



**KUNDENREFERENZ • VERKEHRSBETRIEBE ZÜRICH**

## **Einheitliche Bremswegmessung für die Tramflotte der VBZ**

Wie die Verkehrsbetriebe Zürich mit dem TMX-BrakeTest-System über 230 Fahrzeuge standardisiert prüfen.

## Über die Verkehrsbetriebe Zürich

Die Verkehrsbetriebe Zürich (VBZ) sind das kommunale Verkehrsunternehmen der Schweizer Stadt Zürich. Das 1882 gegründete Unternehmen betreibt heute den Grossteil des öffentlichen Nahverkehrs in der Stadt sowie einige Linien in der Region. Mit über 2.800 Mitarbeitenden befördern die VBZ jährlich mehr als 300 Millionen Fahrgäste. Das Rückgrat des Systems bilden 15 Tram-Linien mit ca. 250 Schienenfahrzeugen, ergänzt durch ein Netz von Autobus- und Trolleybus-Linien.

Die Tramfahrzeuge legen dabei jährlich über 14,4 Millionen Kilometer zurück. Dementsprechend wichtig sind Instandhaltung, Wartung und Sicherheit der Fahrzeuge – und damit auch die regelmässige, normgerechte Überprüfung der Bremssysteme.



Bild 1: Teststrecke auf dem Gelände der der Zentralwerkstatt der VBZ

## Ausgangssituation

Die VBZ führen in ihren drei Depots und in der Zentralwerkstatt jährlich ca. 500 Bremsproben an ihren Tramfahrzeugen durch. Diese Bremswegmessungen sind sowohl nach umfassenden Instandhaltungsmassnahmen als auch im Rahmen der Qualitätssicherung unverzichtbar.

Um ihre Bremswegmessungen weiter zu optimieren, suchten die VBZ für ihre Depots und die Zentralwerkstatt ein neues, einheitliches Bremswegmesssystem.



Bild 2: Führerstand einer Cobra-Tram der VBZ

## Zielsetzung: Eine Lösung für alle Anforderungen

Die VBZ definierten klare Anforderungen an ein neues Bremswegmesssystem:

### Technische Anforderungen:

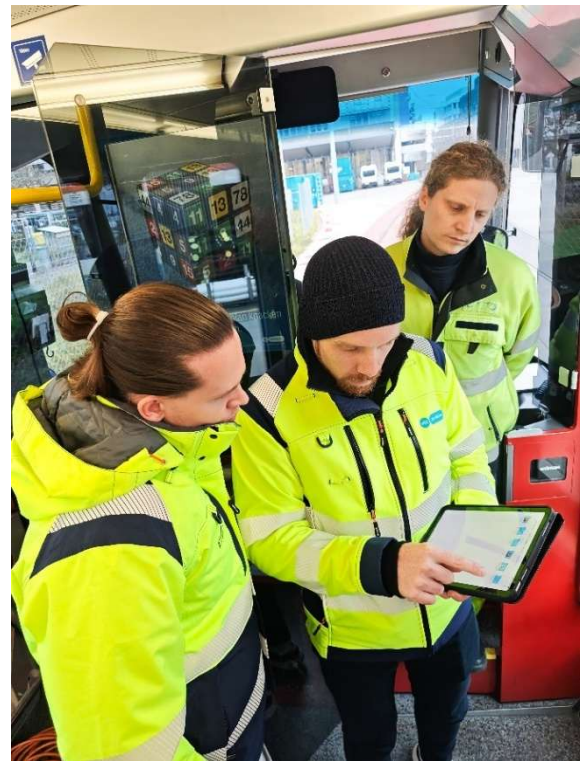
- Präzise Sensortechnologie zur Wegmessung, die zuverlässig bei verschiedenen Witterungsbedingungen und Untergründen funktioniert
- Einfache Montage und Demontage der Sensorik am Tram
- Mobile, robuste Datenerfassung in einem transportablen Koffer
- Direkte Anbindung der Bremstrigger-Signale an die Datenerfassung mit automatischer Erkennung des Bremsbeginns
- Akkubetrieb ohne externe Stromversorgung

### Software-Anforderungen:

- Plattformunabhängigkeit (Windows, iOS, Android)
- Abdeckung aller normrelevanten Messungen gemäss Bundesamt für Verkehr (BAV) der Schweiz
- Flexibilität für eigene Bremswegmessungen mit individuellen Grenzwerten (insbesondere für die Qualitätssicherung in der Zentralwerkstatt)
- Automatische Dokumentation und Berichterstellung auf Knopfdruck

Michael Fink, verantwortlich für die Depots, fasst die Situation zusammen: „Wir brauchten eine Lösung, auf die wir uns verlassen können – bei jedem Wetter, auf jedem Untergrund und an jedem unserer Fahrzeugtypen. Und sie musste so intuitiv sein, dass unsere Techniker sich auf die Messung konzentrieren können, nicht auf die Bedienung des Systems.“

Philipp Humbel, Qualitäts- und Systemtechniker in der Zentralwerkstatt, ergänzt: „Wir wollten nicht nur eine standardisierte Lösung für die Normprüfungen in den Depots, sondern auch die Flexibilität für umfassendere Analysen in der Qualitätssicherung. Die Software sollte uns erlauben, eigene Messszenarien zu definieren und dabei trotzdem die Normkonformität sicherzustellen.“



*Bild 3: Philippe Ammann, Michael Fink, Philipp Humbel im Austausch über die Mesergebnisse*

Das übergeordnete Ziel: Eine Vereinheitlichung der Bremswegmessungen über alle Standorte mit der notwendigen Genauigkeit, Normkonformität und gleichzeitiger Flexibilität für individuelle Anpassungen. Darüber hinaus sollte die Effizienz des Messprozesses optimiert werden.

## Die Lösung:

Die Verkehrsbetriebe Zürich entschieden sich für eine Komplettlösung von Sensoric Solutions: den optischen Sensor OMS 4 von Sensoric Solutions gekoppelt mit dem TMX BrakeTest-System, bestehend aus einem kompakten, robusten Messkoffer mit Datenerfassung und der BrakeTest-App.

## Die Hardware-Komponenten:

Der OMS 4 ist ein optisch-inertialer Wegsensor mit einer Messgenauigkeit von 0,1 Prozent, der unabhängig von Satellitenempfang arbeitet und unter allen Wetterbedingungen und auf allen Untergründen zuverlässige Signale liefert. Verschiedene mitgelieferte Halterungen (Magnet- und Saugnapfhalter) ermöglichen die flexible Montage an unterschiedlichen Positionen des Fahrzeugs: per Saugnapfhalter an der Kunststoffverkleidung seitlich am Führerstand oder per Magnethalter geschützt unter dem Zug an magnetischen Bauteilen.



Bild 4: OMS-Sensor von Sensoric Solutions

Der TMX Messkoffer vereint die gesamte Datenerfassung in einem robusten, mobilen Gehäuse. Der integrierte Akku ermöglicht den Betrieb ohne externe Stromversorgung – ein entscheidender Vorteil für den Einsatz im Tram. Nach dem Einschalten ist das System binnen Sekunden einsatzbereit und stellt per WLAN die Verbindung zu den Endgeräten her.



Bild 5: Messkoffer mit TMX-BrakeTest-System

## Die Software-Plattform:

Die TMX BrakeTest-App sorgt für die komfortable Bedienung der Bremswegmessung und läuft plattformunabhängig auf Windows, iOS und Android. Die Software bringt eine Vorlagenverwaltung für Fahrzeuge und Bremswegmessungen mit und erlaubt das Erstellen eigener Workflows.

In der Praxis bedeutet das: Einmal erstellte Vorlagen für spezifische Fahrzeugtypen oder Prüfzenarien können für eine Bremswegprüfung einfach ausgewählt und übernommen werden. Die Software führt dann Schritt für Schritt durch die gesamte Prüfung – von der Messung mit Online-Anzeige der aktuellen Geschwindigkeit und Messwerte über die automatische Ergebnisbewertung anhand definierter Grenzwerte bis zur Berichterstellung per PDF nach Abschluss der Messung.

Diese durchgängige Führung macht die Bedienung besonders intuitiv und reduziert Fehlerquellen, da der Anwender nicht zwischen verschiedenen Programmteilen oder Dokumenten wechseln muss.

## Kundenspezifische Anpassungen:

Für die VBZ wurden sowohl Hardware als auch Software gezielt angepasst:

- Die Triggereingänge wurden variabel ausgelegt, so dass sie zwischen 24 und 80 Volt arbeiten und alle bei der VBZ vorkommenden Triggerspannungen abdecken
- Die Software-Vorlagen wurden an die spezifischen Anforderungen der VBZ bezüglich Geschwindigkeit, Bremsweg und Bremsverzögerung angepasst
- Ein Online-Kurvenfenster zeigt während der Messung live die aktuellen Messdaten
- Ein Handtrigger wurde als Alternative zur automatischen Triggererkennung implementiert
- Die Kurvendarstellung im Report enthält eine vertikale Linie zur Markierung des Bremsbeginns
- Eine Steuerungsfunktion ermöglicht die Zuordnung einzelner Bremsprobleme zu offiziellen oder internen Protokollen
- Zahlreiche VBZ-spezifische Metadaten wurden in die Datenerfassung und Berichterstellung integriert
- Das PDF-Layout wurde an die Corporate Identity und die Berichtsstruktur der VBZ angepasst

## Inbetriebnahme:

### Von der Montage bis zur Abnahme in vier Stunden

Am 17. Dezember 2025 fand die Inbetriebnahme auf dem Gelände der Zentralwerkstatt statt. Um 7:30 Uhr starteten Philipp Humbel von der Qualitätssicherung sowie Michael Fink und Philippe Ammann von den Depots mit der Abnahme der sechs Bremswegmesssysteme. Begleitet wurden sie von Kai Gilbert (Sensoric Solutions) und Heiko Schmidt (TMX Solutions).

## Phase 1: Sensor-Montage und Hardware-Setup

Noch im Morgengrauen begann die praktische Einweisung mit der Montage des OMS 4 – zunächst mittels Saugnapfhalter seitlich am Führerstand. Kai Gilbert demonstrierte, wie schnell und einfach sich der Sensor an unterschiedlichen Fahrzeugtypen anbringen lässt und welche flexiblen Halterungsmöglichkeiten zur Verfügung stehen. Das Sensorkabel wurde durch ein seitliches Fenster ins Innere geführt, wo der Messkoffer bereits wartete.

Neben dem Sensorsignal wurde auch das Bremstriggersignal mittels Bananenbuchsen direkt am Messkoffer angeschlossen. Dank des internen Akkus war keine zusätzliche Stromversorgung erforderlich – der Koffer war nach wenigen Sekunden einsatzbereit und per WLAN für die Bedienung via Tablet oder Notebook erreichbar.

## Phase 2: Software-Einführung

Michael Fink und Philipp Humbel hatten die TMX BrakeTest-App bereits aus dem Apple Store auf ihre iPads heruntergeladen. Heiko Schmidt führte die Mitarbeitenden der VBZ systematisch durch die Funktionalitäten der App und er klärte deren Bedienung.



*Bild 6: Montage des Sensors mittels Saugnapfhalterung*



*Bild 7: Montage des Sensors mittels Magnethalterung unter der Tram*

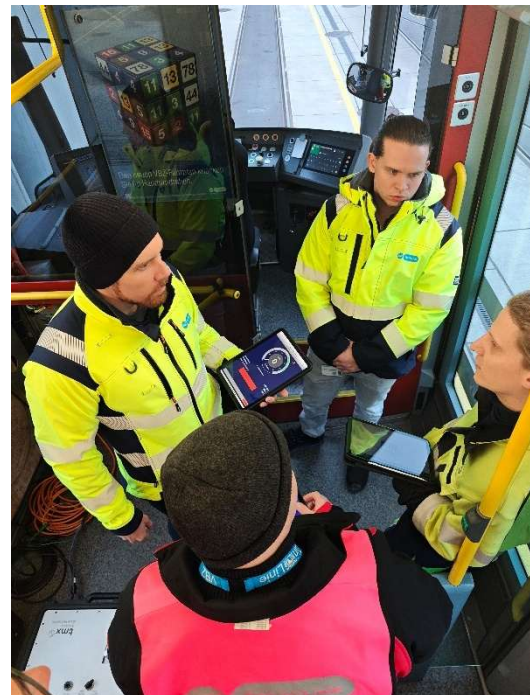


*Bild 8: Heiko Schmidt erläutert Philippe Ammann und Michael Fink die Funktionsweise der BrakeTest-Software*

### Phase 3: Praxistests

Anschließend übernahmen die VBZ-Mitarbeitenden selbst: Sie führten verschiedene vordefinierte Bremswegmessungen mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten und Bremsarten durch und testeten damit die verschiedenen Normszenarien. Nachdem diese reibungslos funktionierten, legten sie eigene Bremswegmessungen mit individuellen Grenzwerten an und konfigurierten eigene Kommentare und Testbedingungen.

Nach einer kurzen Kaffeepause wurde der Sensor von der Seite unter den Zug verlegt und per Magnethalterung montiert – eine geschützte Position, die Messungen auch auf öffentlichen Strecken sicher ermöglicht. Auch diese Tests verliefen erfolgreich.

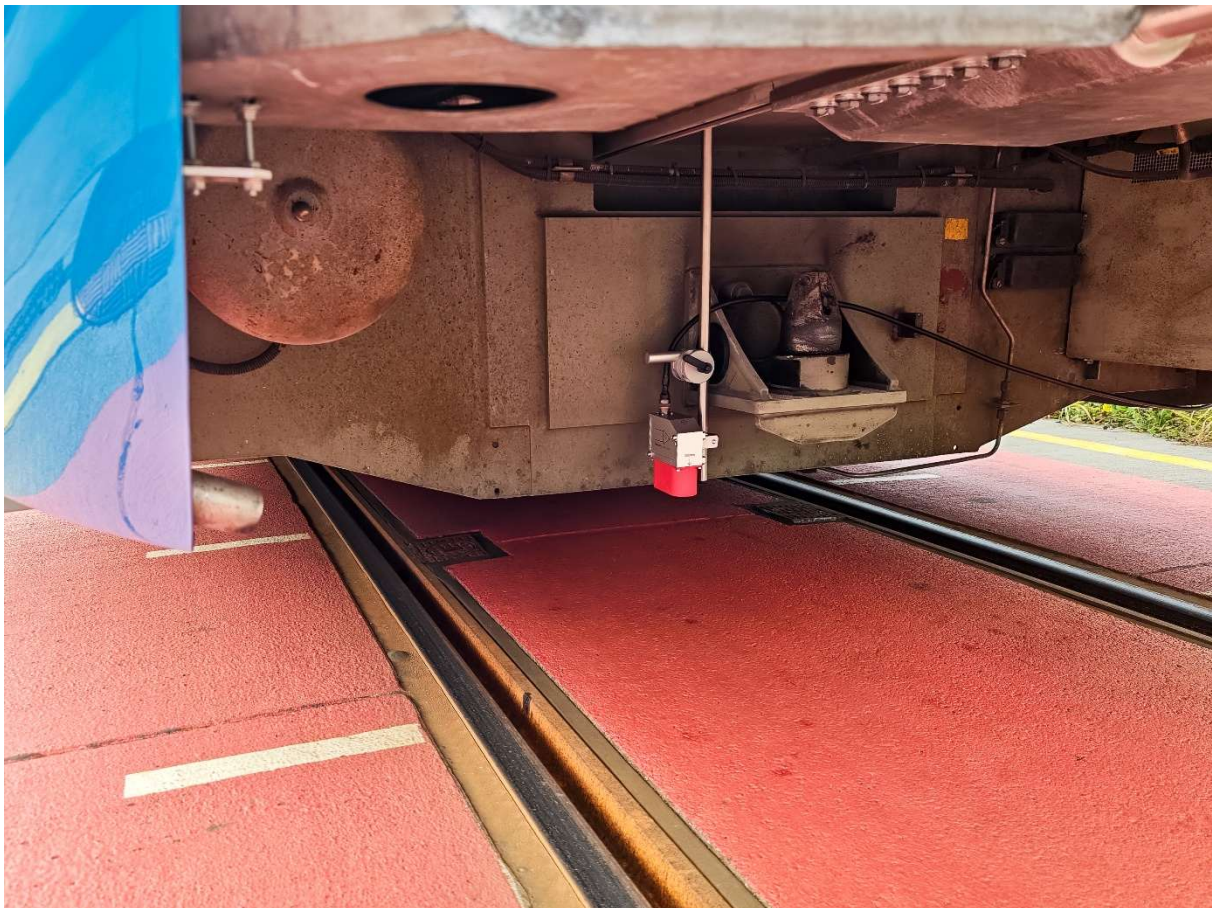


*Bild 9: Nach kurzer Einführung übernahmen die VBZ-Mitarbeitenden selbst und führte erfolgreich erste Bremswegmessungen durch.*

Weitere Versuche folgten, bei denen mehrere Personen gleichzeitig die Messung auf verschiedenen iPads und einem Smartphone verfolgten. Dabei wurde eine Optimierung identifiziert: künftig soll nur ein Bediener aktiv arbeiten können, während alle weiteren Geräte automatisch in einen reinen Anzeigemodus wechseln.

Als finaler Test wurde ein PDF-Report der Messungen erstellt und direkt von den iPads per E-Mail ins Büro gesendet, um dort zur Dokumentation und Ablage im SAP-System an der zugehörigen Meldung erfasst zu werden.

Um 11:45 Uhr war die Inbetriebnahme erfolgreich abgeschlossen – und noch viel wichtiger: die VBZ äusserst zufrieden mit ihren neuen Bremswegmesssystemen.



## Ergebnis und Nutzen

Am 17. Dezember 2025 wurden sechs komplette Systeme ausgeliefert – je zwei Systeme für jedes der drei Depots. Zwei weitere Systeme für die Zentralwerkstatt werden Anfang 2026 geliefert. Damit verfügt die VBZ über insgesamt acht einheitliche Bremswegmesssysteme.

Die neue Lösung erfüllt alle gesetzten Anforderungen und bietet darüber hinaus konkrete Vorteile im täglichen Einsatz:

Der wichtigste Punkt für die VBZ ist die Gleichstellung der Messverfahren und Messgeräte in den Depots sowie in der Zentralwerkstatt. Dadurch wird sichergestellt, dass einheitliche Messabläufe und konsistente Messergebnisse vorliegen.

### Zuverlässigkeit und Präzision:

Die VBZ sind besonders von der Präzision und Zuverlässigkeit des optischen Sensors überzeugt. Mit einer Messgenauigkeit von 0,1 Prozent und der Unabhängigkeit von GPS-Empfang sind Messungen auf unterschiedlichsten Untergründen und bei allen Witterungsbedingungen und Fahrzeugtypen jederzeit möglich.

### Praktikabilität:

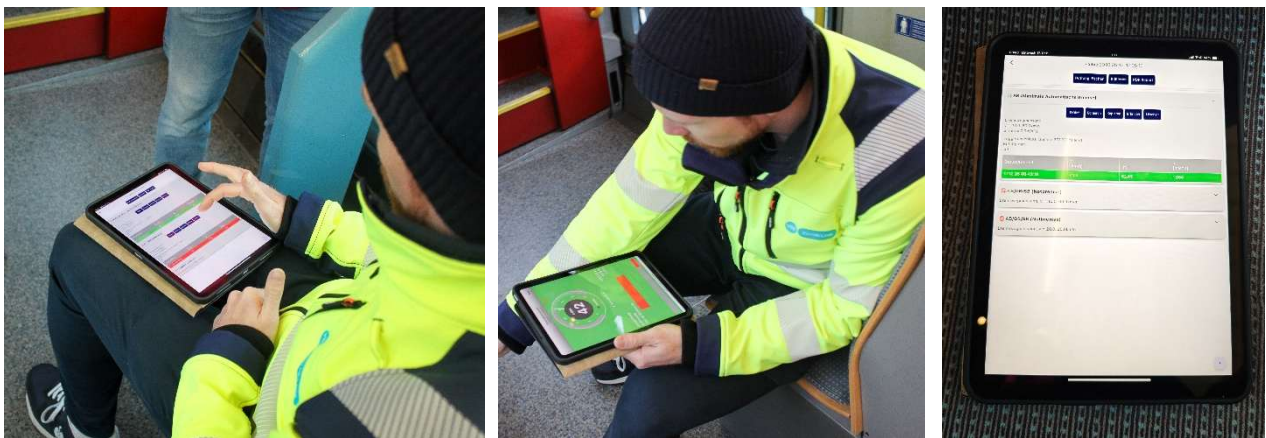
Die unkomplizierte Montage mit vielfältigen Befestigungsoptionen ermöglicht eine flexible Anpassung an verschiedene Fahrzeugtypen und Messsituationen. Der Akkubetrieb des Messkoffers spart Zeit, vermeidet eine zusätzliche Verkabelung und reduziert Stolperfallen. Der flexible Triggereingang, der verschiedene Spannungspegel unterstützt, vereinfacht die Handhabung zusätzlich.

### Plattformunabhängigkeit:

Die Software funktioniert auf Windows-Notebooks, Android-Smartphones und Apple iPads gleichermaßen. Das ist besonders wertvoll, da alle VBZ-Mitarbeitenden im Feld mit iPads ausgestattet sind und die Touch-Bedienung im Tram wesentlich einfacher ist als die Bedienung an einem Notebook.

## Intuitive Bedienung:

Die sehr einfache, geführte Bedienung mit hervorragender Visualisierung überzeugt die Anwender im Alltag. Besonders geschätzt wird die Live-Anzeige der Geschwindigkeit während der Messung: Ein Farbumschlag auf Grün signalisiert, dass die Zielgeschwindigkeit für die ausgewählte Bremswegmessung erreicht ist. Gerade bei historischen Bahnen ohne Geschwindigkeitsanzeige ist dies ein wichtiger Aspekt – aber auch bei modernen Fahrzeugen vereinfacht es den Test und macht die Durchführung sicherer.



## Effizienz:

Die automatische PDF-Berichterstellung ermöglicht die direkte Versendung per E-Mail in die Zentrale zur Dokumentation im SAP-System. Dies beschleunigt den gesamten Prozess deutlich.

## Flexibilität:

Während die Depots primär die standardisierten Normprüfungen nutzen, schätzt die Qualitätssicherung in der Zentralwerkstatt die Möglichkeit, eigene Messszenarien mit individuellen Grenzwerten zu definieren und damit tieferegehende Analysen durchzuführen.

## Stimmen aus der Praxis

Philipp Humbel, Qualitäts- und Systemtechniker, VBZ Zentralwerkstatt:

„Was uns besonders überzeugt hat, ist die Kombination aus Präzision und Flexibilität. Der optische Sensor liefert uns die Zuverlässigkeit, die wir für normgerechte Messungen brauchen – unabhängig von Witterung oder Umgebung. Gleichzeitig gibt uns die Software die Freiheit, eigene Messszenarien zu entwickeln und damit auch über die Standards hinauszugehen. Für die Qualitätssicherung ist das genau die richtige Balance zwischen Normkonformität und Anpassungsfähigkeit.“

Michael Fink, Leiter Instandhaltung Tram, VBZ:

„Unsere Techniker haben die neue Lösung sofort angenommen. Die Bedienung per iPad ist intuitiv, die Live-Visualisierung macht die Arbeit einfacher und sicherer. Besonders die automatische Berichterstellung spart uns viel Zeit – vom Test bis zur Dokumentation im SAP-System ist es jetzt ein durchgängiger, effizienter Prozess. Und wir können uns auf die eigentliche Arbeit konzentrieren.“



*Bild 10: Philipp Humbel, Michael Fink und Philippe Ammann mit ihrem neuen Bremswegmesssystem von Sensoric Solutions und TMX Solutions*

## Über Sensoric Solutions und TMX Solutions

Sensoric Solutions ist spezialisiert auf hochpräzise optische Messsysteme für Fahrzeugbewegungen. Der OMS 4 Sensor bietet berührungslose Weg- und Geschwindigkeitsmessung mit höchster Genauigkeit und Zuverlässigkeit für anspruchsvolle Anwendungen in der Fahrzeugtechnik.

TMX Solutions entwickelt professionelle Prüf- und Messlösungen für Bremswegmessungen und Fahrzeugtests. Das BrakeTest-System vereint modernste Messtechnik mit intuitiver, appbasierter Bedienung und ermöglicht normgerechte Bremswegmessungen für Schienenfahrzeuge und andere Verkehrsmittel.

Gemeinsam bieten beide Unternehmen integrierte Lösungen, die Mess-Präzision mit Software-Intelligenz verbinden – für Kunden, die keine Kompromisse bei Qualität und Zuverlässigkeit eingehen.