

Vergleich akustischer Daten einer Barockorgel vor und nach Restaurierung U. BAUMANN

(Lehrstuhl für Elektroakustik, TU München)

Mit einem auf der DAGA '90 vorgestellten Analysesystem [1] wurde der Restaurierungs-Prozess der historischen Klosterorgel in Mähingen (bei Nördlingen) dokumentiert. Die akustische Analyse der 1737 von Johann Martin Baumeister fertiggestellten Orgel ist besonders interessant, weil nie eine wirkliche Veränderung vorgenommen worden war [2]. Trotz alterungsbedingter Schäden des Pfeifenwerkes bestand die Hoffnung, Rückschlüsse auf die Originalintonation des Erbauers ziehen zu können.

Die Klangarchivierung erfolgte mit einem DAT-Rekorder an zwei Aufnahmeorten, einmal im Kirchenschiff in ca. 14 Meter Entfernung von den Pfeifen, zum anderen direkt am Pfeifenwerk. Bei der Aufnahme des Hauptwerkes wurden dazu 2 Mikrofone auf ein Gerüst in das Pfeifenfeld gebracht, bei der Aufnahme des Rückpositivs wurde die Kastenrückwand entfernt und ebenfalls 2 Mikrofone in das Nahfeld der Pfeifen des Rückpositivs gebracht. Die DAT-Rekorder Aufnahmen der Einzelpfeifen wurden direkt in einen Computer zur Auswertung überspielt; dort erfolgte die weitere Analyse.

1. Stimmungsuntersuchungen

Abbildung 1 zeigt die Verteilung der Grundfrequenzen vor der Restaurierung. Die Stimmung der Orgel liegt mit 427.7 Hz etwa um einen Viertelton unterhalb der heutigen Normalstimmung mit dem Bezugsston a' von 440 Hz. Dieser Wert ähnelt den Messungen anderer nicht umgestimmter Barockorgeln, bei denen der Kammerton bei ca. 425 Hz liegt. Da die meisten Pfeifen mehr oder weniger stark verstimmt waren, wurde zur Ermittlung der vermutlich ursprünglichen Stimmung ein statistisches Verfahren (Häufungsdetektion) verwendet.

Der Stimmungsvorschlag des zu Rate gezogenen Orgelsachverständigen, Professor Schnorr von der Musikhochschule München (Abb.1 strichpunktiert), stützt sich auf den als weitgehend rein empfundenen C-Dur Grundakkord. Der vom Sachverständigen für die Terz C - E mit -13 cent Abweichung von der temperierten Stimmung angegebene Wert zeigt mit den Meßdaten eine gute Übereinstimmung. Die Quint C - G wurde mit +2 cent vollkommen rein gewählt (der reine Quintabstand beträgt 702 cent). Im Diagramm finden sich an dieser Stelle einige Meßwerte, die Mehrzahl liegt jedoch etwas tiefer. Weiter kann man aus Abb.1 entnehmen, daß die festgelegte Höhe des Tones Fis ein bis zwei cent über einer Anhäufung von gemessenen Tonhöhen liegt. Ähnliche Verhältnisse sind auch beim Ton Cis anzutreffen. Insgesamt gesehen liegt die vom Sachverständigen vorgeschlagene Stimmung dennoch recht gut innerhalb der gemessenen Frequenzwerte.

2. Stimmung der Orgel nach Abschluß der Restaurierung

Die Einstimmung der Orgel auf den Stimmungsvorschlag von Prof. Schnorr verlief problemlos; es wurden grobe Veränderungen an den Pfeifen vermieden — ein Indiz für die gute Annäherung an die Originalintonation Baumeisters. Tabelle 1 vergleicht die Stimmung vor und nach der Restaurierung der Orgel mit den vom Sachverständigen vorgeschlagenen Werten. Sie gibt Aufschluß über die vom Intonateur letztendlich realisierte Stimmung und die Genauigkeit, mit der die Vorgabe des Sachverständigen eingehalten wurde.

Im großen und ganzen liegen die Meßwerte nach der Stimmung im Sollbereich. Die größte Abweichung ist beim Ton H zu erkennen. Hier liegt der Häufungswert der eingestellten Stimmung mit -10.9 cent gegenüber dem Sollwert -14 cent um etwa 3 cent zu hoch. Ein Vergleich mit den Grundfrequenzmeßdaten vor der Intonation zeigt, daß die Mehrzahl der Werte etwas unterhalb der von Prof. Schnorr vorgeschlagenen Tonhöhe liegen. Temperaturbedingte Abweichungen von der Vorgabe sind allerdings nicht auszuschließen, da die Intonation der Orgel bei ca. 13 °C, die Aufnahme des Pfeifenwerkes aber bei 10 °C erfolgte. Abb.2 veranschaulicht die Stimmung nach der Restaurierung. Dabei wird deutlich, daß selbst bei einer gestimmten Orgel die Tonhöhen der Einzelpfeifen in einem Bereich von ± 2 cent liegen.

Ton	Vorher	Vorschlag	Nachher
c	0.0 (26)	0.0	1.6 (60)
c#	-20.2 (28)	-15.0	-16.0 (73)
d	-3.8 (35)	-1.0	-1.4 (58)
d#	3.7 (12)	6.0	3.6 (76)
e	-10.4 (25)	-13.0	-14.2 (60)
f	2.0 (25)	1.0	0.7 (71)
f#	-24.3 (22)	-17.0	-18.2 (57)
g	-2.2 (29)	2.0	2.5 (70)
g#	-21.2 (29)	-19.0	-21.0 (64)
a	-3.4 (24)	-4.0	-3.1 (66)
a#	-2.2 (24)	-6.0	-5.7 (61)
b	-19.3 (23)	-14.0	-10.9 (65)

Tabelle 1: Vergleich der Stimmung vor und nach der Restauration mit dem Stimmungsvorschlag des Sachverständigen. Angaben als Abweichung von der temperierten Stimmung in cent. Zahlen in Klammern entsprechen dem Prozentsatz der Pfeifen innerhalb ± 3 cent. Bezugston A4 ($\sim a'$) vor der Restauration ($12^\circ C$) bei 427.7 Hz, nach der Restauration ($10^\circ C$) bei 423.7 Hz.

3. Klanganalysen

Ein wesentliches Anliegen der Restauration der Orgel bestand darin, nach Möglichkeit ihren ursprünglichen Klangcharakter wiederherzustellen.

Zur Klanganalyse der Orgel wurde die Fourier-t-Transformation [3] mit einem Analysefenster 2. Ordnung nach [4] mit anschließender Maximumextraktion nach [5] verwendet. Das Ergebnis dieser Methode wird in Diagrammen — als Teiltonzeitmuster bezeichnet — veranschaulicht. Die Darstellung von Klängen als Teiltonzeitmuster ermöglicht deren objektive Beurteilung. Analog der Benutzung eines Mikroskopes können feinste Details des Audiosignals erkannt werden. Rausch- bzw. Wind- oder Anbläsergeräusche werden durch "Punktwolken" dargestellt. Je mehr durchgehende Linien ein Pfeifenklang hat, desto klarer und lauter erscheint er. Auf diese Weise lassen sich klanglich abweichende Pfeifen erkennen. Der Vergleich des Klanges einer Pfeife des Hauptwerkes (Prinzipal 8' A4 $\sim a'$) in den einzelnen Phasen der Restauration soll den Gebrauch dieser Diagramme und die Problematik einer sorgfältigen Behandlung der Orgelpfeife veranschaulichen. Dargestellt ist der klangliche Zustand vor (Abb.3a) und nach (3b) Ausheben und Wiedereinsetzen durch den Orgelbauer. Durch das Ausheben der Orgelpfeife ist anscheinend viel vom ursprünglichen Klang verlorengegangen. Das Obertonspektrum ist ab dem dritten Oberton gegenüber dem Urzustand stark verrauscht und unsauber; der Grundton kommt langsam und ist nur schwach ausgeprägt. In Diagramm 3c wird deutlich, daß durch die abschließende Intonation der Klang der Pfeife wieder besser dem ursprünglichen Klangbild angenähert wurde.

4. Analyse von Orgelmusik

Die verwendete Analysemethode eignet sich nicht nur zur klanglichen Untersuchung von Einzelpfeifen, sondern auch von längeren Musikpassagen. Abb.4 zeigt einen etwa 7 Sekunden langen Ausschnitt eines nach der Restauration eingespielten Stückes. Auffällig ist, daß die Frequenzlinien der Orgeltöne im Zeitverlauf nicht starr auf einer Frequenz bleiben, sondern leicht schwanken. Auch der durch die Linienbreite angedeutete Teiltonpegel läßt auf kleine Winddruckschwankungen schließen, die geringe Frequenz- und Amplitudenänderungen zur Folge haben. Solange sich diese Änderungen in relativ engen Grenzen bewegen, erhält der Orgelklang einen angenehm schwebenden und lebendigen Charakter. Der verhältnismäßig lange Nachhall der Klosterkirche läßt die drei staccato gespielten Töne gleicher Höhe zu Beginn des Fugenthemas sowohl akustisch als auch optisch im Diagramm ineinander verschmelzen. Lediglich die Anblaseeffekte der dritten und sechsten Harmonischen deuten auf den Einsatz eines neuen Tones hin. Deutlich ist nach 4.3 Sekunden der Einsatz der zweiten Stimme mit dem um eine Quarte tiefer stehenden wiederholten Fugenthema zu erkennen.

5. Schluß

Die in diesem Bericht vorgelegten Ergebnisse stellen nur einen kleinen Teil der umfangreichen akustischen Untersuchungen der Mähinger Klosterorgel dar. Sie sollen soweit wie möglich dokumentieren, daß klangliche Eigentümlichkeiten der Orgel nicht nach modernen Vorstellungen verändert worden, sondern erhalten geblieben sind. Die ursprüngliche Stimmung wurde vermutlich wiederhergestellt.

Literatur:

- [1] Baumann, U., Akustische Untersuchungen an einer Kirchenorgel. In *Fortschritte der Akustik* (DAGA 90), Bad Honnef - Wien (1990), S. 541-544.
- [2] Die Barockorgel der Klosterkirche Maihingen, Arbeitsheft 52 des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege, Lipp Verlag München.
- [3] Terhardt, E., Fourier Transformation of Time Signals: Conceptual Revision. *Acustica* 57, 242-256 (1985).
- [4] Schlang, M.F., Mummert, M., Die Bedeutung der Fensterfunktion für die Fourier-t-Transformation als gehörgerichte Spektralanalyse In *Fortschritte der Akustik* (DAGA 90), Bad Honnef - Wien (1990), S. 1043-1046.
- [5] Heinbach, W., Aurally adequate signal representation: The Part-Tone-Time-Pattern. *Acustica* 67, 113-121 (1988).

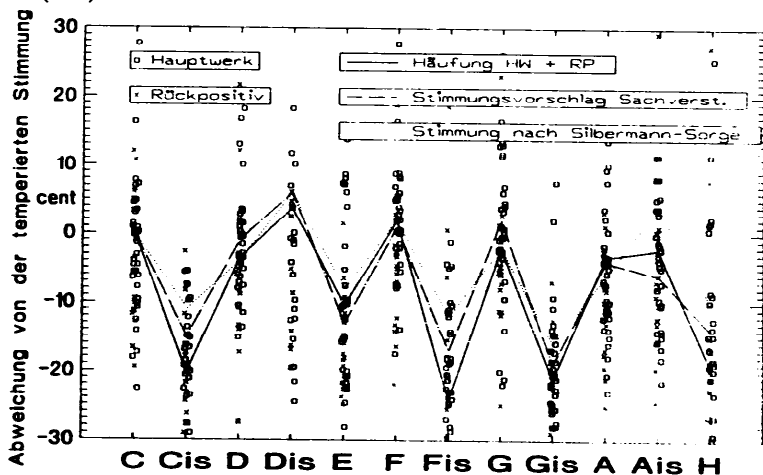


Abbildung 1: Vergleich der Ergebnisse der Häufungsmittelung vor der Restaurierung mit dem Stimmungsvorschlag des Orgelsachverständigen und einer mittellönigen Orgelstimmung nach Silbermann-Sorge. Grundfrequenzen als Abweichung von der temperierten Stimmung in cent. Tonhöhen der Einzelpfeifen durch geeigneten Offset in die Bezugsoktave gebracht (Bezugsfrequenz für a': $f_a = 427.7$ Hz).

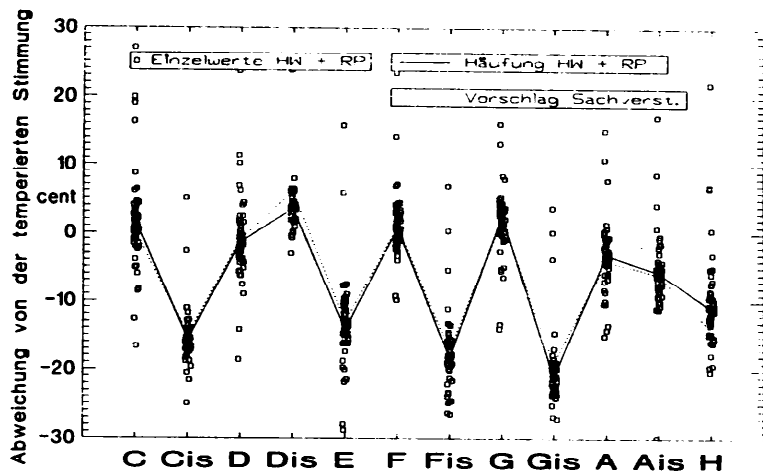


Abbildung 2: Vergleich der Häufungsmittelung nach Restaurierung mit dem Stimmungsvorschlag des Orgelsachverständigen. Bezugsfrequenz für a': $f_a = 423.7$ Hz.

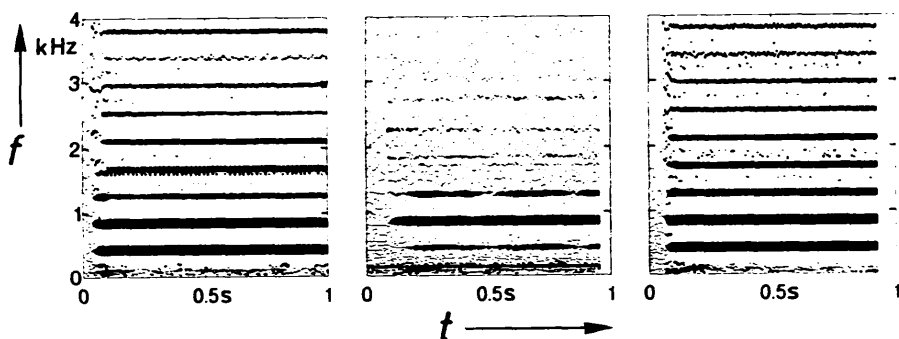


Abbildung 3: Klangvergleich: Urzustand — nach Ausheben — nach Intonation

a: Teiltonzeitmuster (TTZM) der Pfeife A₄ des Prinzipal 8' Registers der Klosterorgel Mählingen vor dem Ausheben.

b: Die gleiche Pfeife nach dem Ausheben, Reinigen und Wiedereinsetzen ins Orgelwerk. Das TTZM zeigt deutliche Klangveränderungen.

c: Klanglicher Zustand der Pfeife nach der endgültigen Intonation.

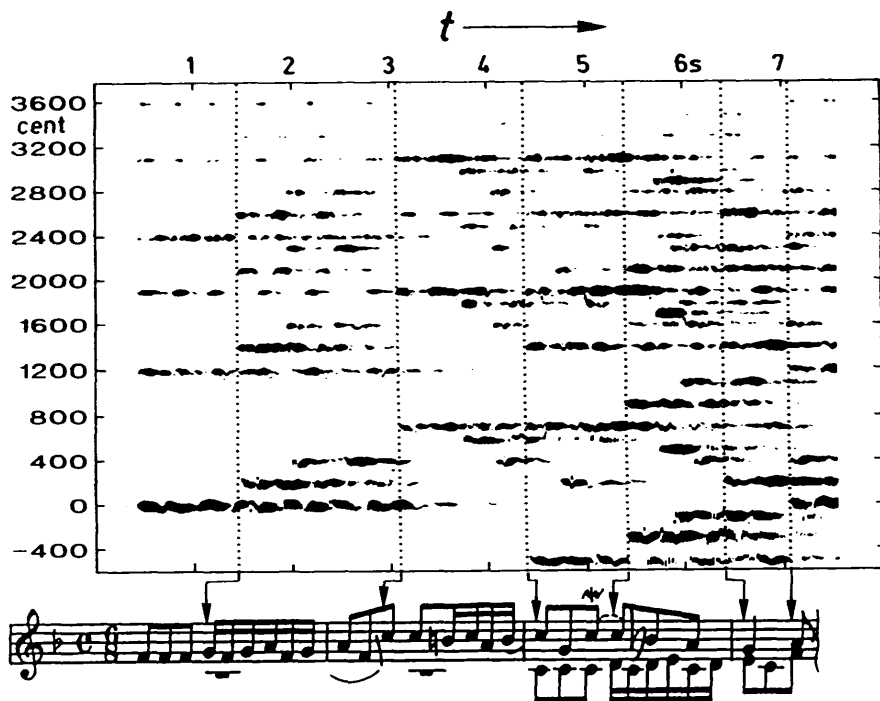


Abbildung 4: Ausschnitt aus Orgelmusik, ein Teiltonzeitmuster der ersten 4 Takte eines auf der Klosterorgel aufgeführten Musikstücks. Unten der Notentext. Der zeitliche Zusammenhang ist durch Pfeile angedeutet. Die Ordinate zeigt die Abweichung von der temperierten Stimmung in cent; Bezugston ist dabei das f' mit 340 Hz.