
Dr. Thilo Schneider

Fraport AG

Wissen ist Macht

**Die Analyse von Radarspuren zur Optimierung
flugbetrieblicher Prozesse**

Die Analyse von Radarspuren zur Optimierung flugbetrieblicher Prozesse

Mit rund 470.000 Flugbewegungen pro Jahr zählt der Frankfurter Flughafen zu den größten Airports in Europa. In Spitzenstunden bewegen sich mehr als 30 Flugzeuge gleichzeitig auf dem Vorfeld. All dies geschieht in einem hoch komplexen System aus Rollwegen, Start- und Landebahnen und Abstellpositionen. Kaum eine Änderung an Prozessen oder Infrastruktur kann isoliert betrachtet werden. Doch wie schafft man es, trotz dieser Komplexität noch fundierte Entscheidungen zu treffen. Oder anders formuliert: Woher lassen sich Informationen gewinnen, die als Basis für Entscheidungen nutzbar sind?

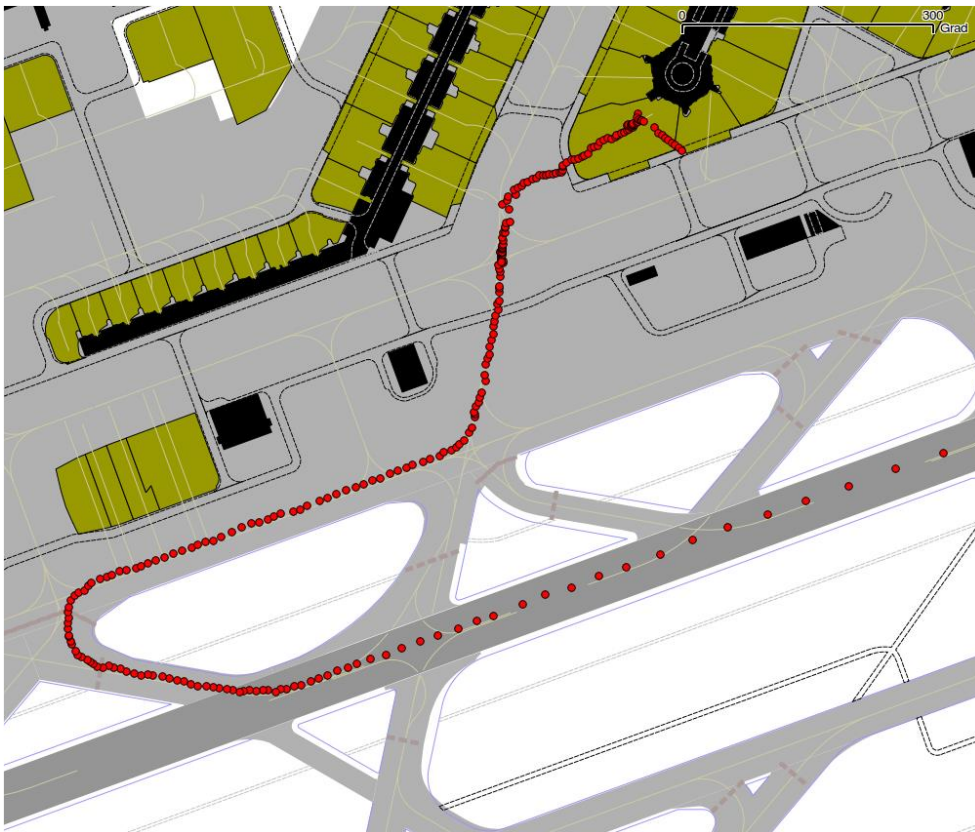
Natürlich sammeln sich in den operativ genutzten Datenbanken des Flughafens jede Menge Informationen zu einer Flugbewegung an. Flugzeugtyp, Passagierzahl oder Zielort werden genauso erfasst wie verschiedene, während der Flugzeugabfertigung entstehende Zeitstempel, etwa das Verlassen der finalen Parkposition oder der Zeitpunkt des Starts. Doch genau zwischen diesen beiden Zeitpunkten wird auf konventionellem Weg keine weitere Information erfasst, der eigentliche Rollprozess ist im Sinne einer systematischen, auf ausreichend großer Datenmenge basierenden Analyse der Prozesse nicht auswertbar. Gleichzeitig verstecken sich natürlich genau dort die Informationen, die für die oben skizzierten Entscheidungen von essentieller Bedeutung sind.

Wie lässt sich dieses Wissensloch füllen? Gespräche mit den verantwortlichen Lotsen können sicherlich einen Einblick in die Arbeitsweise geben, können jedoch durch das Prinzip bedingt nur subjektive und keine objektiven, quantifizierbaren Informationen liefern. Mittels manueller Verkehrszählungen wäre es sicherlich möglich, einen ersten Eindruck zu erhalten. Jedoch erfordern systematische Zählungen einen hohen Aufwand in Vor- sowie Nachbereitung und erlauben keine kurzfristige Beantwortung von Fragen.

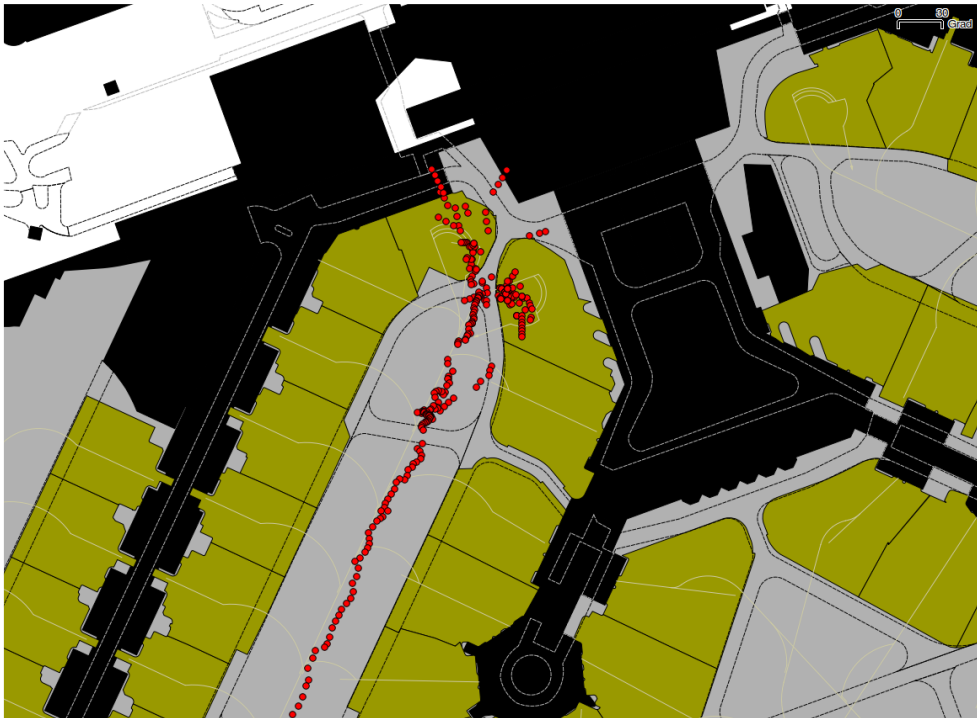
Es stehen allerdings auch noch weitere nutzbare Daten zur Verfügung: Die Position eines jeden Flugzeugs wird während des gesamten Rollvorgangs mittels verschiedener technischer Systeme kontinuierlich überwacht und den Lotsen zur Anzeige gebracht. Eine entsprechende Speicherung und

Aufbereitung vorausgesetzt können diese Daten auch zur nachträglichen Analyse genutzt werden. Im Folgenden soll grob skizziert werden, welche Auswertungsmöglichkeiten sich hierdurch ergeben, welche Art von Fragen beantwortet werden kann und wofür diese Ergebnisse genutzt werden.

Die Position jedes Flugzeuges wird ungefähr einmal sekundlich aufgezeichnet. Hierbei enthält Jeder Datensatz enthält Identifikationsmerkmale des Flugzeugs, die aktuelle Zeit sowie Positionskoordinaten. Die Positionsgenauigkeit schwankt stark, es können größere Datenausreißer existieren.



Beispiel eines qualitativ guten Datensatzes.



Keine Seltenheit - gerade im Stillstand streuen die Daten deutlich.

Eine weitere Herausforderung zusätzlich zur teilweise schlechten Qualität der Daten ist deren schiere Menge. Bei ca. 1400 Flugbewegungen pro Tag und etwa 900 Datenpunkten pro Bewegung kommen in einem Jahr immerhin etwa 450 Millionen Datenpunkte zusammen. Die Auswertung dieser Datenmenge erfordert nicht nur digitale Unterstützung, sondern auch auf das Problem angepasste Methoden und Algorithmen.

Im Rahmen des vorgestellten Projektes wurden klare Anforderungen an ein Auswertungssystem definiert: Ziel war es, eine Auswertung von Vergangenheitsdaten möglich zu machen, auf Echtzeitfähigkeit des Systems wurde bewusst verzichtet. Weiterhin beziehen sich die meisten Fragestellungen auf den Boden, die Höheninformation kann meist ignoriert werden. Dennoch ist sicherzustellen, dass diese auch ausgewertet werden könnte. Auf leichte Benutzbarkeit wurde zugunsten einer höheren Flexibilität bei den Auswertungen verzichtet, die entstandene Anwendung richtet sich klar an wenige Nutzer, denen auch komplexere Zusammenhänge und intensivere Einarbeitung zugemutet werden kann. Schließlich sollte durch die gewählte Auswertungsmethodik eine möglichst hohe Automatisierung bei der Erkennung und Korrektur von Datenfehlern sichergestellt sein.

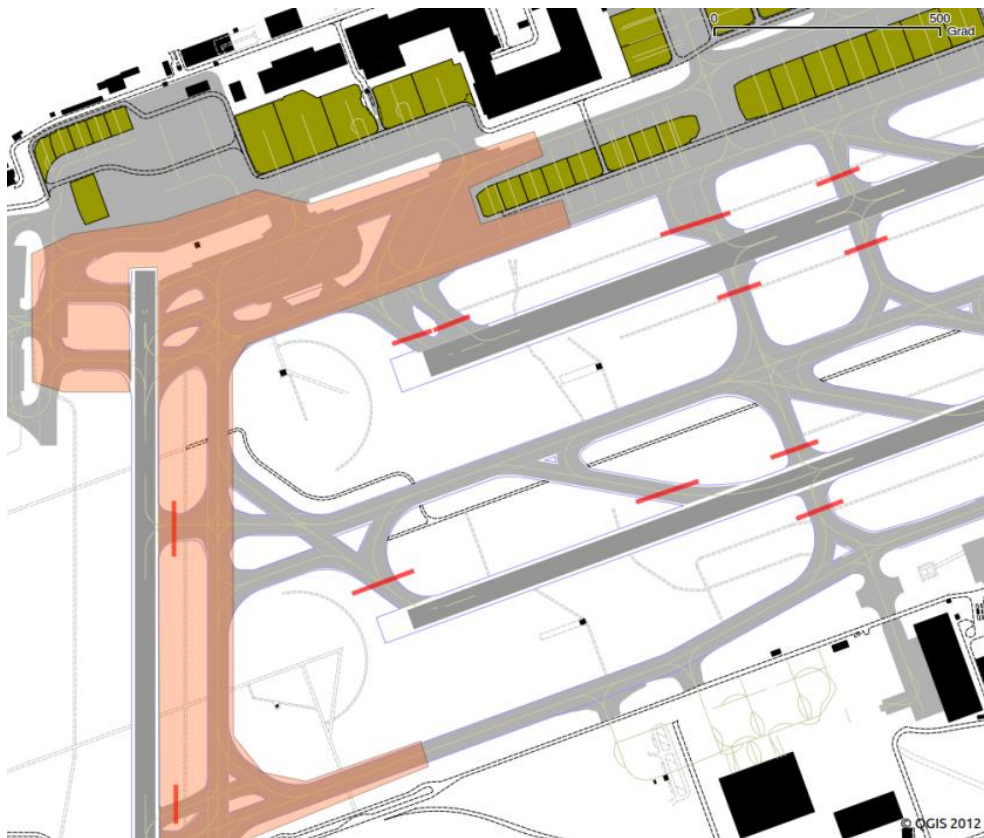
Daraus leiten sich sofort zwei wesentliche Erkenntnisse für die Aufbereitung und Speicherung der Daten ab: Es wird ein Verfahren benötigt, welches eine Glättung sowie Kompression der Radardaten sicherstellt. Hierzu setzt die Fraport AG einen eigens entwickelten Algorithmus ein, welcher die stark streuenden Punkte mittels einer Spline-Approximation glättet. Die benötigte Kompression geht dabei automatisch mit einher. Die größte Schwierigkeit hierbei stellte der Umgang mit Stillständen des Flugzeuges dar, die zuerst erkannt werden müssen, um sie dann im Rahmen der Approximation gesondert zu berücksichtigen. Hierdurch konnten gravierende Datenfehler, die die weitere Auswertung beeinflussen würden, im Wesentlichen beseitigt werden.



Fertige Approximation. Besonders im Stillstand zeigt sich eine deutliche Verbesserung der Qualität.

Die fertig geglätteten Trajektorien der Flugbewegungen werden anschließend in einer Datenbank abgelegt und dort für Auswertungen bereitgehalten.

Um diese Auswertungen entsprechend durchführen zu können wurden weiterhin Funktionalitäten bereitgestellt, welche unterschiedliche Operationen auf den abgelegten Daten durchführen können. Ein wesentlicher Baustein hierfür ist das Einfügen von „virtuellen Induktionsschleifen“: Auf dem Flughafenplan können an beliebiger Stelle Linien gezogen werden und anschließend alle Flugzeuge selektiert werden, die diese Linie in einer definierten Richtung passiert haben. Zusätzlich lässt sich die Geschwindigkeit, Beschleunigung, genaue Position und Uhrzeit des Passierens auslesen.



Beispiel für mehrere "Induktionsschleifen" sowie einen Bereich, in dem Wartezeiten vor der Startbahn gemessen werden können

Die einzelnen Auswertungsfunktionen werden direkt in der Datenbank ausgeführt und dort mittels SQL aufgerufen. Dies erlaubt eine freie Kombination verschiedener Werkzeuge gepaart mit klassischer Datenbanklogik im „Baukastensystem“. Hierdurch entsteht die benötigte, hohe Flexibilität.

Insgesamt ist hierdurch ein Auswertungssystem entstanden, mit dem gänzlich verschiedene Arten von Fragen beantwortet werden können. Typische Fragestellungen sind unter anderem:

- Wie verteilt sich der Verkehr auf dem Flughafen?
- Wie schnell rollen Flugzeuge an bestimmten Punkten?
- Wo und weshalb entstehen Verzögerungen?
- In welchen Bereichen werden Flugzeuge gehalten?
- Wie stehen Flugzeuge in Beziehung zueinander? Welche Abstände werden eingehalten und welche Abhängigkeiten bestehen?

Die gewonnenen Erkenntnisse können auf viele verschiedene Arten genutzt werden. Neben einer direkten Identifikation und Bewertung möglicher kapazitätsverringender Faktoren ist es auch möglich, Simulationswerkzeuge zur Bewertung kommender Verfahren zu kalibrieren und zu validieren. Statt Bauchgefühl können deutlich öfter belegbare Fakten zur Diskussion gebracht werden.