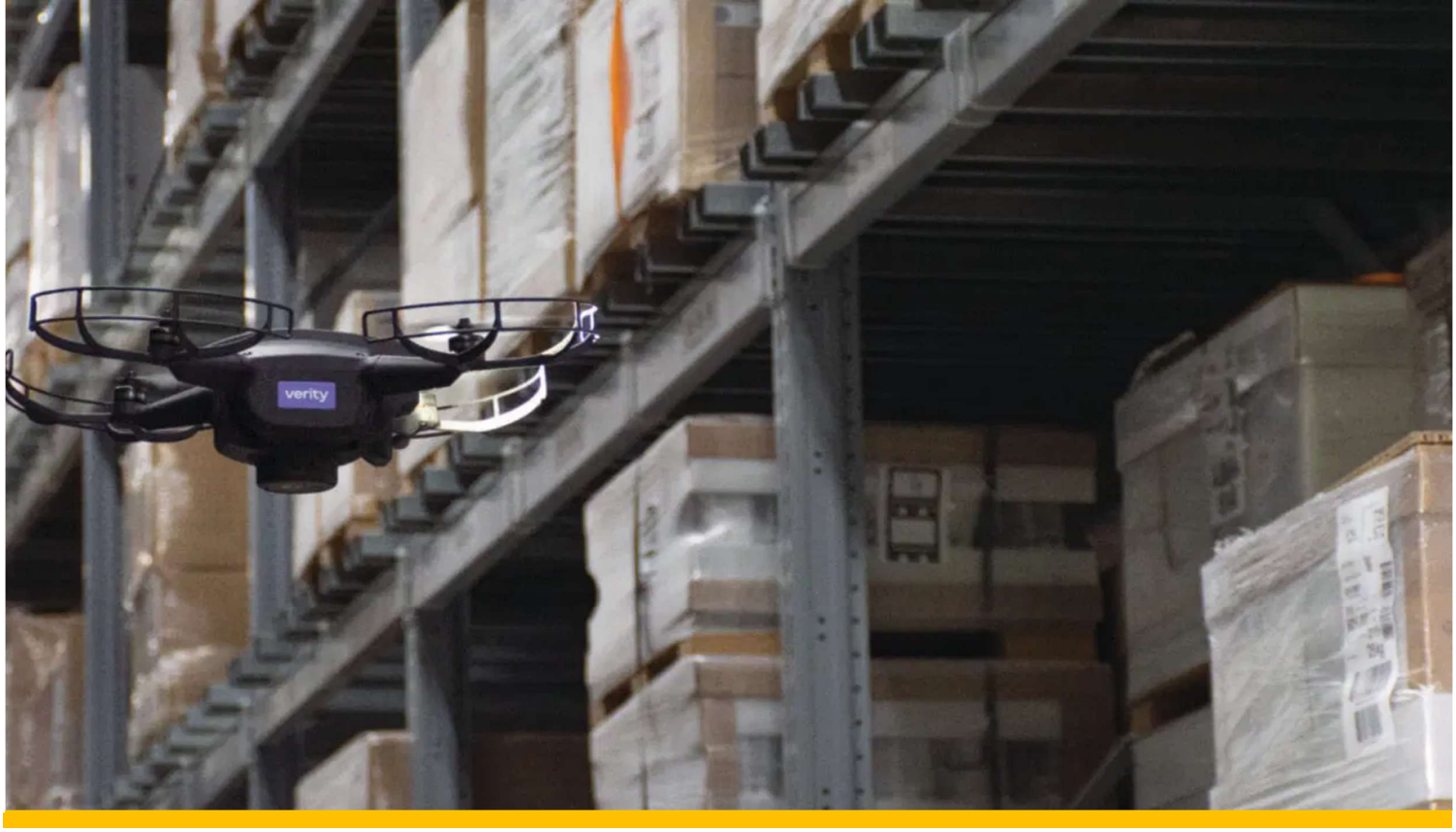


Drohnen in der Intralogistik

Qualitative Untersuchung welche einsatzmöglichkeiten Drohnen in der Intralogistik haben

Wissenschaftliche Arbeit

Studiengang:	Wirtschaftsinginieurswesen
Autor*in:	Marc Iseli
Betreuer*in:	Lukas Kretschmar
Auftraggeber*in & Expert*in:	Ässia Boukhatmi
Datum:	21.12.2025

Berner Fachhochschule

Technik & Informatik (TI)

Abstract

In der vorliegenden Arbeit wird untersucht welche technologischen, organisatorischen und sicherheitsrelevanten Voraussetzungen für den erfolgreichen Einsatz von Drohnen in der Intralogistik erforderlich sind. Zusätzlich untersucht wird, welche Chancen und Grenzen sich daraus für die Bereiche Inventur und Bestandskontrolle ergeben. Die vorliegende Arbeit stützt sich auf eine Analyse von Fachliteratur, Praxisbeispielen und einem Experteninterview mit der Firma Verity. Das Unternehmen Verity ist eine internationale Firma, welche genau die Integration von Drohnen in Lagerhallen als Dienstleistung anbietet. Die vorliegenden Ergebnisse legen nahe, dass Drohnen insbesondere im Kontext von Inventur und Bestandskontrollprozessen signifikante Effizienz und Sicherheitsvorteile bieten. Die Erfassung von Daten erfolgt in einem enormen Tempo bis zu 20-mal schneller. Darüber hinaus tragen sie zur kontrollierten Reduktion manueller Tätigkeiten und Fehlbeständen. Die Herausforderungen ergeben sich aus den hohen Investitionskosten, dem Integrationsaufwand und dem Fehlen von branchenweiten Standards. Diese Arbeit soll zeigen, wie Drohnen effektiv und effizient in bestehende intralogistische Systeme eingebunden werden können. Das Ziel der Integration ist Prozesse effizienter, sicherer und nachhaltiger zu gestalten.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	4
2	Grundlagen / Stand der Forschung	6
	2.1 Begriffliche Grundlagen	6
	2.2 Technologischer Entwicklungsstand	6
	2.3 Organisatorische Rahmenbedingungen	6
	2.4 Sicherheitsrelevante Grundlagen	7
	2.5 Forschungsstand und Trends	7
3	Methodik	8
	3.1 Methodischer Ansatz	8
	3.2 Untersuchungsfeld und Datenerhebung	8
	3.3 Datenerfassung und Analyse	9
	3.3.1 Datenerfassung	9
4	Ergebnisse	10
	4.1 Interviewpartner und dessen beruflicher Hintergrund	10
	4.2 Verständnis von Drohnen in der Intralogistik	10
	4.3 Implementierung und technische Voraussetzungen	10
	4.4 Unterschiede zu traditionellen Bestandsmethoden	11
	4.5 Herausforderungen und Lösungsansätze	11
	4.6 Einfluss organisatorischer Faktoren	11
5	Diskussion	12
	5.1 Praxisorientierte Gestaltung des Drohneneinsatzes in der Intralogistik	12
	5.2 Zentrale Voraussetzungen und Kompetenzen	12
	5.3 Herausforderungen und Barrieren bei der Implementierung	12
	5.4 Einfluss der Lagerstruktur auf den Drohneneinsatz	12
	5.5 Schlussfolgerungen	13
6	Verzeichnisse	14
	6.1 Literaturverzeichnis	14
7	Anhang	16
	7.1 Coding Struktur und Einteilung in Sets (Kategorien) in MAXQDA	16
	7.2 Interview with Tommaso Portaluri – Verity AG (November 2025)	16
8	Selbständigkeitserklärung	21

1 Einleitung

Im Zuge von Industrie 4.0 und der fortschreitenden Digitalisierung steht die Intralogistik vor tiefgreifenden Veränderungen. Tag für Tag steigenden Anforderungen an Effizienz, Transparenz und Nachhaltigkeit. Zusätzlich herrscht einen zunehmende Fachkräftemangel. Durch diese Faktoren setzen Unternehmen vermehrt auf autonome und KI-gestützte Systeme. Insbesondere Lagerprozesse wie Inventur, Bestandskontrolle galten als zeitintensiv und personalaufwändig. Nicht zu vergessen ist die Fehlerquote, welche bei manueller Arbeit entsteht. Aus diesem Hintergrund rückt der Einsatz der digitalen und autonomer Technologien immer mehr in den Fokus von Forschung und der Praxis. (Ten Hompel et al., 2020)

Die zunehmende Digitalisierung der Intralogistik bringt verschiedene Veränderung mit sich. Dabei ist nicht nur die technologische Entwicklung von Bedeutung, sondern auch die organisatorische und wissensbezogener Transformationsprozess. Neue Technologien können nur dann erfolgreich eingesetzt werden, wenn die Mitarbeitenden über die nötige digitale Kompetenz verfügen. Dazu müssen die Organisation und Schulungskonzepte angepasst werden. (Henkel et al., 2023) Damit wird deutlich, dass technologische Innovationen stets in ein Gesamtkonzept aus Prozessen, Qualifikationen und betrieblichem Lernen besteht.

In diesem Kontext stellen Flugdrohnen eine klare Schlüsseltechnologie dar. Sie machen es möglich, dass die Daten der einzelnen Produkte in Lagerhallen komplett automatisch erfasst werden. Damit können Inventuren schneller, günstiger und genauer durchgeführt werden als mit manuellem Verfahren. Mithilfe moderner Sensorik, kamerabasierter Datenerfassung, künstlicher Intelligenz sowie Cloud gestützter Analyseverfahren entstehen vielseitige Wall to wall scan. Diese Scans ermöglichen eine digitale Abbildung des Lagers. Somit lassen sich Fehlbestände, falsch eingelagerte Waren und Bestandsabweichungen rechtzeitig erkennen und korrigieren. (Mugica & Kook, o. J.)

Neben den ökonomischen Vorteilen zeigen aktuelle Studien auch auf die ökologischen Potenziale hin. Durch den Einsatz autonomer Systeme kann der Energieverbrauch von Flurförderzeugen erheblich reduziert werden. Somit ergibt es einen messbaren Beitrag zur Senkung von CO2-Emissionen. Eine aktuelle Untersuchung hat ergeben, dass Lagerbetriebe welche Drohnenbasierte Systeme nutzen ihre jährlichen Treibhausgasemissionen um nahezu 50 Prozent reduzieren können. (Mugica & Kook, o. J.) Durch diese Ergebnisse sieht man das ökologische Potenzial der autonomen Technologien.

Autonome Drohnensysteme tragen darüber hinaus zur Steigerung der Arbeitssicherheit und Ergonomie bei. Mitarbeitende müssen für Inventur Tätigkeiten nicht mehr in grosse Höhen steigen oder schwere Flurförderzeuge bedienen. Dadurch wird auch das Unfallrisiko erheblich reduziert. Automatisierte Prozesse in der Intralogistik können sich positiv auf die Gesundheit der Mitarbeitenden auswirken. Dies zeigen Ergonomie Untersuchungen. Sie verdeutlichen auch, dass die Mitarbeitenden durch die Automatisierung körperlich weniger belastet werden. (Klumpp et al., 2022)

Gleichzeitig ist der Gebrauch von Flugdrohnen mit technischen, organisatorischen und sicherheitsrelevanten Schwierigkeiten verbunden. Für den erfolgreichen Indoor-Betrieb besteht die Notwendigkeit der Verwendung von hochpräzisen Lokalisierungssystemen. Der Grund dafür ist, dass es keine GPS-Verbindung gibt in den entsprechenden Lagerhallen. Zudem müssen Drohnen sicher in schon bestehende Warehouse Management Systeme integriert werden. Auch wirtschaftliche Faktoren wie Investitionskosten, Skaleneffekte und die Einbettung in existierende Materialflusssysteme sind von zentraler Bedeutung. In diesem Kontext liefern Konzepte und Erkenntnisse aus dem Bereich der fahrerlosen Transportsysteme wertvolle Informationen zur Systemintegration, Sicherheit und Wirtschaftlichkeit automatisierter Intralogistiklösungen. (Ullrich & Albrecht, 2023)

Angesichts langfristiger Entwicklungen in der Logistik wird der Einsatz autonomer Technologien immer wichtiger. Dieser Einsatz ist als strategischer Erfolgsfaktor zu betrachteten. Ohne diese Technologie wird es immer schwieriger in komplexen Systeme Effizienz, Transparenz und Nachhaltigkeit sicherzustellen. (Göpfert, 2022)

In dieser Arbeit soll herauszufinden, ob und wie Flugdrohnen in der Intralogistik eingesetzt werden können. Daraus ergibt sich die Forschungsfrage: Welche technologischen, organisatorischen und sicherheitsrelevanten Voraussetzungen sind für den erfolgreichen Einsatz von Flugdrohnen in der Intralogistik erforderlich, und welche Chancen und Grenzen ergeben sich daraus für Inventur und Bestandskontrolle?

2 Grundlagen / Stand der Forschung

Wie die Vergangenheit zeigt, nimmt die Digitalisierung in der Intralogistik immer mehr zu. Das führt dazu, dass Flugdrohnen als innovative Technologie zur Optimierung und Automatisierung der Prozesse immer wichtiger werden. Drohnen können Lagerbereiche aus der Luft erfassen, Bestände zählen und digitale Bilder mit einem spezifischen Kamerasystem schiessen. Dadurch werden Prozesse wie Inventur, Bestandskontrolle und visuelle Überwachung viel effizienter und sicherer. (Ten Hompel et al., 2020)

2.1 Begriffliche Grundlagen

Der Begriff Intralogistik beschreibt alle Prozesse innerhalb eines Betriebs, welche das Material und Informationsfluss betreffen. Dazu zählen unter anderem Lagerhaltung, Kommissionierung, Inventur und interne Warenbewegung. (Martin, 2011).
Flugdrohnen sind unbemannte Luftfahrzeuge, die autonom in geschlossenen Räumen fliegen können. Die Drohnen sind sie mit Kameras, Sensoren und KI-basierten Auswertungssystemen ausgerüstet. Diese Teile brauche sie, um Barcodes zu scannen, Lagerplätze identifizieren und Daten für das Warehouse-Management-System zu erfassen. (Del Re et al., 2024).
Intralogistik-Drohnen sind besonders, weil sie ohne Probleme in grossen Höhen fliegen, enge Gänge bis zu 1.1m durchfliegen können und Inventurdaten unabhängig von menschlicher Arbeit erfassen. (Mugica & Kook, o. J.).

2.2 Technologischer Entwicklungsstand

Die Industriedrohnen haben eine zentrale Rolle, da Faktoren wie Sensorik, Energieversorgung und Datenschnittstellen massgeblich sind für die Praxistauglichkeit. (Landrock & Baumgärtel, 2018). Da das GPS in Lagerhallen nicht verfügbar ist, benötigen Drohnen für den Indoor-Einsatz präzise Navigation und Erkennungssysteme. Moderne Systeme nutzen eine optische Lokalisierung mithilfe reflektierender Marker an der Hallendecke und Time-of-Flight-Sensoren zur Abstandsmessung. Somit wissen wir immer genau wo sich die Drohne befindet im Raum. Dazu wird auch eine KI-gestützte Bildverarbeitung zur sicheren Erkennung von Barcodes und Etiketten verwendet. (Nattke, 2025).
Die Studie AI-Powered Warehouses: A New Era of Sustainable Inventory Management zeigt, dass Drohnen Inventuren nahezu fehlerfrei durchführen. Gleichzeitig reduzieren sie den Energieverbrauch und den Zeitaufwand im Vergleich zu traditionellen Inventurmethoden bei weitem. (Mugica & Kook, o. J.)
Das Interview mit der Firma Verity bestätigt, dass Drohnenflüge vollständig autonom per KI und mit einem hohen Sicherheitsstandard sowie einer millimetergenauen Positionsbestimmung ausgeführt werden. Jedoch ist man in der Gangbreite limitiert, welche ein Minimum von 1.1m hat.

2.3 Organisatorische Rahmenbedingungen

Um Drohnen effizient einsetzen zu können, müssen Unternehmen klare Betriebsregeln festlegen. In der Regel erfolgen Drohnenflüge nachts oder ausserhalb der produktiven Zeiten, um Kollisionen mit dem Mitarbeiter und Störungen zu vermeiden. Jedoch ist es auch möglich die Drohnen am Tag fliegen zu lassen. Bei Tagflügen muss aber die Mindesthöhe von 2m eingehalten werden.
Von wesentlicher Bedeutung ist ausserdem die Integration der von den Drohnen erfassten Daten. Das heisst, wie bringe ich die erfassten Barcodes in bestehende IT-Strukturen und wie verarbeite ich diese in das Warehouse-Management-System. Die Informationen müssen nämlich in Echtzeit weiterverarbeitet werden. (Ten Hompel et al., 2020)
Der Aufwand für die Mitarbeitenden ändert sich erheblich. Sie zählen nicht mehr manuell, sondern überwachen die Systeme und werten die Daten aus. Mitarbeitende müssen daher im Umgang mit den Drohnen sowie der Analyseplattform ausgiebig geschult werden. (Klumpp et al., 2022)

2.4 Sicherheitsrelevante Grundlagen

Beim Einsatz von Flugdrohnen in Lagerhallen ist Sicherheit ein zentraler Aspekt. Moderne Drohnen sind mit Hinderniserkennung ausgestattet. Das spezielle bei den Vertiy Drohnen ist, dass die KI das Hindernis komplett selbständig erkennt und die Drohne entsprechend steuert. Ausserdem verfügen sie über automatische Stabilisierung, definierte Notlandungsprotokolle und geschützte Flugrouten. (Del Re et al., 2024)
Da Drohnen ausschliesslich im Innenbereich betrieben werden, gelten weniger strenge gesetzliche Regeln. Die Luftfahrtregelungen werden erst streng, wenn man die Drohne im öffentlichen Raum betreibt. Dennoch müssen Unternehmen innerbetriebliche Sicherheitsrichtlinien festlegen. Dazu zählen Mindestflughöhen von zwei Meter, sichere Start und Landezonen, sowie der Betrieb ausserhalb von Mitarbeiterwegen. (Nattke, 2025)
Die Erfahrungen von Verity aus der Praxis zeigen, dass Drohnen bei strukturierter Integration in den Arbeitsalltag zuverlässig und unfallfrei betrieben werden können.

2.5 Forschungsstand und Trends

Drohnen bieten ein hohes Potenzial für die Automatisierung und Digitalisierung der Intralogistik, wie auch der aktuelle Forschungsstand zeigt. Studien belegen ihre hohe Effizienz bei Inventuren, ihre fast fehlerfreie Präzision sowie nachhaltige Einsparungen zu erzielen. (Mugica & Kook, o. J.)
Die Forschung betont gleichzeitig, dass es weiterhin grosse Herausforderungen gibt. Diese Herausforderungen beziehen sich auf die Standardisierungen, den finanziellen Aufwand und die Kompatibilität mit bereits vorhandenen Systemen. (Ten Hompel et al., 2020).
Der Fokus zukünftiger Entwicklungen liegt auf der Weiterentwicklung der autonomen Flugnavigation, fortgeschrittenen KI-Modellen zur Bestandsanalyse und auf möglichen Anwendungen im innerbetrieblichen Kleinteiletransport. (Schulze, 2025) Der Kleintransport wird jedoch noch nicht flächendeckend eingesetzt. Bei der Firma Verity kommt das beispielsweise gar nicht vor, weil es zu teuer und zu aufwändig wäre.

3 Methodik

3.1 Methodischer Ansatz

Die vorliegende Arbeit basiert auf einem qualitativen Forschungsansatz. Das Ziel besteht darin, die in der Einleitung gestellte Forschungsfrage systematisch zu beantworten. Zu diesem Zweck wurde einerseits relevante wissenschaftliche Fachliteratur analysiert und andererseits ein Experteninterview mit einem Vertreter der Verity geführt. Das Interview, das anhand eines Leitfadens geführt wurde, bietet wertvolle Einblicke in die praktische Anwendung von Flugdrohnen im Bereich der Intralogistik. Ein qualitativer Ansatz ist dafür besonders geeignet, da der Einsatz von Drohnen ein komplexes Zusammenspiel einzelner Faktoren ist. Der besteht aus Technik, komplexen Prozessen, regulatorischen Rahmenbedingungen und menschlichen überwachungsfaktoren. (Ten Hompel et al., 2020)
Die Untersuchung konzentriert sich auf die Analyse von Technologien und Prozessen, die für die erfolgreiche Anwendung autonomer Indoor-Drohnen relevant sind. Teil der Untersuchung sind auch die praktischen Umsetzungsbedingungen und die Chancen, die sich aus der Einführung solcher Systeme ergeben. Der qualitative Ansatz ermöglicht es, die subjektiven Perspektiven der teilnehmenden Expertinnen und Experten detailliert zu ermitteln.(Del Re et al., 2024)

3.2 Untersuchungsfeld und Datenerhebung

Das Untersuchungsfeld dieser Arbeit umfasst den Einsatz autonomer Drohnensysteme in grossen Lagerhallen. Der Markt für Indoor-Drohnen steckt noch in den Kinderschuhen, nur wenige Unternehmen verwenden bereits diese Technologie flächendeckend. Daher stützt sich die Untersuchung auf ein konkretes Fallbeispiel: die Drohneninventur und Bestandskontrolllösung des amerikanisches Unternehmen Verity, welches in der USA und Zürich stationiert ist.
Verity ist ein internationales Unternehmen, welches die Dienstleistung autonomer Indoor-Drohnen anbietet, das speziell für Inventur und Bestandskontrollprozesse entwickelt wurde. Die Systeme kommen in mittel bis grosses, automatisiertes Lagern zum Einsatz. (Mugica & Kook, o. J.).
Die Wahl dieses Untersuchungsfelds ermöglicht einen realitätsnahen Eindruck von den Voraussetzungen und Herausforderungen, die sich bei der Einführung von Drohnenlösungen ergeben. Gleichzeitig können Erkenntnisse aus einem beruflichen Umfeld gewonnen werden, in dem Effizienz, Sicherheit und Datenqualität besonders hoch priorisiert werden. (Ten Hompel et al., 2020).

3.3 Datenerfassung und Analyse

3.3.1 Datenerfassung

Die Datenerhebung erfolgte mittels eines strukturierten Experteninterviews, das auf einem vorab erstellten Interviewleitfaden basierte. Die Leitfragen sind direkt aus der Forschungsfrage abgeleitet. Ich habe mir dabei verschiedene Themen vorgenommen, wie zum Beispiel technologische Voraussetzungen, Navigationssysteme und Sicherheitsanforderungen. Nicht zu vergessen ist die organisatorische Umsetzung. Die Mitarbeiterschulung und auch die Chancen und Grenzen, welche sich durch den Einsatz von Drohnen ergeben. Der strukturierte Ansatz stellte sicher, dass alle zentralen Themenbereiche systematisch behandelt wurden, während gleichzeitig Raum für detaillierte Nachfragen und spontane Erklärungen des Experten bestand. Das Interview wurde vollständig aufgezeichnet und anschliessend transkribiert, um eine präzise und aussagekräftige Auswertung der Datenanalyse zu ermöglichen.

Die Auswertung der Interviewdaten erfolgte mittels einer qualitativen Inhaltsanalyse. In einem ersten Schritt wurden Kategorien und Codes entwickelt, die die Aussagen des Experten strukturiert abbilden. Zu den Kategorien zählten technologische Faktoren wie Lokalisierungssysteme, Paketerkennungstechnik und KI-gestützte Auswertung. Die organisatorischen Rahmenbedingungen welche Flugzeiten und Prozessintegration beinhalten sowie sicherheitsrelevante Aspekte wie Kollisionsvermeidung und Notfallsysteme wurden im zweiten Teil behandelt.
Anschliessend wurden die entwickelten Codes mit theoretischen Konzepten und aus der wissenschaftlichen Literatur gewonnenen Erkenntnissen abgeglichen, um das Expertenwissen in einen übergeordneten Forschungskontext einzuordnen.
Mit diesem methodischen Ansatz werden sowohl die praktischen Erfahrungen aus der Studie als auch die im Forschungsstand identifizierten Anforderungen gezielt berücksichtigt. So entsteht ein umfassendes Bild der Voraussetzungen und Möglichkeiten von Drohnen in der Intralogistik. (Ten Hompel et al., 2020)

4 Ergebnisse

4.1 Interviewpartner und dessen beruflicher Hintergrund

Der Interviewpartner von der Verity verfügt über umfangreiche Erfahrung in der Entwicklung und Implementierung autonomer KI gesteuerte Indoordrohnen für die Intralogistik. Er arbeitet seit mehreren Jahren an praktische Anwendung dieser Systeme und begleitet international tätige Unternehmen bei der Einführung von Drohnenlösungen. Aufgrund seiner Tätigkeit besitzt er fundierte Kenntnisse über technische Anforderungen, betriebliche Abläufe und sicherheitsrelevante Aspekte beim Einsatz von Indoordrohnen. Seine Expertise basiert vor allem auf der praxisorientierten Umsetzung von Drohneninventuren und der Einbindung dieser Technologie in bestehende Lagerprozesse. Aufgrund dieser beruflichen Erfahrung verfügt er über einen tiefen Einblick in die Chancen, Herausforderungen und Erfolgsfaktoren des Drohneneinsatzes.

4.2 Verständnis von Drohnen in der Intralogistik

Drohnen werden vom dem Interviewpartner Tommaso als innovatives Werkzeug beschrieben, welches zur automatisierten Erfassung von Bestandsdaten genutzt wird. Sie übernehmen verschiedene Aufgaben, welche bisher zeitaufwändig, personalintensiv oder mit gewissen Sicherheitsrisiken verbunden waren. Sie können Regale in grossen Höhen erreichen, enge Gänge passieren und die KI kann die Bestände vollständig autonom dokumentieren. (Ten Hompel et al., 2020)
Hervorgehoben wird, dass Drohnen die Inventur und Bestandskontrolle zuverlässiger und unterbrechungsfreier durchführen können als manuelle Verfahren. Die Erfassung von Barcodes und Etiketten erfolgt komplett automatisch. Falls ein Barcode nicht gelesen werden kann oder ist er verdeckt, erkennt die KI dies automatisch und nimmt selbstständig zusätzliche Bilder auf. Diese Bilder werden dann anschliessend zur Datenauswertung genutzt. (Mugica & Kook, o. J.)
Der Interviewpartner betont, dass Drohnen nicht dazu gedacht sind, die Zahl der Mitarbeiter zu verringern. Sondern es sollte sie viel mehr entlasten. Ein weiters Ziel ist auch das die Mitarbeiter nicht mehr auf hohe Regale steigen müssen für ein Inventur. Dadurch können sich Mitarbeitende stärker auf wertschöpfende Tätigkeiten konzentrieren. Wie zum Beispiel die Fehlbestände zu analysieren. Welchen Prozess muss man verändern, um die Fehlbestände zu minimieren.

4.3 Implementierung und technische Voraussetzungen

Damit Drohnen eingeführt werden können, muss ein technischer Rahmen geschaffen werden, der klar strukturiert ist. Laut dem Interviewpartner gehören insbesondere optische Lokalisierungssysteme, welche an der Decke angebracht werden, klare Flugrouten, Lagerlayout und stabile Lichtverhältnisse zu den wichtigsten Voraussetzungen. In der Praxis fliegen Drohnen meist nachts oder ausserhalb der regulären Arbeitszeiten, um Kollisionen mit Mitarbeitenden zu vermeiden. Falls es Notwendigkeit besteht Tagesflüge zu machen, muss eine Mindesthöhe von Minimum 2 Meter eingehalten werden. Diese Vorgehensweisen erhöhen die Sicherheit und reduziert Störungen im laufenden Betrieb.
Ein zentraler Aspekt ist die Implementierung von Drohnen in die bestehende Informationstechnologie-Infrastruktur. Die gesammelten Daten müssen reibungslos an das Lagerverwaltungssystem übermittelt werden, damit sie zeitnah genutzt werden können. (Ten Hompel et al., 2020)

4.4 Unterschiede zu traditionellen Bestandsmethoden

Im Vergleich zu herkömmlichen Inventurverfahren bieten Drohnen deutliche Vorteile. Während für manuelle Inventuren oft mehrere Mitarbeitende und Hilfsmittel wie Leitern oder Flurfahrzeuge notwendig sind, können Drohnen denselben Prozess in deutlich kürzerer Zeit bis zu 20-mal schneller erledigen. Ein zusätzlicher positiver Faktor ist, dass die Mitarbeiter keine körperliche Belastung mehr haben. (Mugica & Kook, o. J.) Die Drohnen sind mit Sensoren zur Abstandsmessung ausgestattet und können selbst in engen Gängen bis zu 1.1 Meter sicher navigieren (Del Re et al., 2024)
Laut dem Interviewpartner sind Drohnen zudem viel flexibler einsetzbar als Arbeitnehmende. Sie sind nicht an Bodenwege oder feste Transportstrukturen geknüpft. Sie brauchen auch keine Hilfsmittel, um extreme Höhen zu erreichen. Dazu können Sie jederzeit für Kontrollflüge eingesetzt werden.

4.5 Herausforderungen und Lösungsansätze

Bei der Einführung von Drohnen müssen viele Herausforderungen gemeistert werden. Dazu zählen die anfänglichen Investitionskosten, die insbesondere für kleinere Unternehmen und Firma in Dritt Weltstädten eine Hürde darstellen können. Der Grund dafür ist, weil sie zu klein sind oder das Lohnniveau tiefer ist. (Ten Hompel et al., 2020)
Die Integration in bestehende IT-Systeme kann komplex sein, da viele verschiedene Faktoren berücksichtigt werden müssen. Dazu gehören die Datenformate, Schnittstellen und Prozesse, die aufeinander abgestimmt werden müssen.(Martin, 2011)
Ein weiterer zentraler Punkt ist die Betriebssicherheit. Die Sicherheitszonen in den Lagerhäusern sind von grosser Bedeutung und notwendig, um einen sicheren und erfolgreichen Einsatz der Drohnen zu gewährleisten. (Del Re et al., 2024)
Der Interviewpartner betont jedoch, dass diese Herausforderungen lösbar sind: Unternehmen müssen klare Prozessabläufe definieren, allgemeine feste Flugzeiten haben und ihre Mitarbeitenden systematisch schulen.

4.6 Einfluss organisatorischer Faktoren

Damit Drohnen im Alltag erfolgreich eingesetzt werden können, ist eine strukturelle Organisation im Unternehmen wichtig. Ausserdem muss das Unternehmen bereit sein, die Technologie weiterzuentwickeln, um neue Technologien in der Firma zu implementieren. Die Firma, welche ihre Mitarbeitenden frühzeitig einbeziehen und klare Rollen definieren, können die Vorteile der Drohnenlösung schneller nutzen. (Klumpp et al., 2022)
Drohnen sind besonders effektiv in grossen Unternehmen, welche eine Mindestfläche von 5000 m^2 haben und welche auf eine hohe Datenqualität angewiesen sind und ständige Bestände Aktualisierung. (Mugica & Kook, o. J.)

5 Diskussion

5.1 Praxisorientierte Gestaltung des Drohneneinsatzes in der Intralogistik

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigen, dass der Einsatz von Drohnen in der Intralogistik ein Vorgehen erfordert, das praxisnah und an den betrieblichen Alltag angepasst ist. Der Interviewpartner betont, dass Drohnen nicht eine eigenständige technische Lösung sind, sondern als Teil vorhandener Lagerprozesse. Eine schrittweise Vorgehensweise ist wichtig, bei der Drohnen zunächst für klar definierte Aufgaben wie Inventur und Bestandskontrolle eingesetzt werden.
Diese Erkenntnisse decken sich mit der Fachliteratur. Sie betont, dass digitale Technologie nur dann erfolgreich ist, wenn sie einen eindeutigen operativen Nutzen aufweist und auch sinnvoll in bestehende Prozesse integriert wird. (Ten Hompel et al., 2020). Der Interviewpartner betont jedoch, dass die genannten Herausforderungen lösbar sind: Unternehmen müssen klare Arbeitsprozesse definieren, feste Flugzeiten festlegen und ihre Mitarbeitenden systematisch schulen.

5.2 Zentrale Voraussetzungen und Kompetenzen

Die Analyse demonstriert, dass der effektive Einsatz von Drohnen nicht allein von technischen Gegebenheiten abhängt, sondern in erheblichem Masse auch von organisationalen und personellen Faktoren abhängt. Neben einer stabilen technischen Infrastruktur sind insbesondere technisches Grundverständnis, Verantwortungsbewusstsein und Interpretation Fähigkeiten von zentraler Bedeutung. (Klumpp et al., 2022)
Es gibt eine klare Veränderung der Rollen der Mitarbeitenden. Statt manuelle Inventurtätigkeiten auszuführen, werden Überwachungsaufgaben für Drohnenflüge, die Kontrolle der Datenqualität und die Analyse der erfassten Informationen übernommen. Für diese Veränderung sind zielgerichtete Schulungen sowie klar definierte Verantwortlichkeiten innerhalb der Organisation erforderlich.

5.3 Herausforderungen und Barrieren bei der Implementierung

Trotz des grossen Innovationspotenzials von Drohnen gibt es bei der Einführung einige Herausforderungen. Eine zentrale Barriere sind die anfänglichen Investitionskosten, welche man tätigen muss. Diese Zusatzkosten können für kleinere und mittlere Unternehmen eine Hürde darstellen. (Ten Hompel et al., 2020)
Darüber hinaus zeigt sich, dass die Integration von Drohnensystemen in bestehende IT-Umgebungen mit einem bestimmten Aufwand verbunden ist. Um einen stabilen und effizienten Betrieb sicherzustellen, müssen Datenformate, Schnittstellen und Prozessabläufe aufeinander abgestimmt werden. (Martin, 2011)
Ein weiterer entscheidender Punkt ist die Betriebssicherheit. Auch wenn moderne Drohnen über eine automatische Hinderniserkennung sowie ein stabiles Flugkontrollsystem verfügen, sind klare Betriebsregeln Standard dazu gehören auch definierte Flugzeiten und Sicherheitszonen, um Risiken für Mitarbeitende zu minimieren. (Del Re et al., 2024)

5.4 Einfluss der Lagerstruktur auf den Drohneneinsatz

Die Ergebnisse zeigen, dass sich der Nutzen von Drohnen stark nach der jeweiligen Lagerlayout richtet. Grosse Lager mit Hochregalen und einer hohen Artikelvielfalt haben besonders stark von automatisierten Prozessabläufen bei der Inventur profitiert. Der Grund dafür ist das manuelle Verfahren dort sehr zeitaufwendig und fehleranfällig sind. (Mugica & Kook, o. J.)
In kleineren Lagern oder Betrieben, in denen nicht so viel bewegt wird, sind die Drohnen nicht rentabel. Im Interview wird klar, dass Drohnen insbesondere dort vorteilhaft sind, wo eine hohe Relevanz der aktuellen Bestandsdaten erforderlich ist.
Drohnen dürfen nicht als universelle Inventurlösung betrachtet werden. Stattdessen müssen sie immer an die konkreten betrieblichen Rahmenbedingungen angepasst werden. (Ten Hompel et al., 2020)

5.5 Schlussfolgerungen

Diese Arbeit kommt zu dem Ergebnis, dass Drohnen in der Intralogistik in erheblichem Masse zur Steigerung der Effizienz und zur Verbesserung der Arbeitssicherheit führt. Die Datenqualität wird auch erheblich verbessert. Insbesondere erweisen sich praxisorientierte und stufenweise Einführungskonzepte als zielführend. Der Grund dafür sind technische, organisatorische und personelle Aspekte, welche alle berücksichtigt werden müssen. (Mugica & Kook, o. J.)
Die Ergebnisse zeigen, dass Drohnen kein einzelnes Hilfsmittel sind, sondern ein Teil des gesamten digitalen Logistikkonzepts. Unternehmen können davon profitieren. Aber nur, wenn sie bereit sind Prozesse anzupassen. (Ten Hompel et al., 2020).
Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass der erfolgreiche Einsatz von Drohnen in der Intralogistik weniger von der reinen Technologie abhängt. Vielmehr hängt er von der organisatorischen Umsetzung und der Akzeptanz im Unternehmen ab. Werden diese Voraussetzungen erfüllt, können Drohnen einen nachhaltigen Beitrag zur Weiterentwicklung der modernen digitalen Intralogistik leisten.

6 Verzeichnisse

6.1 Literaturverzeichnis

Del Re, A., Kämper, N., Schoch, A., & Scheele, P. (Hrsg.). (2024). *Unbemannte Luftfahrtsysteme: Zivile Drohnen im Spannungsfeld von Wirtschaft, Recht, Sicherheit und gesellschaftlicher Akzeptanz*. Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-43719-0

Göpfert, I. (Hrsg.). (2022). *Logistik der Zukunft—Logistics for the Future*. Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-37444-0

Henkel, L., Krug, A., Küspert, S., & Zimmermann, B. (2023). *Digitalisierung der Lehre am Beispiel der Intralogistik*. Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-40159-7

Klumpp, M., Hanke, T., Ten Hompel, M., & Noche, B. (Hrsg.). (2022). *Ergonomie in der Intralogistik: Technische Innovationen, Umsetzungshürden und Praxisbeispiele*. Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-37547-8

Landrock, H., & Baumgärtel, A. (2018). *Die Industriedrohne – der fliegende Roboter: Professionelle Drohnen und ihre Anwendung in der Industrie 4.0*. Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-21355-8

Martin, H. (2011). *Transport- und Lagerlogistik: Planung, Struktur, Steuerung und Kosten von Systemen der Intralogistik* (8., überarbeitete und erweiterte Auflage). Vieweg+Teubner Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-8348-8106-9

Mugica, E. R., & Kook, K. (o. J.). *AI-Powered Warehouses: A New Era of Sustainable Inventory Management*.

Nattke, M. (2025). *Planung und Durchführung von Missionen autonomer Drohnen im Schwarm*. Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-47725-7

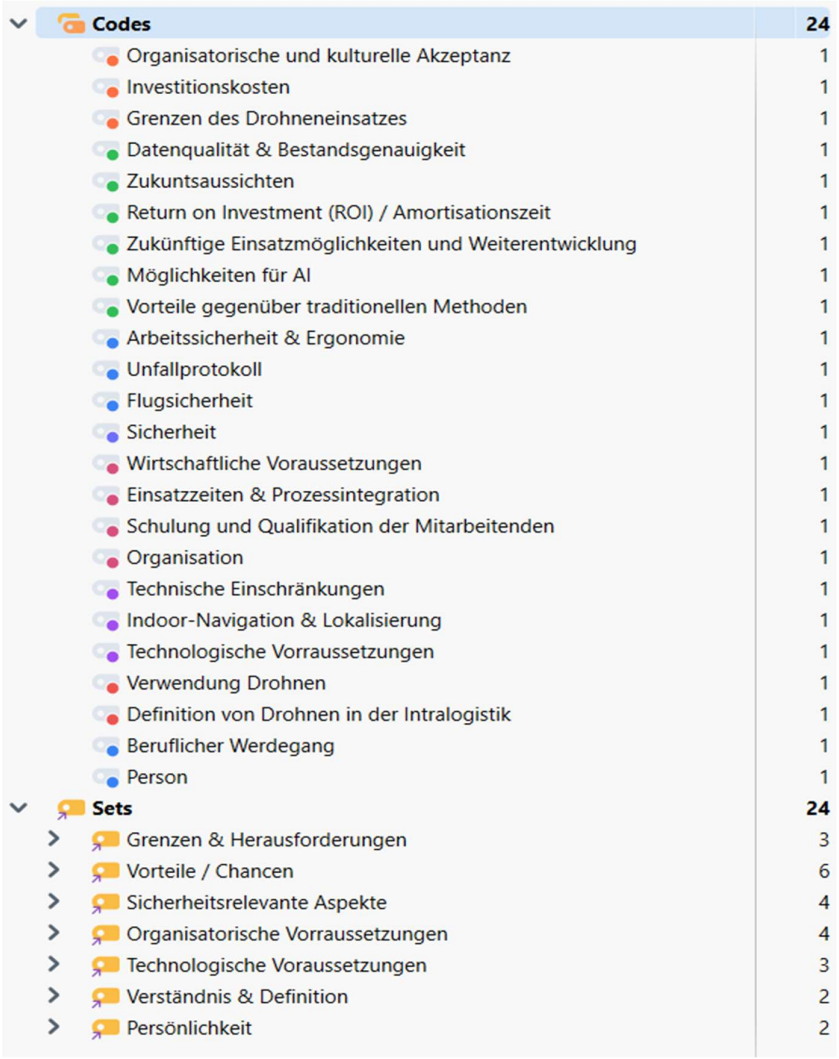
Schulze, H. (2025). *Ökologische Effekte durch Drohnen: Analyse von Einflussfaktoren für nachhaltige Logistiklösungen im Gesundheitswesen*. Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-70921-4

Ten Hompel, M., Bauernhansl, T., & Vogel-Heuser, B. (Hrsg.). (2020). *Handbuch Industrie 4.0: Band 3: Logistik*. Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58530-6

Ullrich, G., & Albrecht, T. (2023). *Fahrerlose Transportsysteme: Die FTS-Fibel - zur Welt der FTS/AMR - zur Technik - mit Praxisanwendungen - für die Planung - mit der Geschichte*. Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-38738-9

7 Anhang

7.1 Coding Struktur und Einteilung in Sets (Kategorien) in MAXQDA



7.2 Interview with Tommaso Portaluri – Verity AG (November 2025)

Conducted by: Marc Iseli
Date: November 5, 2025
Location: Microsoft Teams
Company: Verity AG, Zurich, USA
Interviewee: Tommaso Portaluri, Grant Coordinator & Sustainability Lead

Marc: How did Verity start and what inspired its technology?

Tommaso Portaluri: Verity started as a spin-off from research on autonomous flight and indoor localization technology. Our early work focused on enabling drones to fly safely and precisely in spaces where GPS does not work. Initially, this technology was used for live entertainment, thinking of large-scale drone shows for artists such as Céline Dion or Metallica, where precision and synchronization were crucial. Over time, we realized that this same technology could solve real

industrial problems. Many logistics and manufacturing companies struggle with inventory accuracy and labor shortages. The ability to automate data collection in warehouses became a natural evolution of our work. That realization led us to focus on developing autonomous indoor drones for industrial applications.wle

Marc: What is your position in the company and what is the core task of your company?

Tommaso Portaluri: I serve as the Grant Coordinator and Sustainability Lead at Verity. My role combines two key areas: securing and managing research and development funding and ensuring that our operations align with sustainability goals. I also manage academic partnerships and university collaborations. The core task of Verity is to provide autonomous drone systems that solve the problem of indoor localization in GPS-denied environments. Our drones automate warehouse inventory by scanning, identifying, and comparing physical stock with digital data, providing accurate real-time insights for our clients.

Marc: For which specific tasks are drones used or tested in your intralogistics (e.g., inventory, stock control, transport)?

Tommaso Portaluri: In intralogistics, our drones are primarily used for automated inventory management. They autonomously navigate through the warehouse aisles, scanning barcodes and comparing the collected data with the information stored in the warehouse management system. The main objective is to identify items that are missing, misplaced, or incorrectly recorded. The system supports both continuous cycle counting, which involves regular checks of selected storage areas, and full wall-to-wall inventory, in which the entire warehouse is scanned and verified. At this stage, we do not use drones for the physical transportation of goods. Our focus is on data collection, accuracy, and providing a reliable digital representation of the warehouse inventory.

Marc: What are the advantages over conventional methods such as manual inventory or forklift transport?

Tommaso Portaluri: The advantages of drone-based inventory management are substantial. Our drones can complete inventory tasks up to twenty times faster than a manual team, which significantly increases operational efficiency. They also improve safety, as employees no longer need to work at height or operate heavy equipment simply to scan barcodes. This reduction in physical risk is one of the benefits that warehouse staff appreciate the most. From an economic perspective, drones lower costs by reducing the amount of manual labor required for repetitive and time-consuming counting activities. In addition, they provide a level of consistency and accuracy that is difficult for humans to achieve, as scanning errors and misplaced items are largely eliminated. The result is a much more reliable inventory process that gives companies accurate, up-to-date data for better planning and decision-making

Marc: Are there any limitations or activities where drones cannot currently be used economically or technically?

Tommaso Portaluri: There are some technical and economic limitations to consider. From a technical standpoint, our drones need aisle widths of at least 1.1 meters to maintain a clear line of sight with the reflective ceiling markers that guide their navigation system. In very tall buildings, particularly those exceeding 25 meters in height, localization becomes more challenging because the precision of optical tracking decreases with distance. From an economic perspective, the benefits of drone automation are most pronounced in regions with higher labor costs, such as Switzerland, Germany, and the Nordic countries, where automation quickly leads to measurable savings. In regions where labor costs are significantly lower, manual inventory counting can still be more economical. Generally, we implement our systems in warehouses larger than 5,000 square meters, as this size provides the scale necessary for automation to deliver a strong return on investment.

Marc: What technologies and sensors does your system use for navigation, obstacle detection, and data collection in enclosed spaces?

Tommaso Portaluri: Our system brings together several advanced technologies that allow drones to operate safely and accurately in complex indoor environments. Each drone is equipped with three main cameras. The first is an upward-facing optical camera that detects reflective markers on the ceiling, which are used to determine the drone's exact position within the warehouse. The second is a forward-facing camera that captures images of barcodes and labels on pallets or shelves. The third is a time-of-flight depth camera that measures distance and identifies potential obstacles in the environment. By combining these sensors, the drones can navigate precisely and maintain millimeter-level accuracy during flight. Artificial intelligence also supports the image-capture process by deciding when additional photos are needed. For instance, if glare from plastic wrap prevents a barcode from being read clearly, the system automatically takes extra pictures from different angles until a reliable scan is achieved.

Marc: How reliable is positioning without GPS, and what technical challenges exist in indoor operation?

Tommaso Portaluri: Positioning indoors without GPS is highly reliable with our system. The drones use an optical localization method that enables them to determine their position with millimeter-level precision. This accuracy is achieved through constant visual tracking of reflective markers installed on the ceiling, which serve as reference points for navigation. The main technical challenge occurs in very narrow aisles, where the drones may have a limited view of these markers. To maintain safety and operational efficiency, we usually schedule flights during non-working hours or restrict operations to specific aisles. In facilities that operate continuously, we configure the drones to fly only above two meters so that they can function safely without coming into contact with employees or equipment.

Marc: How is the collected data processed and integrated into existing systems such as ERP, SAP, or warehouse management systems?

Tommaso Portaluri: After each flight, the drones automatically upload their data to our cloud-based platform. The platform compares the collected images and barcode data to the records in the warehouse management system (WMS). It then generates detailed reports that highlight discrepancies, such as missing or misplaced pallets. Customers access this information through a web dashboard, where they can visualize results, filter errors, and monitor warehouse performance over time. While we don't directly integrate with ERP systems like SAP, our system interfaces seamlessly with most WMS platforms.

Marc: What organizational or safety-related adjustments were necessary to integrate drones into warehouse operations?

Tommaso Portaluri: The integration of our drone system into warehouse operations is straightforward and requires only minimal adjustments to existing workflows. Most warehouses choose to schedule drone flights during off-hours when no staff are present, ensuring that the system operates safely and efficiently without disrupting daily activities. In facilities that run continuously, we can restrict drone activity to specific aisles or program them to fly exclusively above two meters, preventing any interference with employees or equipment. Because our technology is used entirely indoors, it is not affected by the complex regulations that apply to outdoor aviation. This makes deployment and day-to-day operation much simpler, allowing companies to adopt the technology quickly without major changes to their infrastructure or safety procedures.

Marc: What happens in the event of accidents, and what measures are in place?

Tommaso Portaluri: After each flight, the drones automatically upload all collected data to our secure cloud platform for processing and analysis. The platform organizes and evaluates the captured images and barcode information, comparing them with the existing records in the warehouse management system, or WMS. Through this comparison, it identifies any inconsistencies such as

missing, misplaced, or incorrectly registered pallets. Once the analysis is complete, the system generates detailed reports and interactive dashboards that allow users to visualize the results clearly. Customers can review overall inventory accuracy, filter specific types of discrepancies, and track performance trends over time. Although our technology does not directly interface with enterprise resource planning systems such as SAP, it integrates seamlessly with most WMS platforms, ensuring a smooth and reliable exchange of real-time inventory data that supports continuous operational improvement.

Marc: How is cooperation between drones and employees organized to ensure safety and acceptance? Do employees need certain qualifications?

Tommaso Portaluri: Employee involvement is essential for the successful implementation of our technology. From the very beginning, we included warehouse staff in the process by providing hands-on training on how to use the dashboard, interpreting the data collected by the drones, and perform basic system checks. This practical learning approach gives employees valuable digital skills and helps them understand how automation supports their daily work. Rather than replacing workers, the drones take over repetitive and physically demanding tasks, allowing employees to focus on activities that add more value, such as data analysis, problem-solving, or process optimization. This shift not only increases overall efficiency but also improves job satisfaction, as staff members can contribute more strategically to warehouse operations. On average, it takes around six months for teams to become fully comfortable with the system and to integrate it naturally into their regular workflows.

Marc: What technical or legal conditions currently limit the widespread use of drones in industry?

Tommaso Portaluri: Now, there are very few legal or technical barriers to operating drones indoors. The main challenges are cultural and economic rather than regulatory. Implementing drone automation requires companies to rethink their existing inventory practices and move from occasional manual counting to a model based on continuous digital monitoring. While technology itself is already well developed and proven in practice, the level of acceptance and awareness still differs between industries and regions. Some companies are quick to embrace innovation, while others take longer to adjust their processes and mindset. As organizations continue to experience measurable gains in efficiency, accuracy, and safety, we expect the adoption of drone-based inventory systems to grow rapidly in the coming years.

Marc: What opportunities and developments do you see for the use of autonomous drones in industrial intralogistics over the next five years?

Tommaso Portaluri: I am convinced that the role of autonomous drones will grow far beyond simple inventory management in the coming years. Soon, these systems will support a wide range of warehouse functions, including safety inspections, sustainability reporting, and advanced operational analytics. For instance, drones will be able to detect damaged racks, identify potential safety risks, and monitor structural conditions that might otherwise go unnoticed. They will also analyze how efficiently space is being used and provide data-driven recommendations to optimize warehouse layouts and storage strategies. With the rapid advancement of artificial intelligence, particularly in large visual models, drones will increasingly be able to interpret the images they capture and transform them into meaningful insights. This evolution will enable managers to make faster, more informed decisions based on real-time visual data, turning drones into intelligent analytical tools rather than simple data collectors.

Marc: What opportunities does AI offer?

Tommaso Portaluri: Artificial intelligence is a fundamental part of our technology and plays a key role in every stage of drone operation. It governs how the drones navigate through complex environments, detect and avoid obstacles, and determine the most efficient flight paths to complete their tasks. Beyond navigation, AI is equally important in data analysis. It evaluates historical inventory information to identify patterns and predict where discrepancies are most likely to occur. This

predictive capability allows the system to prioritize specific items or locations based on their financial value or operational relevance, ensuring that the most critical areas are checked first. As technology continues to evolve, AI will transform drones from simple data-gathering tools into intelligent decision-support systems that contribute actively to warehouse management. In the long term, this integration of AI will enable warehouses to operate more autonomously, efficiently, and safely than ever before.

Marc: What is the typical return on investment or payback period for drone implementation?

Tommaso Portaluri: The payback period for implementing our drone system varies depending on the size, complexity, and location of the warehouse, but in most cases, clients recover their investment within the first year of operation. In regions where labor costs are lower, the return on investment may take slightly longer, typically between eighteen and twenty-four months. Regardless of location, the financial benefits are consistently strong. By reducing manual labor requirements, increasing inventory accuracy, and improving the overall quality and reliability of data, our system delivers measurable value in both the short and long term. Beyond the direct economic savings, many companies also benefit from safer working conditions, better resource allocation, and greater transparency in their logistics processes, all of which strengthen the business case for adopting drone-based inventory management.

Marc: What message would you like to share with companies considering drone automation?

Tommaso Portaluri: My advice to companies is to view automation not as a replacement for people but as a valuable opportunity to improve both efficiency and safety within their operations. Drones are ideally suited for repetitive, physically demanding, and time-consuming tasks that add little value when performed manually. By assigning these responsibilities to autonomous systems, employees gain the freedom to focus on more meaningful, analytical, and strategic activities that contribute directly to business improvement. Introducing drones is not simply a technological upgrade; it represents a broader cultural transformation toward data-driven and intelligent logistics management. Companies that embrace this change early are likely to see significant gains in productivity, workforce satisfaction, and long-term competitiveness.

8 Selbständigkeitserklärung

Ich bestätige, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der im Literaturverzeichnis angegebenen Quellen und Hilfsmittel angefertigt habe. Sämtliche Textstellen, die nicht von mir stammen, sind als Zitate gekennzeichnet und mit dem genauen Hinweis auf ihre Herkunft versehen.

Beim Verfassen der Arbeit habe ich das AI-gestützte Schreibwerkzeug ChatGPT zur Textoptimierung verwendet.

Ort, Datum:

Wimmis 21. 12. 2025

Unterschrift:

