abat consult

Freiraum für das Business von morgen.

WHITEpaper

Fliegen, zählen, optimieren: Inventur aus der Vogelperspektive

Wie KI und Drohnen den Aufwand einer Inventur um bis zu 90% reduzieren können.

© Halfpoint, stock.adobe.com

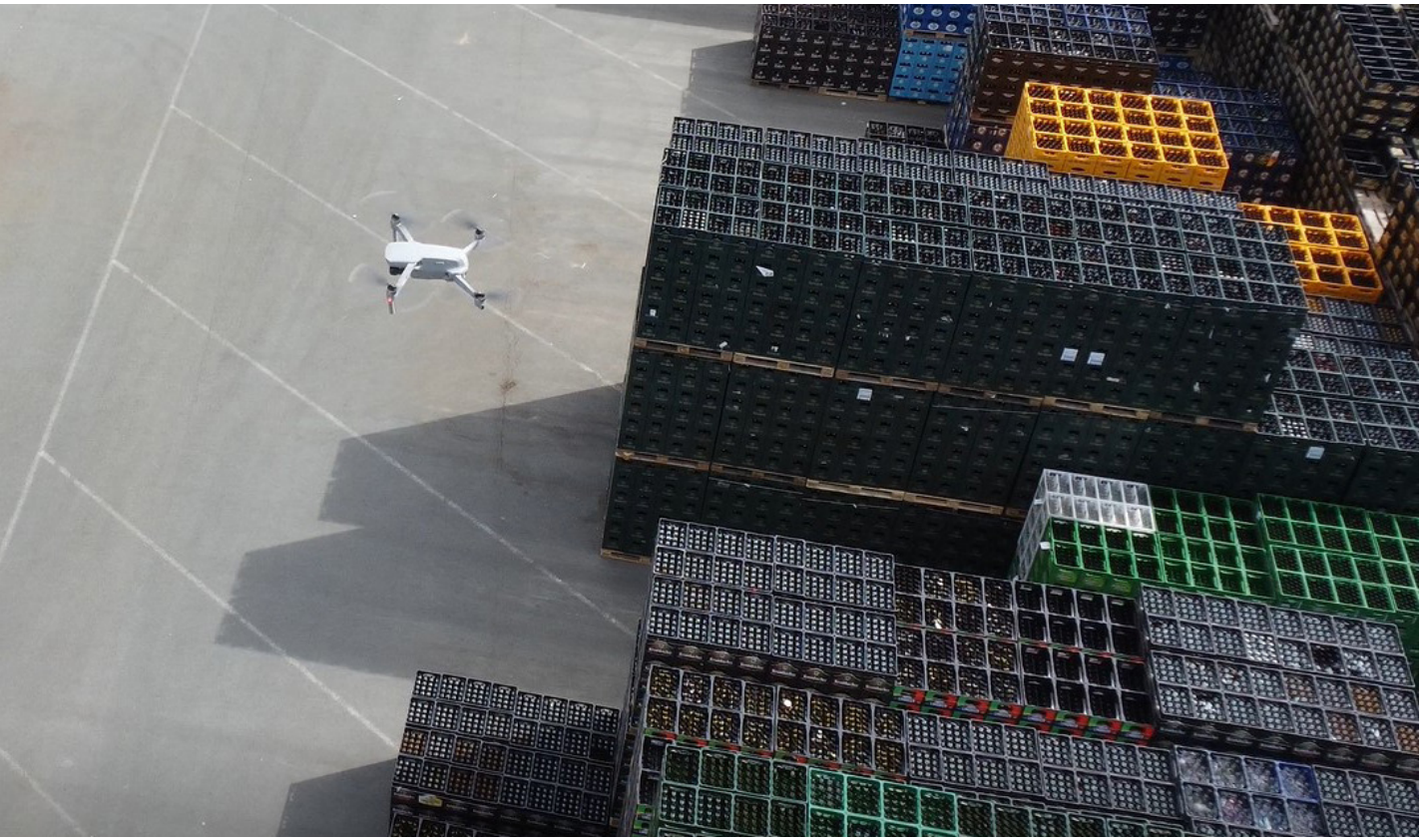
In diesem Whitepaper geht es um unseren Ansatz zur Automatisierung der Inventur. Dabei stellen wir Ihnen vor, wie unterschiedliche KI-Verfahren gezielt zum Einsatz gebracht werden, um auf manuelles Zählen zu verzichten und die Transparenz und Nachvollziehbarkeit einer Inventur gleichzeitig zu erhöhen.

AUTOR
RENÉ KESSLER

rene.kessler@abat.de

Lagerinventur

Die Lagerinventur ist in Unternehmen häufig ein manueller Prozess, der viele personelle Ressourcen für das Zählen der physischen Güter bindet und zudem den regulären Ablauf des Tagesgeschäfts stört. Das Problem: Eine Inventur ist nach §240 HGB gesetzlich vorgeschrieben und muss mindestens einmal im Jahr durchgeführt werden. Gleichzeitig kann die Inventur aber auch ein Instrument sein, um interne Prozesse zu steuern und für Transparenz im Unternehmen zu sorgen. So können Fehlbestände festgestellt und deren Ursachen nachgegangen werden, um beispielsweise Prozessabweichungen oder anderes Fehlverhalten auszuschließen.



Gerade in Betrieben mit vielen Warenbewegungen kann eine Inventur daher von Vorteil sein. Unternehmen stehen bei der Durchführung einer Inventur oder Bestandsaufnahme grundsätzlich in einem Konflikt zwischen Aufwand und Nutzen. Dies ist ein Grund dafür, dass in der Praxis bei unterjährigen Inventuren häufig mit Stichproben oder Teilinventuren gearbeitet wird, bei denen nur ein bestimmter Teil des Bestandes gezählt wird. Ein anderer, für die AnwenderInnen einfacherer Weg ist die Automatisierung der Inventur, also die Erfassung des aktuellen Bestandes ohne manuelles Zählen durch einen Menschen. Um dies zu realisieren, sind verschiedene Ansätze denkbar. Im Wesentlichen haben sich zwei unterschiedliche Ansätze etabliert.

Lokalisierung und Identifizierung von Produkten mit Hilfe von Sensoren

Werden Produkte mit Sensoren ausgestattet, können sie aus ihrer Umgebung (z.B. Lager) ausgelesen werden. In der Praxis werden hier häufig RFID-Tags zur Verfolgung von Produkten oder Ladungsträgern eingesetzt.

Gerade wenn diese Produkte aber eher schwer zugänglich sind, z.B. wenn sie in Hochregalen gelagert werden, gibt es Ansätze, mit einem RFID-Reader ausgestattete Drohnen einzusetzen, die RFID-Tags von Produkten und Ladungsträgern im Nahbereich auslesen können. Dieser Ansatz ist grundsätzlich funktionsfähig und bietet einige Vorteile, ist aber nicht auf alle Arten von Produkten anwendbar. In der Regel sind Produkte und Ladungsträger nicht mit RFID-Tags ausgestattet und in vielen Fällen würde der Aufwand für die Beschaffung und Anbringung der Tags den Nutzen übersteigen.

Ein weiterer Ansatz zur Identifikation von Produkten und Ladungsträgern ist das Auslesen von Produktkennzeichnungen wie Barcodes oder QR-Codes. Grundvoraussetzung hierfür ist allerdings, dass immer Etiketten vorhanden sind, die dann z.B. mit einer Drohne mit Kamera ausgelesen werden können. Grundsätzlich ist dies eine Lösung mit großem Potenzial und schnellen Erfolgen. Leider sind aber nicht alle Produkte mit Labels versehen oder diese sind für diese Produkte überhaupt sinnvoll einsetzbar.

Grundsätzlich lässt sich feststellen, dass der KI-basierten Bildverarbeitung gerade in der Logistik ein enormes Potenzial zugeschrieben wird, dieses aber im Falle der Inventur bisher kaum umgesetzt wird. Mit unserem Projekt, das wir gemeinsam mit unseren Partnern Getränke Essmann und Diephaus Betonwerk durchgeführt haben, haben wir nicht nur das Problem der manuellen Zählung prototypisch gelöst, sondern vor allem versucht, dieses Potenzial durch die Kombination von Drohnen und KI auszuschöpfen.

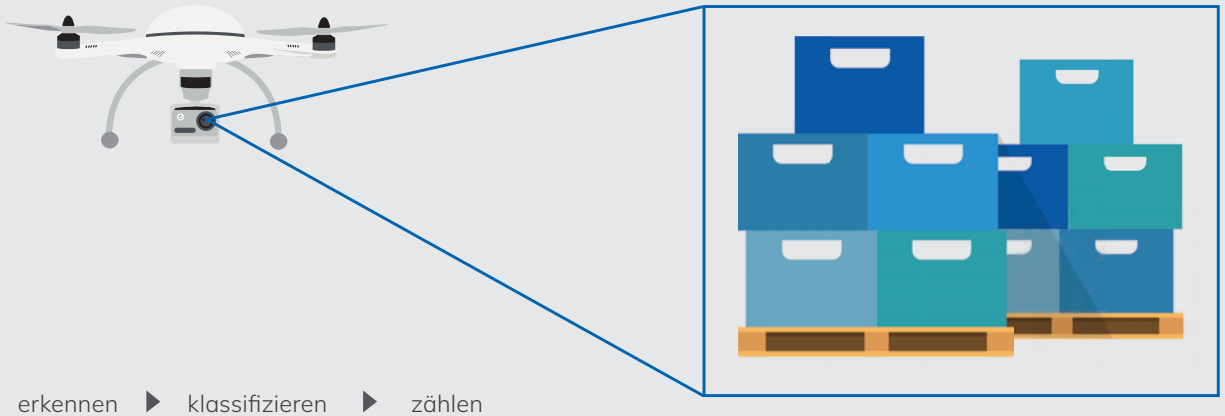
So funktioniert die KI-gestützte Inventur

Unsere Automatisierung der Inventur basiert auf Ansätzen, die eine visuelle Repräsentation des Produktes verarbeiten und so Produkte erkennen, klassifizieren und schließlich zählen:

Erkennung: Im ersten Schritt werden die Produkte zunächst auf einem Bild des Lagers erkannt. Dabei wird zwischen der Erkennung aus der Frontalansicht und aus der Vogelperspektive unterschieden. Beide Perspektiven werden verarbeitet, da sonst keine vollständige Zählung der Palettenstapel möglich ist.

Klassifikation: Nachdem Produkte auf einem Bild erkannt wurden, müssen diese klassifiziert werden, um festzustellen, welches Produkt aus dem Bestand identifiziert wurde. Dies ist notwendig, um einen Wert für die Inventur zu erhalten.

Zählung: Abschließend werden die erkannten und klassifizierten Produkte gezählt. Dabei werden beide Perspektiven berücksichtigt und die Ergebnisse miteinander verknüpft.



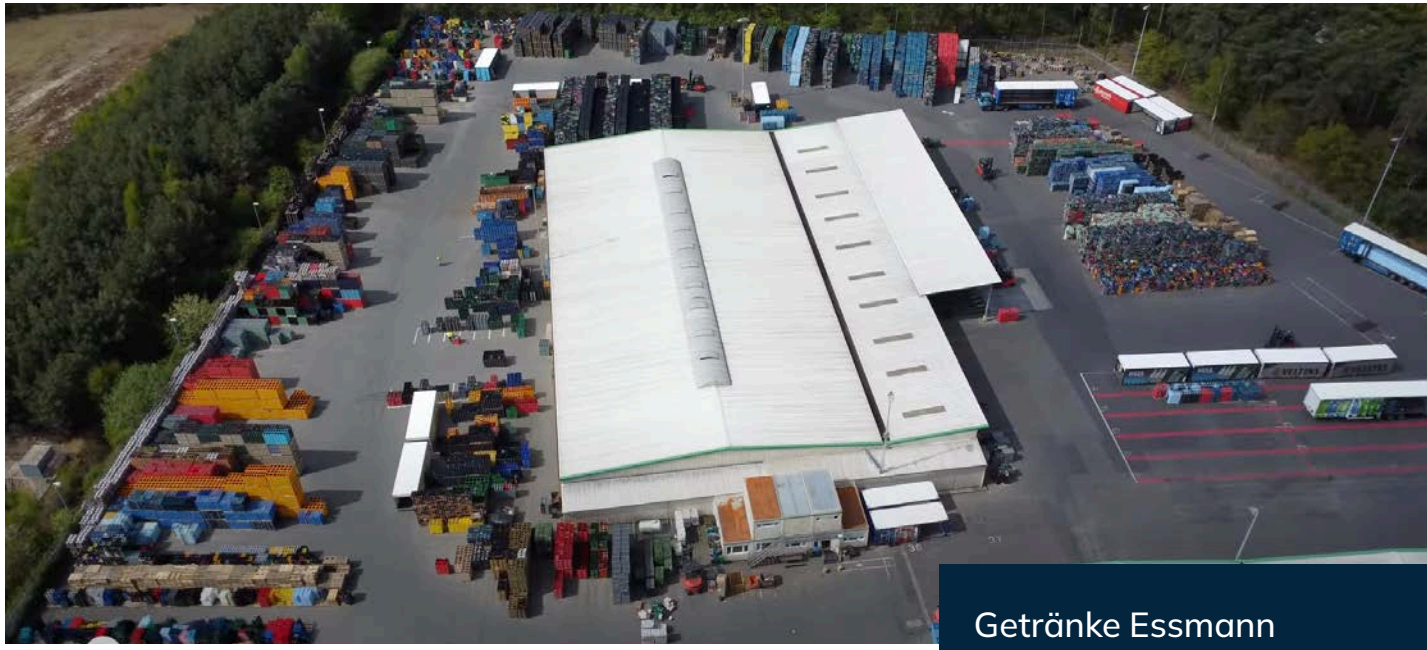
erkennen ▶ klassifizieren ▶ zählen

Unsere gemeinsame Umsetzung mit Getränke Essmann und Diephaus Betonwerk

Im Rahmen der Kooperation mit Getränke Essmann und Diephaus Betonwerk haben wir es uns zur Aufgabe gemacht, den Inventurprozess zu optimieren und komplett auf manuelle Zählungen zu verzichten.

Unseren beiden Partnerunternehmen ist gemeinsam, dass viele Produkte im Außenlager in Blöcken gelagert werden. Darauf haben wir uns im Rahmen der Implementierung zunächst konzentriert. In beiden Unternehmen wird die Inventur bisher manuell durchgeführt, d.h. es werden mehrere Teams von zwei bis drei Personen gebildet, die dann über die Lagerfläche gehen und die Produkte erfassen. Dabei werden die Anzahl der Paletten und das vorgefundene Produkt erfasst. Die Struktur des Lagers ist jedoch unterschiedlich: Während bei Getränke Essmann das gesamte Lager bei der Inventur gezählt wird, sind bei Diephaus Betonwerk alle Lagerplätze geocodiert und der Bestand wird lagerplatzbezogen gezählt.

Der Zählprozess bei beiden Unternehmen stellte auch die Rahmenbedingungen für das Entwicklungsprojekt dar. Ziel war es, eine Lösung zu realisieren, die den Warenbestand mit menschenähnlicher Genauigkeit erfassen kann und dabei ohne manuelle Zählaktivitäten auskommt. Daher wurde auf eine Kombination aus Drohne und KI-Algorithmen zur Objekterkennung gesetzt. Die prototypische Umsetzung erfolgt in mehreren Schritten. Zunächst müssen die Objekte (Paletten) auf den Bildern erkannt werden, dann müssen die erkannten Objekte lokalisiert werden und schließlich müssen sie klassifiziert werden, um den Paletten einen Wert zuweisen zu können. Im ersten Schritt haben wir uns dabei auf die Frontansicht der konzentriert und den Ansatz später auf die Draufsicht erweiter.



Getränke Essmann

Diephaus Betonwerk

Funktionaler Aufbau der Inventurlösung

Die Umsetzung unseres Inventuransatzes beginnt mit dem Aufbau einer umfassenden Datenbasis. Dazu werden Drohnenaufnahmen sowohl in der Frontansicht als auch in der Draufsicht unter möglichst realistischen Bedingungen durchgeführt. Diese umfassende Datensammlung bildet die Grundlage für das Training und die Optimierung der KI-Modelle.

Die gesammelten Bilder müssen zunächst vorverarbeitet werden. Dazu gehört beispielsweise das Beschneiden der Bilder oder das Annotieren, also das Markieren und Kategorisieren von relevanten Objekten oder Merkmalen in den Bildern.

Diese Vorbereitungsphase ist entscheidend, um die KI-Modelle effektiv trainieren zu können.

Die Basis für das Training bildet ein vortrainiertes, modernes KI-Modell zur Objekterkennung. Dieses Modell wird mit den kundenspezifischen Daten weiter optimiert, ein Prozess, der auch als Fine-Tuning bezeichnet wird. Die Auswahl der KI-Architektur und der Trainingsparameter erfolgt dabei in Abhängigkeit vom Anwendungsfall des Anwenderunternehmens.

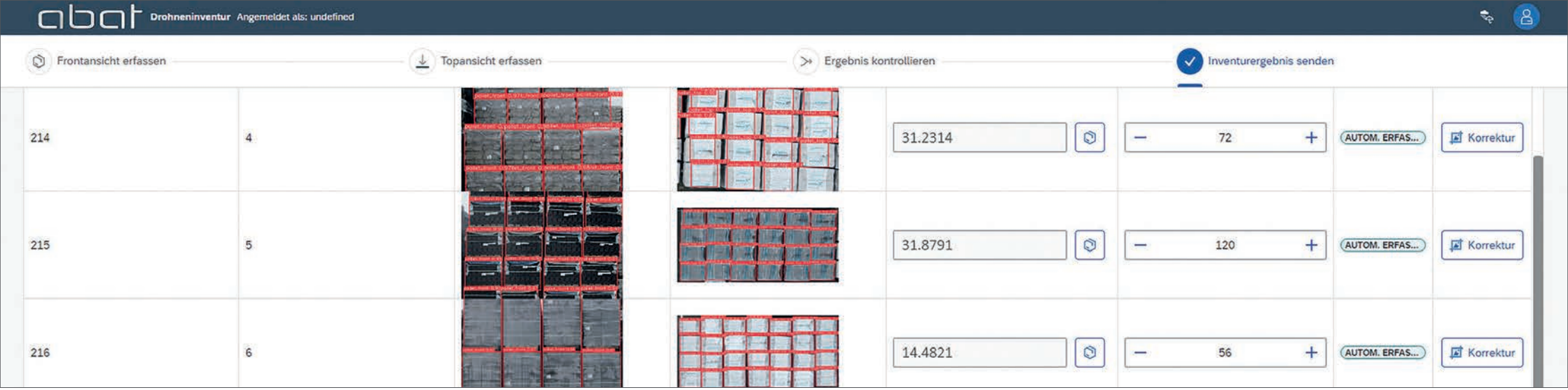
Auf Basis des trainierten Modells können verschiedene Verfahren der Bildverbesserung evaluiert werden. Dies können klassische Verfahren wie das Drehen oder Skalieren von Bildern sein, aber auch Verfahren, die realistische Bedingungen wie das Verhalten der Drohne oder Wettereinflüsse simulieren. Dazu können beispielsweise Kontrastveränderungen oder Perspektivtransformationen gehören. Mit Hilfe der Bildverbesserung können die Modelle robuster gemacht werden und gleichzeitig wird eine kleinere Datenbasis benötigt, um eine hohe Performance zu erreichen.

Trainieren separater Modelle für unterschiedliche Perspektiven

Für die Frontal- und die Vogelperspektive werden separate Modelle trainiert. Diese getrennten Modelle werden dann miteinander verbunden. Bei der Verarbeitung der Frontperspektive wird die implementierte Inventur-Anwendungslogik genutzt, um z.B. fehlende Objekte der ersten Lagerplatzreihe zu erkennen und die Ergebnisse der Objekterkennung zu validieren.

Neben der Objekterkennung wird auch eine Klassifikation der Produkte durchgeführt. Dies kann entweder über Produktkennzeichnungen wie Barcode, QR-Code oder OCR oder über die Klassifizierung der Objekte anhand optischer Merkmale erfolgen.

Durch die Verknüpfung von Draufsicht und Frontansicht können die Ergebnisse der verschiedenen KI-Modelle kombiniert und zu einem Inventurergebnis aggregiert werden. Auf diese Weise wird ein detaillierter, genauer und umfassender Überblick über das Inventar ermöglicht, der weit über das hinausgeht, was mit herkömmlichen Methoden erreichbar wäre.



Durchführung der Inventur und Anbindung an SAP

Alle unsere KI-Komponenten sind als einzelne Dienste nutzbar, die über einheitliche Schnittstellen angesprochen werden können, um Produkt- oder Lagerbilder zu analysieren. Zusätzlich steht eine Webanwendung zur Verfügung, mit der die Inventur gesteuert werden kann. Dabei können Inventurbelege aus dem SAP-System geladen und angezeigt werden.

Abhängig von den spezifischen Lagerbedingungen können die Drohnenbilder der zu erfassenden Lagerplätze auf unterschiedliche Weise erzeugt werden.

Dies ermöglicht eine flexible und maßgeschneiderte Anpassung der Methodik an die jeweiligen Gegebenheiten und Anforderungen.

1. Manuelle Routen: Eine Möglichkeit besteht in der Definition manueller Flugrouten, bei denen bestimmte Strecken manuell abgeflogen werden. Dies kann z.B. in komplexen Lagerumgebungen oder bei speziellen Anforderungen an die Bildaufnahme sinnvoll sein.
2. Fest definierte und wiederholbare Flugrouten: Alternativ können feste Routen definiert und programmiert werden, die dann von der Drohne automatisch abgeflogen werden. Dies gewährleistet eine konstante und wiederholbare Abdeckung des Lagerbereichs. Nach einmaliger Definition und erfolgreichem Abflug können diese Routen für zukünftige Inventuren wiederholt werden.
3. Dynamische Flugrouten auf Basis von Geokoordinaten: Wenn geokodierte Lagerplätze vorhanden sind, können Flugrouten auch dynamisch auf Basis dieser Geokoordinaten erstellt werden. Dies ermöglicht eine sehr genaue und zielgerichtete Erfassung spezifischer Lagerplätze und stellt eine effiziente Methode zur Bestandsaufnahme einzelner Lagerplätze dar, wenn keine Vollinventur erforderlich ist.

Obwohl der Einsatz von Drohnen eine effiziente und flexible Methode zur Bestandserfassung darstellt, kann es Situationen geben, in denen andere Techniken vorteilhafter sind. In diesen Fällen können z.B. fest installierte Kameras oder Kameras auf anderen Flurförderzeugen eingesetzt werden, um die erforderlichen Bilder zu erzeugen. Durch diese Kombination von Technologien kann eine maximale Flexibilität und Effizienz bei der Bestandserfassung erreicht werden.

Nach dem Hochladen der Bilder aus dem Lager in einen Inventurbeleg kann die automatische Analyse der Bilder gestartet und nach Abschluss auch kontrolliert und ggf. gesteuert werden.

Nach Abschluss der Zählung können die Inventurbelege wieder in das System übertragen werden. Neben der Steuerung der Inventur ermöglicht die implementierte Anwendung auch eine lückenlose Dokumentation der Inventur mit Bildern des Lagers zum Zeitpunkt der Inventur, was auch die Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse vereinfacht.

Potenziale und Einsatzbereiche

Zusammenfassend hat sich gezeigt, dass die manuelle Zählung während einer Inventur mit Hilfe von Drohnen und KI-Algorithmen weitestgehend automatisiert werden kann. Unsere Experimente und Tests haben gezeigt, dass die resultierenden Modelle in der Lage sind, Produkte mit hoher Zuverlässigkeit zu erkennen. Anstatt mehrere Teams manuell zählen zu lassen, würde bei Anwendung dieses Ansatzes nur eine Person als Drohnenoperator benötigt, um die Aufnahmen des Lagers zu machen. Die eigentliche Zählung würde von den KI-Modellen übernommen. Vergleicht man nun den Status Quo der manuellen Inventur mit der automatisierten Inventur anhand messbarer Zahlen, werden die Potenziale der Lösung besonders deutlich. Vergleicht man den personellen Aufwand für die Vorbereitung, Durchführung und Nachbereitung einer Inventur, so zeigt sich, dass durch den Einsatz einer Drohne in Kombination mit unseren KI-Modellen bis zu 90 % des Aufwands eingespart werden können.

Die größten Einsparungen ergeben sich bei der Automatisierung der Zählung: Statt Waren oder Produkte manuell zu erfassen, kann die Drohne (teil-)autonom durch das Lager fliegen, Fotos und Videos aufnehmen und die entstandenen Bilder anschließend ohne manuellen Aufwand automatisiert auswerten. Dabei zeigt sich, dass nur noch ca. 5 % der bisher benötigten Zeit benötigt wird. Ein weiterer großer Vorteil ist die Dokumentation der Analyse und der aufgenommenen Bilder (mit Zeitstempel). So kann jederzeit nachvollziehbar dargestellt werden, wie der Zustand des Lagers während der Durchführung der Inventur war – grundsätzlich kann damit eine lückenlose und verbesserte Dokumentation gewährleistet werden und darüber hinaus können notwendige Nachzählungen direkt in der Anwendung durchgeführt werden.

Unsere bisherigen Ergebnisse zeigen deutlich, dass die automatisierte Inventur mittels Drohnen und KI auf unterschiedliche Lagersituationen übertragbar ist. Dabei ist unsere Lösung nicht nur auf Außenblocklager beschränkt - durch Anpassung unserer Komponenten können auch andere Lager- und Produkteigenschaften abgebildet werden. Neben der Unterstützung verschiedener Lagertypen ermöglicht der modulare Aufbau des Ansatzes auch die Anbindung unterschiedlicher Systeme (sowohl SAP als auch Non-SAP).

Nächster Entwicklungsschritt: Von der 2D- zur 3D-Analyse mittels Photogrammetrie

Bisher konzentrierte sich unser Inventuransatz hauptsächlich auf 2D-Bilddaten. Zweidimensionale Bilder bieten zwar eine reichhaltige Informationsquelle für maschinelles Lernen und künstliche Intelligenz, sind aber in ihrer räumlichen Darstellungskomplexität begrenzt. Während sie auf einfache Weise wichtige Informationen wie Größe, Position und Identifikation von Objekten liefern können, haben sie Schwierigkeiten, räumliche Beziehungen und Tiefe adäquat darzustellen.

Um diese Einschränkung zu überwinden, wurde der Ansatz weiterentwickelt. Mit Hilfe der Photogrammetrie – einer Technik, bei der aus mehreren 2D-Aufnahmen 3D-Modelle berechnet werden – wurde der Schritt in die dritte Dimension vollzogen. Durch die Berechnung von 3D-Modellen aus 2D-Aufnahmen können nun detailliertere und umfassendere Analysen durchgeführt werden. Dabei werden gemeinsame Merkmale in den verschiedenen Bildern identifiziert und deren Position relativ zur Kamera berechnet. Mit diesen Informationen kann ein 3D-Modell, zum Beispiel eines Lagers, erstellt werden.

Ein wesentlicher Vorteil der 3D-Photogrammetrie ist die Möglichkeit, geocodierte Punktwolken mit 2D-Aufnahmen zu verknüpfen. Diese Verknüpfung ermöglicht eine präzise und detailgetreue Darstellung der realen Welt in drei Dimensionen. Geocodierte Punktwolken bestehen aus Millionen von Punkten, die jeweils eine Position im Raum und häufig auch eine Farbinformation enthalten. Durch die Kombination mit farbigen 2D-Bildern entsteht eine präzise 3D-Darstellung der Szene, die für eine Vielzahl von Anwendungen genutzt werden kann.

Neben dem Erkennen und Identifizieren von Objekten eröffnet der 3D-Ansatz auch die Möglichkeit, Schüttgüter zu erkennen, zu lokalisieren und zu vermessen. Die Vermessung von Schüttgütern war bisher eine schwierige und oft ungenaue Aufgabe, da die unregelmäßige Form und die unvorhersehbare Verteilung eine genaue Volumenbestimmung erschweren. Mit Hilfe der 3D-Photogrammetrie können nun detaillierte 3D-Modelle von Schüttgütern erstellt werden, die eine exakte Volumenberechnung ermöglichen. Grobe Schätzungen gehören damit der Vergangenheit an.

Die Integration des 3D-Ansatzes in bestehende Systeme und Anwendungen ist ebenfalls möglich. Dabei wird der 3D-Ansatz mit bereits vorhandenen Prozessen und Werkzeugen verknüpft, um einen nahtlosen Übergang und eine Optimierung der bestehenden Arbeitsabläufe zu ermöglichen. Besonders hervorzuheben ist die Anbindung an SAP EWM und WM, die eine tiefe Integration in bestehende Lagerverwaltungs- und Materialflusssysteme ermöglicht. Insgesamt bietet der 3D-Ansatz eine echte Weiterentwicklung und Optimierung der bestehenden Lösung.

5 Gründe für den Einsatz von KI in der Inventur
Hohe Präzision der Modelle
Zeiteinsparungen von bis zu 90 %
Transparenzsteigerung durch häufigere Inventurzyklen
Einfache Handhabung des Prototyps
Dokumentation und höhere Nachvollziehbarkeit

Hinweis auf Publikationen

Unter dem Titel „Using Camera-Drones and Artificial Intelligence to Automate Warehouse Inventory“ stellten wir unser Projekt auf dem internationalen KI-Symposium „AAAI 2021 Spring Symposium on Combining Machine Learning and Knowledge Engineering“ vor. Zu finden ist der Beitrag von René Kessler, Christian Melching, Ralph Göhrs und Jorge Marx Gómez unter: https://proceedings.aaai-make.info/AAAI-MAKE-PROCEEDINGS-2021/paper38.pdf

Zusätzlich findet man unseren Ansatz auch im „Praxishandbuch digitale Automobillogistik“ in einem von René Kessler, Markus Fischer und Stefan Rosenwald geschriebenen Buchkapitel mit dem Titel „DroSmarte Inventurprozesse – Wie durch den Einsatz von KI und Drohnen Prozesse optimiert werden können“.
Link:
https://www.springerprofessional.de/drosmarte-inventurprozesse-wie-durch-den-einsatz-von-ki-und-droh/25292442

ANSPRECHPARTNER

René Kessler
Data Scientist

rene.kessler@abat.de

ÜBER UNS

Die abat Gruppe, 1998 gegründet, ist SAP-Dienstleister, innovativer Softwareentwickler und Anbieter von Komplettlösungen für die softwaregestützte Prozessoptimierung – vor allem in den Kernbranchen Automotive und Diskrete Fertigung sowie in logistischen Prozessen und der Fertigungssteuerung. Mit unseren sechs Leistungsbereichen verschaffen wir Unternehmen den Freiraum, den sie für neue Ideen, effiziente Prozesse und zukunftsweisende Lösungen benötigen.

Im Leistungsbereich **consult** beraten und begleiten wir Sie in allen Phasen eines SAP-Projektes – von der Konzeption über die Implementierung bis zum Betrieb Ihres SAP-Systems. Dank abat **manufacture** erhalten Sie digitale Hochverfügbarkeitslösungen zur Produktionssteuerung im Bereich der komplexen Fertigungsindustrie. Mit abat **transform** bieten wir innovative und einzigartige Lösungen, die Sie besonders machen: von AI über Cloud bis zu X-Reality. Der Bereich **plm** hält übergreifende Prozessberatung bereit, mit dem Ziel, einen durchgängigen Datenfluss über PLM, ERP und MES zu erreichen. Angebote aus dem Bereich **protect** helfen Kunden dabei, Informationen zu schützen sowie Vertraulichkeit, Verfügbarkeit und Integrität in Geschäftsbeziehungen zu bewahren. Und schlussendlich beraten unsere Expert*innen des Bereichs **sustain** u.a. dazu, wie sich Nachhaltigkeit sowie die Berichterstattung darüber strategisch und strukturell im Unternehmen verankern lassen.

Über 900 Mitarbeitende in Bremen, München, Oberhausen, Oldenburg, St. Ingbert, Stuttgart und Walldorf sowie in North America (Puebla und Atlanta), Eastern Europe (Minsk und Vilnius) und Beijing (China) erwirtschafteten 2022 einen Umsatz von über 90 Millionen Euro. Zu den Kunden der abat Gruppe zählen u.a. Audi, BMW,Boehringer Ingelheim, Bosch, Brose, DHL, Ineos, MAN, Mercedes-Benz, nobilia, Porsche, Rolls-Royce, Tchibo, thyssenkrupp sowie Volkswagen.

abat | An der Reeperbahn 10 | 28217 Bremen | +49 421 43 04 60 | www.abat.de