

# KONZEPT ZUR BEWERTUNG DER SICHERHEITSQUALITÄT AM FLUGHAFEN

Dipl.-Ing. A. Ayazkhani

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.  
Flughafenwesen und Luftverkehr  
Lilienthalplatz 7  
38108 Braunschweig

## Zusammenfassung

Um künftig die Sicherheit im Flughafenterminal erfassen und objektiv bewerten zu können, ist das Maßsystem „Level of Security“ entwickelt worden. Im Rahmen dieser Arbeiten wurden Parameter identifiziert, die das Sicherheitsniveau beeinflussen.

Um das Konzept „Level of Security“ zu testen, wurde in einem ersten Schritt ein Flughafen in einer Simulationsumgebung, die auf der DLR-Simulationssoftware „TOMICS“ basiert, abgebildet. Dazu wurden neben realistischen Passagierströmen diverse Sicherheits-, und Datenerfassungssysteme im Terminal nachgebildet.

Die aus den Bewertungen folgenden Handlungsempfehlungen wurden hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf den Terminalbetrieb in einer What-If-Simulation untersucht. So lassen sich auf Basis der Prognose von Passagierströmen vorhandene Optimierungspotenziale entdecken und vorhandene Ressourcen bei gleicher und gestiegener Sicherheit besser einsetzen.

## 1. EINFÜHRUNG

Seit seinen Anfängen verzeichnet der kommerzielle Luftverkehr stabile und nahezu stetig steigende Wachstumsraten. Obwohl diese Entwicklung ökonomisch zweifellos positiv zu bewerten ist, sind hiermit auch zunehmend Probleme verbunden.

Neben dem Anstieg der Passagierzahlen tragen auch die sich ändernden Rahmenbedingungen, wie steigende Anforderungen an Sicherheitskontrollen (z. B. Flüssigkeitsbeschränkungen), zur zunehmenden Komplexität des Passagierabfertigungsprozesses (siehe BILD 11 in Anhang A) bei.

Aufgrund des Wandels der Gefährdungslage und daraus folgenden Anpassungen des Sicherheitssystems entstehen, bedingt durch Engpässe bei Sicherheitskontrollen, verstärkt betriebliche und ökonomische Probleme (z. B. induzierte Verspätungen) mit der Folge, dass Passagiere immer früher am Flughafen eintreffen müssen, um sich dort zumeist unverständlichen Sicherheitskontrollen zu unterziehen.

Eine Kernaufgabe des Luftverkehrs besteht somit darin, künftig das steigende Passagieraufkommen mit den vorhandenen Ressourcen sicher abfertigen zu können, ohne dabei zusätzliche finanzielle Aufwendungen oder zeitliche Nachteile zu generieren.

Bei der Bewertung von Sicherheit ist dabei problematisch, dass die Effektivität und Effizienz der durchgeführten Sicherheitsmaßnahmen und deren Einflussfaktoren bislang weitestgehend unbekannt sind. Der Weg hin zu einem kos-

ten- und zeiteffizienten Securitysystem<sup>1</sup> führt dabei über die Anpassung der Sicherheitsmaßnahmen an die aktuelle Gefährdungslage [s. Phipps, D., S.59f, 1991]. Die zentrale Aufgabe des Luftsicherheitsmanagements ist somit die Definition und Bewertung der Gefahr sowie die hieraus resultierende Ableitung von möglichen und nötigen Maßnahmen.

Um zukünftig Entscheidungsträgern am Flughafen hierbei bestmöglich unterstützen zu können, beschäftigt sich das DLR im Rahmen des Projektes FAMOUS<sup>2</sup> mit der Definition und Entwicklung eines Maß- und Bewertungssystems der Sicherheit am Flughafen (kurz *Level of Security*). Ein Schwerpunkt dieser Arbeit, welche im Rahmen dieses Projektes entstand, liegt dabei in der Bestimmung und Bewertung der Qualität der Sicherheitsmaßnahmen. Diese bildet eine entscheidende Teilmenge des *Level of Security* (LOSec).

Ziel des LOSec ist es, künftig ein einheitliches Modell zur objektiven Bewertung und zum Vergleich der Sicherheitslage im Terminal zu entwickeln und zu etablieren. Hierdurch soll es möglich werden, die gesamte Sicherheitslage am Flughafen messbar zu erfassen und das Sicherheitssystem zielgerichtet an die sich wandelnde Gefährdungslage anzupassen.

In der vorliegenden Arbeit wird zunächst die konzeptionelle

<sup>1</sup> Security = Luftsicherheit,  
Safety = Luftverkehrssicherheit bzw. Flugsicherheit

<sup>2</sup> FAMOUS = Future Airport Management Operation Utility System

Vorstellung des „Level of Security“ Maßsystems zur Bestimmung und Bewertung der Luftsicherheit am Flughafen vorgestellt. Im Anschluss daran wird das entwickelte Maßsystem zur Bewertung der Qualität der Luftsicherheitsmaßnahmen im Flughafenterminal und die hierzu festgelegten Einflussfaktoren auf Basis von Beispielsimulationen erläutert.

## 2. ALLGEMEINE SITUATION IM LUFTVERKEHR

Bereits seit den frühen Anfängen ist der Luftverkehr den besonderen Gefahren durch kriminelles Handeln ausgesetzt. So zeichnet sich eine beunruhigende Entwicklung ab, die sich von vereinzelten Überfällen auf Postflugzeuge über systematische und politisch motivierte Entführungen der siebziger Jahre, bis hin zu terroristischen Angriffen (z. B. 11. Sep. 2001) gesteigert hat.

Die Attraktivität des Luftverkehrs für derartige Anschläge resultiert dabei vor allem aus den nachfolgenden systembedingten Charakteristiken:

- Der Luftverkehr verkörperte über Jahrzehnte ein Privileg der wohlhabenden Oberschicht
- international operierende Luftverkehrsgesellschaften sind noch immer ein Prestigeobjekt des jeweiligen Staates („When terrorist attack an American airline, they are attacking the United States“ [vgl. Gore, A., 1997])
- Garantie der Publizität<sup>3</sup> [vgl. Schanks, Norman; Bradley, Alexander, 2004]
- Flugzeug als „geschlossenes“ System, in welchem mögliche Geiseln in defensiver, geordneter Position angeschnallt sitzen

Um künftig einer Bedrohung adäquat begegnen zu können, gilt es neben einzelnen legislativen Maßnahmen, vor allem die Effizienz des bestehenden Sicherheitssystems zu optimieren und dieses stets individuell an die aktuelle Bedrohungslage anzupassen.

Trotz der derzeit positiven und stabilen Wachstumsraten des zivilen Luftverkehrs ist die Branche für wirtschaftliche Krisen und terroristische Angriffe anfällig. So führten die Anschläge vom 11. Sep. 2001 dazu, dass das Passagieraufkommen (trotz starker Wachstumsraten in den Vormonaten) hinsichtlich des gesamten Jahres abnahm, womit letztendlich ein Nettoverlust von ca. 13 Milliarden US-Dollar einherging [s. IATA [01], 2007, S.1]. Diese Effekte sind unter anderem dadurch zu begründen, dass immer noch Dreiviertel der Erlöse im Bereich der Passagierbeförderung erwirtschaftet werden. Aus diesem Grund ist das Vertrauen jedes einzelnen Fluggastes in die Sicherheit des Fliegens unabdingbar [WHO, 2005, S.216].

In der BRD ist die Sicherung (Security) der Luftfahrt Aufgabe des Bundesministeriums des Inneren. Die konkreten Zuständigkeiten bezüglich der Luftsicherheitskontrollen sind im Luftsicherheitsgesetz geregelt. Hiernach ist der Flughafenbetreiber neben der allgemeinen Sicherung seines Geländes

verpflichtet, eigenes und fremd angestelltes Personal vor Betreten von sensiblen Bereichen zu kontrollieren [§8 LuftSiG]. Sonstige Luftfahrtunternehmen sind wiederum verpflichtet, das ihr überlassene Gelände entsprechend zu sichern [§9 LuftSiG].

Die Passagiersicherheitskontrolle indes obliegt hoheitlich der zuständigen Luftsicherheitsbehörde (Bundes- oder Landesinnenministerium). Diese hat nach §5 LuftSiG das hierzu notwendige Personal und Gerätschaften vorzuhalten. Darüber hinaus ist die Behörde jedoch auch befugt jede anderweitige Person bei Betreten des Sicherheitsbereiches zu kontrollieren. Die Kontrolle selbst wiederum wird zumeist vom privaten Dienstleistern durchgeführt, deren Angestellte hierzu vom Bund mit den entsprechenden Vollmachten beliehen sind.

Zur Deckung der hierbei entstehenden Kosten berechnet und erhebt das Bundesinnenministerium auf 14 international operierenden Flughäfen in Deutschland eine flughafenspezifische Sicherheitsgebühr pro Passagier. Auf allen anderen Flughäfen erfüllt diese Aufgabe das jeweilige Landesinnenministerium. Die Höhe der Gebühr wird dabei durch das Passagieraufkommen und den Standort der Kontrollstellen (zentral vs. dezentral) am jeweiligen Flughafen beeinflusst [vgl. BMI, 2007]. Die Grundlage der Gebührenerhebung stellt dabei die zuletzt im November 2007 geänderte Luftsicherheitsgebührenverordnung sowie das Luftsicherheitsgesetz dar. Hiernach darf der Staat für die Kontrolle von Fluggästen pro abgefertigten Passagier zwischen zwei bis zehn Euro einfordern.

Welche finanziellen Aufwendungen insgesamt mit dem Bereich *Security* verbunden sind, zeigt erstmals eine 2002 von der EU-Kommission in Auftrag gegebene Studie. Hiernach ergab die Befragung von 18 europäischen Staaten, dass die jährlichen Gesamtausgaben im Bereich *Security* im Jahr 2002 zwischen 2,5 - 3,6 Milliarden Euro betrugen. Die Ausgaben sind dabei wie folgt aufgegliedert:

- 0,65 Mrd. staatliche Aufwendungen
- 1,32 Mrd. Aufwendungen seitens der Flughäfen
- 0,52 – 1,66 Mrd. Aufwendungen seitens der LVG

Den Ausgaben gegenüber stehen Gesamteinnahmen durch Gebühren und Zuschläge in Höhe von 1,8 - 2,9 Mrd. Euro, so dass von einer Unterdeckung des Securitysystems von ca. 717 Mio. Euro ausgegangen werden muss [vgl. Irish Aviation Authority et al, 2004, S.11].

## 3. MAßSYSTEM DES LEVEL OF SECURITY

Der erste Schritt auf dem Weg zu einem situationsbezogenen und an die individuelle Gefahr angepassten Sicherheitsmanagements besteht in der Definition und Bewertung der Gefahr. Hierzu eignet sich unter anderem das von Kaplan und Garrick definierte „*Probabilistic Risk Assessment*“ (PRA) Modell. Dieses stellt einen systematischen Versuch zur Beantwortung der folgenden drei Fragen dar [s. Makky, W., 1992, S.182f]:

<sup>3</sup> Nach Meinung von Shanks und Brandley sind Medien die Voraussetzung für die moderne Form des Terrorismus

- Was kann passieren?
- Was sind die Konsequenzen?
- Wie wahrscheinlich ist es, dass etwas passiert?

Damit werden bei der Definition des Risikos sowohl Schadenseintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß berücksichtigt.

$$(PRA)Risiko = \sum_i p_i * c_i$$

mit  $i$  = Anzahl der Szenarien

$P$  = Wahrscheinlichkeit des Szenario  $i$

$C$  = Schadensausmaß des Szenario  $i$

Formel 1: Berechnung des Risikos (PRA-Modell) [vgl. Makky, W., 1992, S.183]

Bei diesem Modell gilt es, zunächst jedes denkbare Szenario zu definieren sowie dessen Wahrscheinlichkeit und Ausmaß zu bestimmen. Die letztendlich resultierenden – quasi statischen – Ergebnisse sind dabei immer im Zusammenhang mit der gewählten Systemkonfiguration (z. B. verwendete Sicherheitstechnik, Anzahl der Passagiere etc.) zu sehen. Durch die große Anzahl an zu betrachtenden Szenarien und den Zwang, konkrete Wahrscheinlichkeiten zu ermitteln, ist das Modell in der praktischen Anwendung extrem aufwendig und nur eingeschränkt anwendbar. Neben der Bestimmung der Gefahr gilt es hier ebenso die bestehende Möglichkeit zur Gefahrenabwehr zu definieren und zu bewerten. Es ist anzustreben, beide Faktoren (Gefahreneintritts- und Gefahrenabwehrwahrscheinlichkeit) stets gemeinsam zu betrachten, um letztlich eine Fehldimensionierung des Securitysystems zu vermeiden. Zu diesem Zweck wurde im Rahmen des Forschungsprojekts „FAMOUS“ ein System des LOsec entwickelt und definiert. Ziel des LOsec ist es, die Sicherheitslage am Flughafen als Funktion des Raumes ( $n$ ) und der Zeit ( $t$ ) messbar zu erfassen.

Nach derzeitiger Auffassung definiert sich das LOsec dabei als die Wahrscheinlichkeit einer nicht näher spezifizierten Person, während ihres Aufenthaltes am Flughafen keinen Schaden zu erleiden. Mathematisch ist dies durch die folgende Wahrscheinlichkeitsfunktion definiert:

$$LOsec \rightarrow P_x(Schaden = 0) = P(Angriff = 0) + P(Abwehr = 1 | Angiff = 1)$$

Erläuterung: 0 → Nein

1 → Ja

Formel 2: Berechnung des Level of Security

Hierbei gibt  $P(Angriff = 1)$  die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Gefahren und  $P(Abwehr = 1 | Angiff = 1)$  die bedingte Wahrscheinlichkeit für das Abwehren von auftretenden Gefahren an.

Als mögliche Einflussfaktoren auf die Eintrittswahrscheinlichkeit von Gefahren wurden u.a. folgende Faktoren identifiziert:

- Inland-, Schengen-, Interkontinental-, Highrisk-Flüge eines Flughafens

- Allgemeine Gefährdungslage innerhalb des Staates (z. B. Terrorwarnstufe)

Aufgrund der zum Teil unbekannten Wechselwirkung von Einflussfaktoren und der letztlich unvorhersehbaren menschlichen Entscheidungsfreiheit potenzieller Attentäter ist es problematisch, die Gefährdungslage eines bestimmten Flughafens im Voraus konkret zu ermitteln. Daher ist zur Bestimmung des LOsec ein auf Wahrscheinlichkeiten aufbauendes Verständnis zweckdienlich.

Zur Bewertung und qualitativen Definition der berechneten Wahrscheinlichkeiten werden, ähnlich dem Level of Service-Modell, fünf verschiedene Sicherheitsstufen (A-E) unter Verwendung der Klassenbildung definiert und kategorisiert.

Mittels der LOsec Definition soll künftig ein einheitliches Modell zur objektiven Bewertung und zum Vergleich der Sicherheitslage im Terminal etabliert werden. Dies würde zum einen die Nachweisführung für Besteller und Erbringer von Sicherheitsdienstleistungen vereinfachen und Entscheidungsträgern ggf. Maßnahmen mit einem – im Kosten-Nutzen-Verhältnis – akzeptablen Mehrwert aufzeigen.

Zukünftig ist es durch die Bestimmung des *Level of Security* möglich, die Sicherheit des Gesamtsystems „Terminal“ aber auch dessen Teilbereiche messbar zu erfassen. Wird neben einer reinen Lagebewertung eine Maßnahmenempfehlung zur Verbesserung der Sicherheitslage im Terminal angestrebt, so sind darüber hinaus mit Hilfe von Simulationsmodellen und Szenariotechniken verschiedene Prozessvariationen und Lösungsansätze zu simulieren und deren Ergebnisse zu analysieren. Dies offeriert erstmals die Chance aus einer Reihe von Handlungsalternativen stets den für das Gesamtsystem vorteilhaftesten Lösungsansatz (bezogen auf die Sicherheitslage im Terminal) zu detektieren und diesen bei Eingriffen in das System zu bevorzugen.

#### 4. BEWERTUNG UND BERECHNUNG DES LEISTUNGSKRITERIUMS FÜR DIE QUALITÄT DER LUFTSICHERHEITSMAßNAHMEN

Ein wesentlicher Bestandteil des im vorangegangenen Kapitel erläuterten LOsec stellt die Fähigkeit des Flughafens zur Abwehr etwaiger eintretender Gefahren dar. Die Bestimmung der Gefahrenabwehr  $P(Abwehr = 1)$  erfolgt dabei zunächst anhand der Bewertung der Luftsicherheitsmaßnahmen im Terminal. Die Bewertung der Luftsicherheitsmaßnahmen im Terminal erfolgt auf Grundlage des in BILD 12 in Anhang B dargestellten hierarchisch aufgebauten Modells.

Die **Qualität** der **Luftsicherheitsmaßnahmen** (QuaLuSiM) bzw. deren Einflussfaktoren ist dabei in eine von fünf möglichen Klassen von A-E eingeteilt, welche aus rechentechnischen Gründen auf eine Intervallskala von „0-1“ (in 0,25 Schritten) abgebildet wird. Der Einfluss eines jeden Parameters auf die Bewertung der zugehörigen Maßnahme im nächsten Level, wird durch die Vorfaktoren  $[k_{1.1} - k_2]$  gewichtet.

Zur Bestimmung der Vorfaktoren fand im Rahmen dieser Arbeit eine Befragung unter Anwendung des Rangordnungsverfahrens statt. Hierzu wurden die Befragten gebe-

ten, auf Basis ihrer fachlichen Einschätzung stets Paarkombinationen von Einflussfaktoren zu bewerten. Die konkreten Vorfaktoren wurden abschließend anhand der Evaluationsergebnisse bestimmt.

Die Berechnung der Qualität aller Luftsicherheitsmaßnahmen erfolgt Schrittweise, dabei wird wie in Formel 3 vorgegangen. Das Qualitätsniveau jeder einzelnen Maßnahme kann dabei entweder direkt bestimmt oder aus den Bewertungen der zugehörigen Teilmaßnahmen errechnet werden. Die Bewertung jeder Maßnahme wird durch eine Variable  $x$  repräsentiert und kann Werte in der Menge  $[0; 0.25; 0.50; 0.75; 1]$  annehmen. Für die Berechnung der Bewertung wird eine Maßzahl:

$$\tilde{x}_i = \sum_{j \in I} k_{ij} x_{ij}$$

Formel 3: Berechnung der Maßzahl zur Bewertung der QuaLuSiM

ermittelt. Dabei bezeichnet  $\tilde{x}_i$  eine Maßzahl für eine Maßnahme des ersten Levels,  $x_{ij}$  die zugehörigen Teilmaßnahmen des zweiten Levels mit Indexmenge  $I$  und  $k_{ij}$  die zugehörigen Koeffizienten. Das Ergebnis dieser Berechnung wird nun mit Hilfe der TAB 6 in Anhang C und den Schwellwerten  $[S_1, \dots, S_4]$  einem Qualitätslevel zugeordnet, aus welchem sich die Bewertung direkt ableitet.

Die Schwellwerte ergeben sich dabei aus den Koeffizienten der Teilmaßnahmen:

$$S_1 = \frac{1}{5} \sum_{j \in I} k_{ij} \quad S_n = n \cdot S_1$$

Formel 4: Schwellwerten Berechnung

Für Maßnahmen anderer Detaillevel ergeben sich die Bewertungen analog.

Wie Formel 3 verdeutlicht, ergibt die Addition der Produkte aus Klassenwertigkeit und Vorfaktor anschließend eine Maßzahl zur Bewertung der zeitlich variablen Qualität der Luftsicherheitsmaßnahmen in einem definierten Raum.

Anhand dieser Maßzahl erfolgt letztendlich die Einteilung in eine der fünf QuaLuSiM Kategorien (s. TAB 6 in Anhang C). Die Klassenbildung orientiert sich dabei an der bereits etablierten Definition des Level of Service, wonach „A“ den bestmöglichen, „E“ einen nichtakzeptablen und „C“ einen gerade noch dauerhaft akzeptablen Zustand repräsentiert.

Durch die Verwendung des Klassenmodells und der Vorfaktoren bleibt die Definition der QuaLuSiM weitestgehend variabel. So können zum einen weitere Haupteinflussfaktoren hinzugefügt und die Vorfaktoren anschließend angepasst werden. Zum anderen ist auch die Definition eines jeden Parameters durch beliebig viele untergeordnete Faktoren denkbar. Hierdurch lässt sich ein hierarchisches System

von Einflussfaktoren aufbauen, deren Wertigkeit über die Vorfaktoren bestimmt werden kann.

Zum besseren Verständnis des Modells wird im Folgenden der Prozess der Personenkontrolle (Zutrittskontrolle), in Form einer Bordkartenkontrolle über die Sicherheitskontrolle bis hin zum Bording (erneuter Bordkartenkontrolle) dargestellt. Auf die Erläuterungen weiterer Personenkontrollverfahren und -technologien und zusätzlicher Szenarien wird an dieser Stelle auf [Krein, DLR, 2007] hingewiesen.

#### 4.1. Erkennen von Gefahren

Unter dem Begriff der Gefahrenerkennung ist die Qualität der durchgeführten sicherheitsrelevanten Kontrollprozessen zusammengefasst. Hierzu zählen im Bereich der Passagierabfertigungskette:

- Bordkartenkontrolle (auch Zutrittskontrollen genannt) gemäß EG-Verordnung 2320/2002
- Physische Personensicherheitskontrollen gemäß §5 LuftSiG
- Reise-/Handgepäckkontrollen gemäß §5 LuftSiG

Hintergrund ist die Annahme, dass derartige Kontrollen eine Maßnahme des Sicherheitsmanagements darstellen, welche es ermöglichen, auftretende Gefahren frühzeitig zu erkennen und zu beseitigen, bevor etwaige Schadenssituationen eintreten.

So stellt zum Beispiel der Versuch von nichtautorisierten Personen, Zutritt zu einem beschränkt zugänglichen Bereich zu erhalten, eine sicherheitsrelevante Gefahr dar. Wird dieser Versuch hingegen bei der (Zutritts-) Bordkartenkontrolle zu diesem Bereich unterbunden, indem die Person als Nichtzutrittsberechtigte erkannt wird, so ist die Gefahrensituation für nachgelagerte Räume zunächst gebannt.

Ähnlich verhält es sich bei Personen- und Gepäckkontrollen. Durch die versuchte Mitnahme von verbotenen Gegenständen, wie zum Beispiel Waffen oder Sprengstoff in den Sicherheitsbereich eines Flughafens, entsteht eine systemimmanente Gefahr. Im Falle des Nichterkennens der verbotenen Gegenstände führt deren Benutzung mit hoher Wahrscheinlichkeit zum Eintreten eines Schadensereignisses im nichtöffentlichen Bereich des Flughafens oder an Bord von Flugzeugen (vgl. BILD 1).

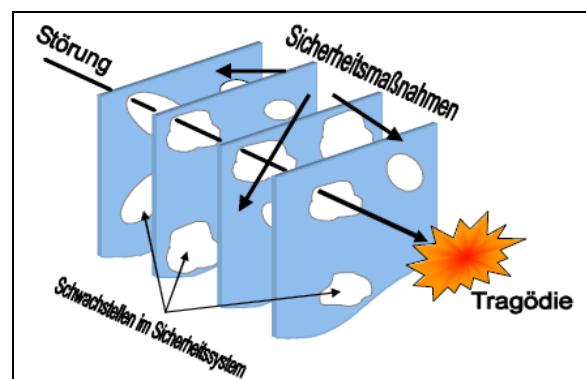


BILD 1: Käselochmodell [in Anlehnung an Stüben, 2004, S.13]

Kontrollen stellen somit die wirksamste und oftmals auch einzige Möglichkeit des Flughafens dar, etwaige drohende Gefahren vom Luftverkehr abzuwenden. Aus diesem Grund ist die Qualität dieser Kontrollen von größter Bedeutung für die Sicherheitslage im Terminal.

Beim Einflussfaktor der Gefahrenerkennung geht es darum, die Wahrscheinlichkeit, mit welcher die Gefahren vom Sicherheitssystem erkannt werden, zu ermitteln und qualitativ zu bewerten. Als mögliche Einflussfaktoren auf die Eintrittswahrscheinlichkeit von Gefahren wurden bislang die in Anhang B (BILD 12) dargestellten identifiziert. Die Wahrscheinlichkeit für das Erkennen von Gefahren ist letztlich sowohl von den eingesetzten technischen Komponenten als auch von den physischen und geistigen Fähigkeiten des Kontrollpersonals abhängig.

Das Klassenkriterium der Gefahrenerkennung (siehe TAB 1) ergibt sich dabei aus den untergeordneten Einflussfaktoren. Der Einfluss der Gefahrenerkennung auf die Qualität der Luftsicherheitsmaßnahmen wurde im Rahmen des Evaluationsverfahrens mit „ $k_1 = 5$ “ bestimmt (vgl. BILD 12, in Anhang B).

| Erkennen von Gefahren |       |                        |
|-----------------------|-------|------------------------|
|                       | $x_1$ | Kriterium              |
| A                     | 0     | $x_1 < 3,8$            |
| B                     | 0,25  | $3,8 \leq x_1 < 7,6$   |
| C                     | 0,5   | $7,6 \leq x_1 < 11,4$  |
| D                     | 0,75  | $11,4 \leq x_1 < 15,2$ |
| E                     | 1     | $15,2 \leq x_1$        |

TAB 1: Klasseneinteilung des Einflussfaktors „Erkennen von Gefahren“ [Ergebnis der internen Befragung]

#### 4.1.1. Zutrittskontrollprozess /-verfahren

Die Zutrittskontrolle stellt neben der Gepäck- und physischen Personenkontrolle die Bordkartenkontrolle eine weitere oftmals erste Maßnahme zur Abwehr äußerer Gefahren dar. Im Rahmen einer Zutrittskontrolle im Abflugterminal, trennen die Bordkartenkontrolle und anschließende Gepäck- und physische Personenkontrolle den öffentlichen von den nicht-öffentlichen Bereichen. Den nicht-öffentlichen Bereich, auch Sicherheitsbereich genannt; dürfen neben Airline- und Flughafenmitarbeitern nur Passagiere nach der Bordkarte bzw. Dienstausweis- und anschließender Sicherheitskontrolle betreten. Die heute hierzu angewandten Zutrittskontrollverfahren für die Passagiere sind:

- Bordkartenkontrollen (z. B. Manuelle Bordkartekontrolle),
- Physische Personenkontrollen (z. B. Metallendetektor) und
- Gepäckkontrollen (z. B. Röntgensystem).

In den Flughäfen der europäischen Gemeinschaft ist seit Ablauf der Übergangsfrist am 19. Januar 2004 (VO-EG 1138/2004) zwingend und ausnahmslos eine physische Personenkontrolle der Fluggäste, der Flugbesatzungen und des an Flughafen beschäftigten Personals vorgeschrieben.

Außerdem muss das Flughafenpersonal, das mit durchsuchten Fluggästen und Gepäckstücken in Kontakt kommt, selbst einer Sicherheitskontrolle unterzogen werden sein.

In der Sicherheitsphilosophie der Luftfahrt gilt bisweilen das Prinzip, die beste Methode zur Gefahrenabwehr bestehe darin, das „Anbordgelangen“ von gefährlichen Gegenständen [vgl. Phipps, D., 1991, S.118] sowie Flüssigkeiten zu verhindern. Hierzu werden Passagiere, Handgepäck, Reisegepäck und zunehmend auch Luftfracht im Rahmen von Sicherheitskontrollen auf verbotene Gegenstände (siehe TAB 7, in Anhang D) und Substanzen überprüft.

Zukünftig soll es neben den Sicherheitskontrollen bezüglich verbotener Gegenstände und Substanzen möglich sein, den Zutritt unbefugter Personen zu Sicherheitsbereichen eines Flughafens oder an Bord eines Flugzeuges zu verhindern.

Um die Effektivität von Zutrittskontrollen als Maßnahme zur Abwehr äußerer Gefahren bewerten zu können, gilt es die Performance einer jeden verwendeten Technologie zu ermitteln und zu bewerten. Im Folgenden wird auf die Personenzutrittskontrolle (d.h. Bordkarten-, Sicherheits- und Bordingskontrolle) eingegangen und dabei werden exemplarisch die Hintergründe und die Klasseneinteilung eines Einflussfaktors (hier Bordkartenkontrolle) erläutert. Die Einzelheiten über weitere Einflussfaktoren im Rahmen der Luftsicherheitsmaßnahmen werden in [D. Krein, DLR, 2007] ausführlich erläutert.

##### 4.1.1.1. Hintergrund der Bordkartenkontrolle

Bei Bordkartenkontrollen handelt es sich, wie bei Sicherheitskontrollen, um einen Kernbaustein des modernen Sicherheitsmanagements am Flughafen. Durch den beschränkten Zutritt zu einzelnen Bereichen ist es möglich, die Anzahl der Personen, welche z. B. durch eine Sicherheitskontrolle zu überprüfen sind, auf ein Minimum zu reduzieren. Ferner wird es hierdurch möglich, den gesamten Flughafenbereich in verschiedene Sicherheitsstufen zu unterteilen (System der abgestuften Sicherheit). So werden europäische Flughäfen seit der EG-Verordnung 1138/2004 neben der funktionellen Einteilung auch in

- allgemein zugängliche Bereiche,
- nichtallgemein zugängliche Bereiche und
- sicherheitsempfindliche (sensible) Bereiche

unterteilt. Letztere umfassen allen voran Teile des Flughafens, welche von abfliegenden Passagieren bzw. aufgegebenen Gepäckstücken nach der eigentlichen Sicherheitskontrolle passiert werden. Bezogen auf den im vorliegenden Dokument betrachteten Passagierabfertigungsprozess ist im Wesentlichen die (Zutritts-) Bordkartenkontrolle beim Übergang zwischen öffentlichem und nichtöffentlichen Bereich zu erwähnen, die bis heute in Form einer Sichtkontrolle stattfindet.

Im Interesse eines hohen Sicherheitsniveaus müssen Passagiere direkt am Zugang zu Sicherheitsbereichen kontrolliert werden, „um den Zutritt Unbefugter Personen“ zu verhindern. Zusätzlich sollte beim *Bording* eine erneute (Zutritts-) Bordkartenkontrolle erfolgen, welche sicherstellt, dass nur Fluggäste mit der entsprechenden personenbezogenen

Bordkarte als Zutrittsberechtigte verifiziert werden und an Bord des Flugzeugs gelangen. Derzeit finden diese Kontrollen sehr oft nur in Form einer visuellen Bordkartenkontrolle durch das von der Airline beauftragte Personal statt.

Für eine Identifikation von Personen im Rahmen der (Zutritts-) Bordkartenkontrolle gilt es zunächst, konkrete Merkmale oder Objekte zu definieren, anhand derer anschließend die Prüfung durchgeführt wird. Im Bereich der Passagierabfertigung werden diesbezüglich vor allem Reisedokumente (wie Reisepass, Ausweis und Visa) oder Flugdokumente (z. B. das Flugticket und die Bordkarte), verwendet. Hierbei kommt der Fälschungssicherheit des Dokumentes eine besondere Bedeutung zu. Es genügt nicht allein, die Kontrolle z. B. mittels Sichtprüfung zuverlässig zu gestalten. Vielmehr ist auch die Authentizität der Kontrollobjekte zu gewährleisten.

Aus diesem Grund werden im Bereich von (Zutritts-) Bordkartenkontrollsystmen zunehmend auch biometrische Verifikationsverfahren<sup>4</sup> eingesetzt. Erste Feldversuche des Bundeskriminalamtes (BKA) zeigten allerdings, dass die biometrische Identifikation<sup>5</sup> mittels Gesichtsfelderkennung bislang noch keine Anwendungsreife erlangt hat. Im Gegenzug wird jedoch eine zuverlässige Verifikation kooperativ handelnder Personen für möglich erachtet [s. BKA, 2007, S5f/S.26].

#### 4.1.1.2. Klasseneinteilung

Im Rahmen von (Zutritts-) Bordkartenkontrollen kommt es auf die Balance zwischen Genauigkeit und Empfindlichkeit der Kontrollverfahren an. Der Vorfaktor wurde hierbei im Rahmen des Evaluationsverfahrens mit „ $k_{1,2} = 5$ “ festgelegt.

| Detektionswahrscheinlichkeit [p(d)]                |          |                   |                    |                    |           |
|--|----------|-------------------|--------------------|--------------------|-----------|
|  | A        | B                 | C                  | D                  | E         |
| X <sub>12</sub>                                    | 0        | 0,25              | 0,5                | 0,75               | 1         |
| (Zutritts-) Bordkartenkontrolle (A <sub>12</sub> ) | P(d)=1,0 | 1,0>p(d)<br>≥0,98 | 0,98>p(d)<br>≥0,96 | 0,96>p(d)<br>≥0,94 | 0,94>p(d) |

TAB 2: Klasseneinteilung des Einflussfaktors „(Zutritts-) Bordkartenkontrolle“

## 5. SIMULATION

Als Simulationsprogramm wird im Rahmen des FAMOUS-Projektes der seitens des DLR entwickelte **Traffic Oriented Microscopic Simulator** (TOMICS) verwendet. Hierbei handelt es sich um eine mikroskopische, objektorientierte Schnellzeitsimulationssoftware, welche im Rahmen des FIF<sup>6</sup>-Forschungsprojektes entwickelt und seither optimiert wurde [s. Christ, T., 2004, S.7f].

Zukünftig ist es durch die Bestimmung des *LOSec* möglich, die Sicherheit des Gesamtsystems „Terminal“ messbar zu erfassen. Wird neben einer reinen Lagebewertung eine Maßnahmenempfehlung zur Verbesserung der Sicherheits-

<sup>4</sup> Verifikation = 1:1 Abgleich

<sup>5</sup> Identifikation = 1:n Abgleich

<sup>6</sup> Führung des intermodalen Flughafenverkehrs

lage im Terminal angestrebt, so sind darüber hinaus mit Hilfe von Simulationsmodellen und Szenarientechniken verschiedene Prozessvariationen und Lösungsansätze zu simulieren und deren Ergebnisse zu analysieren. Dies offeriert erstmals die Chance aus einer Reihe von Handlungsalternativen stets den für das Gesamtsystem vorteilhaftesten Lösungsansatz (bezogen auf die Sicherheitslage im Terminal) zu detektieren und diesen bei Eingriffen in das System zu bevorzugen.

### 5.1. Planungsbeispiel

Die Simulation der Passagierprozesse sowie die Bestimmung der Qualität der Luftsicherheitsmaßnahmen erfolgt auf Basis eines generischen Flughafenmodells. Betrachtet wurden zwei Terminals mit den in TAB 3 dargestellten Kapazitäten und Ressourcen.

|                                       | Terminal A           | Terminal B                                 |
|---------------------------------------|----------------------|--|
| Kapazität                             | 8 Mio. pax p.a.      | 7-8 Mio. pax p.a.                          |
| Hallen-Grundfläche                    | 6.300 m <sup>2</sup> | Keine Angaben                              |
| Anzahl operierende LVG                | 53                   | 17   |
| Anzahl Check-In Counter               | 70                   | 50   |
| Anzahl der Sicherheitskontrollstellen | 9                    | 7 Economy Class<br>3 First-/Business Class |

TAB 3: Kapazitäten/Ressourcen des Terminals A und B

#### 5.1.1. Berechnung der Einflussfaktoren

Bei der Berechnung der Qualität der Luftsicherheitsmaßnahmen kann zwischen statischen und variablen Einflussfaktoren unterschieden werden (siehe TAB 4). Statische Einflussfaktoren werden vor Beginn der Simulation durch den Anwender festgelegt und beziehen sich stets für die Dauer einer Simulation auf alle Räume. Variable Einflussfaktoren hingegen beruhen auf Prozessen die in der Simulation abgebildet werden und sind immer auf einen konkreten Raum bezogen.

| Statische Einflussfaktoren  | Variable Einflussfaktoren   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Profiling</li> <li>• Weiterbildung</li> <li>• Schichtdauer</li> <li>• Bezahlung</li> <li>• Anzahl der Sicherheitskräfte</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erkennungsrate von Sicherheitskontrollen</li> <li>• Erkennungsrate von Zutrittskontrollen</li> <li>• Videoüberwachung</li> <li>• Stressfaktor</li> <li>• Personendichte</li> </ul> |

TAB 4: Aufteilung statischer und variabler QuaLuSiM-Einflussfaktoren

Konkrete Klassenwerte jedes Einflussfaktors werden dabei in einem dreidimensionalen Datenfeld zwischengespeichert, welche am Ende der Simulation ausgelesen werden. Die erste Dimension repräsentiert den Raum (1-50), die zweite Dimension den jeweiligen Einflussfaktor (1-14) und die dritte Dimension die Anzahl der Zeitschritte (t). Jede simulierte Minute werden die Einflussfaktoren jedes Raumes abgespeichert und (t) für den nächsten Zeitschritt um den Wert 1

erhöht. Darüber hinaus benötigt die Berechnung ein zweites temporäres Datenfeld. Dieses besitzt zwei Dimensionen, in welchem jedem simulierten Passagier, unabhängig von TOMICS, zusätzliche Attribute hinzugefügt werden können.

### 5.1.1.1. Berechnung des Einflussfaktors Sicherheitskontrollen

Die Bewertung der Erkennungsrate der Sicherheitskontrollen erfolgt raumspezifisch. Bei der Sicherheitskontrolle wird jedem Passagier, entsprechend der Erkennungsrate, mit welcher dieser kontrolliert wurde, der jeweilige Klassenwert (0; 0.25; ...; 1) als Attribut im Array übergeben. Die Bewertung eines beliebigen Raumes erfolgt anschließend durch Mittelwertbildung der übergebenen Attribute eines jeden im Raum befindlichen Passagiers.

Obwohl bei sicherheitsrelevanten Anwendungen der kritischste (niedrigste) Wert in der Regel einen geeigneten Repräsentanten der Einzelwerte darstellt, wird in diesem Fall bewusst hiervon abgewichen, um in einem ersten Betrachtungsansatz eine größere Differenzierung dieses Einflussfaktors zu ermöglichen. Würde anstelle des Mittelwertes die niedrigste Erkennungsrate repräsentativ für den gesamten Raum verwendet, so ist bereits vorherzusehen, dass diese durch die niedrigste Erkennungsrate der verwendeten Sicherheitssysteme unmittelbar bestimmt wird.

## 6. SZENARIEN

### 6.1. Basiszenario

Das Basiszenario entspricht dem Ist-Zustand des Planungsbeispiels. So erfolgt die Überprüfung der Fluggäste im Terminal 1 an neun und im Terminal 2 an zehn zentralen Kontrollstellen. Hierbei sind im Terminal 2 drei Kontrollsleusen ausschließlich den Business- und First-Class Passagieren vorbehalten, wohingegen eine derartige Separierung im Terminal 1 nicht erfolgt. Simuliert wird ein Flugplan mit insgesamt 18.175 abfliegenden Passagieren (Fall A). Um darüber hinaus den Einfluss unterschiedlichen Passagieraufkommens auf die Bewertung der Sicherheitsmaßnahmen analysieren zu können, wird das Basiszenario zusätzlich jeweils mit 10 Prozent mehr (Fall C) und 10 Prozent weniger (Fall B) Passagiere simuliert.

Die Personensicherheitskontrolle erfolgt im ersten Schritt mit Hilfe herkömmlicher Torsonden, welche sich zum Auffinden metallischer und magnetischer Gegenstände eignen. Zusätzlich wird – mit Referenz auf die aktuelle Gesetzeslage [s. EG-Verordnung 2320/2004] – eine fortlaufende stichprobenartige Nachkontrolle in der Größenordnung von 10% berücksichtigt.

Zur Überprüfung des mitgeführten Handgepäcks befindet sich an jeder Kontrollstelle ein Röntgengerät. Die Erkennungsrate der gesamten Sicherheitskontrolle liegt entsprechend der Testergebnisse des BKA bei 50-70 Prozent [vgl. Utler, S., 2006]. Im Falle der manuellen Nachkontrolle eines Fluggastes (10% der simulierten Passagiere) wird von einer 100%igen Erkennungsrate ausgegangen. Da keine weiteren Informationen vorliegen, wird die Erkennungsrate, wie in BILD 2, zunächst als normalverteilt angenommen.

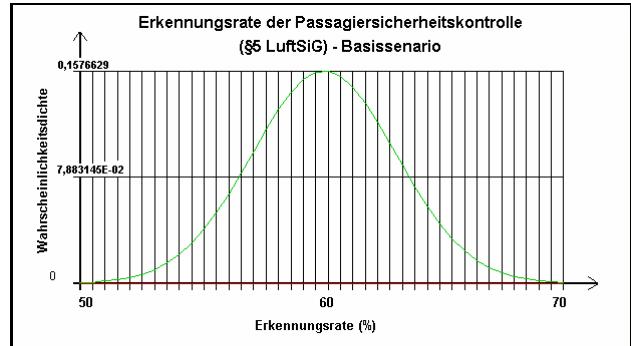


BILD 2: Erkennungsrate von Sicherheitskontrollen mittels Metalldetektor und Röntgensystem

Im Basisszenario erfolgt bei nicht-Schengen Flügen die zentrale (Zutritts-) Bordkartenkontrolle durch die Verifikation der zutrittsanfragenden Passagiere anhand ihrer Ausweissotos und der mitgeführten Bordkarte. TAB 5 zeigt zusammenfassend die im Basisszenario getroffenen Annahmen.

| Einflussfaktor                                     | Annahme   |
|--|---|
| Flugbewegungen                                     | 210 Ablüge  |
| Passagieraufkommen                                 | 18.175 Passagiere                                     |
| <b>Sicherheitskontrolle</b>                        | <b>Metalldetektor &amp; Röntgensystem</b>             |
| Detektionsrate                                     | 50%-70%   |
| Prozesszeit  | 30 Sekunden   |
| <b>Bordkartenkontrolle</b>                         | <b>manuelle Sichtprüfung der Bordkarte</b>            |
| Erkennungsrate                                     | 0 Prozent   |
| Prozesszeit  | 3 Sekunde   |
| <b>2. Bordkartenkontrolle (non-schengen Flüge)</b> | <b>visueller Abgleich mit Lichtbild des Ausweises</b> |
| Detektionsrate                                     | 95 Prozent  |
| Prozesszeit  | 13 Sekunden   |
| Profiling  | nicht angewendet                                      |
| Schichtdauer                                       | 8 Std. / Tag  |
| Weiterbildung                                      | 2 Tage pro Jahr                                       |
| Bezahlung  | 8 € / Stunde  |
| Anzahl der Mitarbeiter                             | 4 Mitarbeiter pro Kontrollsleuse                      |

TAB 5: Annahmen Basisszenario

### 6.2. Auswertung

Als Grundlage des Basiszenarios dient im Wesentlichen der bauliche Ist-Zustand und die derzeit im Rahmen der Luftsicherheitskontrollen angewandten Verfahren und Technologien des Beispiel-Flughafens. Neben einer eingehenden Analyse der Bewertung der Luftsicherheitsmaßnahmen werden anhand des Basiszenarios grundlegende in Kapitel 4 beschriebene Zusammenhänge untersucht. Hierzu werden zunächst gezielt ausgewählte Räume betrachtet (z. B. der Raum zur Passagier (Zutritts-) Sicherheitskontrolle) und anschließend Rückschlüsse auf die Bewertung der Luftsicherheitsmaßnahmen gezogen. Abschließend erfolgt eine Gesamtbewertung der im Basiszenario zugrunde gelegten Maßnahmen.

Bei der Personensicherheitskontrolle sind zum einen der unmittelbare Einfluss der Detektionsrate des angewandten Kontrollverfahrens und zum anderen der als „Stressfaktor“ zusammengefasste Einfluss längerer Warteschlangen zu beachten. Wie der zeitliche Ausschnitt in BILD 3 zeigt, wird bei einem Gesamtpassagieraufkommen von 18.175 Pax lediglich zwischen 18:25 - 18:49 eine Wartezeit von  $t \leq 2$  min/pax über einen Zeitraum von „ $\Delta t = 20\text{min}$ “ überschritten. Da es sich hierbei um eine unkritische Überschreitung der

optimalen Wartezeit handelt („ $X_{1.4.1} = 0,25$ “ [Klasse: B]), wirkt sich diese Prozessverzögerung nicht negativ auf die Gesamtbewertung der Luftsicherheitsmaßnahmen aus.

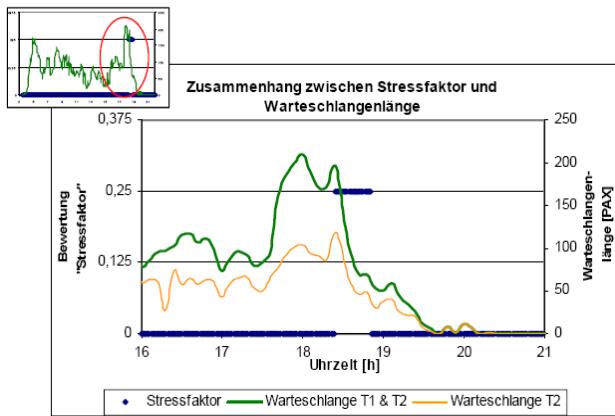


BILD 3: Zusammenfassung zwischen Stressfaktor und Warteschlangenlänge

Zum besseren Verständnis der im Basisszenario maximal auftretenden Warteschlangenlängen und Wartezeiten sowie deren Zusammenhänge zeigt BILD 4 einen grafischen Vergleich beider Kennwerte. Hierbei repräsentiert jeder Punkt einen simulierten Passagier und gibt auf der Abszisse Auskunft über dessen Ankunftszeitpunkt an der Sicherheitskontrolle und auf der Ordinate die Anzahl der vor ihm anstehenden Passagiere bzw. seine Wartezeit bis zum Prozessbeginn.

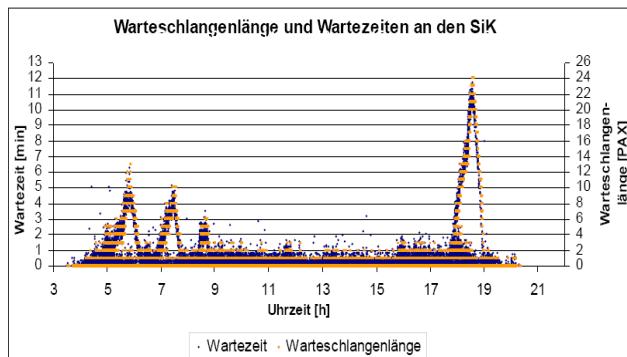


BILD 4: Wartezeiten und Warteschlangenlängen (Basisszenario)

Die Warteschlangenlänge wurde hierbei –über 19 Sicherheitskontrollstellen aufsummiert– auf der sekundären Ordinate aufgetragen. Hiernach beträgt die maximale Wartezeit eines Passagiers an einer der Sicherheitskontrollstellen ca. 12 Min. (Spitzenstunde: 18-19 Uhr).

In diesem Zusammenhang zeigt BILD 5 exemplarisch anhand der Personensicherheitskontrolle, welches Verbesserungspotenzial (bzgl. Wartezeit und Warteschlangenlänge) die Kapazitätserhöhung von 13 auf 19 Abfertigungs-schaltern bietet.

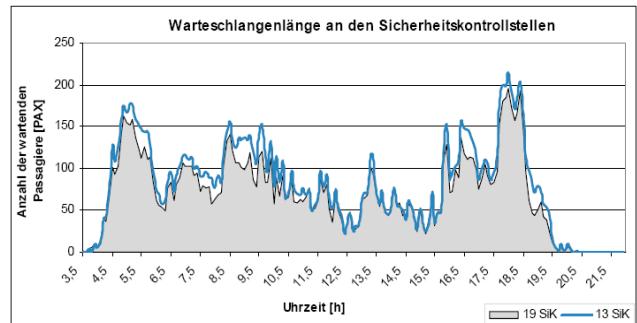


BILD 5: Warteschlangenlänge bei unterschiedlicher Anzahl an Prozessstellen

Ebenso wie die Anzahl der Prozessstellen (Ressourcen) besitzt auch die Anzahl der prozessanfragenden Passagiere (Nachfrage) einen erheblichen Einfluss auf die Wartezeit und Warteschlangenlänge. Wie bereits in Kapitel 6.1 erwähnt, erfolgt die Simulation des Basisszenarios mit insgesamt drei unterschiedlichen Passagierstärken. Zur besseren Unterscheidung werden diese nachfolgend abgekürzt als „Fall A“ (18.175 Pax), „Fall B“ (15.801 Pax) und „Fall C“ (20.611 Pax) bezeichnet.

Wie BILD 6 zeigt, variiert die Anzahl der Passagiere, welche ohne jegliche Wartezeit unmittelbar nach Ankunft an der Sicherheitskontrolle bearbeitet werden, signifikant mit dem Gesamtpassagieraufkommen. Während in der Spitzenstunde (18-19 Uhr) in „Fall B“ 340 Pax (24% der zwischen 18-19 Uhr abgefertigten Pax) ohne Wartezeit abgefertigt werden, reduziert sich die Anzahl in „Fall A“ auf 281 Pax (18%) und in „Fall C“ auf 148 Pax (12%).

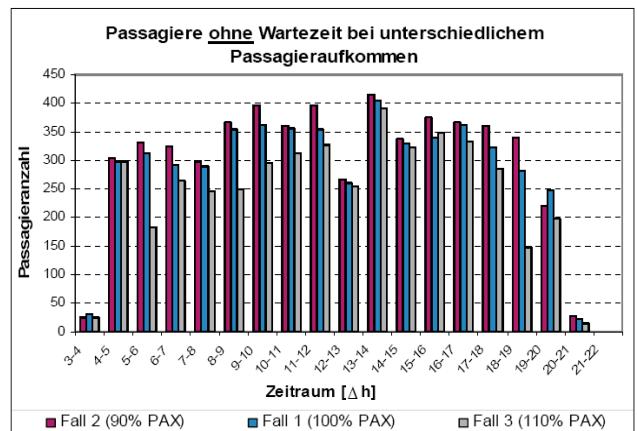


BILD 6: Histogramm der Anzahl von Passagieren ohne Wartezeit

Die Auswirkungen derart unterschiedlichen Passagieraufkommens sowie die hieraus resultierenden durchschnittlichen Wartezeiten lassen sich ebenso bei der Bewertung der Luftsicherheitsmaßnahmen erkennen. So zeigt BILD 7, dass durch die Erhöhung des Passagieraufkommens um 10% die Bewertung des **Stressfaktors** zum einen über eine wesentlich längere Zeitspanne (64 Minuten) Klasse „B“ und zum anderen zeitweise erstmals Klasse „C“ ( $x_{1.4.1} = 0,5$ ) erreicht.

Im Falle der Verringerung der Passagieranzahl um 10% liegt der Einflussfaktor „Stress“ über die Gesamt simulationszeit innerhalb der Klassengrenzen von „A“.



BILD 7: zeitlicher Verlauf des Stressfaktors und der Warteschlangenlänge (Bsp. Fall C-110% Pax)

Neben dem Erkennen der Gefahren wurde allen voran die **Personendichte** als zweiter Haupteinflussfaktor auf die Qualität der Luftsicherheitsmaßnahmen identifiziert. Diesbezüglich wird nachfolgend zunächst auf den Zusammenhang zwischen der Anzahl der im Raum befindlichen Personen und der Personendichte näher eingegangen.

Um die Abhängigkeit zu verdeutlichen erfolgt die Erläuterung beispielhaft anhand eines Wartebereiches. Während die Anzahl der im Raum befindlichen Personen über den betrachteten Zeitraum kontinuierlich steigt (von 75 auf 150 Pax), verbleibt die Personendichte indes konstant bei „B“ ( $x_2 = 0,25$ ). Aufgrund dieser Tatsache lässt sich schlussfolgern, dass die Kapazität des Wartebereiches als ausreichend zu bewerten ist und diesbezüglich keine kritische Engpasssituation im bestehenden Terminalsystem existiert.

Der erläuterte Zusammenhang ist dabei jedoch in allen Räumen zu beobachten und somit allgemeingültig. BILD 8 verdeutlicht eindrucksvoll, dass die Personendichte (primäre Ordinate) nur bedingt abhängig von der Anzahl der Personen im Raum (sekundäre Ordinate) beeinflusst wird.

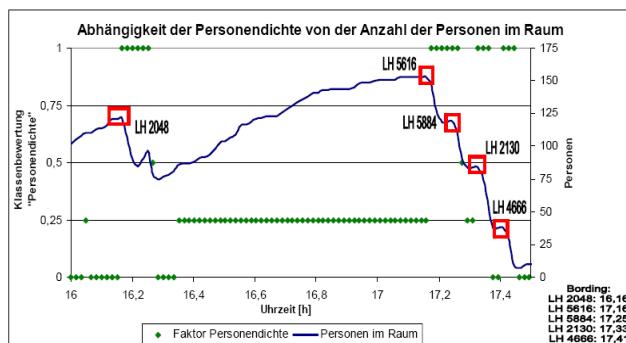


BILD 8: Personendichte im Warteraum

Anders verhält es sich indes mit den Abfertigungsprozessstellen des Bordings hier speziell der dortigen Bordkartenkontrolle. Der Beginn des Bordingvorganges eines Fluges ist hierbei durch das schnelle Absinken der im Raum befindlichen Personenanzahl erkennbar. Parallel zu diesem Prozess steigt die Personendichte im Raum sprunghaft von

Klasse „B“ ( $x_2 = 0,25$ ) zu Klasse „E“ ( $x_2 = 1$ ) an. Dieses begründet sich dadurch, dass kurz vor Beginn des Bording die überwiegende Mehrheit der Fluggäste bereits im Warteraum angekommen ist und sich beim Öffnen der Bordingkontrolle folglich innerhalb kürzester Zeit eine – ggf. dicht gedrängte – Warteschlange bildet. Je nach durchschnittlicher Abfertigungszeit und Passagieraufkommen des jeweiligen Fluges ist diese Warteschlange nur von kurzer Dauer, so dass die Personendichte zumeist innerhalb kürzester Zeit auf ihren Ausgangswert zurückgeht.

Die Personendichte verhält sich ähnlich wie der Stressfaktor, welche bei einer Erhöhung des Passagieraufkommens über zunehmend längere Zeiträume höhere Werte annimmt. So zeigt BILD 9 exemplarisch anhand eines Wartebereiches, dass bei steigender Passagierzahl häufiger auch kritische Personendichten (Klasse „D“ und „E“) erreicht werden.

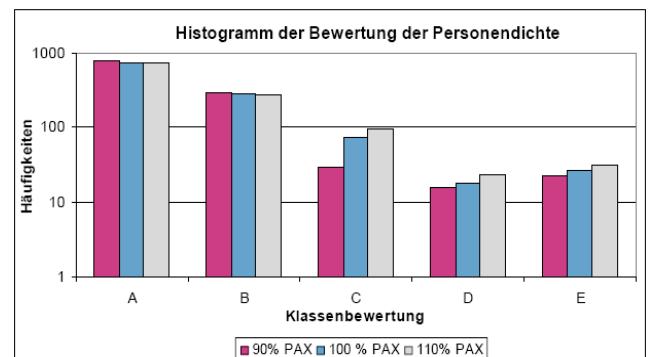


BILD 9: Bewertung des Einflussfaktors „Personendichte“ bei unterschiedlichem Passagieraufkommen

Um das Ansteigen der Personendichte zu verhindern bzw. dessen Auswirkungen auf die Sicherheitslage zu minimieren, sind theoretisch mehrere Lösungsansätze denkbar. Beispielsweise kann die Verkürzung der Zeitspanne, in welcher derart hohe Personendichten vorherrschen, praktikabel und zielführend sein. So kann die Gesamtabfertigungsdauer an einzelnen Kontrollstellen durch eine Erhöhung der Abfertigungsressourcen signifikant verkürzt werden. Um die Verlagerung des Engpasses entgegenzuwirken, impliziert dies jedoch, dass die Kapazitäten aller an- und begrenzenden Ressourcen ggf. gleichermaßen erhöht werden.

Die Ergebnisse des Basisszenarios belegen, dass es sich aufgrund der Erkennungsrate der angewandten Sicherheitskontrollverfahren zwar um derzeit gesetzeskonforme Verfahren handelt, diese jedoch erhebliche Optimierungspotenziale aufweisen. In Kombination mit den ebenfalls als unzureichend bewerteten (Zutritts-) Bordkartenkontrollen bewirkt dies – bei derzeitiger Wahl der Klassengrößen und Vorfaktoren –, dass die Gefahrenerkennung im Basisszenario dauerhaft unzureichend zu bewerten ist („ $x_1 = 0,75$  bis 1“ [Klasse D – E]).

Bezogen auf die Gesamtbewertung der Sicherheitslage im Raum wird dieser Umstand jedoch zumeist durch die eher positiv bewertete, niedrige Personendichte abgeschwächt. Bedingt durch die zugrunde liegende Gewichtung der Einflussfaktoren wird die Gesamtbewertung der Sicherheitslage

zumeist mit „C“ eingestuft und ist somit als dauerhaft akzeptabel zu bewerten.

Wie darüber hinaus anhand der Ergebnisse des Basisszenarios zu erkennen ist, versprechen einfachste Maßnahmen konkrete Verbesserungspotenziale. So lässt sich durch die im Rahmen von nicht-Schengen Flügen angenommene Verifikation der Passagiere (anhand von Ausweisbildern) eine verbesserte Bewertung der (Zutritts-) Bordkartenkontrollverfahren von „E“ zu „D“ erzielen. Dies wiederum wirkt sich gleichermaßen positiv auf die Bewertung der Gefahrenerkennung aus (von „D“ zu „C“). Einzig die QuaLuSiM-Gesamtbewertung des Raumes bleibt durch diese eher geringfügige Verbesserung unbeeinflusst.

Der Mittelwert der Qualität der Luftsicherheitsmaßnahmen des Gesamtsystems unterliegt dabei Schwankungen, welche durch das kontinuierlich verändernde Passagieraufkommen zu erklären sind. Dies impliziert letztendlich die Annahme, dass die Sicherheitslage tendenziell in Zeiten starken Passagieraufkommens schlechter zu bewerten (vgl. BILD 10) ist.

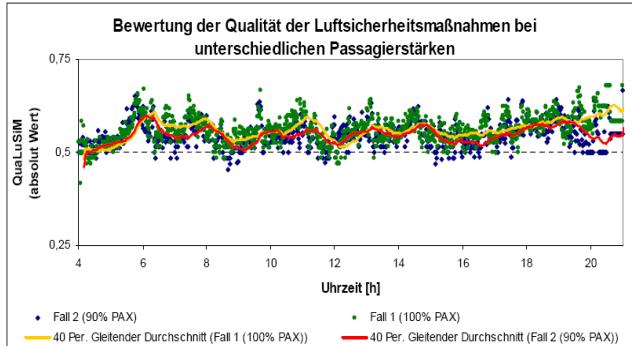


BILD 10: Bewertung der Sicherheitslage bei variierendem Passagieraufkommen

Zusammenfassend lässt sich somit festhalten, dass – auf Basis der erstmals in Kapitel 4 bestimmten Klasseneinstellungen und Vorfaktoren – die alleinige Anwendung von Metallendetektor und Röntgensystem zur Personensicherheitskontrolle, ebenso wie die simulierten Zutrittskontrollen bezüglich der Gefahrenerkennung erhebliches Optimierungspotenzial aufweisen.

## 7. ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit wurde initiiert, um erstmals die Qualität der Luftsicherheitsmaßnahmen im Flughafenterminal objektiv bestimmen und bewerten zu können. Hierdurch soll es im nächsten Schritt möglich werden, die gesamte Sicherheitslage am Flughafen messbar zu erfassen und das Sicherheitssystem zielgerichtet an die sich wandelnde Gefährdungslage anzupassen.

Ziel war es, derzeit eingesetzte und technisch ausgereifte Technologien und Verfahren eingehend bezüglich ihres Einflusses auf die Qualität der Luftsicherheitsmaßnahmen zu analysieren. Hierzu wurde zunächst ein Maßsystem zur

Bewertung entwickelt und nachfolgend dessen Einflussfaktoren Anhand eines Beispiels (Bordkartenkontrolle) dargelegt.

Mit Hilfe der mikroskopischen Simulationssoftware TOMICS des DLR und einer eigens zur Berechnung der Qualität der Luftsicherheitsmaßnahmen programmierten Applikation wurden anschließend ausgewählte Zutrittskontrollverfahren/-technologien bezüglich ihrer Vorteilhaftigkeit auf das Sicherheitssystem hin verglichen. Als Anwendungsbeispiel wurden die baulichen und verkehrlichen Eingangsparameter der Simulationsstudie in Anlehnung an den Beispiel-Flughafen gewählt. Die Ergebnisse der verschiedener Szenarien wurden zur Gesamtbewertung der Luftsicherheitsmaßnahmen angewendet.

## 8. ANHANG

### 8.1. Abkürzungen

|          |  |
|----------|--|
| ATA      | Actual Time of Arrival                             |
| BKA      | Bundeskriminalamt                                  |
| BMI      | Bundesministerium des Innern                       |
| BRD      | Bundesrepublik Deutschland                         |
| Bsp.     | Beispiel   |
| bzgl.    | bezüglich  |
| ca.      | circa  |
| DLR      | Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.     |
| EG       | Europäische Gemeinschaft                           |
| FAMOUS   | Future Airport Management Operation Utility System |
| FIF      | Führung des intermodalen Flughafenverkehrs         |
| ggf.     | gegebenenfalls                                     |
| IATA     | International Air Transport Association            |
| ICAO     | International Civil Aviation Organisation          |
| LOSec    | Level of Security                                  |
| LVG      | Luftverkehrsgesellschaft                           |
| LuftSiG  | Luftsicherheitsgesetz                              |
| min.     | Minuten  |
| Mio.     | Millionen  |
| Mrd.     | Milliarden   |
| Pax      | Passagier  |
| p.a.     | per anno   |
| P(d)     | Probability (detection)                            |
| PRA      | Probabilistic Risk Assessment                      |
| QuaLuSiM | Qualität der Luftsicherheitsmaßnahmen              |
| s.       | siehe  |
| S.       | Seite  |
| Sep.     | September  |
| TAB      | Tabelle  |
| TOMICS   | Traffic Oriented Microscopic Simulator             |
| u.a.     | unter anderem                                      |
| vgl.     | Vergleich  |
| VO-EG    | Verordnung-Europäischen Gemeinschaft               |
| WHO      | Welthandelsorganisation                            |
| z. B.    | zum Beispiel                                       |

## 8.2. Abbildungen und Tabellen

### Anhang A

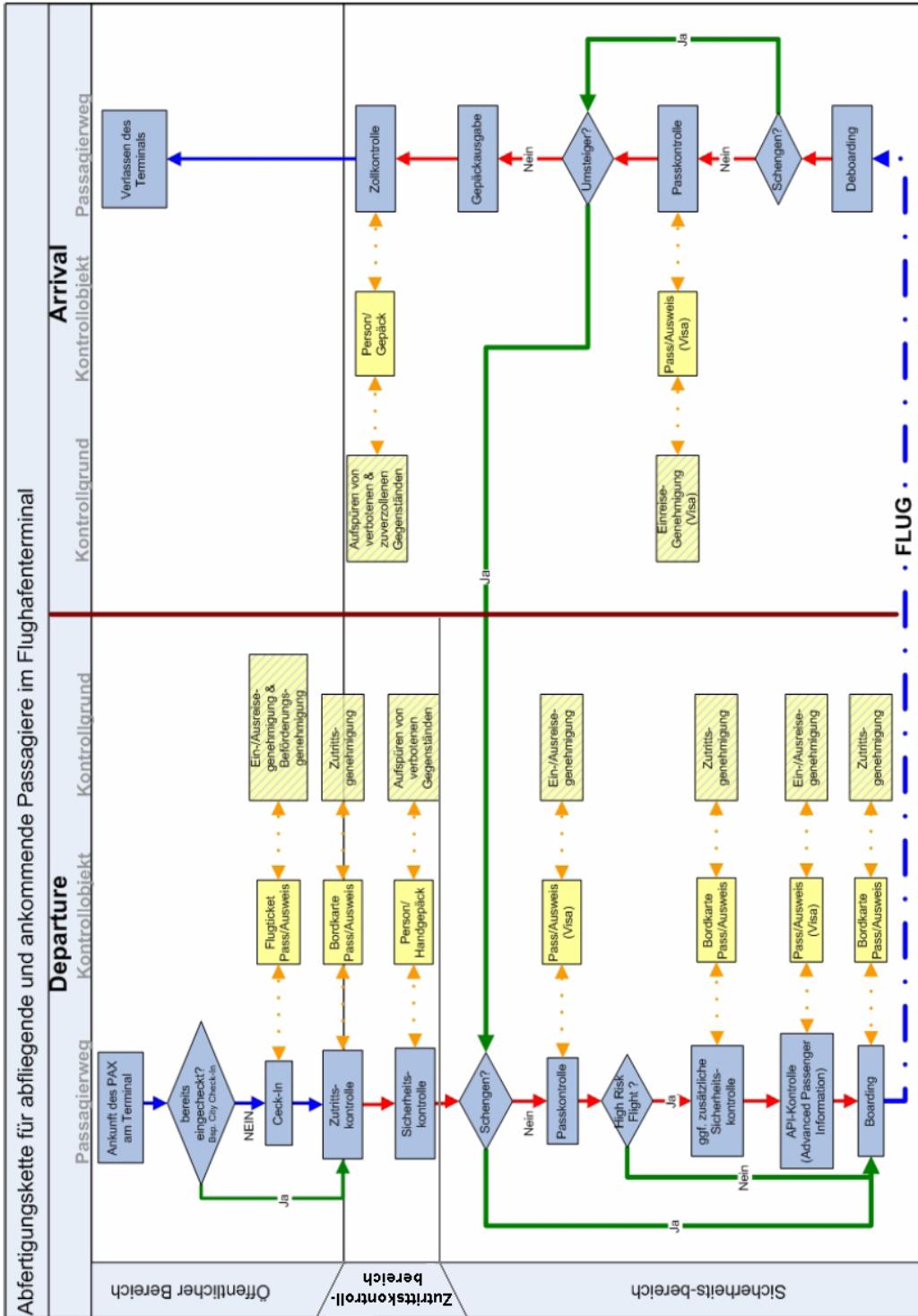


BILD 11: Schematische Darstellung des Abfertigungsprozesses

## Anhang B

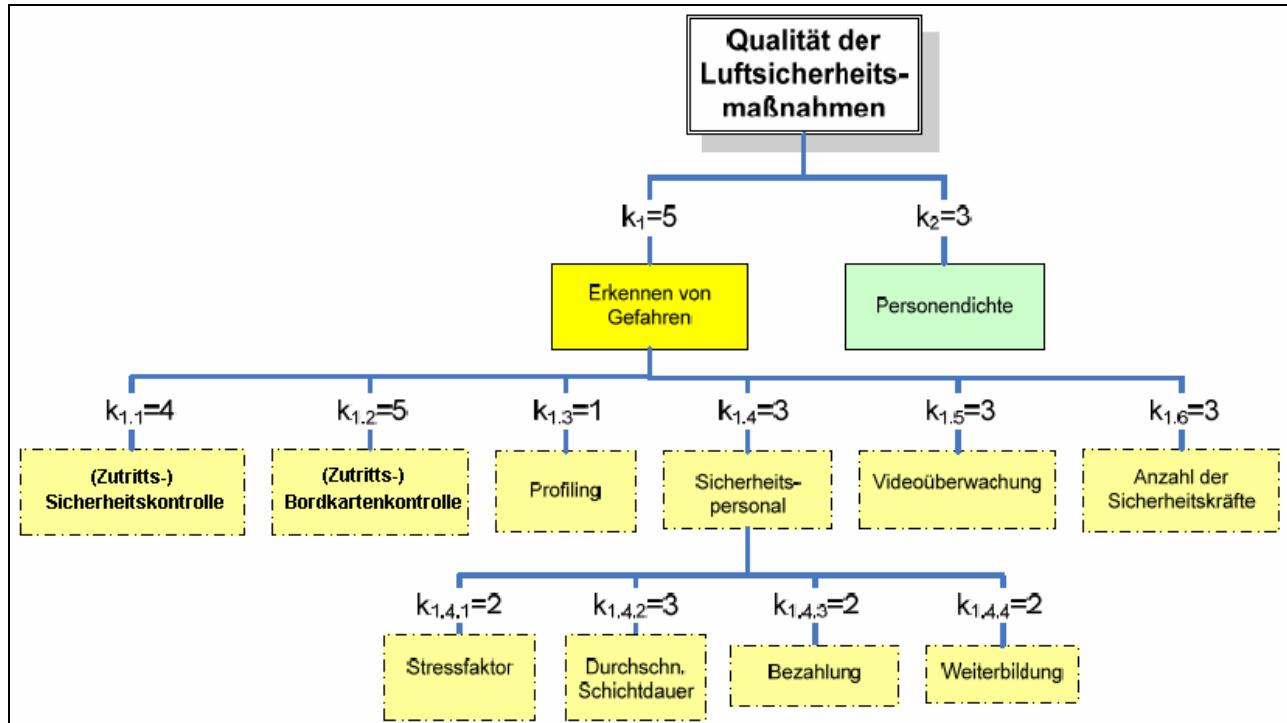


BILD 12: Model zur Bewertung der Luftsicherheitsmaßnahmen im Flughafenterminal

## Anhang C

| Qualitätslevel (QuaLuSiM) | Bewertung             | Maßzahl                   | Bedeutung  |
|---------------------------|-----------------------|---------------------------|--|
| <b>A</b>                  | „0“ = Exzellent       | $\tilde{x}_i < S_1$       | Beste Grundvoraussetzung für die Abwehr von Gefahren                                   |
| <b>B</b>                  | „0.25“ = Hoch         | $S_1 < \tilde{x}_i < S_2$ | Gute Grundvoraussetzung für die Abwehr von Gefahren                                    |
| <b>C</b>                  | „0.50“ = Adäquat      | $S_2 < \tilde{x}_i < S_3$ | Akzeptable Grundvoraussetzung für die Abwehr von Gefahren                              |
| <b>D</b>                  | „0.75“ = Nichtadäquat | $S_3 < \tilde{x}_i < S_4$ | Kurzzeitig akzeptables Sicherheitssystem – vorübergehend akzeptable Grundvoraussetzung |
| <b>E</b>                  | „1“ = Nichtakzeptable | $S_4 < \tilde{x}_i$       | Inakzeptables Sicherheitssystem – unzureichende Grundvoraussetzung                     |

TAB 6: Kategorien zur Bewertung der Qualität der Luftsicherheitsmaßnahmen im Terminal

## Anhang D

| <b>Liste mit verbotenen Gegenständen im Handgepäck oder an der Person:</b>  |  |
|---|--|
| 1.) Waffen:   | <ul style="list-style-type: none"><li>- alle Arten von Feuerwaffen</li><li>- Nachbildungen und Imitationen von Feuerwaffen</li><li>- Luft-, Signal-, Spielzeug-, Schrotbewaffnungen</li><li>- Druckluftwaffen</li><li>- Bolzenschussgeräte</li><li>- Armbrüste</li><li>- Katapulte</li><li>- Viehtötungsapparate, Betäubungsgeräte oder Elektroschocker</li></ul>        |
| 2.) Spitz/scharfe Waffen und Objekte  | <ul style="list-style-type: none"><li>- Äxte, Beile und Pfeile</li><li>- Harpunen &amp; Speere</li><li>- Messer und Scheren mit einer Klingelänge über 6cm</li><li>- Säbel, Schwert, Degen</li><li>- Skalpelle</li><li>- Ski- und Wanderstöcke</li><li>- Werkzeuge (wie Bohrer, Teppichmesser, Schraubenschlüssel, etc.)</li></ul>                                       |
| 3.) Stumpfe Instrumente   | <ul style="list-style-type: none"><li>- Baseball- und Softballschläger</li><li>- Keulen und Schlagstöcke</li><li>- Cricket-, Golf-, Hockey-, Lacrosseschläger</li><li>- Skateboards</li><li>- Kanu-/Kajakpaddel</li><li>- Angelruten</li><li>- Kampfsportausrüstung</li></ul>  |
| 4.) Sprengstoffe und brennbare Stoffe   | <ul style="list-style-type: none"><li>- Sprengstoffe und Explosivkörper</li><li>- Maximal 1 Feuerzeug am Körper</li><li>- Detonatoren, Sprengkapseln und Zünder</li><li>- Munition</li><li>- Feuerwerkskörper</li><li>- Brennbare Flüssigkeiten (z. B. Benzin, Diesel, Ethanol, ...)</li><li>- Terpentin</li><li>- Alkoholische Getränke von mehr als 70% vol.</li></ul> |
| 5.) Chemische und Toxische Stoffe   | <ul style="list-style-type: none"><li>- Säuren und Basen, z. B. Batterien, die auslaufen können</li><li>- Ätzende oder bleichende Stoffe</li><li>- Abwehr- und Betäubungssprays</li><li>- Radioaktives Material</li><li>- Infektiöses und biologisch gefährliches Material</li><li>- Feuerlöscher</li></ul>  |
| 6.) Beschränkte Mitnahme von Flüssigkeiten  | <ul style="list-style-type: none"><li>- liquide Substanzen</li><li>- Gels, Pasten, Lotionen</li><li>- Mischungen von Flüssigkeiten und Feststoffen</li></ul>   |
| Alle Flüssigkeiten sind in Behälter mit einer Größe von maximal 100ml zufüllen und in einem durchsichtigen und wieder verschließbaren Plastikbeutel zu transportieren.<br>Ausnahme: Babynahrung und Arzneimittel. |  |

TAB 7: Eine Auswahlliste von Gegenständen, welche nach derzeitiger Rechtslage nicht mit in die Passagierkabine genommen werden dürfen

### 8.3. Literatur

**Gore, Al (Chairman):** White House Commission on Aviation Safety and Security, Washington DC, 1997

**Bundeskriminalamt (BKA):** Gesichtserkennung als Fahndungshilfsmittel – Abschlussbericht, Wiesbaden, 2007

**Bundesministerium des Inneren (BMI):**

[http://www.bmi.bund.de/cln\\_012/nn\\_121566/Internet/Content/Themen/Terrorismus/DatenundFakten/Luftsicherheitsgebuehr.html](http://www.bmi.bund.de/cln_012/nn_121566/Internet/Content/Themen/Terrorismus/DatenundFakten/Luftsicherheitsgebuehr.html) (Stand: August 2007)

**Christ, Tom:** TOMICS – Mikroskopische Modellbildung des Passagierflusses am Flughafen, DLR ID: IB 112-2004/22, Braunschweig, 2004

**D. Krein:** Simulation und Bewertung der Sicherheitslage im Flughafenterminal auf Basis derzeitiger Luftsicherheitsmaßnahmen, DLR, Braunschweig, 2007

**IATA [01]:** new financial forecast, o.O., 2007

**Irish Aviation Authority; aviasolutions:** study on civil aviation security financing – summary report, o.O., 2004

**Makky, Wagch, H.:** The Aviation Security Problem and Related Technologies, San Diego, 1992

**Phipps, Denis:** The Management of Aviation Security, London, 1991

**Prof. Dr. med. Stüben, U.:** Vorlesungsunterlagen: „Flugmedizin II“, WS04/05, TU-Braunschweig, 2004

**Schanks, Norman; Bradley, Alexander:** Handbook of Checked Baggage Screening, o.O., 2004

**Utler, Simone:** Polizei kritisiert Privatisierung der Sicherheitsdienste, Erschienen bei Spiegel online, o.O., 2006, <http://www.spiegel.de/reise/aktuell/0,1518,449934,00.html>

**World Trade Organisation [WHO]:** world trade report 2005, o.O., 2005

**Luftsicherheitsgebührenverordnung (LuftSiGebV)** i. d. F. d. BGBL. I S.2525-2548 vom 05.11.2007

**Luftsicherheitsgesetz (LuftSiG)** i. d. F. d. BGBL. I S.78 & S.2 vom 05.01.2007

**Passgesetz (PaßG)** i. d. F. d. BGBL. I S.537 & S.2 vom 05.01.2007

**EG Verordnung 2320/2002** i. d. F. d. Amtsblatt der EU Nr. L355 S. 0001 – 0022 vom 30.12.2002

**EG Verordnung 1138/2004** i. d. F. d. Amtsblatt der EU Nr. L221 vom 21.06.2004