

Klimasysteme zur Lufttemperierung in Kirchenorgeln

Stephan Pitsch¹, Manfred Jezerkowsky², Zlatko Dubovski¹, Judit Angster¹

¹Fraunhofer-Institut für Bauphysik, 70569 Stuttgart, Deutschland Email: pitsch@ibp.fhg.de

²Creative Electronic, 73102 Birenbach, Deutschland Email: m.jez@creative-electronic.com

Einleitung

Durch das schnelle Aufheizen von Kirchen im Winter oder durch starke Sonneneinstrahlung im Sommer entstehen im Gehäuse zahlreicher Kirchenorgeln sehr ungleichmäßige Temperaturverteilungen, die zu störenden Verstimmungen im Orgelklang führen können. Die Frequenz einer Orgelpfeife hängt u.a. direkt von der Temperatur der Luftsäule im Pfeifenresonator ab. Diese wird hauptsächlich durch die Umgebungstemperatur bestimmt und bis zu einem gewissen Grad auch durch die Temperatur der bei der Klangerzeugung in den Resonator eingeblasenen Luft. Deren geregelte Temperierung könnte einer Verstimmung der Pfeife prinzipiell entgegen wirken. Experimente in einer Klimakammer am Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP) haben jedoch gezeigt [1], dass der Einfluss der Einblastemperatur auf die Frequenz sehr stark von der Pfeifengröße abhängt und ein deutlicher Effekt erst nach einigen Minuten eintritt. Auf Grund der meist sehr kurzen Spieldauer einer Pfeife ist die Regelbarkeit ihrer Frequenz also ungenügend, weshalb auf die Weiterverfolgung einer solchen Regelung verzichtet wurde. Stattdessen wurden in einem nächsten Schritt zwei Klimasysteme in der Martinskirche in Oberesslingen getestet. Durch die Umverteilung der die Pfeifen umgebenden Luft im Gehäuse sollten zu große Temperaturunterschiede ausgeglichen und damit die Verstimmung der Pfeifen verringert werden.

Temperaturmessungen in einer Orgel

Um festzustellen, wie groß die Temperaturschwankungen und Verstimmungseffekte tatsächlich sind, wurde für Testmessungen eine Orgel in Oberesslingen ausgewählt. Ihr Gehäuse hat ungefähr die Form eines Quaders mit den Abmessungen 3x4x10m (BxTxH). Es wurden insgesamt 16 Temperatursensoren in den drei Werken der Orgel verteilt und die Temperaturverläufe über einen Zeitraum von 4 Stunden mit Datenloggern abgespeichert. Etwa 1 Stunde nach Messbeginn wurde die Heizung der Kirche eingeschaltet. Zur Ermittlung der Verstimmung wurden 4 Lippenpfeifen (1xc², 3xc⁴) und 1 Zungenpfeife (c³) ausgewählt und deren Klang alle 10 Minuten aufgezeichnet. Die Temperaturstreuung zwischen allen Sensoren nahm während der Heizperiode von 0,5 K ($T_{\max}-T_{\min}$) auf 1,5 K zu. **Abb. 1** zeigt die Verläufe von Temperatur und Grundfrequenz zweier Lippenpfeifen an einer tiefen und hohen Position im Gehäuse. Die sich im Zeitraum t_1 - t_2 ergebende relative Frequenzänderung zwischen den Pfeifen ist mit 1 Hz sehr klein. Die im Zusammenklang dieser Pfeifen entstehende Schwebungsfrequenz ist zum Zeitpunkt t_2 jedoch deutlich höher als bei t_1 und fällt störend auf. Die absolute Frequenzänderung von Zungenpfeifen (ZP) ist im Gegensatz zu Lippenpfeifen (LP)

verschwindend gering. Zur Vermeidung von Verstimmungen zwischen ZP-LP oder LP-LP müsste also sowohl die mittlere Temperatur im Orgelgehäuse auf den bei der letzten Stimmung vorherrschenden Wert geregelt (Aufgabe der Kirchenheizung), als auch eine gleichmäßige Temperaturverteilung im Gehäuse eingestellt werden. Dafür könnte ein Klimasystem sorgen, das mit Ventilatoren die hauptsächlich durch Konvektion entstehenden Temperaturzonen gut durchmischt.

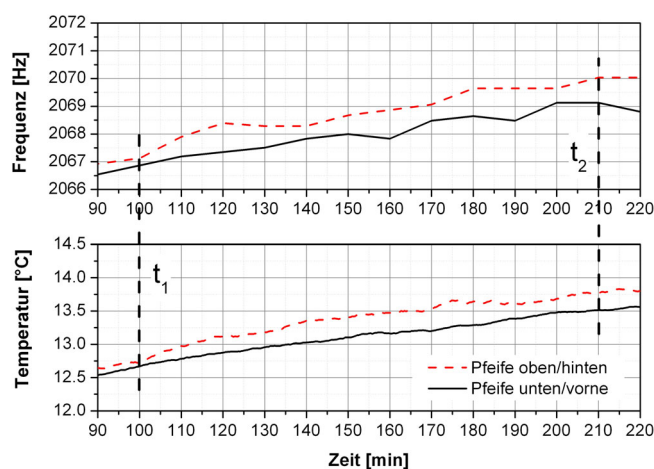


Abbildung 1: Temperatur- und Frequenzänderung zweier Lippenpfeifen (c⁴) nach Einschalten der Kirchenheizung

Versuche mit Mischluftsystemen

Bei Messungen mit einem ersten Mischluftsystem wurden 12 kleine Lüfter und Temperatursensoren in der Orgel verteilt und durch eine Regelung je nach Abweichung von der mittleren Temperatur ein- und ausgeschaltet. Es zeigte sich, dass die Anzahl der Lüfter nicht ausreichend war, um eine gleichmäßige Temperaturverteilung zu erreichen. Da die Anbringung von so vielen einzelnen Lüftern im Orgelgehäuse nicht vertretbar ist, wurde ein weiteres Mischluftsystem getestet, das aus nur zwei Rohrsträngen mit jeweils einem Lüfter und einigen Luftverteilern besteht (vgl. **Abb. 2**). Dabei saugt ein Ventilator warme Luft von oben ab und transportiert sie nach unten, während der Rohrstrang mit dem anderen Lüfter genau das Gegenteil bewirkt. **Abb. 3** zeigt die 6 möglichen Temperaturdifferenzen zwischen 4 in verschiedenen Höhen angeordneten Sensoren beim Ein- und Ausschalten des Mischluftsystems. Als Regeldifferenz der PI-Regelung diente der Unterschied zwischen max. und min. Temperatur an den 12 Positionen, Regelgröße war die Lüfterdrehzahl. Die Regelung funktionierte bis zu einem kleinstmöglichen Wert von $T_{\max}-T_{\min} = 1,4$ K. Wünschenswert wäre allerdings eine Differenz $< 0,5$ K, d.h. eine Optimierung der Luftverteiler und ihrer Positionen (z.B. durch Computersimulation) ist unbedingt notwendig.

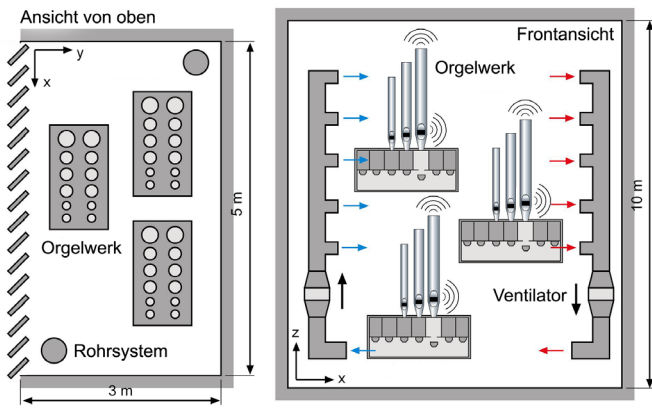


Abbildung 2: Mischluftsystem für Kirchenorgeln

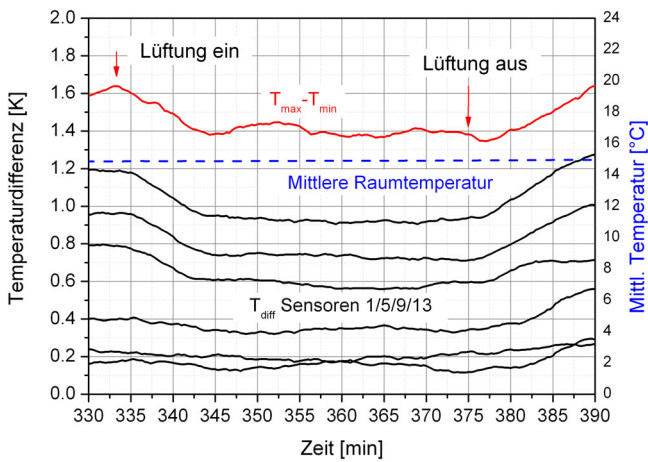


Abbildung 3: Temperaturdifferenzen zwischen 4 senkrecht angeordneten Sensoren bei Ein- und Ausschalten des Mischluftsystems

Klimasystem für Intonationszwecke

Bei der Intonation von einzelnen Orgelpfeifen tritt ein weiteres temperaturbedingtes Problem auf. Dabei läuft das Gebläse sehr lange bei einem kleinen Volumenstrom und heizt die Luft im Windsystem auf, d.h. die Pfeifen werden bei einer zu hohen Temperatur intoniert und gestimmt und klingen nach Abkühlung der Luft verstimmt. Zur Verbesserung dieses Problems wurde ein mobiles Klimasystem (vgl. Abb. 4) entworfen und im Labor des IBP an einer Modellorgel getestet.

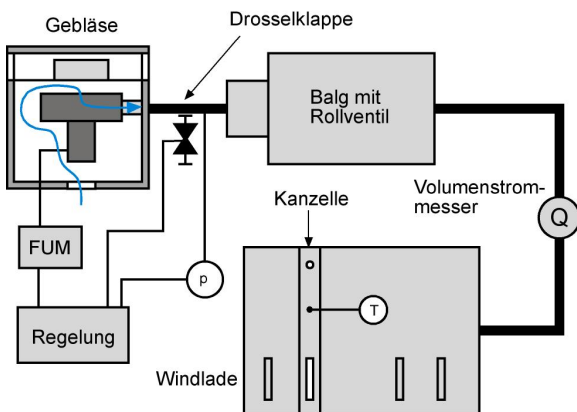


Abbildung 4: Klimasystem für Intonationszwecke

Durch eine regelbare Drosselklappe mit Drucksensor zwischen Balg und Gebläse kann Luft aus dem Windsystem entweichen. Dieser Auslass und die Motordrehzahl werden durch eine Regelung so eingestellt, dass ein möglichst großer Volumenstrom bei möglichst kleiner Drehzahl erreicht wird, ohne den Betrieb des Windsystems zu gefährden. Ziel ist es, eine zu starke Erwärmung des Motors und damit der Luft zu verhindern. In Abb. 5 sind die Ergebnisse einer Labormessung im IBP dargestellt. Durch eine 30% Öffnung der Drosselklappe verringerte sich die Erwärmung des Gebläses um fast 6 K. In der Kanzelle konnte dadurch eine Erwärmung der Luft über die Umgebungstemperatur hinaus ganz vermieden werden.

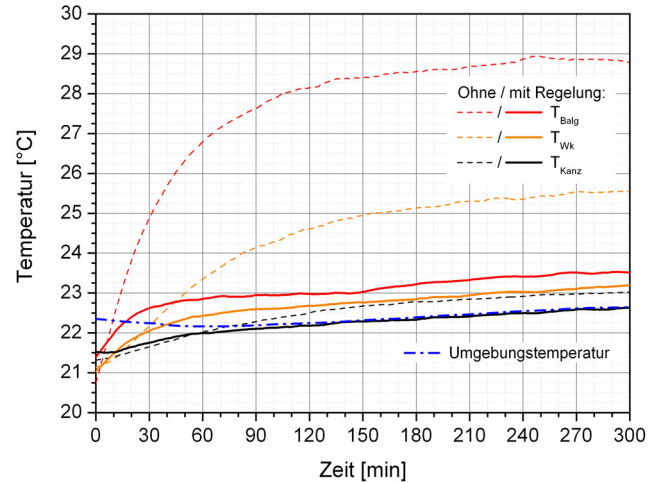


Abbildung 5: Temperaturverlauf an drei Pos. im Modellwindssystem (Gebläse/Balg/Kanzelle) ohne/mit Regelung

Zusammenfassung

Durch Temperaturunterschiede im Orgelgehäuse kommt es zu störenden Schwebungen im Zusammenklang mehrerer Pfeifen. Die Lösung des Problems durch eine geregelte Einblastemperatur stellte sich als nicht sinnvoll heraus. Mehr Erfolg verspricht ein Mischluftsystem, das durch eine Umwälzung der Luft im Orgelgehäuse eine gleichmäßige Temperaturverteilung herstellt. Hierfür müssen allerdings die Gestaltung und Positionen der Luftverteiler noch optimiert werden. Das Klimasystem für Intonationszwecke funktionierte unter Laborbedingungen sehr gut und muss nun in einer richtigen Orgel getestet werden.

Danksagung

Unser Dank gilt der Gemeinde der St. Martinskirche in Oberesslingen für die vertrauensvolle Ermöglichung der zahlreichen Messungen in ihrer Orgel.

Literatur

[1] Pitsch, S., Sedlbauer, K., Angster, J.: Einfluss der Lufttemperatur auf die Verstimmung von Orgelpfeifen. Fortschritte der Akustik – DAGA 2007, Stuttgart. DEGA Berlin 2007.