



Digitalisierung der Münchener U-Bahn Infrastruktur

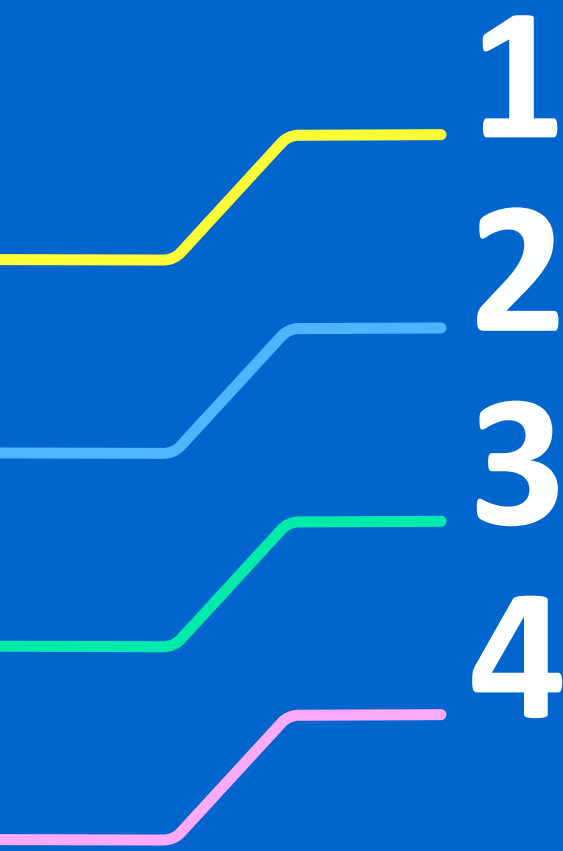
16. April 2026

Dr. Philipp Striegl und Alexander Glatz

SWM – Stadtwerke München GmbH

Ressort Mobilität Bauwerks- & Geodaten





1

Mobile Mapping

2

Projekt ProTeL

3

Projekt 3DTwin@SWM

4

Geodatenstandards



Wie digitalisieren wir
unsere Infrastruktur?

Mit Mobile Mapping...

Was ist Mobile Mapping?

Erfassung raumbezogener Daten durch mobile Messsysteme. Raumbezogene Daten können z.B. **georeferenzierte 2D/3D Daten** sowie **Bilder** sein. Diese bilden die Basisdaten für den **digitalen Zwilling von Bauwerken**.

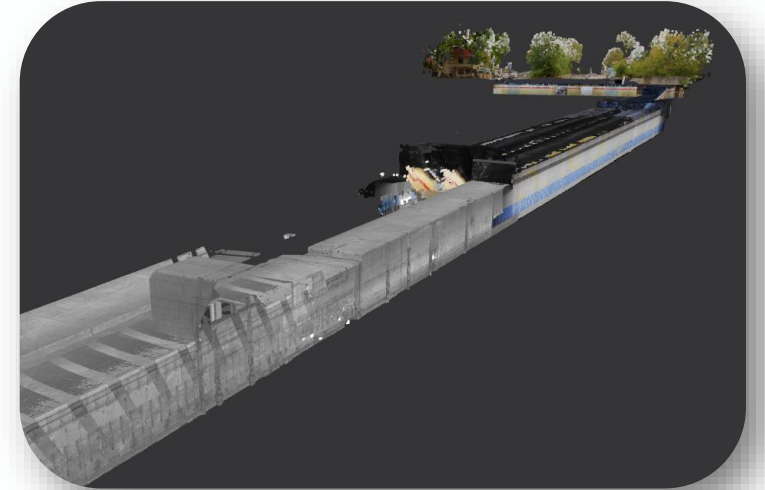
Anforderung an Mobile Mapping Systeme bei den SWM

- **Auflösung** der Punktwolke von 5-10mm
- **Lagegenauigkeit** von 5mm (einfache Standardabweichung)

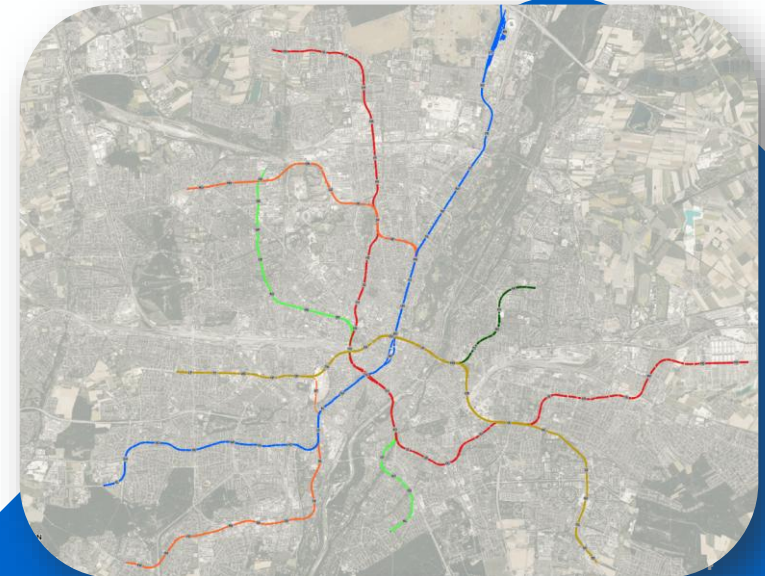
Mobile Mapping Projekte bei der U-Bahn München

- Projekt ProTeL – Prozesse und Technologien zur Prüfung des Lichtraums
- Projekt 3DTwin@SWM – Digitaler 3D Zwilling von Bauwerken der SWM

Punktwolken aus den Projekten ProTeL & 3D Twin@SWM



2D Trassenverlauf des U-Bahnnetzes



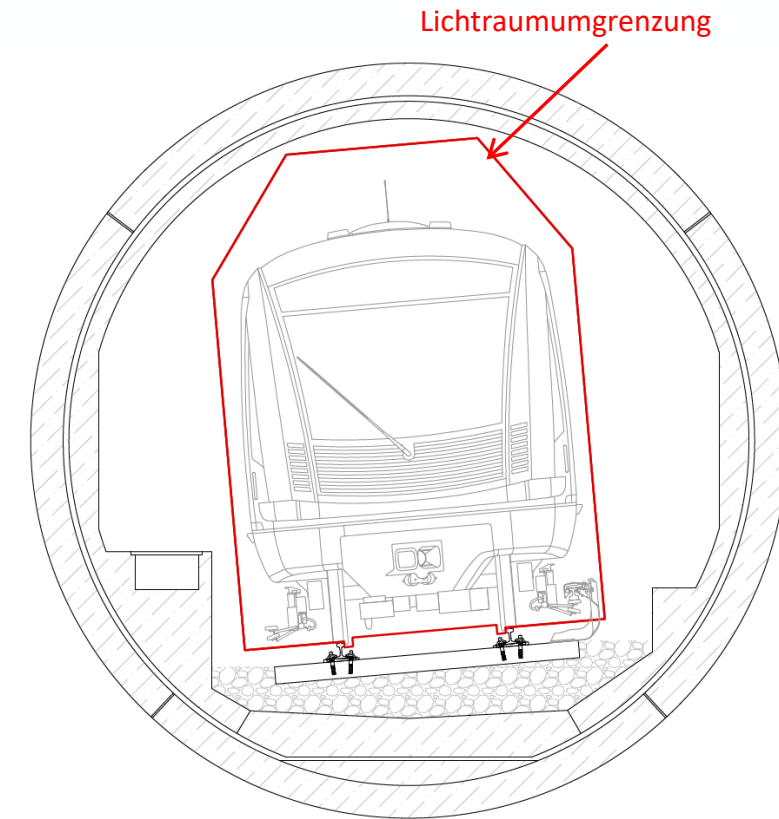


Projekt ProTeL

Projektziel: Lichtraumnachweis

Trigger für Bestandserfassung

- „**Lichter Raum** ist der zu jedem Gleis gehörende Raum, der für einen sicheren Betrieb der Fahrzeuge von festen und beweglichen Gegenständen freigehalten werden muss.“ (BOStrab - §18 Abs. 1)
- Im Rahmen des **Zulassungsverfahrens für die neuen C2 Züge** forderte die Technischen Aufsichtsbehörde ein Lichtraumnachweis für das komplette Streckennetz
- Der Nachweis sollte mit **modernen Messmethoden** erfolgen - Befahrung mit beispielsweise Klingel-/Klappenwagen war nicht erwünscht
- Aufgrund dieser Anforderung wurde 2017 das Projekt ProTeL gestartet...



Grundlage: geodätisches Festpunktfeld

Georeferenzierung der Bestandsdaten über das Festpunktfeld



Installation von **ca. 9000 Festpunkten** (ein Festpunktpaar mind. alle 50m) im U-Bahnnetz



Geodätische **Einmessung** und **Beschilderung** der Festpunkte



Anschluss an das Landeskoordinatensystem **UTM/ETRS89 und DHHN16 (EPSG 25832)** über die Bahnhöfe

Bestandsaufnahme: Laserscanning

Gleisgebundenes Mobile Mapping System SiTrackOne

Laserscanner Z+F Profiler 9012 mit Messrate von 1 Millionen Punkte pro Sekunde

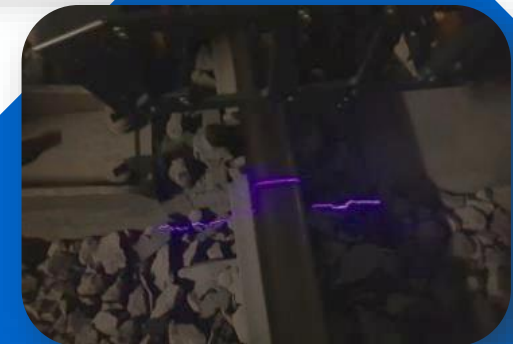
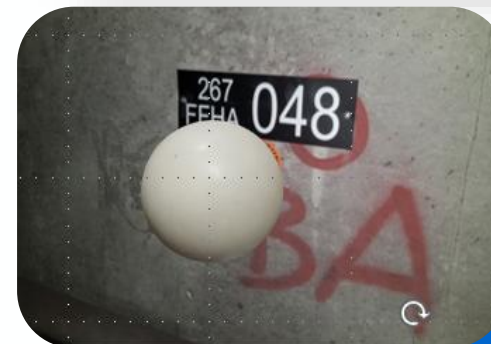
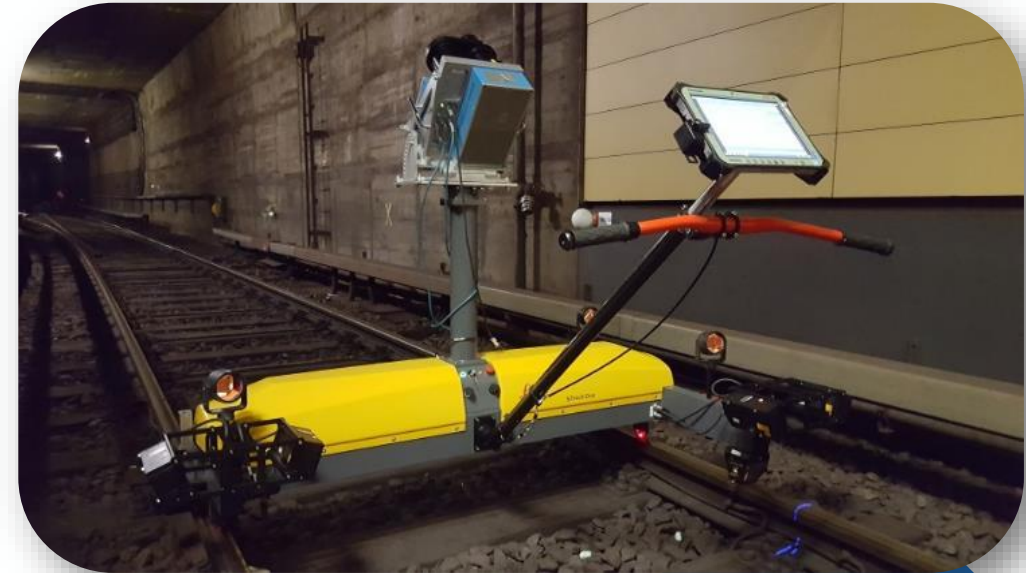
2 x Odometer zur Messung der zurückgelegten Strecke

1 x Inertial Measurement Unit (IMU) zur Messung von Orientierungsänderungen bei der Befahrung

4 x Schienenkopfschanner zur Messung des Schienenverschleiß

Fahrtgeschwindigkeit: **Schrittgeschwindigkeit** von circa 1,5 km/h

- Nach der ganzheitlichen Datenverarbeitung aller Sensoren erhalten wir eine georeferenzierte 3D-Punktwolke und Gleislage, die ausgewertet werden kann...



Laserscanning

georeferenzierte Punktwolke am Bahnhof Westfriedhof



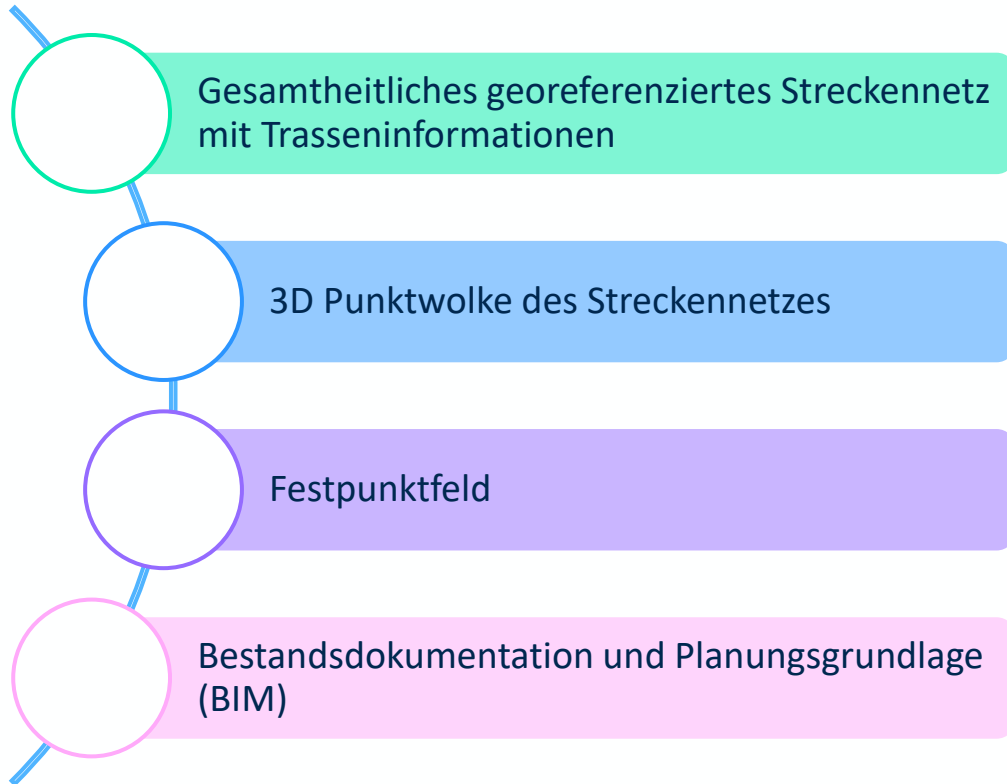
Laserscanning

georeferenzierte Punktwolke im Abschnitt Goetheplatz - Sendlinger Tor

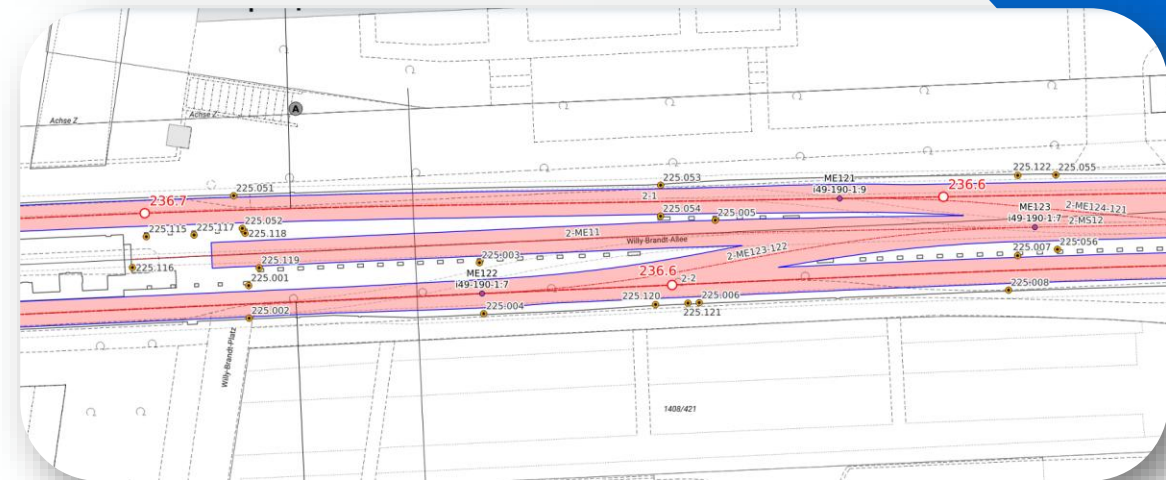
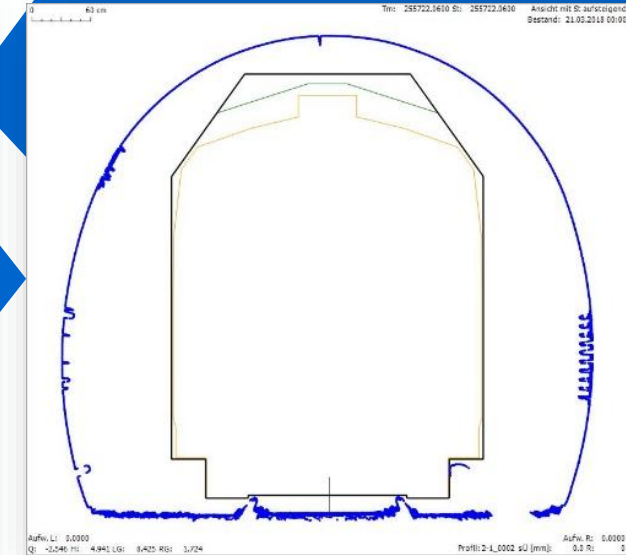


Geodaten über das U-Bahnnetz

Nicht „nur“ eine Lichtraumauswertung

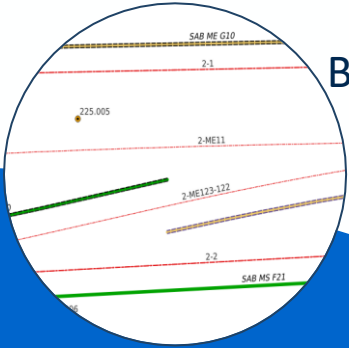


Aufgrund der Vorlage der Daten im Landeskoordinatensystem können diese direkt mit Daten der Vermessungsverwaltung (Flurkarten, Orthophotos, etc.) in Bezug gebracht werden

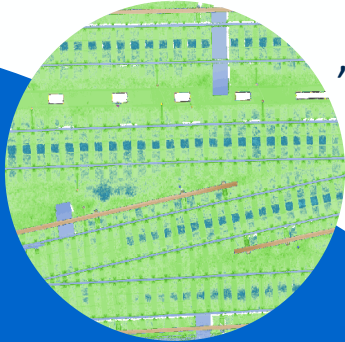


Geodaten über das U-Bahnnetz

Beispiele für weiterführende Datenanalysen



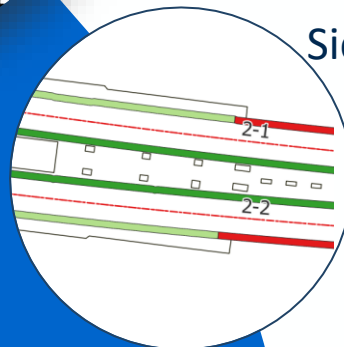
Bestimmung von georeferenzierte Stromschienenverläufen



„Orthophoto“ des Gleisbereichs



Sichtweitenberechnung



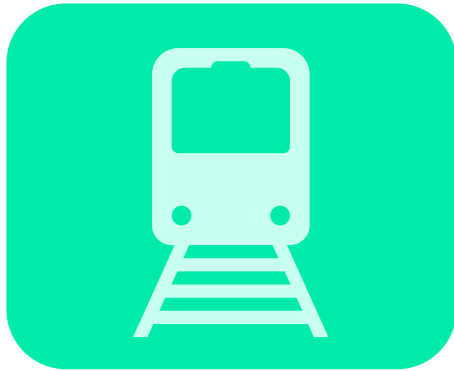
Sicherheitsraumberechnung



Projekt 3DTwin@SWM

Projektüberblick

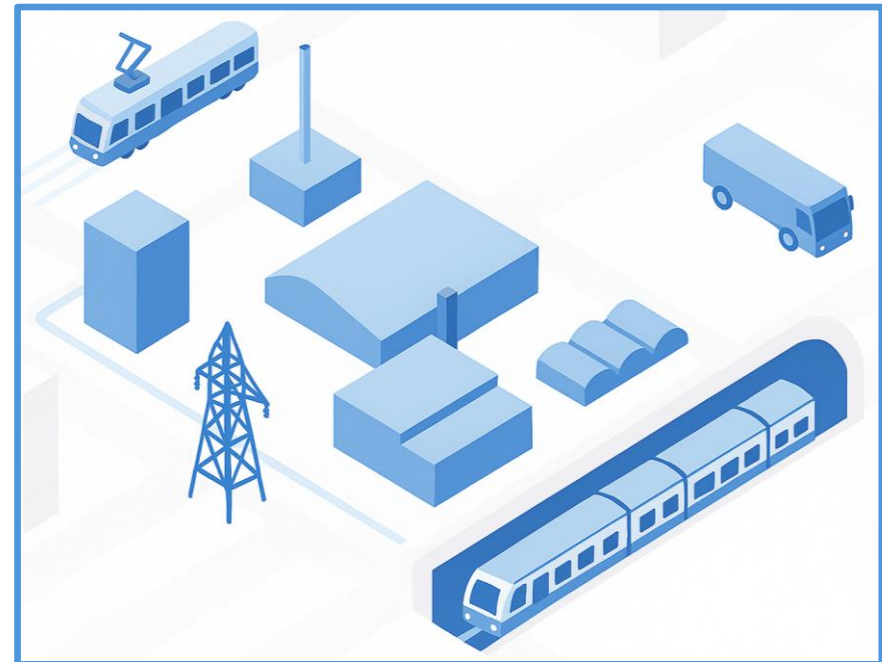
Umfang des Projekts 3DTwin@SWM



- Aufnahme von **100 U-Bahnhöfen** mit insgesamt **ca. 500.000m²**
- Installation & Einmessung von **ca. 3.000 Festpunkten**



- Aktualisierung von **8 Umspannwerken** mit bis zu **10.000m²**
- Bereitstellung von **32 digitalen Zwillingen** der Umspannwerke



Ziel des Projekts

Effizienz steigern und Kosten senken

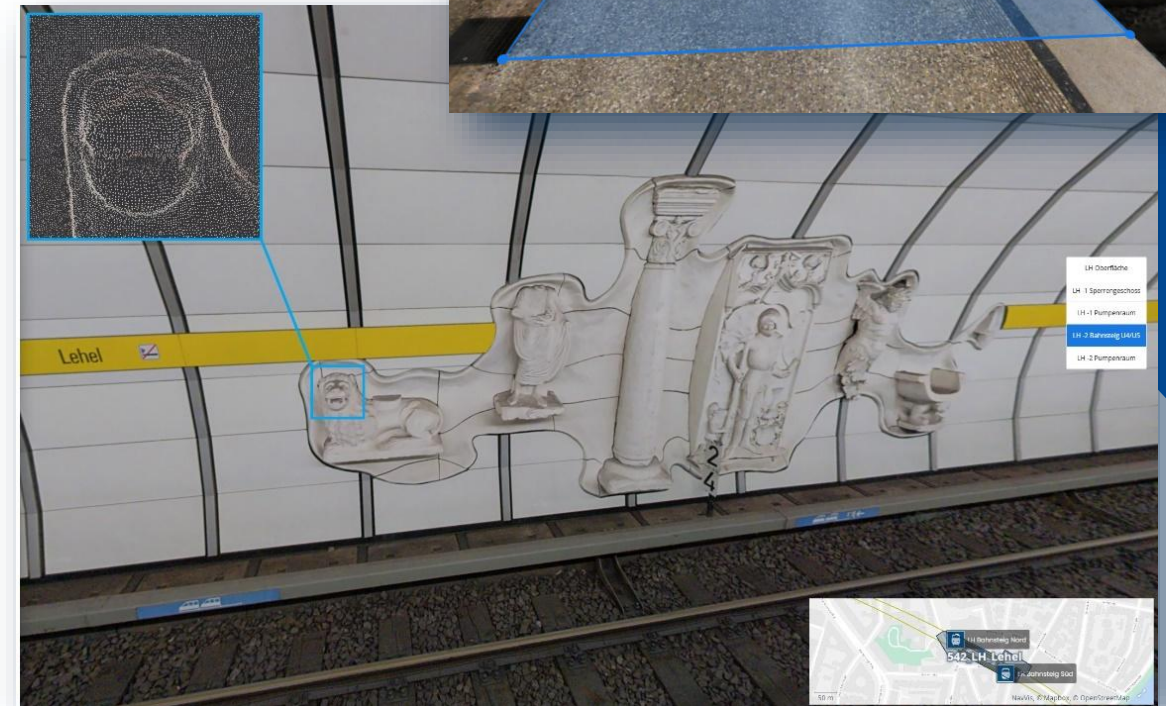
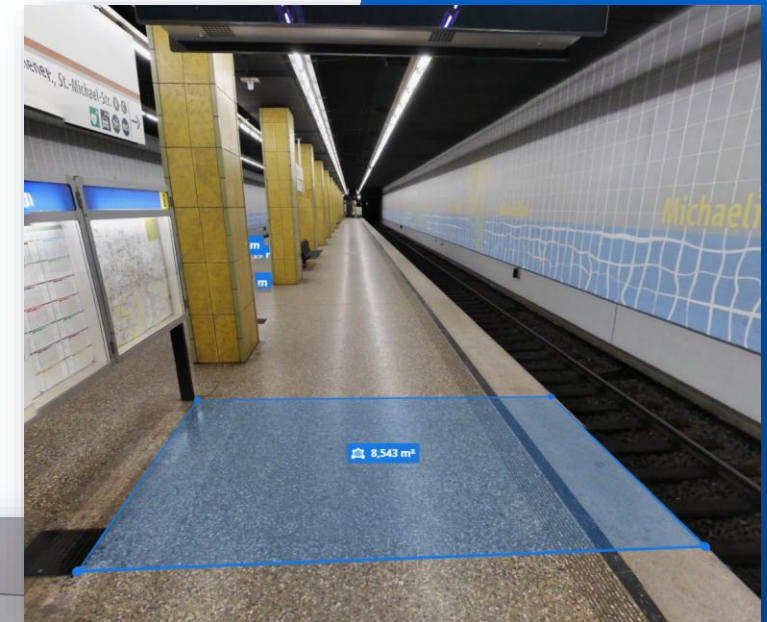
Schnelle vermessungstechnische Erfassung

Virtuelle Begehungen

Einfache Messungen in der Cloud

Export von Punktwolken als Basis für Pläne und 3D-Modelle

Know-how-Transfer: ein Tool für alle statt vieler Einzellösungen



Mobile Mapping System 3DTwin@SWM

NavVis VLX3

Tragbares Scansystem

- Detaillierte und umfassende Aufnahmen im Innen- und Außenbereich

Aufnahme von Punktwolken

- 32-schichtigen Lidarsensoren

Erfassung von 360° Bildern

- 20 Megapixel Fish-Eye Kameras

Georeferenzierung und Qualitätssteigerung der Aufnahme

- Verwendung von Passpunkten (Festpunkten)



Quelle: NavVIS



Quelle: NavVIS

Resultate der Aufnahmen

Virtuelle Begehungen im Browser (Ivion-Cloud)

360° Panorama-Fotos der Umgebung

Umschaltmöglichkeit zur **Punktwolke**

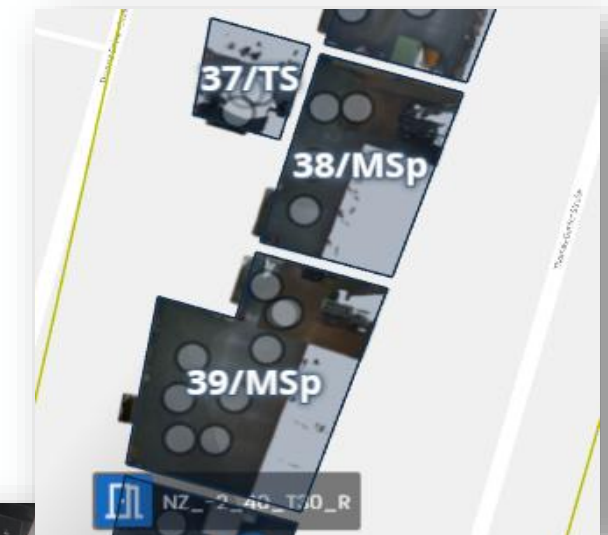
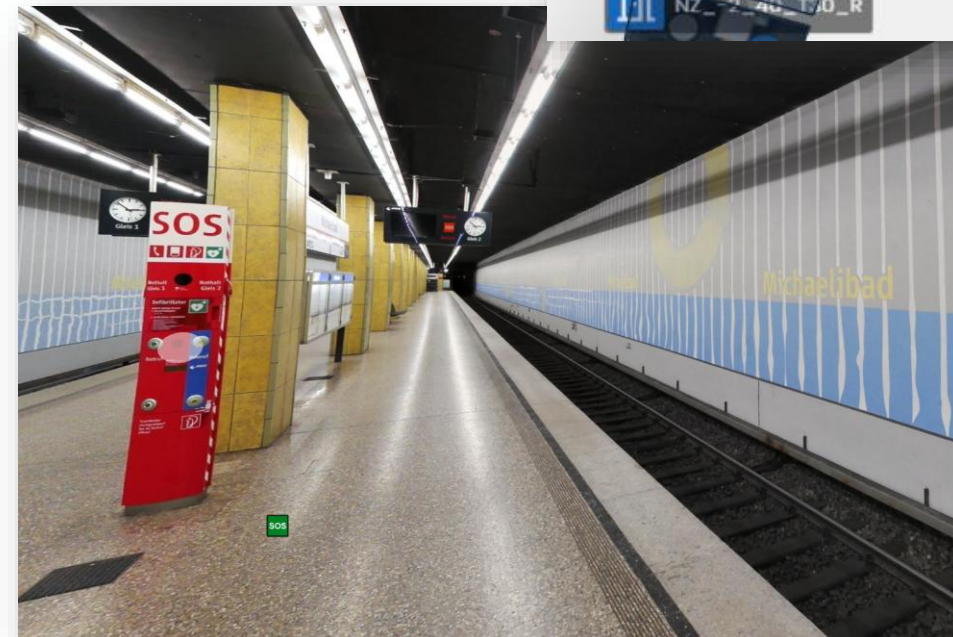
Raumkataster (Raumbuch)

Messfunktionalität (Längen, Flächen, Kubaturen)

Erstellen von **Point of Interest** (POI)

Routing-Funktionalität

Export von Punktwolken

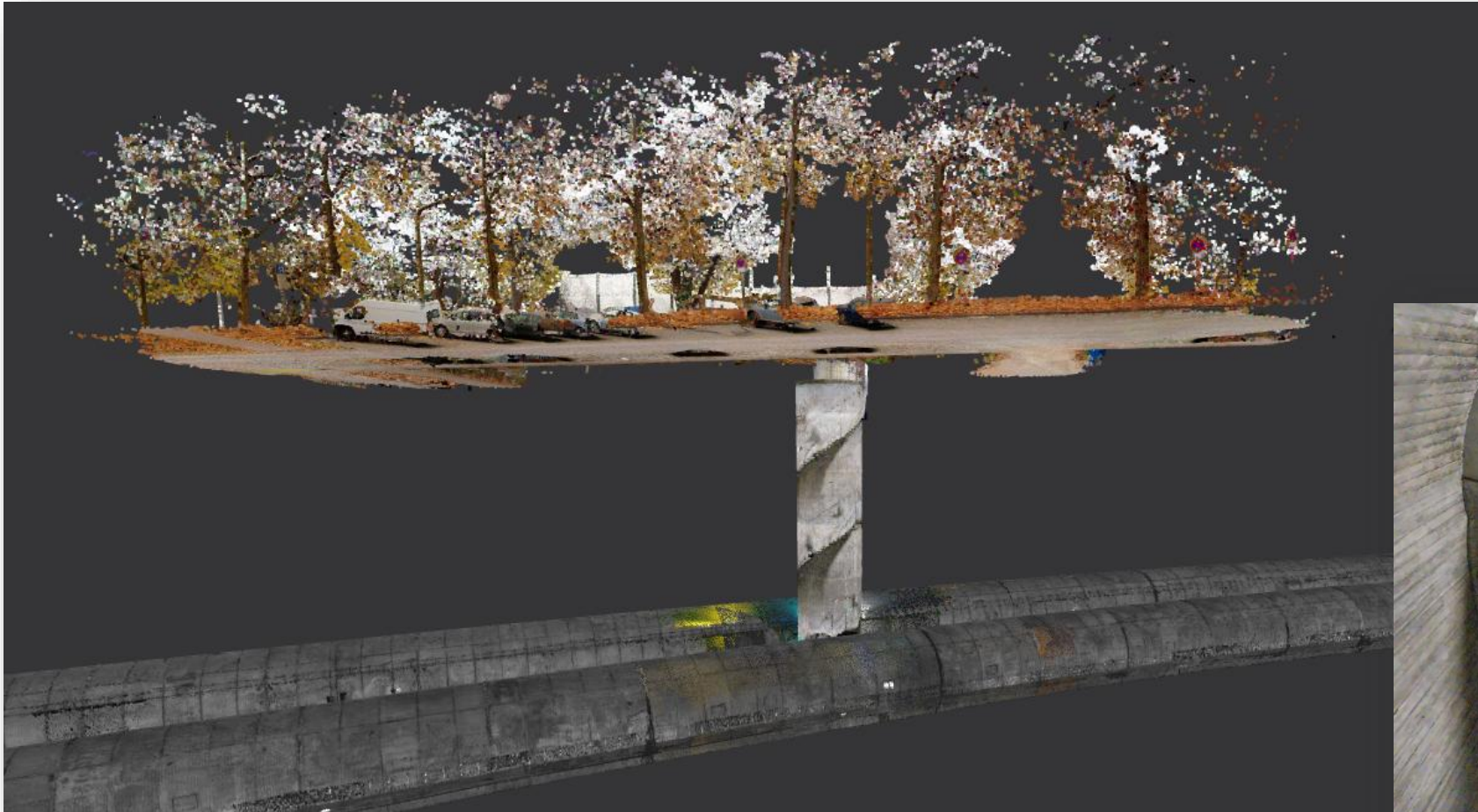




Geodatenstandards

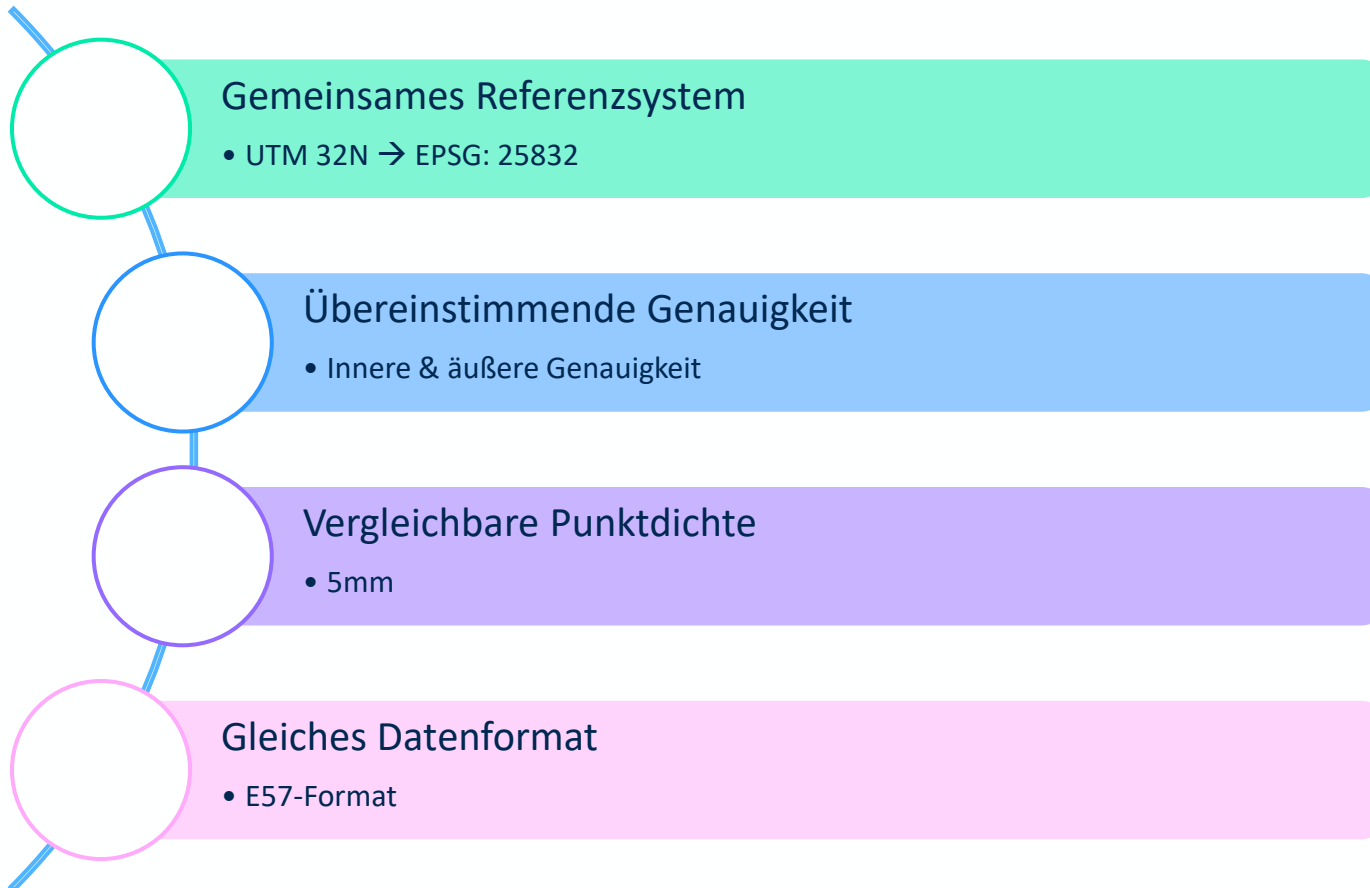
Datenfusion der Mobile Mapping Systeme

Datengrundlage für den digitalen Zwilling der U-Bahninfrastruktur



Grundvoraussetzungen für die Fusion von Punktwolken

Voraussetzungen für die Zusammenführung (Beispiele)



Welche Standardformate verwenden wir für Geodaten?

Punktwolken Format E57

- Entwickelt speziell für 3D-Laserscans, LiDAR-Daten und optische Messsysteme
- XML & Binärdaten basiert
- Offener Standard der ASTM (ASTM E2807)
- Plattform- und herstellerunabhängig Austauschformat

Vektor/Raster Format Geopackage

- Entwickelt für Geodaten
- SQLite-Datenbankformat basiert
- OGC-standardisiertes Austauschformat
- Plattform- und herstellerunabhängig Austauschformat

Raster Format GeoTiff

- Entwickelt für Georasterdaten
- Basierend auf TIFF 6.0 Format mit eingebetteter Georeferenzierungsinformation
- OGC-standardisiertes Austauschformat
- Plattform- und herstellerunabhängig Austauschformat

Trassendaten Format ProVi

- Trassendatenformat für Gleis- und Trassierungsgeometrien
- Austauschformat für Achsen und Verlauf (Lage/Gradienten)
- proprietär Austauschformat

**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit.**

