

Untersuchung der kapazitiven Auswirkungen einer Variation im Personaleinsatz in der Handgepäck-Nachkontrolle einer Flughafen-Sicherheitskontrollspur am Beispiel des BER-Layouts

Andreas G. Hotes*, Benjamin Fischer

Zusammenfassung

Dieser wissenschaftliche Beitrag stellt die Untersuchung einer modernen Sicherheitskontrollspur für Passagiere und Handgepäck dar, wie sie unter anderem am Flughafen Berlin-Brandenburg Willy Brandt (BER) Anwendung finden wird. Nach einer Beschreibung der Verfahrensabläufe einer Sicherheitskontrolle entsteht unter Verwendung realer Passagierparameter und analysierter Prozesszeiten mit der Simulationssoftware CAST Terminal ein detailliertes Modell, mit dem die Passagierkapazität der Kontrollspur untersucht und ein eventueller Engpass lokalisiert werden kann. Durch zielgerichtete Veränderungen in der Personalbesetzung der Handgepäck-Nachkontrolle sollen daraus folgende kapazitive Auswirkungen bei einer Betrachtung unterschiedlicher Szenarien unter Variation der Alarmrate der Handgepäckprüfanlage untersucht werden. Mit steigender Alarmrate verschiebt sich der Kapazitätsengpass aus der Gepäckaufnahme in die Handgepäck-Nachkontrolle, was den Einsatz eines zweiten Nachkontrolleurs erforderlich macht.

Abstract

The paper comprises a simulative analysis of a modern security control lane for passengers and hand luggage as will apply at Berlin-Brandenburg Airport Willy Brandt. After a description of the procedures of a security control, a detailed model will be built utilizing the simulation software, CAST Terminal, and using real passenger parameters and process times to analyze the capacity of the control lane and locate a possible bottleneck. Due to purposive staff changes in the second hand luggage control, capacitive effects could be studied in consideration of different alarm rates of the baggage screening system. With an increasing alarm rate the capacitive bottleneck moves from luggage pick-up to second hand luggage control, which makes it necessary to employ a second security inspector.

1. Einführung und Ziel der Untersuchung

In den Jahren 2012 bis 2016 betrug der Passagierzuwachs deutscher Verkehrsflughäfen durchschnittlich 2,4 % (Arbeitsgemeinschaft Deutscher Verkehrsflughäfen 2016, 2015, 2014, 2013, 2012) pro Jahr. Dadurch werden die Abfertigungseinrichtungen vieler Flughäfen ständig vor neue kapazitive Herausforderungen gestellt. Ein hier sehr relevanter und aufgrund der aktuellen Terrorbedrohung immer wichtiger werdender Bereich sind die Passagier-Sicherheitskontrollen nach § 5 Luftverkehrsgesetz. Behörden stehen da-

bei immer wieder vor der Aufgabe, die nachgefragte Kapazität bei Einhaltung höchster Sicherheitsanforderungen bereitzustellen.

Da bereits bestehende Kontrollspuren nur eine begrenzte Fläche zur Verfügung haben, sind Erweiterungen nicht immer umsetzbar und, wenn realisierbar, zumeist kostenintensiv. In diesem Beitrag soll der Fokus deshalb auf die kapazitiven Auswirkungen von unterschiedlichen Personalzahlen am Beispiel der Handgepäck-Nachkontrolle gelegt werden. Es soll untersucht werden, welche Kapazitäten bei einem bzw. bei zwei Nachkontrolleuren pro Kontrollspur erreicht werden können.

Für das Layout sollen die modernen Kontrollspuren des Flughafens BER als Vorbild dienen, die bereits heute zum Teil an den Flughäfen Berlin-Tegel und -Schönefeld zum Einsatz kommen.

2. Methodisches Vorgehen

Zu Beginn der Untersuchung sollen mit Hilfe von Literatur einige theoretische Grundlagen zu Gesetzen und Verantwortlichkeiten in der Luftsicherheit geklärt werden, um dann genauer auf die einzelnen Bereiche einer Sicherheitskontrolle einzugehen. Für die Untersuchung soll ein Simulationsmodell mit der Software CAST

* korrespondierender Autor

Terminal entwickelt werden. Um eine Sicherheitskontrolle zu simulieren, werden detaillierte Informationen zu den gesetzlichen und prozessualen Gegebenheiten der Sicherheitskontrollen benötigt. Informationen zu den gesetzlichen Kontrollregelungen sind im Anhang des Nationalen Luftsicherheitsprogramms beschrieben und nicht öffentlich zugänglich, weshalb hier nicht detailliert auf diese Regelungen eingegangen werden kann.

Weiter benötigt das Simulationsmodell zur Abbildung der Prozesse eine Vielzahl an Parametern des realen Systems. Passagierparameter, wie bspw. die durchschnittlich benötigte Gepäckwannenanzahl und die einzelnen Prozesszeiten, werden aus realen Messungen übernommen (Fischer 2017: 37–56). Bezüglich der Alarmrate der (Hand-)Gepäckprüfanlage (GPA) werden plausible Annahmen getroffen, da auch diese Informationen nicht frei zugänglich sind.

Mit Hilfe der gesammelten Informationen erfolgt die Abbildung der einzelnen Prozesse in der Software. Anschließend soll die Mitarbeiterzahl in der Nachkontrolle gezielt variiert werden und die Unterschiede im Durchsatz sollen anhand des zugehörigen Auswertetools, des CAST Log Analyser, ausgewertet werden.

3. Rechtliche Grundlagen zur Luftsicherheit an deutschen Verkehrsflughäfen

Die Europäische Union definiert Luftsicherheit als „Maßnahmen und [...] Ressourcen, die dazu dienen, die Zivilluftfahrt vor unrechtmäßigen Eingriffen zu schützen, die die Sicherheit [...] gefährden“ (Europäisches Parlament & Rat der Europäischen Union 2008: 74). Die Anschläge des 11. Septembers 2001 zogen erstmalig EU-weite Regelungen zur Luftsicherheit nach sich (Kroschwald 2012: 26). In der heute geltenden Verordnung (EG) 300/2008 sind die Grundsätze für die europäische Luftsicherheit geregelt (vgl. Europäische Kommission 2016). Wie diese Forderungen umzusetzen sind, regelt die Durchführungsverordnung (EU) 2015/1998, die unter anderem die Durchführung von Passagier- und Handgepäckkontrollen beschreibt (vgl. Europäische Kommission 2015).

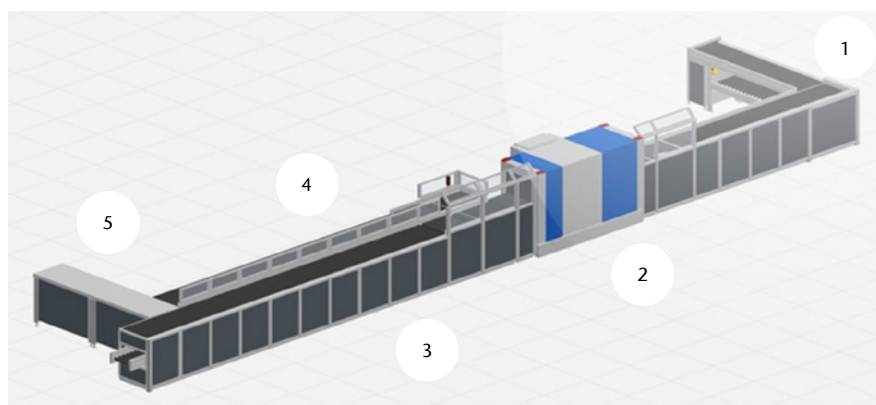


Abb. 1) Layout einer Sicherheitskontrolllinie der Firma Smith Detection (Convario 2017).

Auf nationaler Ebene regelt das Luftsicherheitsgesetz unter anderem die Zuständigkeiten und Befugnisse der Luftsicherheitsbehörden (vgl. Luftsicherheitsgesetz 2005). § 3 bildet dabei die Grundlage für das Recht der zuständigen Behörde, in besonderen Lagen selbst Maßnahmen zu definieren, um die Sicherheit der Luftfahrt zu gewährleisten (Kroschwald 2012; Luftsicherheitsgesetz 2005). Dies gibt dem Bundesministerium des Innern die Möglichkeit, je nach Bedrohungslage Luftsicherheitsanordnungen zu erlassen (Bundesministerium des Innern & Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung 2010: 24).

Nach § 16 Abs. 2 Luftsicherheitsgesetz (LuftSiG) stellt das jeweilige Bundesland die zuständige Luftsicherheitsbehörde. Absatz 3a jedoch überlässt dem Bund die Möglichkeit, diese Aufgaben auch selbst auszuführen. Dies hat der Bund in einigen Ländern getan und die Bundespolizei als zuständige Luftsicherheitsbehörde benannt (vgl. Kroschwald 2012: 51f.). In diesen Fällen hat die Bundespolizei nach § 5 Abs. 1 LuftSiG das Recht, Passagiere und ihr Handgepäck vor dem Zugang zu Sicherheitsbereichen zu durchsuchen oder in anderer Weise zu kontrollieren. Durch die sogenannte Beleihung kann diese Befugnis auch an Privatdienstleister weitergegeben werden (vgl. Luftsicherheitsgesetz 2005: § 16a Abs. 1).

4. Passagier- und Handgepäckkontrollen

4.1 Aufgabe von Sicherheitskontrollen

Durch die Passagier- und Handgepäckkontrollen an Flughäfen soll sicherge-

stellt werden, dass keine verbotenen Gegenstände in den Sicherheitsbereich gelangen. Personen können mit Metalldetektorsonden, Sicherheitsscannern oder durch eine Durchsuchung per Hand kontrolliert werden, Handgepäckstücke hingegen durch normale Röntgengeräte, Sprengstoffdetektoren (EDS) oder ebenfalls per Handdurchsuchung (vgl. Europäische Kommission 2015: 15–17). Zu den verbotenen Gegenständen zählen alle schusswaffenähnlichen Gegenstände, explosive Gegenstände, spitze oder scharfe Gegenstände, Schlagwaffen oder Werkzeuge (vgl. Europäische Kommission 2015: 20f.).

Infolge von Anschlägsversuchen mit Flüssigsprengestoffen regulierte die Europäische Kommission im Jahr 2006 die Mitnahme von Flüssigkeiten im Handgepäck (Geminn 2014: 32). Auch wenn Flüssigkeiten nicht per se verbotene Gegenstände sind, unterliegen sie einer Volumenbeschränkung, da es unter anderem kapazitiv aus Sicht des Gesetzgebers nicht möglich erscheint, alle Flüssigkeiten zu kontrollieren.

4.2 Ablauf der Passagier-Sicherheitskontrolle am Beispiel des BER-Layouts

Im Jahr 2015 wurden im Terminal C des Flughafens Schönefeld neue Sicherheitskontrolllinien errichtet (Flughafen Berlin Brandenburg 2015). Deren Layout entspricht in weiten Teilen dem Layout der Sicherheitskontrollen am Flughafen Berlin Brandenburg BER, das durch die verschobene Eröffnung bisher noch keine Verwendung fand. Das in Abb. 1 dargestellte Layout zeichnet sich durch die rechteckig angeordneten Vorbereitungs- und Nachkontrollbereiche (1 und 5) sowie

die getrennten „In Ordnung“- und „Nicht in Ordnung“-Bänder (3 und 4) hinter der GPA (2) aus. Eine Kontrollspur beschreibt eine Kontrolllinie für das Handgepäck inkl. des Bereiches der Passagierkontrolle.

4.2.1 PASSAGIERVORBEREITUNG

Der Passagier betritt die Sicherheitskontrolle im Vorbereitungsbereich (1) und passiert die abgebildete Kontrolllinie aus seiner Sicht links. Die Passagiervorbereitung umfasst folgende Teilprozesse:

1. Ablegen von Handgepäckstücken
2. Entfernen von Gegenständen aus den Hosentaschen
3. Ablegen von Jacken
4. Separieren von größeren elektronischen Geräten und erlaubten Flüssigkeiten
5. Ggf. Beseitigung verbotener Gegenstände

Im kapazitiv optimalen Fall entnimmt der Passagier die Wanne selbstständig aus der Wannentnahme und bereitet sich den Regelungen entsprechend vor. Der Einweiser unterstützt ihn dabei und weist auf zu separierende Flüssigkeiten oder größere elektronische Geräte hin. An Flüssigkeiten, Aerosolen und Gels (LAG) dürfen nur solche zu medizinischen Zwecken, zu diätetischen Zwecken (inkl. Babyahrung), solche in manipulations-sicheren Beuteln (STEB) und LAG in Behältern, deren Volumen nicht größer als 100 Milliliter ist und die sich in einem durchsichtigen, wiederverschließbaren Beutel mit einem Volumen von höchstens einem Liter befinden, mitgeführt werden (Europäische Kommission 2015: 16f.). Erlaubte Flüssigkeitsbehältnisse mit einem Fassungsvermögen von über 100 Milliliter, die nicht auf der Luftseite des jeweiligen Flughafens erworben und in einem STEB verpackt wurden, müssen in gesonderte LAG-Wannen gelegt und mit Flüssigsprengeffektoren (LEDS) überprüft werden (Europäische Kommission 2015: 18).

4.2.2 Passagierkontrolle

Nicht in der Abb. 1 dargestellt ist der Personenkontrollbereich. Nachdem die Passagiere ihr Handgepäck abgelegt haben, durchlaufen sie einen Sicherheitsscanner oder eine Metall-detektorsonde. Der Scanner hat den Vorteil, dass er Objekte generell detektiert, die in irgendeiner Weise eine Abweichung zu den normalen Körperkonturen inkl. Bekleidung darstellen. Dahinter werden sie vom Personenkontrollkoordinator entweder zur Gepäckaufnahme weitergeleitet oder zu einem der Personenkontrollere. Die Personenkontrollere stehen in den jeweils drei Diskretionselementen pro Spur, die einen gewissen Blickschutz für die Durchsuchung bieten sollen.

4.2.3 Handgepäckkontrolle

Ein bewährtes Verfahren der Handgepäckkontrolle bildet die Bewertung des von der GPA erstellten Röntgenbildes. Ein vom Röntgenbildauswerter als sicher eingestuftes Handgepäck wird auf dem „In Ordnung“-Band (IO-Band) (3) weitertransportiert, von dem der Passagier seine Gegenstände wieder aufnehmen und die leeren Wannen in das Rückführsystem geben kann (siehe Abb. 1).

Sollten die Gegenstände vom Röntgenbildauswerter nicht als sicher eingestuft werden, wird die Wanne über eine Weiche auf das „Nicht in Ordnung“-Band (NIO-Band) (4) gefahren und dort zur Nachkontrollstelle (5) transportiert. Pro Kontrollspur gibt es zwei Nachkontrollplätze mit je einem Tisch und Monitor, an dem sich der Kontrolleur das Röntgenbild des jeweiligen Handgepäckstücks aufrufen kann. Durch die seitliche Anordnung der Plätze blockieren Passagiere mit nachzukontrollierendem Handgepäck nicht die Wege der anderen.

Hinter der Kontrollspur werden einige Passagiere bzw. deren Handgepäck einer zusätzlichen Kontrolle mittels Sprengstoffspurendetektoren (ETD) unterzogen. Dabei werden bestimmte Stellen mit einem Wischstreifen beprobt und dieser dann ausgewertet. Diese Kontrolle erfolgt entweder nach einer festgelegten Quote (zufallsbestimmt) oder bei einem Verdachtsfall (NIO).

5. Erstellung des Simulationsmodells unter Verwendung von CAST Terminal

5.1 Kurzvorstellung der Simulationssoftware CAST Terminal

Eine Simulation ist „ein möglichst realitätsnahes Nachbilden von Geschehen der Wirklichkeit“ (Lackes et al. o. J.). Das heißt, man vereinfacht die Eigenschaften eines Systems und erzeugt damit ein Modell. An diesem Modell untersucht man dann die gewünschten Prozesse und verwendet die Ergebnisse, um das reale System entsprechend anzupassen (vgl. Lackes et al. o. J.).

Am Markt gibt es verschiedene Softwareanbieter, wie Simio LLC, FlexSim Software Products, Inc. oder die Airport Research Center GmbH, die Programme zur Erstellung von dreidimensionalen Discrete Event Simulations im Portfolio haben, die für Terminalsimulationen anwendbar sind. Vorrangig die Airport Research Center GmbH hat sich mit CAST Terminal explizit auf die Simulation von Flughafen-Terminalprozessen spezialisiert und enthält bereits vordefinierte luftfahrtspezifische Objekte und Eigenschaften in den Bibliotheken. Auch die International Air Transport Association (IATA) und das Airport Council International (ACI) greifen bei ihren Untersuchungen auf die Software zurück (Renner 2016).

Bei CAST Terminal handelt es sich um eine Multi-Agent-Free-Flow-Software, in der sich jeder Passagier selbstständig gemäß seinen Eigenschaften („Attribute“) durch die Simulation bewegt und Aufgabenlisten abarbeitet. In der Prozessdarstellung bietet die Software bei der Eingabe von Vorgangszeiten übliche Verteilungsfunktionen an, um reale Wahrscheinlichkeiten abbilden zu können.

5.2 Festlegung der Systemgrenzen

Vor der Erstellung eines Simulationsmodells muss das darzustellende System definiert werden. Ein System sind dabei Objekte, die interagieren (vgl. Horton 2001). In dieser Simulation sollen die Prozesse aller Bereiche innerhalb einer Kontrollspur nach dem BER-Layout vereinfacht dargestellt werden.

Für einige Teilprozesse wird lediglich die Prozessdauer berücksichtigt, statt den gesamten Ablauf zu simulieren. Auf die Darstellung der Prozesse außerhalb der eigentlichen Spur, also die ETD-Kontrollen, sowie auf Kontrollen in Detektionsräumen und Nachkontrollkabinen soll in dieser Untersuchung verzichtet werden. Sowohl Passagiere als auch die Luftsicherheitsassistenten werden hingegen Teil des Systems, die jedoch nicht alle als aktiv handelnde Objekte in die Simulation eingebunden werden.

5.3 Modellieren der Kontrollspur

CAST Terminal beinhaltet nur einige spezifische Objekte einer Sicherheitskontrollspur. Alle anderen Objekte müssen durch funktionale Elemente nachgebildet werden, die durch ihre Geometrien, Interaktionszeiten und bedingungen die realen Objekte verkörpern. Grundsätzlich wurden für die Modellierung folgende Elemente berücksichtigt:

1. **Bag Drops (Gepäckabwürfe)**, an denen eine Person ihr Gepäck auf ein anderes Element befördern kann
2. **Object Packer (Objektpacker)**, die Gepäckstücke bspw. in eine Gepäckwanne legen
3. **Object Configurators (Objekt-konfiguratoren)**, die Objekten, in diesem Fall den Wannern, bestimmte Eigenschaften geben
4. **Conveyor Elements (Förder-elemente)**, die die Wannern in einer konstanten Geschwindigkeit transportieren
5. **Filter**, die Objekte nach einer definierten Bedingung auf unterschiedliche weitere Objekte aufteilen
6. **Pick-up Belts (Aufnahmebänder)**, an denen während des Transports Gepäckstücke von Personen aufgenommen werden können
7. **Walk-throughs (Tore)**, die von Personen zu passieren sind

8. **Counters**, an denen sich Personen für eine bestimmte Zeit aufzuhalten haben

Diese Elemente ermöglichen zusammen die Darstellung der Prozesse einer Sicherheitskontrolle, wie sie in Abb. 2 zu sehen ist. Hinzu kommen zwei grundlegende Elemente einer Simulation: Ein Element zum Erstellen und Definieren der Passagiere – der Person Flow Generator (Personenflussgenerator) – und der Exit zum Entfernen der Passagiere aus dem Modell. Die Dimensionierung der Objekte erfolgt anhand einer im Programm hinterlegten Zeichnung in Anlehnung an den BER.

5.4 Abbilden der Kontrollprozesse

Die Passagiere werden in einer konstanten Rate generiert. Hierbei wird gewährleistet, dass eine stetige Nachfrage besteht, um die maximale Kapazität ermitteln zu können. Im Person Flow Generator werden die ersten Tokens, so werden die abzuarbeitenden Aufgaben genannt, zum Betreten der Kontrollspur an die Passagiere vergeben. Weitere Tokens für die einzelnen Kontrollvorgänge bekommen die Passagiere an den Objekten, an denen sie Transaktionen durchführen. So ist es möglich, Passagieren aufgrund von Wahrscheinlichkeiten unterschiedliche Aufgaben zu geben. Vor dem Zugang zur Kontrollspur müssen die Passagiere einen Walk-through passieren. Dieser sorgt dafür, dass nur

eine bestimmte Anzahl von Passagieren im Vorbereitungsbereich ist.

5.4.1 Passagierkontrolle

Wie in Abb. 3 zu erkennen, befinden sich auf dem Rollenelement des Vorbereitungsbereiches zwei Inputs für Gepäckwannen. Um diese zu bedienen, gibt es zwei Bag Drops, in denen die Vorbereitungsdauern in Abhängigkeit von der Handgepäckzahl hinterlegt sind. Nach Ablauf der Dauer bewegen sich die Handgepäckstücke des Passagiers durch den Bag Drop in den Object Packer. Dort werden sie in Gepäckwannen gelegt, welche wiederum im Object Configurator den tatsächlichen Maßen angepasst werden.

Der Object Packer verwendet pro Handgepäckstück nur eine Wanne. Um die durchschnittlich benötigte Wannenzahl pro Passagier abzubilden, werden von einer bestimmten Anzahl Passagiere zusätzliche „leere“ Wannern in Tray Drops (Wannenabwürfe) gelegt. Damit die Passagiere kein Gepäck auf das Rollenelement legen können, wenn dieses durch einen Stau belegt ist, wurde die Bedingung gesetzt, dass der Object Configurator dazu frei sein muss. Danach begeben sich die Passagiere zum in Abb. 4 dargestellten Walk-through. Damit dieser einen Sicherheitsscanner abbildet, wurde eine entsprechende Verweildauer hinterlegt. Während des Durchlaufens entscheidet sich, ob ein Passagier zur Nachkontrolle muss oder direkt den Token zur Gepäckaufnahme zugewiesen bekommt.

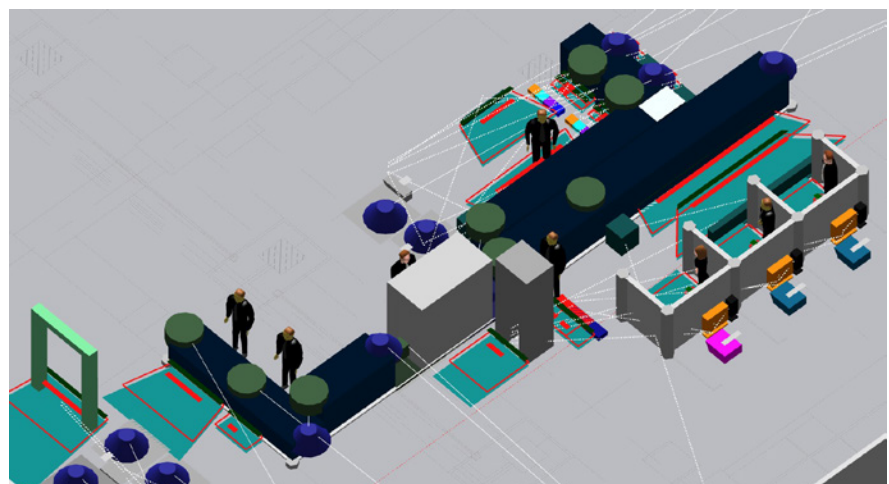


Abb. 2) Überblick über die mit CAST Terminal modellierte Kontrollspur.

Hinter dem Walk-through befinden sich zwei Info-Counter, einer für männliche und einer für weibliche Passagiere. Ist der Info-Counter für das jeweilige Geschlecht belegt, kann der Passagier den Walk-through nicht betreten. Damit der Passagier den Info-Counter verlassen kann, muss der Kontrollcounter eines Diskretionselements frei und der zugehörige Kontrollleur gleichgeschlechtlich sein. Nach Ablauf der Kontrolldauer wechselt der Personenkontrollleur von dem in Abb. 4 orangenen zum schwarzen Counter. Daraufhin bekommt der Passagier den Token zur Gepäckaufnahme.

5.4.2 Handgepäckkontrolle

Der GPA ist eine Delay Unit vorgelagert, in der die Röntgenbildauswertedauer hinterlegt wird. Anhand der Farbe der Gepäckwanne erkennt die Delay Unit, ob es sich um eine normale oder eine LAG-Wanne handelt, und vergibt mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit eine Nachkontrolleeigenschaft. Anschließend bewegt sich die Wanne in den in Abb. 5 dargestellten Filter und wird von dort bei Vorhandensein einer Eigenschaft durch den Output, der mit dem NIO-Band verbunden ist, bewegt.

Am Nachkontroll-Info-Counter bekommt der Nachkontrollleur in sehr kurzen Zeitabständen immer wieder den Token zur Aufnahme einer Wanne. Voraussetzung dafür, dass eine Wanne vom Band genommen wird, ist, dass mindestens ein Nachkontrollplatz frei ist. Ist dies der Fall, gibt das NIO-Band einen Token zu dem Tray Drop aus, der mit dem entsprechenden Kontrolltisch verbunden ist. In dem Moment, in dem die Wanne auf dem Tisch auftaucht, kann der Token zur Gepäckaufnahme bedient werden, und der Passagier mit der PAX-ID des Handgepäckstücks wird an den Kontrolltisch herantreten.

Bei der normalen Nachkontrolle beginnt die Aktionszeit, wenn der Passagier dort angekommen ist. Der Kontrollleur bleibt so lange dort stehen, bis das Gepäck aus der Wanne genommen wurde. Erst danach beginnt die eigentliche Gepäckaufnahmedauer am Gepäckaufnahme-Counter. Durch die Trennung dieses Prozesses vom Kontrollprozess wird sichergestellt,

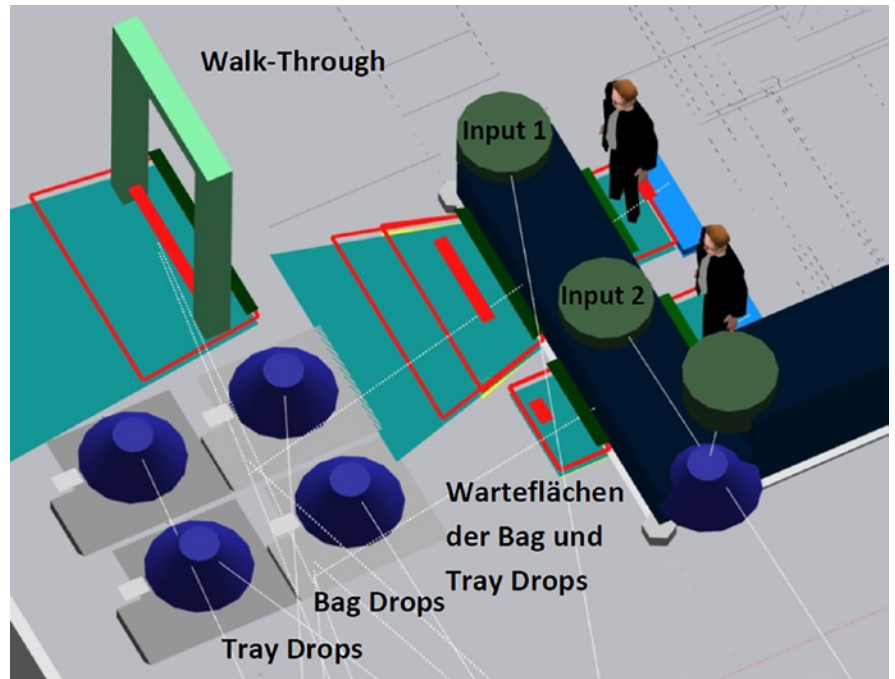


Abb. 3) Mit CAST Terminal modellierter Vorbereitungsereich.

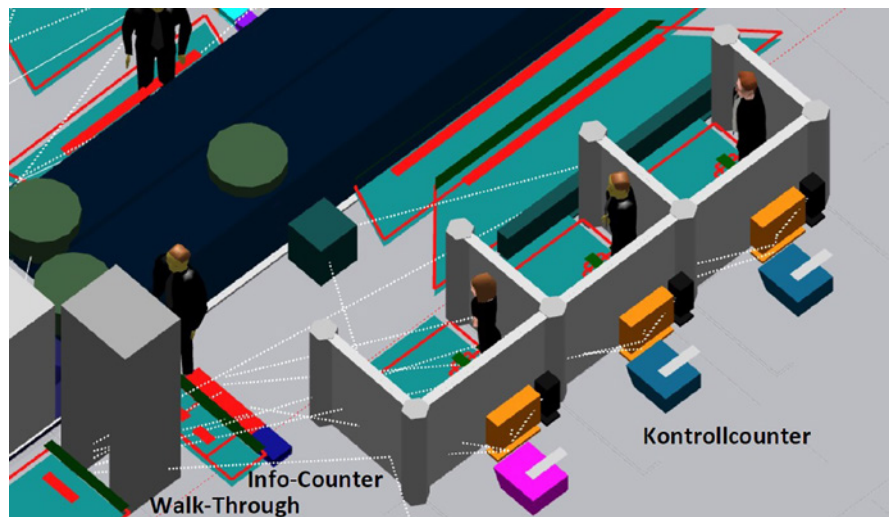


Abb. 4) Mit CAST Terminal modellierter Personenkontrollbereich.

dass der Luftsicherheitsassistent bereits in den nächsten Kontrollvorgang einbezogen werden kann.

Bei der LAG-Kontrolle bekommt er nach dem Ablegen der Wanne einen Token, an den orangenen LAG-Kontroll-Counter zu wechseln. Anders als bei der normalen Nachkontrolle kann er hier sofort anfangen, die Aktion durchzuführen, da er dazu nicht auf den Passagier warten muss. Lediglich das Ende der Aktion hat die Bedingung, dass der Passagier am Kontrolltisch steht. Nach dem Ende einer jeden Kontrolle bekommt der Kontrollleur den Token, erneut zur Wannenaufnahme bzw. zum Info-Counter zu gehen.

Bekommt das Handgepäckstück in der Delay Unit keine Eigenschaft zugewiesen, wird es vom Filter zunächst auf ein einfaches Förderband und dann weiter auf das Aufnahmeband geschickt. Vom Förderband können die Passagiere kein Gepäck entnehmen. Dies ist notwendig, um den dort in der Realität installierten Übergriffschutz darzustellen. Wenn sich das Handgepäckstück eines Passagiers noch nicht auf dem Aufnahmeband oder dem Nachkontrolltisch befindet, geht dieser automatisch zur Gepäckaufnahme-Info. Dort wird in sehr kurzen Abständen immer wieder der Token zur Gepäckaufnahme vergeben. Je nach

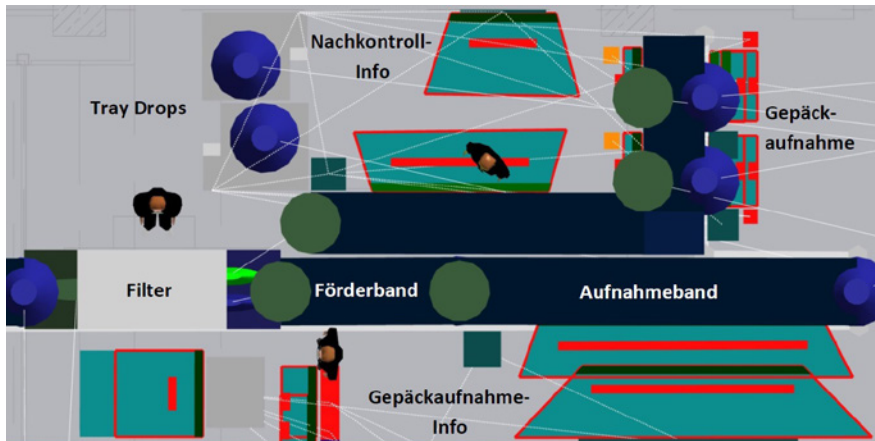


Abb. 5) Draufsicht auf den mit CAST Terminal modellierten Nachkontroll- und Gepäckaufnahmebereich.

Anzahl der aufzunehmenden Handgepäckstücke wird am Aufnahmeband eine unterschiedliche Aktionszeit vergeben.

5.5 Einbindung der Parameter

Im Person Flow Generator werden die Geschlechterverteilung der beiden Berliner Flughäfen aus dem Jahr 2017 sowie die im realen Betrieb am Flughafen Schönefeld gemessenen Wahrscheinlichkeitsverteilungen für die Handgepäckanzahl der Passagiere und deren benötigte Wannenzahl hinterlegt (Fischer 2017: 36–39, 44). Wie viele Passagiere sich gleichzeitig vorbereiten und wie viele gleichzeitig ihr Gepäck aufnehmen können, wird durch die benötigte Wannenzahl pro Passagier und die Wannemaße in Bezug zur Länge des jeweiligen Rollenelements ermittelt (Fischer 2017: 44f., 57). Diese Werte werden an den Bag Drops und dem Aufnahmeband hinterlegt. Der Prozentsatz der Wannenzahl, die im Object Configurator blau eingefärbt und somit von der GPA als LAG-Wannen identifiziert werden, wurde ebenfalls aus diesen Zählungen übernommen (Fischer 2017: 39).

An den einzelnen Stationen der Kontrolle werden im Realbetrieb gemessene Prozesszeiten hinterlegt. Die Dauer und die Anzahl der Passagiere in der Passagiervorbereitung hängen zusätzlich noch von der Anzahl der Einweiser ab (Fischer 2017: 37–56). Die Alarmrate der GPA bestimmt die Arbeitsbelastung der Handgepäck-Nachkontrolleure. Hierfür wird auf

die Auswertung von Sterchi und Schwaninger (Sterchi & Schwaninger 2015) zurückgegriffen, die drei verschiedene Gruppen Röntgenbildauswerter miteinander verglichen. Die Fehlalarmrate, also Alarme, die keine verbotenen Gegenstände aufdeckten, sank dabei mit steigender Anzahl an Trainingsstunden von durchschnittlich 4,9 über 4 auf 2,5 % (Sterchi & Schwaninger 2015). Zusätzlich muss zu diesen Werten der Prozentsatz berechtigter Alarme von 1,23 % addiert werden (Sterchi & Schwaninger 2015). Unklar ist allerdings, unter welchen Bedingungen die Werte aufgenommen wurden. Wenn die Werte mit Testobjekten ermittelt wurden statt im realen Betrieb, hat bereits die Auswahl der Objekte einen immensen Einfluss auf die Ergebnisse und spiegelt keine realen Werte wider. Allein durch die Flüssigkeitsbeschränkung ist davon auszugehen, dass der tatsächliche Prozentsatz berechtigter Alarme durch das Missachten dieser Regelungen über 1,23 % liegt. Da dieser Prozentsatz aber nicht veröffentlicht wird, soll eine Untersuchung mehrerer Alarmraten vorgenommen werden. So soll zum einen die niedrigste Alarmrate nach Sterchi & Schwaninger von rund 4 % untersucht werden, zum anderen soll der höchste Wert von rund 6 % um 10 Prozentpunkte nach oben korrigiert werden, da nach eigenen Beobachtungen nicht von einer höheren Wahrscheinlichkeit auszugehen ist, mit der eine Gepäckwanne zur Nachkontrolle geschickt wird. Somit ergeben sich drei zu untersuchende Szenarien: eine Alarmrate von 4 %, eine von 16 % und als „mittlerer Wert“ eine von 10 %. Die

Alarmrate des Sicherheitsscanners hingegen ist für diese Untersuchung weniger relevant. Laut Bundesregierung liegt sie bei ca. 49 % (Bundesregierung 2015: 8).

6. Durchführung der Simulation

Nur wenn an allen Positionen genügend Mitarbeiter zur Verfügung stehen, kann die theoretische maximale Kontrollkapazität der Spur genutzt werden. Welche Mitarbeiterzahl in der Handgepäck-Nachkontrolle als genügend betrachtet werden kann, soll hier untersucht werden. Da in der vorgegebenen Konfiguration der Sicherheitskontrolllinie nur zwei Nachkontrolltische zur Verfügung stehen, ist die Mitarbeiterzahl auf maximal zwei begrenzt. An den Positionen der Einweiser und der Personenkontrolleure soll die theoretische Maximalbesetzung unterstellt werden, um die höchstmögliche Kapazität für die jeweilige Handgepäck-Nachkontrollbesetzung zu ermitteln. Es ist dabei wichtig festzustellen, dass die maximale Personalausstattung an anderen Positionen die Gesamtkapazität nicht negativ beeinflusst, also z. B. der Kontrollprozess nicht durch zu viel Personal behindert wird.

Um die Kontrollspuren unter Volllast beurteilen zu können, muss es erst zu einem Aufstauen der Passagiere am Einlass kommen. Dazu soll die Anlaufphase fünf Minuten betragen. Erst danach werden die Werte in die Auswertung einbezogen.

Aufgrund der bei dieser Art der Simulation verwendeten Wahrscheinlichkeitsverteilungen in Verbindung mit den notwendigen Zufallszahlen ist es systemimmanent, dass sich die Simulationsdurchgänge, selbst bei sonst gleichen Eingangsdaten, hinsichtlich der Ergebnisse immer leicht unterscheiden. Durch eine Erhöhung der Zahl der Simulationsläufe kann die Aussagequalität der Ergebnisse verbessert werden, jedoch steigt damit auch der Bearbeitungsaufwand deutlich an. Im Rahmen dieser Arbeit wurde daher die Zahl der Simulationsdurchläufe auf drei pro Szenario beschränkt. Danach werden die Passagierzahlen ausgewertet, die den Exit der Simulation innerhalb der betrachteten Stunde passiert haben.

7. Auswertung der Simulation

Bei einer Alarmrate der GPA von 4 % unterscheiden sich die beiden mittleren Durchsatzzahlen nur geringfügig. Das liegt daran, dass bei dieser Rate ein Nachkontrolleur allein nicht voll ausgelastet ist. Dies sieht man deutlich an der Nutzung des Nachkontroll-Info-Counters, an dem sich die Kontrolleure aufhalten, wenn sie keine zu kontrollierenden Wannen haben oder beide Nachkontrolltische besetzt sind. Ist ein Nachkontrolleur allein, ist dieser in 52 % der Zeit am Info-Counter, also nur zu 48 % ausgelastet. Bei zwei Nachkontrolleuren ist mindestens einer in 83 % der Zeit nicht beschäftigt. Die 17 %, in denen beide arbeiten, sorgen nur für einen geringen Anstieg des Durchsatzes um rund neun Passagiere und hauptsächlich dafür, dass die durchschnittliche Wannenanzahl auf dem NIO-Band sinkt, da die Wannen schneller weggenommen werden.

Die Kapazität wird bei dieser Alarmrate nicht durch die Nachkontrolle begrenzt, sondern dadurch, dass in durchschnittlich 56 % der Zeit das IO-Band voll ist. Auf das IO-Band passen in der Simulation maximal sieben Wannen, auf das NIO-Band maximal fünf. Sobald entweder das IO- oder das NIO-Band die maximale Anzahl an Wannen erreicht hat, kommt es zum Wannenstau, der sich bis in den Vorbereitungsbereich fortpflanzen kann, sodass die Passagiere sich nicht mehr vorbereiten können.

Bei einer GPA-Alarmrate von 10 % würde der Durchsatz bei einem Nachkontrolleur um elf Passagiere sinken, bei zwei Nachkontrolleuren bleibt er relativ stabil. Das liegt daran, dass ein Nachkontrolleur allein zu 94 % ausgelastet wäre. Durch die hohe Arbeitsbelastung schafft es ein Nachkontrolleur nicht, die Last auf dem NIO-Band abzubauen. Es kommt dazu, dass in 22 % der Zeit das NIO-Band voll ist und nur noch in 37 % das IO-Band. Das liegt daran, dass das IO-Band in der Zeit, in der es zu einem Stau durch das NIO-Band kommt, nicht volllaufen kann.

Die zusätzliche Arbeitskraft eines zweiten Nachkontrolleurs würde hingegen dafür sorgen, dass das NIO-Band nicht mehr vollläuft. Das IO-Band bildet dann wieder den alleinigen Kapazitätsengpass und ist in 49 % der Zeit

Tab. 1: Mit CAST Log Analyser bestimmter Durchsatz einer Kontrollspur in Abhängigkeit der Nachkontrolleurzahl bei 4 % Alarmrate der GPA, Gegenüberstellung von je 3 Simulationsläufen.

				Mittelwert
Durchsatz mit 1 Nachkontrolleur [Passagiere/h]	154	147	163	155
Durchsatz mit 2 Nachkontrolleuren [Passagiere/h]	163	160	170	164

Tab. 2: Mit CAST Log Analyser bestimmter Durchsatz einer Kontrollspur in Abhängigkeit der Nachkontrolleurzahl bei 10 % Alarmrate der GPA, Gegenüberstellung von je 3 Simulationsläufen.

				Mittelwert
Durchsatz mit 1 Nachkontrolleur [Passagiere/h]	146	126	160	144
Durchsatz mit 2 Nachkontrolleuren [Passagiere/h]	167	172	161	167

Tab. 3: Mit CAST Log Analyser bestimmter Durchsatz einer Kontrollspur in Abhängigkeit der Nachkontrolleurzahl bei 16 % Alarmrate der GPA, Gegenüberstellung von je 3 Simulationsläufen.

				Mittelwert
Durchsatz mit 1 Nachkontrolleur [Passagiere/h]	73	67	95	78
Durchsatz mit 2 Nachkontrolleuren [Passagiere/h]	152	157	127	145

voll. Der etwas kleinere Wert im Vergleich zu den 56 % bei einer Alarmrate von 4 % kommt durch die insgesamt geringere Anzahl Wannen auf dem IO-Band bei einer höheren Alarmrate zustande.

Bei einer Alarmrate von 16 % ist ein alleiniger Nachkontrolleur in 100 % der Zeit beschäftigt. Das führt dazu, dass das NIO-Band in 90 % der Zeit voll belegt ist. Es folgt der Einbruch des Durchsatzes durch die resultierenden Wannenstaus. Wird ein weiterer Nachkontrolleur eingesetzt, kann der Engpass durch Staus in der Nachkontrolle zumindest auf 50 % reduziert werden. Der Engpass wechselt bei dieser Konstellation immer wieder zwischen der Nachkontrolle und der Gepäckauf-

nahme, da auch das IO-Band in 24 % der Zeit komplett belegt ist. Dennoch kann auf diese Weise der Durchsatz fast verdoppelt werden.

Bei einer Alarmrate von 10 % und einem Nachkontrolleur ist das NIO-Band zwar deutlich weniger häufig voll, jedoch wird der Stau bei zwei Nachkontrolleuren doppelt so oft durch die Wegnahme einer Wanne kurzzeitig aufgelöst. So ist es möglich, dass zwei Nachkontrolleure bei einer Alarmrate von 16 % fast denselben Durchsatz erreichen wie ein Nachkontrolleur bei einer Alarmrate von 10 %.

8. Fazit

Die Erstellung des Simulationsmodells fand unter Beachtung der Verfahrensabläufe und gesetzlichen Anforderungen statt. Dennoch war es aufgrund des sehr hohen Simulationsaufwandes notwendig, die Abbildung einiger Kontrollprozesse zu vereinfachen. Die Bestimmung der Parameter basierte hauptsächlich auf gemessenen Werten. Für die Alarmrate der GPA wurden verschiedene Szenarien betrachtet, um deren Einfluss auf die Nachkontrolllast und die Kapazität in Abhängigkeit von der Mitarbeiterzahl zu quantifizieren.

Die zu wählende Personalbesetzung in der Nachkontrolle ist stark von der Alarmrate der GPA abhängig. Die Kapazität der simulierten Spur liegt bei einer Alarmrate bis ca. 10 % bei rund 165 Passagieren pro Stunde. Bei kleinen Alarmraten bis ca. 4 % kann diese Kapazität fast durch einen einzelnen Nachkontrolleur gewährleistet werden. Darüber hinaus kann nur ein weiterer Mitarbeiter diese Kapazität aufrechterhalten. Hier bildet die Gepäckaufnahme den maßgeblichen Kapazitätsengpass. Ab einer Alarmrate zwischen 10 und 16 % wird jedoch die Kontrolllast in der Nachkontrolle sehr groß. Der Engpass der gesamten Kontrolllinie verschiebt sich mehr und mehr in den Bereich der Nachkontrolle. Mit nur einem Nachkontrolleur sinkt die Kapazität überdurchschnittlich schnell. Zwei Nachkontrollkräfte können diesen Effekt erheblich reduzieren, wie die vorliegende Simulation zeigt.

Das gewählte Beispiel der Nachkontrolle macht exemplarisch deutlich, dass ein Simulationsmodell unter Verwendung von CAST Terminal sehr gut dazu geeignet ist, auch Fragestellungen zu beantworten, die nicht allein im technischen Bereich angesiedelt sind, sondern den Personaleinsatz betreffen. Es kann damit auch hier eine wertvolle Unterstützung bieten.

LITERATUR

- Arbeitsgemeinschaft Deutscher Verkehrsflughäfen (2012) ADV-Monatsstatistik 12/2012. <http://adv.aero/wp-content/uploads/2016/02/12-2012-ADV-Monatsstatistik.pdf>. Accessed 15 Dec 2017
- Arbeitsgemeinschaft Deutscher Verkehrsflughäfen (2013) ADV-Monatsstatistik 12/2013. <http://adv.aero/wp-content/uploads/2016/02/12-2013-ADV-Monatsstatistik.pdf>. Accessed 15 Dec 2017
- Arbeitsgemeinschaft Deutscher Verkehrsflughäfen (2014) ADV-Monatsstatistik 12/2014. http://adv.aero/wp-content/uploads/2016/02/12.2014_ADV-Monatsstatistik.pdf. Accessed 15 Dec 2017
- Arbeitsgemeinschaft Deutscher Verkehrsflughäfen (2015) ADV-Monatsstatistik 12/2015. <http://adv.aero/wp-content/uploads/2016/07/12.2015-ADV-Monatsstatistik.pdf>. Accessed 15 Dec 2017
- Arbeitsgemeinschaft Deutscher Verkehrsflughäfen (2016) ADV-Monatsstatistik 12/2016. <http://adv.aero/wp-content/uploads/2017/02/12.2016-ADV-Monatsstatistik.pdf>. Accessed 14 Dec 2017
- Bundesministerium des Innern, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2010) Nationales Luftsicherheitsprogramm. NLS P
- Bundesregierung (2015) Drucksache 18/5445. Antwort auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Jan Korte, Wolfgang Gehrcke, Annette Groth, weiterer Abgeordneter und der Fraktion DIE LINKE. Vertragsverletzungsverfahren der Europäischen Kommission wegen unzureichender Überwachung von Sicherheitskontrollen an Flughäfen
- Convario (2017) Checkpoint-Konfigurator für Smiths Detection. https://www.convario.net/loesungen/3d_konfigurator/checkpoint_konfigurator. Accessed 15 Dec 2017
- Europäische Kommission (2015) Durchführungsverordnung (EU) 2015/1998. Zur Festlegung detaillierter Maßnahmen für die Durchführung der gemeinsamen Grundstandards für die Luftsicherheit
- Europäische Kommission (2016) Sicherheit in der Zivilluftfahrt: EU-weite Vorschriften. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/LSU/?uri=CELEX:32008R0300>. Accessed 15 Dec 2017
- Europäisches Parlament, Rat der Europäischen Union (2008) Verordnung (EG) Nr. 300/2008. Über gemeinsame Vorschriften für die Sicherheit in der Zivilluftfahrt und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 2320/2002
- Fischer B (2017) Untersuchung der Auswirkungen technologischer und operationeller Konzepte auf die zukünftige Kontrollkapazität der Passagier- und Handgepäckkontrollen am Flughafen Berlin Brandenburg. Masterarbeit, Technische Hochschule Wildau
- Flughafen Berlin Brandenburg (2015) Berlin Airport News November 2015. <http://www.berlin-airport.de/de/unternehmen/aktuelles/newsletter/newsletter-archiv/2015/2015-11/index.php>. Accessed 15 Dec 2017
- Geminn CL (2014) Rechtsverträglicher Einsatz von Sicherheitsmaßnahmen im öffentlichen Verkehr, Aufl. 2014. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden. ISBN: 9783658053536
- Horton G (2001) Discrete-Event Simulation. Introduction to Simulation WS01/02. http://isgwww.cs.uni-magdeburg.de/~graham/its_01/lectures/04-DESimulation-1.pdf. Accessed 15 Dec 2017
- Kroschwald S (2012) Sicherheitsmaßnahmen an Flughäfen im Lichte der Grundrechte. Zugl.: Kassel, Univ., Masterarbeit. Forum Wirtschaftsrecht, Bd. 11. Kassel Univ. Press, Kassel. ISBN: 978-3-86219-318-9

Lackes R, Siepermann M, Rottmann H, Auer BR, Lübbecke M (o. J.) Stichwort Simulation. Version 14. <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/55029/simulation-v14.html>. Accessed 15 Dec 2017

(2005) Luftsicherheitsgesetz.

Renner J (2016) One vision. Airport World(3):46–47

Sterchi Y, Schwaninger A (2015) A First Simulation on Optimizing EDS for Cabin Baggage Screening Regarding Throughput. http://www.casra.ch/uploads/txtvpublications/YaSt_AdSc_ICCST2015.pdf. Accessed 15 Dec 2017

AUTOREN

Andreas G. Hotes, Dipl.-Ing.
Benjamin Fischer, B.Eng.
Airlinemanagement & Aviation Security
Luftfahrttechnik / Luftfahrtlogistik
Technische Hochschule Wildau

E-Mail für Korrespondenz:
andreas.hotes@th-wildau.de

