



Aufgabe für eine Diplomarbeit

für Herrn Markus Becker
Tübinger Straße 22
40593 Düsseldorf
Matr. Nr.:160428

mit dem Titel

Entwicklung und konstruktive Realisierung eines robust, präzisen Luftmengenmeßprozesses unter Berücksichtigung der Varianz von PKW Luftaustrittsöffnungsgrößen und vorhandenen Luftmengenmeßgeräten.

Luftmengenmessungen im Bereich der Fahrzeuginnenraumklimatisierung sind aufgrund der Verschiedenartigkeit in der Formgebung der Luftaustrittsöffnungen nur durch komplexe Meßsysteme zu realisieren. Diese Systeme bergen eine große Anzahl von Störgrößen, welche die Messungen beeinflussen können.

Aufgabe der Diplomarbeit ist es, die vorhandenen Störgrößen, unter Berücksichtigung der vorhandenen Meßgeräte zu bestimmen und zu beschreiben, um diese zu eliminieren bzw. zu minimieren. Konstruktiv ist eine öffnungsunabhängige Messung technisch umzusetzen, welche auch im Laborbetrieb Anwendung finden soll.

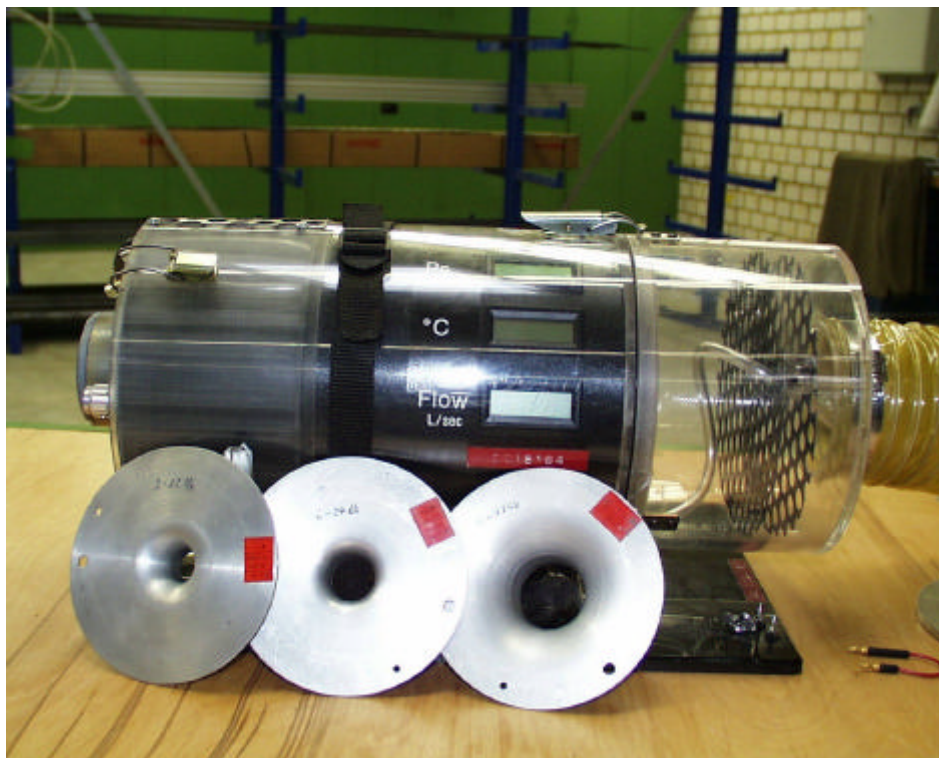
Im Einzelnen sind folgende Arbeiten durchzuführen:

- Erfassung und Gruppierung der Luftaustrittsöffnungen und deren Volumenstromgrößen,
- Einarbeitung in die Testbedingungen und Testeinrichtungen,
- Ermittlung und Beschreibung der Störgrößen,
- systematisches eliminieren bzw. minimieren der Störgrößen,
- Konstruktion und Herstellung von meßunterstützenden Maßnahmen,
- Einführung der Maßnahmen in den Laborbetrieb,
- Anfertigung einer Kurzdokumentation zur Veröffentlichung im Internet,
- Die Arbeit ist bis 2.6.1999 fertigzustellen.

2. Prüfer
Dipl.-Ing. Michael Weißphal
Visteon; Climate Control Systems
D-ME/PV-4
Donatustraße 127-129
50259 Pulheim-Brauweiler

1.Prüfer
Prof. Dr. Ing. Frank Kameier
FH Düsseldorf FB 04
Institut für Strömungsmaschinen
Josef-Gockeln-Straße 9
40474 Düsseldorf

Die Klimatisierung von PKW-Innenräumen nimmt einen immer höheren Stellenwert ein. Moderne Fahrzeuge heizen sich durch aerodynamische Formgebung und schräggehende Windschutzscheiben sehr stark auf. Die andererseits gestiegenen Komfortansprüche der Kunden führen dazu, daß immer häufiger Klimaanlage, auch in kleineren Fahrzeugklassen, eingebaut werden. Um Luftverteilung und Leistung dieser Anlagen zu entwickeln und zu bestimmen, werden immer Daten der Volumenströme benötigt. Hierfür stehen Meßgeräte der Firma Torrington der Typen FM 100, FM 150 und FM 600 zur Verfügung. Diese arbeiten nach dem Wirkdruckverfahren. Hierbei wird durch Einbau einer Querschnittsverengung, in diesem Falle Venturi-Düsen, eine meßbare Druckdifferenz erzeugt. Eine Besonderheit dieser Geräte ist das Nutzen des 0-Druck Verfahrens. Bei diesem wird der statische Druck im Meßgerät auf 0 Pascal eingeregelt, um die Strömungswiderstände des Meßgerätes auszugleichen und die Strömung nicht zu beeinträchtigen. Bei den Messungen mit diesen Geräten kam es immer wieder zu Fehlern und Abweichungen. Diese Fehler sollen erkannt, quantifiziert und eliminiert werden.



FM 100 mit 3 Venturi-Düsen

Aus der erzeugten Druckdifferenz läßt sich für voll ausgebildete turbulente Rohrströmung der Volumenstrom berechnen.

Um Funktion und Genauigkeit der vorhandenen Meßgeräte zu überprüfen und Störgrößen unabhängig voneinander einbringen zu können, wurde ein Modellversuch entwickelt. Hierfür wurde eine Meßstrecke mit einer Meßblende nach DIN EN ISO 5167-1 konzipiert. Für diese Blende läßt sich der Volumenstrom mit Hilfe des gemessenen Wirkdruckes berechnen. Für die auftretenden Strömungsgeschwindigkeiten, die unter 50 m/s liegen, wird die Luft als inkompressibles Medium behandelt.

So läßt sich der Volumenstrom \dot{V} berechnen aus:

$$\dot{V} = \frac{C \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot \sqrt{2\Delta p \rho}}{\rho \sqrt{1 - \beta^4}}$$

Da der Volumenstrom \dot{V} , der Durchflußkoeffizient C und die Reynolds-Zahl Re voneinander abhängen, muß ihre Berechnung über eine Iteration erfolgen.

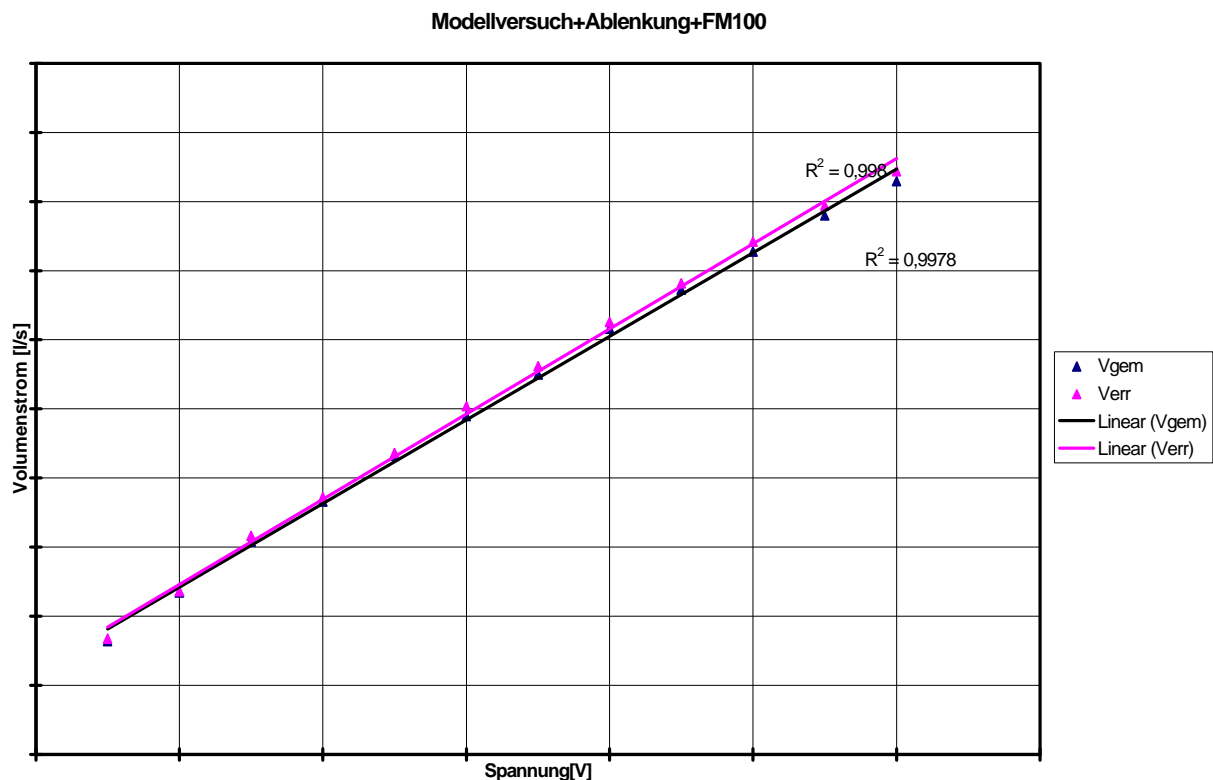


Aufbau des Modellversuches

Mit Hilfe dieses Modellversuches konnte der Einfluß von Störgrößen untersucht werden, die im Verdacht standen, Fehler zu verursachen.

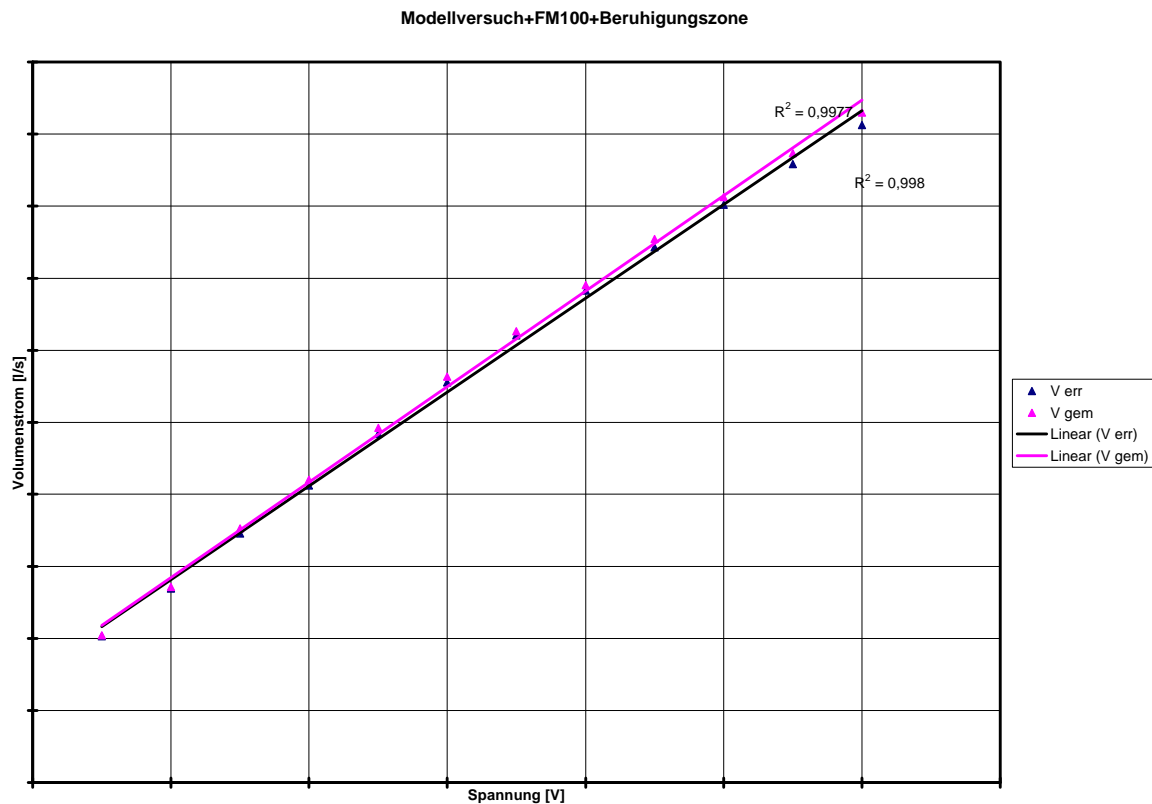
Durch unsymmetrische Auslaßöffnungen und Ablenkwinkel werden Strömungsstörungen erzeugt. Die in der Praxis auftretenden Temperatur- und Luftfeuchtebereiche wurden angefahren. Mögliche Fehler in der Handhabung und der Stromversorgung wurden untersucht. Diese Versuche brachten zutage, daß der Einfluß der Strömungsstörungen geringer ausfiel als erwartet. Selbst die mit einem Ablenkwinkel erzeugten Verwirbelungen hatten kaum Einfluß auf die Genauigkeit der Meßgeräte.

Diagramm 4: Modellversuch + FM 100 + Ablenkwinkel

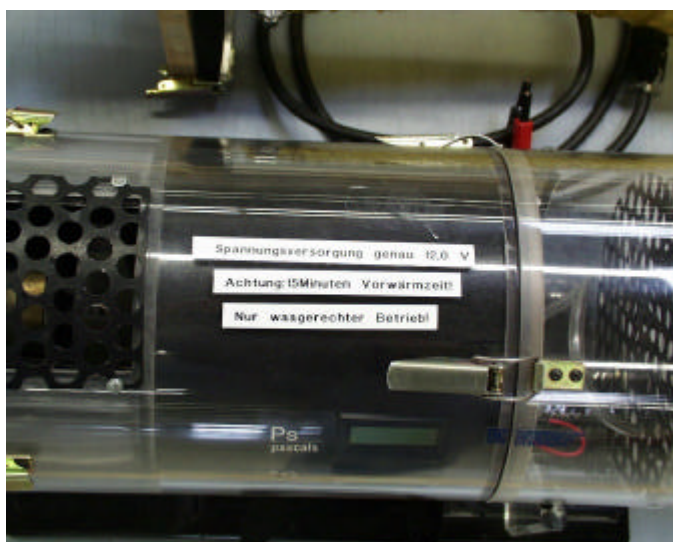


Es zeigte sich, daß häufig verwendete großvolumige Adapter, die benutzt werden, um die Meßgeräte an die Luftausstritte anzuschließen, zu Fehlern führen. Sie beruhigen die Strömung und reduzieren vorhandene Strömungswiderstände. Diese Adapter wurden im Modellversuch durch einen Beruhigungsraum simuliert. Wie im Diagramm-Vergleich zu erkennen erhöhte sich der tatsächliche Volumenstrom bei Verwendung des Beruhigungsraumes. Als weitere relevante Störgrößen ergaben sich Probleme bei der Spannungsversorgung, Lagefehler und Fehler in Handhabung und Bedienung. Das am FM 100 verwendete Netzgerät ist nicht stabilisiert und liefert für unterschiedliche Betriebszustände nicht konstant 12V. Es muß von

Hand nachgeregelt werden, da kleine Spannungsschwankungen bereits zu deutlichen Fehlern führen.



Eine weitere Fehlerquelle sind Abweichungen in der Ausrichtung der horizontalen Lage der Meßgeräte. Die integrierten Druckaufnehmer der Meßgeräte reagieren mit Meßfehlern auf die Lagefehler. Darüber hinaus zeigten sich mögliche Fehlerquellen in der Bedienung der Geräte. Sie benötigen eine Warmlaufphase. Betrieb in den Grenzbereichen der einzelnen Venturi-Düsen ist zu vermeiden. Temperatur- und Feuchte-Schwankungen benötigen eine Übergangszeit. Das Anfahren des statischen 0-Druckes sollte immer aus dem positiven Druckbereich geschehen. Auf die wichtigsten Fehlerquellen wird nun durch Hinweise auf dem Meßgerät aufmerksam gemacht.

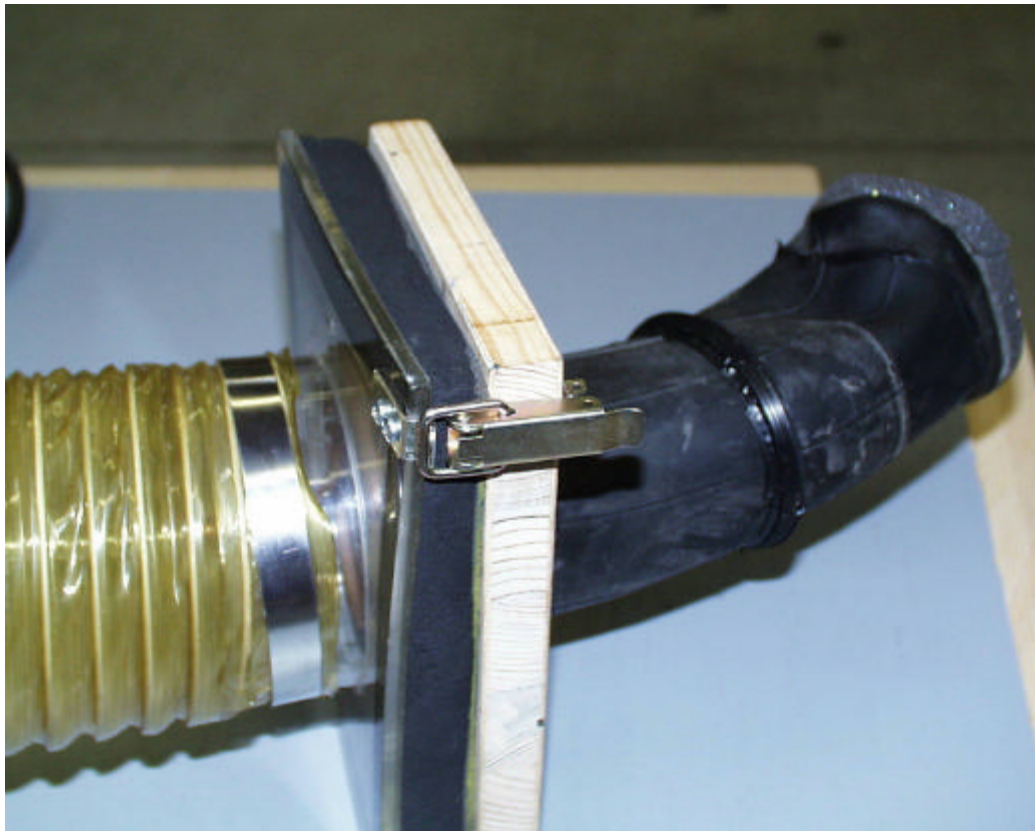


Durch die Ergebnisse des Modellversuches und die daraus gewonnenen Erkenntnisse konnte die Funktion und ausreichende Genauigkeit der Meßgeräte sichergestellt werden.

Die Luftaustrittsformen wurden untersucht und in 4 Gruppen klassifiziert:

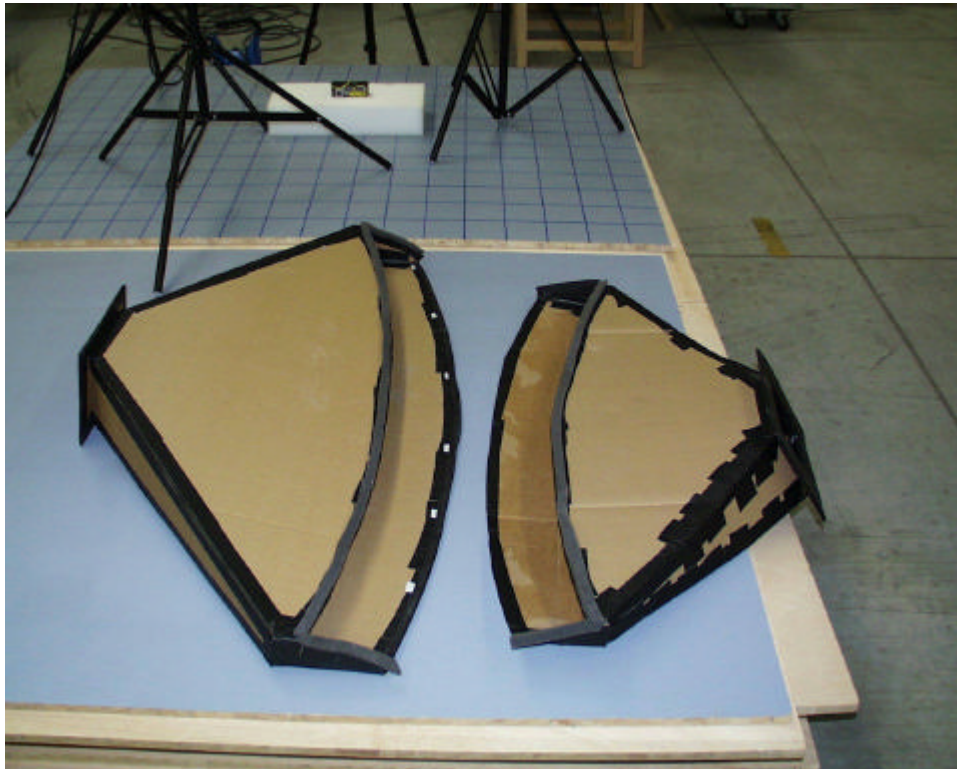
1. Instrumententafel-Düsen
2. Fußraum-Düsen
3. Defrost-Düsen
4. Sonderformen

Für diese Luftaustrittsöffnungen wurden nun Adapterlösungen gesucht, um eine schnelle, problemlose und fehlerfreie Messung gewährleisten zu können. Als praktikabelste Lösung wurden Gummischläuche in unterschiedlichen Durchmessern erarbeitet. Diese Schläuche werden mit Draht verstärkt und in Ansatzstücke gefaßt. Sie lassen sich mit Schnellverschlüssen an den Meßgeräten befestigen. Diese Adapter sind sehr flexibel, so daß sie sich auf unterschiedliche Luftaustritte anpassen lassen. Die Gruppen der Instrumententafel-Düsen und der Fußraum-Düsen lassen sich mit diesen Schlauchadaptern abdecken.



Adapter am FM 150 befestigt

Versuche an Defrost-Düsen führten nicht zu befriedigenden Ergebnissen. Hier sind die Düsen zu verschieden in Form und Größe. Die Platzverhältnisse sind bei eingebauter Windschutzscheibe sehr begrenzt. Die Volumenströme dieser großflächigen Austrittsöffnungen ließen sich nur mit speziell gefertigten Adapter-Modellen aus Karton erfassen.



Defrost-Adapter

Auch einige Düsen der Sonderformen-Gruppe wie Deckenaustritte, Seitenwandaustritte oder Demist-Düsen lassen sich nicht mit universellen Adaptern erfassen. Auch hierfür müssen jeweils passende Adapter angefertigt werden.

So wurde ein Luftmengenmeßprozess entwickelt, der die Ansprüche an Genauigkeit, Einfachheit, Robustheit und Schnelligkeit erfüllt. Für den Einsatz im regulären Laborbetrieb sollten die Defrost-Adapter mit Hilfe von CAD-Konstruktionen und FEM-Methoden konstruiert und aus festerem Werkstoff (z.B. GFK) gefertigt werden. Für die Schlauchadapter könnten aus Gründen der längeren Standzeiten anstatt der Drahtversteifungen andere Materialien verwendet werden. Eine Möglichkeit sind dauerflexible Kunststoff-Gliederketten.