

The logo for ECE, consisting of the letters 'ECE' in a bold, blue, sans-serif font, with a blue curved line underneath.The logo for REPLY CLUSTER, featuring a stylized orange and yellow figure resembling a person or a robot, followed by the text 'REPLY' in blue and 'CLUSTER' in orange below it.

# INTELLIGENTE INDUSTRIEROBOTER IM SHOPPINGCENTERBETRIEB

Mit Hilfe von künstlicher Intelligenz und maschinellem Lernen sind Roboter in der Lage, selbstständig Routinetätigkeiten durchzuführen. Zudem können sie audiovisuelle Informationen sammeln, um Schäden zu identifizieren und zu kategorisieren. Die Potenziale für gewerbliche Immobilien sind enorm.



# INHALTE

Einleitung	01-02
Aktuelle Methoden und Herausforderungen in der Erfassung sowie im Management von immobilienbezogenen Daten	03-05
Was kann ein Industrieroboter?	06-08
Entscheidung für ein Projekt mit Spot	09-10
Das Projekt: Anwendungsfälle für die ECE	11-16
Technische Umsetzung des Proof of Concept	17-18
Architektur	19-22
Zusammenfassung und Vision	23-24

# EINLEITUNG

Der Betrieb eines Shoppingcenters bringt durch die technische Gebäudeausstattung, die hohe Besucherfrequenz sowie die Größe der Immobilien einzigartige Herausforderungen mit sich. Mit angeschlossenen Parkhäusern ergibt sich bei Shoppingcentern schnell eine zu bewirtschaftende Gesamtfläche von über 100.000 m<sup>2</sup>. Dieser Betrieb ist in der Regel mit umfangreichen und arbeitsintensiven Tätigkeiten verbunden; begonnen bei planbaren Inspektions- und Funktionsroutinen mit Überprüfungen von physischen und mechanischen Schäden bis hin zu nicht planbaren, plötzlich auftretenden Aufgaben.

Der damit verbundene Aufwand, wie beispielsweise zeitintensive Begutachtung oder lange Laufwege, kann mittlerweile dank Robotern, künstlicher Intelligenz und maschinellem Lernen minimiert werden. Roboter sind in der Lage, selbstständig audiovisuelle Informationen zu sammeln, um Schäden zu identifizieren und zu kategorisieren, darunter auch die frühzeitige Erkennung physischer und mechanischer Schäden in Parkhäusern durch kognitive Datenverarbeitung. Kleine Schäden, die so entdeckt werden können, bleiben dem menschlichen Auge zum Großteil verborgen.

Je früher Veränderungen an Bauteilen identifiziert werden, desto besser kann man diesen potenziellen Schäden vorbeugen. Ausbesserungen des Fahrbahnbelags oder schadhafter Fugen sind ein gutes Beispiel, wie Stör- und Ausfallzeiten im Betriebsablauf reduziert werden können – ein entscheidender Einflussfaktor auf die Zufriedenheit aller Stakeholder eines Shoppingcenters.

Wie der Einsatz von Robotern im gewerblichen Immobilienbetrieb konkret aussehen kann, ist die Leitfrage der Zusammenarbeit von ECE und Cluster Reply.

Die ECE managt im Rahmen ihrer Center-Management-Tätigkeit im deutschsprachigen Raum insgesamt 102 Parkhausobjekte und -anlagen. Die vorausschauende Instandhaltung sowie der intelligente Betrieb von Immobilien spielen somit eine wesentliche Rolle, speziell für die Investoren sowie Eigentümer.

Cluster Reply ist ein Unternehmen der Reply Gruppe, das sich auf die Beratung und Systemintegration von Microsoft-Technologien spezialisiert hat. Seit 2020 ist Cluster Reply ebenfalls Partner des Robotik-Unternehmens Boston Dynamics, Hersteller des autonomen Laufroboters Spot. Cluster Reply identifiziert nun für den deutschen Markt relevante Anwendungsfälle des Roboters.

Ziel der Zusammenarbeit von ECE und Cluster Reply ist es, Mehrwerte des Einsatzes von Industrierobotern zu ermitteln und zu prüfen. Dieses Whitepaper fasst bereits erprobte und weitere mögliche Anwendungsfälle zusammen.

## GEMEINSAME INNOVATIONSERFAHRUNG



### Dr. Christian Schlicht, Director bei ECE Marketplaces

„Als europäischer Marktführer im Shoppingcenterbereich ist es im ständigen Interesse der ECE, die rund 200 Center technologisch und substanziell auf dem neuesten Stand zu halten. Die kontinuierliche Optimierung der internen und externen Prozesse im Sinne der Investoren, Mieter und Besucher ist eine weitere treibende Kraft.“

Dabei ist für die ECE ebenso klar, dass Digitalisierung und Innovation immer nur dann in Kollaboration vorangetrieben werden können, wenn mehrere Partner ihre jeweilige Expertise und Erfahrungen sinnvoll und produktiv ergänzen. Co-Innovation ist daher fest bei der ECE verankert.

Initial arbeiteten wir bereits mit dem Technologiepartner Reply erfolgreich im Bereich der Distributed Ledger Technologie (DLT) zusammen und entwickelten einen Blockchain-Showcase, der 2019 als „Best Practice Innovation“ des Zentralen Immobilien Ausschuss (ZIA) gewürdigt wurde.

Basierend auf dieser sehr erfolgreichen Kooperation entstand der Projektansatz, auch das vielschichtige und umfangreiche Thema Robotics im Betrieb von Shoppingcentern näher zu beleuchten und kollaborativ weiterzudenken.“

# AKTUELLE METHODEN UND HERAUSFORDERUNGEN IN DER ERFASSUNG SOWIE IM MANAGEMENT VON IMMOBILIENBEZOGENEN DATEN

Im Bereich der Immobilienverwaltung nimmt die Informationsqualität und -verfügbarkeit einen besonderen Stellenwert ein.

Investoren stellen hohe Transparenzanforderungen an beauftragte Gebäudeverwalter. Von Vergabeentscheidungen bis zu Verbrauchswerten gilt es, revisionssicher und langfristig zu dokumentieren. Noch wichtiger ist allerdings die lückenlose Dokumentation sämtlicher Prüfungen entsprechend der speziellen Betreiberverantwortung. Gebäudeverwalter sehen sich mehr denn je mit den Anforderungen nach einer umfänglichen, transparenten und digitalen Dokumentation von revisionssicheren und gesetzeskonformen Prozessinformationen konfrontiert. Erschwert wird diese Aufgabe durch die Tatsache, dass der Gebäudebetrieb immer ein Schnittstellenprodukt unterschiedlicher interner und externer Parteien darstellt: Aufgabe des Facility Managements ist es dabei, die Betreiberverantwortungsprozesse gezielt zu koordinieren und entsprechende Dokumentationen unterschiedlicher Partner gesammelt, qualitätsgesichert und manipulationssicher zu speichern. Doch die Realität sieht noch anders aus.

In den meisten Fällen findet die Datenerhebung vielfach noch auf analogem, traditionellem Weg statt. So werden Daten meist manuell erfasst, obwohl dies fehleranfällig, teuer, langsam und in abgelegenen oder gefährlichen Umgebungen äußerst unpraktisch ist. Infolgedessen haben viele Unternehmen Probleme mit der Datenverfügbarkeit und -konsistenz, auch in Hinblick auf die wichtigsten Geschäftskennzahlen.

Als Alternativen zur manuellen Erfassung haben sich bereits einige automatisierte Methoden entwickelt. Fest installierte Roboter, frühe Robotergenerationen und Drohnen können manuelle Aufgaben automatisieren. Auch Sensoren für das industrielle Internet der Dinge (IIoT) erlauben skalierende Analysen. Vor diesem Hintergrund lohnt ein vergleichender Blick auf die Lösungen, die für die genannten Anwendungsfälle ebenfalls in Frage kommen.

## INTERNES ODER EXTERNES PERSONAL SOWIE DIENSTLEISTER

Die Gebäudebestandserfassung in 2D oder 3D kann auch durch internes oder externes Personal sowie spezialisierte Dienstleister erfolgen. Gängige Methoden sind hier:

- Online Mess-System
- 3D-Laserscanner
- Indoor Mapping durch Trolley M6
- Flugdrohnen

Um diese Methoden auszuführen, wird viel Zeit benötigt – Zeit, die im besten Fall insbesondere für Aufgaben verwendet werden kann, die eine höhere Komplexität in sich tragen. Arbeitskosten könnten so gesenkt werden. Zudem lassen sich Wartungsarbeiten nur auf Grundlage von konsistenten, aktuellen und genauen Betriebsdaten vorhersagen und planen, was selten über einen langen Zeitraum durch Personal abgebildet werden kann.

## Drohnen

Ungebundene Drohnen haben eine eingeschränkte Akkulaufzeit. Gebundene Drohnen fliegen länger, aber ihre Reichweite und Manövrierfähigkeit sind durch die Fesselung eingeschränkt. Drohnen, die außerhalb der Sichtlinie (BVLOS) fliegen, benötigen zudem eine spezielle FAA-Freigabe.

## Stationäre und frühe mobile Roboter

Stationäre Roboter sind in ihren funktionalen Möglichkeiten eingeschränkt. Roboter auf Rädern oder Raupenroboter haben Probleme mit der Mobilität in engen Umgebungen und Bereichen mit Treppen, unebenem Gelände oder Schlamm.

## IIoT-Sensoren

Was die IIoT-Sensoren betrifft, so ist die Anschaffung und Implementierung in großer Zahl oft wirtschaftlich nicht rentabel und die batteriebetriebenen Modelle erfordern routinemäßige Inspektionen und Wartung.



Kevin Hawryluk,  
Microsoft Robotics Lead  
bei Cluster Reply

## WAS WÄRE WENN...?

„Wie würde sich ihr Business verändern, wenn Sie auf sämtliche erdenkliche Daten Zugriff hätten – für jeden Standort der Welt? Besonders in der heutigen Pandemie ist diese Fragestellung relevanter denn je. Es ist schwieriger geworden, die richtigen Experten am entsprechenden Ort zur entsprechenden Zeit zu haben.“

Schon jetzt sind alle notwendigen Komponenten für eine Alternative da: die Erstellung eines digitalen Zwillings Ihrer Assets. Je besser das Model ist, desto bessere Entscheidungen kann Ihr Team treffen. Zudem kann Ihr Personal sich mit Aufgaben beschäftigen, welche einen höheren Wert generieren als das Herumtragen eines Sensors.“

Die Grenzen der genannten Lösungen zeigen auf, wie notwendig eine ganzheitliche Herangehensweise ist. Eine Lösung die Datenerfassung, Visualisierung und Analytik miteinander verbindet, kann die Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit von Anlagen verbessern. Sie erfordert eine wiederholbare, zeitnahe, zuverlässige, kosteneffektive und skalierbare Datenerfassung, auch in entlegenen und schwer zugänglichen Bereichen, um die Effektivität von bestehenden Asset- und Enterprise Performance Management (APM/EPM) Lösungen zu erhöhen. Sie muss auch die blinden Flecken beseitigen, die Sicherheits- und Ausfallrisiken verbergen, indem entscheidungsrelevante Daten in Echtzeit konsolidiert werden.



# WAS KANN EIN INDUSTRIEROBOTER?

Industrieroboter können dank der permanenten Weiterentwicklung eine Vielzahl von Anwendungsfällen abbilden. Das Fundament dafür sind die steigende Rechenleistung und Sensorik, aber auch 5G und die Anbindung an Cloudsysteme. Roboter wie Spot von Boston Dynamics können an vielen, auch gefährlichen oder schlicht unzugänglichen Orten eingesetzt werden.

Spot ist ein wendiger, mobiler Roboter, der mit beispielloser Mobilität im Gelände navigiert und es ermöglicht, routinemäßige Inspektionsaufgaben und Datenerfassung sicher, genau und häufig zu automatisieren. Die Fähigkeiten von Spot zur Ferninspektion und autonomen Datenerfassung ermöglichen es, durch den Roboter das Ablesen von Messwerten zu automatisieren, Inventar zu verfolgen, Lagepläne zu erstellen und Aufgaben in Gefahrenbereichen zu übernehmen.

## SPOT-STECKBRIEF

### Abmessungen

Länge: 110 cm  
Breite: 50 cm  
Höhe (stehend): 84 cm  
Höhe (sitzend): 19,1 cm  
Nettogewicht: 32,5 kg

### Leistung

Typische Laufzeit: 90 Minuten  
Laufzeit im Standby: 180 Minuten  
Ladezeit: etwa 2 Stunden

### Nutzlast

Maximallast: 14 kg

Spot lässt sich mit variabler Sensorik ausstatten, welche es ermöglicht, ein hohes Spektrum an Use Cases abzudecken. So lässt sich, durch die Ausstattung von Spot mit einem Laserscanner, der Prozess der Erstellung und Aktualisierung digitaler Zwillinge automatisieren, indem eine präzise 3D-Punktwolke der Umgebung erstellt wird.

Mit umfassendem Zugriff auf Sensordaten kann Spot die prädiktive und präventive Wartung und Instandhaltung sowie die kontinuierliche Verbesserung unterstützen. Das einzigartig zielgerichtete Design des Roboters erlaubt es ihm, dort erfolgreich zu sein, wo Automatisierungsalternativen versagt haben.

Spot ist mit fünf Stereokameras ausgerüstet, welche für die lokale Navigation des Roboters genutzt werden. Diese eignen sich, durch die niedrige Qualität und den nach unten ausgerichteten Blickwinkel jedoch nur eingeschränkt für die Umsetzung von Anwendungsfällen, in denen anhand Computervision und AI (Artificial Intelligence) Objekte erkannt werden sollen.

Auf der Oberseite von Spot sind zwei T-Rail-Profile verbaut. Auf diesen lassen sich Sensoren anbringen, welche sich zum einem zur Datenerfassung des jeweiligen Use Cases, wie auch zum Verbessern der Navigation eignen. Zusätzlich kann so die Rechenleistung erweitert werden.

Bereits im Werkzustand zeigt sich die außerordentliche Mobilität von Spot. Standardmäßig ist der Roboter in der Lage, kollisionsfrei in einer gegebenen Umgebung von A nach B zu navigieren und sich omni-direktional zu bewegen. Dabei greift Spot auf mehrere Geh- und Traggangarten zurück. Eine Unterscheidung zwischen verschiedenen Arten von kollisionsfreien Umgebungen muss dabei nicht erfolgen: Spot vermeidet automatisch Hindernisse, balanciert und stellt sich auf physikalische Störungen ein. Neben der Navigation kann der Roboter auch autonom Aufgaben erfüllen, wobei zu jedem Zeitpunkt eine Fernsteuerung durch menschliche Bediener möglich ist.

Zusätzlich zum Werkzustand muss Spots Funktionalität erweitert werden. Mittels „AI on the Edge“ kann so die Navigation weiter verbessert werden. Die Anbindung an Cloudinfrastruktur und künstliche Intelligenz eröffnet, dank weiterer Datenverarbeitung, vielfältige Anwendungsfälle, begonnen bei Teleoperation und Flottenmanagement bis hin zu vorab entwickelten Routinen, die Spot zur Navigation und für den jeweiligen Use Case nutzt.

### PASSENDE AUFGABEN FÜR SPOT



Türen öffnen



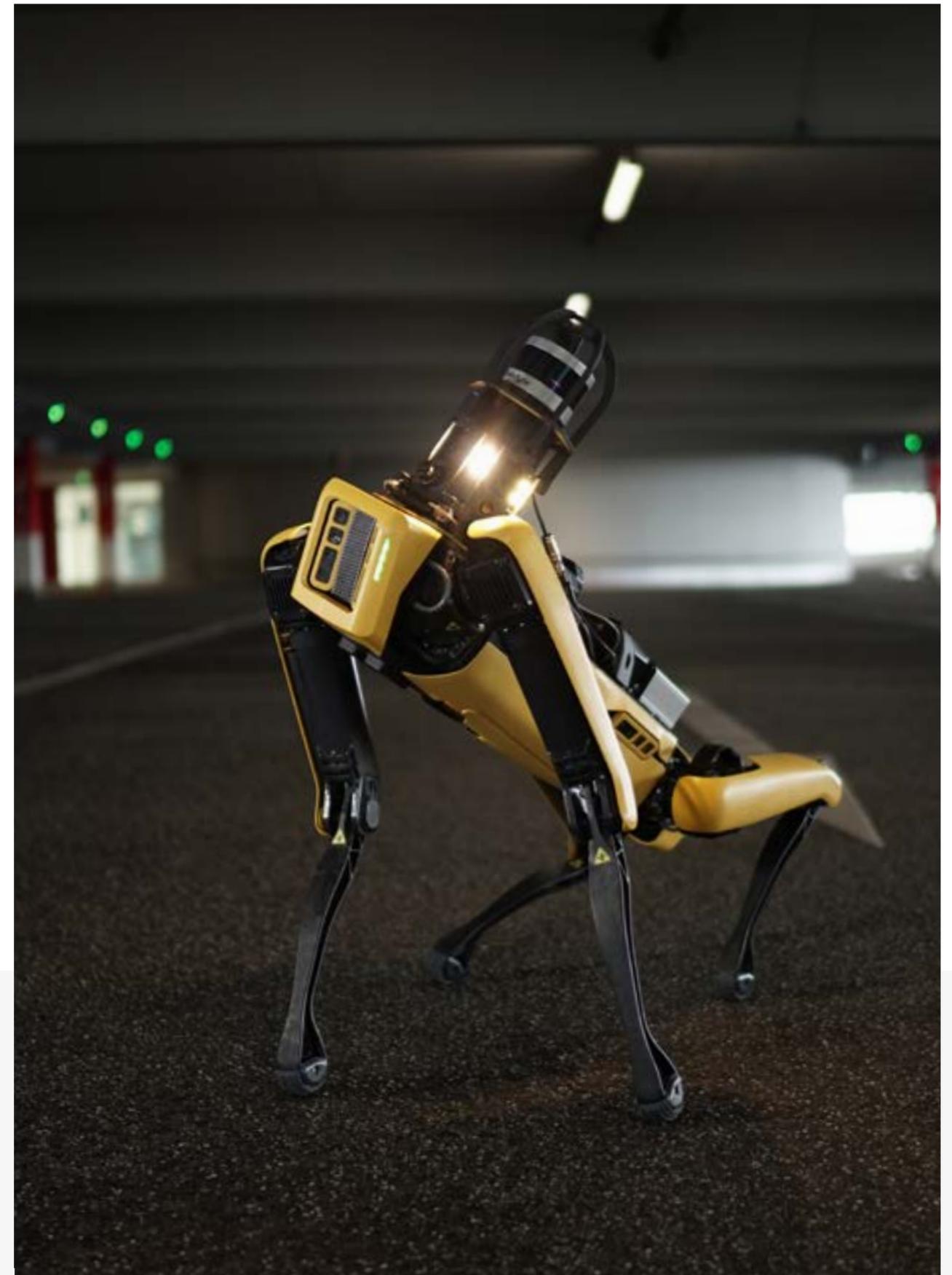
Treppen steigen



Fabrikhallen navigieren



An potenziell gefährlichen Orten manövrieren



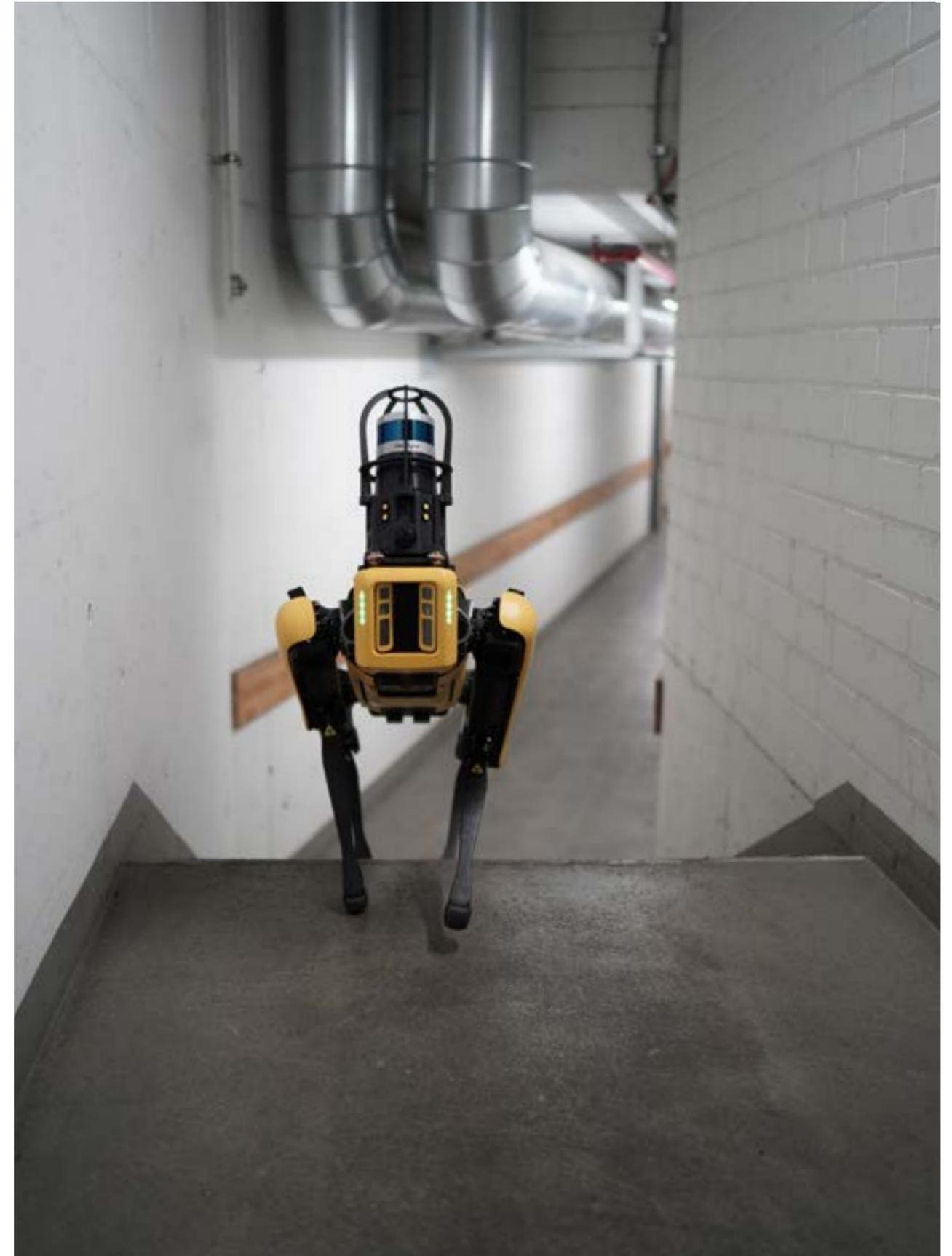
# ENTSCHEIDUNG FÜR EIN PROJEKT MIT SPOT

Ob Spot von Boston Dynamics der ideale Roboter ist, hängt vom jeweiligen Anwendungsfall ab. Bei jedem Projekt sollte eine Evaluation aller in Frage kommenden Robotik- und IoT-Alternativen erfolgen.

Die ECE und Cluster Reply haben sich im Rahmen dieser Zusammenarbeit und des Proofs of Concept (PoC) bewusst für den Spot-Roboter von Boston Dynamics entschieden – eine hoch performante Hardware, welche wie ein Schweizer Taschenmesser vielseitig einsetzbar ist und für eine Vielzahl von Use Cases die notwendigen Eigenschaften und Funktionen beinhaltet. Die Lösung muss mit Spot nicht zwingend in die „Produktion“ übernommen werden, erlaubt es aber in einer frühen Phase des Projekts zahlreiche Anwendungsfälle abzubilden. Die Alternative wäre die Anschaffung verschiedener Hardwaresysteme mit spezifischen Funktionen.

Durch die unzähligen Ausrüstungsmöglichkeiten des Roboters war es dem Projektteam bereits in einer frühen Phase möglich, eine Vielzahl von Anwendungsfällen im gewählten „Multi-Use-Case“-Ansatz abzubilden und auszuprobieren. Hierbei wurde iterativ die beste Lösungsmöglichkeit entwickelt. Für einen breiten, großflächigen Einsatz sollte eine erneute Evaluation stattfinden.

Um eine hohe Kompatibilität zu gewährleisten, wurde der Proof of Concept mit einem System als Middleware entwickelt: ROS (Robot Operating System). Somit kann ein alternatives Robotersystem genutzt werden, sollte in Zukunft beispielsweise das Treppensteigen dank intelligenter Aufzüge nicht mehr erforderlich sein.



# DAS PROJEKT: ANWENDUNGSFÄLLE FÜR DIE ECE

Die Assetklasse der Shoppingcenter ist komplex – einerseits gebäudeseitig, andererseits aufgrund der vielfältigen betrieblichen Abläufe. Aus Sicht von ECE und Cluster Reply lagen von Beginn an vielfältige Ansätze für den Einsatz von Industrierobotern vor.

Die Vorteile und Mehrwerte durch den Einsatz von Robotics können dabei kurz-, mittel- und auch langfristig entstehen. Im Rahmen der Zusammenarbeit von ECE und Cluster Reply sollten schnell realisierbare Anwendungsfälle identifiziert werden. Eine Evaluation ergab eine Reihe von möglichen Ansatzpunkten für einen PoC:

- 1 **„Sicherheit im Shoppingcenter“:** Als Shoppingcenterbetreiber unterliegt die ECE der sogenannten Betreiberverantwortung. Hier spielt die Verkehrssicherungspflicht innerhalb und außerhalb des Shoppingcenters eine zentrale Rolle. Um diese wahrzunehmen, sind entsprechende Bewachungs- und Inspektionsroutinen erforderlich, die u. a. durch die beauftragten Dienstleister sowie das Centerpersonal in regelmäßigen Abständen vorgenommen werden. Der Einsatz eines Spot-Roboters könnte bei den Routinen unterstützen und die Routinen in weniger frequentierten Bereichen sowie außerhalb der Öffnungszeiten selbstständig übernehmen. Zudem kann der Spot im Hinblick auf die sicherheitsrelevante Ausstattung eine sinnvolle Ergänzung sein, um die Wartungs- und Prüffristen beispielsweise an Feuerlöschern abzugleichen.
- 2 **„Schadensdetektion auf Parkflächen“:** Parkhäuser und -decks aus Stahl- oder Spannbeton zeigen nach längerer Nutzung verschiedenartige, für diese Bauwerke spezifische Schadensprozesse, die durch physikalische, chemische, biologische und mechanische Einwirkungen hervorgerufen werden können. Mögliche Schäden können zum Beispiel die Dauerhaftigkeit, Funktion oder auch das Tragwerk beeinträchtigen. Ein Spot-Roboter kann durch die installierte Technik Bauwerke prüfen, Schadensanalysen vornehmen und anschließend 100% digital dokumentieren. Dies hat eine hohe Relevanz für die prädiktive und präventive Instandhaltung der Gebäudesubstanz sowie von tragenden Bauteilen.



- 3 **„Aktuelles BIM-Modell für Shoppingcenter“:** Aktualisierungen umfassender Bestandsdaten von Gebäuden können derzeit nur sehr unregelmäßig erfolgen und sind aufgrund ihres Umfangs, ihrer Halbwertszeit und der Komplexität kosten- und zeitintensiv. Ein Spot-Roboter kann basierend auf LIDAR-Aufnahmen regelmäßig Daten zur Erstellung sogenannter BIM-Modelle liefern (Building Information Modeling), die relevanten Daten aufnehmen und aktualisieren und somit die Grundlage für den digitalen Zwilling legen.

## WIE ENTSCHIEDET MAN SICH FÜR DEN RICHTIGEN ANWENDUNGSFALL?

Anwendungsfälle sollten in Hinblick auf den erwarteten Return on Investment (ROI), sowie dem entstehenden Mehrwert betrachtet werden, zum Beispiel erhöhte Sicherheit, Zeitersparnis oder höhere Zufriedenheit von Stakeholdern.

Bei der Entscheidung muss außerdem berücksichtigt werden, welche **Limitierungen** die aktuell am Markt verfügbare Sensorik aufweist, beispielsweise die Spezifikationen einer Kamera: Autofokus, Rolling / Global Shutter, eine physisch mit dem Roboter kompatible Schnittstelle und die Steuerungsmöglichkeit mittels Software Development Kit (SDK).

Nicht zuletzt sollte auch der zusätzliche **Entwicklungsaufwand** in die Evaluation einfließen. Dieser kann gegebenenfalls von der unternehmenseigenen IT abgebildet werden. Falls nicht, muss das entsprechende Budget für Integrationspartner vorhanden sein.



Das Projektteam hat sich nach Abwägung der unterschiedlichen Varianten dazu entschlossen mit dem Use Case der Schadenserkennung an Parkflächen zu starten. Ein wesentlicher Aspekt ist hierbei, dass eine der größten Herausforderungen im laufenden Betrieb von Shoppingcentern die Aufrechterhaltung der baulichen Substanz, als auch die ordnungsgemäße Umsetzung der Betreiberverantwortung ist.

### FAKTEN ZU DEN PARKHÄUSERN DER ECE

Die ECE betreut in Deutschland und Österreich aktuell 102 Parkhäuser mit 146.100 Parkplätzen.

- Davon 60 Objekte mit 70.000 Stellplätzen im Eigenbetrieb, gegen Gebühr.
- Davon 17 Objekte mit 13.400 Stellplätzen im Fremdbetrieb, gebührenfrei.
- Davon 25 Objekte mit 62.700 Stellplätzen ohne Betrieb, gebührenfrei.

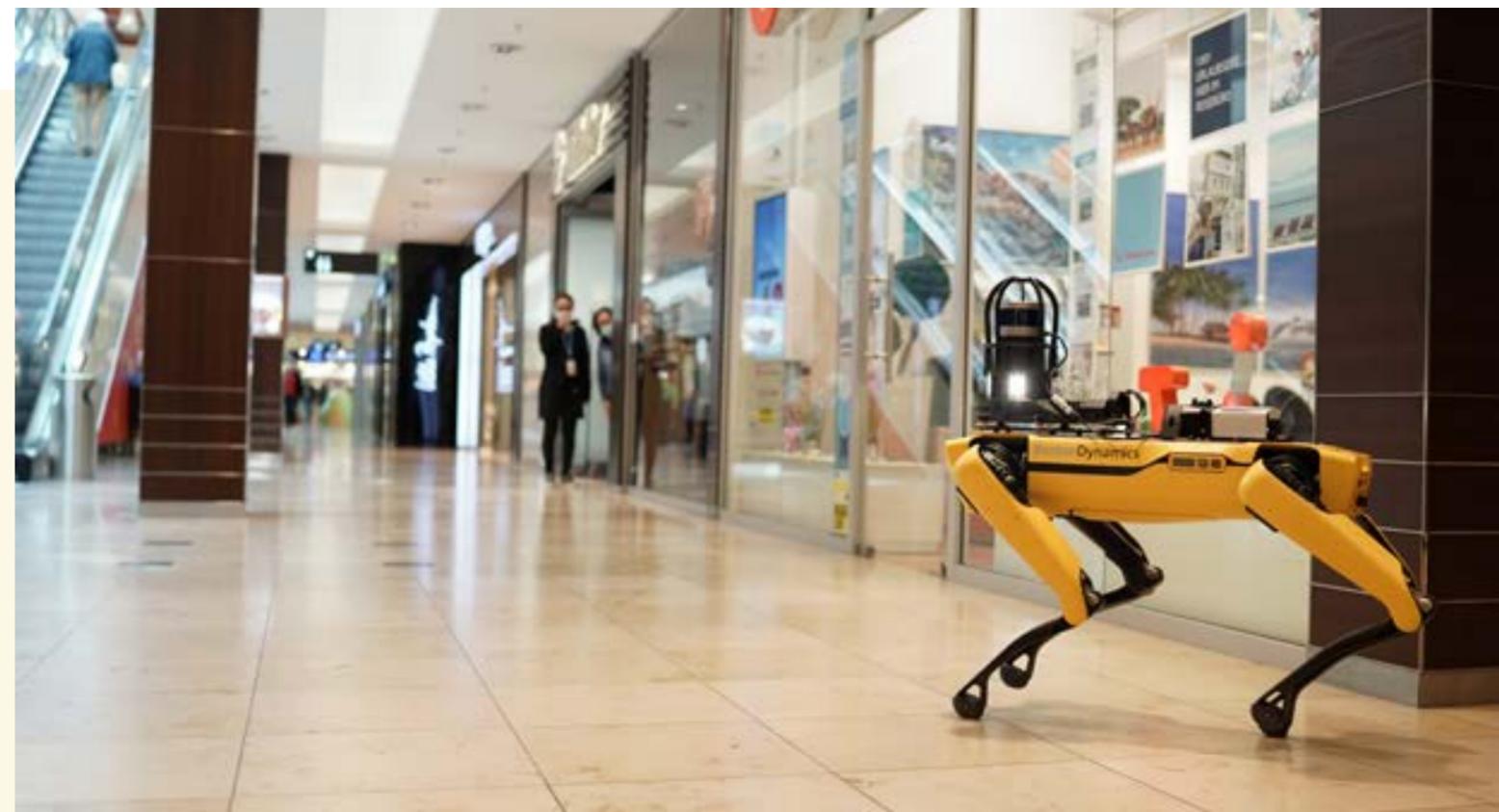
Die Parkhäuser sind dabei zwischen 5 und 50 Jahren alt.

Im operativen Betrieb eines Shoppingcenters treten durch die hohe Frequenz eine Vielzahl von möglichen Schäden auf, die je nach Schweregrad evaluiert werden müssen. Nachfolgend sind die häufigsten Schadensbilder exemplarisch aufgeführt:

- Rissbildung im Gussasphalt
- Wassereintrag im Gussasphalt durch schadhafte Dichtungsschicht
- Verdrückung im Gussasphalt aufgrund von zu weichem und/oder zu viel Asphalt
- Rissbildung und Abplatzungen im Beton
- Schäden an den (Dehnungs-)Fugen

Das Parkraummanagement stellt einen wesentlichen Teil im Betrieb eines Shoppingcenters dar. Zudem spielt es als Touchpoint eine wichtige Rolle in der Customer Journey der Besucher. Kann ein Center über einen längeren Zeitraum – zum Beispiel aufgrund von Reparaturarbeiten an der Bausubstanz – weniger Parkplätze zur Verfügung stellen, erhöht sich das Risiko, dass Centerbesucher abwandern.

Nicht nur die Customer Experience leidet jedoch an Baumaßnahmen der Parkhäuser – die negativen finanziellen Folgen für die ECE spielen ebenfalls eine Rolle. So verzeichnet die ECE bis zu 20% Parkplatz-Gebührenauffälle, wenn temporär weniger Parkplätze verfügbar sind. Damit ist dieser Anwendungsfall im Interesse mehrerer Stakeholder. Von einer intakten Parkinfrastruktur profitieren Shop-Mieter, Investoren sowie die ECE gleichermaßen.





Von links nach rechts: Dr. Christian Schlicht, Kira Pusch, Anna Malecki von ECE Marketplaces und Marek Matuszewski, Beatrice Aretz und Kevin Hawryluk von Cluster Reply.

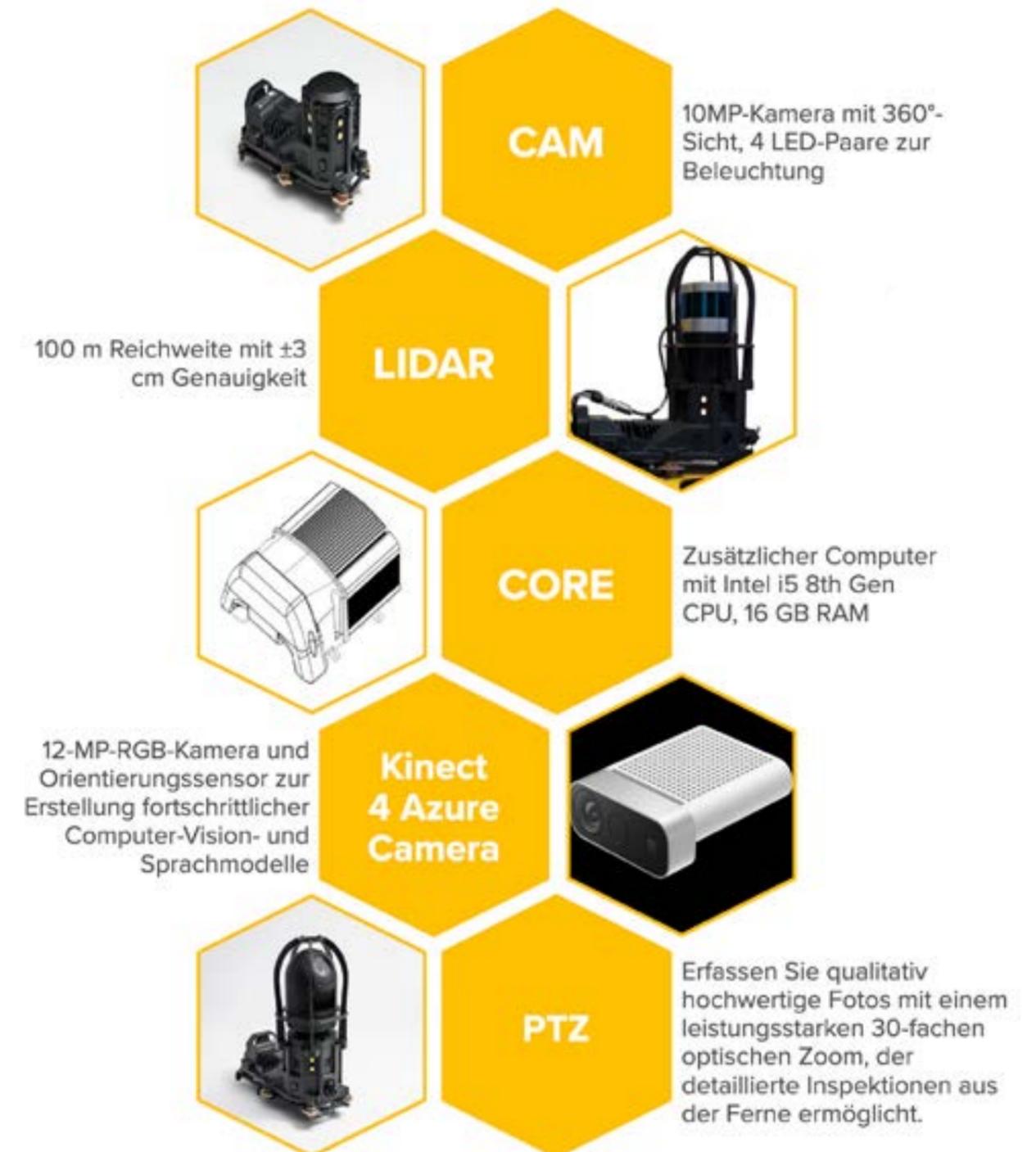
# TECHNISCHE UMSETZUNG DES PROOF OF CONCEPT

Für die Umsetzung des Proof of Concept (PoC) wurde der Spot-Roboter von Boston Dynamics, auf Basis der gewählten Use Cases, um entsprechende Sensorik und Erweiterungen ergänzt:

In Kombination mit den Funktionen über die der Roboter im Werkszustand verfügt, können jetzt folgende Aufgaben bewältigt werden:

- Messwerte ablesen
- Lecks erkennen
- Geräuschanomalien erfassen
- Gase und Chemikalien erkennen
- Substanz auf Thermik inspizieren
- Risse erfassen
- Instabilitäten erkennen

## AKTUELL VERFÜGBARES EQUIPMENT



# ARCHITEKTUR

Die Referenzarchitektur verfolgt einen generischen Ansatz, der die Entwicklung und den Einsatz von Robotik-Anwendungen in Azure (im großen Maßstab) ermöglicht. Die Architektur erweitert die am weitesten verbreitete Open-Source Robotik-Middleware, Robot Operating System (ROS), um Cloudfunktionalitäten. Sie deckt das Streaming von Daten, die Navigation, die Kommunikation und anwendungsfallspezifische Funktionalitäten, wie ML Services und Monitoring Services, ab.

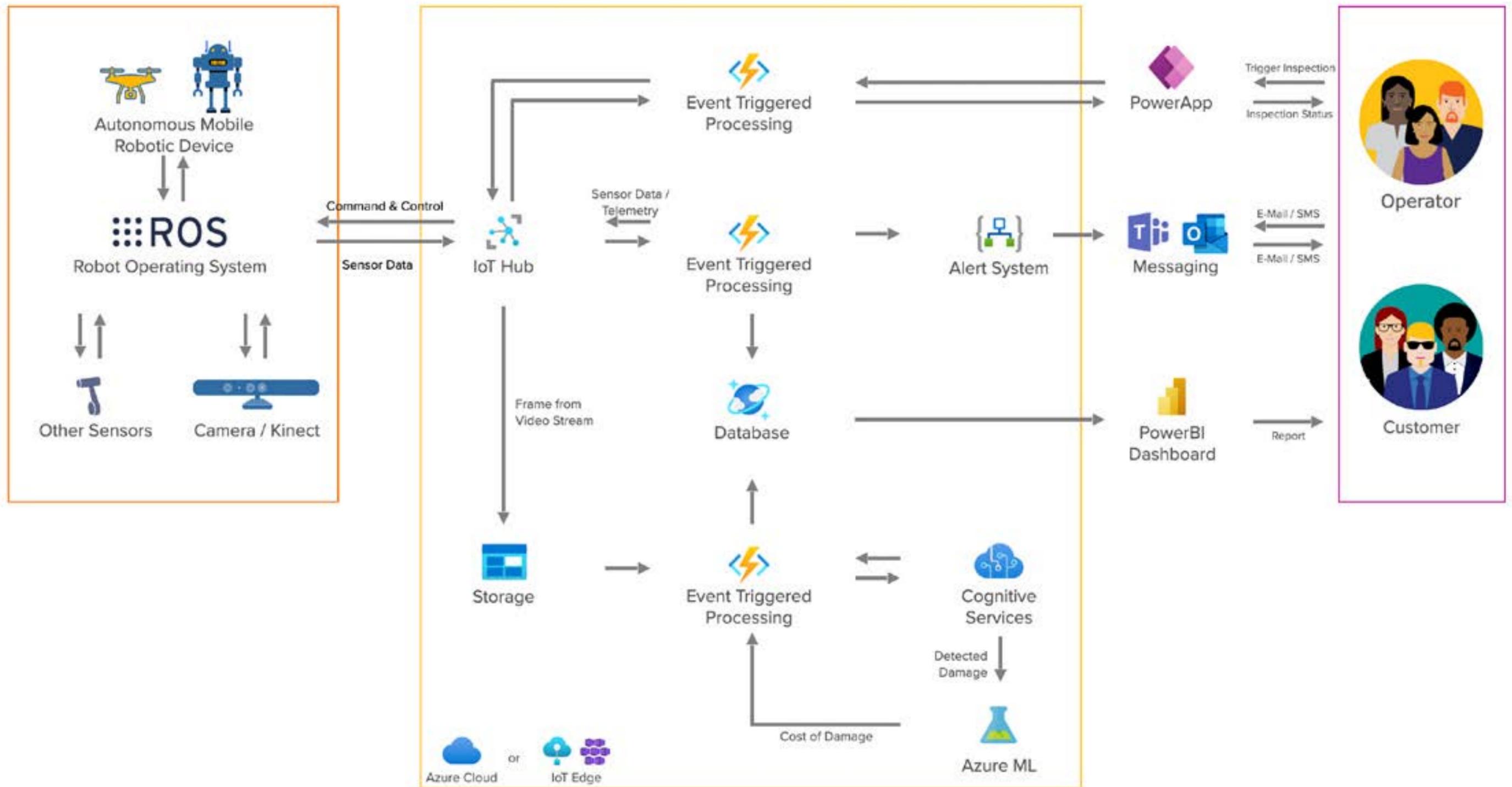
## Data Flow

- 1 An einem Roboter angebrachte Sensoren (einschließlich Kameras) erzeugen Echtzeitdaten.
- 2 Für jeden Sensor wird ein ROS Node (ein Knotenpunkt, welcher Berechnungen durchführen kann) erstellt, der als Schnittstelle dient und sich mit dem SDK des Sensors verbindet. Dieser ROS Node enthält, abhängig von den Daten selbst, die notwendigen Topics, um die Daten zu veröffentlichen.
- 3 Ein ONNX-ROS Node ermöglicht die Anwendung von KI-Modellen auf dem Roboter zur Vorverarbeitung der Daten. Hierbei ist ONNX der offene Standard für Interoperabilität beim Maschinellen Lernen. Die entstehenden Metadaten werden an den Roboter gesendet, um die lokale Navigation zu verbessern.
- 4 Der IoT Hub ROS Node verbindet sich mit allen verfügbaren und relevanten ROS Topics, welche zur Kommunikation zwischen den Nodes genutzt werden. Dieser ROS Node fungiert als generischer Cloudkonnektivitätsknoten. Daten (Bilder, Telemetrie, Odometrie, Statusdaten, Navigationskarten, ...) werden in diesem Knoten vorverarbeitet, gefiltert und mit weiteren Daten angereichert. Diese werden anschließend an den IoT Hub gesendet. Darüber hinaus enthält dieser Knoten eine Navigationslogik für den Fall, dass keine Verbindung zur Cloud besteht, z. B. wenn ein Sensor einen bestimmten Wert zurückgibt, muss der Roboter den Bereich verlassen.

## AZURE TRIFFT SPOT

Eine ähnliche Referenzarchitektur wurde bereits in einem Projekt mit Microsoft definiert. Es handelt sich um einen Anwendungsfall auf Parkplätzen für die autonome Inspektion von Fahrzeugen. [Mehr erfahren auf microsoft.com](https://www.microsoft.com/en-us/industry/robotics).

- 5 Daten, welche an den Azure IoT Hub gesendet werden, werden in Form eines digitalen Zwillings gespeichert, dort gefiltert und durch Eventtrigger an die entsprechenden Funktionen weitergeleitet.
- 6 Nach dem Verarbeiten werden die Daten in einer Datenbank gespeichert.
- 7 Die Daten, insbesondere die Navigationskarte des Roboters, werden im Frontend angezeigt. Dies ermöglicht es dem Benutzer, den Roboter auf globaler Ebene zu navigieren, indem er Wegpunkte und Aktionen für oder zwischen Wegpunkten festlegt. Wenn der Roboter eine Aktion beendet oder einen Wegpunkt erreicht hat, sendet er eine weitere Nachricht an den Digitalen Zwilling und der Benutzer wird informiert.
- 8 Die anwendungsfallspezifischen Daten werden in einer zusätzlichen Datenschicht verwaltet.
  - Exemplarisch für einen Anwendungsfall zur Schadenserkennung löst der Event Hub eine ereignisgesteuerte Azure-Funktion aus, die die Daten verarbeitet.
  - Diese Daten werden durch ein KI-Modell analysiert und die Metadaten dann an die Azure-Funktion zurückgesendet. Diese Daten werden in einer Data Layer gespeichert.
  - Ein Alarmsystem wird durch den Event Hub ausgelöst und sendet eine Benachrichtigung an den Benutzer.
  - Die Daten aus der Data Layer werden über ein Power BI Dashboard angezeigt.
  - Die Logik des Anwendungsfalls ist in der Lage Roboternavigationsbefehle auszulösen.



# ZUSAMMENFASSUNG UND VISION

Die erfolgreiche Zusammenarbeit von ECE und Cluster Reply zeigt, dass durch Co-Innovation der Einsatz von Robotern im Immobilienbetrieb sinnvoll und möglich ist. Das erklärte Ziel beider Partner war im ersten Schritt, so viele Prozesse und Anwendungsfälle mit Robotern wie möglich zu beleuchten. Als ein Ergebnis des PoCs und des gewählten Multi-Use-Ansatzes kann festgehalten werden, dass repetitive Aufgaben und Routinetätigkeiten wie zum Beispiel Inspektionsrunden durch den Roboter erfolgen können. Dies zeigt auch der Anwendungsfall der Schadenserkennung, bei dem Spot die Inspektion auf dem Parkdeck durchführt und die Gebäudeinfrastruktur sowie die Parkflächen auf eventuelle Schäden überprüft.

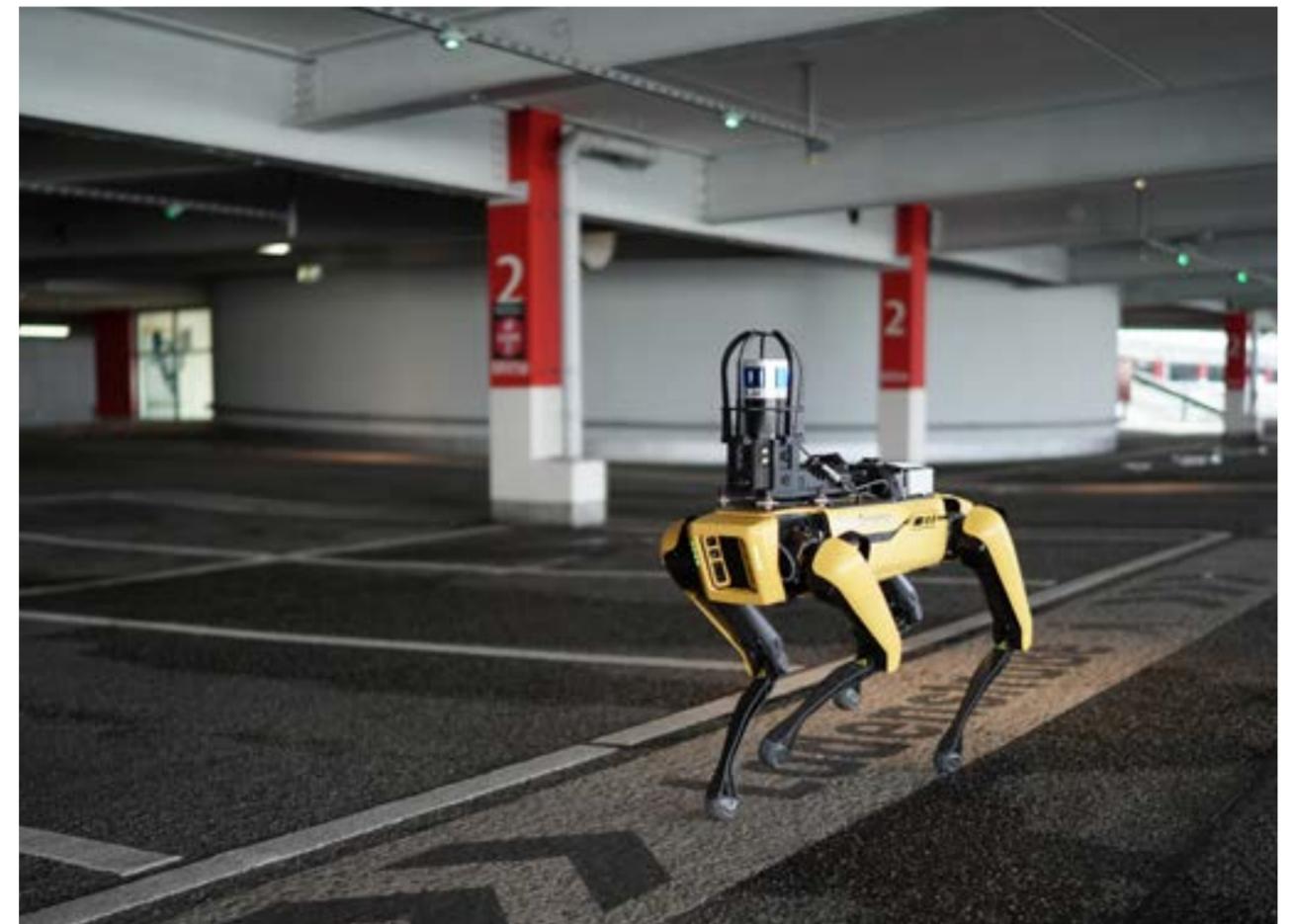
Durch die verschiedenen Sensoren und Kameras ist es Spot möglich, diverse Schadensbilder frühzeitig zu erkennen, sodass prädiktive und präventive Maßnahmen durch den Betreiber eingeleitet werden können. Hierdurch lassen sich Stör- und Ausfallzeiten deutlich minimieren und der Nutzerkomfort entsprechend sichern. Des Weiteren sind hierdurch präzisere Investitionsplanungen für den Eigentümer möglich.

Eine weitere Erkenntnis ist, dass die Genauigkeit der gesammelten Daten steigt. Zudem beschränken sich die erarbeiteten Lösungen nicht nur auf eine Lokation. Der Immobilienbetreiber kann Inspektionen, die sonst manuell in Shoppingcentern erfolgen müssten, in verschiedenen Lokationen zentral auslösen und steuern. Während der Inspektion lassen sich automatisch alle Artefakte und Begehungsergebnisse dokumentieren. Eine Berichterstattung ist mit einem einzigen Klick möglich, inklusive der Art der Schäden und einer groben Kostenschätzung. Alle im Genehmigungsprozess erforderlichen Personen werden automatisch benachrichtigt.

Dank mobiler Roboter, künstlicher Intelligenz, maschinellem Lernen sowie der Cloud wird die Instandhaltung und das Management von Gebäuden effizienter und produktiver. Durch die Einbindung von Robotern im Immobilienbetrieb können mehr Erkenntnisse als je zuvor generiert werden. Weitere Technologien, wie standardisierte 3D-Karten (Indoor Navigation), bestehende Gebäudesysteme, Mixed und Virtual Reality, ermöglichen zudem eine weiterführende und intelligente Steuerung und Einbindung der Roboter.

Eine Vision vom datengetriebenen Immobilienbetrieb, auf Basis eines „digitalen Zwillings“ des Gebäudes, beinhaltet auch das Fleet Management von Roboterflotten, also die Verwaltung, Aktualisierung (OTA) und Teleoperation. Dies ermöglicht es, beispielsweise morgens und abends die definierten Bereiche des Shoppingcenters autonom zu prüfen, sicherheitsrelevante Objekte wie u. a. Feuerlöscher zu inspizieren und die Gebäudeinfrastruktur zu überwachen. Eine regelmäßige Aktualisierung des „digitalen Zwillings“ kann ebenfalls vorgenommen werden.

Die beschriebene Lösung ist herstellerunabhängig und kann weitere Roboter integrieren. Voraussetzung ist die Fähigkeit, sich mit der Microsoft Azure Cloud verbinden, denkbar sogar für Reinigungsroboter. Damit sinken die Kosten für die benötigte Hardware – und die Vision vom datengetriebenen Immobilienbetrieb nimmt mit jedem Tag mehr Form an.



**ECE GROUP** Versandhauspionier Werner Otto gründete die ECE 1965, um die Immobilienprojekte seines Konzerns erfolgreicher zu realisieren und die Idee der Shoppingcenter nach Deutschland zu bringen. Heute entwickeln, realisieren und betreiben die ECE Group unter der Führung von Alexander Otto Immobilien in allen Assetklassen und ganze Stadtquartiere. Dabei bietet die ECE Group mit den spezialisierten Gesellschaften ECE Marketplaces, ECE Work & Live und den ECE Real Estate Partners umfangreiche Immobiliendienstleistungen und Fondsmanagement unter einem Dach.

**CLUSTER REPLY** ist das Unternehmen der Reply-Gruppe, das sich auf die Beratung und Systemintegration von Microsoft-Technologien spezialisiert hat. Cluster Reply ist unter anderem in Deutschland tätig und arbeitet mit anderen Unternehmen der Reply-Gruppe zusammen, die Microsoft-Partner in Brasilien, Italien, Großbritannien und den USA sind. Das Unternehmen legt den Schwerpunkt auf Innovationen und unterstützt die Entwicklung des Microsoft-Angebots von On-Premises- hin zu Cloud-Anwendungen in den Bereichen Modern Workplace, Geschäftsanwendungen, Applikationen und Infrastruktur, Daten und Künstliche Intelligenz.