

# Der Einsatz von Terrestrischem Laserscanning am Flughafen Frankfurt/Main für Facility Management-Aufgaben

Stephan Och

## Zusammenfassung

Digitalisierung in der Vermessung ist auch am Frankfurter Flughafen ein aktuelles Thema. Moderne Sensoren (BLK 360, NavVis, UAS u.a.) und vielfältige Auswertemöglichkeiten sind im BIM-Zeitalter und zur »as-built-Aufnahme« extrem wertvoll. Die aktuelle Großbaumaßnahme »Neubau Terminal 3« wird weitere Digitalisierungswerzeuge zur Baufortschriftenkontrolle und Dokumentation verlangen. Anhand einiger Praxisbeispiele wird das aktuelle Leistungsportfolio der TPI Vermessungsgesellschaft mbH im terrestrischen Laserscanning am Flughafen Frankfurt/Main dargestellt.

## Summary

*Digitalisation is a current issue in the survey industry and also at Frankfurt Airport. Modern sensors (e.g. BLK 360, NavVis, UAV) and many evaluation possibilities are of value in times of BIM and for as-built-documentation. The major construction project »Terminal 3« will demand some more digital survey instruments to control and document the construction progress. The following practical examples will show the range of survey services TPI is currently providing at Frankfurt Airport.*

**Schlüsselwörter:** Digitalisierung, Terrestrisches Laserscanning, as-built-Aufnahme, Facility Management, TPI

## 1 Die TPI Vermessungsgesellschaft mbH

Die TPI Vermessungsgesellschaft mbH wurde im November 2000 als Nachfolgegesellschaft der Kreller KG gegründet. Dabei wurde der Firmensitz in der Otto-Hahn-Straße 46 in 63303 Dreieich beibehalten. Aktuell hat die TPI mehr als 30 fest angestellte Mitarbeiter und bis zu 10 ausgerüstete Messfahrzeuge kommen zum Einsatz. Zum Kundenstamm der TPI gehören u.a. die Fraport AG, BASF SE und viele andere Kunden aus Industrie, öffentlicher Hand und dem privaten Sektor. Die Einsatzgebiete der TPI-Ingenieure sind überwiegend in der Rhein-Main-Neckar-Region sowie teilweise deutschlandweit. In den letzten Jahren wurden auch einige weltweite Auslands-einsätze, überwiegend im Bereich terrestrisches Laser-scanning, erfolgreich abgewickelt. Unsere Laserscanner waren in Südafrika, Namibia, Türkei, Belgien sowie 2017 in Sibirien und vor kurzem in Thailand im Einsatz. TPI kann Anforderungen aus allen Bereichen der Geodäsie abwickeln, entweder durch eigene Kapazitäten oder mit Hilfe eines umfangreichen Partnernetzwerkes.



Abb. 1–4:  
Innovative Sensortechnik  
zur Digitalisierung

Zu den Kernkompetenzen zählen unter anderem:

- Ingenieurvermessung,
- Industrievermessung,
- 3D-Laserscanning,
- GIS/CAD,
- Photogrammetrie und UAV-Befliegung,
- Gutachten, Sachverständigenwesen.

Dabei sind die TPI Erfahrungswerte im Bereich Laserscanning mit mehreren 10.000 Scans seit 2006 mittlerweile sehr ausgeprägt. Auch der Einsatz von UAS-Systemen wird seit 2014 in einer Vielzahl von Projekten regelmäßig realisiert. Dabei wird innovative Sensortechnik zur Digitalisierung eingesetzt.

- NavVis M6 Trolley (Abb. 1),
- HDS 7000 / P40 / Imager 5010C / BLK 360 (Abb. 2),
- Aibot X6 V2 / Multirotor Eagle G4 (Abb. 3),
- Lasertracker AT 401 (Abb. 4),
- GPS-Systeme, Digitalnivelliere, Totalstationen u.a.

## 2 Der Flughafen Frankfurt/Main

Wichtige Eckdaten des Flughafens Frankfurt/Main (Abb. 5 und Abb. 6) sind:

- 64,6 Mio. Passagiere – im weltweiten Ranking Nr. 13,
- CARGO 2,2 Mio. Tonnen – im weltweiten Ranking Nr. 10,
- 23 km<sup>2</sup> Grundfläche.

Bei der FRAPORT AG entfallen 32,5 % der Aktivitäten auf die Bereiche Aviation, Flugbetrieb und Terminalbetrieb. Weitere 21,9 % werden durch Ground Handling und Bodenverkehrsdienste abgedeckt. Die Bereiche



Abb. 5: Luftbild Flughafen Frankfurt 2015



Abb. 6: Terminalbereiche am Flughafen Frankfurt/Main

Retail & Real Estate, Vermarktung und Vermietung Retail sowie Vermarktung/Vermietung Immobilien machen weitere 17,8 % aus. Die stark wachsenden Bereiche External Activities & Services, Auslandsbeteiligungen, Infrastrukturmanagement und Facility Management liegen nach Angaben der FRAPORT AG bei 27,8 %. Aufgrund der zunehmenden Auslandsgeschäfte ist in diesem Bereich in den nächsten Jahren mit einem Wachstum zu rechnen. Gemäß Angaben des Flughafenbetreibers wurden 2016 täglich durchschnittlich 167.000 Passagiere, 5.900 Tonnen Cargo, 75.000 Stück Abfluggepäck und über 570 Züge an den Flughafen-Bahnhöfen abgewickelt.

Die nachfolgenden Aufgaben werden vom Frankfurter Flughafenbetreiber an sieben Tagen rund um die Uhr absolviert:

- Bereitstellung von Infrastruktur (Start- und Landebahnen, Terminals),
- Unterstützung des Flugbetriebs mit den dazugehörigen Dienstleistungen wie beispielsweise Terminalmanagement, Parkraummanagement,
- Wahrnehmung der Rechte und Pflichten als Grundstückseigentümer des Flughafengeländes,
- Gewährleistung der Betreiberverantwortung,
- Wahrnehmung der Bauherrenfunktion,
- Vermarktung und Vermietung von Retailflächen,
- Vermarktung und Vermietung von Mietflächen.

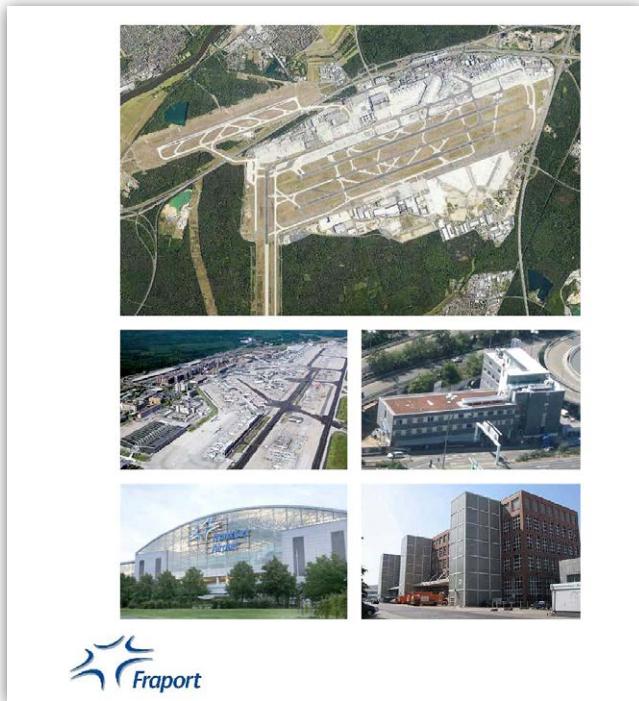


Abb. 7: Immobilienportfolio der FRAPORT AG

Das dabei zu betreuende Immobilienportfolio (s. Abb. 7) besteht aus über 400 Gebäuden mit ca. 3,2 Mio. m<sup>2</sup> BGF (entspricht ca. 39-fach dem Frankfurter Messeturm). Insgesamt sind ungefähr 52.500 Räume (davon 1,3 Mio. m<sup>2</sup> vermieterbar und eine Raumänderung von ca. 10 % pro Jahr) zu verwalten. Die Gebäudestruktur ist extrem heterogen (Terminals, Büro- und Verwaltungsgebäude, Werkstätten, Logistikgebäude und Parkhäuser) und die Kunden- und Nutzeranforderungen sind ebenfalls sehr unterschiedlich. Die Nutzung der Gebäude erfolgt im 24-Stunden-Rhythmus, weiterhin sind auch zahlreiche Anlagen wie Tunnel, Abwasserreinigungsanlage und Kanalnäle in Betrieb.

Dabei liegen für ca. 95 % aller FRAPORT-Gebäude 3D-Gebäudemodelle vor. Die Planung der Großprojekte A-Plus und Terminal 3 (Abb. 8) erfolgt ausschließlich in Form von 3D-Modellen. Als CAD-Standardsoftware kommt dabei MicroStation in Verbindung mit der Dokumentenplattform ProjectWise zum Einsatz.

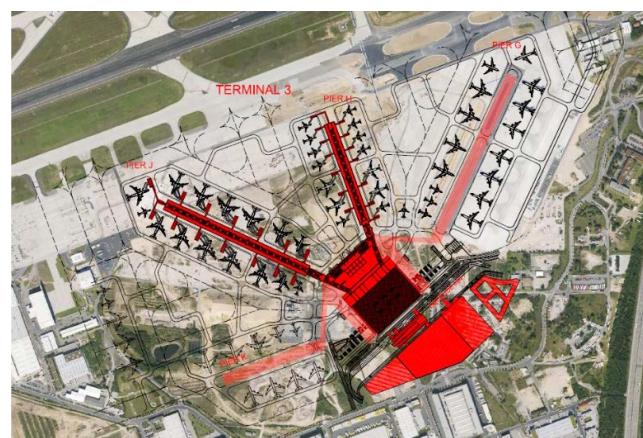


Abb. 8: Planung des Terminals 3

Die Definition des Facility Managements (FM) nach DIN und EN 15221-1 ist:

*»Facility Management, ein integrierter Prozess zur Unterstützung und Verbesserung der Effektivität der Haupttätigkeiten eines Unternehmens durch das Management und die Erbringung der vereinbarten Dienstleistungen zur Schaffung des für das Erreichen der wechselnden Unternehmensziele erforderlichen Umfeldes.«*

Bei FM am Flughafen kann auch die nachfolgende Definition »AIRPORT-FM« eingeführt werden. Als Flughafenbetreiber ist Bauen im Bestand – unter laufendem Betrieb von 24 Stunden am Tag an sieben Tagen in der Woche – seit Jahren an der Tagesordnung. Die »Spezial-Immobilie Flughafen« erfordert für das (technische) Management auch eine eigene Wertschöpfungskompetenz. Der Bereich »Integriertes Facility Management« (IFM) mit ca. 1.100 Mitarbeitern ist für die fachgerechte Management-Aufgabe verantwortlich. Dabei werden das technische und infrastrukturelle FM von IFM abgewickelt. Eine wichtige Grundlage für die genannten Aufgaben des AIRPORT-FM bilden die geodätischen Digitalisierungssensoren zur effizienten Erfassung der »as-built-Situation« als Planungsgrundlage oder für den weiteren Betrieb. Hierzu werden im Folgenden einige Praxisbeispiele vorgestellt.

### 3 Praxisbeispiele

#### 3.1 Praxisbeispiel Flugsteig A-Plus

Die Erweiterung des Terminals 1 mit dem Flugsteig A-Plus (Abb. 9) ist mit Baukosten von rund 800 Mio. Euro und einer Fläche von ca. 185.400 m<sup>2</sup> auf vier Ebenen verteilt. Mit einer Länge von 800 m ist der Flugsteig für rund sechs Mio. Passagiere konzipiert.

Wie bereits erwähnt wurde in einem 3D-Gebäudemodell als Grundlage für sämtliche Fachplanermodelle geplant. Durch den Einsatz von terrestrischen Laserscannern (Abb. 10) wurden Kollisionsprüfungen im Bereich



Abb. 9: Flugsteig A-Plus

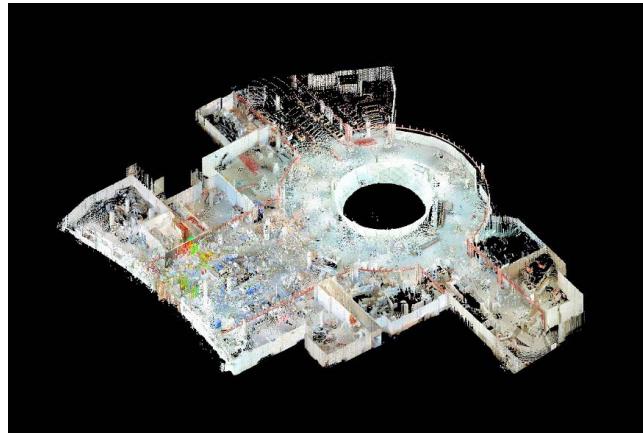


Abb. 10: Ausschnitt Bereich »Wurzel« 3D-Modell Flugsteig A-Plus

der Architektur und Technischen Gebäudeausrüstung (TGA) ermöglicht. Dadurch konnte die Qualität der koordinierten Planung deutlich verbessert werden.

Weiterhin ermöglichte der vollflächige Einsatz von Laserscannern einen Abgleich mit den CAD-Revisionsdaten der ausführenden Unternehmen. Die Qualität der Bestands- bzw. Revisionsunterlagen konnte durch den Soll-Ist-Vergleich signifikant gesteigert werden.

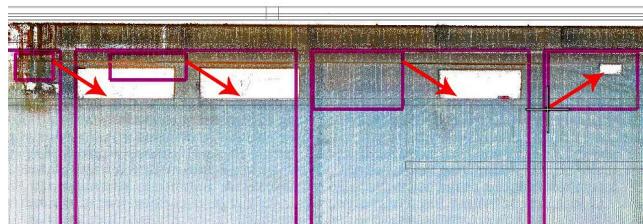


Abb. 11: Soll-Ist-Vergleich Architektur-Bereich »Wurzel« Flugsteig A-Plus

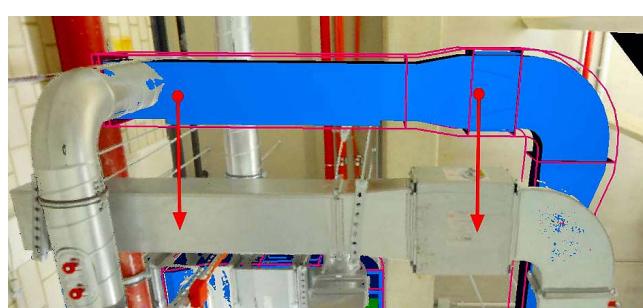


Abb. 12: Soll-Ist-Vergleich TGA-Bereich »Wurzel« Flugsteig A-Plus

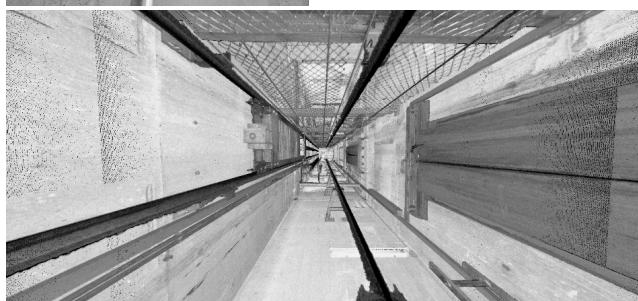
In verschiedenen Scanphasen (Architektur und TGA) wurden von TPI insgesamt 230.000 m<sup>2</sup> erfasst. Dafür wurden mehr als 8.000 Einzelscans mit ca. 7.500 Targets zur Verknüpfung und Georeferenzierung benötigt. Die Punktwolken und die Vergleiche der »as-built-Situation« mit den Planungsdaten (Abb. 11 und Abb. 12) beanspruchen einen Speicherplatz von einem Terrabyte auf externen Festplatten.

### 3.2 Praxisbeispiel Aufzugsschacht

Aufzüge sind sensible Bereiche am Airport, Stillstand wird nur von kürzester Dauer genehmigt, um die Fluggästbewegungen nicht unnötig zu behindern. Um eine »as-built-Aufnahme« (Nachweis von eventuellen Schieflagen u.ä.) eines Aufzugsschachtes möglichst effizient umzusetzen, ist der Einsatz von Laserscannern



◀ Abb. 13:  
Laserscanner mit aus-  
gefahremem Stativ



▼ Abb. 14:  
Gescannter Schacht

unumgänglich. Mit einem ausziehbaren Stativ kann eine Erfassung in verschiedenen Ebenen zügig realisiert werden (Abb. 13 und Abb. 14). Die entsprechende Stillstandzeit wird somit minimiert.

Der Einsatz von Targets wird hierbei nicht notwendig, die entsprechende Registrierung erfolgt über »cloud-to-cloud«. Als Produkt wurden selbstverständlich die »TruViews« und eine Dokumentation der Schieflistung als MicroStation-File an die Verantwortlichen der FRAPORT AG übergeben.

### 3.3 Praxisbeispiel Gepäckförderanlage

Insgesamt befinden sich aktuell ca. 80 km lange Tunnel unter Terminal und Vorfeld zur Gepäckbeförderung. Innerhalb von 45 Minuten werden 20.000 Koffer mit bis zu 18 km/h transportiert. Der Eingriff bzw. ein Stillstand der Anlage im Hochsicherheitsbereich ist nahezu unmöglich. Für die Planung von neuen Kabeltrassen erfolgt somit die 3D-Bestandserfassung der bestehenden Anlage durch Digitalisierung mittels Laserscanner.

Im Bereich der Gepäckförderanlage herrschen aufgrund der enormen Geräuschkulisse und der hohen Temperaturen Bedingungen wie »unter Tage«. Die komplexe

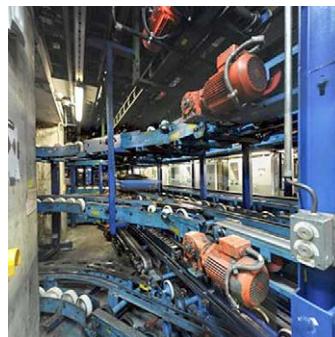


Abb. 15 und Abb. 16:  
Gepäckförderanlage



Anlage besteht aus mehreren Ebenen und die Platzverhältnisse für Personal und Scanner sind extrem begrenzt (Abb. 15 und Abb. 16). Der Einsatz von Klemm- und ausziehbaren Stativen sowie die Scannerbedienung über WLAN sind selbstverständlich.

Zur Erfassung eines Teilbereiches der Gepäckförderanlage am Frankfurter Flughafen wurden ca. 100 Scans benötigt; vom Auftraggeber war eine Georeferenzierung im Flughafenkoordinatensystem gefordert. Als Planungsgrundlage entstand ein 3D-Modell aller Objekte (Stahl-

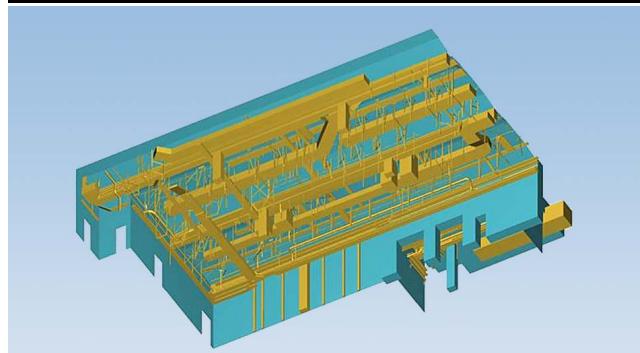


Abb. 17 und Abb. 18: Ergebnisse

bau, Fördersysteme, Kabeltrassen, Rohre, Leitungen, Gitterroste u.a.) im MicroStation-Format. Weiterhin erfolgte eine Abgabe als 3D-PDF und der entsprechenden TruViews (Abb. 17 und Abb. 18).

### 3.4 Praxisbeispiel Vogelschutzaun

Im Bereich der neuen Nord-West-Landebahn befindet sich ein ca. 10 m hoher Vogelschutzaun. Um an den genannten Zaun zu gelangen, können nur Personal mit Flughafenausweisen, Rollfeldführerscheinen und Fahrzeuge mit Zulassung und Transponderausstattung eingesetzt werden.

Sämtliche Bewegungen und Arbeiten im Vorfeld- und Rollfeldbereich können nur mit Funkkontakt mit der Vorfeldkontrolle vorgenommen werden. Dabei darf niemals der Flug- und Rollverkehr beeinträchtigt werden. Das Abgabeprodukt in diesem Projekt sind vermaßte Zaunaussichten im MicroStation-Format. Weiterhin erfolgte die Abgabe eines Orthofotos und der üblichen TruViews (Abb. 19 und Abb. 20).

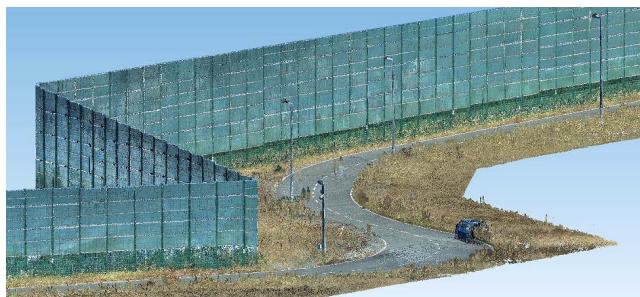


Abb. 19 und Abb. 20: Scanergebnisse Vogelschutzaun

### 3.5 Praxisbeispiel Halden Neubau Terminal 3

Im Baufeld des neuen Terminals 3, im Bereich der ehemaligen Airbase am Flughafen Frankfurt, erfolgte zunächst ein Trockenaushub auf -5,50 m. Von den insgesamt ca. 400.000 m<sup>3</sup> Erde verbleibt ein Drittel auf der Baustelle. Das genannte Aushubmaterial wird für Infrastrukturmaßnahmen z.B. für Anbindungsstraßen und Erweiterung und für den Umbau der Anschlussstelle Zeppelinheim (A5) verwendet.

Um eine belastbare Massenbilanz der unprofilierten Halden (Abb. 21) aufstellen zu können, wird eine Auf-



Abb. 21: Unprofilierte Halde

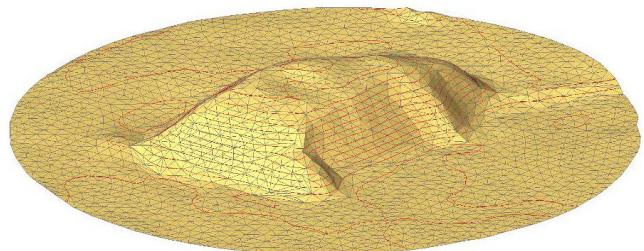


Abb. 22: Dreiecksvermaschung Halde Terminal 3

nahme durch terrestrisches Laserscanning realisiert (Abb. 22). Die Georeferenzierung erfolgt dabei durch GNSS-Einsatz. Aufgrund der gewählten Aufnahmetechnik kann eine sichere Volumensumme durch Einsatz effizienter Aufnahmetechnik gewährleistet werden.

### 3.6 Praxisbeispiel Schachtaufnahme

Auf dem großflächigen Gelände existieren mehrere tausend Schächte und Bauwerke. Von einer Vielzahl sind keine aktuellen Informationen bzw. keine aktuellen Schachtaufnahmen vorhanden.

Der Überkopfeinsatz von Laserscannern ermöglicht eine sichere 3D-Bestandsaufnahme (Abb. 23), ohne in die Schächte einsteigen zu müssen. Auch hier erfolgt eine Verknüpfung der Scannerstandpunkte im Flughafen-Koordinatensystem, somit können die GIS- und CAD-Systeme der FRAPORT mit den notwendigen Schachtdetails und Informationen versorgt werden (Abb. 24). Die Auswertung der Sachdaten kann dabei auf Grundlage der



Abb. 23: Punktfolge Schachtsohle

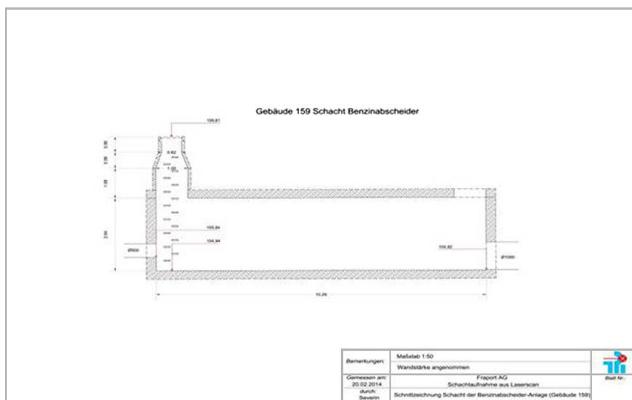


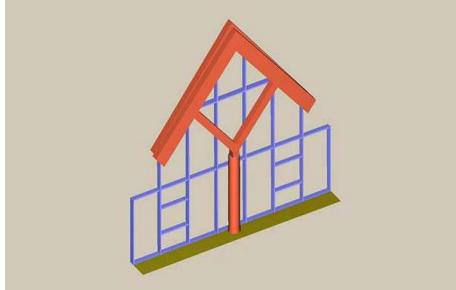
Abb. 24: Bemaßter Aufriss

fotorealistischen Punktfolgen im Büro erfolgen, die sicherheitskritischen Schachttöffnungszeiten vor Ort werden damit deutlich minimiert.

### 3.7 Praxisbeispiel Fassadenaufnahme

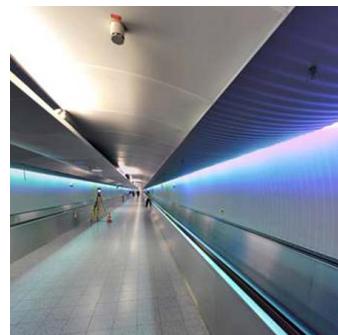
Im Zuge des Neubaus von Terminal 3 im Süden des Flughafengeländes wird eine Anbindung des vorhandenen Personen-Transport-Systems (fahrerstandlose Hochbahn) an die Bestandsterminal 1 und 2 gebaut. Eine neue PTS-Station ist zwischen dem Terminal 1 und dem Sheraton-Hotel geplant, ein direkter Zugang zur Hotellobby ist dabei vorgesehen.

Als 3D-Planungsgrundlage wird die Hotelfassade von beiden Seiten gescannt (Abb. 25 und Abb. 26). Nach Einbindung in das Flughafensystem erfolgt eine Modellierung der relevanten Fassadenbauteile als Planungsrundlage. Mit Hilfe der TruViews können die beauftragten Planer jederzeit die Örtlichkeit visualisieren und selbstständig weitere Maße, Koordinaten und Höhen abgreifen. Die 3D-Planung kann in die TruViews integriert werden und eine Überprüfung bezüglich Störkonturen kann visuell erfolgen.

Abb. 25 und  
Abb. 26:  
Hotelfassade  
und Scan-  
ergebnis

### 3.8 Praxisbeispiel Fluggasttunnel

Die schnelle und sichere Erfassung von as-built-Situationen im Sicherheitsbereich des Airports sind alltägliche Herausforderungen für die involvierten Ingenieurbüros.

Abb. 27:  
Scanner im Fluggast-  
tunnel

Am Beispiel des abgebildeten Fluggasttunnels (Abb. 27) werden die Zwänge für die Vermessungsarbeiten deutlich. Eine Beeinträchtigung der Flughafenabläufe ist im genannten Fall undenkbar. Durch den Scannereinsatz ist eine schnelle und vollständige 3D-Erfassung garantiert.

### 3.9 Praxisbeispiel Vorfahrtsebene Terminal 1

Die Vorfahrtsebene (Länge ca. 550 m) wurde 1972 erbaut. Eine umfangreiche Sanierung und Neugestaltung (Baukosten 36 Mio. Euro) ist im Zuge der regelmäßigen Bestandsbauarbeiten am Terminal 1 vorgesehen. Hierbei ist eine Erfassung der Störkonturen, Durchfahrtshöhen sowie der Versorgungsleitungen wichtig (Abb. 28 und Abb. 29). Aufgrund der hohen Verkehrs- und Personenfrequenz ist auch in diesem Fall eine berührungslose 3D-Bestandsaufnahme notwendig.



Abb. 28 und Abb. 29: Vorfahrtsebene am Terminal 1

### 3.10 Praxisbeispiel Retailflächen

Wie bereits dargestellt entfallen fast 20 % der Umsätze auf die Bereiche Retail & Real Estate, Vermarktung und Vermietung Retail. Dabei werden ständig Flächen neu vermietet oder/und hochwertig aus- und umgebaut. Die Erfassung und Dokumentation der vermieteten Flächen ist z.B. als Vertragsgrundlage notwendig. Eine der nobelsten Adressen in der Wurzel von Flugsteig A ist das Caviar House & Prunier (Abb. 30). Gemeinsam mit dem Betreiber von Caviar House ist der aktuell mit hochmodernen und hochwertigsten Bauelementen ausgestattete Shop in 3D mit dem BLK 360 von LEICA erfasst worden.

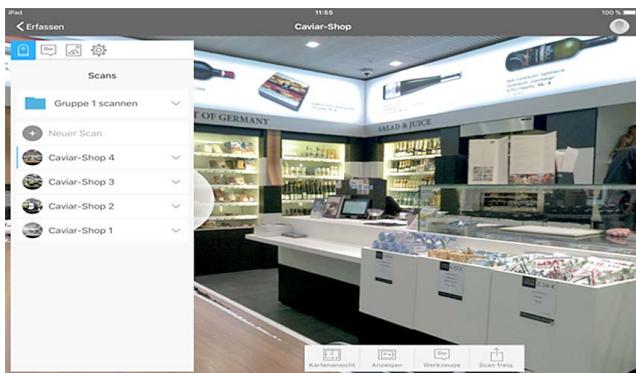


Abb. 30: Caviar House & Prunier

Selbstverständlich können sowohl Grundriss als auch Mietflächen aus den Daten abgeleitet werden. Weiterhin wird die Bilddokumentation des Shops als Muster für den Umbau von weiteren weltweit verbreiteten Niederlassungen verwendet.

## 4 Fazit bezüglich TLS am Flughafen Frankfurt/Main für Facility Management-Aufgaben

Zur Dokumentation und zur Erzeugung von belastbaren Planungsdaten sowie für die Bauzustands- bzw. Fortschrittskontrolle ist der Einsatz von terrestrischen Laserscannern ein state-of-the-art-Sensor. Der Einsatz der genannten Sensoren bietet durch hohe Effizienz (berührungslose Messungen in kurzer Zeit), besonders im Terminal sicherheitsbereich oder im Start- und Landebahn- system, einen großen Mehrwert für das AIRPORT-FM der Fraport AG. Auch für die zunehmende BIM-Integration am Flughafen Frankfurt/Main sind Laserscanner und deren Auswertestrategien ein unverzichtbares Medium zur 3D-Datenerfassung. Wie beschrieben sind die Anwendungsfälle extrem vielfältig und aufgrund der ständigen Entwicklung bezüglich Hard- und Software ist eine Vielzahl von zukünftigen Aufgaben und Anwendungsfällen denkbar. Für die Datenprozessierung und Produkt erstellung aus den 3D-Daten (big data) werden erfahrene und gut aus- bzw. fortgebildete Mitarbeiter benötigt. Sicherlich besteht im Bereich automatischer Modellierung



Abb. 31: TPI-Drohne

und Handling großer Datenmengen viel Entwicklungspotenzial. Die aktuellen Sensoren unterstützen die Digitalisierung der Vermessung am Flughafen. Sowohl mobile Erfassungssysteme (z.B. NavVis) zur Navigation und Visualisierung als auch low-cost-scanner wie z.B. der BLK 360, mit minderer Genauigkeit aber hoher Effizienz, sind speziell für die Themen BIM und Baufortschrittskontrolle (Soll-Ist-Vergleich) von steigender Bedeutung. Wichtig ist dabei immer eine kurzfristige Ergebnisübergabe (as-built-Situation) zur weiteren Veranlassung und Entscheidung an die Bau- bzw. Projektleitung oder an den Betreiber. Eine Integration von Bildern und Punktwolken durch UAS-Einsatz ist für einige Aufgabenfälle ebenfalls hilfreich. Aktuell hat TPI in einer Kooperation mit der FRAPORT AG und in enger Zusammenarbeit mit der Deutschen Flugsicherung deutschlandweit erstmalig den Regelflugbetrieb einer Drohne (Abb. 31) im regulierten Flugraum realisiert. Die ersten Testflüge im Baufeld des neuen Terminal 3, mit einem integrierten Transponder, um eine Drohnensichtbarkeit für die Flugsicherung und die Bodenkontrolle sicherzustellen, waren außerordentlich zufriedenstellend.

### Kontakt

Dipl.-Ing. (FH) Stephan Och  
Geschäftsführender Gesellschafter der TPI Vermessungsgesellschaft mbH  
Otto-Hahn-Straße 46, 63303 Dreieich  
stephan.och@tpi-vermessung.de

Dieser Beitrag ist auch digital verfügbar unter [www.geodaeisie.info](http://www.geodaeisie.info).