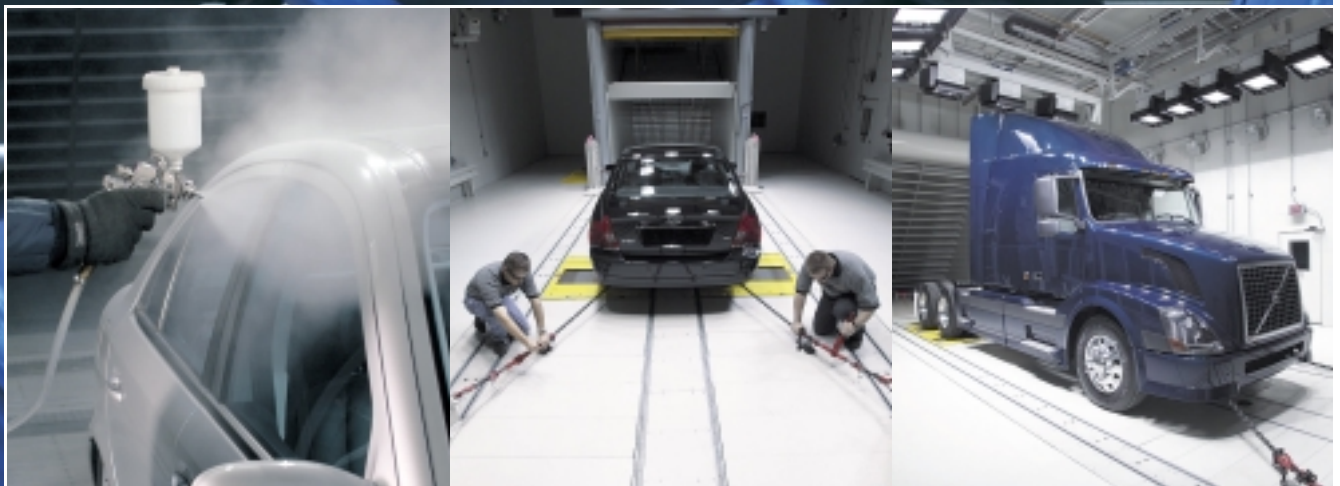




Wir holen die Straße ins Labor

**Forschung und
Entwicklung in den
Klimawindkanälen in
Stuttgart und Troy**

BEHR



Die Behr-Windkanäle in Stuttgart, Deutschland und Troy, USA stehen für realistische Messungen an allen Fahrzeugtypen: vom Kleinwagen bis zum Lkw.

Der neue Maßstab für realistische Messungen

Als international führender Erstausrüster für Fahrzeugklimatisierung und Motorkühlung bietet Behr zahlreiche Dienstleistungen in Forschung und Entwicklung. Dienstleistungen, die individuell für jeden Kunden, für jede Marke und für jedes Modell die bestmögliche technische und wirtschaftliche Lösung sicherstellen.

Um Produkte zu entwickeln, die den stetig steigenden Anforderungen des Marktes entsprechen, stehen unseren Mitarbeitern modernste Prüffelder zur Verfügung. Besondere Bedeutung haben dabei die Behr-Klimawindkanäle, die realistische Mess- und Versuchsbedingungen ermöglichen. Sie sind die sichere Basis für reibungslosen Technologietransfer, für Qualitätssicherung, Kostenreduzierung und Zeitersparnis im Sinne unserer Kunden.

Entwicklung der Behr-Windkanäle

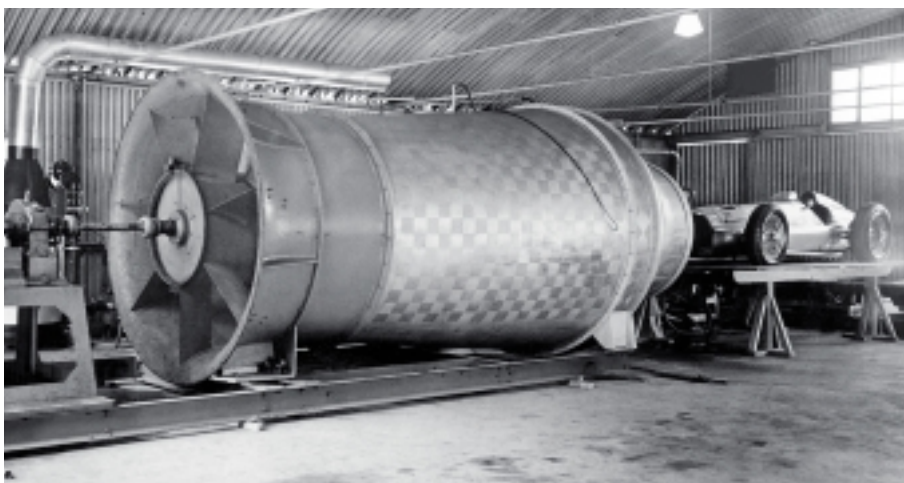
- 1936:** Manfred Behr, Sohn des Firmengründers, beschließt den Bau eines eigenen Windkanals.
- 1937:** Der erste Blaswindkanal für den Test von Kühlwasser- und Ölkreisläufen in sämtlichen Fahrzeugtypen unabhängig von Straßenversuchen entsteht.
- 1957:** Behr baut den ersten klimatisierbaren Windkanal Europas zur Entwicklung von Fahrzeugheizungen und Kälteanlagen.
- 1972:** Ausbau der Versuchseinrichtungen zu einem in der Branche europaweit einmaligen Entwicklungszentrum. Ablösung des Blaskanals von 1937 durch den Windkanal 2 und Inbetriebnahme des dritten Windkanals.

- 1999:** Baubeginn des großen Klimawindkanals (KWK) in Stuttgart.
- 2000:** Termingerechter Start für den Klimawindkanal am Behr-Hauptsitz in Stuttgart-Feuerbach.
- 2002:** Baubeginn des Troy Wind Tunnel (TWT) bei Behr America in Troy, Michigan/USA.
- 2004:** Der TWT geht in Betrieb.

Die Straße im Labor – state of the art

Unsere modernen Windkanäle in Stuttgart und Troy setzen neue Maßstäbe bei der Simulation von Umwelt- und Fahrbedingungen. So werden z. B. die spezifizierten Werte für die Gleichförmigkeit der Temperaturverteilung und der Geschwindigkeit im Düsenaustritt problemlos erreicht, alle dynamischen Fahrzyklen können gefahren werden. Der Geräuschpegel in der Messstrecke liegt weit unter dem bisher üblichen Niveau. Beste Voraussetzungen also, um in einem Klimawindkanal die akustischen Bewertungen im Innenraum des Fahrzeugs vornehmen zu können.

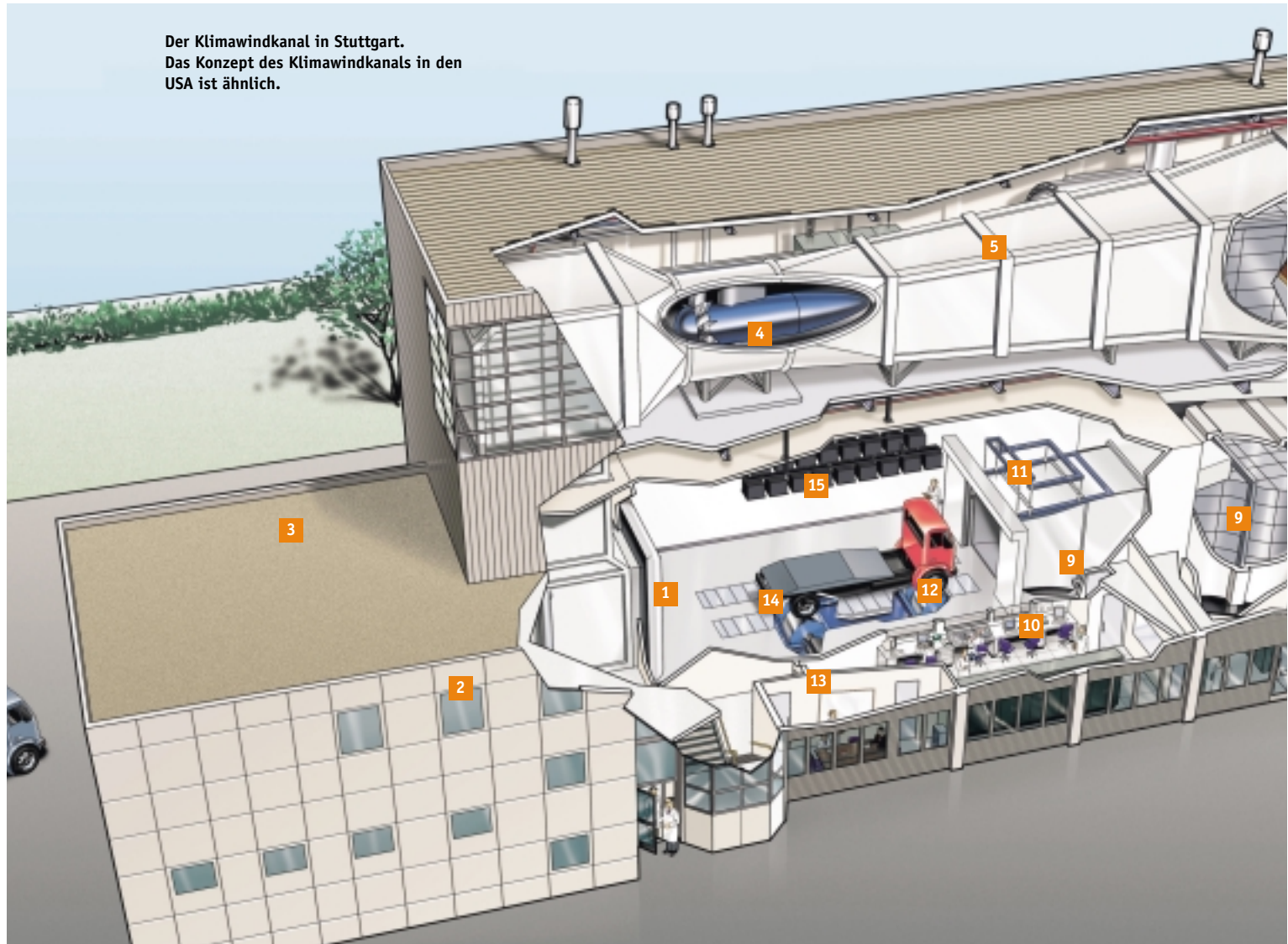
Auf den Punkt gebracht: Behr hat die Straße ins Labor geholt. Denn neben der Ermittlung klassischer Geschwindigkeits- und Klimawerte können auch beliebige Sonneneinstrahlungen aus allen Himmelsrichtungen simuliert werden. Und, weiterer Beleg für das richtungsweisende Konzept und die perfekte technische Realisierung der Klimawindkanäle: Die Strömungsqualität erreicht das Niveau aeroakustischer Windkanäle.



1937 geht der erste Behr-Windkanal in Betrieb.

Eine neue Dimension in Forschung und Entwicklung

Der Klimawindkanal in Stuttgart.
Das Konzept des Klimawindkanals in den
USA ist ähnlich.



- | | | |
|--|--------------------------------------|--|
| 1 Kollektor | 6 Wärmetauscher (33 m ²) | 11 Verstellbare Düse |
| 2 Arbeitsräume, Büros | 7 Umlenkgitter | 12 Rollenprüfstand |
| 3 Vortemperiererraum, Schleuse
und Fahrzeugausrüstung | 8 Maschinendeck | 13 Besprechungszimmer |
| 4 Gebläse (315 kW) | 9 Kontraktion (5,5:1) | 14 Offene Messstrecke für
alle Fahrzeugtypen und -klassen |
| 5 Diffusor | 10 Messwarte | 15 Sonnensimulation |

Zentrale Aufgabe der Klimawindkanäle ist es, das Klimasystem eines Fahrzeugs zu überprüfen, die Regelalgorithmen zu optimieren und die Einzelkomponenten des Klima- und Motorkühlungssystems perfekt

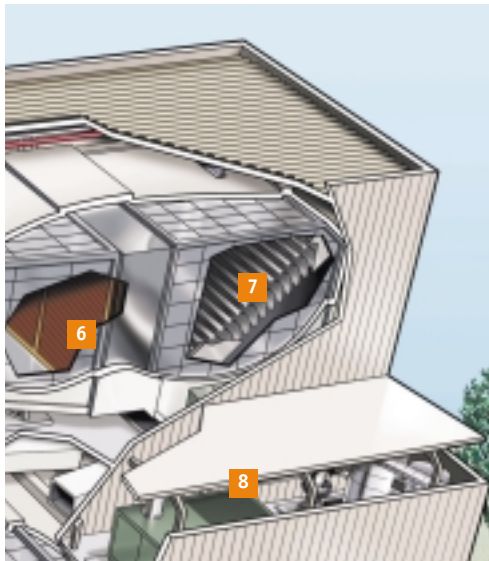
aufeinander abzustimmen. Vor diesem Hintergrund und mit der Option, Kühlleistungsmessungen mit Spitzenlast in einem eigens darauf ausgerichteten Windkanal durchzuführen, wurde der Klimawindkanal in Stuttgart mit einer Maximalgeschwindigkeit von 130 km/h kompromisslos auf Messungen für die Fahrzeugklimatisierung beziehungsweise Teillastbereiche in der Motorkühlung ausgelegt. Der Klimawindkanal in Troy deckt mit einer Maximalgeschwindigkeit von 200 km/h und höheren Rollenlasten zusätzlich den Bereich der Volllastmessungen in der Motorkühlung ab.

praxis denkbaren Zustände, unterschiedlichste Kombinationen und Abfolgen von Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Sonneneinstrahlung und Straßenlast lassen sich sehr differenziert einstellen. Somit können die charakteristischen Kenngrößen des Kältekreislaufs reproduzierbar angefahren werden.

Alle erforderlichen Tests werden in einer großzügig dimensionierten, offenen Messstrecke durchgeführt, die über Kapazitäten für sämtliche Fahrzeuggrößen bis hin zum Lkw verfügt. Die Kammer-temperatur lässt sich mit einer Maximalabweichung von $\pm 0,5$ K einstellen – von -30 °C bis $+50$ °C. Ebenso exakt ist auch die Einstellung der Luftfeuchtigkeit: Die Toleranz von $\pm 0,5$ K zum jeweiligen Taupunkt zwischen einem Taupunkt von 0 °C und 95 % relativer Feuchte repräsentiert einen Spitzenwert in der Industrie.

Reale Situationen beliebig reproduzierbar gemacht

Die Klimawindkanäle überzeugen in allen Punkten: Sämtliche in der Fahr-



Konzeption und Technik

Ausstattung:

- Offene Messstrecke für Pkw, Vans, Transporter und Nkw
- Alle Antriebsarten (zwei Rollen für Front-, Heck- und Allrad-Antrieb)
- Rollenprüfstand mit verschiebbaren Achsen
- Verstellbare Düse für unterschiedliche Fahrzeugtypen
- Solarium mit Sonnenstandssimulation und vollem Sonnenspektrum
- Vortemperraum für Pkw und Vans
- Kanal-Design für Akustikmessungen im Fahrzeuginnenraum

Fahrprogramme:

- Simulation von Versuchsfahrten
- ECE (Kraftstoffverbrauch, Thermomanagement)

Umweltbedingungen:

Nachbildung von Tagesabläufen (Sonnenstand, Klima)

Leistungsmerkmale

KWK Stuttgart

TWT Troy

Fahrzeugabmessungen max.:

10,0 x 2,65 x 5,0 m (L x B x H)

8,8 x 2,6 x 4,35 m (L x B x H)

Windgeschwindigkeit max.:

Pkw: 130 km/h bei 6 m² Düsenfläche
 Van/Transporter: 100 km/h bei 8 m² Düsenfläche
 Nkw: 80 km/h bei 10 m² Düsenfläche

Pkw: 200 km/h bei 6 m² Düsenfläche
 Van/Transporter: 160 km/h bei 8 m² Düsenfläche
 Nkw: 120 km/h bei 10 m² Düsenfläche

Temperaturbereiche:

-30 bis $+50$ °C im Klimawindkanal
 -40 bis $+50$ °C im Vortemperraum
 (Abkühlzeit < 180 min von $+50$ bis -30 °C)

-30 bis $+50$ °C im Klimawindkanal
 -40 bis $+50$ °C im Vortemperraum
 (Abkühlzeit < 180 min von $+50$ bis -30 °C)

Feuchtigkeitsbereich:

0 °C Taupunkt bis 95% rel. Feuchte

0 °C Taupunkt bis 95% rel. Feuchte

Solarium:

350 bis 1.200 W/m² Intensität

350 bis 1.200 W/m² Intensität

Bremsleistung Rollenprüfstand max.:

150 kW/Achse ab 30 km/h

300 kW/Achse ab 35 km/h

Antriebsleistung max.:

> 100 kW

> 250 kW ab 35 km/h

Geschwindigkeitsabweichung max.:

0,5 %

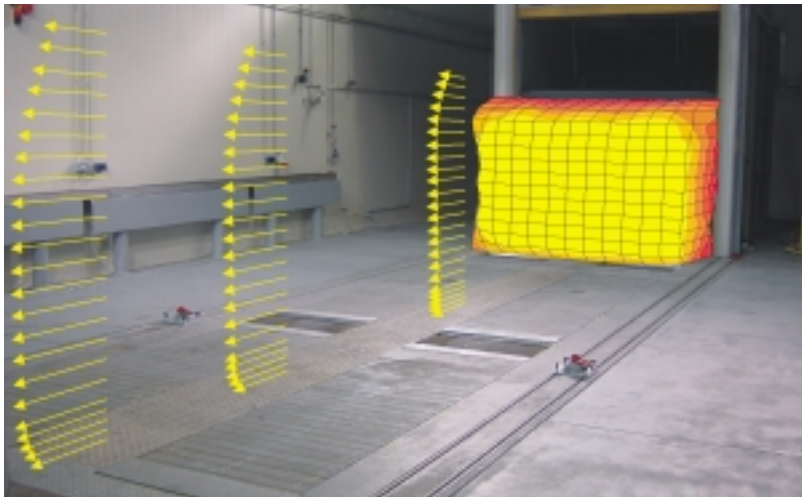
0,5 %

Hintergrundgeräusch:

< 70 dB(A) bei 50 km/h

< 65 dB(A) bei 50 km/h

Vielseitigkeit und Effizienz unter ein gemeinsames Dach gebracht



Bis auf die Düsengrenzschicht wird die gesamte Austrittsfläche mit einer Geschwindigkeitsabweichung < 0,5 % und einer Temperaturabweichung < 0,5 K durchströmt. Diese Qualität bleibt stromab nahezu konstant.

Die Positionierung der Fahrzeugräder in den Behr-Klimawindkanälen erfolgt auf zwei Rollenpaaren, die jeweils bis zu 150 kW (Stuttgart) bzw. 300 kW (Troy) Motorleistung abbremser können; der vorgegebene Achsabstand wird millimetergenau eingestellt. Die zwei Dynamometer ermöglichen die realitätsnahe Nachbildung der Unterbodenströmung und damit das perfekte Nachempfinden der Aerodynamik bei einer Straßenfahrt.

Hightech für Licht und Wärme

Um die Aufheizung der Kabine durch die Sonne nachzuvollziehen, verfügen die Klimawindkanäle über ein vielseitiges Solarium, dessen Bestrahlungsintensität sich zwischen 350 W/m² und 1.200 W/m²

variieren lässt. Die spektrale Verteilung des Sonnenlichts wird dabei exakt nachgebildet. Damit beliebige Einstrahlungswinkel erzeugt und die Sonnenstände zu jeder Tageszeit nachempfunden werden können, sind die Lampen des Solariums auf beweglichen Rahmen montiert. Klappensysteme und Filter sorgen für die Nachbildung der kurzzeitigen Abschattung durch Wolken oder bei einer Tunnelfahrt.

Strömungsqualität weit über dem Durchschnitt

Da für die Durchströmung des Innenraums die Druckverhältnisse um das gesamte Fahrzeug maßgeblich sind, kommt der Strömungsqualität besondere Bedeu-

tung zu: Während bei herkömmlichen Klimawindkanälen bereits eine Öffnung von 6 m² für Fahrzeug-Tests als groß gilt, kann die Austrittsfläche der Düse in den Behr-Klimawindkanälen mit einem flexiblen Düsenteil nicht nur auf 6 m², sondern für Vans und Transporter auch auf 8 m² oder für Lkw sogar auf 10 m² eingestellt werden. Doch nicht nur die Strömungsqualität, auch die Gleichförmigkeit der Strömungsgeschwindigkeit ($\pm 0,5 \%$) und die Temperaturverteilung ($\pm 0,5 \text{ K}$) werden höchsten Anforderungen gerecht.

Low level beim Schallpegel

Ein möglichst geringer Schallpegel ist die Voraussetzung, um akustische Emissionen des Klimasystems in den Fahrzeuginnenraum erkennen und beurteilen zu können. Erreicht wurde dies in den Behr-Klimawindkanälen über die sorgfältige Auswahl der einzelnen Komponenten und deren perfekte Abstimmung aufeinander.



Abkühlung im Vortemperierraum



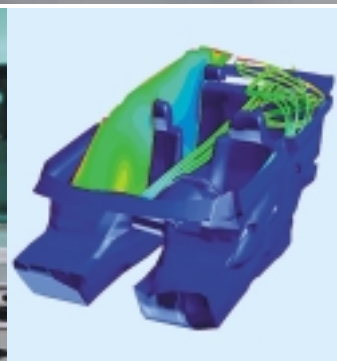
Fahrzeugvorbereitung



Klimasimulation, z. B. Vereisung



Datenerfassung und -auswertung



Innenraum-Computersimulation



Heat up. Cool down.

Behr GmbH & Co. KG
Mauserstraße 3
70469 Stuttgart
Deutschland
Telefon: +49 (0) 711/896-0
Fax: +49 (0) 711/896-40 00

Behr America
2700 Daley Drive
Troy, Michigan 48083
USA
Telefon: +1-248-743-3700
Fax: +1-248-743-3701

www.behrgroup.com

BEHR