, der auf diese Anregung auf seine ganz eigene, für ihn charakteristische Art reagiert, führen gemeinsam zu dem Klangerlebnis, das uns dazu bringt, die Orgel als „Königin der Instrumente“ zu bezeichnen. Die Raumakustik ist also integraler Bestandteil des von uns gehörten Klanges einer jeden Orgel.

Wenn wir das Phänomen Hall genauer betrachten, stellen wir fest, dass dieser zwar in jedem Raum anders klingt, dennoch aber eine Reihe allgemeiner Eigenschaften aufweist:

1. Es besteht eine im zeitlichen Verlauf klar definierte Ursache-Wirkungsbeziehung: Die Ursache ist die Anregung des Raumes durch ein Schallereignis, die Wirkung ist dessen „Antwort“ in Form von Hall.
2. Hall ist gegenüber dem anregenden Schallereignis zeitverzögert. In großen Kirchen schon mal bis in den zweistelligen Sekundenbereich hinein.
3. Hall verändert im Laufe der Zeit seine Lautstärke: Er klingt aus.

4. Jeder Raum hat durch seine Geometrie und die Materialien, aus denen seine Oberflächen bestehen, eine für ihn charakteristische Art, auf Schallereignisse mit Hall zu antworten. Bleibt der Raum unverändert, so bleibt auch diese charakteristische Antwort gleich.

Für diese Eigenschaften gibt es drei wichtige Begriffe, die uns helfen, Hall zu verstehen: 1 nennen wir **Kausalität**: Das Schallereignis ist die Ursache des Halles und dieser dessen Folge. 2 und 3 nennen wir **Linearität**: Hall besteht aus verzögerten und leiseren Versionen des anregenden Schallereignisses, nämlich den Reflexionen des Schalls im Raum. 4 nennen wir **Zeitinvarianz**: Die akustischen Eigenschaften des Raumes ändern sich nicht über die Zeit.

Ein System (also z.B. ein Hallraum), das diese Eigenschaften hat, nennen wir daher ein **Lineares Zeitinvariantes System**, oder abgekürzt LTI-System (Engl.: „Linear Time Invariant System“). Und hier kommt der Grund, warum es so wunderbar ist, dass natürliche Hallräume LTI-Systeme sind: Man kann sie dann nämlich sehr einfach mathematisch beschreiben, sprich, man kann dem Computer beibringen, genau so auf Anregungen zu reagieren, wie es ein echter Hallraum tun würde!

Original-Raumakustik einfangen mit IR-Faltung

Wie bekommen wir jetzt den Originalhall, z.B. den einer Kirche, in den Computer? Hall ist doch die Antwort des Raumes auf individuelle Schallereignisse. Müssen wir nun alle denkbaren Schallereignisse durchgehen und eine Riesenmenge von

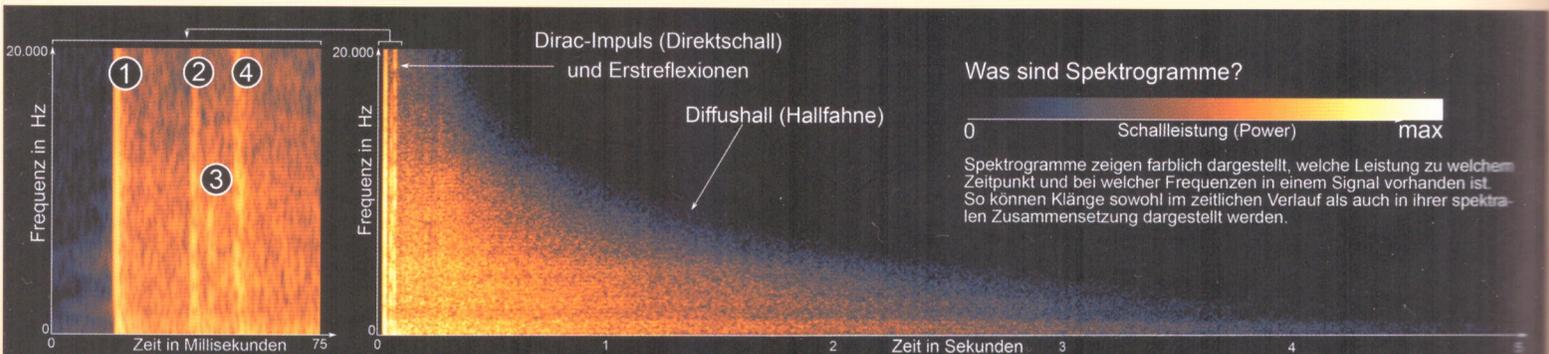


Abb. 1: In der Spektrogrammdarstellung können wir gut erkennen, wie die Details der Original-Raumakustik in der Impulsantwort enthalten sind. Dargestellt ist eine Impulsantwort von St. Gumbertus Ansbach.
Links: Zoom in die ersten 75 Millisekunden mit (1) dem Direktschall (entspricht dem Dirac-Impuls) und (2)(3)(4) den Erstreflexionen an den Seitenwänden und der Decke.
Rechts: Darstellung der gesamten Impulsantwort. Man sieht, dass die Gesamthalldauer ca. 5s beträgt. Der Hall hat drei Hauptbestandteile: Den Direktschall (ganz am Anfang), die Erstreflexionen unmittelbar danach und die lange, diffuse Hallfahne.
Auch sehr schön zu sehen: Hochfrequente Anteile verklingen schneller als tiefere, weswegen der Hall im Laufe der Zeit nicht nur leiser, sondern auch dumpfer wird. Hier spielen die Raumgeometrie und die akustischen Eigenschaften der verwendeten Baumaterialien eine wichtige Rolle.

Hallsamples aufnehmen (wie es beim sogenannten ‚wet recording‘, der Aufnahme von Orgel-Samples mit Hall, tatsächlich gemacht wird), nur um nachher festzustellen, dass wir die allermeisten mangels Zeit gar nicht aufgenommen haben oder sie mangels Speicherplatz gar nicht berücksichtigen können? Nein, es geht wesentlich eleganter und besser, und zwar – unter Ausnutzung der LTI-Eigenschaften - mit folgendem Trick:

Schall ist, physikalisch betrachtet, eine sich wellenförmig ausbreitende Schwankung des Luftdruckes. Nehmen wir nun z.B. den Klang einer Orgelpfeife auf, so messen wir diesen Luftdruck sehr oft, z.B. 48.000mal pro Sekunde, und speichern die Messergebnisse als Folge kurzer Pulse in einer Datei ab. Jeder dieser Pulse hat dann die Länge 1/48.000 Sekunde und einen Wert, der vom gemessenen Luftdruck abhängt.

Und jetzt kommt's: Wegen der LTI-Eigenschaften wissen wir, dass die Antwort des Raumes auf jeden einzelnen dieser Pulse immer die gleiche ist, abgesehen von dessen Zeitverzögerung und Lautstärke (wegen der Linearität). Es genügt also, die Raumantwort auf einen einzigen Puls zu kennen, und schon können wir die in unserer Pfeifensample-Datei gespeicherte Pulsfolge zur Hand nehmen, diese der Reihe nach durchgehen und mit (den einzelnen Pulsen entsprechend) verzögerten und in der Lautstärke angepassten Versionen der Raumantwort die Reaktion des Raumes auf das Pfeifensample berechnen!

Der o.g. Referenz-Puls, dessen Raumantwort wir dafür benötigen, heißt **Dirac-Impuls** (benannt nach dem Physiker Paul Dirac, 1902-1984), und die Raumantwort darauf heißt Impulsantwort, oder abgekürzt **IR** (Engl.: „**Impulse Response**“). Diese IR enthält nun die akustischen Eigenschaften des Hallraumes (s. Abbildung 1 auf der Vorseite)!

Das Aufsummieren der vielen verschobenen und mit den Messwerten der Pfeifensample-Pulse multiplizierten Versionen der Impulsantwort nennen wir Faltung. Jetzt verstehen wir, wie IR-Faltungshall funktioniert:

1. Wir benötigen eine Impulsantwort (IR) des Hallraumes
2. Der Computer berechnet damit live für jedes beliebige Schallereignis mittels Faltung den Original-Hall unseres Hallraumes!

Wie werden Impulsantworten aufgenommen?

Über die qualitativ hochwertige Aufzeichnung von Impulsantworten könnte ein dickes Buch voller mathematischer Formeln geschrieben werden. Das Grundprinzip ist jedoch ganz einfach: Wir regen den Raum mit einem möglichst kurzen,

Der Autor

- **Gernot Wurst**, Jahrgang 1979
- Seit 1993 nebenamtlicher Kirchenmusiker (C, HfK Rottenburg)
- Diplomstudium Med. Informatik (Univ. Heidelberg), Schwerpunkt digitale Signal- und Bildverarbeitung
- Seit 2003 mit PROSPECTUM (www.prospectum.com) Sample Set-Produzent
- 2005-2007 Mitarbeit beim EU-Orgelforschungsprojekt TRUESOUND
- Entwicklung zahlreicher orgelspezifischer Sampleanalyse- und -bearbeitungsalgorithmen



möglichst lauten Schallereignis an, das einem Dirac-Impuls möglichst nahekommen soll, und nehmen den dadurch erzeugten Hall auf.

Eine ganz grobe Annäherung an den Dirac-Impuls wäre beispielsweise, einen Luftballon platzen zu lassen. Was ich auch immer gerne mache, wenn ich mir einen Eindruck von der Akustik eines Raumes machen möchte: Mit ausgestreckten Armen über dem Kopf in die Hände klatschen. Wenn man das ein wenig übt, kann man die Entfernungen und Größen der Wände und auch den Klang der in der Kirche verwendeten Baumaterialien hören, z.B. Wände aus Stein oder eine Holzdecke. Ganz ähnlich navigiert übrigens eine Fledermaus im Dunkeln: Sie gibt kurze Schallimpulse ab, hört die Raumantwort und gewinnt hierdurch einen Eindruck von der Raumgeometrie um sie herum.

Professionelle IR-Aufnahmen dagegen macht man mit speziellen Messsignalen, die im Verlauf von mehreren Sekunden bis hin zu Minuten den Raum nach und nach mit allen hörbaren Frequenzen anregen. Das klingt wie ein anfangs sehr tiefer, im Laufe der Zeit immer höher werdender und schließlich im unhörbaren Ultraschall verschwindender Pfeifton. Die gesuchte IR erhält man dann, indem man durch ein spezielles Rechenverfahren (das übrigens wiederum auf einer Faltung basiert!) all die zur Anregung des Raumes verwendeten Frequenzanteile auf einen einzigen Zeitpunkt zu einem Dirac-Impuls zusammenschiebt.

Für PROSPECTUM hatte ich ein solches Verfahren bereits 2008 programmiert und damit die Impulsantworten der Magnuskerk

**Traditionell
Modern
CX**

eminent
Sakralorgeln

Eminent Generalvertrieb D/A:
Sonnenstr. 15 • 80331 München
Tel.: 089/55146-144
www.eminent-orgeln.de

© artfocus / fotolia.com

Wir führen Kirchen- und Hausorgeln mit digitaler Klangtechnik der Firmen JOHANNUS, MONARKE, CONTENT, VISCOUNT und EMINENT.

Seit über 40 Jahren

FOERG

ORGELHAUS

D-88317 Aichstetten-Altmanhofen
Tel. 07565-7138 • www.orgelhaus-foerg.de
Info-E-Mail: info@musikhaus-foerg.de
Autobahn A96 Memmingen-Lindau

Anloo produziert, die jetzt endlich beim Anloo 2 – Sample Set für die Hallerzeugung genutzt werden können. Eine stark erweiterte Methode wird beim Sample-Set der Wiegleb-Orgel von St. Gumbertus Ansbach zum Einsatz kommen.

Wie funktioniert die Faltung im Computer?

An sich ist auch die Berechnung der Faltung ganz einfach: Für jeden in unserem Pfeifensample enthaltenen Puls berechnen wir eine an dessen Zeitposition geschobene und mit dessen Wert multiplizierte (man sagt **skalierte**) Version der Impulsantwort und Summieren all diese Kleinstbeiträge auf zum Gesamtergebnis, nämlich dem verhallten Pfeifensample (siehe Abbildung 2 unten).

Das könnten wir auch von Hand mit dem Taschenrechner rechnen. Nur würden wir vermutlich ein Leben lang rechnen, ohne nennenswert voran zu kommen, denn die Anzahl der Multiplikationen und Additionen ist sehr groß. Ein Beispiel: Bei 48kHz Samplerate, einem 10s langen Pfeifensample und einer 5s langen Impulsantwort müssten ca. 170 Milliarden Multiplikationen und Additionen berechnet werden!

Daher nutzt man für die schnelle Faltungsberechnung, wie sie z.B. in Hauptwerk implementiert ist, nicht diesen direkten Weg, sondern wiederum einen Rechenrick: Rechnet man die beiden Zeitsignale (Pfeifensample und IR) um in eine spektrale Darstellung (statt der Zeitachse haben wir nun eine Frequenzachse), so wird aus der Faltung eine einfache Produktbildung, wodurch die Berechnung der Faltung nicht mehr durch Berechnen und Aufsummieren vieler Kleinstbeiträge, sondern auf einen Schlag erfolgt. Anschließend folgt wieder eine Umrechnung zurück in

das Zeitsignal – das fertig verhallte Pfeifensample. Wer das nicht ganz triviale Räderwerk der Echtzeit-Faltungsberechnung im Detail verstehen möchte, dem sein eine Internetsuche nach „zero-latency partitioned convolution“ empfohlen.

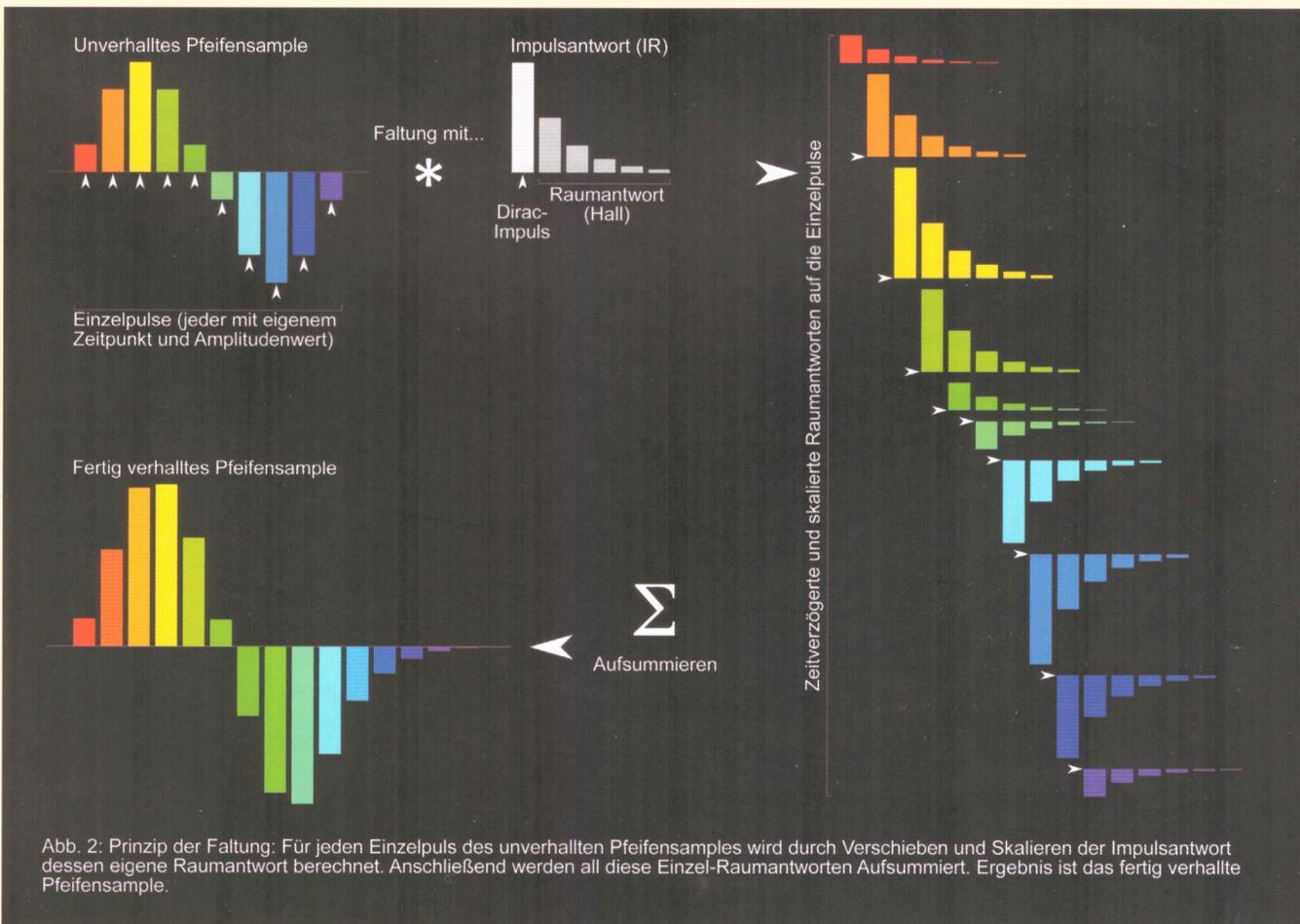
Zusammenfassung und Ausblick

In diesem ersten, zugegebenermaßen etwas technischen, Teil haben wir herausgefunden, dass natürlicher Hall die Eigenschaften eines Linearen Zeitinvarianten Systems aufweist. Dadurch ist es möglich, Original-Raumakustiken in Form von Impulsantworten einzufangen. Mittels Faltung kann ein Computer damit für beliebige trockene Klänge den Hall berechnen, der vor Ort im Raum entstanden wäre. IR-Faltungshall ist also in der Lage, den natürlichen Prozess der Hallentstehung im Computer nachzuvollziehen und so Original-Raumakustiken detailgetreu darzustellen.

Im zweiten Teil werden wir uns anschauen, welche Probleme der momentan noch üblichen ‚wet recording‘-Produktionsweise damit überwunden werden können, wie fortschrittliche IR-basierte Konzepte neuen Sample-Sets zu höherer Klangqualität und dynamischerem, natürlicher klingendem Hall verhelfen können und wie mit solchen Sample Sets die Ressourcen Ihres Computers besser genutzt werden, wodurch ohne Aufrüstung des Computers das Spielen größerer Orgeln und/oder niedrigerer Latenzen möglich werden können.

Der dritte Teil gibt dann konkrete Praxistipps an die Hand, wie Sie die noch nicht ganz optimal umgesetzte IR-Faltung in Hauptwerk einsetzen können, um damit gute Ergebnisse zu erzielen.

Gernot Wurst



In der letzten Ausgabe haben wir herausgefunden, dass Hall die Eigenschaften eines sogenannten Linearen Zeitinvarianten Systems hat und dass Original-Raumakustiken deshalb mit Hilfe einer Impulsantwort (IR) „eingefangen“ und beschrieben werden können. Im zweiten Teil wollen wir erkunden, welche Qualitäts- und Praktikabilitätseinschränkungen des althergebrachten Wet Recording-Verfahrens (also das Aufnehmen der Orgelpfeifenklänge mitsamt Hall) durch die Separierung des Orgelklanges in Pfeifenklang und Impulsantwort überwunden und welche Verbesserungen dadurch möglich werden.

Raum für die Königin

Was bringt IR-Faltungshall? (Teil 2)

Wet Recording – eine Bestandsanalyse

Wenn man sich einen Überblick über die aktuell angebotenen Hauptwerk-Sample Sets verschafft, stellt man schnell fest, dass fast alle mit dem sogenannten Wet Recording-Verfahren produziert wurden. Gemeint ist damit, ähnlich wie z.B. bei einer CD-Aufnahme, die Mikrofone so im Raum aufgestellt sind, dass dessen Hall zusammen mit den Pfeifenklängen aufgenommen wird. Pfeifenklang und Hall sind also von Anfang an praktisch untrennbar miteinander verbunden.

Im ersten Teil dieser Serie (s. Kausalitätsprinzip) haben wir gesehen, dass Hall die Antwort des Raumes auf den erklingenden Pfeifenton mit all seinen individuellen Eigenschaften ist. Der aufgenommene Hall ist also quasi ein „Maßanzug“, der diesem einen aufgenommenen langen Pfeifenton perfekt passt. Wenn nun aber später bei der Verwendung des Sample Sets in Hauptwerk z.B. Staccati oder schnelle Läufe gespielt werden sollen, ist die Wirkung in etwa so, als würde ich meinen Anzug meinem deutlich kürzeren Sohn anziehen: Er ist zu groß und auffällig unpassend. Unser Gehör reagiert auf diese Diskrepanzen empfindlich. Die sich so ergebenden sogenannten **Spielartefakte** ließen die ersten HW1-Sample Sets gerade bei stark verhallten Samples und kurz gespielten Tönen künstlich und unangenehm klingen.

In Hauptwerk 2 wurde daher ein Behelf eingeführt: Statt einem einzigen Anzug, der allen passen soll, werden nun üblicherweise drei Größen angeboten, aus denen man wählen kann. Die Rede ist vom **Multi-Release-Sampling**: Man nimmt mehrere Hallfahnen auf, z.B. von einem kurzen, einem mittellangen und einem langen Ton, und Hauptwerk wählt dann je nach Dauer einer gespielten Note die am ehesten passende Hallfahne aus (das entspricht einer sogenannten ‚Next Neighbour-Interpolation‘ des Halles).

So können die Spielartefakte immerhin merklich reduziert werden, man nimmt aber auch einige Nachteile in Kauf:

Keine substantielle Lösung: Die Spielartefakte sind reduziert, aber immer noch hörbar, was zu einem Gesamtklang beiträgt, der für anspruchsvolle Ohren nach wie vor etwas gewöhnungsbedürftig bleibt. Aus drei Standardgrößen auszuwählen ist eben keine ebenbürtige Alternative zum Maßanzug.

Kostentreiber und Spaßbremse: Auf der technischen Seite sind die Anforderungen an den Rechner hinsichtlich Speichergröße und Polyphonie und somit die Kosten für ein gutes Haupt-

werk-System hoch, denn es muss eine große Anzahl von gesampelten Hallfahnen im RAM vorhalten und beim Spielen der Orgel gleichzeitig mit Echtzeit-Voicing versehen und wiedergeben. Gerade bei größeren Orgeln, längerer Nachhalldauer und womöglich noch 4- oder 6-kanaligem Sound macht sich das bemerkbar.

Qualitätsverlust: Das in jeder Aufnahme vorhandene Hintergrundrauschen addiert sich bei der Wiedergabe vieler Hallfahnen zu auffälligen und störenden Lautstärken auf. Eng mit dem Wet Recording verbunden ist daher die Notwendigkeit, dieses Rauschen mit einem Denoising-Verfahren zu reduzieren. Diese Verfahren arbeiten in der Regel mit Statistiken und machen somit beim Trennen von Rauschen und Nutzsignal sogenannte Fehler 1. und 2. Art: Einerseits wird ein Teil des Rauschens übersehen, während andererseits Details des Pfeifenklanges mit dem Rauschen verwechselt und entfernt werden. Daher geht man bei deren Verwendung einen Kompromiss zwischen Rauschunterdrückung und dem Verlust von Klangdetails ein. Kleiner Exkurs: Vor ca. 14 Jahren habe ich ein Denoisingverfahren (bekannt als MLP-Denoising) entwickelt, das Wissen über die Eigenschaften des Orgelklanges nutzt, um ein statistisches Denoisingverfahren ‚intelligent‘ zu machen und kontextsensitiv zu steuern, wodurch eine in der Wahrnehmung starke Rauschunterdrückung bei gleichzeitig weitgehendem Erhalt der Klangdetails möglich wurde. Das brachte hörbare Verbesserungen. Die ideale Lösung wäre aber natürlich, gar kein Denoising mehr zu benötigen.

Unflexibel: Nachträgliche klangliche Eingriffe (z.B. Tonhöhenänderungen) sind problematisch, weil Pfeifenton und Hall stets gleichzeitig bearbeitet werden. Beispiel: Pitcht man die Pfeife höher oder tiefer, wird der gesampelte Hall kürzer oder länger. Das ist z.B. dann eine Einschränkung, wenn man per CODM („Custom Organ Design Module“) eigene Dispositionen oder Kombinationsorgeln zusammenstellen möchte.

Ein weiteres Problem des Wet Recordings sind unecht klingende modellierte Tremulanten: In der Realität wirkt der Tremulant auf den Wind der Orgel ein und dieser dann auf die Pfeife. Erst jetzt erzeugt der Raum dazu den passenden Hall. Das sind drei Kausalitätsbeziehungen in einer festen Reihenfolge. Gegen diese physikalische Realität verstößt man, wenn man auf verhallte Samples nachträglich Tremolo-Effekte aufrechnet. Der resultierende unecht wirkende Klang wurde vielfach als Schwachstelle im Hauptwerk-Gesamtklang wahrgenommen. Wie

auch bei den Spielartefakten wurde dies jedoch nie substantiell angegangen, sondern mit einem weiteren Workaround gelöst: Gesampelte Tremulanten. Hier passen Tremolo und Hall exakt zum aufgenommenen Ton und dem Verhalten des Tremulanten während der Aufnahme, was auf den ersten Blick einen guten Eindruck macht. Aber die Hinzunahme eines weiteren Faktors in unsere Klangerzeugungs-Kausalitätskette, nämlich die Wirkung des Tremulanten auf die Pfeife, verschärft leider die bereits bekannten Nachteile des Wet Recordings (Beispiel: Ein klanglich hochwertiges Denoising eines Samples mit Tremolo-Effekt und womöglich noch dem Laufgeräusch des Tremulanten ist praktisch ein Ding der Unmöglichkeit) und fügt eine weitere Dimension hinzu: Tremulanten tendieren zu Gleichlaufschwankungen und Fluktuationen in ihrer Wirkung. Daher ist es beim mehrstimmigen Spielen längerer Töne wahrscheinlich, dass der gesampelte Tremolo-Effekt dephasiert, d.h. der Tremulant eilt bei manchen Samples voraus und läuft bei anderen hinterher. Und natürlich ist keine Echtzeitregelung der Eigenschaften des Tremulanten wie z.B. dessen Frequenz und Stärke möglich.

Einen ganz anders verorteten aber m.E. nicht unwichtigen Aspekt gibt es noch, den ich nicht unerwähnt lassen möchte: In den frühen HW-Jahren gab es den Anspruch, mit virtuellen Orgeln die klanglichen Eigenschaften wertvoller Instrumente im Sinne einer Klangdokumentation oder gar eines -archives festzuhalten. Bei einer Dokumentation verfolgt man das Ziel, diejenigen Informationen zu repräsentieren, die zur hinreichend genauen Beschreibung der relevanten Aspekte des zu dokumentierenden Objektes nötig sind. Diese Informationen stecken in den aufgezeichneten Daten (also den Samples) und sollen möglichst gut aus diesen extrahierbar sein. Beim Wet Recording haben wir hier de facto von Anfang an verloren, denn die im Pfeifenklang enthaltenen Informationen sind durch die Raumantwort regelrecht „verschmiert und zugedeckt“ und somit schlecht zugänglich. Eine saubere Informationsextraktion würde hier das hinreichend präzise Lösen sogenannter Inverser Probleme wie z.B. Hallentfernung (Deconvolution) erfordern – ein beschwerlicher Weg, den man nur beschreiten sollte, wenn es gar nicht anders geht. Somit ist Wet Recording kein geeigneter Ansatz für Klangdokumentationen oder -archive.

Der Dry+IR-Ansatz – das Allheilmittel?

Steckt die Sample Set-Produktion mit dem Wet Recording methodisch in einer Sackgasse fest? Ich denke ja. Ist das Trennen von Pfeifenklang und Hall, also der **Dry+IR**-Ansatz, eine gute Alternative, weil direkt aus der Betrachtung der natürlichen

physikalischen Gegebenheiten hergeleitet und diese respektierend? Ich denke auch hier ja. Seit HW5 sind durch die nun vorhandene Unterstützung von IR-Faltungshall erfreulicherweise erste Realisierungsmöglichkeiten gegeben (die z.B. beim Anloo 2-Sample Set bereits genutzt werden). Lassen sich damit all die Schwächen des Wet Recordings ‚einfach so‘ und ohne das Auftauchen neuer Herausforderungen überwinden? Nein, mitnichten! Für Sample Set-Produzenten ist der Dry+IR-Ansatz methodisch und in der Durchführung wesentlich anspruchsvoller, wenn dessen Potential ausgeschöpft werden soll. Mit konventionellen Aufnahme- und Produktionstechniken und kommerziell erhältlichen Bearbeitungsverfahren tut man sich hier schwer. Ich hoffe aber, in dieser Hinsicht in Zukunft für die Sample Set-Produktion insgesamt einen hilfreichen Beitrag leisten zu können.

Für die Sample Set-Nutzer sind die Perspektiven ausgesprochen erfreulich: Dry+IR verspricht Steigerungen der Klangqualität und der Natürlichkeit der Spieldynamik in Kombination mit merklich geringeren Systemanforderungen durch effektivere Nutzung der vorhandenen Hardware:

Neue Dry+IR-Sample Sets – die Vorteile aus Nutzersicht

Schauen wir einige wichtige Vorteile des Dry+IR-Ansatzes einmal im Detail an:

Kein Qualitätsverlust mehr durch Denoising: Die trockenen Pfeifensamples können im Idealfall ohne Denoising genutzt werden, wodurch die feinen Klangdetails maximal gut erhalten bleiben. Weniger Bearbeitung -> natürlicherer Klang!

Reduktion des Polyphoniebedarfes und verbessertes Laufzeitverhalten: Beispiel: In Abb. 1 sehen Sie eine Polyphoniebedarfssimulation für einige Takte der berühmten Toccata aus der 5. Symphonie von C. M. Widor. Wir betrachten über die Zeit, wieviele Stimmen (d.h. Stereo-Samplespuren) zur Wiedergabe gebraucht werden. Ergebnis: Der maximale Polyphoniebedarf des „Wet-Sets“ liegt bei knapp 6000 Stimmen(!), während das „Dry-Set“ mit knapp 500 Stimmen zufrieden ist – eine Reduktion um über 90%! Entsprechend reduzieren sich auch der Rechenaufwand für das Echtzeitvoicing und die Windsystem-Simulation. Die freigewordene Rechenleistung kann nun in die IR-Faltung investiert werden, mit dem großen Vorteil, dass hierbei der Ressourcenbedarf nicht von der benötigten Polyphonie abhängt. Das ist eine wichtige Verbesserung des Laufzeitverhaltens!

Reduktion des Speicherbedarfes: Dry+IR-Sample Sets haben wegen des Wegfallens der Hallfahnen und Multi-Release-Samples in den Sampledaten eine höhere Informationsdichte.

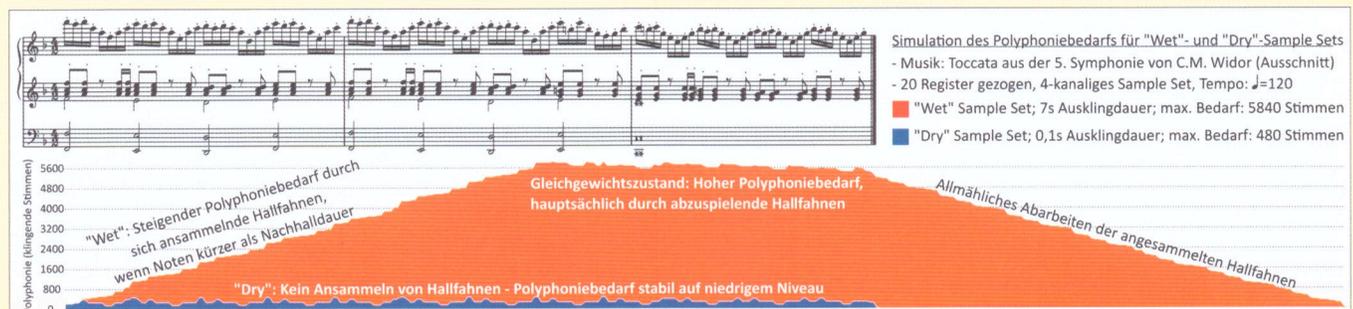


Abb. 1: Polyphoniebedarfssimulationen für ein „wet“- und ein „dry“-Sample Set unter ansonsten gleichen Bedingungen. Bei der gewählten Musik mit hoher Notendichte zeigt sich deutlich, wie sich der Polyphoniebedarf beim „Wet“-Set durch Ansammlung von abzuspielenden Hallfahnen erhöht, während er beim „Dry“-Set stabil auf niedrigem Niveau verbleibt. Der sich beim „Wet“-Set einstellende Gleichgewichtszustand weist einen hohen Polyphoniebedarf auf, der aber größtenteils durch das Abspielen der Hallfahnen zurückliegender, nicht mehr klingender Töne entsteht.

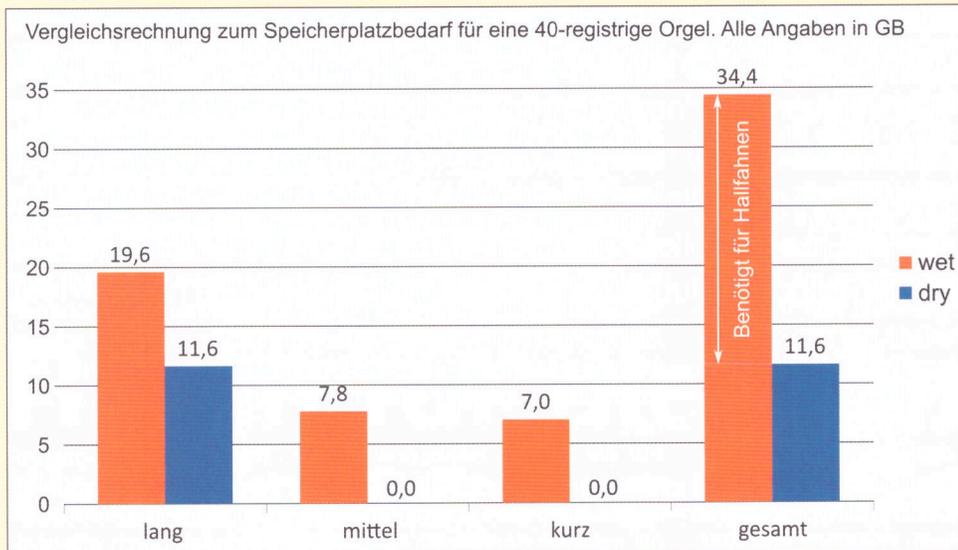


Abb. 2: Speicherplatzbedarfsvergleich „wet“ vs „dry“ (nur Pfeifensamples): Ausgegangen wird von 40 Registern bei 30 Manualregistern (61-tönig) und 10 Pedalregistern (32-tönig), also insgesamt 2150 Tönen zu 10s, 7s Nachhalldauer, 4 Kanälen und 24bit/48kHz Auflösung. Beim „wet“-Set wird von drei Samples (lang, mittel, kurz) ausgegangen. Beim „dry“-Set entfallen beim langen Sample die Hallfahne sowie die Hallfahnenamples für mittlere und kurze Töne komplett. Somit benötigt das „dry“-Set nur ca. 1/3 des Speicherplatzes. Andersherum werden beim „wet“-Set 2/3 des Speicherplatzes für Hallfahnen benötigt. Bei Reduktion auf 2 Kanäle (und Nutzung mehrerer IRs) halbiert sich der Bedarf auf nur noch 5,8GB!

Dadurch lässt sich der Klang einer Orgel nicht nur detailreicher, sondern auch auf deutlich weniger Speicherplatz repräsentieren. In Abb. 2 sehen Sie eine Beispielrechnung, bei der sich eine Speicherplatz-Einsparung von ca. 66% ergibt. In diesem Falle benötigt die Orgel als „Wet-Set“ mehr als 32GB RAM, während sich das „Dry-Set“ mit 16GB zufriedengibt! Erzeugt man den Vierkanalsound komplett mittels IR-Faltung, sinkt der Speicherbedarf für die Pfeifen-Samples gar auf nur noch 5,8GB

– wohlgerneht für 40 Register in voller 24bit/48kHz-Qualität und ohne Kompression!

Potenziell niedrigere Latenzen: Durch die geringere und gleichmäßigere Systemauslastung kann - abhängig von der genutzten Hardware - ein Herabsetzen der Puffergröße des Audio-Interfaces möglich werden, wodurch sich die Latenz reduziert und die Orgel prompter auf Tastendrucke reagiert. Wer den Unterschied zwischen hoher und niedriger Latenz kennt, weiß, wie wohltuend sich das auf das Spielgefühl auswirkt! Abb. 3 zeigt beispielsweise, wie das Anloo 2 Sample-Set auf einem 13 Jahre alten Rechner mit billigem Audio-Interface in voller Qualität und mit niedrigster Latenz gespielt werden kann (mein Büro-PC, mit dem ich gerade diesen Artikel schreibe).

Keine Spielartefakte mehr durch dynamische Hallgenerierung:

Jeder mit dem Sample Set gespielte Ton bekommt nun seinen individuellen Hall-„Maßanzug“, wodurch Spielartefakte erfreulicherweise komplett der Vergangenheit angehören! In Abb. 4 sehen Sie eine Darstellung der drei Methoden der Hallrepräsentation: Single-Release (HW1, veraltet), Multi-Release (HW2-6) und IR-Faltungshall (HW5+6). Die unerwünschten Abweichungen zwischen der Länge eines gespielten Tones und der Klingdauer der gesampelten Pfeife, deren Hallfahne dem

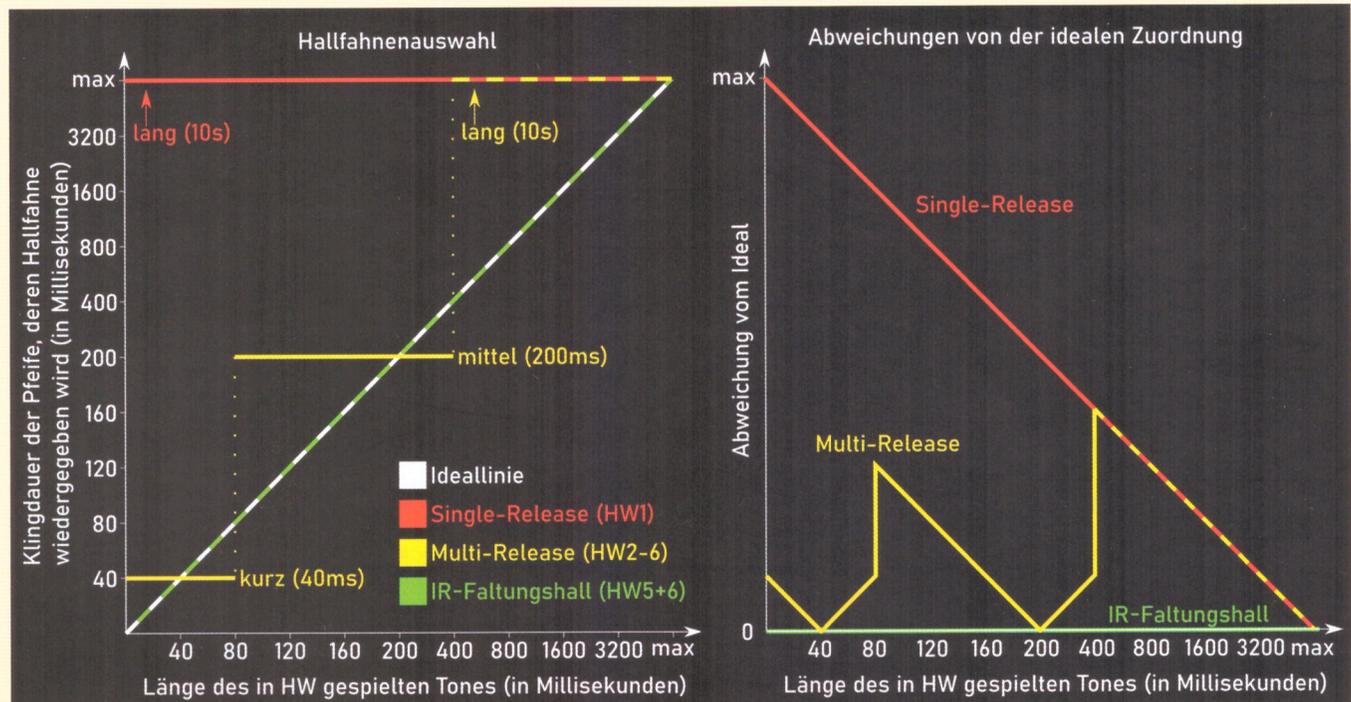


Abb. 4: Hallfahnenauswahl und Qualität der Zuordnung der Hallfahne zum gespielten Ton im Vergleich: Beim inzwischen veralteten Single-Release-Verfahren (HW1) gibt es nur eine Hallfahne, die für alle Tönlängen abgespielt wird. Beim Multi-Release-Verfahren sind es i.d.R. drei. Im Beispiel wurden beim Aufnehmen Klingdauern von 40ms, 200ms und 10s gewählt und diese dann den sich beim Spielen des Sample Sets ergebenden Tönlängen 0-80ms, 80-400ms und >400ms zugeordnet. Beim IR-Faltungshall sind diese beiden Dauern immer identisch, da der Hall exakt passend zum jeweiligen Ton generiert wird. Der qualitative Vergleich zeigt, dass das Multi-Release-Verfahren eine Verbesserung bewirkt. Eine exakte Zuordnung gibt es jedoch nur beim IR-Faltungshall.

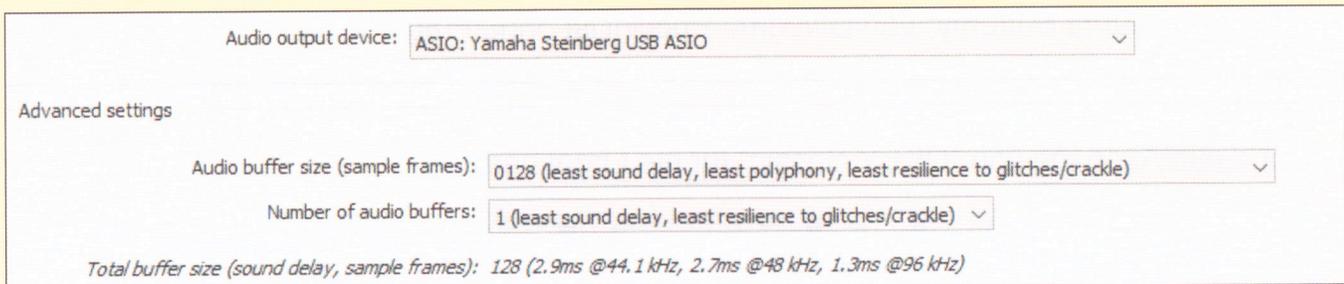


Abb 3: Durch Dry+IR werden auch bei preiswerter Hardware niedrige Latenzen möglich. Beispiel: Das Anloo 2-Sample Set (27 Register, 4 Kanäle über 2 IR-Faltungen) benötigt in voller Auflösung (24bit/48kHz, keine Kompression) gerade mal 4,5GB RAM. Es läuft auf einem 13 Jahre alten Intel i7-920 - PC mit einem billigen Steinberg UR12-Interface (ca. 45 Euro) stabil mit einer Latenz von nur 2,7 Millisekunden! Oben zu sehen: Die zugehörige Konfiguration in Hauptwerk 5.

gespielten Ton zugeordnet wird, werden durch das Multi-Release-Verfahren reduziert. Bei IR-Faltungshall entfallen sie jedoch vollständig, weil der Hall für jeden gespielten Ton exakt passend berechnet wird.

Natürlicher klingende modellierte Tremulanten: Durch IR-Faltungshall wird es möglich, im Rechner die in der Realität vorhandene Kausalitätskette Tremulant -> Pfeifenklang -> Raumantwort in der physikalisch richtigen Reihenfolge nachzuvollziehen, wodurch bei modellierten Tremulanten die klangliche Fülle und Lebendigkeit entstehen kann, die dem Tremolo-Effekt seine Attraktivität verleiht. Abb. 5 zeigt mit Hilfe von Spektrogrammen (Erklärung s. 1. Teil dieser Serie) den gravierenden Unterschied, den dies ausmacht.

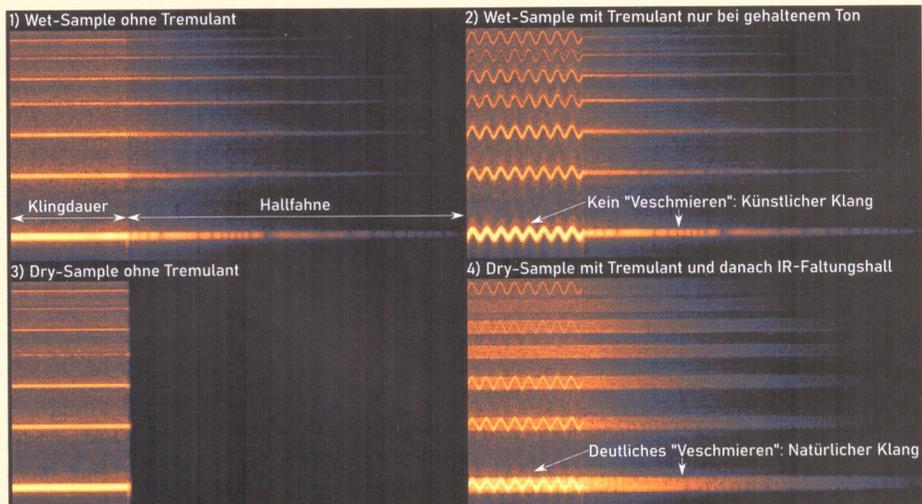


Abb. 5: Modellierte Tremulanten haben nur mit IR-Faltungshall eine Chance, natürlich klingen zu können. Zu sehen sind in 1) und 3) Spektrogramme von „wet“ bzw. „dry“ aufgenommenen Pfeifensamples sowie in 2) und 4) Ergebnisse nach dem Aufrechnen des Tremoloeffektes, wobei der IR-Faltungshall in 4) zum physikalisch richtigen Zeitpunkt hinzugefügt wurde, nämlich nach der Modulation der Pfeife durch den Tremulanten. Das für die Natürlichkeit und Ausdrucksstärke des Tremoloeffektes wichtige „Verschmieren“ des Halles ist bei 4) sowohl während der Klingdauer des Tones als auch in der Hallfahne deutlich zu sehen, während es bei 2) komplett fehlt!

Zusammenfassung

Momentan basieren fast alle Sample-Sets auf dem Wet-Recording-Verfahren und dessen Verbesserungen, die im Laufe der Jahre eingeführt wurden. Es hat sich jedoch gezeigt, dass es eine Reihe von Nachteilen gibt, die sich im Rahmen des Wet Recordings nicht bewältigen lassen. Erfreulicherweise lassen sie sich aber mit dem neuen Dry+IR-Ansatz gut angehen. Dabei entsteht zwar ein methodischer und technischer Mehraufwand in der Sample Set-Produktion, auf der anderen Seite ergeben sich jedoch aus Nutzersicht attraktive Vorteile:

Verbesserung der Klangqualität und Natürlichkeit bei gleichzeitig geringeren Systemanforderungen!
Im abschließenden dritten und letzten Teil dieser Serie werden wir untersuchen, welche Möglichkeiten es mit HW4, 5 und 6 basic und advanced gibt, IR-Faltungshall einzusetzen, wie man dabei bestmögliche Ergebnisse erzielt und wie eine noch bessere Unterstützung der IR-Faltungshall-Technologie in zukünftigen HW-Versionen aussehen könnte.

Gernot Wurst

Traditionell
Modern
CX

eminent
Sakralorgeln

Eminent Generalvertrieb D/A:
Sonnenstr. 15 • 80331 München
Tel.: 089/55146-144
www.eminent-orgeln.de

© artfocus / fotolia.com

Wir führen Kirchen- und Hausorgeln mit digitaler Klangtechnik der Firmen JOHANNUS, MONARKE, CONTENT, VISCONTI und EMINENT.

Seit über 40 Jahren

FOERG

ORGELHAUS

D-88317 Aichstetten-Altmanthofen
Tel. 07565-7138 • www.orgelhaus-foerg.de
Info-E-Mail: info@musikhaus-foerg.de
Autobahn A96 Memmingen-Lindau



Im ersten Teil unseres Faltungshall-Dreiteilers haben wir gesehen, dass man Original-Raumakustiken mittels Impulsantworten (IRs) abbilden und im Rechner mittels Faltung zur exakten Erzeugung dieses Originalhalles nutzen kann. Im zweiten Teil wurde dargestellt, wie damit die Probleme des Wet-Recording-Ansatzes (Aufnahme der Pfeifklänge mitsamt Hall) gelöst werden können. Ergebnis: Bessere Klangqualität und -lebendigkeit, stabileres Laufzeitverhalten mit oft niedrigeren Latenzen sowie Reduktion der Kosten bei der Anschaffung von Hardware. Wie sieht es aber nun in der Praxis aus – wie ist der ‚State of the Art‘? Inwieweit komme ich als HW-Nutzer bereits jetzt in den Genuss dieses neuen Qualitätsniveaus, und welches Basiswissen kann mir dabei helfen, IR-Faltungshall optimal einzusetzen? Damit beschäftigt sich dieser dritte Teil.

Raum für die Königin

Der wirkungsvolle Einsatz von IR-Faltungshall in Hauptwerk (Teil 3)

IR Faltungshall in Hauptwerk: Rückblick und Status Quo

Spätsommer 2008, Magnuskerk Anloo in der niederländischen Provinz Drenthe, unweit des Wattenmeers: Tief in der Nacht brennt noch Licht in der geschichtsträchtigen Backsteinkirche mit der weithin bekannten Radeker&Garrels-Orgel von 1719. Ein orgelbegeisterter junger Mann, frisch von der Uni, und seine ebenso frisch angetraute Frau verfolgen ein ehrgeiziges Ziel: Das erste Sample Set eines neuen Typs soll entstehen. Für die knapp 5 Jahre junge HW-Software stand nämlich

ein substantielles Funktionsupdate im Raum: IR-Faltungshall! Man muss dazu wissen, dass letzterer zu dieser Zeit im Tonstudiobereich, z.B. in Form des berühmte Waves IR-1-Plugins mit den von Prof. Angelo Farina in Dokumentationsqualität* aufgenommenen Impulsantworten, bereits etablierter Standard und als beste Reproduktionsmöglichkeit für Original-Raumakustiken anerkannt war. So war die Begeisterung groß: Ein Evolutionsprung der Virtuellen Orgel stand offenbar kurz bevor! Begeistert bot der besagte junge Mann kostenlos eine Software-Toolbox zur Produktion von Impulsantworten speziell für die Virtuelle Orgel nach der o.g. Farina-Methode zum Download an, inklusi-

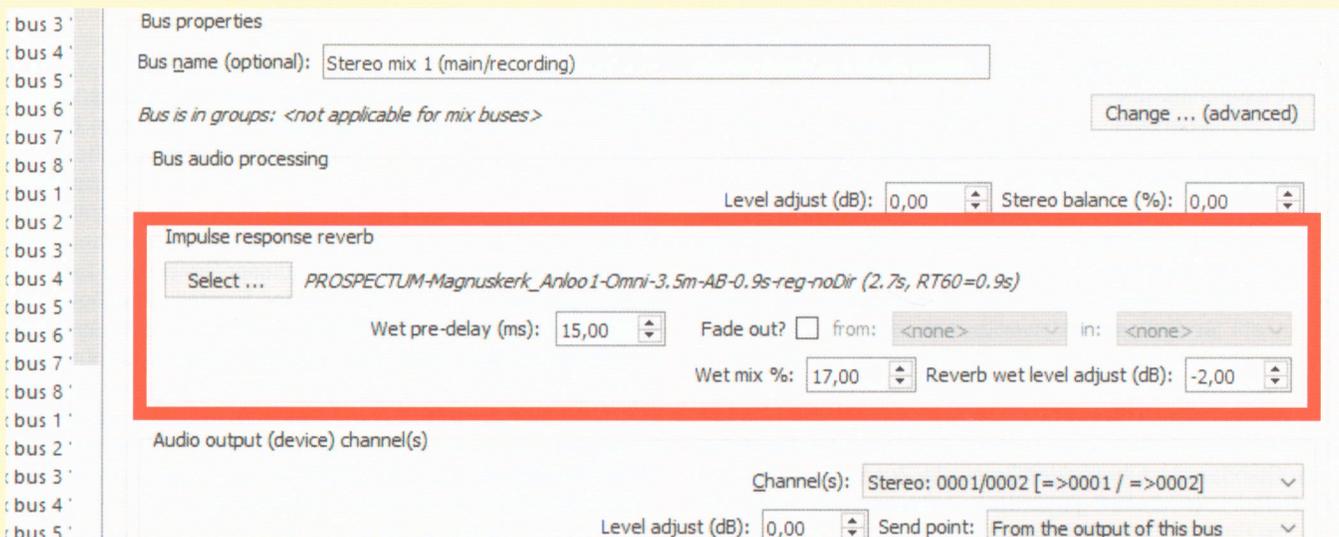


Abb. 1: Bei HW5 und HW6 Advanced findet sich der IR-Faltungshall im HW Audio Mixer, zu dem man über die Menüpunkte General Settings>Audio Mixer (for adding reverb,...) gelangt. Die Bedienoberfläche wirkt noch etwas unausgereift - hier ist in künftigen Versionen auf Verbesserung der Ergonomie und des Funktionsumfangs zu hoffen. Insbesondere fehlt noch die Möglichkeit, den Primäripuls und die Erstreflexionen entfernen oder abschwächen zu können. Die vorhandenen Funktionen: Select: Auswahl der IR; Wet pre-delay: Verzögern der IR um eine anzugebende Zeitdauer; Fade out?: Bietet die Möglichkeit, die IR ab einem wählbaren Zeitpunkt und mit einer wählbaren Nachklingdauer auszublenden; Wet mix %: Steuert das Verhältnis von ungefaltetem ('dry') und gefaltetem ('wet') Signal. 0% entspricht einem vollständig ungefalteten, 100% dagegen einem vollständig gefalteten Signal; Reverb wet level adjust (db): Ermöglicht die Anpassung der Lautstärke des gefalteten Signals.

ve Generator für die Meßsignale (s. Teil 1 dieser Serie) und Faltungsendine zur Entfaltung der Aufnahmen.

Doch die Vorfreude war verfrüht – bei der Entwicklung von HW rückten andere Aspekte in den Vordergrund, und bis zur Unterstützung von IR-Faltungshall sollte es noch lange dauern. So erschien das Anloo-Sample Set 2009 in der Version 1.0 ohne den erhofften IR-Faltungshall. Es wurde zwar bereits eine IR der Magnuskerk mitgeliefert, doch wussten seinerzeit nur wenige technisch versierte Nutzer etwas damit anzufangen.

Mit HW5 kam 2019 endlich die ersehnte integrierte Faltungsendine. Wieder war die Vorfreude groß: Können nun Sample Sets endlich so produziert und spezifiziert werden, wie es aus methodischer Sicht nahe liegt? Leider wieder nicht ganz: HW5 (und HW6) bieten in den Orgeldefinitionsdateien (ODF) keine Möglichkeit, die zur Orgel gehörenden Impulsantworten und deren Interaktion mit den Pfeifen zu spezifizieren

Die Faltungsendine ist nicht orgelspezifisch, d.h. zur Repräsentation eines großen dreidimensionalen Klangkörpers konzipiert, sondern erinnert an eines der vielen Plugins, die es für die Musikproduktion gibt. Die Faltungsendine ist in den HW Audio Mixer mit seiner für die meisten Nutzer wohl etwas abschreckenden Benutzeroberfläche (siehe Abbildung 1 auf der Vorseite) integriert. Die zielführende Bedienung über die Parameter Wet pre-delay, Fade out, Wet mix und Reverb wet level adjust erfordert eine Einarbeitung.

Die mitgelieferten IRs gehören naheliegenderweise nicht zu den genutzten Sample Sets bzw. den Kirchen, in denen die entsprechenden Orgeln stehen. Es sind willkürlich ausgewählte IRs, und teilweise offenbar auch synthetisch erzeugt (also gar nicht in echten Räumen aufgenommen). Das hat natürlich nicht mehr viel mit dem Ansatz, Original-Raumakustiken einfangen und überzeugend repräsentieren zu wollen, zu tun.

Schließlich wird die Faltungsendine als Advanced-Feature bisher nur den Nutzern der teureren HW-Version zugänglich gemacht. Anmerkung: Das kostenlose GrandOrgue bietet schon seit vielen Jahren eine einfache Faltungsendine.

In Sachen Weiterentwicklung wäre also noch großes Potential vorhanden. Dennoch kann man bei geschicktem Einsatz auch mit den bereits jetzt vorhandenen Mitteln zu überraschend guten Ergebnissen kommen! So konnte 2020 endlich das Anloo-Sample Set in der Version 2.0 so veröffentlicht werden, wie es 12 Jahre zuvor konzipiert worden war. Das Feedback von Nutzern, die über HW5/6 Advanced verfügen und im Idealfall auch die Konfigurationsempfehlungen im Begleit-PDF gelesen haben,

fällt erfreulich positiv aus. Allerdings gibt es hin und wieder Anfragen von HW4- und HW5/6 Basic-Nutzern, ob bzw. wie sie IR-Faltungshall trotz in ihrer Version nicht vorhandener Faltungsendine nutzen können. Und auch das ist meistens mit zusätzlicher Software und ein paar zusätzlichen Handgriffen möglich! Im Folgenden soll das für alle HW-Nutzer wichtige Basiswissen zum Umgang mit Impulsantworten vermittelt werden, gefolgt von speziellen Tipps für die verschiedenen HW-Versionen.

**Siehe: Farina, A. und Ayalon, R.: „Recording Concert Hall Acoustics For Posterity“, <http://pcfarina.eng.unipr.it/Public/Papers/185-AES24.PDF>*

Basiswissen zum Umgang mit IR-Faltungshall in Hauptwerk

In Teil 1 dieser Serie haben wir gesehen, dass IRs aus drei Bestandteilen zusammensetzt sind (nochmals dargestellt in Abbildung 2 unten):

- Der Primärimpuls, der dem Direktschall entspricht und dem Hörer Informationen über die Position der Schallquelle vermittelt.
- Die Erstreflexionen, die Informationen über die Raumgeometrie liefern.
- Die diffuse Hallfahne, die über ihre Länge und die frequenzabhängigen Nachklingdauern Informationen über die Größe des Hallraumes und die Materialien liefert, aus denen dieser besteht.

Auf der anderen Seite wurden fast alle Sample Sets mit dem Wet-Recording-Ansatz produziert, so dass deren Samples bereits vor Ort und zum Aufnahmezeitpunkt durch die natürliche Hallentstehung mit den IRs der jeweiligen Kirchen gefaltet wurden. In diesen Samples stecken also bereits Primäripulse, Erstreflexionen und diffuse Hallfahnen mit ihren jeweiligen Informationen, wobei sich all diese Bestandteile praktisch untrennbar überlagern. Wenn wir jetzt - wie es wohl beim Versuch, sich intuitiv den Funktionen der HW-Faltungsendine zu nähern, geschehen dürfte - ein solches Sample Set mit einer weiteren IR zu falten versuchen, erhalten wir ein Ergebnis, in dem Primäripuls, Erstreflexionen und Hallfahne der bereits verhaltenen Samples mit denen der Impulsantwort gefaltet werden. So kann sich als Resultat ein eher unschönes Durcheinander von widersprüchlichen Positions- und Raumgeometrieinformationen ergeben.

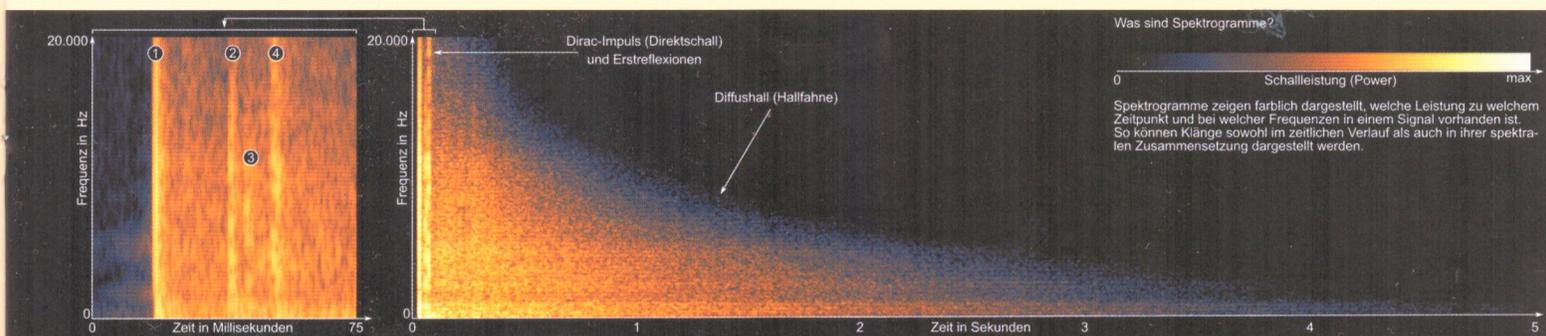


Abb. 2: In der Spektrogrammdarstellung sind die drei wesentlichen Bestandteile einer IR gut zu erkennen: Der Primärimpuls (entspricht dem Direktschall), die Erstreflexionen und der Diffushall (Hallfahne).

Links: Zoom in die ersten 75 Millisekunden mit (1) dem Primärimpuls und (2)(3)(4) den Erstreflexionen an den Seitenwänden und der Decke. Rechts: Darstellung der gesamten Impulsantwort. Man sieht, dass sich der Primärimpuls und die Erstreflexionen, die dem Gehör die Informationen zur Lokalisation der Schallquelle und zur Raumgeometrie liefern, am Anfang der IR befinden. Beim nochmaligen Verhallen eines bereits mit Hall aufgenommenen Sample Sets, das ja in den Samples bereits eigene Lokalisations- und Geometrieinformationen mitbringt, sollten Primäripuls und Erstreflexionen der IR entfernt oder abgeschwächt werden. Ansonsten kann es zu Doppeldeutigkeiten und damit zur Beeinträchtigung des Klangbildes durch widersprüchliche Lokalisations- und Geometrieinformationen kommen.

Daher wollen wir nun differenziert überlegen, wie wir mit den jeweiligen Bestandteilen der Raumakustik umgehen können, um ein stimmiges Klangbild zu erzielen. Es liegt nahe, sich dabei zunächst an der Original-Raumakustik der Kirche zu orientieren, in der die jeweilige Orgel steht. Im Anschluss spricht natürlich nichts gegen ein etwas kreativeres Herangehen, bei dem man z.B. die Nachhalldauer bewusst verändert oder zusätzliche Hallkanäle für ein Mehrkanal-Wiedergabesystem generiert.

Um festzulegen, welche der akustischen Informationen (Lokalisation der Schallquelle, Raumgeometrie, Hallgröße und -charakter) wir unserem Gehör zu welchem Zeitpunkt liefern wollen, stehen uns als Instrumentarium zur Verfügung:

- Leisermachen bzw. Wegnehmen von zugänglichen, d.h. zeitlich isolierten, Informationen: Insbesondere sind das die Hallfahnen der Samples und die Anfänge (Primärimpuls und Erstreflexionen) sowie die Hallfahne der IRs.
- Verzögern der IR: Gibt dem Hörer Zeit, zuvor kommende Informationen ungestört aufzunehmen und zu verarbeiten. Eine Verzögerung um 10-40ms kann viel zu einem transparenten Gesamtklang beitragen.

Für das Kürzen der Sample-Hallfahnen bietet HW erfreulicherweise in allen gängigen Versionen die Release sample truncation - Funktion. Lädt man eine Orgel über Organ>Load organ, adjusting rank audio memory options, so kann man die Klingdauer der Hallfahnen zwischen 120ms und 5s einstellen. Wollen wir die in den Samples vorhandenen Erstreflexionen zum Release-Zeitpunkt erhalten, aber die Hallfahne danach abschneiden, so sind die kurzen Ausklingdauern (ganz grob im Bereich 120-250ms) ein gute Wahl: Bereits 120ms Verzögerung entsprechen einem Schallweg von über 70 Metern – im Normalfall kann man davon ausgehen, dass die Erstreflexionen an Wänden, Decke, Boden, Emporenrückseite usw. bereits zu einem früheren Zeitpunkt die Position des aufnehmenden Mikrofons erreicht haben.

Anmerkung: Wir können so natürlich nur den Teil des Diffus-halls entfernen, den wir nach dem Loslassen der Taste hören, nicht aber den Teil, der zuvor im klingenden Ton enthalten war. Verhallen wir dieses Sample nun erneut, so kann die Kombination der beiden Hallfahnen zur Verstärkung oder Abschwächung einzelner Obertöne führen, weshalb für ein optimales Ergebnis bei Bedarf etwas nachintoniert werden sollte.

Möchte man die Hallfahne einer IR kürzen, bieten HW5/6 Advanced dafür die Fade out?-Funktion, mit der man auf Wunsch Zeitpunkt und Länge der Ausblenddauer festlegen kann. Leider sind beide Parameter etwas kryptisch als prozentuale Anteile der RT60-Nachhallzeit definiert – das ist die Zeitdauer, innerhalb derer die Maximalamplitude der IR um 60db abgefallen ist. Hier wäre eine Benutzeroberfläche mit intuitiv verständlicher Visualisierung und Bedienung sicher die bessere Lösung.

Die m.E. besonders wichtige Möglichkeit, zur Vermeidung des oben erwähnten akustischen Informationswirrwarrs den Primärimpuls und die Erstreflexionen der IRs anpassen zu können, bietet HW leider bisher nicht. IR-Hersteller müssen stattdessen in einer mitgelieferten XML-Datei über den Parameter IncludesDirectPath spezifizieren, ob die IR den Primärimpuls enthält. Gefällt einem eine bestimmte IR mit Primärimpuls besonders gut und möchte man diese in Kombination mit einem bereits verhaltenen Sample Set nutzen, empfiehlt es sich im Bedarfsfall, falls möglich, diese selbst zu editieren (s.u.) oder bei verschlüsselten Dateien den Hersteller um eine Version ohne Primärimpuls und Erstreflexionen zu bitten, so dass der Diffus-

hall möglichst problemlos über die bereits „nassen“ Samples gelegt und dem gegebenen Klang des Sample Sets beigemischt werden kann.

Für das Verzögern der IR gibt es eine sowohl in HW als auch in praktisch allen Hallplugins vorhandene Verzögerungsfunktion, in HW als Wet pre-delay bezeichnet.

Für Fortgeschrittene: Impulsantworten selbst editieren

HW nutzt für die IRs ein vierkanaliges WAV-Dateiformat, das auf den Namen True Stereo IR hört und seit nun bald 20 Jahren der Standard für Stereo-IRs ist. Es geht von zwei Schallquellenpositionen (L für links und R für rechts) und zwei Mikrofonpositionen (wiederum L und R) aus, woraus sich vier Kombinationen (LL, LR, RL und RR) ergeben, deren zugehörige Einzel-IRs in jeweils einer Audiospur gespeichert sind.

Solche Mehrspurdateien lassen sich recht angenehm mit dem kostenlosen Programm **ocenaudio** (<https://www.ocenaudio.com>) editieren, das auch über die für IRs so wichtige Spektrogramm-Ansicht verfügt. Das Hauptanwendungsszenario wäre das Entfernen der Primärimpulse und das Entfernen bzw. Abschwächen der Erstreflexionen am Anfang der Impulsantwort. Man nimmt dazu im Falle von für HW produzierten Impulsantworten die 96kHz-Version und konvertiert das Ergebnis dann nach dem Editieren einmal nach 48kHz und einmal nach 44,1kHz, denn HW verlangt redundante Versionen der IR in diesen drei Sample-rates.

Möchte man solche editierten IRs anschließend wieder in HW nutzen, ist es empfehlenswert, Sicherheitskopien der Originaldateien zu erstellen und diese dann (die langen Dateinamen mit den Unique IDs müssen unverändert bleiben!) durch die editierten Versionen zu ersetzen.

IR-Faltungshall in Hauptwerk 5/6 Advanced bestmöglich einsetzen

Die HW-Faltungsenge versteckt sich im Audio Mixer, zu dem man über die Menüpunkte General Settings>Audio Mixer (for adding reverb,...) gelangt. In Abbildung 1 werden die einzelnen Funktionen gezeigt und beschrieben. Die IRs selbst nebst der zu ihrem sinnvollen Gebrauch wichtigen Metadaten finden sich im Verzeichnis ImpulseResponseReverbs (...\\Hauptwerk\\HauptwerkSampleSetsAndComponents\\ImpulseResponseReverbs). Dabei gehören immer vier Dateien zusammen: Drei WAV- bzw. HBW-Dateien, die die True Stereo-IR in den drei geforderten Samplerates enthalten, und die Beschreibungsdatei mit der langen Dateiendung ImpulseResponseReverbDefinition_Hauptwerk_xml. Öffnet man diese mit einem Texteditor wie z.B. Notepad++ (kostenlos, <https://notepad-plus-plus.org/downloads/>), so bekommt man die relevanten Informationen zur IR angezeigt. Es wäre wünschenswert, diese in einer künftigen Version auch direkt in HW sehen zu können.

Die für die Nutzung der IR in Kombination mit einer Wet Recording-Sample Set wichtigste Information findet sich unter <IncludesDirectPath>. Ist hier ein ‚N‘ eingetragen, so wurde der Primärimpuls aus der IR entfernt, bei ‚Y‘ ist er vorhanden. Leider sagt IncludesDirectPath nichts über das Vorhandensein von Erstreflexionen und deren Dauer aus. Hier wären zusätzliche Angaben hilfreich.

Für das Nachverhalten eines Wet Recording-Sample Sets empfiehlt sich folgende Vorgehensweise: Kürzen Sie die Hallfahnen des Sample Sets mit der Release Sample truncation-Funktion

(Organ>Load organ, adjusting rank audio memory options> Release Sample truncation) auf 120-250ms und laden Sie das Sample Set. Wählen Sie eine IR ohne Primärimpuls oder – falls möglich – entfernen Sie den Primärimpuls und evtl. auch die Erstreflexionen mit einem Editor wie ocaudio, oder bitten Sie den Hersteller der IR um eine Version ohne Primärimpuls (in HW als Direct Path bezeichnet)

Wenn Sie mehrere Ausgabekanalpaare verwenden wollen, aktivieren sie im Audio Mixer bitte zunächst nur das Kanalpaar, an dem gerade gearbeitet werden soll. Die Feinabstimmung der Kanalpaare zueinander kann bei Bedarf später erfolgen.

Wählen Sie im Audio Mixer – natürlich für das richtige Kanalpaar – unter Impulse response reverb>Select... die gewünschte IR aus. HW trägt dabei automatisch für die Konfigurationsparameter die vom IR-Hersteller vorgesehenen Standardwerte ein. Spielen Sie ein paar Takte, hören Sie sich das Ergebnis an und versuchen Sie bereits jetzt zu benennen, was Ihnen daran gut gefällt und was noch nicht. Wechseln Sie bei der Wet mix-Einstellung zwischen 0% und 100%, spielen Sie dabei jeweils ein paar Töne und achten Sie dabei

auf, ob das unverhallte und das verhallte Signal lautstärkemäßig in einem ausgewogenen Verhältnis zueinander stehen (der Hall sollte maximal gleich laut sein wie das unverhallte Signal). Bei Bedarf kann dieses über Reverb wet level adjust eingestellt werden.

Wählen Sie nun für Wet mix einen Wert, der die gewünschte Hallmenge liefert.

Experimentieren Sie mit dem Parameter Wet pre-delay, um die gewünschte klangliche Transparenz zu bekommen. Werte zwischen 10 und 40 ms sind erfahrungsgemäß eine gute Wahl. Wenn standardmäßig bereits ein Predelay vorgegeben ist, lohnt es sich tendenziell eher, dieses zu erhöhen als zu reduzieren. Empfehlung für Mehrkanalsysteme: Für frontale Stereopaare, die einen direkten Klang liefern sollen, empfiehlt sich beim Nachverhalten ein sparsamer Einsatz des Halles. Hier gilt in der Regel das Prinzip ‚weniger ist mehr‘. In der Regel sind hier Wet mix-Einstellungen von 5%-30% eine gute Wahl. Rückwärtige Stereopaare, die dagegen i.d.R. nur Diffushall wiedergeben sollen, können durchaus auf 100% eingestellt und mit längeren Predelays versehen werden, dabei aber auch insgesamt ca. 6-12db leiser als die Front-Lautsprecher sein.

IR-Faltungshall in Hauptwerk 4 und 5/6 Basic bestmöglich einsetzen

Auch mit HW4 und HW5/6 Basic, die ja allesamt leider nicht über eine integrierte Faltungseingine verfügen, ist das nachträgliche Hinzufügen von IR-Faltungshall möglich, und zwar in Kombination mit zusätzlicher Software. Eine schematische Darstellung der dabei beteiligten Komponenten und der Signalfüsse sehen Sie in Abbildung 3 oben. Die zusätzliche Software hat dabei üblicherweise zwei Bestandteile:

- Ein kleines, nicht alleine lauffähiges Programm, das die IR laden kann und die Faltungseingine enthält - das **Plugin**. Der gebräuchlichste Standard für solche Plugins heißt **VST**, eine Abkürzung für Virtual Studio Technology.

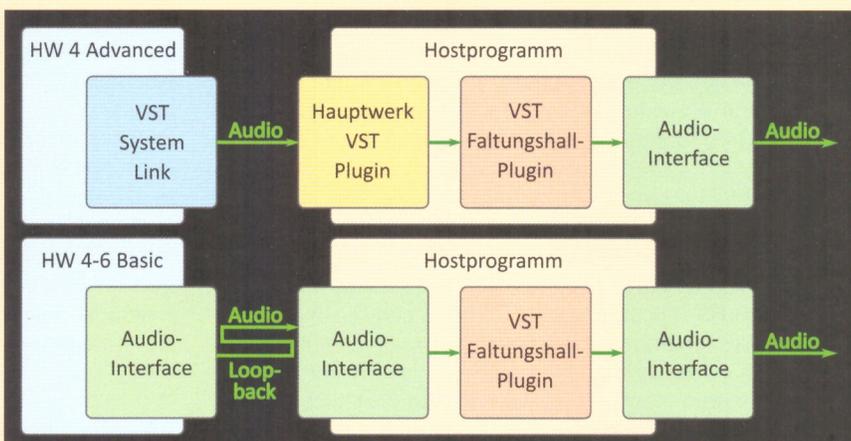


Abb. 3: Möglichkeiten der Nachverhallung für HW4 Advanced und HW 4-6 Basic: Benötigt werden jeweils ein Faltungshall-Plugin und zusätzlich ein sogenanntes Hostprogramm wie z.B. Cantabile, in dem das Plugin genutzt werden kann. Der Unterschied zwischen HW4 Advanced und HW4-6 Basic liegt dabei in dem bei HW4 Advanced mitgelieferten VST-Plugin, mit dem eine direkte Verbindung zwischen HW und dem Hostprogramm zur Übertragung der Audiodaten aufgebaut wird. Bei HW4-6 kann diese Verbindung - falls das verwendete Audio Interface dies unterstützt - mit dem sog. Loopback-Verfahren hergestellt werden. Dabei kopiert das Audio Interface Ausgangssignale und schickt diese Kopien zurück an Eingangskanäle, wo sie dann vom Hostprogramm abgenommen, verhallt und dann wieder über das Audio Interface ausgegeben werden. Bei einem Mehrkanalinterface ohne interne Loopbackfunktion kann das Loopback auch physisch über die Verbindung mit Kabeln realisiert werden. VST steht für Virtual Studio Technology. VST und VST System Link sind Entwicklungen der Steinberg Media Technologies GmbH.

- Ein **Hostprogramm** (engl. ‚host‘: Gastgeber, Wirt), das die für das Plugin nötige Infrastruktur bietet. Das bedeutet vor allem, dass der Host sich um den Signalfluss kümmert, also die Eingänge des Plugins mit dem unverhallten Signal befüllt und das an dessen Ausgängen anfallende verhallte Signal zur Ausgabe an das Audio-Interface weiterleitet.

Dabei gibt es zwei wesentliche Unterschiede:

- Bei HW4 Advanced gelangt dessen Ausgangssignal durch das mitgelieferte Hauptwerk VST-Plugin, also über ein zweites Plugin, in das Hostprogramm. Bei HW4-6 Basic dagegen geschieht dies mit Hilfe des sogenannten Loopback-Verfahrens über das Audio Interface. Loopback bedeutet, dass das von HW an die Ausgänge des Audio Interfaces abgegebene Signal an dessen Eingänge kopiert und so wieder in dieses zurück eingespeist wird.
- Die Art des Loopback-Verfahrens, in Abhängigkeit vom Audio Interface: Die meisten Audio Interfaces unterstützen internes Loopback, d.h., man kann in dem zugehörigen Konfigurations-

Wir führen Kirchen- und Hausorgeln mit digitaler Klangtechnik der Firmen JOHANNUS, MONARKE, CONTENT, VISCOUNT und EMINENT.

Seit über 40 Jahren

FOERG

ORGELHAUS

D-88317 Aichstetten-Altmanhofen
Tel. 07565-7138 · www.orgelhaus-foerg.de
Info-E-Mail: info@musikhaus-foerg.de
Autobahn A96 Memmingen-Lindau

REPORTAGE IR-Faltungshall

programm einstellen, welche Ausgänge man auf welche Eingänge kopieren möchte. Ist dies nicht der Fall, kann man über das Verbinden der entsprechenden Ausgänge und Eingänge mit Kabeln ein externes Loopback realisieren. Dabei sollte man natürlich darauf achten, Rückkopplungen zu vermeiden!

Als empfehlenswertes Hostprogramm sei hier **Cantabile** (<https://www.cantabilesoftware.com/>) genannt, das es auch in einer kostenlosen Version gibt. Die Anzahl der in Cantabile nutzbaren VST-IR-Faltungsplugins ist groß. Altbewährt und sehr beliebt ist **SIR3** (<https://www.siraudio.tools.com/SIR3.php>), das dank cleverer Programmierung besonders ressourcenschonend ist und sich daher sehr gut mit dem vergleichsweise hungrigen HW kombinieren lässt. Als Beispiel für ein kostenloses, wenn auch etwas ressourcenhungrigeres Faltungspugin sei Convology XT genannt (<https://impulserecord.com/convology-xt>). Eine detaillierte Beschreibung der Vorgehensweise für jeden Einzelfall, also für HW4 Advanced sowie HW4-6 Basic und für Audio-Interfaces mit und ohne internes Loopback würde hier den Rahmen sprengen. Sie finden diese Beschreibungen unter <http://www.vpoinstitute.org/hauptwerk/hw4-5-basic-ir-reverb-guide>.

Für die Einstellung der Plugin-Parameter (Predelay, Wet/Dry-Verhältnis etc.) empfiehlt sich eine Vorgehensweise analog zu der oben bei HW5/6 Advanced beschriebenen. In der Regel benötigen die Plugins die IR im erwähnten True Stereo IR-Format, das z.B. mit ocaudio leicht editiert werden kann.

Zusammenfassung und Ausblick

In dieser dreiteiligen Serie haben wir in Teil 1 zunächst mit Hilfe der sog. Systemtheorie erkundet, warum IR-Faltungshall der Goldstandard für die Reproduktion von Original-Raumakustiken ist: Hall hat die Eigenschaften eines LTI-Systems (Lineares Zeitinvariantes System), und LTI-Systeme sind korrekt und vollständig durch ihre Impulsantwort (IR) definiert. Bis jetzt wurden jedoch fast alle Sample Sets mit der Wet Recording-Methode produziert. In Teil 2 haben wir gesehen, welche Nachteile sich dadurch ergeben: Verlust von Klangdetails durch Denoising, Spielartefakte durch die Reduktion des Halls auf wenige Release-Samples, Wegfall der Möglichkeit, realistisch klingende modellierte Tremulanten realisieren zu können sowie hohe Systemanforderungen im Hinblick auf RAM und

Polyphonie mit entsprechenden Auswirkungen auf die Kosten für einen geeigneten Rechner und das Laufzeitverhalten. Diese Nachteile können durch den Dry+IR-Ansatz überwunden werden.

In Teil 3 haben wir betrachtet, wie es momentan um die Unterstützung des IR-Faltungshallen in HW steht: Sie steckt zwar noch in den Kinderschuhen, aber mit der Integration einer einfachen Faltungsenge in HW5/6 Advanced wurde ein bei wohlüberlegtem Einsatz schon ganz brauchbarer Anfang gemacht. Nutzer der HW-Versionen 4 und 5/6 Basic können die fehlende Faltungsenge durch Kombination von HW mit zusätzlicher Software ersetzen und so zu vergleichbaren Ergebnissen kommen.

Aus methodologischer Sicht empfiehlt sich Dry+IR als Ansatz der Wahl für die qualitätsorientierte Modellierung Virtueller Orgeln. Aus Nutzersicht ergeben sich die genannten Klangqualitäts- und Performancevorteile, während für Hersteller die Sample Set-Produktion etwas anspruchsvoller wird.

Da HW gerade erst anfängt, sich an den mit Dry+IR verbundenen Evolutionssprung der Virtuellen Orgel heranzutasten, ist der Wunschzettel noch lang: Neben den in der Analyse des Status Quo erwähnten großen fünf Punkten wären kurzfristig kleine, unmittelbare Verbesserungen naheliegend: Eine ergonomische Bedienoberfläche für den HW Audio Mixer, intuitiv erfassbare Anzeigen und Kontrollmöglichkeiten für alle wichtigen IR-Parameter (insbesondere Regelmöglichkeiten für Primärimpuls und Erstreflexionen) und – besonders wichtig – IR-Faltungshall-Unterstützung auch in der Basic-Version.

Bis zur vollständigen Dry+IR-Unterstützung sind hybride Brückentechnologien denkbar, wie sie z.B. bei Anloo 2.0 zum Einsatz kamen: Hier stecken der Primärimpuls und die Erstreflexionen in den Samples, während der zugehörige Diffushall durch zwei in Kombination nutzbare IRs der Magnuskerk erzeugt wird. Im Fall der in Vorbereitung befindlichen Wiegleb-Orgel von St. Gumbertus Ansbach kommt ein wesentlich komplexerer Ansatz zur Anwendung, der bereits jetzt in HW 5/6 eine Klangqualität in der Nähe eines echten Dry+IR Sample Sets in Verbindung mit der gewohnten Bedienung wie bei einem konventionellen Wet Recording-Sample Set liefern wird.

Ob nun hybrid oder eines Tages konsequent Dry+IR, eines dürfte sicher sein: Der Virtuellen Orgel stehen große Fortschritte bevor, und das ist enorm spannend!

Gernot Wurst

Viscount: 3 Manuale zum Mitnehmen

Der italienische Hersteller Viscount baut seine erfolgreiche Cantorum-Reihe mit portablen Sakralinstrumenten weiter aus. Nach der Cantorum Duo stellt Viscount jetzt mit der Cantorum Trio auch eine dreimanualige Version vor: eine transportable Orgel mit 46 Registern, 4 Intonationen, 4 Orchesterstimmen, 96 Setzerspeichern, eingebaut in mit gerade mal 90 x 29,5 x 62 cm (B x H x T)



besonders kompaktes und damit reisetaugliches Gehäuse – der Wunschtraum sicher vieler Organist(inn)en. Auch eine 2-Wege Stereolautsprechersystem ist an Bord, so dass die Cantorum Trio auch ohne weitere Peripherie wie externe Lautsprecher betrieben werden kann. Das schon von der Duo-Version bekannte Zubehör wie Schweller, 30-Tastenpedal oder Sitzbank ist natürlich auch für die dreimanualige Version verfügbar. Ein Test folgt voraussichtlich bereits in der kommenden "OKEY classic". www.viscountinstruments.com