



EFFEKTIV MEHRFACHTIEF

HERAUSFORDERUNGEN MODERNER KANALLAGER

10. Oktober 2024



DAMBACH
LAGERSYSTEME

- Kurzvorstellung „Speaker“
- Neue Anforderungen an die Automatisierung
- Überblick Kanallagerlösungen mit Bewertung
- Worin die Zukunft der Kanallager-Technologien liegt
- Materialflusssteuerung mehrfachtiefer Lager (Kanallager)

Fachvortrag LOGISTICS SUMMIT 2024 in Düsseldorf



Dr. Benjamin Thumm
Geschäftsführer



Philipp Arnold
CTO

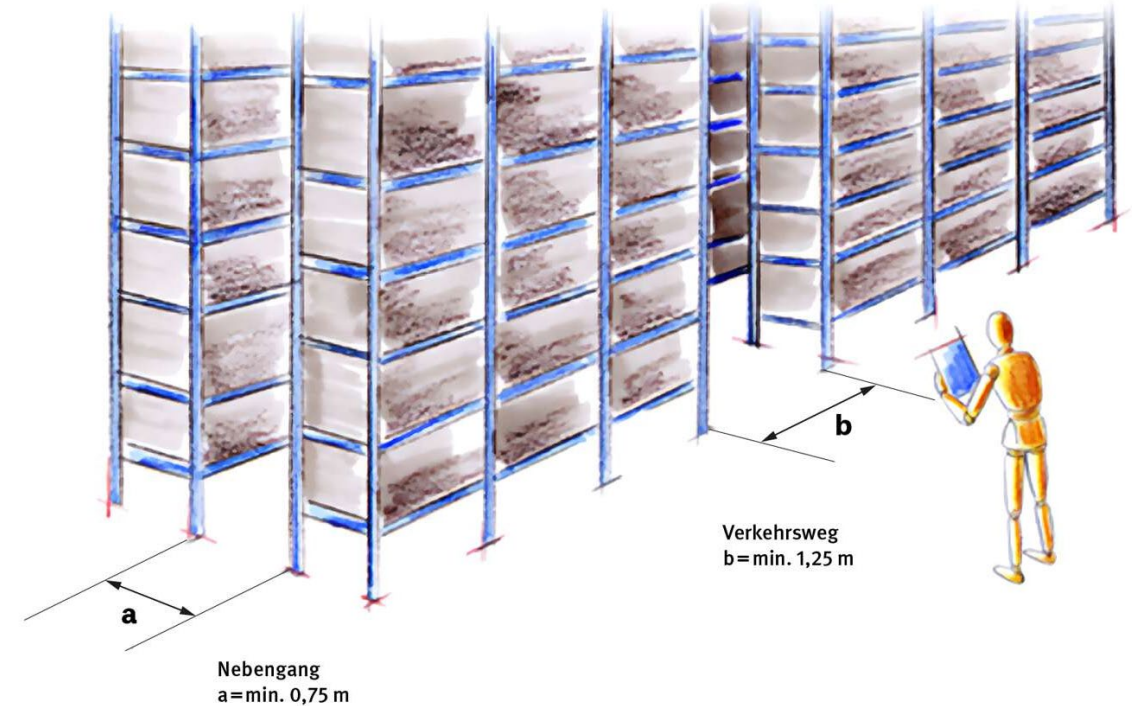


GEÄNDERTE ANFORDERUNGEN MODERNER KANALLAGER

DAMBACH
LAGERSYSTEME

Einfach und nachhaltig

- Reduzierte Komplexität
 - Planung
 - Umsetzung
 - Betrieb
- Geringe Initialkosten
 - Schneller ROI
 - Skalierbare Kostenstruktur
- Zukunftsfähige Lagerauslegung
 - Flexibel
- Variable Prozesse
 - Anpassungsfähig
 - Planungssicherheit



(Quelle: <https://www.vbg.de/cms/arbeitschutz/arbeit-gestalten/buero-und-arbeitsstaette/arbeitsstaetten-planen-und-gestalten/funktionsbereiche-in-gebaeuden/lagerraum>)

Etablierte Kanallagersysteme für Großladungsträger

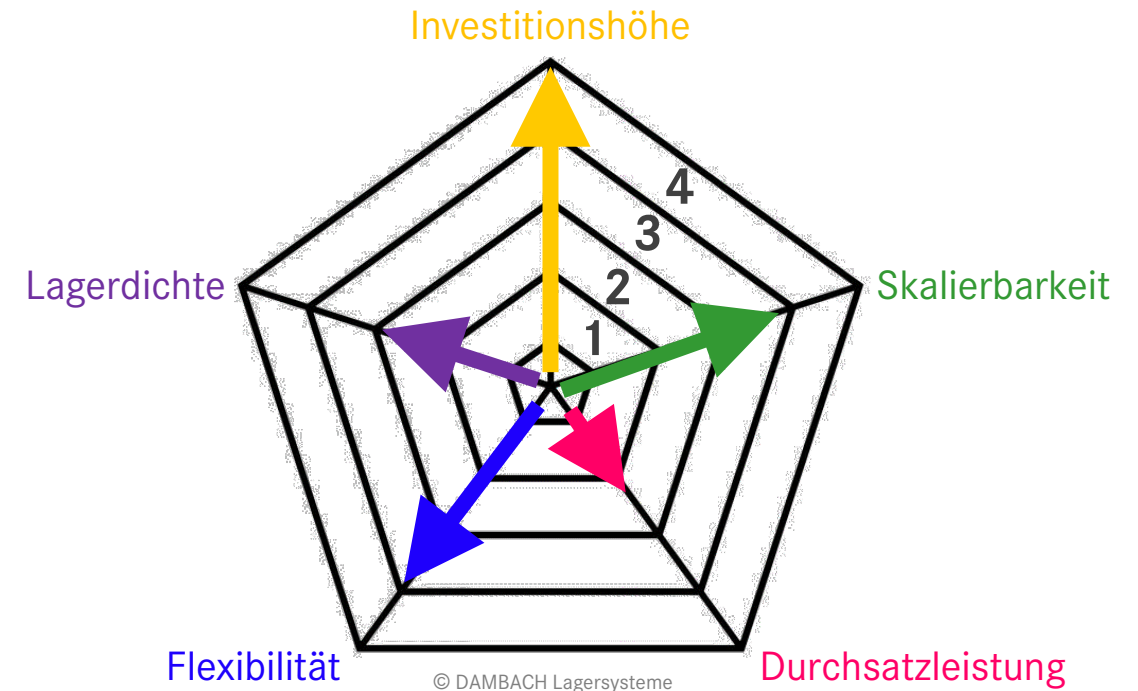
- Stapler gesteuerte Paletten-Shuttle
- Regalbediengeräte mit Paletten-Shuttles
- Transportfahrzeuge mit Paletten-Shuttles
(Mutter-Kind-Shuttle-Systeme)
- Freibewegliche Paletten-Shuttle-Systeme
(2D-Shuttle / 4-Wege Shuttle)



© DAMBACH Lagersysteme

Subjektives Bewertungsschema mittels Netzdiagramm

- Niedrige initiale Investitionshöhe wird positiv bewertet und ergibt mehr Punkte (Bsp. 4 Pkt.)
- Hohe Lagerdichte bezogen auf die identische Grundfläche ergibt mehr Punkte (Bsp. 2 Pkt.)
- Einfache nachträgliche Systemskalierbarkeit ohne große Umbaumaßnahmen ergibt mehr Punkte
- Große Flexibilität in der Lagerverwaltung, Prozessgestaltung und Ladungsträgervarianz ergibt mehr Punkte
- Wie viele Ein- und Auslagerungen pro Stunde können auf vergleichbarem Bauraum realisiert werden? Mehr Durchsatzleistung = mehr Punkte



Staplergesteuerte Paletten-Shuttle

- Funktionsweise
 - Einfache Regalstruktur
 - Einschub oder Durchlaufregalsystem
 - Manuell oder automatisch gesteuerte Stapler (AGV/FTS)
 - LIFO- und FIFO-Lagerungsprinzip
 - Stapler setzt Shuttle im jeweiligen Kanal ab und nimmt es dort wieder auf
 - Automatische 1D-Shuttlebewegung zur Ein- und Auslagerung der Palette im Regal



(Quelle: <https://www.mecalux.de/lagerregalsysteme/paletten-shuttle#all-5>)

Staplergesteuerte Paletten-Shuttle

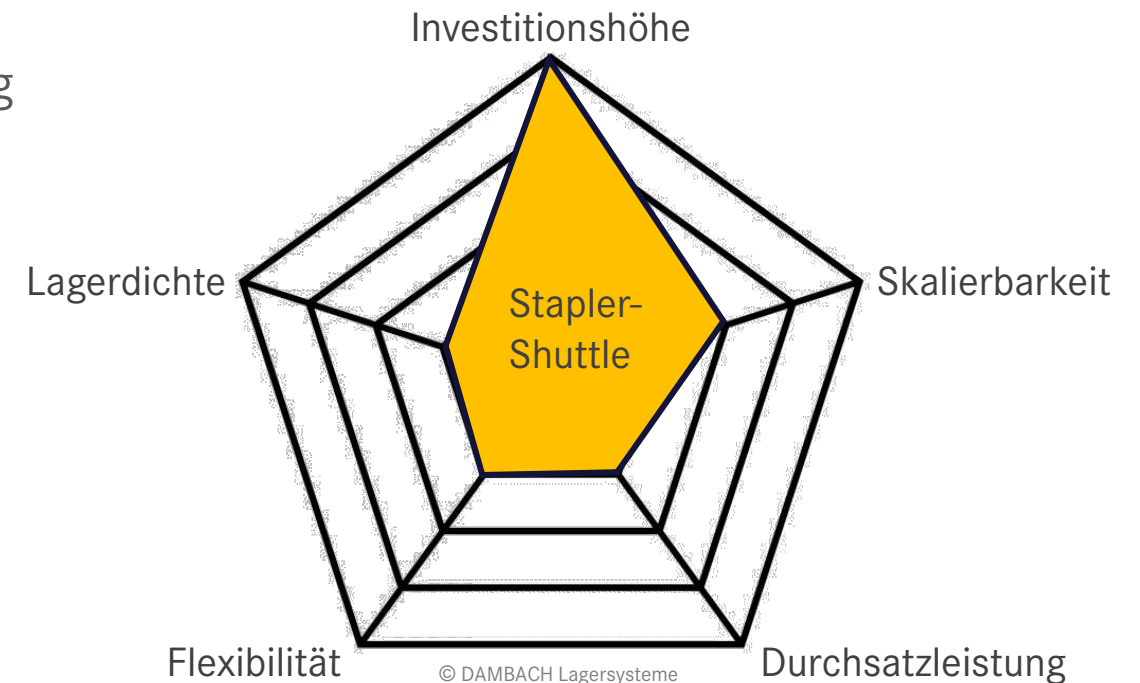
- Funktionsweise
 - Einfache Regalstruktur
 - Einschub oder Durchlaufregalsystem
 - Manuell oder automatisch gesteuerte Stapler (AGV/FTS)
 - LIFO- und FIFO-Lagerungsprinzip
 - Stapler setzt Shuttle im jeweiligen Kanal ab und nimmt es dort wieder auf
 - Automatische 1D-Shuttlebewegung zur Ein- und Auslagerung der Palette im Regal



(Quelle: <https://www.mecalux.de/lagerregalsysteme/paletten-shuttle#all-3>)

Staplergesteuerte Paletten-Shuttle

- Vorteile
 - Geringer Investitionsaufwand
 - Geringeres Fachwissen für den Lagerbetrieb nötig
- Nachteile
 - Beschränkte Durchsatzleistung
 - Limitiert in der Bauhöhe (in Realbetrieb bei ca. 12 - 14 m)



Regalbediengeräte (RBG) mit Paletten-Shuttles

- Funktionsweise
 - Einbauregale oder meist Silobauweise
 - Einschub oder Durchlaufregalsystem
 - LIFO- und FIFO-Lagerungsprinzip
 - Schienengebundene Regalbediengeräte fahren automatisch den entsprechenden Regalkanal an und setzen dort das Shuttle ab oder nehmen es auf
 - Automatische 1D-Shuttlebewegung zur Ein- und Auslagerung der Palette im Regal



© DAMBACH Lagersysteme

Regalbediengeräte (RBG) mit Paletten-Shuttles

- Funktionsweise
 - Einbauregale oder meist Silobauweise
 - Einschub oder Durchlaufregalsystem
 - LIFO- und FIFO-Lagerungsprinzip
 - Schienengebundene Regalbediengeräte fahren automatisch den entsprechenden Regalkanal an und setzen dort das Shuttle ab oder nehmen es auf
 - Automatische 1D-Shuttlebewegung zur Ein- und Auslagerung der Palette im Regal



© DAMBACH Lagersysteme

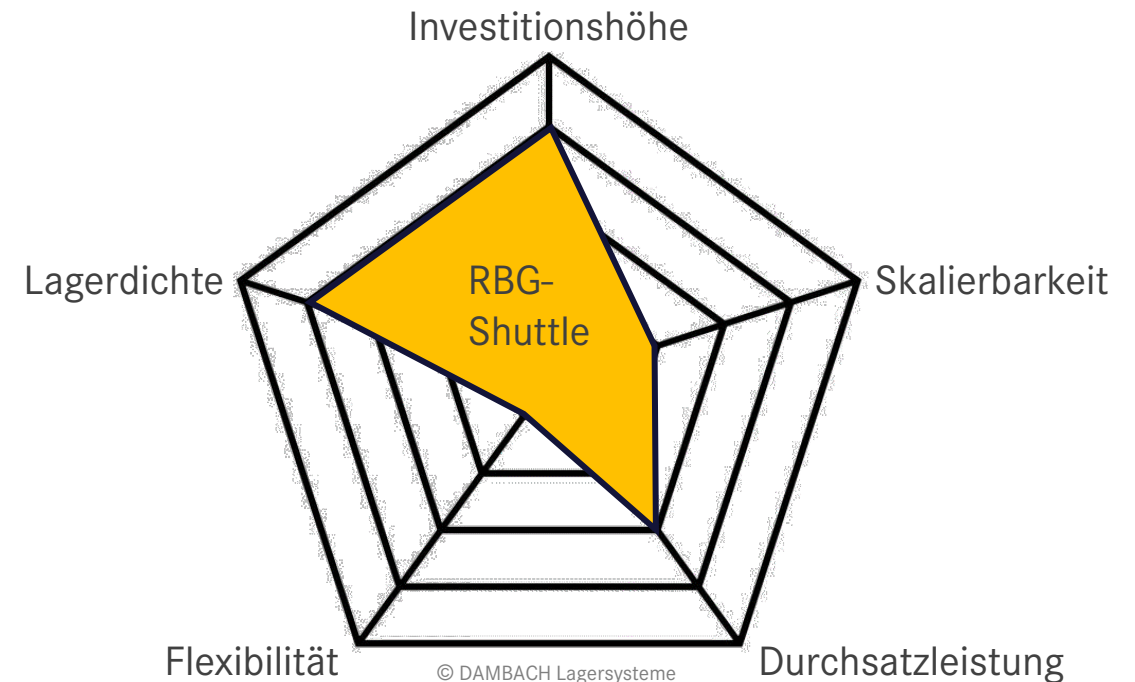
Regalbediengeräte (RBG) mit Paletten-Shuttles

■ Vorteile

- Mittlerer Investitionsaufwand
- Voll automatisierter Lagerbetrieb
- Maximale Raumausnutzung mit sehr großen Bauhöhen (bis zu 48 m)

■ Nachteile

- Mittlere Durchsatzleistung
- Begrenzt skalierbar
- Fachkompetenz für Lagerbetrieb nötig



Mutter-Kind-Shuttle-Systeme

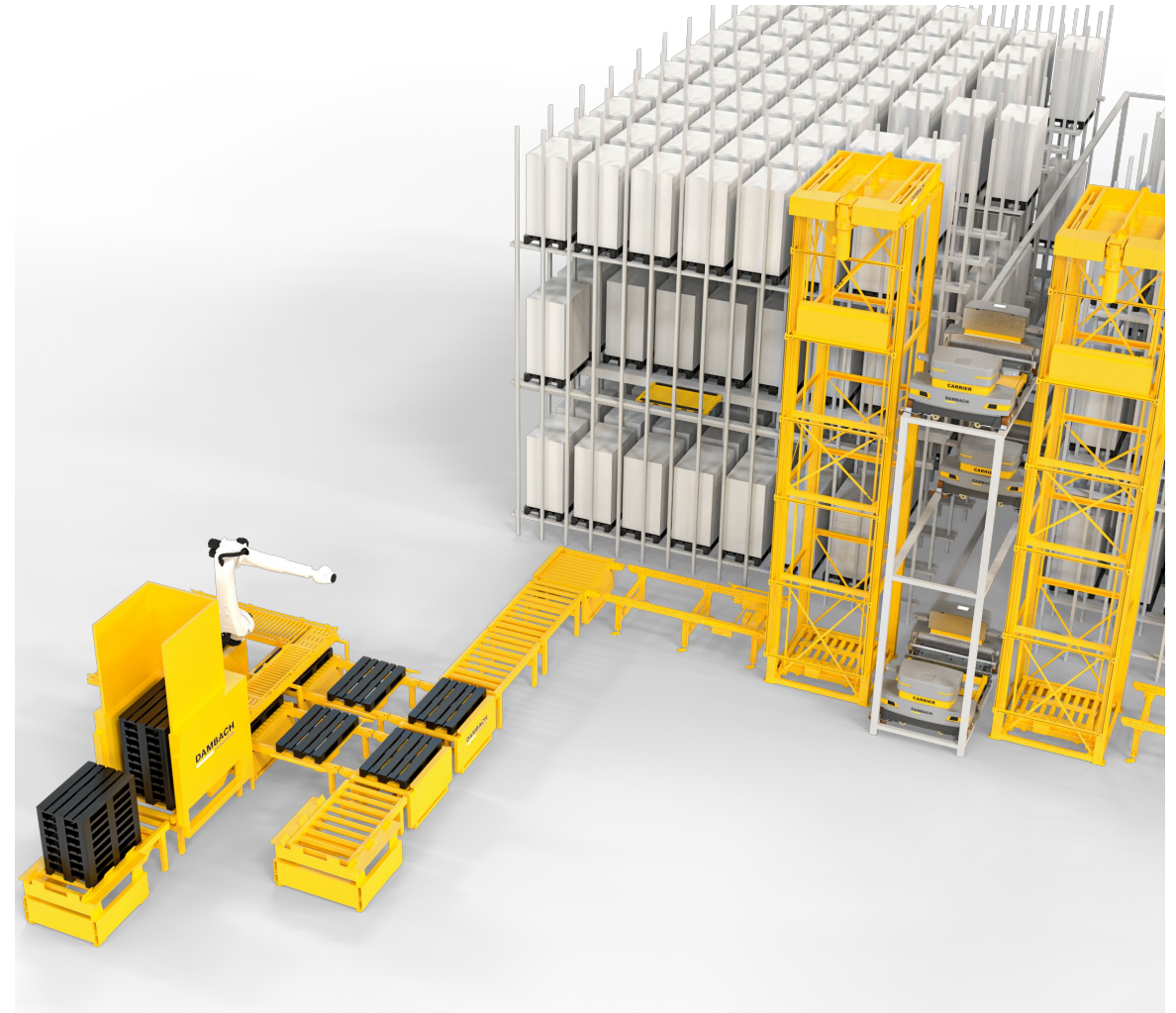
- Funktionsweise
 - Einbauregale oder meist Silobauweise
 - Einschub oder Durchlaufregalsystem
 - LIFO- und FIFO-Lagerungsprinzip
 - Mehrere Transportfahrzeuge (Carrier) fahren gassengebunden auf verschiedenen Ebenen übereinander (1D Bewegung) und setzen das Shuttle am entsprechenden Lagerkanal einer Ebene ab
 - Automatische 1D-Shuttlebewegung zur Ein- und Auslagerung der Palette im Regal



© DAMBACH Lagersysteme

Mutter-Kind-Shuttle-Systeme

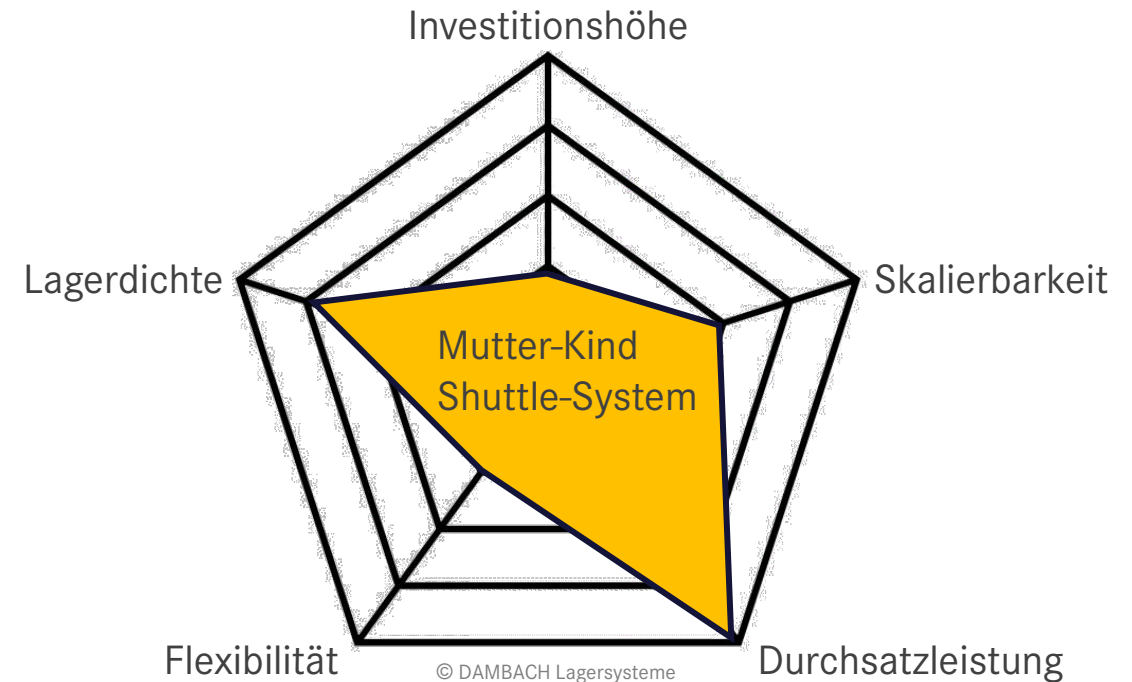
- Funktionsweise
 - Einbauregale oder meist Silobauweise
 - Einschub oder Durchlaufregalsystem
 - LIFO- und FIFO-Lagerungsprinzip
 - Mehrere Transportfahrzeuge (Carrier) fahren gassengebunden auf verschiedenen Ebenen übereinander (1D Bewegung) und setzen das Shuttle am entsprechenden Lagerkanal einer Ebene ab
 - Automatische 1D-Shuttlebewegung zur Ein- und Auslagerung der Palette im Regal



© DAMBACH Lagersysteme

Mutter-Kind Shuttle-Systeme

- Vorteile
 - Sehr hohe Durchsatzleistung
 - Mittlere Skalierbarkeit
 - Vollautomatisierter Lagerbetrieb
 - Mittlere Raumausnutzung mit großen Bauhöhen (Anwendungsfälle bis zu 30 m)
- Nachteile
 - Hoher Investitionsaufwand
 - Fachkompetenz für Lagerbetrieb nötig



Freibewegliche Paletten-Shuttle

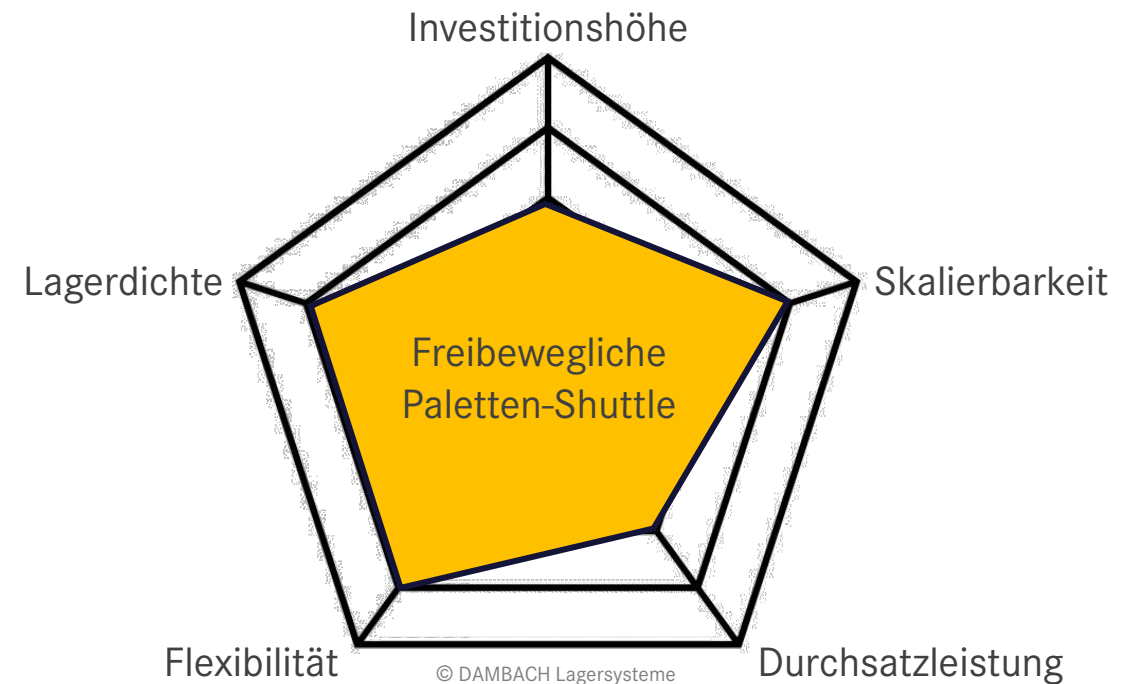
- Funktionsweise
 - Meist Einbauregale (Silo möglich)
 - Durchlaufregalsystem
 - LIFO- und FIFO-Lagerungsprinzip
 - Mehrere Shuttles bewegen sich frei in einer Regalebene. Sie übernehmen den Transport einer Palette in der Gasse aber auch die Ein- und Auslagerung im Regalkanal.
 - Höhentransport der Ladungen erfolgt mittels Hebern / Liften (für Palette oder Shuttle)



© DAMBACH Lagersysteme

Freibewegliche Paletten-Shuttle

- Vorteile
 - Hohe Durchsatzleistung
 - Sehr hohe Skalierbarkeit
 - Vollautomatisierter Lagerbetrieb
 - Maximale Raumausnutzung mit mittleren Bauhöhen (zwischen 18 – 22 m)
- Nachteile
 - Anspruchsvolle Materialflusssteuerung

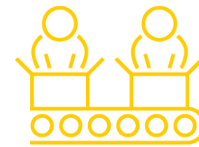


Verschmelzung zwischen Mechatronik und Software

- „*Robotik ist die nächste Stufe der Lagerautomatisierung ...*“
 - Intelligente Systeme dank vollständiger Integration von
 - Maschinenbau
 - Hardware
 - Steuerung
 - Software



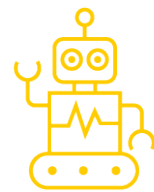
Mechanisiert



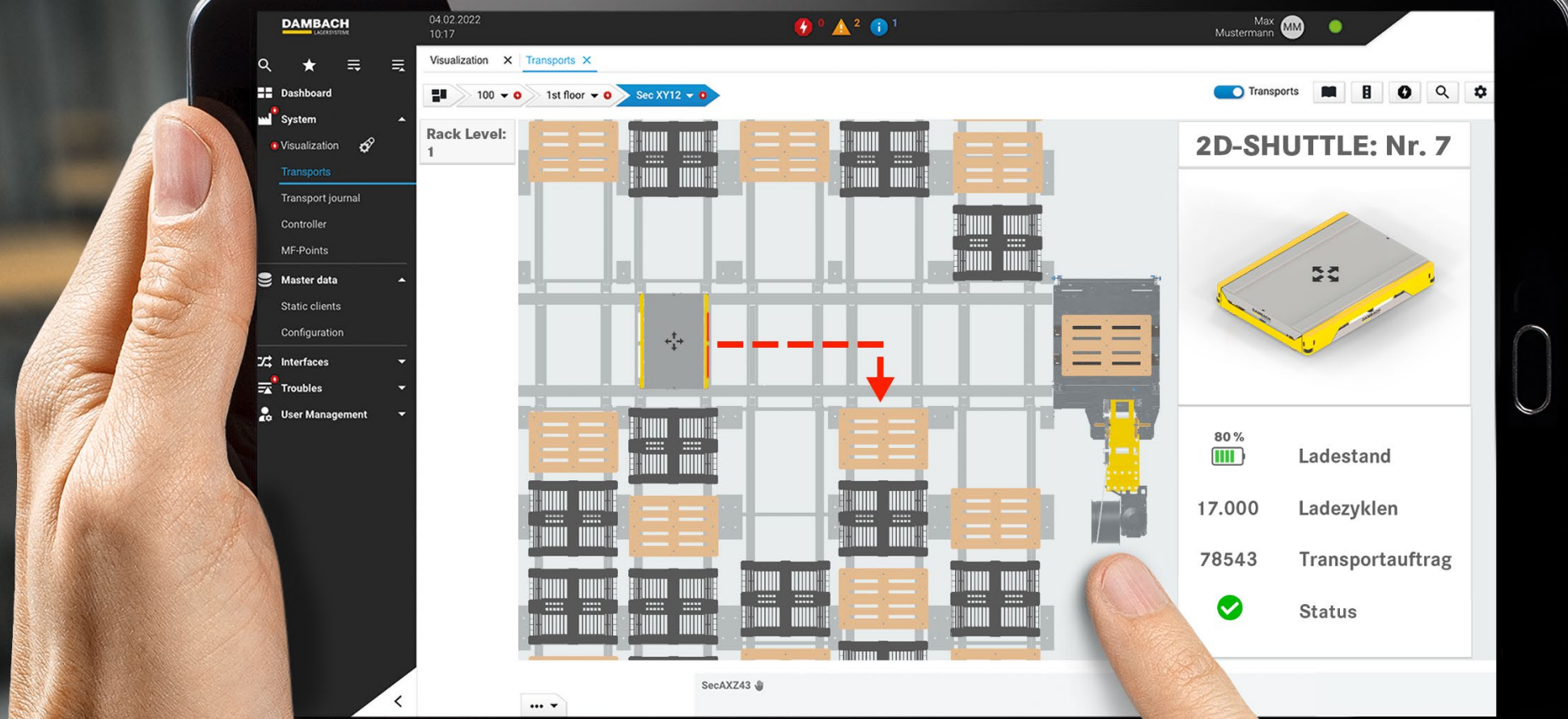
Halbautomatisch



Automatisiert



Robotisch

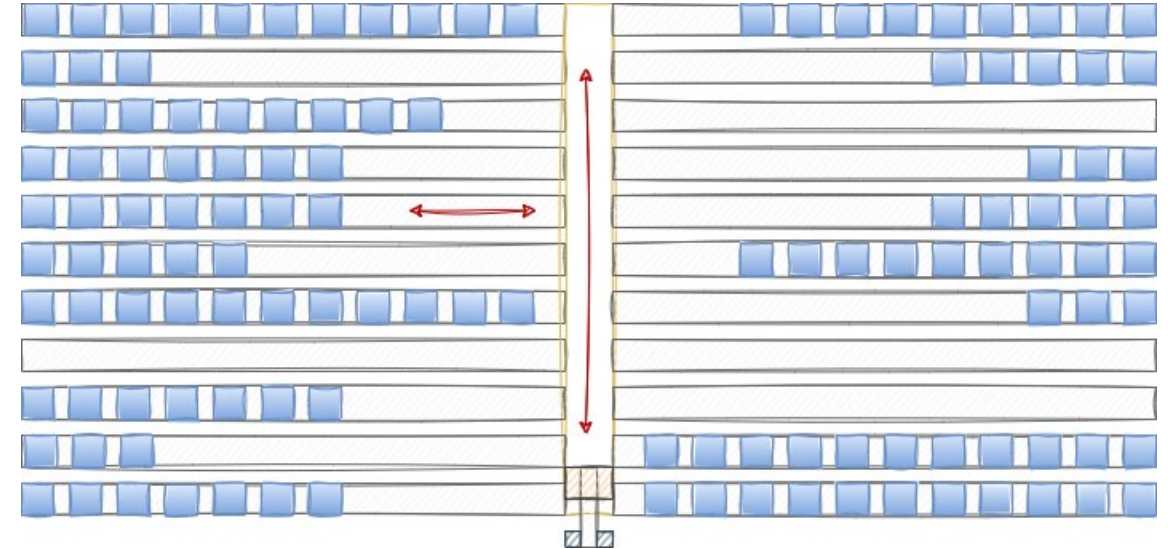


MATERIALFLUSSKONZEPTE MODERNER KANALLAGER



Klassisches Shuttlelager

- Regalbediengerät mit Shuttle



Pro

- ✓ Hohe Raumnutzung
- ✓ Geringe Infrastrukturkosten
- ✓ Energieeinsparung durch kürzere Wege (RBG)

Contra

- ↓ Blockadeproblem
- ↓ Erhöhte Umschlagzeiten
- ↓ Komplexe Bewirtschaftung (LIFO)
- ↓ Schlechte Skalierbarkeit

Herausforderung

- Planung

»Wie soll das Lager genutzt werden?«

Komplexe Dimensionierung & Planung

- Bestandsvarianz
- Bewirtschaftungsszenarien
- Auftragsmanagement
- Fail-Over Szenarien



Simulation & Modellierung

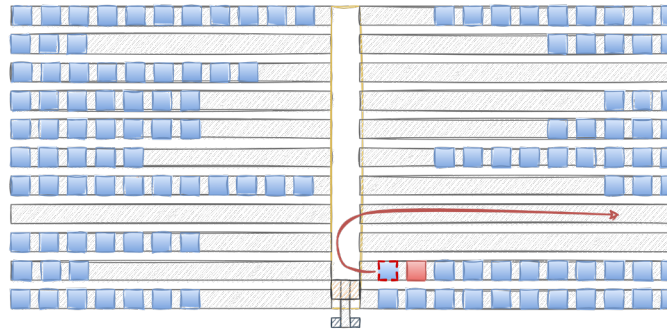
- Hoher Aufwand (Time & Cost)
- Extrapolationsfalle
- Green-Field vs. Retrofit
- SPoF-Sensitivität (schlechte Skalierbarkeit)

»Wir nehmen an, dass...«

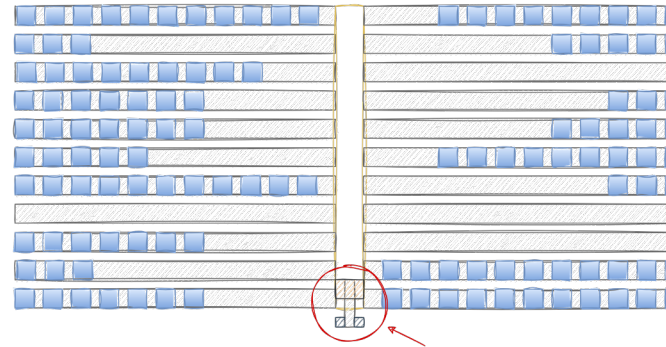
Herausforderungen

- Betrieb

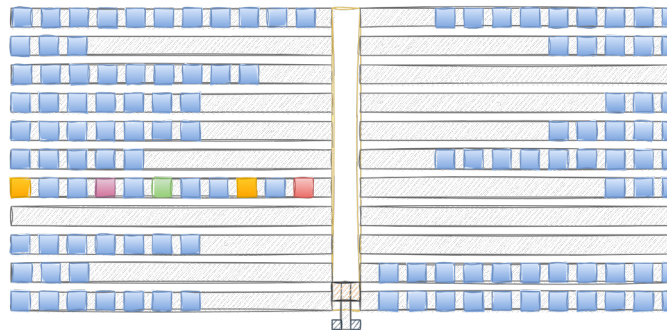
Blockadeproblem (LIFO)



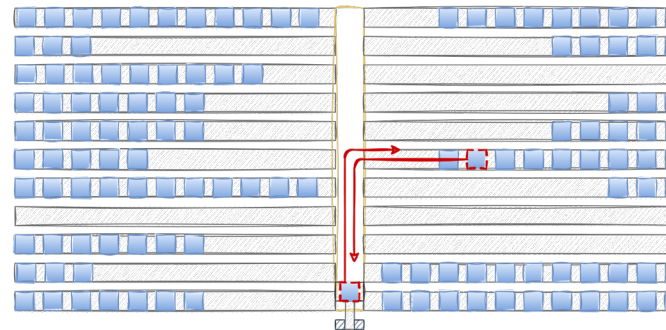
Skalierbarkeit



Varianz

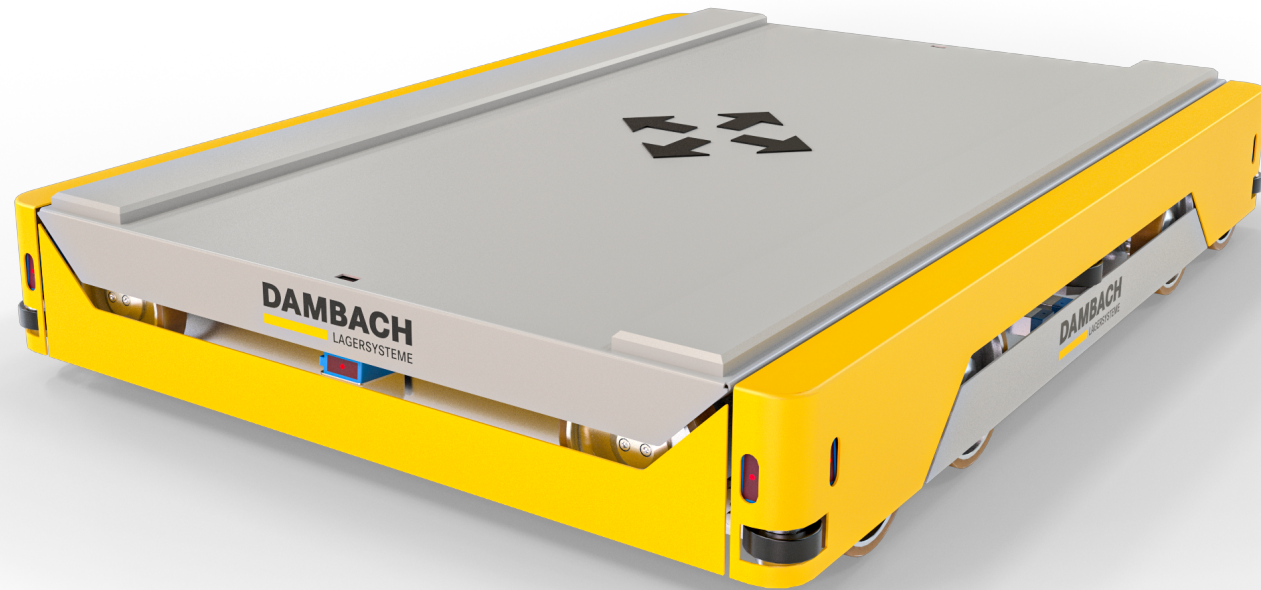


Transportoptimierung



“Any sufficiently advanced technology is indistinguishable from magic.”

Arthur C. Clarke



© DAMBACH Lagersysteme

Mehrfachtief 4.0

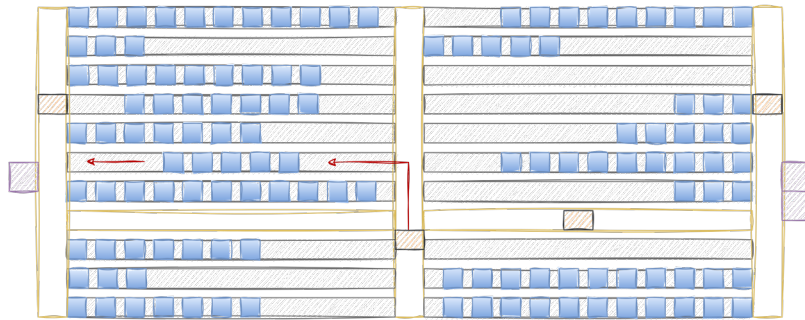


Effektiv Mehrfachtief

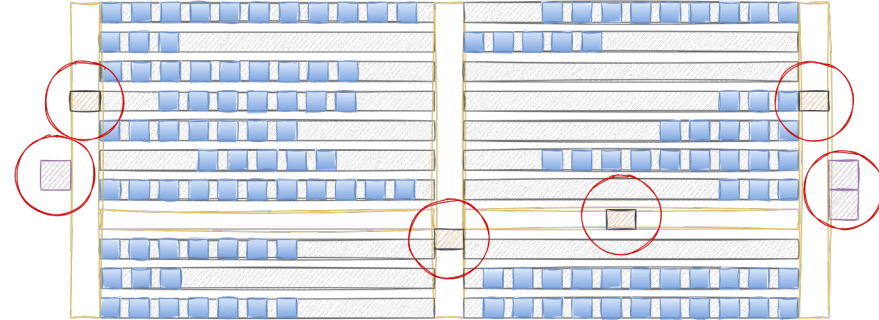
- ✓ Parallelisierung & Queueing von Lageraufgaben
- ✓ Integrierte Pufferung und Sortierung
- ✓ Hohe Skalierbarkeit
- ✓ Reduktion SPoF
- ✓ FIFO-Fähig

Neue Horizonte

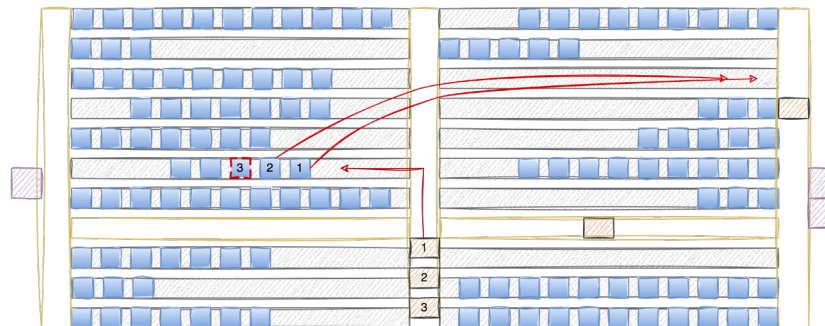
FIFO-Fähig



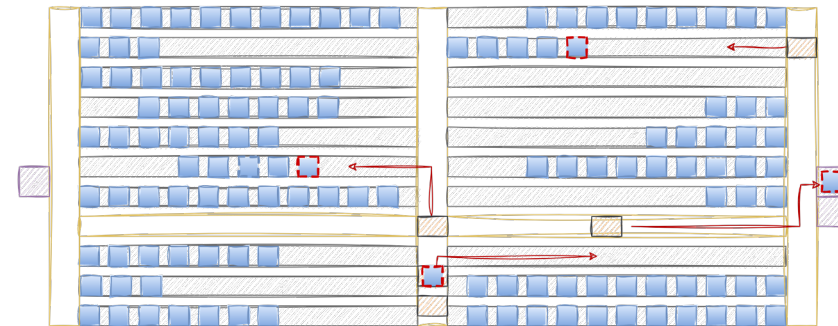
Skalierbarkeit



Effektives Queueing



Parallelisierung (Multi-Threading)

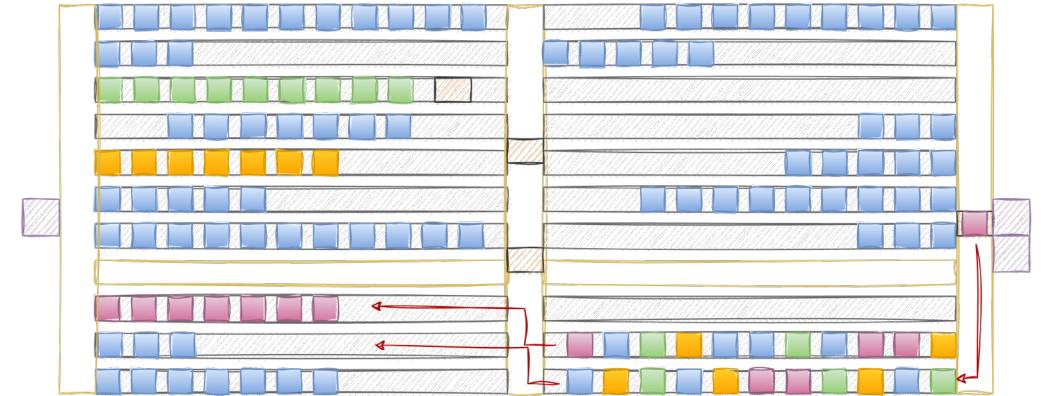


Völlig neue Funktionen

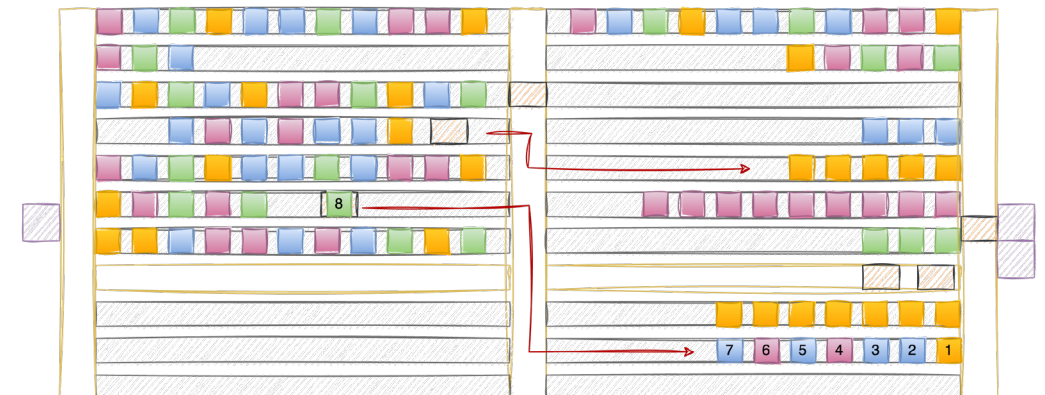
Außerdem

- ✓ Defragmentierung
- ✓ Auftragsvorpufferung
- ✓ Bedarfs- & Bereitstellpuffer
- ✓ Lastoptimierung
- ✓ Energiesparoptionen bei Niedriglast
- ✓ Frei definierbare Gangwechselspuren

WE-Puffer

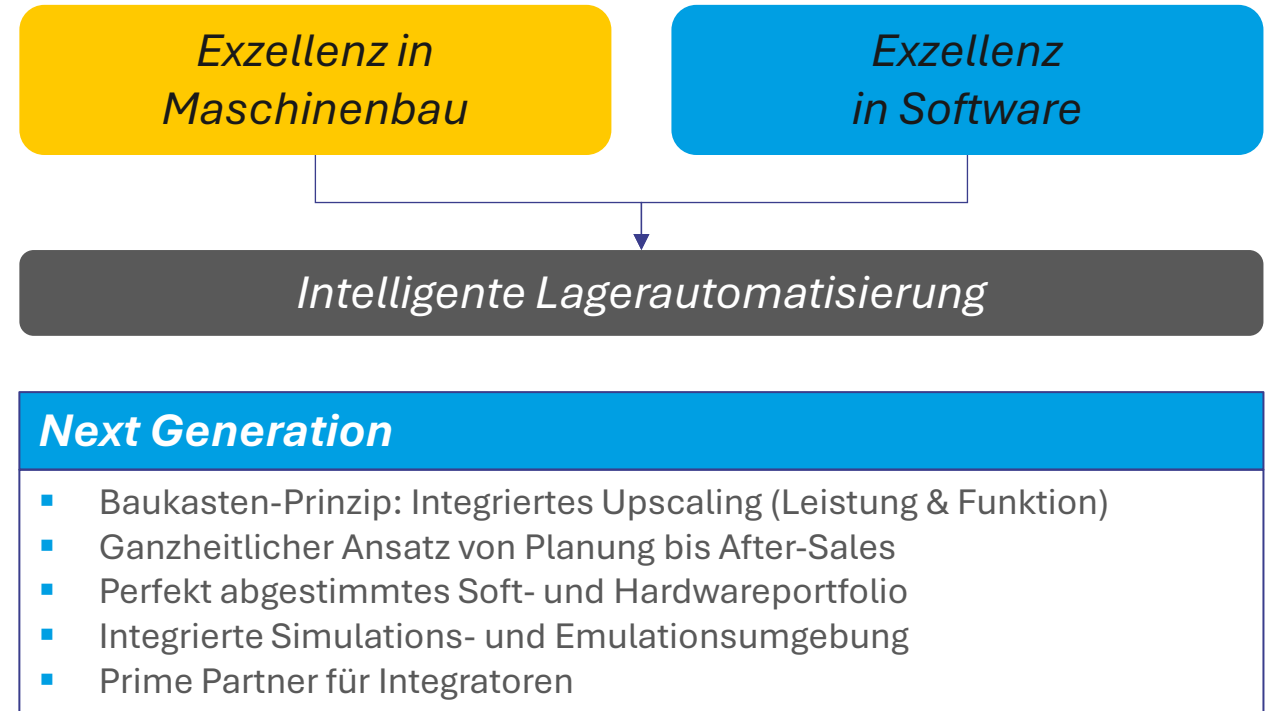


WA-/Sequenzierpuffer



Joint-Forces

- „*Robotik ist die nächste Stufe der Lagerautomatisierung...*“



Planung

- Integrierte Simulation

»Wie soll das Lager genutzt werden?«

Integrierte Simulation

- Adaptives Layout
- Vordefinierte Betriebsarten (Free-Agents, Task-Groups)
- Parametrierbare Bestands- und Auftragsvarianz
- Physiknaher Simulationskern



Vereinfachte Dimensionierung

- Sales-Point Support
- Grenzleistungsanalyse
- Fortlaufende Strategiewalidierung in der Design-Phase

»Wir wissen es nicht genau, aber wir können uns anpassen.«

Planung

- Integrierte Emulation

»Wie kann das System integriert werden?«

Integrierte Emulation

- Digitaler Zwilling
- Voll funktionsfähige, virtuelle Installation
- Fehleremulation
- Virtuelle Inbetriebnahme



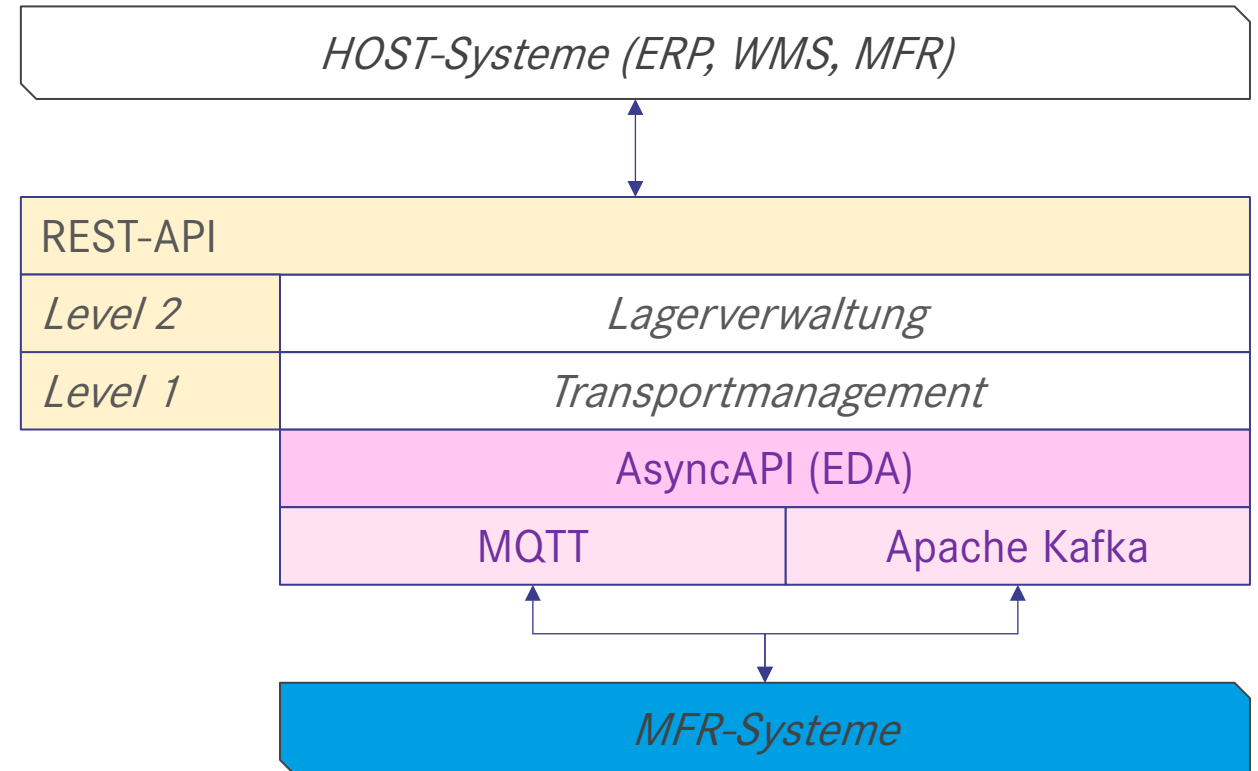
Virtuelle Integration in IT-Systemlandschaft

- Tests
- Schulungen
- Vorabnahmen

»Mit einem digitalen Zwilling schon Monate im Voraus.«

Schnittstellen

»High-Level API statt Schnittstelle«



Optimierbarkeit

A | Zugriffsoptimierung / Slotting

- ★ Heuristisch (Greedy-Algorithmen)
- ★ Rekursiv
- ★ Diskret

B | Transportoptimierung

- ★ Optimale Shuttle-Auswahl
- ★ Deadlock-Vermeidung
- ★ Dynamische Blockstrecken
- ★ Reduktion Leerfahren
- ★ Reduktion Umlagerungen

C | Multikriterielle Optimierung (A+B)

- ★ Genetische Algorithmen (Mutation & Rekombination)
- ★ Simulated Annealing
- ★ Tabu Search

Ausblick

- Mehrwerte durch KI

»AI to the rescue?«

Machine Learning | Predictive Analytics

Lernen aus der Historie

- Sehr hoher Trainingsaufwand
- Benötigt große Datensätze historischer Betriebsdaten
- Untauglich bei hoher Bestands- und Auftragsvarianz

Reinforcement Learning

Lernen durch »Versuch & Irrtum«

- Zeitintensiv
- Hoher Rechenaufwand
- Skaliert langsam

»Vorhersagen sind schwierig, insbesondere die Zukunft betreffend!«

DANKE FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT!

Besuchen Sie uns in **Halle 1 an Stand H1G6.**



Ansprechpartner

DAMBACH Lagersysteme

Dr.-Ing. Benjamin Thumm

www.dambach-lagersysteme.de

iFD

Philipp Arnold

www.ifd-gmbh.com

