



**Abb. 6:** Schnee- und Eisansammlung im Drehgestellbereich im realen Betrieb  
 Quelle: RTA



**Abb. 7:** Schnee- und Eisansammlung an einem Drehgestell am Rollenprüfstand  
 Quelle: RTA

Im nächsten Schritt wird die ausgefahrene Stufe mit Schnee bedeckt (Abb. 4). Mit diesem Verfahren wird nasser Schnee simuliert, der an der Stufe anhaftet und durch Fahrgäste festgetreten wird. Die Stufe wird in Folge wieder eingefahren und nach ungefähr 20 Minuten nochmal auf ordnungsgemäße Funktion geprüft. Erfolgskriterien:

- Die Trittstufe fährt komplett aus und ein.
- Die Trittstufe reversiert bei einem Hindernis. Die Maximalkraft bei Kontakt mit einem Hindernis darf 300 N nicht übersteigen.
- Die Trittstufe bewegt sich nicht, wenn die Tür vollständig geöffnet ist.

#### Unterbodenlandschaft und Flugschnee – ein Spezialproblem im Winter

Für die typischen Unterflurkomponenten (z.B. Kompressor, Drehgestell mit Bremsen, Magnetschienenbremsen, Besandungsanlage, Niveauregulierung, Neigesystem, Spurkranzschmierung) gelten jeweils eigene spezifische Testkriterien gemäß CEN/TR 16251 (Abb. 5), die hier aber nicht näher beschrieben werden sollen.

Gemeinsam ist diesen Komponenten und generell der Unterbodenlandschaft von Schienenfahrzeugen, dass es dort unter Winterbedingungen fallweise zu massiven Schneeanstimmungen bzw. Eisbildung kommen kann (Abb. 6). Diese Anstimmungen können die Funktion der Komponente beeinträchtigen oder sogar zu deren Versagen führen. Darüber hinaus kann ein Abfallen der Schnee-/Eisgebilde während der Fahrt schwere Beschädigungen im Unterflurbereich zur Folge haben und Schotterflug auslösen [4].

Welchen Beitrag zur Reduzierung oder Vermeidung von Eis-/Schneeabwurf können Klimatests nun leisten?

#### Schnee- und Eisansammlung

Zu Schnee- und Eisansammlungen im Unterflurbereich kommt es primär durch aufgewirbelten Schnee während der Fahrt. Diese Bedingungen im Drehgestellbereich eines Schienenfahrzeuges lassen sich sehr gut am Rollenprüfstand im Klima-Wind-Kanal simulieren (Abb. 7), der auch für Zulassungstests für Verbundstoff-Bremssohlen unter Schneebedingungen eingesetzt wird [5]. Der Unterschied zwischen simulierter und realer Schnee- und Eisansammlung liegt in der Konsistenz der Anpackungen (Anhaftungen), da auf der Strecke ein ständiger Wechsel zwischen Antauen und Anfrieren stattfindet. Im Klima-Wind-Kanal ist Schnee stark komprimiert, aber deutlich weniger vereist als auf der Strecke. Stärker vereiste Anpackungen ließen sich zwar grundsätzlich auch im Klima-Wind-Kanal simulieren, dies würde aber deutlich mehr Zeit in Anspruch nehmen. Da der Eis-/Schneeabwurf im Klima-Wind-Kanal nicht getestet werden kann, beziehen sich die Untersuchungen vor allem auf Maßnahmen zur Reduktion von Schnee-/Eisansammlungen, wo die Konsistenz der Anpackungen nicht im Vordergrund steht. So wurden in diesem Zusammenhang etwa Enteisungsmittel getestet, die auch ein erneutes Vereisen verzögern sollen. Aber auch konstruktive Maßnahmen wie Abschirmungen oder Ablenkleche und beheizte Oberflächen wurden im Klima-Wind-Kanal bereits auf ihre Wirksamkeit untersucht.

#### Schlussfolgerungen

Komponententests an einem voll funktionstüchtigen Schienenfahrzeug im Klima-

Wind-Kanal tragen wesentlich dazu bei, die Zuverlässigkeit von Zügen unter allen Wetterbedingungen zu erhöhen und sie dadurch „winterfitter“ zu machen.

Detaillierte Testprozeduren für die einzelnen Komponenten garantieren ein hohes Maß an Standardisierung und damit Vergleichbarkeit. Für die weitere Entwicklung von Testprozeduren ist jedoch eine laufende Evaluierung der Rückmeldungen aus dem Betriebseinsatz unerlässlich.

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 – das spart Zeit und Kosten. ■

#### QUELLEN

- [1] EN 50125-1:2014, Bahnanwendungen – Umweltbedingungen für Betriebsmittel – Teil 1: Betriebsmittel auf Bahnfahrzeugen (DIN EN 50125-1:2014-11; VDE 0115-108-1:2014-11)
- [2] CEN/TR 16251:2016, Bahnanwendungen – Umweltbedingungen – Konstruktionsempfehlungen für Schienenfahrzeuge
- [3] EN 14752:2015, Bahnanwendungen – Seiteneinstiegssysteme für Schienenfahrzeuge
- [4] Ostermann, M.; Michelberger, F.; Mayer, M.; Maly, T.: Erkennung von Eisbildung an Zügen zur Verhinderung von eisabwurfinduziertem Schotterflug, ETR – Eisenbahntechnische Rundschau mit ETR Austria, 12/2017, S. 74–78
- [5] Wintertest von Verbundstoff-Bremssohlen im Klima-Wind-Kanal, ETR – Eisenbahntechnische Rundschau mit ETR Austria Kompakt, 9/2014, S. 139



**Dipl.-Ing. Gabriel Haller**  
 Technisch/Wissenschaftlicher Leiter  
 Rail Tec Arsenal, Wien (AT)  
 gabriel.haller@rta.eu

# Vorbeugende Klimatests für winterfittere Schienenfahrzeuge

Mit Klimatests lassen sich viele Probleme im Winterbetrieb bereits im Vorfeld erkennen und auch die Wirksamkeit von Verbesserungsmaßnahmen verifizieren.



**Abb. 1:** Realistische Fahrbetriebsbedingungen mit Schnee im Klima-Wind-Kanal  
 Quelle: Bombardier

#### GABRIEL HALLER

**Klimatests waren und sind für die Entwicklung moderner Schienenfahrzeuge von großer Bedeutung. Der Klima-Wind-Kanal Wien von Rail Tec Arsenal bietet die Möglichkeit, Wettereinflüsse auf Fahrzeuge und Komponenten unter realistischen Betriebsbedingungen zu untersuchen. Auf Knopfdruck kann hier jedes Wetter der Welt erzeugt werden – von extremer Sonneneinstrahlung bis hin zu Schnee, Regen und Eis. Kombiniert mit Fahrtwind-, Last- und Fahrzyklussimulation, lassen sich so praxisnahe Testszenarien realisieren. Die zuverlässige Reproduzierbarkeit der stets gleichen Witterungsbedingungen ist insbesondere bei Wintertests wichtig.**

#### Wintertests als besondere Herausforderung

Fahrgäste erwarten von der Bahn mit gutem Recht höchste Zuverlässigkeit bei jedem Wetter. Die im Betrieb herrschenden Umweltbedingungen, wie z.B. Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit, Sonnenstrahlung, Regen, Schnee etc., sind in der Europäischen Norm für verschiedene Klimazonen EN 50125-1 [1] definiert. Für viele

Komponenten ist dies durchaus ausreichend. Schwierig wird es allerdings bei Komponenten, die mehreren Umweltparametern gleichzeitig ausgesetzt sind. Diese Kombinationen treten vor allem unter winterlichen Bedingungen auf und haben für die verschiedenen Komponenten unterschiedliche Relevanz. Um Klimatests effizient und effektiv durchführen zu können, ist es daher von Vorteil, über die spezifische „Klimaanfälligkeit“ der Komponenten möglichst genau Bescheid zu wissen. In den Testszenarien sind sowohl die kritischen Wetterbedingungen für die jeweilige Komponente als auch die Betriebsbedingungen zu berücksichtigen.

#### Standardisierte Klimaszenarien – ein erster Schritt für klimafittere Fahrzeuge

Aufbauend auf kundenspezifischen Klimafunktionstests und Erhebungen bei Bahnbetreibern und der Schienenfahrzeugindustrie über die „Klimaanfälligkeit“ von Komponenten und Systemen wurden maßgeschneiderte Testprozeduren für kritische Klimaszenarien und Betriebsweisen entwickelt. Diese „Standardtestprozeduren“ werden mittlerweile erfolgreich im Klima-Wind-Kanal angewendet und sind auch größtenteils in den Technischen Report CEN/TR 16251 [2] eingeflossen.

In Tab. 1 sind die Systeme/Komponenten mit den jeweiligen Klimatestbedingungen gemäß CEN/TR 16251 aufgelistet. Darüber hinaus sind auch neuere ergänzende Klimatestbedingungen und weitere Systeme/Komponenten angeführt, die (noch) nicht Eingang in den Report gefunden haben.

#### Adaption, Erweiterung und Neuerstellung von Testprozeduren

Aufgrund von ständigen Innovationen und Neuentwicklungen müssen Testprozeduren laufend an (neue) Funktionalitäten oder Betriebsbedingungen angepasst bzw. auch komplett neu entwickelt werden. Obwohl die Standardtestprozeduren für manche Wetter- und Betriebsbedingungen abdecken, erscheinen dennoch zusätzliche Testszenarien mit anderen Parameterkonfigurationen sinnvoll. Im Folgenden werden drei Komponenten und deren Testprozeduren näher beschrieben.

#### Frontscheibe für klare Sicht

Die „Frontscheibe“ muss für den Fahrer die klare Sicht nach vorne unter allen Witterungsbedingungen gewährleisten, etwa bei Regen, gefrierendem Regen, Schneefall und hoher

Luftfeuchtigkeit, die zum Beschlagen der Scheibeninnenseite führen kann.

Das Zusammenspiel mehrerer Komponenten wie Scheibenwischer, Scheibenwaschanlage, HKL-System (Heizung/Klima/Lüftung) des Fahrerstandes und/oder Scheibenheizung muss dafür zuverlässig funktionieren.

Nachfolgend werden vier grundlegende Testprozeduren für die Frontscheibe gemäß CEN/TR 16251 näher vorgestellt:

#### Eis

Mit diesem Test wird ein abgestelltes, außer Betrieb befindliches Fahrzeug bei Eisregen im Freien simuliert. Die Frontscheibe des Fahrzeuges wird bei  $(-15 \pm 5)^\circ\text{C}$  mit einer Eisschicht von ca. 2 mm beaufschlagt. Das HKL-System des Fahrerstandes ist dabei nicht in Betrieb. Nach Aufbringen der letzten Wasserschicht muss das Eis mindestens 10 Minuten aushärten.

Danach werden die Scheibenheizung und das HKL-System des Fahrerstandes eingeschaltet und der Abtauprozess überwacht und dokumentiert. Der Test ist beendet, sobald die Frontscheibe frei von Eis ist. Am Ende des Abtauprozesses wird der Scheibenwischer betätigt, um den verbliebenen Wasserfilm zu entfernen.

Erfolgskriterien:

- Entfernung der an der Frontscheibe aufgetragenen Eisschicht von ca. 2 mm durch Einsatz der Scheibenheizung in einer Zeit von < 60 Minuten.
- Die Funktion des Scheibenwischers und der Scheibenwaschanlage ist nach der Enteisung gegeben.

#### Nassschnee

Im ersten Teil dieser Testprozedur wird am abgestellten Fahrzeug untersucht, ob der Scheibenwischer in der Lage ist, angesammelten schweren Nassschnee im Wischbereich von der Frontscheibe zu entfernen. Die Frontscheibe des Fahrzeuges wird hierzu bei einer Außentemperatur von  $(-5 \pm 5)^\circ\text{C}$  und einer Windgeschwindigkeit von bis zu 15 km/h mit nassem Schnee beaufschlagt (Abb. 1). Nach Erreichen einer Schneedicke von ungefähr 30 mm wird der Scheibenwischer eingeschaltet (Abb. 2). Bei etwaigen Problemen kann die Scheibenheizung zur Unterstützung zugeschaltet werden.

Der zweite Teil untersucht die Scheibenwischerwirkung mit Schneefall im Fahrbetrieb (HKL-System des Fahrerstandes eingeschaltet, mit/ohne Scheibenheizung). Die Frontscheibe des Fahrzeuges wird dabei eine Stunde lang einer Schneehöhe von  $(8 \pm 2) \text{ g/m}^3$  bei einer Außentemperatur von  $(-5 \pm 5)^\circ\text{C}$  und einer Zuggeschwindigkeit von 80 km/h ausgesetzt. Mit diesem Test wird untersucht, ob der Scheibenwischer flattert, von der Frontscheibe abhebt oder sonstige Fehlfunktionen zeigt.

Erfolgskriterien:

- Während des Betriebes kommt es auf der Frontscheibe und auf dem Scheibenwischer

| Komponente                  | Abschnitt gemäß CEN/TR 16251 | Eis | Trockenschnee | Nassschnee | Regen | Kondensation | Hitze (Sonne) | Kälte |
|-----------------------------|------------------------------|-----|---------------|------------|-------|--------------|---------------|-------|
| Schneepflug                 | 6.1                          |     | x             | x          |       |              |               |       |
| Drehgestell                 | 6.2                          | x   | x             | x          | x     | x            | x             | x     |
| Bremsen                     | 6.3                          | x   | x             | x          |       |              | x             | x     |
| Kompressor                  | 6.4                          |     |               |            |       | x            | x             | x     |
| Besandungsanlage            | 6.5                          | x   | x             | x          | x     | x            |               | x     |
| Niveauregulierung           | 6.6                          | x   | x             | x          |       |              | x             | x     |
| Neigesystem                 | 6.7                          | x   | x             | x          |       |              | x             | x     |
| Spurkranzschmierung         | 6.8                          |     |               |            |       |              | x             | x     |
| Frontscheibe                | 6.9                          | x   |               | x          | x     | x            |               | x     |
| Rücksehkamera               | 6.10                         | x   |               |            |       | x            |               | x     |
| Signallichter               | 6.11                         | x   |               | x          |       | x            |               | x     |
| Horn                        | 6.12                         | x   | x             | x          |       |              |               | x     |
| Türen                       | 6.13                         | x   | x             | x          | x     | x            | x             | x     |
| Schiebetritt                | 6.14                         | x   | x             | x          | x     | x            | x             | x     |
| Stromabnehmer               | 6.15                         | x   |               | x          |       |              |               | x     |
| Kupplung                    | 6.16                         | x   | x             | x          |       |              |               | x     |
| Luftansaugung               | 6.17                         |     | x             | x          |       | x            |               | x     |
| Antrieb                     | 6.18                         |     |               |            |       |              | x             |       |
| Batterie                    | 6.19                         |     |               |            |       |              |               | x     |
| Nasszelle - WC              | 6.20                         |     |               |            |       |              |               | x     |
| Schaltschränke etc.         | 6.21                         | x   | x             | x          | x     | x            |               |       |
| Triebfahrzeugfahrer - Tritt | -                            | x   | x             | x          | x     |              | x             | x     |
| Bugklappe                   | -                            | x   | x             | x          |       |              |               | x     |
| Fahrzielanzeige             | -                            | x   |               | x          |       |              | x             |       |
| Magnetschienenbremse        | -                            | x   |               | x          |       |              |               | x     |
| Fahrzeug aufrüsten          | -                            |     |               |            |       |              | x             | x     |

Legende

|   |                                 |
|---|---------------------------------|
| x | Testprozedur gemäß CEN/TR 16251 |
| x | Ergänzende Tests                |

Tab. 1: Übersicht Klimafunktionstests diverser Komponenten

zu keinen Eis- und Schneeanisammlungen, die die Funktion des Scheibenwischers, der Scheibenwaschanlage und somit die Sicht des Fahrers beeinträchtigen.

- Der Scheibenwischer entfernt den Schnee zuverlässig.
- Die Frontscheibe im Wischbereich beschlägt nicht und ist frei von Schlieren und Schneeanisammlung.



Abb. 2: Scheibenwischertests mit Nassschnee

Quelle: Bombardier

#### Regen

Diese Testprozedur untersucht die eigentliche Scheibenwischerfunktion bei ständigem Regen und unterschiedlichen Fahrgeschwindigkeiten bis zur Maximalgeschwindigkeit. Alle Wischerstufen werden bei den unterschiedlichen Fahrgeschwindigkeiten einzeln untersucht, wobei zumindest eine Wischerstufe eine „schlierenfreie“ Entfernung des Wasserfilms von der Frontscheibe gewährleisten muss.

Erfolgskriterien:

- Der Scheibenwischer und die Scheibenwaschanlage funktionieren bei allen Fahrgeschwindigkeiten ordnungsgemäß. Das Wasser der Scheibenwaschanlage wird gleichmäßig über den Wischbereich verteilt.
- Die Frontscheibe ist im Wischbereich frei von Schlieren und beschlägt nicht.
- Der Scheibenwischer flattert nicht und hebt auch nicht kurzzeitig von der Scheibe ab.

#### Kondensation bei hoher relativer Außenluftfeuchte

Bei dieser Testprozedur ist das HKL-System des Fahrerstandes in Betrieb (Temperaturwahlschalter Sollwertstellung „Mitte“). Bei einer Umgebungstemperatur von  $(+20 \pm 2)^\circ\text{C}$  und einer relativen Luftfeuchte von mindestens 80 % muss die Klimaanlage des Fahrerstandes die mittlere Raumtemperatur für mindestens eine Stunde konstant halten. Während dieser Zeit wird kontrolliert, ob die Scheiben im Fahrerstand beschlagen. Sollten Kondensa-

tionerscheinungen auftreten, werden Abhilfemaßnahmen (Scheibenheizung, Lüfterstufen, Stellung Fensterluftausblasöffnung) gesetzt und die Zeit bis zur Wiederherstellung einer vollständig freien Sicht ermittelt.

#### Türen und Trittstufen im Fokus der Fahrgäste

Die Komponenten des Einstiegsbereiches werden von den Fahrgästen als das stör anfälligste System in Schienenfahrzeugen wahrgenommen. Wer hat sich noch nicht über Türstörungen oder Fehlfunktionen geärgert, die im schlimmsten Fall die Abfahrt des Zuges verzögern können. Nicht zuletzt sind aber oft auch die Fahrgäste selbst Auslöser dieser Störungen, wenn sie z.B. bei schließenden Türen noch einsteigen und somit Sicherheitseinrichtungen auslösen.

Türen und Trittstufen haben sich aufgrund der steigenden Sicherheitsanforderungen an die jeweiligen Überwachungs- und Steuerungseinrichtungen zu einem der komplexesten Fahrzeugsysteme entwickelt. Insbesondere winterliche Bedingungen mit tieferen Temperaturen, Schnee und Eis stellen eine zusätzliche Herausforderung dar, da oft die Schließkräfte erhöht werden müssen, ohne dabei den Einklemmschutz zu beeinträchtigen. Die Hinderniserkennung der Trittstufen muss bei Schnee und Eis, auch in Verbindung mit Streusplitt, störungsfrei funktionieren.

Durch Ansammlung von Eis und Schnee im Türbereich lassen sich Türen nicht mehr oder nicht vollständig öffnen, schließen oder automatisch reversieren, und ausfahrbare Trittstufen bleiben stecken. Oft reichen geringfügige konstruktive Maßnahmen oder steuerungstechnische Veränderungen, um hier Abhilfe zu schaffen oder deutliche Verbesserungen zu erzielen. Mit reproduzierbarem Schnee- und Vereisungsbedingungen können diese Maßnahmen effizient untersucht und getestet werden. Testprozeduren für Türen und ausfahrbare Trittstufen sind natürlich auch in der CEN/TR 16251 enthalten. Für den detaillierten Nachweis der geforderten Funktionsfähigkeit der Einstiegstüren und ausfahrbaren Trittstufen unter kritischen Wetterbedingungen wird aber auf die Europäische Norm EN 14752 [3] verwiesen. Diese enthält detaillierte Anforderungen und Testbeschreibungen für den Schließ- und Öffnungsvorgang, wie z.B. Hinderniserkennung und Einklemmschutz bei Türen, berührungslos wirkende Hinderniserkennung, Ausziehkraft bei eingeklemmten Gegenständen, Mitschleiferkennung, Trittsüberwachungssystem. Zwei Testprozeduren für Türen bzw. ausfahrbare Trittstufen gemäß CEN/TR 16251 werden nachfolgend näher beschrieben:

#### Türen mit Trockenschnee

Dieser Test soll die Fahrt auf der Strecke unter Flugschneebedingungen simulieren. Der Test wird bei einer Außentemperatur von  $-15^\circ\text{C}$  und einer Windgeschwindigkeit von 15 km/h bis 30 km/h unter Beschneigung mit Trockenschnee durchgeführt und dauert 30 Minuten. Das HKL-System des Fahrgastbereiches ist dabei eingeschaltet. Im Anschluss an die Beschneigung wird der Türbereich auf eingedungenen Schnee kontrolliert und ein Funktionstest der Tür durchgeführt (Abb. 3):

Erfolgskriterien:

- Die Tür öffnet und schließt vollständig.
- Der Einklemmschutz erkennt das Prüfstück und die Tür reversiert, oder das Prüfstück kann mit einer Kraft von <150 N herausgezogen werden.
- Das Notöffnungssystem funktioniert vollständig.
- Kein Eindringen von Schnee, Wasser oder Eis in den Türinnenbereich.

#### Trittstufen mit Nassschnee

Dieser Test wird bei einer Außentemperatur von  $(-5 \pm 5)^\circ\text{C}$  an zwei Fahrgasttüren mit Trittstufen durchgeführt. Eine Schneeschicht von ungefähr 20 mm (nasser Schnee) wird in Windrichtung auf die eingefahrene Trittstufe aufgebracht. Anschließend werden die Stufe und der Einklemmschutz auf ihre Funktionsfähigkeit geprüft.



Abb. 3: Seitentüre mit trockenem Flugschnee

Quelle: RTA



Abb. 4: Trittstufe mit Nassschnee

Quelle: RTA



Abb. 5: Unterflurkomponenten mit Schnee

Quelle: RTA