

# Klima- und Funktionstests an Straßenfahrzeugen

7. Karlsruher Fahrzeugklima-Symposium am 26. Januar 2006

Gabriel Haller, Rail Tec Arsenal, Wien

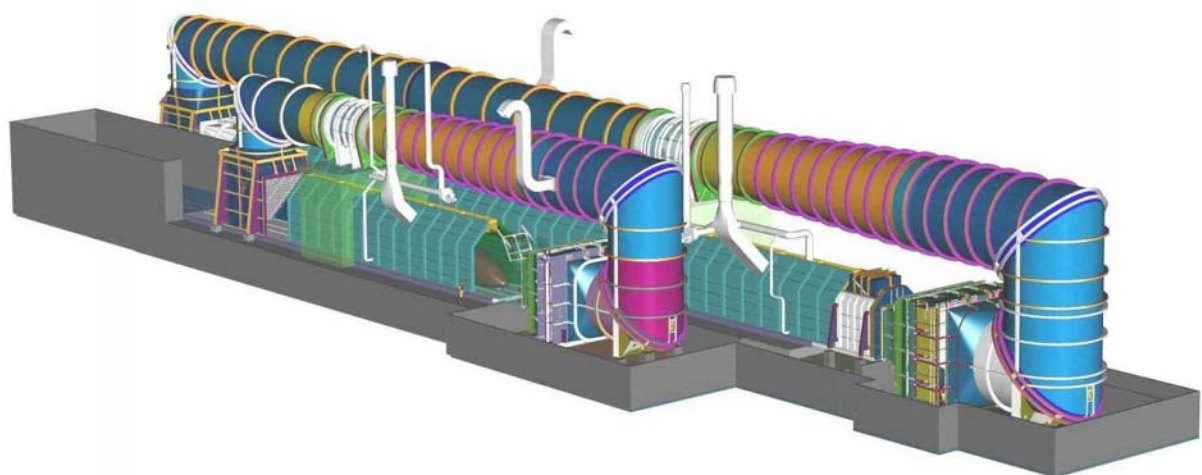
## 1. Einleitung

Straßenfahrzeuge müssen hohe Anforderungen bezüglich Sicherheit, Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit aber auch bezüglich des Komforts erfüllen. Im Klima-Wind-Kanal können durch die umfassenden Möglichkeiten „künstliche“ Wetterbedingungen wirklichkeitsgetreu nachbilden zu können, aussagekräftige reproduzierbare Klimatests am ganzen Fahrzeug durchgeführt werden.

Wie die vor mehr als 40 Jahren konzipierte Vorgängeranlage von Rail Tec Arsenal ist auch der neue Klima-Wind-Kanal Wien speziell für Klimatests an Schienenfahrzeugen gebaut. Jedoch können und werden auch zahlreiche Klimatests an Straßenfahrzeugen und anderen technischen Einrichtungen erfolgreich durchgeführt.

## 2. Anlagentechnik

Die Anlage verfügt über zwei parallel und voneinander unabhängig zu betreibende Klima-Wind-Kanäle (KWK) mit separater Messdatenerfassung. Dadurch können Tests von Fahrzeugen und anderen Testobjekten gleichzeitig und prozessoptimiert durchgeführt werden. Die Modularität der Klimaverhältnisse reicht von individuell einstellbaren Windgeschwindigkeiten bis hin zu stufenlos regulierbaren Sonnenfeldern mit einer Leistung von bis zu 1000 W/m<sup>2</sup>, frei einstellbaren Luftfeuchtwerten, sowie Beregnungs- und Beschneigungseinrichtungen. Wechselklimatests vervollständigen das Spektrum der möglichen Umweltbedingungen.



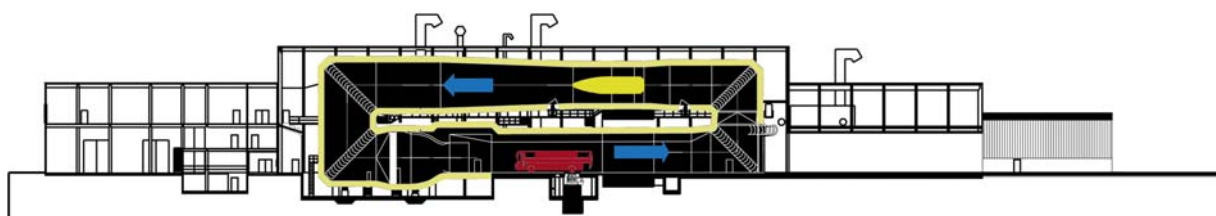
Grafik: Zwei Klima-Wind-Kanäle sind jeweils als geschlossener Kreislauf nebeneinander stehend angeordnet.

In ihren grundsätzlichen Elementen sind die beiden Klima-Wind-Kanäle baugleich. Beide sind nach dem Göttinger Prinzip ausgelegt: Die Luft wird in einem geschlossenen Kreislauf mittels Gebläse umgewälzt. Dabei durchströmt sie einen Wärmetauscher, der sie bis auf  $-50^{\circ}\text{C}$  abkühlen oder bis auf  $+60^{\circ}\text{C}$  aufheizen kann. Die in der Kälteanlage installierte Leistung von 6,2 MW (bei  $-10^{\circ}\text{C}$  Verdampfungstemperatur) ermöglicht mit drei jeweils getrennt zuschaltbaren Kompressoren ein rasches Abkühlen der Teststrecken. Von  $+40^{\circ}\text{C}$  kann beispielsweise mit einer Geschwindigkeit von durchschnittlich 10 Kelvin pro Stunde auf  $-30^{\circ}\text{C}$  abgekühlt werden, was ein rasches Bereitstellen der geforderten Temperatur sicherstellt.

Der wesentliche Unterschied zwischen den beiden Klima-Wind-Kanälen zeigt sich in der Länge ihrer Messstrecken. Bei dem großen KWK beträgt diese 100 m, genug, um einen Zug aufnehmen zu können, der aus einem Triebkopf und zwei Waggons besteht. Die höchste Windgeschwindigkeit beträgt 300 km/h. Mit dem Rollenprüfstand können Brems- und Traktionsversuche durchgeführt werden, wobei nur eine Achse angetrieben ist (Antriebsleistung max. 850 kW), die zweite Achse rollt frei.

Im kleinen KWK ist die Messstrecke 31 m lang; das reicht für einen Waggon, einen ganzen Lastzug für zwei Busse oder mehrere PKWs. Die maximale Windgeschwindigkeit beträgt hier 120 km/h; das Dynamometer (für Straßenfahrzeuge) hat eine Leistung von bis zu 250 kW. Durch Klappen am Beginn der Messstrecke kann die frontseitige Anströmung des Versuchsobjektes vollständig unterbrochen werden um z.B. einen „Stop and Go“ Zyklus mit Türöffnen simulieren zu können.

An den kleinen KWK ist direkt eine Vorwärmkammer angeschlossen, die einerseits zur Vortemperierung von Fahrzeugen (Angleichen der Materialtemperaturen) aber auch für die Durchführung von Klima-Wechseltests (z.B. thermische Simulation des Durchfahrens eines Tunnels im Winter) genutzt werden kann.



Grafik: Schnitt durch den kleinen Klima-Wind-Kanal mit Vorwärmkammer

In beiden Kanälen ist nach dem Wärmetauscher eine Kontraktionsdüse mit einem Austrittsquerschnitt von je 16,1 m<sup>2</sup> vorgesehen, um eine möglichst gute Anströmung der Versuchsobjekte gewährleisten zu können. Der Düsenaustritt ist damit nur wenig mehr als halb so groß wie der Querschnitt von ca. 30 m<sup>2</sup> der Messstrecke (Breite 5 m x Höhe 6 m). Geht man davon aus, dass ein Schienenfahrzeug oder aber auch ein Nutzfahrzeug, wie Bus oder LKW eine Stirnfläche von 10 m<sup>2</sup> aufweist, wird damit die gleiche Anströmgeschwindigkeit erreicht wie sie auch im Ringspalt zwischen Fahrzeug und Klima-Wind-Kanal auftritt.

Für Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren sind für die Abgase jeweils zwei Abluftöffnungen im Dach- und Seitenwandbereich im vorderen Drittel der Messstrecke vorhanden. Der Massendurchsatz bei Nutzung einer Abluftöffnung im Dach- und Seitenwandbereich ist von 0,32 bis 3,2 kg/s bei 200°C einstellbar.



Für die Sonnensimulation ist im großen KWK ein seitliches Sonnenfeld mit 47,5 m Länge und im kleinen KWK mit 30 m Länge vorgesehen. Die Anordnung des Solarfeldes ist jeweils so dimensioniert, dass das Dach und eine Seitenfläche des Prüfobjektes erfasst und ein homogener Leistungseintrag gewährleistet wird. Für die Bestrahlung der Frontpartien (im Anströmungsbereich der jeweiligen Messstrecke) ist je ein weiteres Solarfeld vorgesehen, dass die Anströmung nicht stört und an die Fahrzeuggeometrien anpassbar ist.

Im Deckenbereich ist eine Beregnungsanlage vorgesehen, mit der eine Niederschlagsmenge bis zu 80 l/(hm<sup>2</sup>) über die gesamte Messstrecke (beide KWKs) eingestellt werden kann. Die Felder in den KWKs sind in Segmente à 15 m unterteilt, die jeweils zu- oder abgeschaltet werden können.

Ein Schneerigg kann so in den Kanal eingebracht werden, dass über die gesamte anzuströmende Frontpartie eines Fahrzeuges eine gleichförmige Beschneigung bzw. Vereisung möglich ist. Für lokales Beschneien sind entlang des KWKs Anschlüsse vorgesehen, wo geeignete Schneedüsen bzw. Beregnungsdüsen angebracht werden können. Das System kann bis zu Kanalgeschwindigkeiten von 160 km/h und Temperaturen bis -20 °C eingesetzt werden.



Das grundlegende Prinzip dabei ist, dass aus den speziellen Düsen ein Wasser-Druckluft-Gemisch mit einem Druck von 5 - 10 bar austritt. Bei Ausdehnung unter Normaldruck kühlt dieses soweit ab, dass die Wassertropfchen gefrieren können. Durch Variation der Wassermenge, Druckluft und Temperatur im Klima-Wind-Kanal können damit unterschiedliche Schneequalitäten erzeugt werden:

#### Nassschnee

- Relative große nicht vollständig ausgefrorene Schneeteilchen
- Große Adhäsion, pappige bis wässrige Konsistenz
- Mittlerer volumetrischer Teilchendurchmesser ca. 45  $\mu\text{m}$
- Dichte ca. 400 bis 480  $\text{kg}/\text{m}^3$

#### Trockenschnee

- Sehr kleine bei Ablagerung bereits ausgefrorene Schneeteilchen
- Eher geringe Adhäsion und Dichte (ausgenommen bei Windpressung), Schneeteilchen folgen praktische ideal dem Luftstrom
- Mittlerer volumetrischer Teilchendurchmesser ca. 20  $\mu\text{m}$
- Dichte bei ungestörter Ablagerung ca. 180 bis 220  $\text{kg}/\text{m}^3$
- Dichte bei Windpressung bis 350  $\text{kg}/\text{m}^3$



### 3. Klimatests

Die Überprüfung des thermischen Komforts in Schienenfahrzeugen war schon immer ein Schwerpunkt der Untersuchungen von Rail Tec Arsenal. Die gewonnenen Erfahrungen sind auch in den UIC-Kodex 553 „Lüftung, Heizung und Klimatisierung der Reisezugwagen“ eingeflossen, in dem die Komfortanforderungen für Reisezugwagen definiert sind. Im dazugehörigen UIC-Kodex 553-1 werden die erforderlichen Versuche zum Nachweis obiger Anforderungen beschrieben.

Die neuen CEN-Normen berücksichtigen die spezifischen betrieblichen Anforderungen:

- Luftbehandlung in Schienenfahrzeugen des Fernverkehrs (EN 13129-1 und 2)
- Luftbehandlung in Schienenfahrzeugen des innerstädtischen und regionalen Nahverkehrs (EN 14750-1 und 2)
- Luftbehandlung in Führerräumen (EN 14813-1 und 2)

Da die thermischen Komfortbedürfnisse des Fahrers, Beifahrers, Passagiers unabhängig vom Fahrzeug, die Untersuchungsmethoden (Klimatests) und die erforderlich Messtechnik die gleichen sind, kann dieses Know How auch für Straßenfahrzeuge angewendet werden.

Speziell in Bussen sind ähnliche Klimatisierungsverhältnisse wie in einem Schienenfahrzeug vorhanden, weshalb die Anforderungen und Testbedingungen von Schienenfahrzeugen durchaus für Bushersteller interessant sind und auch bei Rail Tec Arsenal für Klimatests an Bussen angewendet werden.

An die 100 Temperatur-, Feuchte- und Luftgeschwindigkeitssensoren sowie Heizmatten auf jedem Sitzplatz für die Abgabe der sensiblen und Befeuchter für die Abgabe der latenten Wärme der Passagiere werden in einem Reisebus aufgebaut.



Die Komfortanforderungen sind natürlich fahrzeug- und kunden-/herstellerspezifisch unterschiedlich. Vergleichsweise sind nachfolgend ein paar Anforderungen für den Klimakomfort in Schienenfahrzeugen angeführt:

- Abweichung der mittleren Raumtemperatur vom Sollwert  
 $\leq \pm 1$  K Fernverkehr bzw.  $\leq \pm 1$  K Nahverkehr
- Unterschied zwischen den Extremwerten der Raumtemperatur in 1,1 m Höhe über dem Fußboden (Kopf sitzend)  
 $\leq 2$  K Fernverkehr bzw.  $\leq 4$  K Kategorie A,  $\leq 8$  K Kategorie B Nahverkehr
- Unterschied zwischen den Extremwerten der Raumtemperatur in vertikaler Ebene (0,1 m Fuß; 0,6 m Knie; 1,0 m Schulter; 1,1 m Kopf)  
 $\leq 3$  K Fernverkehr bzw.  $\leq 4$  K Kategorie A,  $\leq 8$  K Kategorie B Nahverkehr

#### 4. Funktionstests

Nahezu alle Einzelkomponenten können speziellen Funktionstests unter verschärften klimatischen Bedingungen unterzogen werden, um neben technischen und sicherheitsrelevanten Parametern auch die Zuverlässigkeit untersuchen zu können.

Funktionstests können je nach den geforderten klimatischen Einflüssen auf das Fahrzeug in folgende Kategorien eingeteilt werden:

- Extreme Temperaturen und Luftfeuchtigkeit (alle mechanischen, elektrischen, elektronischen, hydraulischen Komponenten)
- Regen und Fahrtwind (Dichtheit des Gesamtfahrzeuges, Türen, Fenster, Funktion der Scheibenwischer, Verschmutzung)
- Nasser Schnee (alle den Außenbedingungen ausgesetzten mechanischen Komponenten wie Türen, Scheibenwischer etc.)
- Trockener Schnee (Eindringen von Flugschnee bei Ansaugöffnungen, Dichtungen etc.)
- Eis (alle den Außenbedingungen ausgesetzten bzw. für die sichere Fahrt erforderlichen Komponenten und Systeme wie Türen, Scheibenheizung etc.)

Die Erprobung von Scheibewischern mit Regen wird bei Straßenfahrzeugen bis 250 km/h durchgeführt. Für die Wintererprobung sind vor allem Nassschneebedingungen interessant. Bei den Scheibenbeschlags- und Enteisungs-Tests der Front- und Seitenscheibe wird untersucht, ob die Funktion der Scheibenheizung und Klimatisierung des Fahrzeuges ausreichend ist.

Verschmutzungstests mit fluoreszierendem Wasser werden vor allem an LKWs durchgeführt. Weiters sind Wasser- bzw. Schneeabscheidungsuntersuchungen bei Ansaugungen und diverse Funktionstests unter Schnee und Vereisung interessant.



## 5. Schlussfolgerungen

Die hier vorgestellten Untersuchungsmöglichkeiten in einem Klima-Wind-Kanal tragen wesentlich dazu bei, das technische Risiko im Betrieb zu senken und die Zuverlässigkeit und Sicherheit von Straßenfahrzeugen unter allen Wetterbedingungen zu erhöhen.



Der große Vorteil der Untersuchungen in einem Klima-Wind-Kanal ist die exakte Reproduzierbarkeit der Klimazustände und damit die Möglichkeit, Verbesserungen auch sofort verifizieren zu können, was Zeit und Kosten spart.

