



Ergebnisse der Umfrage

Dark Warehouse – Zukunft des Lagers?

Oktober 2026

Inhaltsverzeichnis

Einführung

ab Seite 4

Ergebnisse

2.1	Technologische Fragestellungen	Seite 7
2.2	Ökonomische Fragestellungen	Seite 12
2.3	Rechtliche Fragestellungen	Seite 17
2.4	Politische Fragestellungen	Seite 20
2.5	Soziale Fragestellungen	Seite 21

ab Seite 7

Fazit

und Handlungsempfehlungen

ab Seite 25

Kontakt

ab Seite 27

Kennzahlen zur Umfrage



Automatisierungsgrad der Lager

20 % manuell

80 % (teil-)automatisiert

Einführung



Auf dem Weg zum Dark Warehouse

Steigender Kostendruck, Fachkräftemangel und die Forderung nach durchgängiger Verfügbarkeit stellen die Lagerlogistik vor neue Herausforderungen. Das vollautomatisierte, weitgehend personenlose Lager – das Dark Warehouse – gilt dabei als mögliches Zielbild. Wie realistisch diese Vision aus Sicht der Praxis ist, war Ausgangspunkt dieser Umfrage.

Fraunhofer Austria hat dazu Systemintegratoren, Komponentenhersteller und potenzielle Endanwender in Österreich online befragt. Neben dem aktuellen Automatisierungsgrad ging es um technologische, ökonomische, rechtliche, politische und soziale Aspekte – von Einsatzfeldern und Investitionsbereitschaft bis hin zu Hemmnissen und Auswirkungen auf die Beschäftigten.

Auf den folgenden Seiten werden die Ergebnisse zusammengefasst und daraus Handlungsempfehlungen für Unternehmen, Technologieanbieter und Politik abgeleitet. Weiterführende Auswertungen können bei Fraunhofer Austria angefragt werden.

Ziel der Umfrage

Analyse der Potenziale, Rahmenbedingungen und Herausforderungen von Dark Warehouses auf Basis von Expertinnen- und Experteneinschätzungen aus Österreich.

Ergebnisse

2.1 Technologische Fragestellungen.....	7
2.2 Ökonomische Fragestellungen.....	12
2.3 Rechtliche Fragestellungen.....	17
2.4 Politische Fragestellungen.....	20
2.5 Soziale Fragestellungen.....	21



2.1 Ergebnis

Technologische Fragestellungen 1/5

Die größten technischen Hürden für ein Dark Warehouse

Umgang mit Ausnahmefällen und Sonderprozessen	76,2%
Greifen heterogener Objekte	61,9%
Safety und sichere Mensch-Maschine-Trennung	38,1%
Recovery und Wiederanlauf nach Störungen	23,8%
Technische Verfügbarkeit und Störungsrobustheit	23,8%
Systemübergreifende Orchestrierung	23,8%
Stau- und Deadlock-Vermeidung	14,3%
Robuste Identifikation und Scanning	14,3%
Bestands- und Positionsgenauigkeit	4,8%
Zuverlässige Navigation und Verkehrssteuerung	4,8%

(n=21), Mehrfachauswahl (max. 3)

Herausforderungen

- Navigation/Verkehrssteuerung und Bestandsgenauigkeit (je 4,8 %) gelten kaum noch als Hürde – Basistechnologien scheinen gelöst.
- Die größten Hürden betreffen unvorhersehbare Randfälle wie Ausnahmeprozesse und das Greifen heterogener Objekte.



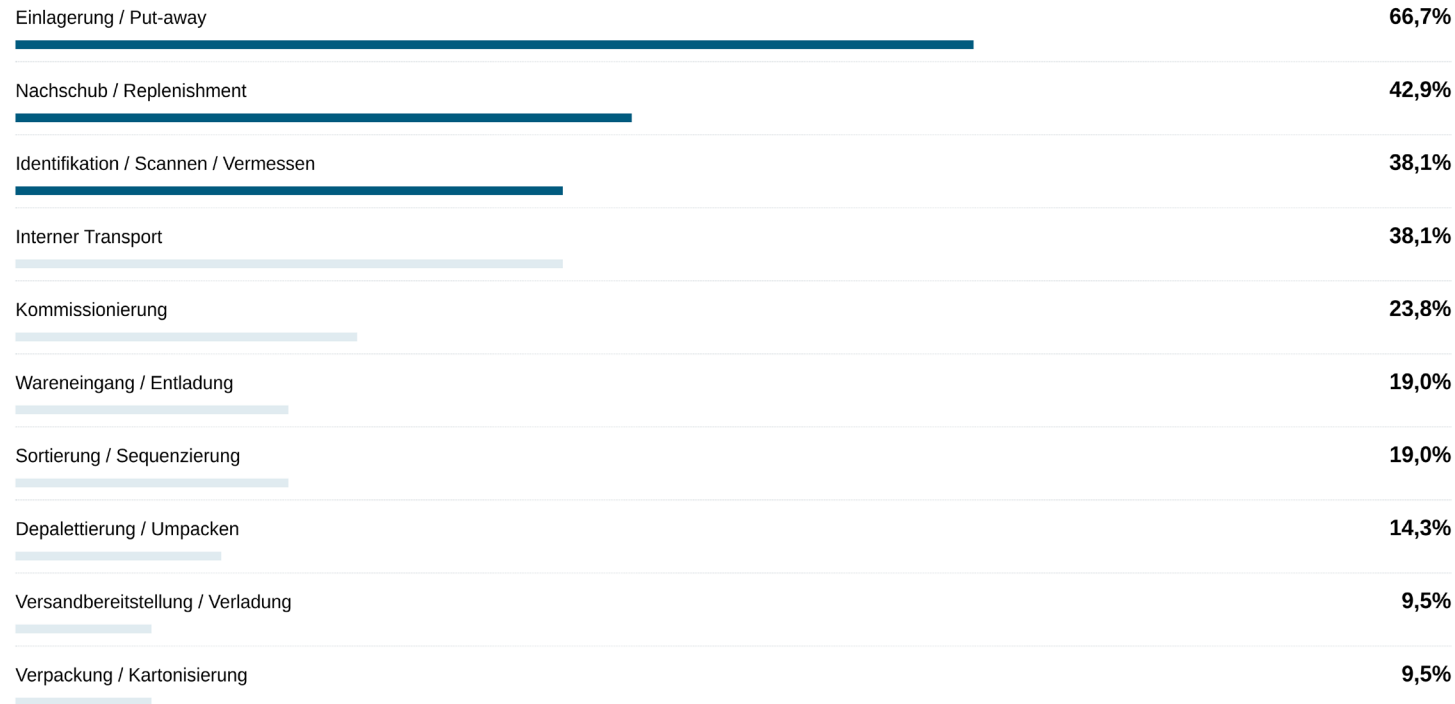
Nicht der Normalbetrieb, sondern der Umgang mit Varianz und Unvorhersehbarkeit bleibt die eigentliche Herausforderung.



2.1 Ergebnis

Technologische Fragestellungen 2/5

Realisierbarkeit eines Dark Warehouse in den einzelnen Prozessschritten



(n=21), Mehrfachauswahl (max. 3)

Priorisierte Lageraktivitäten für
Automatisierung

- Regelbasierte Schritte wie Einlagerung und Nachschub lassen sich am leichtesten automatisieren.
- Verpackung und Versand bleiben wegen wechselnder externer Anforderungen schwerer automatisierbar.

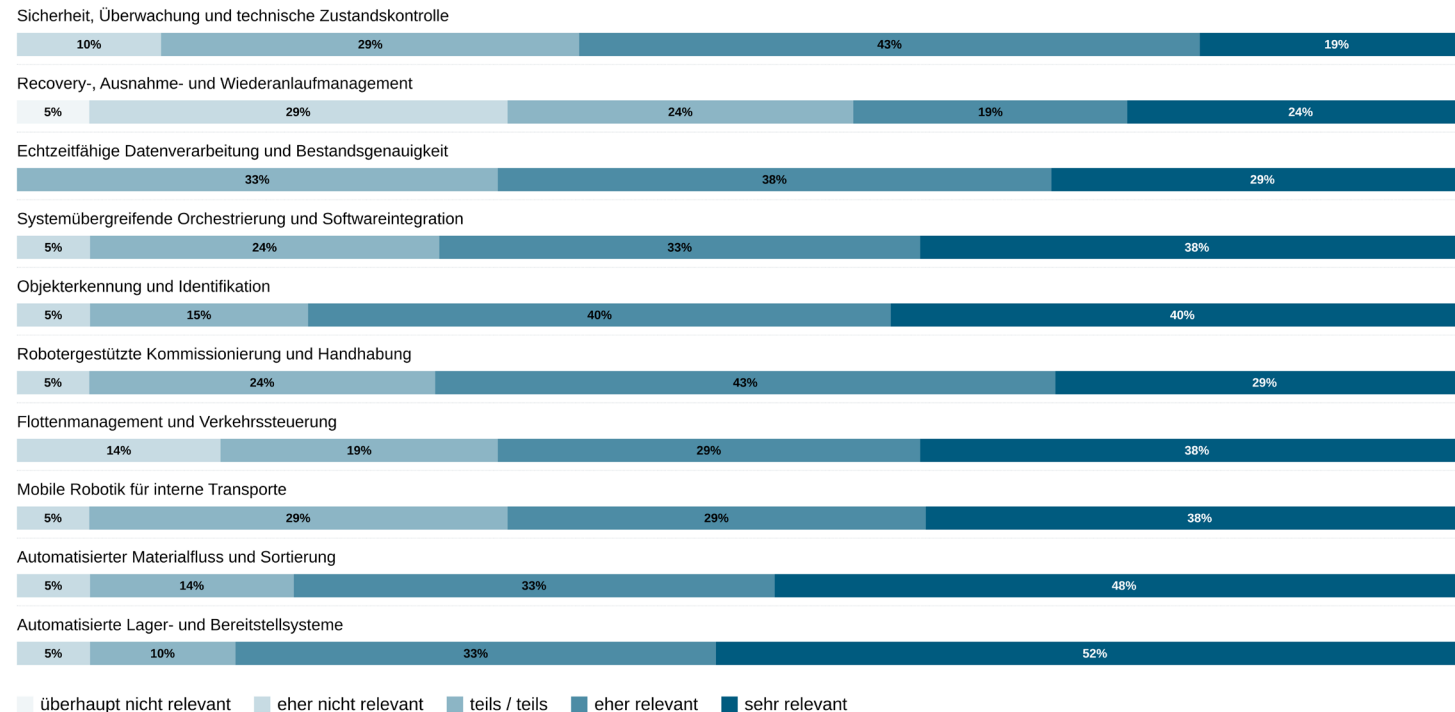
» Automatisiert wird zuerst, was regelbasiert und homogen ist – variable, kundennahe Schritte wie Verpackung und Versand bleiben komplexer.



2.1 Ergebnis

Technologische Fragestellungen 3/5

Schlüsseltechnologien und -fähigkeiten für Dark Warehouses



(n=21), Likert-Matrix (1–5)

Priorität liegt auf Kernprozessen

- Priorisiert wird, was Durchsatz und Materialfluss unmittelbar steigert - Störungsbewältigung und Überwachung gelten trotz hoher Bedeutung als nachrangig.
- Das spricht für eine Investitionslogik, die kurzfristige Produktivitätsgewinne über langfristige Systemstabilität und Kontrollierbarkeit stellt.

» Unternehmen priorisieren Durchsatz-Automatisierung vor Resilienz – ein blinder Fleck, der mit wachsender Systemkomplexität zum Risiko wird.

2.1 Ergebnis

Technologische Fragestellungen 4/5

Störfaktoren im laufenden Betrieb

Greif- oder Handhabungsfehler	52,4%
Beschädigte Ladungsträger oder Gebinde	52,4%
Datenfehler / Stammdatenfehler	33,3%
Ausnahmefälle im Wareneingang	33,3%
Fehlidentifikation / Scanfehler	33,3%
Verpackungs- oder Kartonisierungsausnahmen	33,3%
Kommunikationsabbrüche / Schnittstellenprobleme	28,6%
Deadlocks oder Blockaden in der Fahrzeugflotte	23,8%
Sensor- oder Hardwareausfälle	23,8%
Förderstau	19,0%
Bestandsabweichungen	14,3%
Ausnahmefälle bei Versand oder Verladung	9,5%

(n=21), Mehrfachauswahl (max. 5)

Betriebliche Störungsschwerpunkte

- Greif- und Handhabungsfehler sowie beschädigte Ladungsträger dominieren den laufenden Betrieb.
- Klassische IT- und Netzwerkstörungen fallen dagegen spürbar in den Hintergrund.



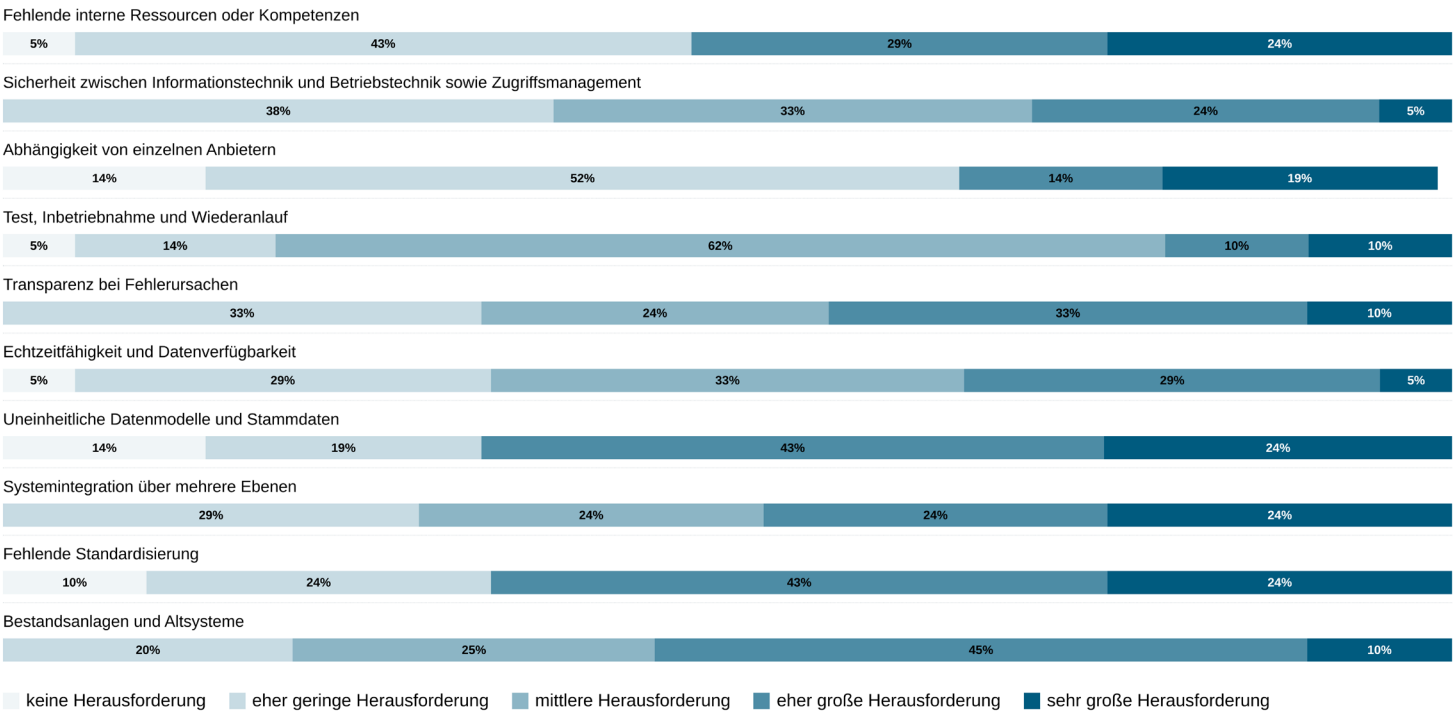
Nicht die Digitaltechnik, sondern der physische Warenumschlag verursacht die meisten Störungen.



2.1 Ergebnis

Technologische Fragestellungen 5/5

Integrationsfaktoren und ihre Herausforderungen



(n=21), Likert-Matrix (1–5)

Integrationshürden

- Uneinheitliche Datenmodelle und fehlende Standardisierung erschweren die Integration am stärksten.
- Herausforderungen in den Bereichen Systemtests und IT-Sicherheit werden hingegen als vergleichsweise gut beherrschbar bewertet.

»

Nicht die Technik, sondern fehlende Datenstandards bremsen die Systemintegration am stärksten.

«

2.2 Ergebnis

Ökonomische Fragestellungen 1/5

Prozessschritte mit dem größten wirtschaftlichen Hebel

Kommissionierung	71,4%
Wareneingang / Entladung	42,9%
Einlagerung / Put-away	42,9%
Verpackung / Kartonisierung	33,3%
Sortierung / Sequenzierung	28,6%
Versand / Verladung	23,8%
Nachschub / interner Transport	23,8%
Depalettierung / Umpacken	9,5%

(n=21), Mehrfachauswahl (max. 3)

Kosten- und Nutzenschwerpunkte im Prozess

- Kommissionierung bündelt Personalkosten, Fehleranfälligkeit und Durchsatzengpässe – daher der klare Investitionsschwerpunkt.
- Depalettierung und Nachschub werden wirtschaftlich als deutlich nachrangig eingeschätzt.



Der größte wirtschaftliche Hebel liegt eindeutig in der Kommissionierung, nicht in Nebenprozessen.



2.2 Ergebnis

Ökonomische Fragestellungen 2/5

Bewertung von Finanzierungs- und Betriebsmodellen

Eigenfinanzierung / Investitionskauf	52,4%
Mischmodell aus CAPEX und Servicevertrag	47,6%
Nutzungsabhängiges Modell / Pay-per-use	23,8%
Robotics-as-a-Service	19,0%
Leasing	19,0%
Nicht beurteilbar	9,5%
Klassisches CAPEX	4,8%
Abhängig von Business Case Anforderungen	4,8%

(n=21), Mehrfachauswahl (max. 3)

Präferenzen bei Finanzierungsmodellen

- Eigenfinanzierung und Mischmodelle aus CAPEX und Service dominieren klar vor nutzungsbasierten Ansätzen.
- Pay-per-use, Robotics-as-a-Service und Leasing werden bislang deutlich seltener in Betracht gezogen.



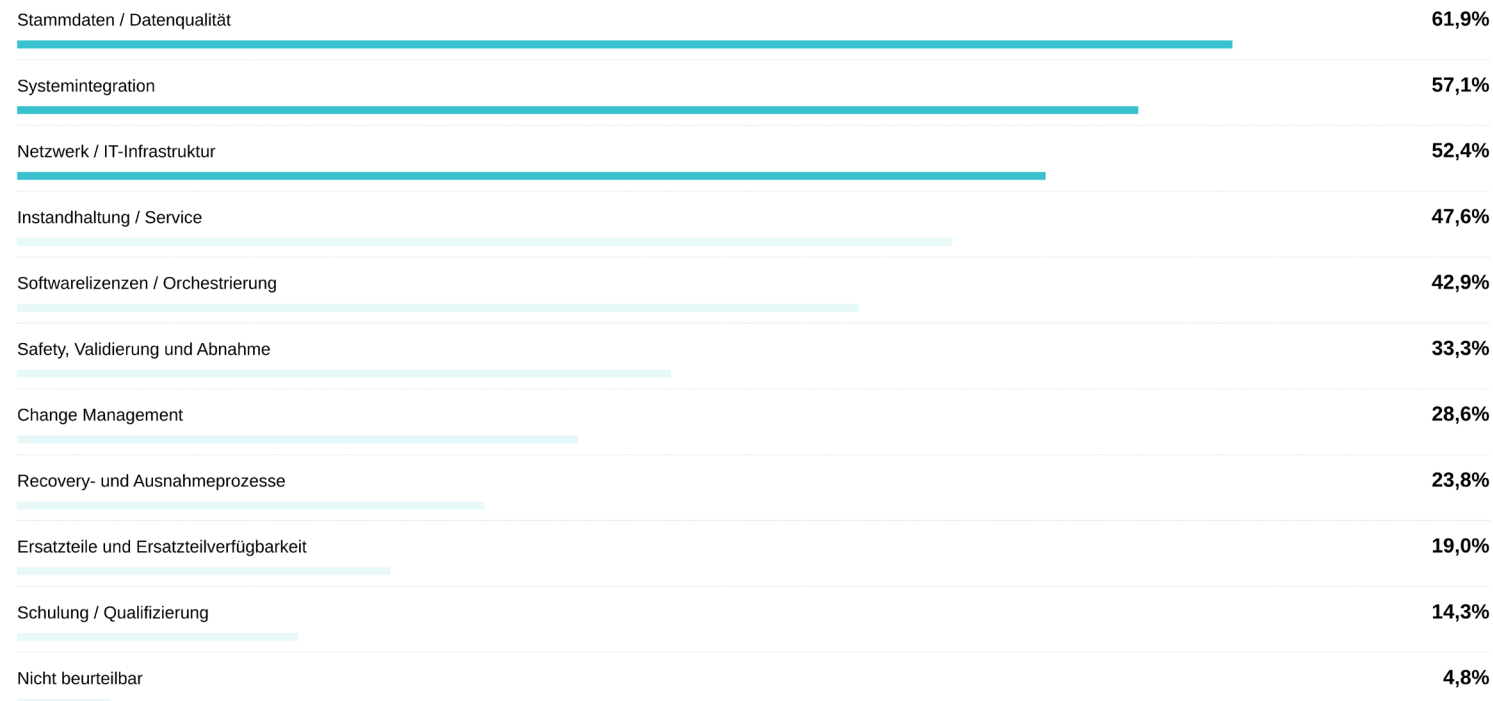
Investitionsbasierte Modelle werden klar bevorzugt, nutzungsbasierte Finanzierungsformen sind noch die Ausnahme.



2.2 Ergebnis

Ökonomische Fragestellungen 3/5

Unterschätzte Kostenblöcke im Aufbau und Betrieb



(n=21), Mehrfachauswahl (max. 5)

Herausforderungen

- Am stärksten unterschätzt werden Kosten, die sich nicht oder schwer als einzelne Position budgetieren lassen.
- Konkret planbare Posten wie Schulung oder Ersatzteile werden dagegen kaum als Risiko gesehen.



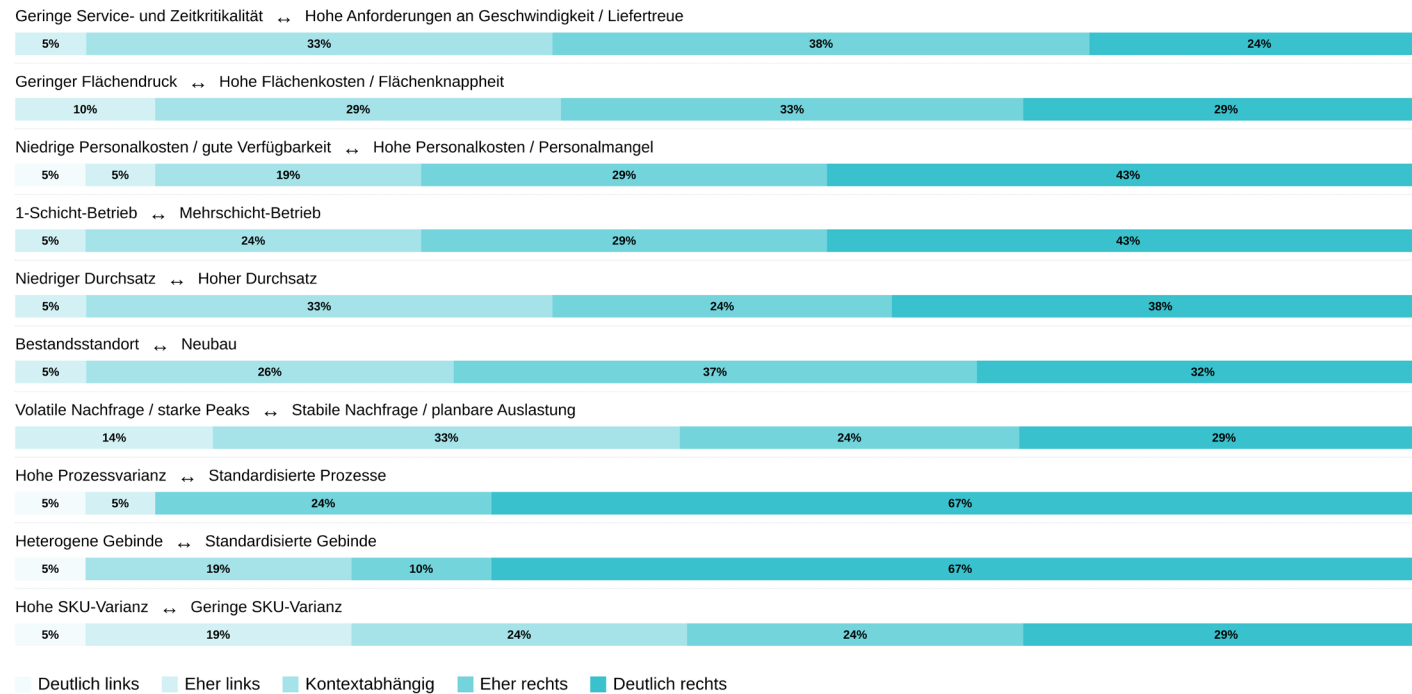
Unterschätzt wird nicht der sichtbare Aufwand, sondern das, was sich keiner einzelnen Budgetposition zuordnen lässt.



2.2 Ergebnis

Ökonomische Fragestellungen 4/5

Begünstigende Rahmenbedingungen für Dark Warehouses



(n=21), Likert-Matrix (1-5)

Eignungsfaktoren

- Am stärksten spricht der Wunsch nach standardisierten, nicht variablen Prozessen für den Einsatz.
- Bei Nachfragevolatilität und Sortimentsvielfalt bleibt die Eignung dagegen deutlich umstrittener.



**Nicht Größe oder Tempo,
sondern Prozess- und Gebinde-
standardisierung entscheiden
über die Eignung für Dark
Warehouses.**



2.2 Ergebnis

Ökonomische Fragestellungen 5/5

Akzeptierter ROI-Horizont für größere Dark-Warehouse-Investitionen

Über 7 Jahre



5-7 Jahre



3-5 Jahre



2-3 Jahre



(n=21), Einfachauswahl

Erwartungen an die Amortisation

- Mehr als die Hälfte hält einen ROI-Horizont von 3–5 Jahren für akzeptabel. Insgesamt erwarten über 70 % eine Amortisation innerhalb von 5 Jahren.
- Nur knapp 29 % würden längere Amortisationszeiten von über 5 Jahren in Kauf nehmen. Für Anbieter bedeutet das: Das Geschäftsmodell muss sich schnell rechnen.



Systemintegratoren brauchen Lösungen, die sich in weniger als 5 Jahren amortisieren.



2.3 Ergebnis

Rechtliche Fragestellungen 1/3

Rechtlich-regulatorische Kernthemen mit kritischer Relevanz

Haftung bei Fehlentscheidungen oder Systemfehlern	66,7%
Mensch-Maschine-Interaktion im Ausnahmefall	52,4%
Datenschutz und Kameradaten	42,9%
Verantwortlichkeiten im Wiederanlauf nach Störungen	33,3%
Safety und Gefährdungsbeurteilung	33,3%
Dokumentations- und Nachweispflichten	28,6%
CE- und Konformitätsfragen	23,8%
Normenlage für Robot Picking und automatisierte Handhabung	19,0%
Normenlage für mobile Robotik	4,8%

(n=21), Mehrfachauswahl (max. 4)

Herausforderungen

- Die Haftung bei Fehlentscheidungen / Systemfehlern gilt hier als kritisches Thema.
- Normenlage für mobile Robotik gilt mit nur 4,8 % als kaum kritisch – Unsicherheit entsteht erst im Zusammenspiel mit Menschen.



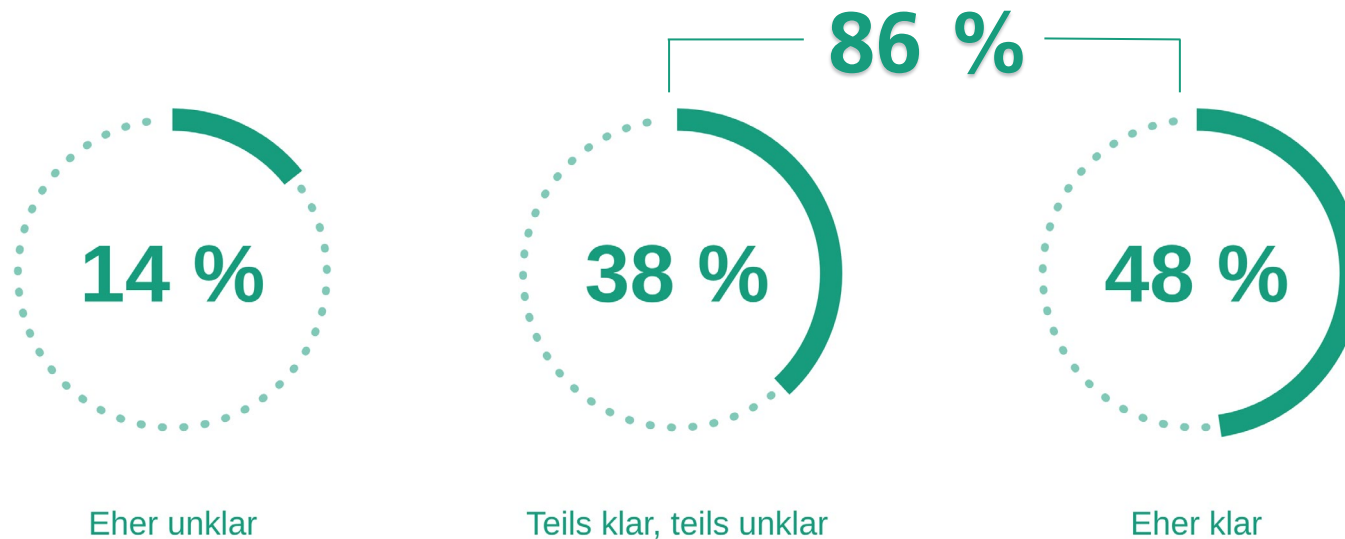
Nicht die technischen Normen, sondern die rechtlichen Verantwortlichkeiten stellen die größere Herausforderung dar.



2.3 Ergebnis

Rechtliche Fragestellungen 2/3

Regelung der Verantwortlichkeiten im laufenden Betrieb



(n=21), Einfachauswahl

Wahrgenommene Klarheit der aktuellen Regelungen

- Nur eine kleine Minderheit empfindet die Verantwortlichkeiten tatsächlich als unklar.
- Die große Mehrheit (86 %) sieht die Regelungen zumindest teilweise oder vollständig als geklärt.



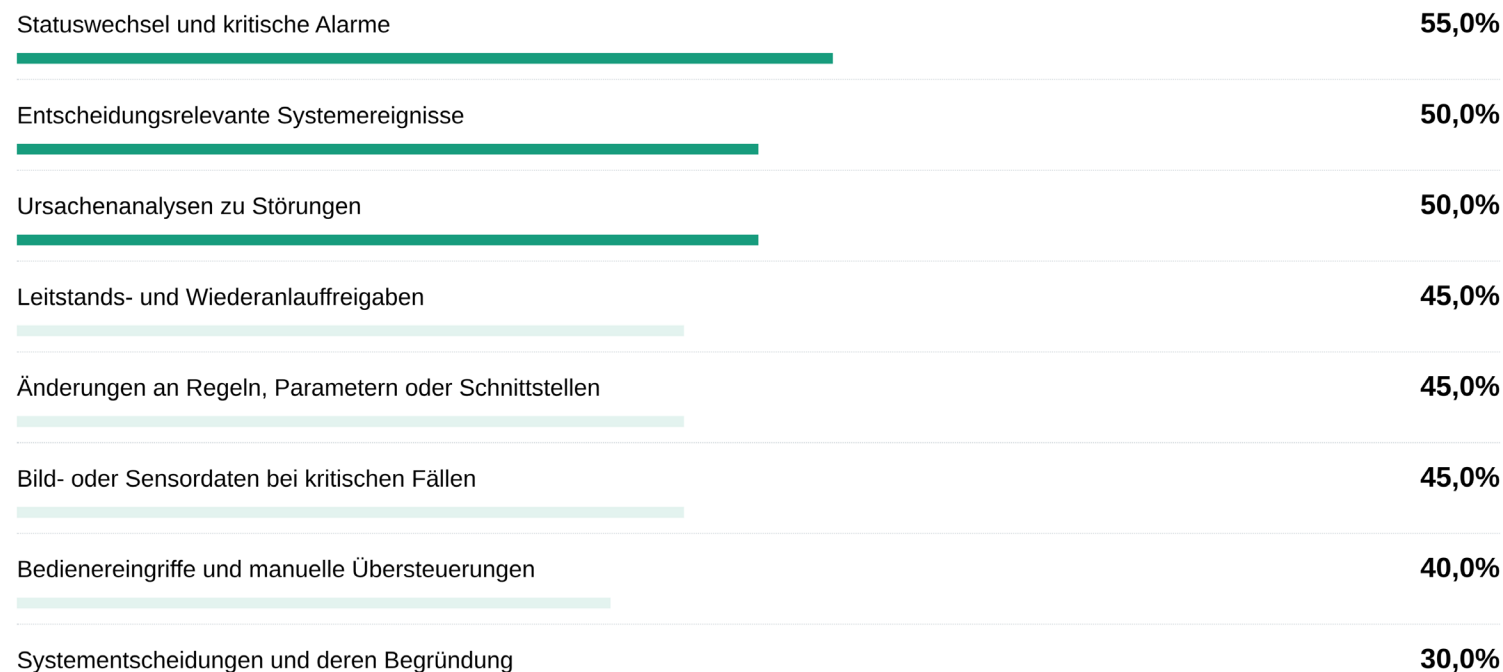
Echte Unklarheit bei den Verantwortlichkeiten ist die Ausnahme, nicht die Regel.



2.3 Ergebnis

Rechtliche Fragestellungen 3/3

Anforderungen an Nachvollziehbarkeit und Auditierbarkeit



(n=20), Mehrfachauswahl (max. 4)

Nachvollziehbarkeitsbedarfe

- Nachvollziehbarkeit wird vor allem dort gefordert, wo akute Störungen oder Sicherheitsrisiken entstehen.
- Die Begründung einzelner Systementscheidungen wird dagegen als vergleichsweise nachrangig eingestuft.



Nicht die Begründung einzelner Entscheidungen zählt am meisten, sondern der sichere Betrieb selbst.



2.4 Ergebnis

Politische Fragestellungen

Bewertung politischer Fördermaßnahmen für Dark Warehouses



(n=21), Mehrfachauswahl (max. 3)

Politische Maßnahmen

- Unternehmen fordern klare finanzielle Anreize deutlich stärker als Testfelder oder Infrastrukturausbau.
- Qualifizierungs- und Zugangsförderung gelten dagegen eher als nachrangige, längerfristige Maßnahmen.



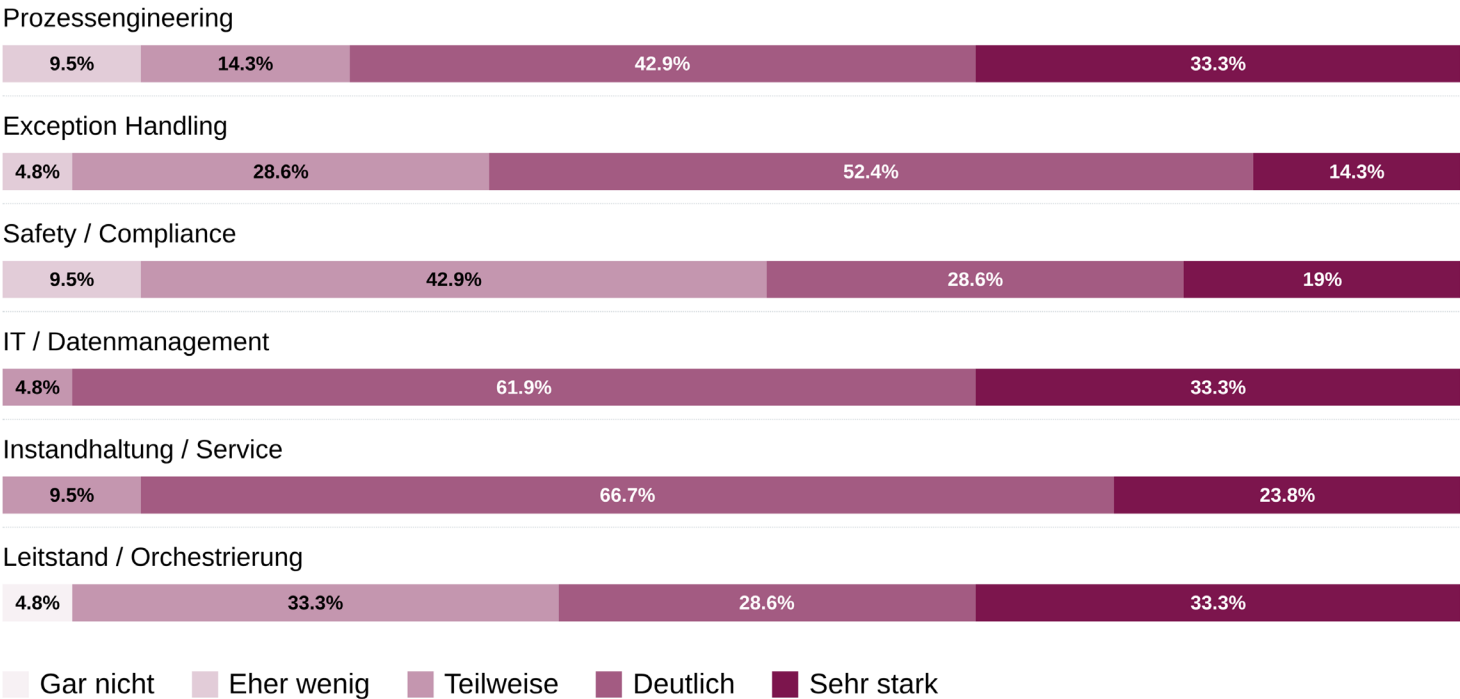
Direkte finanzielle Unterstützung wird deutlich stärker gewichtet als regulatorische oder infrastrukturelle Maßnahmen.



2.5 Ergebnis

Soziale Fragestellungen 1/4

Rollenwandel durch den Einsatz von Dark Warehouses



(n=21), Likert-Matrix (1–5)

Veränderung einzelner Rollenbereiche

- IT/Datenmanagement und Instandhaltung erleben den stärksten Rollenwandel – nahezu flächendeckend.
- Nur Safety/Compliance bleibt unter 50 % – alle anderen Bereiche deutlich darüber.

Technisch-kordinierende Rollen wie IT und Instandhaltung verändern sich deutlich stärker als eher regelbasierte Compliance-Funktionen im Betrieb.

2.5 Ergebnis

Soziale Fragestellungen 2/4

Einfluss sozialer Faktoren auf die Akzeptanzbereitschaft

Sorge um Arbeitsplatzverlust oder Aufgabenverlagerung	75,0%
Fehlendes Vertrauen in autonome Systeme	50,0%
Zu viele gleichzeitige Veränderungen im Arbeitsumfeld	50,0%
Sicherheitsbedenken im Arbeitsumfeld	35,0%
Instabiler Betrieb und häufige Störungen	30,0%
Fehlende Transparenz von Systementscheidungen	20,0%
Unklare neue Rollen und Verantwortlichkeiten	15,0%
Fehlende Weiterbildung und Qualifizierung	15,0%

(n=20), Mehrfachauswahl (max. 3)

Soziale Akzeptanzfaktoren

- Arbeitsplatzsorge dominiert klar mit 75 % vor allen anderen Faktoren.
- Tempo und fehlendes Vertrauen wiegen schwerer als reine Sicherheitsbedenken.
- Kommunikations- und Schulungsmaßnahmen adressieren damit oft nicht die eigentlichen Akzeptanzhürden.



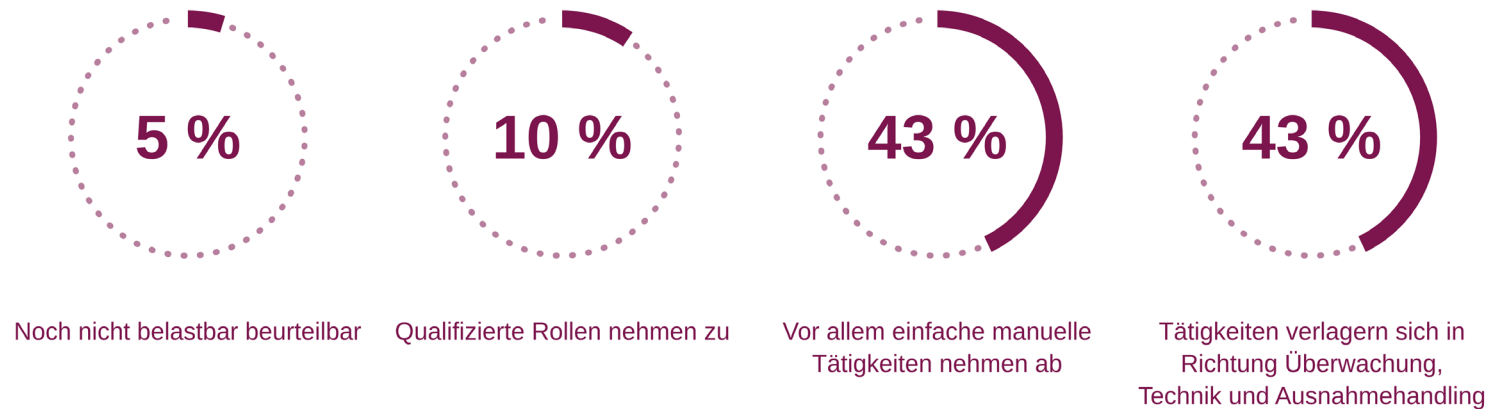
**Akzeptanz scheitert seltener an
fehlendem Wissen als an
ungelösten Fragen zur eigenen
beruflichen Zukunft.**



2.5 Ergebnis

Soziale Fragestellungen 3/4

Auswirkungen von Dark Warehouses auf Tätigkeiten



(n=21), Einfachauswahl

Erwartete Veränderung von Tätigkeiten

- Reduktion einfacher manueller Tätigkeiten und Verlagerung Richtung Überwachung liegen gleichauf (42,9 %).
- Mehr qualifizierte Rollen werden nur vereinzelt erwartet, teilweise ist eine belastbare Bewertung derzeit noch nicht möglich.
- Kaum jemand erwartet einen echten Qualifizierungssprung – der Wandel bleibt vor allem funktional.



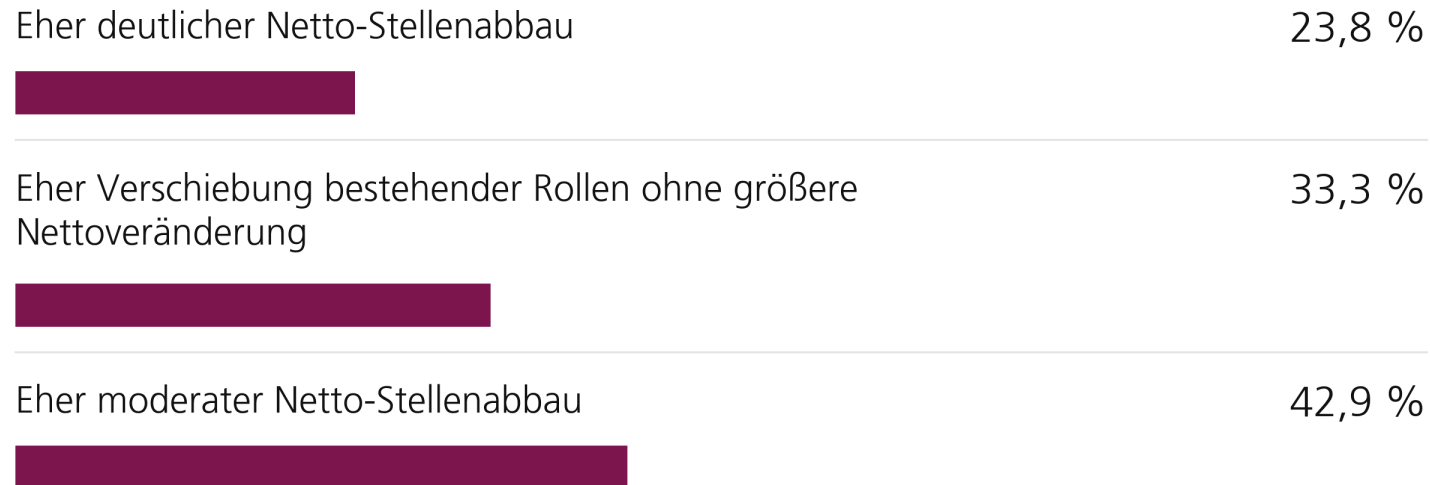
Arbeit verschwindet nicht – sie verändert sich grundlegend.



2.5 Ergebnis

Soziale Fragestellungen 4/4

Erwartete Gesamtwirkung von Dark Warehouses auf die Beschäftigung



(n=21), Einfachauswahl

Gesamtwirkung auf die Beschäftigung

- Relative Mehrheit erwartet moderaten Netto-Stellenabbau, niemand rechnet mit Beschäftigungsaufbau.
- Kein Szenario sieht Beschäftigungswachstum vor – die Debatte dreht sich nur um das Ausmaß des Rückgangs.



Beschäftigungswandel ja – aber überwiegend moderat, nicht disruptiv.



Fazit und Handlungsempfehlungen

Dark Warehouses mit ihrer Kombination aus automatisierten Kernprozessen, durchgängiger Datenintegration und softwaregetriebener Orchestrierung haben das Potenzial, die Lagerlogistik grundlegend zu verändern und signifikante wirtschaftliche sowie personelle Entlastung zu schaffen.

Mit dem heutigen Technologie- und Organisationsreifegrad ist ein flächendeckender Einsatz aufgrund der aufgezeigten Herausforderungen – insbesondere im Umgang mit Ausnahmefällen und heterogenen Gütern, ungeklärten Haftungsfragen sowie regelmäßig unterschätzten Integrations- und Datenkosten – kurzfristig noch nicht realistisch, sondern eher als mittelfristiges Entwicklungsfeld einzuschätzen.



Fazit und Handlungsempfehlungen

1
Priorisierung technischer Entwicklung auf Ausnahmehandling und flexible Greiftechnik für heterogene Güter

2
Frühzeitige Investition in Stammdatenqualität und Systemintegration statt vorrangig in Hardware

3
Klärung von Haftungsfragen bei Fehlentscheidungen und Mensch-Maschine-Interaktion vor dem Rollout

4
Start mit standardisierten Kernprozessen wie Kommissionierung und Einlagerung als Pilotbereiche

5
Aktive Einbindung der Belegschaft zur Adressierung von Arbeitsplatzsorgen, nicht nur Schulung

6
Bevorzugung von Eigenfinanzierung oder Mischmodellen gegenüber bislang unüblichen Pay-per-use-Ansätzen

7
Nutzung von Investitionsförderungen und aktives Vorantreiben regulatorischer Klarheit bei Verantwortlichkeiten

Kontakt



Kontakt



Alexander Granig

Forschungsbereich Logistikzentren und Netzwerkplanung
alexander.granig@fraunhofer.at



Andreas Penn

Forschungsbereich Logistikzentren und Netzwerkplanung
andreas.penn@fraunhofer.at



Michael Scsepka

Forschungsbereich Intralogistik und Materialflussplanung
michael.scsepka@fraunhofer.at



Georgia Schmirl-Sideri

Forschungsbereich Montageplanung und Assistenzsysteme
georgia.sideri@fraunhofer.at

Fraunhofer Austria Research GmbH
Theresianumgasse 7 | 1040 Wien

office@fraunhofer.at
www.fraunhofer.at