



Von Mekka nach Medina über Berlin

Qualitätstests für Hochgeschwindigkeitszüge in voller Fahrt Die Energiewende macht auch vor den ölvorwöhnten arabischen Investoren nicht halt. Für die benötigten Schlüsseltechnologien holt man sich gerne Unterstützung, und deutsche Konzerne liefern hochwertige Industriegüter. Allerdings haben diese Länder nicht nur viel Öl und Geld, sondern auch ein Meer aus Sand. Und das stellt ein großes Problem für Industrien aller Art dar.

VON MARCO KÄMPFERT

Beim Ausbau des Schienennetzes hinken die reichen arabischen Länder den Industrienationen noch hinterher. Das soll nun mit Milliardeninvestitionen rasch geändert werden, wie die Beispiele Saudi-Arabien und auch Dubai zeigen.

Viel Sand im Getriebe: das Haramain-High-Speed-Rail-Projekt

Die Haramain High Speed Rail ist beispielhaft für diese Entwicklung, an der auch deutsche Ingenieurstechnik beteiligt ist. Der Bau einer 450 km langen Hochgeschwindigkeitsstrecke, die die wichtigsten Städte des Islam, Mekka und Medina, miteinander verbindet, ist ein

6,79 Milliarden Euro schweres Prestige-projekt, das bereits Ende der 2000er-Jahre beschlossen wurde. Ursprünglich sollten bereits 2016 Züge über die Schienen rollen, doch wegen klimatischer und sandbedingter Einflüsse kam es zu Verzögerungen. Deswegen soll der Betrieb nun schrittweise ab Ende 2017 aufgenommen werden.

Das Material ist dabei allergrößten Herausforderungen unterworfen. Nicht nur extreme Temperaturschwankungen zwischen -5 und $+55$ °C, sondern insbesondere die sogenannte »Sandstrahlung« verzögerten den Start und führten sogar zum Versagen der Testtechnik. So wanderten Dünen auf die Strecke, was

Die Testkammer von Technolab: die Wüsten dieser Welt, simuliert in Berlin (© TechnoLab)



den Betrieb unmöglich machte, und auch die Zugtechnik an sich wird in hohem Maß durch Sand- und Staubbestrahlung regelrecht zerstört. Vor allem die Lager und Lagerführungen an den Zugachsen und Rädern waren massiv betroffen. So musste die Testphase vor dem Real-Einsatz in der Wüste deutlich intensiviert werden.

Das Berliner Test- und Prüflabor Technolab konnte sich dabei maßgeblich in den Verbesserungsprozess einschalten. Es musste getestet werden, ob Staub und Sand in die Lager eindringen. Dieser Dichtigkeits-Test stellte die Ingenieure des Prüflabors vor neue und komplexe Aufgaben. Auch wenn die Lager einen ersten Test im Ruhezustand unbeschadet überstanden hatten, so war damit noch nicht gewährleistet, dass sie ihre Dichtigkeit gegenüber Sand und Staub auch bei voller Fahrt bewahren würden. Die Experten bauten je eine spezifische Kammer für den Blowing-Sand- und den Dust-Test, in denen sich Teile von Lagern und Achsen unter Fahrbedingungen mit einer simulierten Geschwindigkeit von bis zu 300 km/h testen lassen.

Zunächst griff der Blowing-Dust-Test nach der Norm MIL-STD 810-510 Procedure I und anschließend der Blowing-Sand-Test mit einer groberen Sandgröße nach der Norm MIL-STD 810-510.4 Procedure II. Außerdem wurde die AECTP-300-Norm mit der Methode 313 berücksichtigt. Diese Tests wurden aktiv durchgeführt – das heißt, die Achse wurde laufend gedreht und der Betrieb des Zugs simuliert. Die Geschwindigkeit wurde dabei zwischen 30 und 300 km/h geregelt.

In der Staubkammer mit den Maßen 2200 × 2400 × 1950 mm konnte das Achslager aus drei Richtungen »angestaubt« werden. Die Temperatur in der Kammer ist bis +90 °C einstellbar. Bei diesem Test hat man sich mit +55 °C an der Höchsttemperatur der Rub'al-Khali-Wüste in Saudi-Arabien orientiert. Eine Hebebühne hat das DUT (Device Under Test) von bis zu drei Tonnen Gewicht exakt positionieren können, sodass es frei zugänglich dem Staub ausgesetzt werden konnte.

Das Abarbeiten aller gängigen Normen wie MIL-STD, AECTP etc. stellt hier kein Problem dar. Beim Staubtest geht es vor allem um die sogenannte Ingress Protection, die gewährleisten soll, dass selbst feinste Partikel nicht in das Bauteil eindringen können. Der Sand-Test prüft das Material hinsichtlich der sogenannten Abrasion. Hier wird also getestet, inwiefern das Material vom Sand abgetragen oder beschädigt wird.

Der Blowing-Sand-Test wurde angelehnt an die Normen U.S. Standard MIL-STD-810G Method 510.5 und AECTP 300-3 Methode 313, die eine Reihe von Tests für die Verträglichkeit von Ausrüstung und Geräten mit extremen Temperaturen und Luftdrücken, Sonneneinstrahlung, Feuchtigkeit, Chemikalien, Beschleunigungskräften und Vibrationen, zum Beispiel in großen Höhen, umfassen, aber auch sehr spezielle Testmethoden und Parameter, wie Erschütterungen, die unter anderem bei fahrenden Eisenbahnen auftreten. Die Methode 510.5 ist speziell auf Sand und Staub ausgerichtet.

Das Device Under Test (DUT), das Lager der Bahnachse, wurde dank einer

Konstruktionsanpassung mittels Motoranbindung in simulierter Fahrt zwischen 70 und 300 km/h verschiedenen Belastungen durch Sand und Hitze ausgesetzt. Die große Sand-Prüfkammer bietet mit 3000 × 2820 × 3000 mm (B×H×T) und ihrem Volumen (bis 25 000 Liter) die nötigen Voraussetzungen. Die maximale Bestrahlungsfläche umfasst dank zweier Turbinen jeweils 505 × 635 mm (B/H). In der Kammer wurde ein Wüstenklima mit Temperaturen bis 80 °C simuliert.

Das feine Gespür für Sand und Staub

Im Vorfeld hatte sich Technolab eingehend damit auseinandergesetzt, welche Sand- und Staubarten in der geografischen Region vorherrschen, um die realen Bedingungen vor Ort möglichst exakt nachzubilden (siehe Infokasten). Nach Auswahl des richtigen Prüfsands mussten die folgenden Parameter festgelegt werden:

- minimale und maximale Windgeschwindigkeit
- minimale und maximale Sandkonzentration
- minimale und maximale Prüftemperatur
- Wärmeeinbringung
- Luftfeuchtigkeit

Zudem wurde definiert, wie oft eine Testeinheit wiederholt wird und wie lange der Test unter welchem Bestrahlungswinkel mit welcher Geschwindigkeit erfolgen soll. Geometrie und Dimensionen eines DUT können es erforderlich machen, mehrere Prüfdurchläufe durchzuführen, da die effektive Anstrahlfläche der Prüfeinrichtung in Abhängigkeit der geforderten Luftgeschwindigkeit limitiert ist.

Labyrinthdichtung umschließt das eigentliche Achslager

Im Anschluss an den Test erfolgte zunächst eine optische Inspektion, bei der alle signifikanten Schädigungen, die durch die Prüfung induziert wurden, dokumentiert werden. Danach wird eine Funktionsprüfung an dem DUT durchgeführt, die den Grad der eventuell eingetretenen Beeinträchtigungen misst. Dabei stellte sich die Wirkung des be- »



Auch Raketensysteme werden bei TechnoLab mit Sand und Staub traktiert. (© TechnoLab)

schleunigten Prüfsands als so gravierend heraus, dass ein kompletter Umbau des Konstruktionsteils notwendig wurde. Durch die hohen Fahrtgeschwindigkeiten kommt es zu extremen Luftverwirbelungen, die den Sand und Staub selbst in allerfeinste Freiräume der Lagerkonstruktion eindringen lassen. Beschädigungen von Dichtungen und Verbindungsstellen sind die zwangsläufige Folge, ebenso wie Verunreinigungen der Schmiermittel. Dementsprechend musste das DUT angepasst werden.

Das Lager wird nun so verbaut, dass Sand und Staub generell daran gehindert werden, bis zur eigentlichen Lagerdichtung vorzudringen. Eine Labyrinthdichtung, die ein vorgelagertes Gehäuse über

dem Lager bildet, verhindert, dass Elektronik und Mechanik, etwa die Getriebe, durch eindringenden Sand und Staub gestört werden. Darüber hinaus wurde die Resistenz gegen Abrasion an den außen liegenden Oberflächen verbessert. ■

SERVICE & INFORMATIONEN

TechnoLab GmbH, Berlin

Tel. +49 30 3641105-0

www.technolab.de

Beitrag als PDF: Dokumentennummer 3980312

DER AUTOR

Dipl.-Ing. Marco Kämpfert

ist als einer der Geschäftsführer der TechnoLab GmbH verantwortlich für Umweltsimulationen.



HINTERGRUND

Weltweit 90 Wüsten: Sand ist nicht gleich Sand

Weltweit existieren etwa 90 Wüsten mit jeweils eigenen Spezifika hinsichtlich Sand-Beschaffenheit, Temperatur, Wind und anderem. Gängige Praxis ist es, den Test mit Quarz (SiO_2 mit mindestens 95 Gew.-Prozent) als Prüfsand durchzuführen. Allerdings ist dessen Korngröße von $380\mu\text{m}$ im Verhältnis zu der der meisten Wüsten zu groß.

Daher hat TechnoLab den Prüfsand genauer untersucht und dazu die Wentworth-Skala herangezogen. Für die saudi-arabische Wüste Rub'al Khali, die einen relativ feinen Sand aufweist, wurden dabei folgende Daten ermittelt: Der Sand besteht aus Siliziumdioxid (SiO_2) mit mindestens 91 Gew.-Prozent, mit einer Partikelverteilung von $90 \pm$ Gew.-Prozent, einer mittleren Korngröße von $177\mu\text{m}$, $\text{Phi} \sim 2,5$, und einem Härtegrad von 6 bis 8 Mhos. Die Sand-Geometrie wird laut Wentworth-Skala als rounded*A, medium sphericity*A,

bezeichnet. Zudem herrscht eine Restfeuchtigkeit von einem bis zwei Prozent. Darüber hinaus entwickelte TechnoLab seine eigene Norm, die TLS-2020-1, die inzwischen in der Industrie breite Anerkennung gefunden hat.

TechnoLab hat mittlerweile Daten aus 16 Beispielregionen zusammengetragen: von bekannten Wüsten wie der Sahara oder der Wüste Gobi in Asien bis hin zu weniger namhaften wie der Strzelecki-Wüste in Australien. Dabei fällt auf, dass sich nicht nur Temperatur und geografische Besonderheiten teils drastisch unterscheiden: Auch die Korngröße des Sands, seine Geometrie sowie die Partikelverteilung und die statistische Verteilung der Sandkorngröße wie auch die Windgeschwindigkeiten können stark variieren. Bestehende Normen und Vorschriften sind somit für diese Extremregionen unzureichend.