

Analyse und Optimierung der Flughafenlandseite – Effiziente und nachhaltige Lösungen für Prozesse des Passagierflusses

THOR – Abschlussveranstaltung 18.-19.03.2026

Thomas Christ / Institut für Verkehrssystemtechnik

18.03.2026



Analyse und Optimierung der Flughafenlandseite – Effiziente und nachhaltige Lösungen für Prozesse des Passagierflusses



→ Routing für den heutigen Rundflug →

- Unsere Tätigkeiten im Projekt
- Potentialermittlung Terminaltechnik und Prozessanalyse
- Technologien für einen nachhaltigen Betrieb
Ein Beispiel
- Modellierung der PAX Terminals
vom Flughafen Hamburg
- Weitere zukünftige Maßnahmen – Vorschläge
- Veröffentlichungen



KI-generiertes Bild

Unsere Tätigkeiten im Projekt THOR



Tätigkeiten

- AP 3.1 Potentialermittlung Terminaltechnik
 - ☞ MS 3.02 *Liste zukünftig einsetzbarer Technologien für einen nachhaltigen Betrieb* erstellt
- AP 3.2 Prozessanalyse Landseite
- AP 3.3 Betriebsanpassung Landseite
- AP 3.4 Modellierung und Bewertung
 - ☞ Aufbau des Referenzmodells für den „Tag 05.04.2024“ erstellt

Meilensteine

- HMS S3.06 Liste der Terminal-Prozesse priorisiert hinsichtlich Energieverbrauch, Wirtschaftlichkeit und Komfort
- MS 3.07 Simulationskonzept erstellt und liegt als Bericht vor
- ...



Potentialermittlung Terminaltechnik und Prozessanalyse

Potentialermittlung für Energieeinsparungen im Terminalbereich - Erkenntnisse



- Wichtigste Frage: Welche mögliche Maßnahmen haben das Potential den Energieverbrauch zu senken **und** gleichzeitig die betrieblichen Abläufe nicht zu (stark zu) beeinträchtigen?
- Recherchen ergaben, dass energetische Maßnahmen im operativen Betrieb keine Anwendung finden, sondern strategisch umgesetzt werden.
z.B. Einsatz von stromsparenden Rolltreppen.
- Erkenntnis aus Expertenumfrage: Gewichtung der Prioritäten bei Einführung neuer Maßnahmen
 1. **Security**
 2. Level of Service
 3. Kosten
 4. Energie sparen



KI-generiertes Bild

Potentialabschätzung durch Expertenumfrage



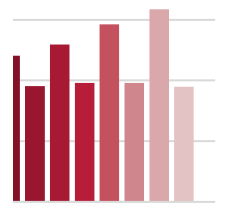
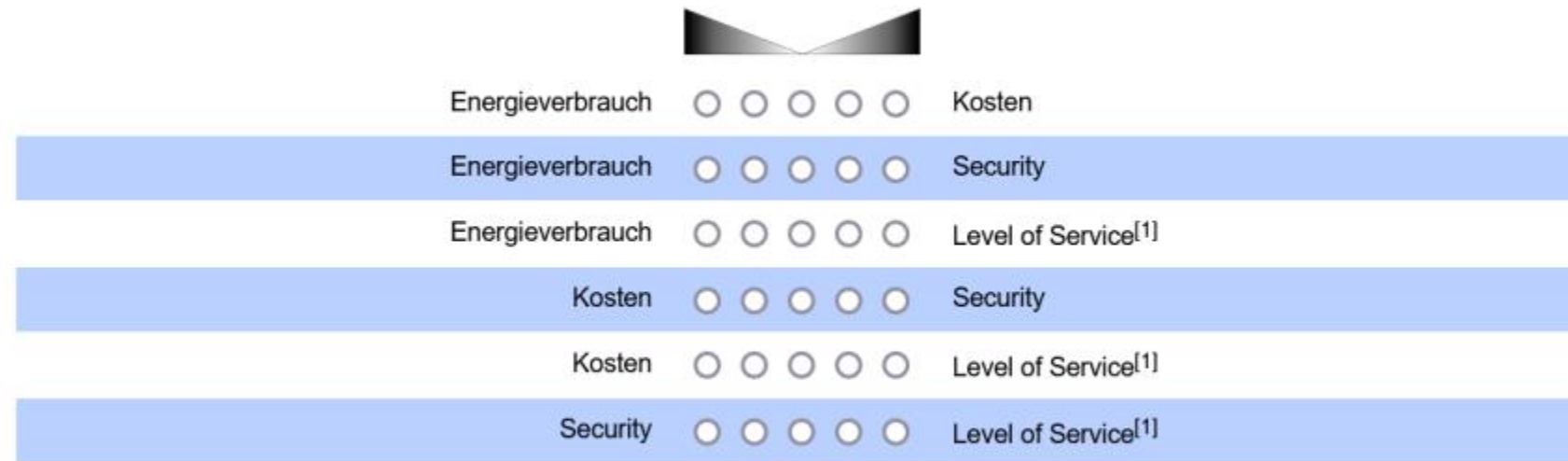
Expertengruppe aus Fachbereichen	Anzahl
Airlines	4
Flughafensicherheit	9
Flughafen-/Terminal	
Dienstleistungen	
Forschung	
Grenzkontrolle	
Sonstiges	
Gesamtteilnehmer	

Gewichtung der Kriterien für gesamten Flughafen

1 _____

2. Was ist Ihnen im Allgemeinen in Bezug auf die Fluggast- und Gepäckprozesse im Terminal wichtiger?

Geben Sie an wo Sie eine höhere Priorität sehen.



Service
sicherheit

^[1]Level of Service: bezogen auf Wartezeiten, Warteschlangenlängen, Personendichten und Prozessdauern.

■ Grenzkontrolle ■ Sonstiges

Untersuchung

- Chemie
- Sicherheit
- Passagier
- Boarding
- Gepäcktransport und Sortierung
- Flughafen im Allgemeinen

Sicherheit am stärksten gewichtet



Technologien für einen nachhaltigen Betrieb

Ein Beispiel

Zentral organisierter automatisierter Check-in und Bagage Drop-off (1 von 2)



Kurzbeschreibung:

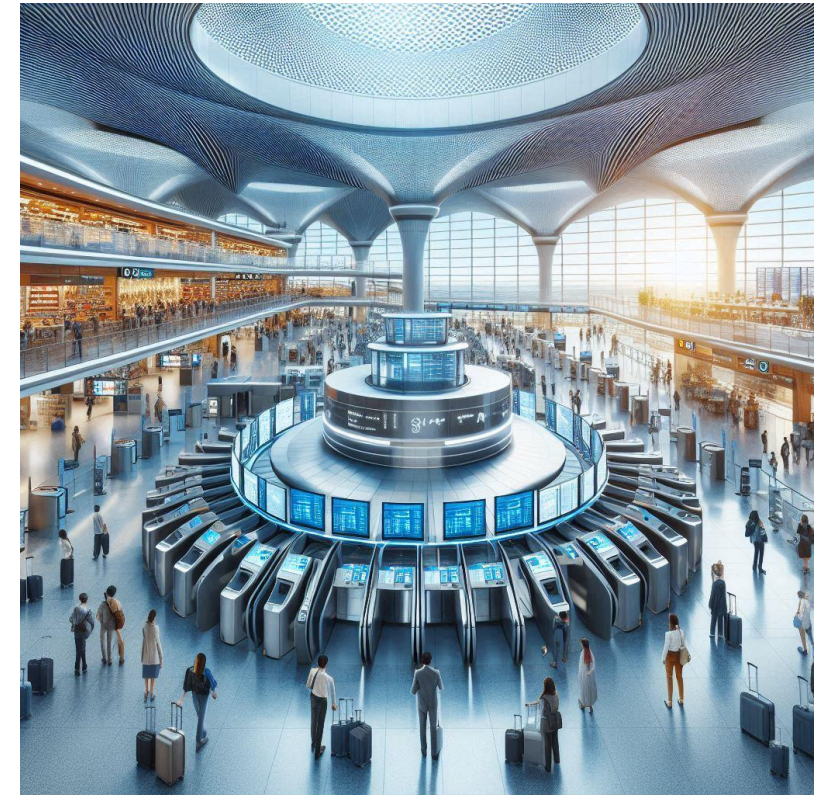
- Aktuell ist die Airline für Check-in und Bagage Drop-off zuständig. Counter Abfertigung ist noch verbreitet.

Neuerung:

- Airline übergreifende Nutzung aller Automaten
- Abfertigung am Counter nur noch in Ausnahmefällen möglich
Annahme 10% aller PAX

Randbedingungen:

- Bereitschaft der Airlines eine gemeinsame Schnittstelle zum Datenaustausch zu vereinbaren
- Datenintegration (jeder Automat darf auf die jeweilige Dateninfrastruktur der Airline zugreifen)



KI-generiertes Bild

Zentral organisierter automatisierter Check-in und Bagage Drop-off (2 von 2)



Positive Effekte:

- Bessere Auslastung der Check-in bzw. Bagage Drop-off Infrastruktur
- Senken der Kosten
- Evtl. Reduzierung des Energieverbrauchs
- Ermöglicht einen (teilweisen) Terminal-Shutdown

Möglicher Nachteil:

- Check-in erste Interaktion mit Airline am Flughafen und damit wichtig für Brand-Image der Airline entfällt



KI-generiertes Bild

Terminal-Shutdown (light)



Kurzbeschreibung:

Klimatisierung eines Terminals verursacht beträchtlichen Anteil am Energieverbrauch.

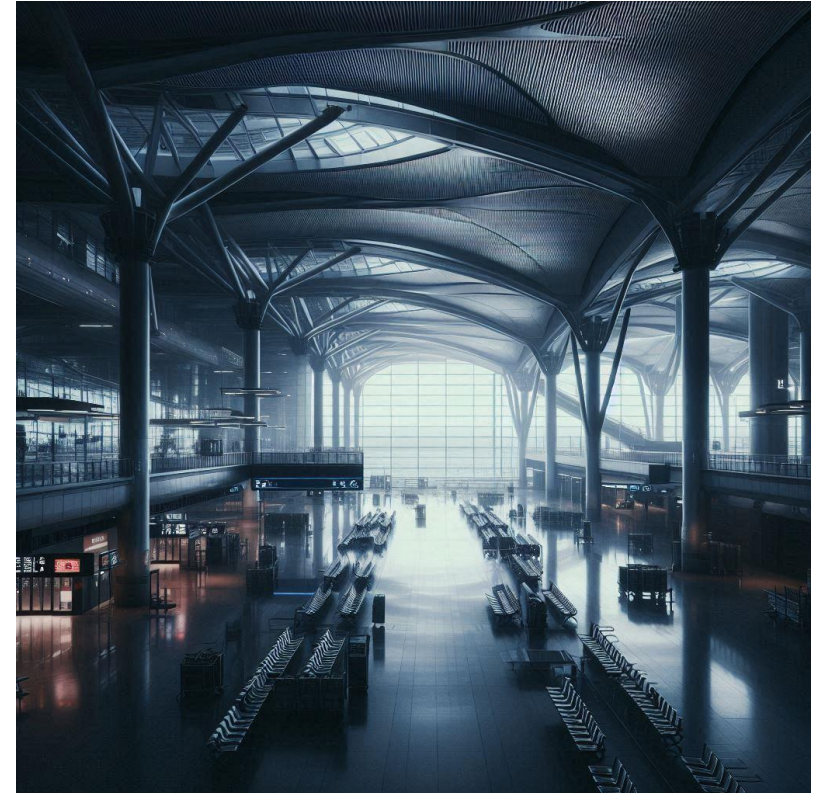
Verlagerung der Abfertigung auf ein anderes Terminal denkbar

Randbedingungen:

- Möglichkeit des Herunterfahrens der Klimatisierung in einem einzelnen Terminals
- Nur bei wenig Passagieraufkommen
- Möglichkeit der Übertragung der Abfertigungsprozesse
- Zustimmung aller betroffenen Stakeholder am Flughafen

Positiver Effekt: Mögliche Energieeinsparung

Nachteil: Organisatorisch aufwändig ggf. finanzielle Einbußen bei Retailing



KI-generiertes Bild

A wide-angle, high-angle photograph of the interior of the PAX Terminal at Hamburg Airport. The terminal is characterized by its massive, complex steel truss roof structure, which is filled with a grid of beams and supports. Large skylights are integrated into the roof, allowing natural light to illuminate the space. The floor is a light-colored, polished material. In the center, there are long, curved check-in counters with multiple lanes. To the left, a curved walkway or ramp is visible. The overall atmosphere is one of a modern, spacious, and well-lit airport terminal.

Modellierung der PAX Terminals vom Flughafen Hamburg

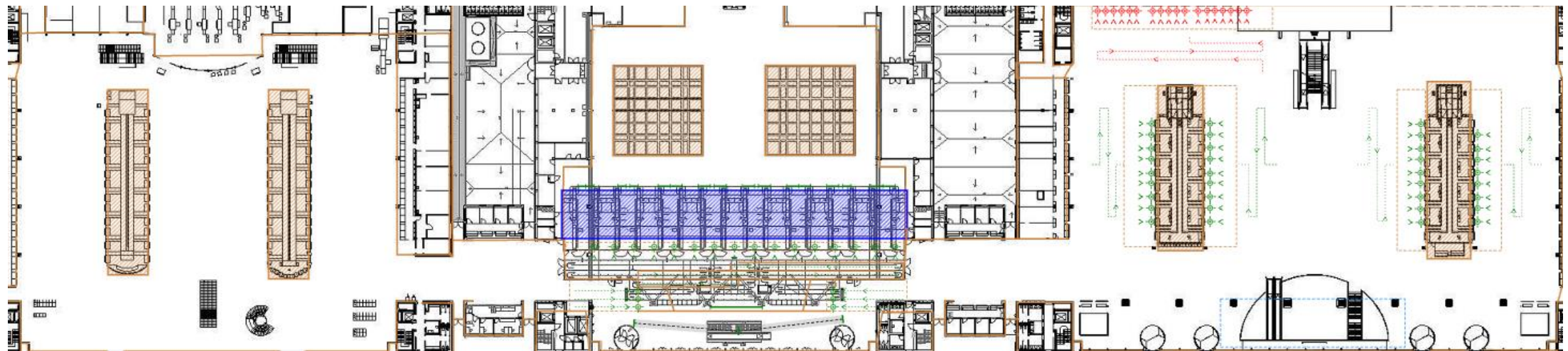
Datenliste - Departure (Flugplan vom Flugtag **05.04.2024**)



- **Ankunftsverteilung der Passagieren nach Modalsplit**
- **Zuordnung der Gates**
- **Anteil an Passagieren mit Priorität Status**
- **Anteil der Passagiere Schengen und non-Schengen**
- **Anteil der vorab abgefertigte Passagiere**
(online eingecheckt und ohne Abgabe des Reisegepäcks), die direkt zur Sicherheitskontrolle (SiKo) laufen
- **Check-in Schalter und Check-in Automaten**
 - Anteil Abfertigung Schalter/Automat
 - Anzahl
 - Zuordnung zu Airlines
 - Öffnungs- und Schließzeiten
 - Prozessdauer pro Passagier und Schalter/Automat als Verteilung (**teilweise**)
- **Gepäckaufgabeautomaten**
 - Anzahl
 - Zuordnung zu Airlines
 - Prozessdauer pro Passagier und Automat als Verteilung (**teilweise**)
- **Zutrittskontrolle zur SiKo**
 - Anzahl
 - **Prozessdauer pro Passagier und Automat als Verteilung**
- **SiKo-Lanes**
 - **Öffnungs- und Schließzeiten**
 - **Prozessdauer pro Passagier, Handgepäck und pro Teilprozess als Verteilung**
- **Passkontrolle**
 - Anzahl Schalter und Automaten
 - **Öffnungs- und Schließzeiten**
 - **Prozessdauer pro Passagier und Schalter/Automat als Verteilung**
- **Gate**
 - Zuordnung zu Flügen
 - Öffnungs- und Schließzeiten
 - Prozessdauer pro Passagier und Automat als Verteilung

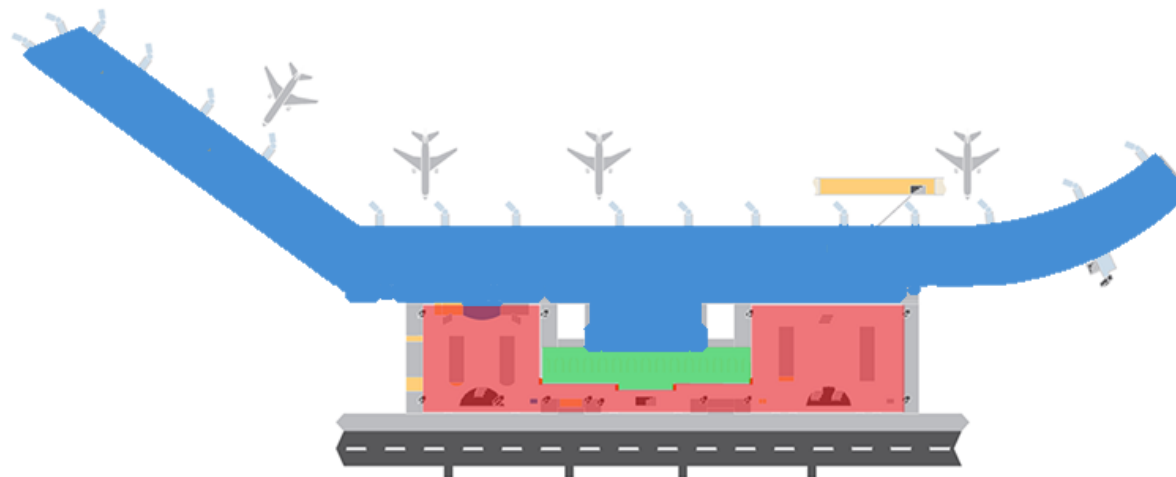
Rot: Daten nicht verfügbar, wurden durch Literaturrecherche, Annahmen oder Parameterstudien ersetzt

- **Basisszenario:** Prozesskette vom 05.04.2024
 - Check-in: 94 Check-in Schalter, 18 Check-in-Kioske, 30 Drop-off-Kioske
 - Bordkartenkontrolle: 6 Scanner
 - Sicherheitskontrolllinien: 16
 - Passkontrolle: 6 Schalter und 8 Automaten
 - Bordkartenkontrolle am Gate: 28 Scanner
- **Modifiziert:** unabhängige Self-Service-basierende Prozesse beim Check-in
 - Check-in:
 - 18 Check-in-Kioske - Parameterstudie: 90 % der Wartezeiten < 2 Min./h (LoS-IATA)
 - 35 Drop-off-Kioske - Parameterstudie: 90 % der Wartezeiten < 5 Min./h (LoS-IATA)
 - übrige Komponenten wie im Basisszenario



Zonenspezifische Energieerfassung

- **Ziel:** Zonenspezifische Quantifizierung des Energieverbrauchs pro Passagier zur differenzierten Analyse und gezielten Identifikation von Einsparpotenzialen
- Aufteilung in 3 Zonen
 - **Zone 1:** Landseitiger Bereich (öffentlicher Bereich vor den Kontrollen)
 - **Zone 2:** Sterile Zone (Sicherheitskontrollbereich)
 - **Zone 3:** Luftseitiger Bereich (nicht-öffentlicher Bereich)

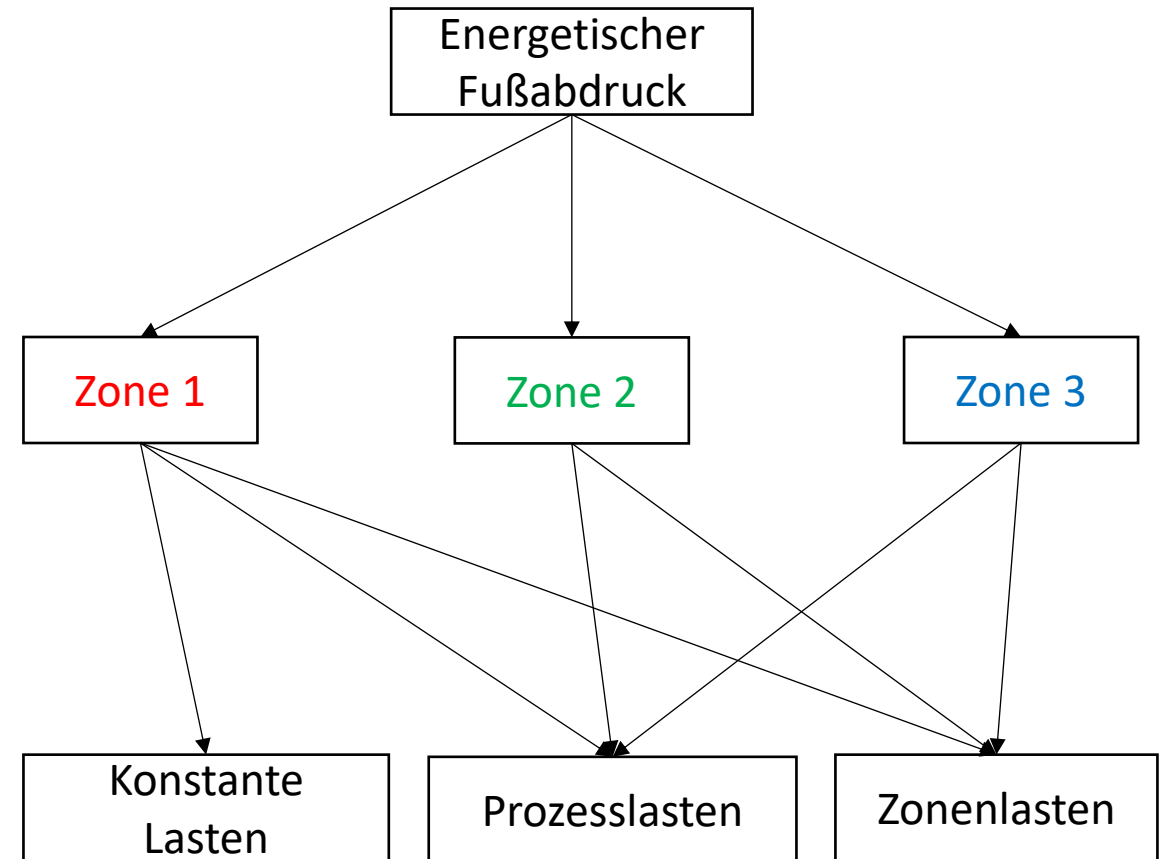


Bewertungsmethodik – Energetischer Fußabdruck (2 von 2)

Elektrische Lasten:

Gerät	Lastklassifikation	Leistung
Self-Service-Kiosk	Prozesslast	100 W
Check-in Schalter	Prozesslast	194,5 W
Drop-off-Kiosk	Prozesslast	200 W
CT-Scanner	Prozesslast	2,8 kW
Bordkartenscanner	Prozesslast	100 W
Millimeterwellen-Scanner	Prozesslast	1,9 kW
Grenzkontrollautomat	Prozesslast	250 W
Grenzkontrollschalter	Prozesslast	145,5 W
Klimatisierung	Zonenlast	1131,6 kW
Beleuchtung	Zonenlast	559,8 kW
BHS	Konstante Last	127,9 kW

- Prozesslasten: Direkter Prozessverbrauch
- Zonenlasten: Dauerhaft betriebene Systeme
- Konstante Lasten: Nahezu konstanter Bedarf, nicht direkt vom Passagierfluss abhängig



Simulationsergebnisse: Energetischer Fußabdruck (kumuliert)



Simulationsergebnisse: Hypothetischer CO²-Fußabdruck* (kumuliert)



* Berechnung
anhand des aktuellen
Emissionsfaktor
des deutschen
Strommixes



Weitere zukünftige Maßnahmen – Vorschläge

Neue Security-Technologien (1 von 5)

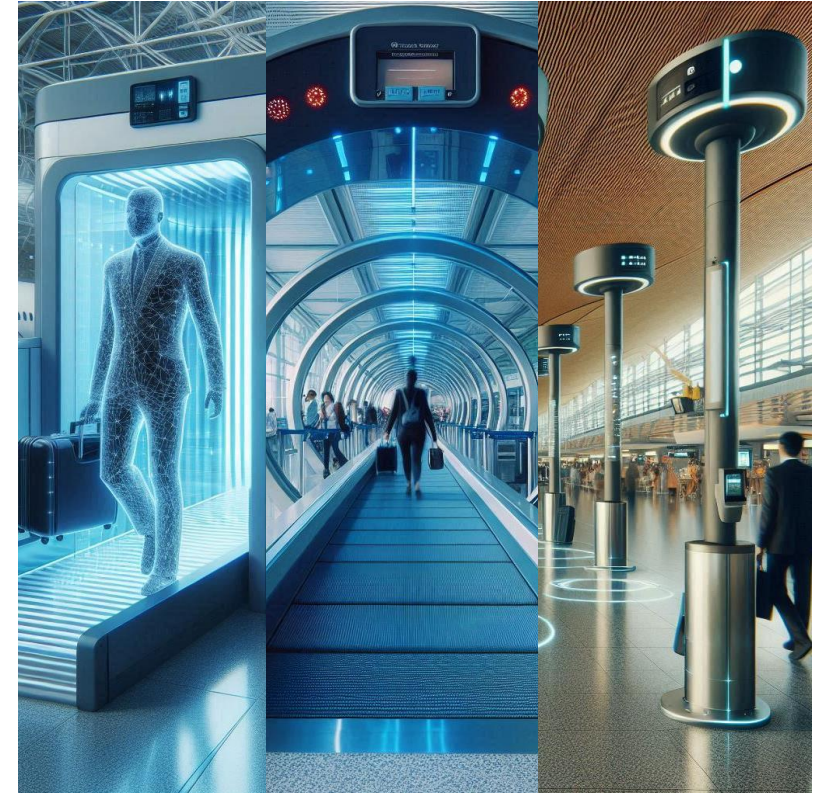


Kurzbeschreibung:

Um stetig die Sicherheit im Sinne von Security zu erhöhen, werden neue Technologien sowohl für die Personen als auch für die Gepäckkontrolle entwickelt

Randbedingungen:

- Gesetzgebung
- Komfort und Passagieraufkommen
- Gepäckaufkommen



KI-generiertes Bild

Neue Security-Technologien (2 von 5)



Kurzbeschreibung:

Um stetig die Sicherheit im Sinne von Security zu erhöhen, werden neue Technologien sowohl für die Personen als auch für die Gepäckkontrolle entwickelt

- **Neuartige CT Scanner**

Bei Handgepäck wird keine Entnahme von Flüssigkeiten und elektrischen Geräten notwendig (Typ C3)

- **Walkthrough Security**

Separierung durch Ganggestaltung: Scannen im Gehen mit oder ohne Handgepäck möglich

- **KI-Scanner**

Nutzung von Sensoren im Flughafen zum Trainieren eines Machine Learning Algorithmus



KI-generiertes Bild

Neue Security-Technologien (3 von 5)



Neuartige CT Scanner

Bei Handgepäck wird keine Entnahme von Flüssigkeiten und elektrischen Geräten notwendig (Typ C3)

KI unterstützt zur besseren Erkennung

Positive Effekte:

- Erhöhter Komfort durch Wegfallen der Entnahme von Flüssigkeiten und elektrischen Geräte
- Erhöhung des Durchsatzes
- Erhöhte Sicherheit durch größeren Informationsgehalt
- Senkung der Personalposten

Nachteil: Erhöhter Energieverbrauch



KI-generiertes Bild

Neue Security-Technologien (4 von 5)



Walkthrough Security

- Scannen im Gehen
- Mit oder ohne Handgepäck möglich
- Separierung durch Ganggestaltung

Positiver Effekt:

Erhöhter Komfort durch geringe Interaktion mit Security

Nachteile: Zulassung



KI-generiertes Bild

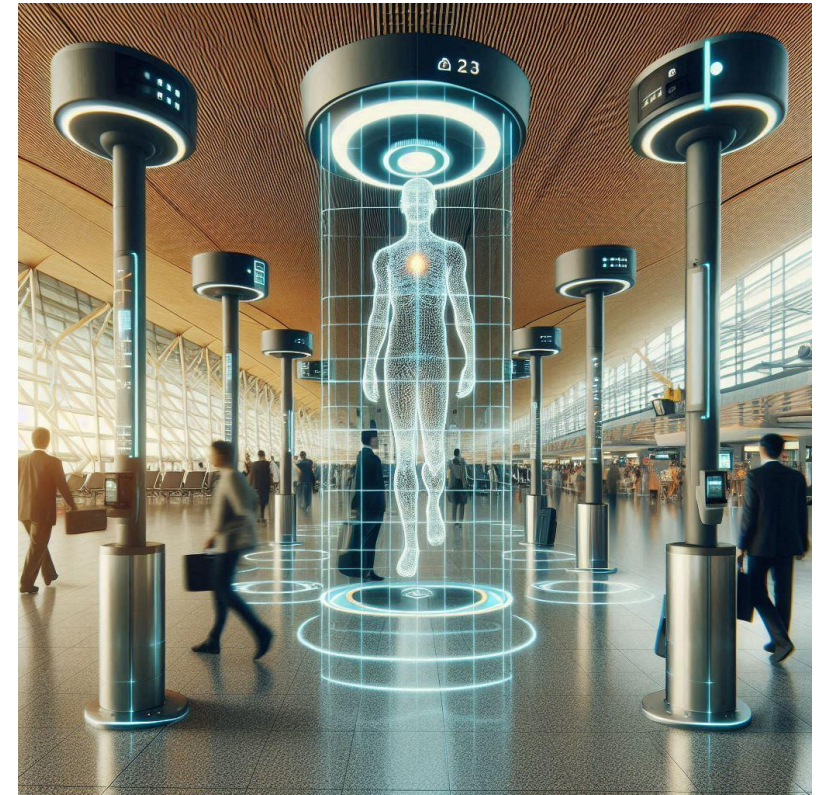
Neue Security-Technologien (5 von 5)



KI-Scanner

Nutzung von Sensoren im Flughafen zum Trainieren eines Machine Learning Algorithmus

- Genauerer Kontrolle möglich
- Verschiedene Sensoren einsetzbar: Kamera, Millimeterwellen
- Eventuell vorher Datenaufbereitung notwendig: Kamera Daten auf Skelett Modell übertragen
 - ☞ Aktuell werden MMW Geräte verwendet, die beim Stehen die Kleidung durchleuchten
- Auswertung erfolgt durch Bilderkennung o. Remote Operator



KI-generiertes Bild

Positiver Effekt: Verbesserung der Gefahrendetektion

Nachteile: Evtl. erhöhter Energieverbrauch

Biometrische Ausweisung/Personalisierte Services (1 von 2)



Kurzbeschreibung:

Abgleich biometrischer Daten zur Ausweisung

- Je nach Ausführung für Check-in, Border Control und Boarding verwendbar
- Erste proprietäre Systeme in Dubai (Smart Tunnel) und Frankfurt a.M. (Smart Path)
- IATA arbeitet mit verschiedenen Ländern, Flughäfen und Fluggesellschaften an **One ID**
 - ☞ *Easy Pass: biometrische Daten aus dem Ausweis*
- Bei nicht staatlichen Methoden werden die ID Daten vorher erhoben und mit eigenen biometrischen Daten verknüpft



KI-generiertes Bild

Biometrische Ausweisung/Personalisierte Services (2 von 2)



Randbedingungen:

- Anmeldung an den jeweiligen Flughafen
- Hohe Anforderung an die Datensicherheit

Positive Effekte:

- Erhöhter Komfort
 - ☞ Wenig Interaktion im System
 - ☞ Schnelle Abfertigung
- Erhöhte Sicherheit
 - ☞ Weniger Falschidentifikation (OneID)
 - ☞ Potential zur Vermeidung von großen Menschenmengen
- Personalisierte Abfertigungsinformationen (z.B. durch Steuerung im erweiterten TAM)
- Durch optimierten Passagierfluss Energieeinsparung möglich



KI-generiertes Bild

Nachteil: Nicht ganzheitlich einsetzbar da Teilnahme freiwillig ist



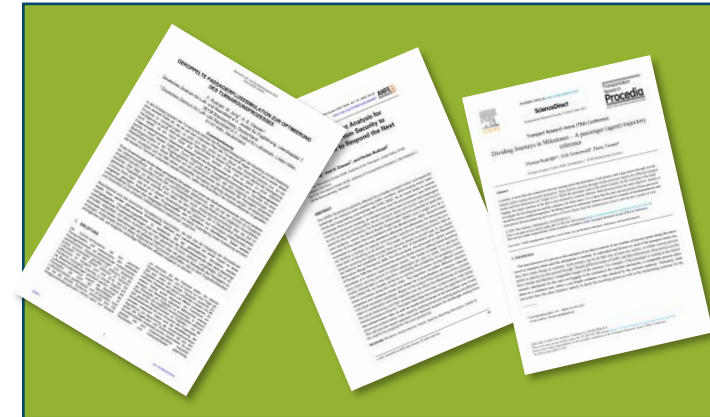
Publications

Veröffentlichungen

Veröffentlichungen (1)



- Probst, Patrick (2024)
Efficiency within an air freight terminal Process optimization concerning service levels and economy in consideration of energy efficiency.
Masterarbeit.
Kühne Logistics University Hamburg.
- Capric, Edona (2024)
Infrastructure requirements on airports in support of electric aviation demands.
Masterthesis.
Technische Hochschule Braunschweig, Institute for Electromagnetic Compatibility.
- Bittner, Jan Philipp (2024)
Effizienzbewertung der landseitigen Passagier und Gepäckabfertigung an Flughäfen.
Masterarbeit.
Technische Universität Braunschweig.
- Hellwig, Franziskus (2024)
Analyse der Auswirkungen eines Einsatzes von Wasserstoff als Flugzeugtreibstoff auf die Flughafeninfrastruktur und Ableitung von Handlungsempfehlungen auf Grundlage der ermittelten Ergebnisse.
Masterarbeit.
Technische Hochschule Wildau.



Veröffentlichungen (2)



- Milbredt, Olaf und Popa, Andrei und Bittner, Jan Philipp (2025)
Bewertung der Effizienz der landseitigen Passagierprozesse an Flughäfen unter gleichzeitiger Berücksichtigung multipler Kenngrößen.
Internationales Verkehrswesen, 77 (3), Seiten 15-19. expert verlag. ISSN 0020-9511.
- Popa, Andrei, Milbredt, Olaf und Bittner, Jan Philipp (2026)
Evaluating Landside Passenger Processes at Airports Considering Multiple Parameters Simultaneously
International Conference on Artificial Intelligence, Computer, Data Sciences, and Applications (ACDSA 2026)

