

Dipl.-Ing. Gabriel Haller, MAS

# Klimatests an Schienenfahrzeugen


# Klimatests an Schienenfahrzeugen


Moderne Schienenfahrzeuge müssen hohe Anforderungen bezüglich Sicherheit, Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit aber auch bezüglich des Komforts für den Fahrgast erfüllen. Aus diesem Grund sind vorbeugende qualitätssichernde Maßnahmen bei der Neuentwicklung und Fertigung von Fahrzeugen wichtiger denn je.

Klimatests zählen zu diesen vorbeugenden qualitätssichernden Maßnahmen und tragen zur Zuverlässigkeitssteigerung von Schienenfahrzeugen wesentlich bei.

Im Klima-Wind-Kanal Wien können durch die umfassenden Möglichkeiten, jedes Wetter der Welt zu allen Jahreszeiten wirklichkeitsgetreu nachbilden zu können, aussagekräftige Klimatests am ganzen Schienenfahrzeug durchgeführt werden.

Dipl.-Ing.  
Gabriel Haller, MAS

Technisch/Wissenschaftlicher Leiter der RTA Rail Tec Arsenal Fahrzeugversuchsanlage GmbH. 

Anschrift: Paukerw straße 3, A-1210 Wien

E-Mail: gabriel.haller@rta.co.at



## 2 Ausgangslage

Schon vor mehr als 40 Jahren erkannten Eisenbahnfachleute, dass für die Entwicklung moderner Schienenfahrzeuge reproduzierbare Klimabedingungen unumgänglich sind. Aus diesem Grund wurde 1961 in Wien Arsenal die weltweit erste Fahrzeugversuchsanlage für Lokomotiven und Waggonen eröffnet. Ermöglicht wurde dieses Großprojekt durch die vorbildliche internationale Zusammenarbeit des Forschungs- und Versuchsamtes (ORE) des Internationalen Eisenbahnverbandes (UIC), der österreichischen Bundesregierung und zahlreicher europäischer Bahnverwaltungen. Den im Laufe der Zeit gestiegenen

## 1 Einleitung

Um Personentransportdienstleistungen erfolgreich erbringen zu können, ist die Berücksichtigung der Erwartungshaltung der Fahrgäste in Bezug auf Fahrpreis, Reisezeit und Reisequalität (Pünktlichkeit, flächendeckender Taktfahrplan und Komfort/Behaglichkeit etc.) ein wichtiges Kriterium.

Daher müssen moderne Schienenfahrzeuge hohe Anforderungen bezüglich Sicherheit, Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit aber auch bezüglich des Komforts erfüllen. Im Klima-Wind-Kanal können durch die wirklichkeitsgetreue Nachbildung „künstlicher“ Wetterbedingungen aussagekräftige Klimatests am ganzen Schienenfahrzeug durchgeführt werden.

Derzeit allerdings werden diese Möglichkeiten fast ausschließlich als Konformitätsnachweis für die Funktionsfähigkeit von Komponenten und für die Erfüllung des Fahrgastkomforts aufgrund der Forderungen der Fahrzeugbetreiber durchgeführt.

Die Chance, Untersuchungen zu Fragen der Kosten- und Risikominimierung

durchzuführen, wird zurzeit nur in Ausnahmefällen wahrgenommen. Vielleicht auch deshalb, weil über die Möglichkeiten mit Tests in einem Klima-Wind-Kanal das Risiko zu senken und die Zuverlässigkeit zu erhöhen, zu wenig bekannt ist. Die folgenden Ausführungen sollen diesen Informationsmangel verringern.



**Bild 1:** Der neue Klima-Wind-Kanal in Wien/Floridsdorf



**Bild 2:** Dm12 von CKD für Finnland auf der Anschlussbahn vor der Einfahrt in den Klima-Wind-Kanal Wien

Prüfanforderungen wurde mit einem umfassenden Umbau dieser Anlage in den Jahren 1973/74 entsprochen.

Nach dem Ende der technischen Nutzungsdauer dieser Anlage wurde am 1. Januar 2003 der Nachfolger der Fahrzeugversuchsanlage, der neue „Klima-Wind-Kanal Wien“ (Bilder 1 und 2) in Betrieb genommen [1].

Die Beteiligung der weltweit größten Schienenfahrzeughersteller an der neuen Betreiber-Gesellschaft Rail Tec Arsenal weist einerseits auf den Bedarf an einer solchen Einrichtung hin und zeigt andererseits auch deutlich die veränderte Rollenverteilung zwischen Betreiber und Hersteller. Die Schienenfahrzeugindustrie hat inzwischen Aufgaben, insbesondere auch vorbeugende qualitätssichernde Maßnahmen, in ihren Produktentstehungsprozess integriert, die früher beim Betreiber lagen. Klimatests zählen natürlich auch zu solchen vorbeugenden qualitätssichernden Maßnahmen.

Wie bereits erwähnt, erfolgen Klimatests trotz veränderter Aufgabenverantwortung derzeit fast ausschließlich aufgrund der Forderung des Käufers als Konformitätsnachweis.

Auch sind Klimatests in vielen Systemhäusern im Produktentstehungsprozess als qualitätssichernde Maßnahme im Sinne einer Kosten- und Risikominimierung noch nicht implementiert, obwohl Gewährleistungskosten von bereits im Einsatz befindlichen Fahrzeugen in der

Regel die Fehlerbehebungskosten an Prototypen oder Erstserienfahrzeugen um ein Vielfaches übersteigen können. Damit verbundene Lieferverzögerungen, Stillstandskosten bei nicht Verfügbarkeit oder zusätzliche Kapitalkosten durch Rückbehaltung von Restzahlungen können zu erheblichen Mehrkosten führen.

Da es nahezu keine präventiven projektunabhängigen Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten gibt, werden Lösungen erst gesucht, wenn Sicherheits- oder Zuverlässigkeitsprobleme aufgetreten sind.

### 3 Thermischer Komfort

Die Überprüfung des thermischen Komforts in Schienenfahrzeugen war schon in der jahrzehntelangen Prüftätigkeit im Wiener Arsenal ein Schwerpunkt der Untersuchungen. 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 dazu gehörenden UIC-Kodex 553-1 werden die erforderlichen Versuche zum Nachweis obiger Anforderungen beschrieben.

Die neuen CEN-Normen berücksichtigen die spezifischen betrieblichen Anforderungen:

▷ Luftbehandlung in Schienenfahrzeu-

gen 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).

Damit stehen für ganz Europa einheitlich Kriterien für die Anforderungen an den thermischen Komfort in Schienenfahrzeugen zur Verfügung, was zu einer besseren Planbarkeit und Risikoreduktion für den Schienenfahrzeughersteller, qualitativ höherwertiger Anlagen für den Betreiber und letztendlich zu einer Komfortverbesserung für den Fahrgast beitragen sollte.

Nur müssen diese Kriterien auch angewendet und umgesetzt werden. Abhängig vom Fahrzeugkonzept muss das Klimakonzept den baulichen Gegebenheiten angepasst werden. In [2] wurden einige typische Klimakonzepte von Nahverkehrsfahrzeugen vorgestellt.

Selbst wenn die klimatechnischen Einrichtungen konzeptionell die thermischen Komfortanforderungen erfüllen, ist das Ergebnis durch mangelhafte Einstell-, Optimierungs- oder auch Wartungsarbeiten oft nicht befriedigend.

Wichtig dabei sind immer die Abstimmung der Luftverteilung auf das Fahrzeug und deren unterschiedlichen Heiz- bzw. Kühllasten und die Optimierung der Regelung unter allen klimatischen Einsatzbedingungen, was nur am Gesamtfahrzeug in entsprechenden klima-



**Bild 3:** D-Talent von Bombardier für die NordWestBahn im Klimatest

technischen Einrichtungen sinnvoll möglich ist. Bild 3 zeigt ein Fahrzeug während eines solchen Versuchsprogramms im Klima-Wind-Kanal.

Numerische Methoden wie CFD (Computational Fluid Dynamics) können zwar bei der Entscheidung für das optimale Klimakonzept hilfreich sein, ersparen aber nicht diese Optimierungs- und Einstellarbeiten. Denn die tatsächlichen Innenraumströmungen und damit Komfortbedingungen differieren naturgemäß von den unter bestimmten idealen Annahmen ermittelten Berechnungsergebnissen.

#### 4 Energieeffizienz von Nebenaggregaten

Der Energieverbrauch ist auch bei Schienenfahrzeugen immer stärker ein Thema: Neben der Traktion sind auch die Nebenaggregate wie Klimaanlage, Beleuchtung etc. als Energieverbraucher nicht zu vernachlässigen. Speziell bei den Nebenaggregaten gibt es noch große Energieeinsparungspotenziale, weshalb den Untersuchungen der Energieeffizienz im Zusammenhang mit dem thermischen Komfort immer mehr Bedeutung zukommt.

In [3] wurde ein Ablauf für die Energieverbrauchsermittlung der Klimaanlage im Klima-Wind-Kanal vergleichbar mit einem Fahrzyklus für PKWs vorgestellt. Mit den dabei ermittelten Leistungsdaten lassen sich Energieeffizienzanalysen erstellen und Jahresenergieverbräuche berechnen. Erst durch die reproduzierbaren Bedingungen im Klima-Wind-Kanal ist es damit möglich verschiedene Energieeinsparungsmaßnahmen vergleichen zu können.

#### 5 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 mechanische, elektrische, elektronische, pneumatische Komponenten).
- ▷ Regen und Fahrtwind (Dichtheit des Gesamtfahrzeuges, Übergänge, Türen, Fenster, Funktion der Scheibenwischer).
- ▷ Nasser Schnee (alle den Außenbedingungen ausgesetzten mechanische Komponenten wie Türen, Trittstufen, Kupplung, Bremssystem etc.).
- ▷ Trockener Schnee (Eindringen von Flugschnee bei Ansaugöffnungen, Dichtungen etc.).
- ▷ Eis (alle den Außenbedingungen ausgesetzten mechanische Komponenten wie Türen, Trittstufen, Kupplung, Bremssystem etc.).



**Bild 4:** Ausgangszustand für Funktionstests unter schwedischen Winterbedingungen am ITINO für TiB

Bild 4 zeigt den Ausgangszustand für diverse Funktionstests an Scheibenheizung, Scheibenwischer, Signalhorn, Kupplungsmanschette etc. unter extremen winterlichen Bedingungen.

In Bild 5 und Bild 6 wird der Kupplungsvorgang mit einer vereisten Kupplung untersucht.

Ein still stehendes Fahrzeug im Klimalabor reicht aber nicht immer aus. Neben dem Wetter und dem Fahrtwind sind auch realistische Bedingungen am Drehgestell erforderlich bzw. es sollen Traktions- und Bremsleistungen am Fahrzeug simuliert werden. Dazu dient ein Rollenprüfstand, der auch als Bremsprüfstand betrieben werden kann.

Ein wichtiger Aspekt bei Dieselfahrzeugen ist nämlich die Auslegung der Kühlanlage. Im Klima-Wind-Kanal können die realen Bedingungen sowohl vom Umgebungszustand wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Sonneneinstrahlung, als auch die mechanische Belastung simuliert werden. Dabei ist auch



**Bild 6:** Die Kupplung am „E-Talent“ ist mit einer 3 Millimeter dicken Eisschicht überzogen

**Bild 5:** Kupplungsver-such mit vereister Kupplung am E-Talent für die ÖBB





**Bild 7:** Bremstests an Alu-Klotzbremsen unter Schneebedingungen am Rollenprüfstand

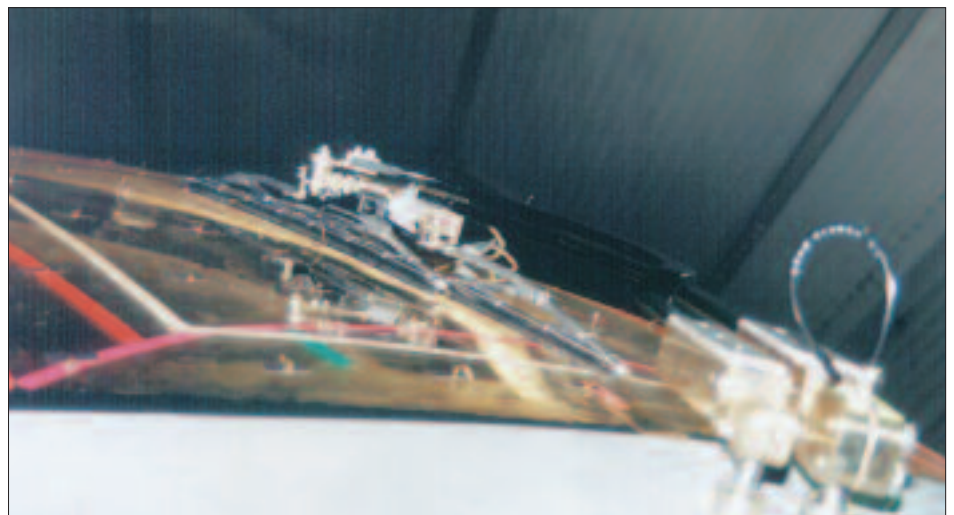
die Simulation des Fahrtwindes sehr wichtig, um die Strömungsverhältnisse am Kühler in der konkreten Einbausituation am Fahrzeug realistisch nachzubilden.

Auf dem Rollenprüfstand können auch die übertragenen Zug- oder Bremskräfte gemessen werden. Dadurch kann der Verlauf der Radkraft über die Fahrgeschwindigkeit bestimmt werden, wobei auch der Leistungsverbrauch der Nebenaggregate bei einem bestimmten Betriebszustand berücksichtigt wird.

Neben den Belastungsversuchen auf dem Rollenprüfstand sind noch weitere Funktionstests bei extremen Klimazuständen sinnvoll:

- ▷ Kaltstartverhalten.
- ▷ Aufheizvorgang bei tiefen Außentemperaturen (Auslegung Vorwärmgeräte).
- ▷ Eindringen von Flugschnee in Ansaugöffnungen (Kühlluft Motor, Frischluftansaugung Klimaanlage...).
- ▷ Beweglichkeit verschiedener Bauteile wie z.B. Bremsbacken unter Vereisungs- oder Schneebedingungen.
- ▷ Leistungseinbußen durch Lüftungs-kurzschluss beim **Wiederansaugung** von warmer Abluft (z. B. Motorkühler oder Klimaanlage).

Weiterhin können am Rollenprüfstand Untersuchungen der Bremswirkung unter den diversen Einflüssen, wie Schnee, Eis, Wasser usw. durchgeführt werden



**Bild 8:** Aerodynamische Untersuchungen des ICE3 Scheibenwischers

(Bild 7). Die Vorteile gegenüber dem Reibungsprüfstand sind vor allem der Kontakt zur Schiene, die Fahrtwindsimulation, die Möglichkeit Schnee und Eis gezielt einzusetzen sowie auch die Verwendung des kompletten Prüffahrzeuges mit seinen entscheidenden Komponenten (siehe auch [4]).

## 6 Aerodynamik

Aerodynamische Messungen im Klima-Wind-Kanal werden z.B. an Komponenten wie Stromabnehmer, Scheibenwischer durchgeführt [5]. Aber auch Messungen wie z. B. Seitenwindeffekt,

Anströmung Klimagerät (Frischluftansaugung, Kondensatorabluft) können an Fahrzeugmodellen vorgenommen werden.

Insbesondere die Veränderung der aerodynamischen Eigenschaften durch Vereisung oder Schnee ist nur in einem 1:1-Versuch möglich, da sich die Änderung der Außenkontur stark auf das aerodynamische Verhalten der Bauteile auswirken kann (Bild 8).

## 7 Erfahrungen aus der Praxis

Klimatests helfen die Zuverlässigkeit der Schienenfahrzeuge vor der Auslieferung nachzuweisen. Werden dabei Mängel erkannt, so können diese meist mit vergleichsweise geringem Aufwand oft noch während der Klimatests behoben werden. Vorteil dabei ist, dass die ge-

troffenen Maßnahmen sofort unter den gleichen Bedingungen auch auf ihre Effektivität hin geprüft werden.

Da es kaum Tests gibt bei dem keine Mängel erkannt werden, haben sich Klimatests aber auch schon gelohnt. Jeder Fehler, der vor dem Roll Out erkannt wird, reduziert das Risiko für Störungen und Mehrkosten im Betrieb. Drei Beispiele aus der Praxis:

- ▷ Unzureichend Wärmeisolierung und/oder Undichtigkeiten des Wagenkastens. Eine **unzureichend** Wärmeisolierung und/oder Undichtigkeiten des Wagenkastens beeinflussen oft unzulässig stark die Temperaturen bzw.

führen zu Kondensatbildung im Fahrgastraum oder Führerstand. Bei tiefen Außentemperaturen fallen dadurch z.B. die Oberflächentemperaturen des Bodens im Einstiegsbereich unter den Gefrierpunkt, was durch eine mögliche Eisbildung sogar ein Sicherheitsrisiko darstellt.

Die Detektion der Ursache ist im Klima-Wind-Kanal rasch und einfach möglich: z.B. können mittels Rauch und Windsimulation undichte Stellen lokalisiert oder mit Hilfe einer Thermographiekamera Probleme bei der Wärmedämmung des Wagenkastens, der Türen, der Fenster, der Übergänge etc. gefunden werden.



- ▷ Türen und Trittstufen funktionieren nicht mit Eis und Schneebeleg. Durch die Ansammlung von Eis und Schnee im Türbereich lassen sich Türen nicht mehr oder nicht vollständig (automatisches Reversieren) öffnen oder schließen bzw. ausfahrbare Trittstufen bleiben stecken.

Oft reichen geringfügige konstruktive Maßnahmen oder steuerungstechnische Optimierungen um hier Abhilfe zu schaffen bzw. um wesentliche Verbesserungen zu erzielen. Mit Hilfe reproduzierbaren Schnee- und Vereisungsbedingungen können diese Maßnahmen effizient untersucht und ausgetestet werden.

- ▷ Nicht ausreichende Sichtbedingungen für den Lokführer bei extremen klimatischen Bedingungen. Durch ungenügende Scheibenheizung bzw. Luftausblasbedingungen an der Front- und/oder Seitenscheiben des Fahrerstandes kommt es zum Beschlagen der Scheiben oder durch Schnee- oder Eisansammlungen zu unzureichenden Sichtbedingungen bis hin zum kompletten Versagen der Scheibenwischerfunktion.

Eine mögliche Ursache kann eine ungenügende Abstimmung des Scheibenwischer-, Scheibenwasch- und Scheibenheizsystems mit der Fahrerstandsklimatisierung sein. Durch Optimierung unter den verschiedensten Klimabedingungen können auch hier Lösungen für Beschlags-, Vereisungsprobleme etc. gefunden werden.

## 8 Schlussfolgerungen

Die hier vorgestellten Untersuchungsmöglichkeiten in einem Klima-Wind-Kanal tragen wesentlich dazu bei, das technische Risiko im Betrieb zu senken und die Zuverlässigkeit von Schienenfahrzeugen unter allen Wetterbedingungen zu erhöhen. Wie die Versuchspraxis immer wieder zeigt, sind Untersuchungen des kompletten Schie-

nenfahrzeugs notwendig, da auch die beste Baugruppenkontrolle nicht die Garantie für das Funktionieren im Gesamtfahrzeug ist.

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.

### Schrifttum

- [1] W. Palz, G. Haller: Von der Fahrzeugversuchsanlage zum Klima-Wind-Kanal, Eisenbahntechnische Rundschau (ETR) Heft 4/2004, S. 319...333.
- [2] G. Haller: Thermischer Komfort in Nahverkehrsfahrzeugen, ZEVrail Glasers Annalen Juni 2004, Sonderheft Tagungsband 35. Tagung Moderne Schienenfahrzeuge, S 298...306.
- [3] G. Haller, M. Kreitmayer, 2002, Energy management in railway vehicles – analysis of energy consumption under testing conditions, Proceedings of Workshop „Mobile Air Conditioning“, Vienna, Austria.
- [4] H. Ferschtz: Bremsversuche unter extremen klimatischen Bedingungen, Dresden Rad-Schiene Tagung 2003.
- [5] O. Bucek: Aerodynamik im Klima-Wind-Kanal, Der Eisenbahningenieur (EI) Heft 8/2003, S. 68...70.

### Résumé

#### Climate tests on railway vehicles

Modern rail vehicles have to satisfy a vast range of requirements as regards safety, reliability and availability and also as regards the comfort of the travelling public. For this reason, preventive quality-assurance measures during the development and production of new railway vehicles are now more important than ever before.

Climate tests are one of the forms of preventive quality-assurance measures and they contribute very substantially to increasing the reliability of railway vehicles.

The Vienna Climatic Wind Tunnel is a facility with all the necessary means for reproducing highly realistic simulations of all weathers during all seasons of the year. It is large enough to test whole rail vehicles at a time, and the test results provide a sound basis for evaluating their climatic properties.

### Récapitulation

#### Tests climatiques pour véhicules ferroviaires

Les véhicules ferroviaires modernes doivent répondre à des exigences élevées en matière de sécurité, de fiabilité et de disponibilité mais aussi au point de vue confort pour les voyageurs. Pour cette raison, des mesures d'assurance qualité préventives sont plus importantes que jamais dès le développement et la construction de nouveaux matériels.

Les tests climatiques font partie des mesures d'assurance qualité préventives et contribuent à accroître sensiblement la fiabilité des véhicules ferroviaires.

A Vienne, grâce aux vastes possibilités de la soufflerie climatique, il est possible de reproduire fidèlement tout type de temps terrestre à toute saison et d'effectuer ainsi des tests climatiques représentatifs sur l'ensemble d'un véhicule ferroviaire.

### Resumen

#### Tests de climatización en vehículos ferroviarios

Los modernos vehículos ferroviarios han de cumplir elevados requisitos relacionadas con la seguridad, fiabilidad y disponibilidad, pero también con relación al confort del pasajero. Por esta razón son más importantes que nunca las medidas preventivas de garantía de calidad en el nuevo desarrollo y fabricación.

Los tests de climatización se incluyen entre estas medidas preventivas de garantía de calidad y contribuyen en gran medida al aumento de la fiabilidad de vehículos ferroviarios.

En el canal de clima-viento de Viena pueden realizarse tests fidedignos de climatización en todo el vehículo ferroviario gracias a las amplias posibilidades de reproducir todas las condiciones climatológicas del mundo en cualquier época del año.