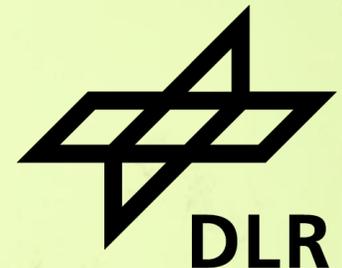


# **Analyse und Optimierung der Flughafenlandseite – Effiziente und nachhaltige Lösungen für Prozesse und Passagierfluss**

**THOR – Airport Workshop 20.-21.11.2024**

**Dr. Peter A. Meincke / Institut für Verkehrssystemtechnik**

**21.11.2024**



# Analyse und Optimierung der Flughafenlandseite – Effiziente und nachhaltige Lösungen für Prozesse und Passagierfluss



## → Routing für den heutigen Rundflug →

- Unsere Tätigkeiten im Projekt
- Modellierung der PAX Terminals vom Flughafen Hamburg
- Zukünftige Maßnahmen – Erste Vorschläge
- Veröffentlichungen
- Ausblick
  
- Quellen



# Unsere Tätigkeiten im Projekt THOR



## Tätigkeiten

- AP 3.1 Potentialermittlung Terminaltechnik

**Status: Geschlossen**

☞ **MS 3.02 Liste zukünftig einsetzbarer Technologien für einen nachhaltigen Betrieb** erstellt

- AP 3.2 Prozessanalyse Landseite

**Status: kurz vor dem Abschluss**

- AP 3.3 Betriebsanpassung Landseite

**Status: Angefangen**

- AP 3.4 Modellierung und Bewertung

**Status: Angefangen**

☞ Aufbau des Referenzmodells für den „Tag 05.04.2024“ wird erstellt

## Folgende Meilensteine

- HMS S3.06 Liste der Terminal-Prozesse priorisiert hinsichtlich Energieverbrauch, Wirtschaftlichkeit und Komfort

**in Arbeit 03/2025**

- MS 3.07 Simulationskonzept wird erstellt und liegt als Bericht

**in 12/2024 vor**



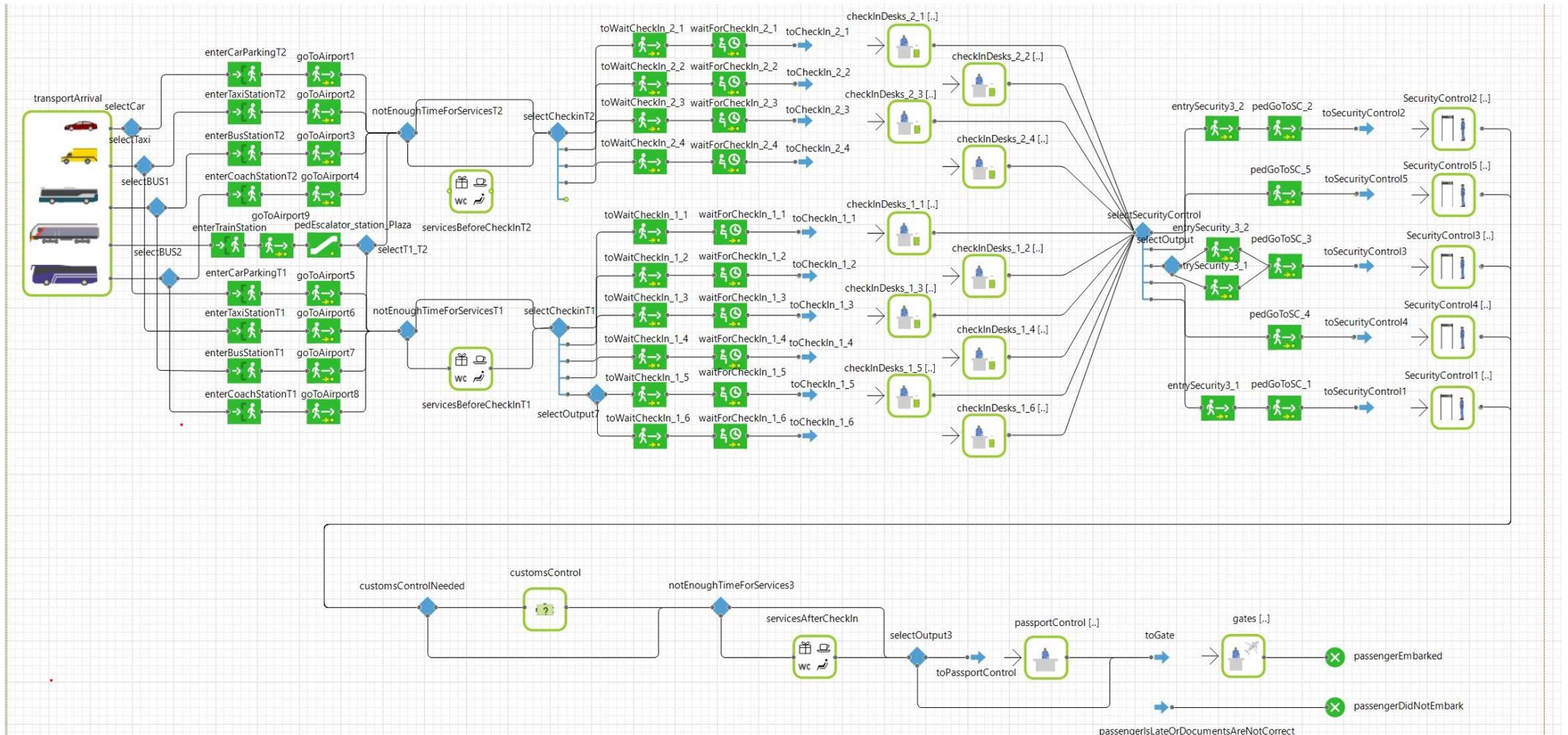
# Modellierung der PAX Terminals vom Flughafen Hamburg

- Maßstabgetreuer Grundriss des Flughafen Hamburgs von Terminals und Gates

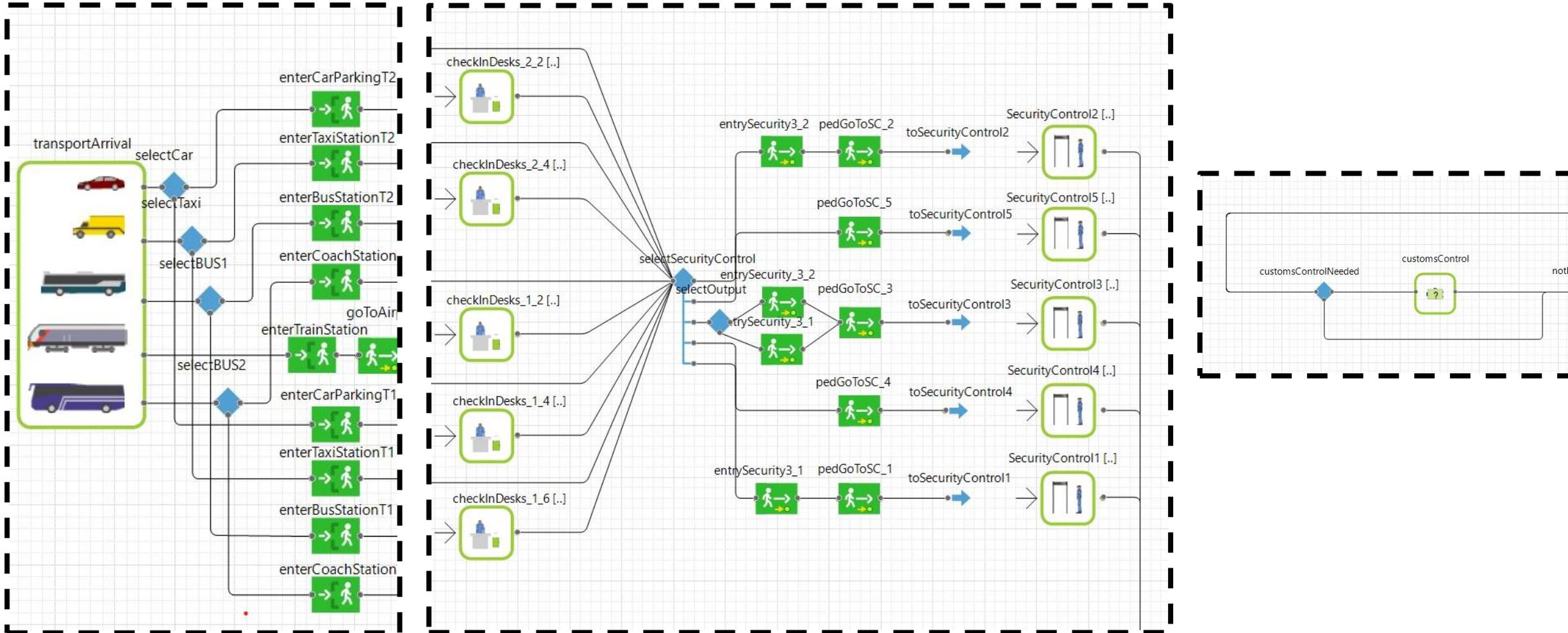


- Flugplan eines repräsentativen Flugtages **05.04.2024**

Unterstützt systemdynamische, ereignisorientierte und agentenbasierte Simulationsmethodik



# Software für die Simulation (ZOOM)



Quelle: DLR - FHG Departure Simulation – Flussdiagramm (Any Logic)

# Model für den landseitigen Betrieb Flg. Hamburg



# Wunschdatenliste - 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**
- **Gepäckaufgabeautomaten**
  - Anzahl
  - Zuordnung zu Airlines
  - **Prozessdauer pro Passagier und Automat als Verteilung**
- **Zutrittskontrolle zur SiKo**
  - Anzahl
  - **Prozessdauer pro Passagier und Automat als Verteilung**
- **SiKo-Lanes**
  - Anzahl prio und non-prio
  - Öffnungs- und Schließzeiten
  - **Prozessdauer pro Passagier und Kontrollstelle 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

# Wunschdatenliste - Arrival (Flugplan vom Flugtag 05.04.2024)



- Zuordnung der Gates
- Anteil Schengen und non-Schengen
- **Passkontrolle**
  - Anzahl Schalter und Automaten
  - Öffnungs- und Schließzeiten
  - Prozessdauer pro Passagier und Schalter/Automat als Verteilung
- **Gepäckausgaben**
  - Zuordnung zu Flügen
  - Öffnungs- und Schließzeiten
- **Zollkontrolle**
  - Anteil der kontrollierten Passagieren
  - Prozessdauer pro Passagier als Verteilung



Ausblick

## Optimierter Weg der Luftfracht

Frachtterminal



Ist auf dem „Schirm“ wird aber aus Zeit- bzw. Budgetgründen in „THOR 1“ nicht möglich sein.

# Laufende Tätigkeiten im Projekt THOR



## Tätigkeiten

- AP 3.1 Potentialermittlung Terminaltechnik

Status: Geschlossen

☞ **MS 3.02 Liste zukünftig einsetzbarer Technologien für einen nachhaltigen Betrieb erstellt**

- AP 3.2 Prozessanalyse Landseite

Status: kurz vor dem Abschluss

- AP 3.3 Betriebsanpassung Landseite

Status: Angefangen

- AP 3.4 Modellierung und Bewertung

Status: Angefangen

☞ Aufbau des Referenzmodells für den „Tag 05.04.2024“ wird erstellt

## Folgende Meilensteine

- HMS S3.06 Liste der Terminal-Prozesse priorisiert hinsichtlich Energieverbrauch, Wirtschaftlichkeit und Komfort

in Arbeit 03/2025

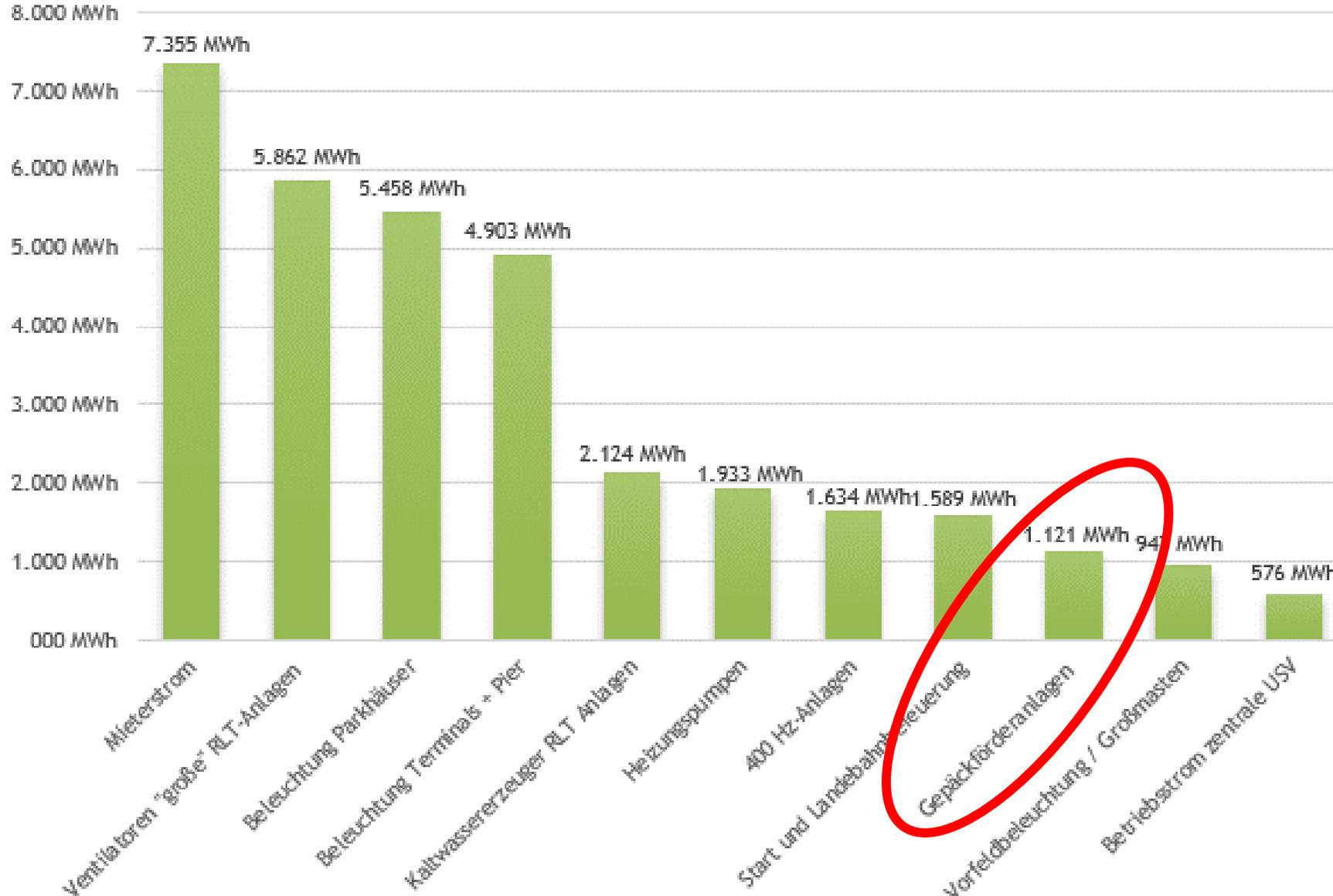
- MS 3.07 Simulationskonzept wird erstellt und liegt als Bericht

in 12/2024 vor



# Zukünftige Maßnahmen – Erste Vorschläge

# Überblick der stromintensiven Verbraucher (Bsp. HAM)



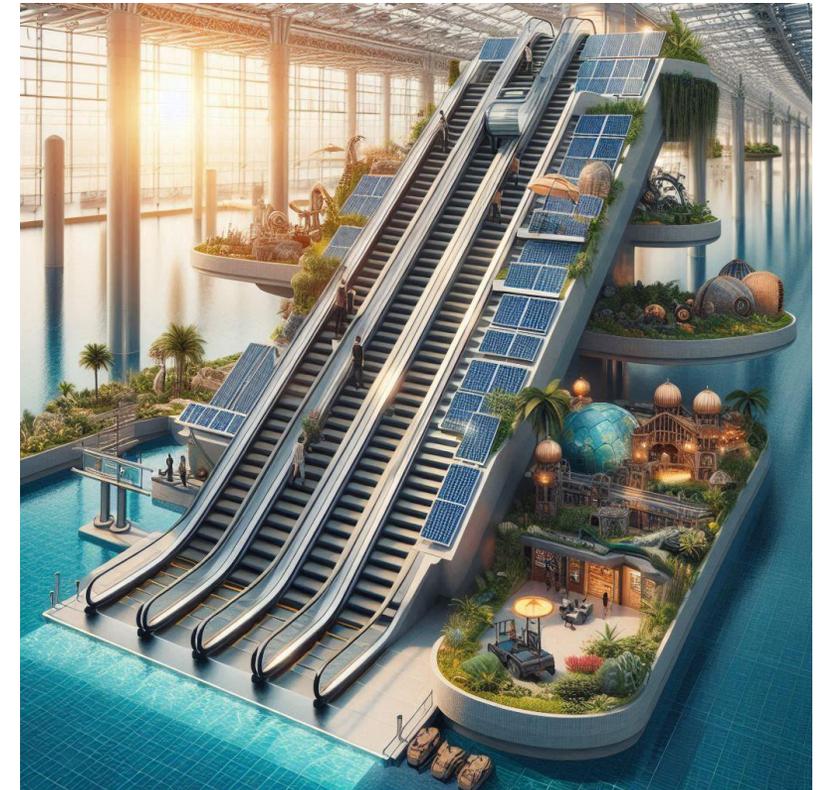
# Potentialermittlung für Energieeinsparungen im Terminalbereich

- Welche mögliche Maßnahmen haben das Potential den Energieverbrauch zu senken **und** gleichzeitig die betrieblichen Abläufe nicht (zu stark) beeinträchtigen.

Die Recherchen ergaben, dass Maßnahmen im operativen Betrieb keine Anwendung finden, sondern strategisch umgesetzt werden

Bsp. Einsatz von stromsparenden Rolltreppen.

- Gewichtung der Prioritäten bei Einführung neuer Maßnahmen:
  1. Security
  2. Level of Service
  3. Kosten
  4. Energie sparen



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



## Kurzbeschreibung:

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

## Neuerung:

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

## Randbedingungen:

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



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



## Positive Effekte:

- Bessere Auslastung der Check-in bzw. Baggage Drop-off Infrastruktur
- Senken der Kosten
- Evtl. Reduzierung des Energieverbrauchs
- Ermöglicht ein Terminal-Shutdown (→ dazu später)

## Möglicher Nachteil:

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



# 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



# 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



# 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:

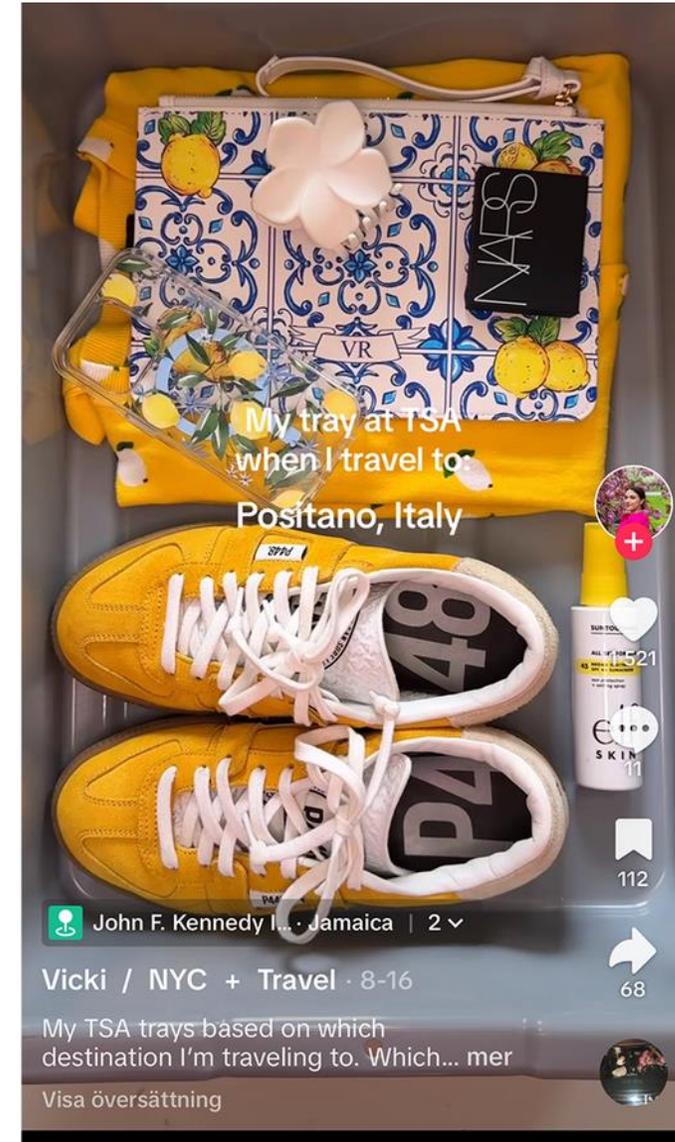
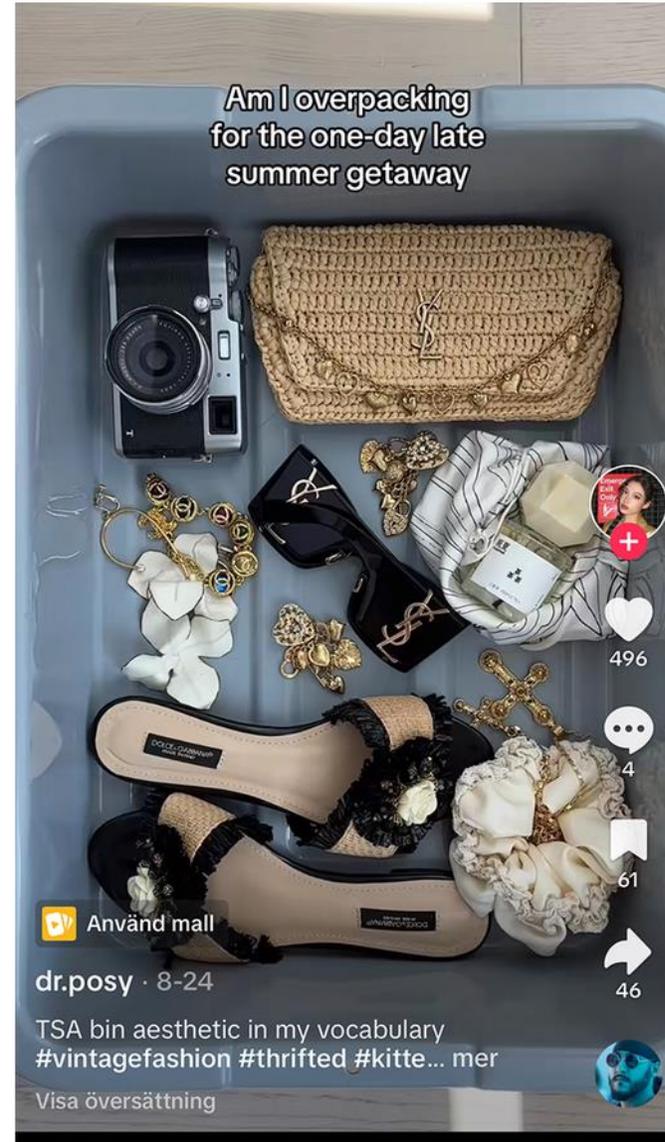
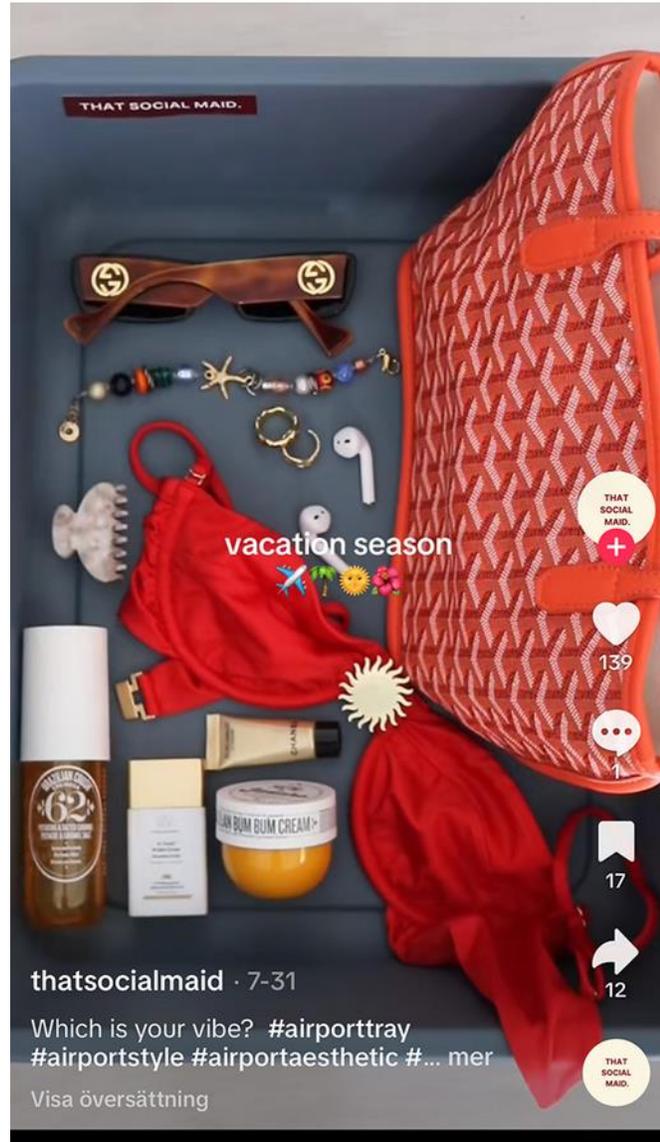
- Erhöhter Komfort durch Wegfallen der Entnahme von Flüssigkeiten und elektrischen Geräte
- Erhöhung des Durchsatzes
- Erhöhte Sicherheit durch größeren Informationsgehalt
- Senkung der Personalposten

### ■ Nachteil:

- Erhöhter Energieverbrauch



# Fun Fact am Rande: „Airport tray aesthetics“



# 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



# Neue Security-Technologien (2 von 3)



## KI-Scanner

Nutzung von Sensoren im Flughafen zum Trainieren eines Machine Learning Algorithmus für Auswahl

- Genauerer Kontrolle möglich
- Verschiedene Sensoren möglich: 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

**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



# 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



**Nachteil:** Nicht flächendeckend eingesetzt, da freiwillig

# Terminal-Shutdown



## Kurzbeschreibung:

Klimatisierung eines Terminals verursacht beträchtlichen Anteil am Energieverbrauch.

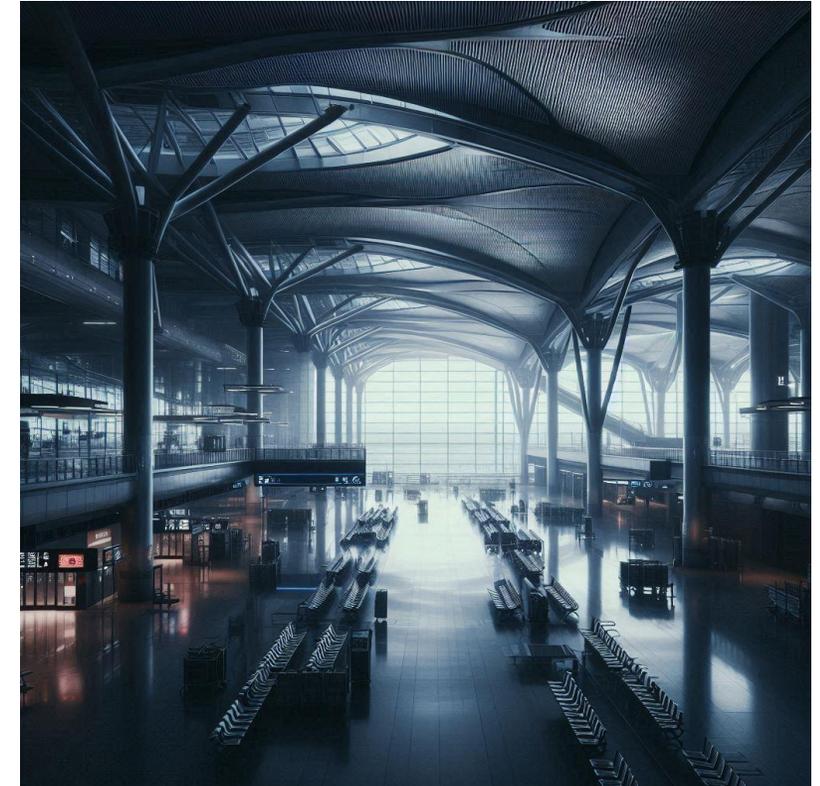
Verlagerung der Abfertigung auf ein anderes Terminal denkbar

## 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





Publications

# Veröffentlichungen

# Veröffentlichungen



- 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.



Danke auch für die Mithilfe bei Bildern der KI  
aus dem Microsoft Designer für den Vortrag

# Ausblick

# Model für Landseitiger Flughafenbetrieb - Daten



## Benötigte Daten - STROM/ENERGIE DATEN

- Wir möchten uns in den Terminals auf die „puren“ Flughafenprozesse konzentrieren: **Check-in, Gepäckbeförderung, Security, Passkontrolle, Boarding**
- Damit wir eine Simulation auf mikroskopischer Ebene aufsetzen können, benötigen wir in den Terminal Bereichen die Gerätschaften, die für Durchführung dieser Prozesse nötig sind (z.B. Security: BodyScanner, Röntgengeräte, Handscanner, etc.)
  - **Benötigte Daten:** Gerätetyp, Anzahl und ihre Leistung in W, Laufzeit pro Tag
- Dies gilt auch für den **Bereich Cargo Terminal:** Welche Gerätschaften sind es hier für die Prozesse nötig (z.B. Scanner, Röntgengeräte, Hochregallager,...)
  - **Benötigte Daten:** Gerätetyp, Anzahl und ihre Leistung in W, Laufzeit pro Tag

**Anfragen bei den Herstellern, Bundespolizei, etc,**





QUELLEN



DLR

# Quellen 1 von 5



- <sup>[1]</sup><https://www.iata.org/en/iata-repository/pressroom/fact-sheets/fact-sheet---one-id/>
- <sup>[2]</sup> Key Performance Indicator for Security Measurement at Airports, 2015, Olaf Milbredt and Julia Strer
- <sup>[3]</sup> Journal of Theoretical and Applied Information Technology 28th February 2021. Vol.99. No 4
- <sup>[4]</sup> <https://www.iata.org/en/programs/passenger/one-id/>
- <sup>[5]</sup> <https://www.bmi.bund.de/DE/themen/moderne-verwaltung/ausweise-und-paesse/personalausweis/personalausweis-node.html>
- <sup>[6]</sup> [https://www.fraport.com/content/dam/fraport-company/documents/newsroom/infografiken/de/online/Faktenblatt%20Digitales%20Reisen.pdf/\\_jcr\\_content/renditions/original./Faktenblatt%20Digitales%20Reisen.pdf](https://www.fraport.com/content/dam/fraport-company/documents/newsroom/infografiken/de/online/Faktenblatt%20Digitales%20Reisen.pdf/_jcr_content/renditions/original./Faktenblatt%20Digitales%20Reisen.pdf)
- <sup>[7]</sup> Schmitt, Dieter; Gollnick, Volker (2016): Air Transport System. Vienna: Springer Vienna.
- <sup>[8]</sup> Smart Airport: A Review on Future of the Airport Operation, 2020, Aruna Rajapaksha and Dr. Nisha Jayasuriya
- <sup>[9]</sup> <https://www.futureairport.com/features/featurecheck-out-the-new-check-in-7308115/>
- <sup>[10]</sup> Ashford, Norman J.; Mumayiz, Saleh; Wright, Paul H. (2011): Airport engineering. Design, planning, and development of 21st century airports. Fourth edition. Hoboken, New Jersey: Wiley. Online verfügbar unter <http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/9780470950074>.
- <sup>[11]</sup> ICAO (01.04.2022): FLIGHT ATTENDANT MANUAL STANDARD, vom SECOND EDITION.
- <sup>[12]</sup> <https://www.vanderlande.com/systems/transportation/tubtrax/>
- <sup>[13]</sup> <https://www.beumergroup.com/knowledge/airport/ics-individual-carrier-system-baggage-handling/>
- <sup>[14]</sup> <https://www.siemens-logistics.com/en/airport-logistics/baggage-handling-systems/variortray>
- <sup>[15]</sup> International Civil Aviation Organization (2017): Security. Safeguarding international civil aviation against acts of unlawful interference. Annex 17. Tenth Edition. Montreal: International Civil Aviation Organization (Annex 17 to the Convention on International Civil Aviation).

# Quellen 1 von 5



- <sup>[1]</sup><https://www.iata.org/en/iata-repository/pressroom/fact-sheets/fact-sheet---one-id/>
- <sup>[2]</sup> Key Performance Indicator for Security Measurement at Airports, 2015, Olaf Milbredt and Julia Strer
- <sup>[3]</sup> Journal of Theoretical and Applied Information Technology 28th February 2021. Vol.99. No 4
- <sup>[4]</sup> <https://www.iata.org/en/programs/passenger/one-id/>
- <sup>[5]</sup> <https://www.bmi.bund.de/DE/themen/moderne-verwaltung/ausweise-und-paesse/personalausweis/personalausweis-node.html>
- <sup>[6]</sup> [https://www.fraport.com/content/dam/fraport-company/documents/newsroom/infografiken/de/online/Faktenblatt%20Digitales%20Reisen.pdf/\\_jcr\\_content/renditions/original./Faktenblatt%20Digitales%20Reisen.pdf](https://www.fraport.com/content/dam/fraport-company/documents/newsroom/infografiken/de/online/Faktenblatt%20Digitales%20Reisen.pdf/_jcr_content/renditions/original./Faktenblatt%20Digitales%20Reisen.pdf)
- <sup>[7]</sup> Schmitt, Dieter; Gollnick, Volker (2016): Air Transport System. Vienna: Springer Vienna.
- <sup>[8]</sup> Smart Airport: A Review on Future of the Airport Operation, 2020, Aruna Rajapaksha and Dr. Nisha Jayasuriya
- <sup>[9]</sup> <https://www.futureairport.com/features/featurecheck-out-the-new-check-in-7308115/>
- <sup>[10]</sup> Ashford, Norman J.; Mumayiz, Saleh; Wright, Paul H. (2011): Airport engineering. Design, planning, and development of 21st century airports. Fourth edition. Hoboken, New Jersey: Wiley. Online verfügbar unter <http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/9780470950074>.
- <sup>[11]</sup> ICAO (01.04.2022): FLIGHT ATTENDANT MANUAL STANDARD, vom SECOND EDITION.
- <sup>[12]</sup> <https://www.vanderlande.com/systems/transportation/tubtrax/>
- <sup>[13]</sup> <https://www.beumergroup.com/knowledge/airport/ics-individual-carrier-system-baggage-handling/>
- <sup>[14]</sup> <https://www.siemens-logistics.com/en/airport-logistics/baggage-handling-systems/variortray>
- <sup>[15]</sup> International Civil Aviation Organization (2017): Security. Safeguarding international civil aviation against acts of unlawful interference. Annex 17. Tenth Edition. Montreal: International Civil Aviation Organization (Annex 17 to the Convention on International Civil Aviation).

- [16] Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG (2019): R&S®QPS Walk2000 SICHERHEITSSCANNER. Produkt-Flyer | Version 05.00. Online verfügbar unter [https://www.rohde-schwarz.com/de/produkte/aerospace-verteidigung-sicherheit/sicherheitsscanner/rs-qps-walk2000\\_63493-978496.html](https://www.rohde-schwarz.com/de/produkte/aerospace-verteidigung-sicherheit/sicherheitsscanner/rs-qps-walk2000_63493-978496.html), zuletzt geprüft am 12.03.
- [17] IATA (07.06.2011): IATA Reveals Checkpoint of the Future. Online verfügbar unter <https://web.archive.org/web/20170526131854/http://www.iata.org/pressroom/pr/Pages/2011-06-07-01.aspx>, zuletzt geprüft am 12.03.2024.
- [18] Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG (2024): R&S®QPS201 QUICK PERSONNEL SECURITY SCANNER. Online verfügbar unter [https://scdn.rohde-schwarz.com/ur/pws/dl\\_downloads/pdm/cl\\_brochures\\_and\\_datasheets/product\\_brochure/3606\\_7160\\_11/QPS201\\_bro\\_de\\_3606-7160-11\\_v0600.pdf](https://scdn.rohde-schwarz.com/ur/pws/dl_downloads/pdm/cl_brochures_and_datasheets/product_brochure/3606_7160_11/QPS201_bro_de_3606-7160-11_v0600.pdf), zuletzt geprüft am 12.03.2024.
- [19] Institute of Electrical and Electronics Engineers (2020): Proceedings of the International Conference on Electronics and Sustainable Communication Systems (ICESCS 2020). 02-04, July 2020. Piscataway, NJ: IEEE. Online verfügbar unter <https://ieeexplore.ieee.org/servlet/opac?punumber=9145513>.
- [20] Liu, Xiaoqing; Yue, Yingying; Shi, Meiling; Qian, Zhi-Ming (2019): 3-D Video Tracking of Multiple Fish in a Water Tank. In: *IEEE Access* 7, S. 145049–145059. DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2945606.
- [21] Carbo, J.; Sanchez-Pi, N.; Molina, J. M. (2018): Agent-based simulation with NetLogo to evaluate ambient intelligence scenarios. In: *Journal of Simulation* 12 (1), S. 42–52. DOI: 10.1057/jos.2016.10.
- [22] anylogic (n.a.): Passenger Flow Simulation at Frankfurt Airport. Online verfügbar unter <https://www.anylogic.com/resources/case-studies/simulation-of-the-frankfurt-airport/>, zuletzt geprüft am 13.03.2024.
- [23] Ortega Alba, Sergio; Manana, Mario (2016): Energy Research in Airports: A Review. In: *Energies* 9 (5), S. 349. DOI: 10.3390/en9050349.
- [24] Bundespolizei (n.a.): Wo gibt es EasyPASS? Online verfügbar unter [https://www.easypass.de/EasyPass/DE/Wo\\_gibt\\_es\\_EasyPass/wo\\_gibt\\_es\\_easypass\\_node.html](https://www.easypass.de/EasyPass/DE/Wo_gibt_es_EasyPass/wo_gibt_es_easypass_node.html), zuletzt geprüft am 13.03.2024.
- [25] German Bionic (n.a.): Transportation & Baggage Handling. Online verfügbar unter <https://germanbionic.com/en/industry/transportation/>, zuletzt geprüft am 13.03.2024.

## Quellen 3 von 5



- <sup>[26]</sup> Lifts All (n.a.): Ergonomic and quick baggage lifting tools. Online verfügbar unter <https://liftsall.com/airport-handling-solutions/baggage-handling/>, zuletzt geprüft am 13.03.2024.
- <sup>[27]</sup> Vanderlande (n.a.): STACK@EASE. Online verfügbar unter <https://www.vanderlande.com/systems/make-up/stackease/>, zuletzt geprüft am 13.03.2024.
- <sup>[28]</sup> Vanderlande (n.a.): BAGLOAD integrated robot loading. Online verfügbar unter <https://www.vanderlande.com/systems/make-up/bagload/>, zuletzt geprüft am 13.03.2024.
- <sup>[29]</sup> Siemens (n.a.): VarioTip. Flughafenlogistik. Online verfügbar unter <https://www.siemens-logistics.com/de/flughafenlogistik/gepaeckfoerderanlagen/variotip>, zuletzt geprüft am 13.03.2024.
- <sup>[30]</sup> Vanderlande (n.a.): FLEET Bag. Online verfügbar unter <https://www.vanderlande.com/systems/transportation/fleet-bag/>, zuletzt geprüft am 13.03.2024.
- <sup>[31]</sup> Siemens (n.a.): Baggage Vision System. Online verfügbar unter <https://www.siemens-logistics.com/en/digitalization/baggage-vision-system>, zuletzt geprüft am 13.03.2024.
- <sup>[32]</sup> Hamburg Airport (n.a.): Self-Check-in. Online verfügbar unter <https://www.hamburg-airport.de/de/abfliegen-ankommen/check-in-metanavi/self-check-in>, zuletzt geprüft am 13.03.2024.
- <sup>[33]</sup> Lufthansa (n.a.): Lufthansa Express Rail – verbindet Bahn und Flugzeug nahtlos. Online verfügbar unter <https://www.lufthansa.com/de/de/lufthansa-express-rail>, zuletzt geprüft am 13.03.2024.
- <sup>[34]</sup> 2021 14th UK-Europe-China Workshop on Millimetre-Waves and Terahertz Technologies (UCMMT) (2021 - 2021). 2021 14th UK-Europe-China Workshop on Millimetre-Waves and Terahertz Technologies (UCMMT). Lancaster, United Kingdom, 13.09.2021 - 15.09.2021: IEEE.
- <sup>[35]</sup> Lee, Tiarna; Puyol-Antón, Esther; Ruijsink, Bram; Aitcheson, Keana; Shi, Miaoqing; King, Andrew P. (2023): An Investigation into the Impact of Deep Learning Model Choice on Sex and Race Bias in Cardiac MR Segmentation. In: Stefan Wesarg, Esther Puyol Antón, John S. H. Baxter, Marius Erdt, Klaus Drechsler, Cristina Oyarzun Laura et al. (Hg.): Clinical Image-Based Procedures, Fairness of AI in Medical Imaging, and Ethical and Philosophical Issues in Medical Imaging, Bd. 14242. Cham: Springer Nature Switzerland (Lecture Notes in Computer Science), S. 215–224.
- <sup>[36]</sup> Srinivasan, Ramya; Chander, Ajay (2021): Biases in AI systems. In: *Commun. ACM* 64 (8), S. 44–49. DOI: 10.1145/3464903.
- <sup>[37]</sup> Li, Lei; Correia, Paulo Lobato; Hadid, Abdenour (2018): Face recognition under spoofing attacks: countermeasures and research directions. In: *IET biom.* 7 (1), S. 3–14. DOI: 10.1049/iet-bmt.2017.0089.

# Quellen 4 von 5



- <sup>[38]</sup> Maglio, Paul P.; Kieliszewski, Cheryl A.; Spohrer, James C.; Lyons, Kelly; Patrício, Lia; Sawatani, Yuriko (Hg.) (2019): Handbook of Service Science, Volume II. Cham: Springer International Publishing (Service Science: Research and Innovations in the Service Economy).
- <sup>[39]</sup> Deng, Gelei; Liu, Yi; Li, Yuekang; Wang, Kailong; Zhang, Ying; Li, Zefeng et al. (2023): MasterKey: Automated Jailbreak Across Multiple Large Language Model Chatbots. DOI: 10.48550/arXiv.2307.08715.
- <sup>[40]</sup> Flughafen München GmbH (2023): Umwelterklärung 2023. Umwelt am Flughafen München. Verbindung leben. Hg. v. Flughafen München GmbH. Online verfügbar unter [https://www.munich-airport.de/\\_b/0000000000000022782446bb65d5b231/umwelterklaerung-fmg-20232.pdf](https://www.munich-airport.de/_b/0000000000000022782446bb65d5b231/umwelterklaerung-fmg-20232.pdf), zuletzt geprüft am 15.03.
- <sup>[41]</sup> Smiths Detection Group Ltd (2023): HI-SCAN 6040 CTiX. Online verfügbar unter <https://www.smithsdetection.com/products/hi-scan-6040-ctix/>.
- <sup>[42]</sup> Smiths Detection Group Ltd (2021): HI-SCAN 7555aTiX. Online verfügbar unter <https://www.smithsdetection.com/products/hi-scan-7555atix/>, zuletzt geprüft am 15.03.2024.
- <sup>[43]</sup> EUROPEAN CIVIL AVIATION CONFERENCE (2023): ECAC CEP public equipment list – Explosive Detection Systems for Cabin Baggage (EDSCB). Online verfügbar unter [https://www.ecac-ceac.org/images/activities/security/ECAC-CEP\\_Explosive\\_Detection\\_Systems\\_for\\_Cabin\\_Baggage\\_20231018.pdf](https://www.ecac-ceac.org/images/activities/security/ECAC-CEP_Explosive_Detection_Systems_for_Cabin_Baggage_20231018.pdf), zuletzt geprüft am 15.03.2024.
- <sup>[44]</sup> EUROPEAN CIVIL AVIATION CONFERENCE (2023): ECAC CEP public equipment list – Security scanners (SSc). Online verfügbar unter [https://www.ecac-ceac.org/images/activities/security/ECAC-CEP-SSc-Public\\_equipment\\_list\\_update\\_20230818-rev1.pdf](https://www.ecac-ceac.org/images/activities/security/ECAC-CEP-SSc-Public_equipment_list_update_20230818-rev1.pdf), zuletzt geprüft am 15.03.2024.
- <sup>[45]</sup> EUROPEAN CIVIL AVIATION CONFERENCE (2022): ECAC CEP equipment list – walk-through metal detection (WTMD) equipment. Online verfügbar unter [https://www.ecac-ceac.org/images/activities/security/ECAC-CEP\\_Walk-Through\\_Metal\\_Detection\\_20221209.pdf](https://www.ecac-ceac.org/images/activities/security/ECAC-CEP_Walk-Through_Metal_Detection_20221209.pdf), zuletzt geprüft am 15.03.2024.
- <sup>[46]</sup> Bundespolizei (n.a.): Wer kann EasyPASS nutzen? Online verfügbar unter [https://www.easypass.de/EasyPass/DE/Wer\\_kann\\_EasyPass\\_nutzen/wer\\_kann\\_easypass\\_nutzen\\_node.html;jsessionid=8D024927CE16F116F6CB93E62B96123A.1\\_cid388](https://www.easypass.de/EasyPass/DE/Wer_kann_EasyPass_nutzen/wer_kann_easypass_nutzen_node.html;jsessionid=8D024927CE16F116F6CB93E62B96123A.1_cid388), zuletzt geprüft am 15.03.2024.
- <sup>[47]</sup> Beumer Group (n.a.): Artificial intelligence, data analytics and biometrics are changing baggage handling. Travellers demand a smooth experience in today's hyper-connected environment. From booking and check-in to arrival, they want to know every journey detail, including up-to-the-minute baggage information. Online verfügbar unter <https://www.beumergroup.com/knowledge/airport/artificial-intelligence-data-analytics-and-biometrics-are-changing-baggage-handling/>, zuletzt geprüft am 15.03.2024.
- <sup>[48]</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=Gnk-ipOqjCI>

# Quellen 5 von 5



- <sup>[49]</sup> Siemens (2022): Siemens Logistics präsentiert neue Lösung zur automatisierten ULD-Entleerung an Flughäfen. Online verfügbar unter <https://www.siemens-logistics.com/de/news/pressemitteilungen/siemens-logistics-praesentiert-neue-loesung-zur-automatisierten-uld-entleerung-an-flughaefen>, zuletzt geprüft am 15.03.2024.
- <sup>[50]</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=W41pUwqOp7g>
- <sup>[51]</sup> <https://www.smithsdetection.com/insights/checkpoint-ct-scanners-pave-the-way-for-the-contactless-checkpoint/>
- <sup>[52]</sup> [https://webarchiv.bundestag.de/archive/2008/0506/wissen/analysen/2004/2004\\_04\\_06.pdf](https://webarchiv.bundestag.de/archive/2008/0506/wissen/analysen/2004/2004_04_06.pdf)