

56-Bit oder Klang-Kunst?

Dieter Schuster ©2001

Der Markt für digitale Sakralorgeln ist relativ klein, aber hart umkämpft. Werbestrategen und Verkäufer ziehen deshalb gelegentlich gern im wahrsten Sinne des Wortes „alle Register“, um ihr Produkt, Ihre Technologie in das bestmögliche, eindrucksvollste Licht zu rücken. Dabei kommt dem engagierten Werbe- oder Prospekttexter sowohl die allgemeine Begriffsverwirrung bei der Beschreibung digitaler Datenformate als auch eine vielerorts anzutreffende allgemeine Technikgläubigkeit der Käufer entgegen. Im Dunstkreis diffuser Kundenvorstellungen und des gesunden Halbwissens beauftragter oder selbst ernannter Berater über Bitbreiten und Sampling-Raten lassen sich so manche aus dem Zusammenhang gerissene, unspezifische Leistungsdaten trefflich aufpolieren - oder auch als Qualitätsmerkmale für den „reinsten aller Orgelklänge dank 24-Bit-Technologie“ gebührend herausstellen. Geschickt werden dabei manchmal alte Äpfel mit frisch gepflückten Birnen verglichen - auf daß die Klangkrone des eigenen Erzeugnisses möglichst heller strahle als die der nicht minder kreativen und formulierungsstarken Mitbewerber. Zumindest im Verkaufsprospekt.

Damit kein falscher Eindruck entsteht: Prospektangaben und technische Daten sind selten bis nie frei erfunden. Spricht ein Hersteller z.B. von 16, 18 oder 20-Bit, dann sind sie bestimmt auch vorhanden... - irgendwo. Schön wäre es allerdings auch, genaueres darüber zu erfahren, worauf sich die jeweiligen Angaben konkret beziehen: auf die Sample-Wortbreite, Das Speicherformat, die Auflösung der Wandler, die Bitbreite der Akkumulatoren (das ist der Punkt, an dem die digitalen Signale mehrerer Register zusammengeführt und rechnerisch aufaddiert werden, damit sie über einen gemeinsamen Audiokanal wiedergegeben werden können) oder etwa nur auf das interne Datenformat des Effektprozessors? Spricht ein Autoverkäufer davon, daß sein neuestes Modell „4 Stück hat“, wird jeder aufgeklärte Käufer sofort nachfragen, was denn nun damit gemeint sein mag: 4 Türen, Zylinder, Airbags oder Bremskreisläufe? Nun sind aber Orgelkäufer selten gleichzeitig auch Entwicklungsingenieure im Fachgebiet digitaler Signalverarbeitung. Sie fragen deshalb im Zweifel eher nicht nach, in welchem Bereich der Hardware und zu welchem exakten Zweck 16-, 18-Bit oder noch breitere Datenworte verwendet werden - weswegen unspezifizierte Technik-Schlagworte hier leichter und schneller auf unkritische Akzeptanz stoßen.

Begriffsentwirrung tut not. Transparenz nutzt nicht nur dem Käufer, sondern nicht zuletzt auch der Industrie und dem Handel, denn bei allen vollmundigen Aussagen und Angaben über die verwendete Technik, die der durchschnittliche Kaufinteressent ohnehin kaum seriös einordnen kann, wird allzu leicht das Hauptkriterium für die Wahl des richtigen Instrumentes überdeckt: der hörbare, erlebte Klang (zur Erinnerung: es geht um ein MUSIK-Instrument!). Dies ist deshalb der hoffentlich informative, verständlich dargestellte Versuch, die

Grundzüge der im Orgelbau meistverbreiteten Basistechnologie – der Sampling-Technik - in möglichst einfacher Form zu beschreiben und die Bedeutung von Bits und Bytes im Orgelbau ins rechte Verhältnis zu all den anderen wichtigen klangbestimmenden Kriterien zu setzen, welche erst in der Summe ihrer Eigenschaften die wahre Qualität einer digitalen Orgel ausmachen. Idealerweise wird der investitionslustige Kaufinteressent nach dieser Lektüre nämlich überhaupt nicht mehr auf allgemeine Daten und Aussagen zur Klangerzeugung und -Verarbeitung achten oder sein Wunschinstrument nach dem Motto „je mehr Bit, desto besser“ auswählen, sondern die Bits dort lassen, wo sie am besten schmecken (nämlich im Bierglas) und einzig und allein sein Ohr und Gefühl entscheiden lassen.

Sie finden das ketzerisch? Dann lesen Sie einfach weiter, wir unterhalten uns gern danach noch einmal darüber...

Am Anfang war die Pfeife

Sampling-Technologie (damit haben wir es bei den meisten digitalen Sakralorgeln zu tun) fängt mit Sampeln an. Mit einem - besser mehreren - Mikrofonen, Mischpult und DAT- oder Mehrspur-Recordern bewaffnet, nimmt man hierbei Klangproben einer oder mehrerer Orgeln auf und verstaut sie in digitalisierter Form auf Band oder Festplatte. Hier fällt bereits eine wichtige Vorentscheidung über die Qualität der späteren Reproduktion im fertigen Instrument: ermöglicht das verwendete Aufnahme-Equipment (Mikrofone, Mixer, A/D-Wandler, Recorder) wirklich optimale, professionelle Aufnahmen? Stimmt die Mikrofonierung (Abstand zu den Pfeifen, Aufnahmewinkel, Unterdrückung störender Raumakustik)? Wird in Mono, Stereo- oder Mehrkanaltechnik aufgenommen, welche digitale Wortbreite wird auf das Band oder die Hard Disk geschrieben (meist 16-Bit linear, möglich sind aber auch 20- oder 24-Bit-Recordingformate)? Ist die Aussteuerung der Aufnahmen optimal (jedes durch „unterbelichtete“ Aufnahmen verschenkte Bit verschlechtert den theoretisch möglichen Dynamikumfang und damit das Nutzsignal signifikant)? Wie viele Klangproben (Einzeltöne) pro Register werden für die spätere Weiterverarbeitung im „Sound-Labor“ des Herstellers aufgenommen: alle Einzeltöne eines jeden Registers – oder Samples im Oktav-, Quint oder Terzabstand („fehlende“ Originaltöne werden dann später durch interne Transponierung gewonnen)? Ach ja, da war doch noch etwas: Wie gut ist eigentlich das Original - die Pfeifenorgel, deren entnommene Klangproben ja die spätere Wiedergabequalität des elektronischen Instrumentes ausmachen sollen?

Fragen über Fragen – und dabei ist bisher überhaupt noch keine „Orgel-Hardware“ im Spiel.

Beschneidung – mal ganz anders...

Mit den frisch gezogenen Klangproben des Pfeifenorgel-Originals geht's in das Sound-Labor, wo die vielen einzelnen nacheinander aufgenommenen Pfeifentöne fein säuberlich in Einzeltöne zerschnitten werden. Dies geschieht in der Regel am PC, manchmal in Verbindung mit einem professionellen Sampler, meist aber mit einer Sample-Editor-Software, in der man das Audiomaterial mit Hilfe einer grafischen Benutzeroberfläche am Bildschirm als Wellenform betrachten und bearbeiten kann.

Das aufgenommene Audiomaterial wird hier gesichtet und sortiert. Nicht alle aufgenommenen Pfeifentöne sind zur weiteren Be- und Verarbeitung geeignet, während einer langen Aufnahme-Session – selbst an einer Pfeifenorgel in vorgeblich gutem, bestens gewartetem Zustand - kann man sich gelegentlich schon über die vielen „schlechten“ Pfeifen oder über große, teils sogar krasse Sprünge der Klangcharakteristik zwischen zwei Halbtönen innerhalb eines Registers wundern. Hier heißt es also: die guten ins Töpfchen, die schlechten in den Windows-Papierkorb...

Die Hardware-Ingenieure und der mit spitzem Bleistift hantierende Kalkulator geben ohnehin in engen Grenzen vor, wieviel Speicherplatz die Soundentwickler für die gesamte Disposition des Instrumentes insgesamt zur Verfügung haben - nach deren Geschmack ist es übrigens immer zu wenig. Dennoch müssen sie mit dem Speicherplatz haushalten und mit den vorgegebenen Grenzen der Hardware auskommen. Das geplante und dem Soundentwickler zugestandene Gesamtspeicher-Volumen reicht besonders bei Instrumenten der unteren und mittleren Preisklassen selbst angesichts heutzutage realisierbarer, schwindelerregend großer Speichermengen (zum Beispiel im PC-Bereich) bei weitem nicht aus, jeden einzelnen Ton jedes Registers einer Orgel als eigenes Sample im ROM-Speicher unterzubringen.

Diesem theoretischen Ideal (ein Sample mit „unendlicher“ Länge pro Taste und Register) kann man sich systembedingt selbst heute nur in kleinen Schritten annähern und die Sound-Tüftler müssen sich beim heutigen Stand der Technik mit durchschnittlich 3 bis 5 Original-Samples pro Register bescheiden. Jedes Original-Sample ist damit für eine ganze Tasten-Region (zum Beispiel die Spanne einer Quarte, Sexte oder einer ganzen Oktave) zuständig, innerhalb der beim Spielen dasselbe Sample erklingt – lediglich in Halbtonschritten transponiert. Das ist ungefähr so, als wenn man einen auf Tonband aufgenommenen Ton nacheinander in unterschiedlicher Geschwindigkeit abspielt – er wird zwar höher oder tiefer klingen, es bleibt aber immer derselbe Grundton. Übertreibt man es mit der Abweichung der Abspielgeschwindigkeit von der Aufnahmegeschwindigkeit, treten unschöne bis skurrile „Donald-Duck-Effekte“ auf (Sie kennen das von Tonbandaufnahmen oder Schallplatten, die mit falschem Tempo abgespielt werden).

Auswahl und Verteilung der Original-Samples (auch Root-Keys genannt) eines Registers über die 5 Oktaven der Klaviatur sind also diffizile Aufgaben, die einiges Feingefühl erfordern: die hohe Kunst des Reduzierens.

Jedes einzelne ausgewählte Sample (Einzelton) wird exakt auf den Tonanfang und das gewünschte Ende zugeschnitten, gegebenenfalls mit Filtern und sonstigen Accessoires aus dem Soundbearbeitungs-Nähkästchen nachbearbeitet und dann „geloopt“. Dabei werden innerhalb des Samples zwei Punkte bestimmt, beim Abspielen dieses Samples wird die Region zwischen diesen beiden Punkten dann wiederholend durchlaufen. Der Grund dafür: der ursprünglich aufgenommene Ton ist ja „endlich“, d.h. irgendwann im Zeitraum zwischen einer und fünf Sekunden hat der Organist bei der Aufnahme die Taste losgelassen und der Ton ist abgeklungen. Beim Spielen auf der Digitalorgel will der Organist aber verständlicherweise selbst bestimmen, wann der gespielte Ton aufhört. Also bedient man sich hier der segensreichen Einrichtung eines „Loops“ und teilt die gesampelte Pfeifen-Klangprobe in drei Phasen ein: die Einschwingphase – die Zeitspanne zwischen dem Herunterdrücken der Taste und dem Zeitpunkt, an dem sich die Luftsäule in der Pfeife vollständig aufgebaut hat und der Ton stabil "steht", die stationäre Phase – bis zum Loslassen der gedrückten Taste, schließlich die Ausschwingphase – das ist das jähe Ende des Tons nach dem Loslassen der Taste, der sich je nach Art und Beschaffenheit der Pfeife mit unterschiedlicher Charakteristik „verabschiedet“. In der zweiten, der stationären Phase bestimmt der Sound-Entwickler nun ein mehr oder weniger kurzes „Stückchen Ton“, das er zur „Loop“ erklärt. Beim Spielen auf der Orgel geschieht später folgendes: das mit der Taste angesprochene Sample wird von seinem Anfang bis zu eben dieser Loop abgespielt - man hört die für Orgelpfeifen so wichtige und typische Einschwingphase. Anschließend wird die meist nur sehr kurze Loop immer und immer wieder so lange durchlaufen, wie die Taste gedrückt gehalten wird (wie der Name schon sagt: ein „Dauer-Looping“). Beim Loslassen der Taste wird diese Loop-Schleife dann entweder weich oder mit einer Hüllkurve versehen ausgeblendet (das klingt dann „so ähnlich“ wie eine ausklingende Pfeife), oder es wird nun – viel besser - das tatsächlich aufgenommene, gesampelte Ende des Pfeifentons als Release-Sample drangehängt und abgespielt (dann hört man das natürliche Ausschwingen der Originalpfeife).

Für die Lebendigkeit des Tons ist es von großer Bedeutung, wie lang die gewählte Loop-Schleife ist, d.h. aus wievielen Schwingungszyklen sie besteht. Je länger die Loop, desto mehr Speicherplatz benötigt sie, je kürzer die Loop-Schleife, desto „starrer“ und gleichförmiger klingt sie. Bei kleineren Instrumenten verwendet man aus Kostengründen (Speicherplatz) sogenannte Single-Cycle-Loops. Das ist ein einziger Schwingungszyklus mit einer festen, gleichförmigen Obertonstruktur, der zwar nur sehr wenig Speicherplatz in Anspruch nimmt, dafür aber zig-tausend mal pro Sekunde wiederholt wird und damit völlig unbewegt und phasenstarr, sprich: leer und langweilig klingt. Ohne eine

nachträglich „aufgesetzte“ Modulation würde ein solcher Ton substanzlos, fast wie aus einem alten analogen Dauertongenerator der sechziger Jahre klingen. Nur dank der Fähigkeit moderner Hardware, solche Töne umfangreich und unabhängig voneinander in Amplitude, Phasenlage und Frequenz zu modulieren, werden solche glattgebügelt Samples wieder künstlich im Bewegung versetzt und damit „quasi-lebendig“ gemacht. Das Ergebnis hat allerdings dann mit dem ursprünglich aufgenommenen Klang der Originalpfeife oft nicht mehr allzu viel zu tun. Nicht schlimm, wenn's gut gemacht ist, schließlich soll ja ein eigenständiges Instrument mit eigenem Charakter entstehen und kein Imitat. Fatal allerdings, wenn der Sound-Designer versagt oder der Rotstift allzuviel Speicherbeschränkung auferlegt. Dann ist's vorbei mit der Herrlichkeit des lebendigen Klangbildes. Saubere Arbeit am Sample ist daher ebenso wichtig wie der bestmögliche Kompromiß zwischen wünschenswertem und bezahlbarem Speicherplatz.

Klingt kompliziert – ist es auch. Sample-Bearbeitung erfordert viel Erfahrung und Zeit, zumal ja jedes einzelne der vielen auserwählten und für verwendungstauglich erklärten Samples im selben Umfang und mit demselben Aufwand individuell beschnitten und bearbeitet werden muß. Alle drei Phasen eines Tons müssen auch nach der Bearbeitung noch exakt zueinander passen, damit keine Klangbrüche oder Knackgeräusche auftreten.

Übrigens: auch bei der Sample-Bearbeitung spielen die in Werbung und Prospekten so gern herausgestellten „Bit-Zahlen“ quasi keine Rolle: gearbeitet wird durchgängig im 16-Bit-Format. Die Qualität des klanglichen Ergebnisses resultiert vielmehr fast ausschließlich aus der Auswahl der best möglichen Einzel-Samples eines „multi-gesampelten“ Registers, der gekonnten Bearbeitung des Audiomaterials und der optimalen Bestimmung der Regionen/Manualbereiche, für die einzelne Samples zuständig sind.

Zur Verdeutlichung der extremen Unterschiede im Speicherplatzbedarf zwischen dem „Fast-Ideal-Zustand“ (je ein langes Sample pro Ton und Register) und dem harten, vom Rotstift verordneten Alltag:

Eine Pfeifenorgel mit 20 (61-Tasten-)Manual- und 10 (30 Tasten-) Pedalregistern hat 20 x 61 plus 10 x 30 Pfeifen (Mixturen außer acht gelassen) = insgesamt also rund 1.500 eigenständig erzeugte Einzeltöne. Wollte man jeden einzelnen dieser Töne mit einer durchschnittlichen Länge von 4 Sekunden sampeln und mit einer Auflösung von 16-Bit sowie einer Sampling-Rate von 44.1kHz (entspricht dem Datenformat einer CD) in einem Festwertspeicher unterbringen, ergäbe dies einen rechnerischen Speicherbedarf von weit über 500 MB (Megabyte) also 500 Millionen Byte – für insgesamt ca. 100 Minuten Audiomaterial. Dabei sprechen wir nicht etwa von „Festplattenkapazität“ oder dynamischem RAM-Speicher wie beim PC, sondern wohlgermerkt von Festwert-(ROM) Speicherbedarf – und das wäre angesichts der vergleichsweise sehr kleinen Stückzahlen, mit denen wir es auf dem Spezialmarkt der digitalen Sakralorgeln zu tun haben, noch immer ein sündhaft teures bis unbezahlbares Vergnügen.

Bei kleineren Orgeln bilden deshalb Gesamtspeichergrößen von „nur“ 4-16MB den Durchschnitt (heutiger Stand bezahlbarer Technik). Dieser Vergleich führt auch dem Nicht-Techniker die Notwendigkeit zur drastischen Reduzierung von Daten deutlich vor Augen – und genau dies geschieht auch in der heutigen Digitalorgel.

Phoenix-Prinzip oder Neuschöpfung?

Erinnern wir uns: Von einer oder mehreren Pfeifenorgeln haben wir Klangproben entnommen, diese digitalisiert, sortiert, beschnitten, geloopt, reduziert und neu gruppiert. Würde man nun vermuten, daß das Klangbild einer Digitalorgel, deren Sample-Speicher eine schlichte, unbearbeitete Gruppierung dieser „Fragmente“ bildet, ein exaktes Abbild der „Originalvorlage“, mithin also quasi ein „Clone“ einer bestimmten Pfeifenorgel wäre, würde man nachhaltig eines Besseren belehrt. Warum eine solche Erwartung mit vertretbarem Aufwand nicht erfüllbar ist, wurde bei der vorangegangenen Beschreibung der digitalen „Klanggewinnung“ und der notwendigen Bearbeitung der selektierten Einzel-Samples vielleicht schon klarer. Dabei haben wir die Themen Klangmodulation, Verstärkung und Abstrahlung bisher noch nicht näher beleuchtet – alles Faktoren, die für das Gesamtklangbild des neu geschaffenen, digitalen Werkes von durchaus hoher Bedeutung sind.

Mit anderen Worten: es kann kein ernsthaftes oder erstrebenswertes Ziel sein, eine Digitalorgel zu bauen, die „ganz genau so“ wie eine ganz bestimmte Pfeifenorgel in ihrem eigenen, individuellen Umfeld klingen soll. Dieser Versuch wäre bereits aus den bisher geschilderten Gründen und Gegebenheiten untauglich und zum Scheitern verurteilt. Warum sollte man bei der Digitalorgel aber auch einfach kopieren, klonen, oder imitieren? Warum sollte man krampfhaft versuchen, den mächtigen Klang einer Domorgel – der nicht zuletzt auch unter tatkräftiger Mitwirkung ihrer Umgebung – nämlich der Akustik eines riesigen Raumes – entsteht, in das Korsett einer Heim- oder Übungsorgel für den Hausgebrauch zu pressen oder ihn in die völlig verschiedenen akustischen Gegebenheiten eines anderen Kirchenraumes zu adaptieren? Abgesehen davon, daß dies mit den heute verfügbaren Technologien nicht wirklich überzeugend zu realisieren wäre, würde dies nicht zuletzt auch die vielseitigen Klanggestaltungsmöglichkeiten der modernen digitalen Audiotechnik völlig überflüssigerweise elementar einschränken und damit den durch optimale Ausschöpfung der gegebenen Intonationswerkzeuge möglichen klanglich-musikalischen Wert einer Digitalorgel bewußt herabsetzen.

Tatsächlich kann es bei der Entwicklung der Disposition einer digitalen Sakralorgel in Wirklichkeit nur darum gehen, aus vielen digitalen „Roh-Klangproben“ einer oder mehrerer Pfeifenorgeln eine sinnvolle und harmonische neue Disposition zu entwickeln und diese mittels der digitalen Klangformungs- und Bearbeitungsmöglichkeiten so zu intonieren, daß ein neues, eigenständiges,

in sich schlüssiges Instrument „aus einem Guß“ entsteht – kein Imitat, keine Kopie, kein „Clone“.

Die Vollendung

Nach diesem eher philosophischen Exkurs steht nun noch die musikalisch wichtigste Arbeit bevor: die Schöpfung eines neuen Instrumentes aus einer Vielzahl von digitalen, bearbeiteten Klangproben vieler verschiedener Original-Orgelpfeifen.

Hierzu werden verschiedene Samples der einzelnen Register zunächst so gruppiert, daß der Klang über die gesamte Klaviatur ausgewogen, harmonisch und bruchlos spielbar ist. Für die Verfeinerung der noch „rohen“ Register und ihre Verschmelzung zu einer harmonischen Gesamtdisposition kann sich der „Digital-Intonateur“ verschiedenster Hilfsmittel bedienen, die je nach Hersteller und der eingesetzten Technologie in unterschiedlichem Umfang zur Verfügung stehen. Einige Beispiele solcher Hilfsmittel:

- Digitalfilter – hiermit werden ausgewählte Bereiche des Frequenzspektrums eines Registers angehoben oder abgesenkt. Damit kann der Klangfarbe eines Registers Brillanz hinzugefügt werden oder durch Beschneiden bestimmter Frequenzen auch ein „gedeckterer“ Charakter verliehen werden.
- Hüllkurven – mit diesem Hilfsmittel kann z.B. das Lautstärkeverhältnis zwischen dem Tonansatz (Vorläuferton) und dem stationär klingenden Ton nach der Einschwingphase ausbalanciert werden. Hüllkurven sind meist auch für das charakteristische, registerspezifische Ausklingen eines Tones nach Loslassen der Taste zuständig.
- LFO's (Low Frequency Oscillators) – hiermit lassen sich die gespielten Töne „in Bewegung versetzen“. beispielsweise als Tremulant – aber auch als leichte, unperiodische und kaum wahrnehmbare Modulation eines Tones in Tonhöhe oder Lautstärke (auch „Fluktuation“ genannt“).

Sind alle Einzelregister nach all diesen aufwendigen Arbeitsschritten „im Kasten“, wird aus der (hoffentlich großen) Vielzahl der fertig bearbeiteten Registern eine neue Disposition zusammengestellt. Wohl dem Hersteller, der dabei auf eine möglichst große Bibliothek einzelner Register zurückgreifen kann! Diese gilt es dann noch mit geschulten und feinem Gehör optimal aufeinander abzustimmen. Dazu bieten sich die Optionen „Lautstärke pro Ton“, „Lautstärke pro Register“, „Klangfilter/Equalizer pro Register“ und auch „Audiokanal-Zuweisung“ an. Wäre ja auch jammerschade, wenn ein zartes Salicional ein fundamentales, kräftiges Prinzipal durch falsche Gewichtung der Registerlautstärken bei der Intonation deutlich übertönen würde...

An dieser Stelle endet dieser Exkurs über die Grundlagen der digitalen Tonerzeugung für Sakralorgeln, ohne daß die Bedeutung des letzten, mit „die Vollendung“ überschriebene Abschnitt auch nur halbwegs vollständig behandelt

werden konnte. Hier beginnt nämlich nun das für die musikalische Qualität nicht minder wichtige Thema Verstärkung und Klangabstrahlung – aber dies verdient eine ähnlich umfangreiche Abhandlung wie das eben beleuchtete Feld der Tonerzeugung und Klangsynthese.

Was nach dem Studium dieser Zeilen (hoffentlich) bleibt, ist die gewonnene Erkenntnis, daß ein „Technologieprodukt“ wie eine digitale Sakralorgel keineswegs eine billigere Kopie einer bestimmten oder beliebigen Pfeifenorgel sein kann, sondern ein Instrument mit einem eigenen, eigenständigen Charakter, der durch eine Unzahl technischer Faktoren und (weit mehr noch) der Fähigkeit der an der klanglichen Entwicklung beteiligten Personen gebildet wird.

Kritiker mögen einwenden, daß jede von Hand gefertigte Pfeifenorgel einzigartig und unverwechselbar ist, ein Digitalorgelmodell jedoch ein gleichförmiges Produkt von der Stange sei. Dies ist, wenn auch überzeichnet formuliert, bedingt richtig (spezifische Intonationen und raumspezifische Klangabstrahlung relativieren diesen Punkt allerdings erheblich), aber warum soll es ein klanglich gelungenes und musikalisch hochwertiges Instrument nicht in mehrfacher Ausführung geben dürfen? Das Automobil ist für die große Mehrheit der Menschen auch erst denkbar und erreichbar geworden, als es industriell gefertigt werden konnte – und die Serienproduktion hat der Entwicklung der Qualität sowie des Preis-Leistungsverhältnisses alles andere als geschadet.

Kommen wir zum Ausgangspunkt dieser Betrachtung und damit zur eingangs erwähnten These über die Bedeutung von Bits und Bytes zurück: Die musikalische Qualität entscheidet sich – wie dargelegt - nicht durch niedrigere oder höhere „Bit-Raten“, sie ist viel mehr das Resultat des musikalisch-klanglichen Feingefühls der Entwickler und des gekonnten Einsatzes der von der Technik zur Verfügung gestellten Werkzeuge. Ignorieren Sie deshalb getrost jegliche „Bit-Diskussion“ – vertrauen Sie allein Ihrem eigenen Ohr. Was Sie beim Spiel auf einer Digitalorgel hören, sind keine „Datenströme“, sondern Musik und Klangeindrücke.

Wenn Sie nach alledem und nach dem Lesen dieser „Entstehungsgeschichte“ einer Orgel mit digitaler Tonerzeugung gewisse Parallelen zu der Abhängigkeit der klanglichen Qualitäten einer Pfeifenorgel von dem Talent und der handwerklichen Fähigkeit ihres Erbauers erkennen, dann liegen Sie durchaus richtig. Die „Werkzeuge“ mögen noch so verschieden sein – die Wechselwirkungen und Ergebnisse liegen aber doch sehr nahe bei einander. Heute mehr denn je...