Einsatz von Drohnen im Bahnbereich

Unmanned Aerial Vehicle, landläufig auch Drohnen genannt, bieten im Bahnbereich vielfältige Einsatzmöglichkeiten zur Optimierung bestehender Prozesse.

CORNELIUS TOUSSAINT

Längst haben Drohnen den Weg aus den Bastelgaragen in den Bereich der professionellen Anwendungen gefunden. Stetig werden neue Einsatzfelder zur Unterstützung und Optimierung klassischer Arbeitsprozesse mittels Drohnen geprüft und eingeführt. Kosten- und Zeitersparnisse lassen sich dabei oftmals mit Qualitätssteigerungen und Verbesserungen im Arbeitsschutz kombinieren. Besonders vielfältig sind die Einsatzpotenziale im Bereich der Eisenbahn mit Bahn- und Stromtrassen, Brücken- und Hochbauwerken sowie großflächiger Vegetation und Zügen / Fahrzeugen. Die dargestellten Beispiele zur Vermessung, Baubegleitung oder Sicherheit sind nur ein Ausschnitt der potenziellen Anwendungen. Die Integration in die Prozesse bringt zwangsläufig eine Professionalisierung der Piloten bzw. Drohnendienstleister, aber auch eine Industrialisierung der Produkte mit sich. Künstliche Intelligenz (KI) und integrierte Missionsplanungssysteme ergänzen die Entwicklung zu einem wirklichen „Handwerkszeug", das z. B. auch der Notfall-Manager nach einem Schlechtwetterszenario zur Streckenkontrolle einsetzen kann.

Hersteller von Drohnen

Flugdrohnen bzw. Unmanned Aerial Vehicle (UAV) für den kommerziellen Einsatz gibt es in den unterschiedlichsten Formaten von der 249 g DJI Mavic Mini bis zur Agronautordrohne mit Traglasten für Spritz- und Düngemittel jenseits der 30 kg. In den kommenden Jahren werden noch Flugtaxis und schwere Transportdrohnen hinzukommen. Für den vorliegenden Beitrag liegt der Fokus auf Systemen bis zu 25 kg, also innerhalb der Grenzen der EU-Drohnenverordnung.

Zu den bekanntesten Systemen zählen sicherlich die Drohnen des chinesischen Weltmarktführers DJI. Insbesondere die Systeme Phantom 2 bis 4 haben durch ihr einfaches Handling und die Komplettierung von Flugsystem, Kamera und Batteriemanagement einen Massenmarkt erschlossen. Die Systeme waren nach dem Kauf ready to fly und konnten auch von Anfängern schnell genutzt werden (Abb. 1). Inzwischen bietet DJI eine breite Palette vom Minisystem für den Urlaubsrucksack bis zur M300 mit maximal 9 kg Abfluggewicht, deren Anwendungsfokus auf dem industriellen Einsatz liegt.

Nachteil des „Komplettsystems DJI" ist die nur beschränkt mögliche Nutzung spezieller Payloads (Kamera, Sensorik), vergleichbar der Einschränkung zum Akkutausch beim IPhone. Dafür gibt es unterschiedlichste Drohnenproduzenten im Manufakturbereich mit Stückzahlen vom individuellen Einzelsystembau bis zu industriell gefertigten Systemen für spezielle Kundenanforderungen und Zielgruppen, z. B. aus dem BOS-Bereich (Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben) oder der Industrieinspektion. Gerade für Nutzer mit wechselnden Sensorik-Anforderungen eignen sich derartige Systeme. Zudem ist der Produktzyklus oftmals länger als bei DJI, sodass man ggf. auch nach zwei bis vier Jahren noch „die gleiche Drohne" nachkaufen kann. Naturgemäß können Produzenten mit Entwicklung und Produktion in Deutschland mehr kundenindividuelle Trainings-, Service- und Wartungskonzepte anbieten als ein Massenhersteller.

Abb. 1: DJI Mavic Mini-Drohne *Quelle: DJI*

Copter- versus Starrflüglerdrohne

Den größten Anteil im Drohnenmarkt machen sogenannte Copterdrohnen aus, die ähnlich wie ein Hubschrauber senkrecht starten und landen und über die Drehgeschwindigkeiten ihrer Rotoren in Richtung und Höhe gesteuert werden (Abb. 2). Durch computergesteuerte Sensorik und Flugsteuerung fliegen die Copter stabil im Wind und halten bei Unsicherheit des Piloten automatisch nach dem Loslassen der Steuerknüppel die jeweilige Position. Ohne die Sperrung von Bahngleisen und die Montage von Gerüsten etc. können z. B. optische Inspektionen von Brücken, Bahnhofsdächern etc. bereits mit geringem Flugkönnen erfolgen.

Für den professionellen Einsatz im Industriebereich bzw. für Kritische Infrastrukturen bedarf es allerdings mehr praktischer Flugkenntnisse sowohl in der Vorbereitung als auch dem eigentlichen Flug. Bei Verschattungen oder sonstigen Störungen des GPS-Signals werden die Drohnen schnell vom Wind weggetrieben und müssen manuell gesteuert werden. Nicht zu unterschätzen sind zudem auch die Störeinflüsse von Strom- und Funkfeldern sowie sonstige Einflüsse auf die Drohne. Die ab Ende 2020 geltenden EASA-Regularien (Agentur der Europäischen Union für Flugsicherheit) zum kommerziellen Einsatz von Drohnen im Industriebereich sehen bereits entsprechend verpflichtende theoretische und praktische Kenntnisse für Drohnenpiloten vor. Vergleichbar der Vegetationsbeseitigung im Gleisbereich sollte zudem auch jeder Pilot die Gefahren aus dem Eisenbahnbetrieb (er-)kennen und im Rahmen seiner Tätigkeit berücksichtigen.

Das große Manko der Copterdrohnen ist die begrenzte Reichweite von wenigen Kilometern. Geeigneter für die Befliegung von Gleis- und Stromtrassen sind sogenannte VTOL-Hybrid-Systeme (Vertical-Take-Off-and-Landing), die z. B. von den deutschen Herstellern Quantum und Germandrones erfolgreich im Gleisbereich eingesetzt werden. Flugzeiten von mehr als zwei Stunden bei Arbeitsgeschwindigkeiten von 60-80 km/h bieten verschiedenste Einsatzmöglichkeiten von der Sicherheit über die Vermessung bis zur Anlageninspektion und Vegetationskontrolle.

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Condor IMS GmbH / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt / © DVV Media Group GmbH

Abb. 2: BOS V4-Drohne *Quelle: Condor*

Abb. 3: BOS V8 PPK *Quelle: Condor*

Einsatz im Bahn- und Gleisanlagenumfeld

Vermessung mit direkter Georeferenzierung

Im Bereich der Vermessung werden Drohnen zur Unterstützung und mit zunehmender Genauigkeit auch zum Ersatz klassischer Vermessungstechnologien eingesetzt. Neben dem oftmals geringeren Zeitaufwand können im Bahnbereich auch sonst anfallende Kosten, z. B. zur Sicherung des Vermessungspersonals im Gefahrenbereich der Gleise, reduziert werden. Einfache Übersichten oder grobe „Messungen" für Aufmaße von Parkplätzen, Dächern etc. lassen sich schon mit besseren Consumerdrohnen umsetzen. Um jedoch die notwendige Genauigkeit für hochpräzise Planungen, komplexe Bereiche oder die Vorgaben für spätere BIM-Prozesse (Building Information Modeling) zu erfüllen, bedarf es professioneller Systeme und Software. Der Condor BOS V8-PPK ist der erste Octocopter, der serienmäßig mit dem derzeit weltweit genauesten Post Processed Kinematics (PPK) Positionsbestimmungssystem KlauPPK ausgestattet ist (Abb. 3). In Verbindung mit vorkalibrierten Kameras erübrigt sich das mühsame und zeitraubende Auslegen und Einmessen von Passpunkten. Erstmals werden die Lagedaten der Drohnen, die sich im Flug permanent und dynamisch verändern, direkt im PPK Controller aufgezeichnet. Dies reduziert nicht nur den Aufwand bei der Datenauswertung erheblich, sondern erhöht auch die Positionsgenauigkeit unabhängig von der Fluggeschwindigkeit. Da die Bahnanlagen nicht mehr betreten werden müssen, kann die Befliegung im laufenden Betrieb erfolgen. Die wenigen, zur Überprüfung / Qualitätskontrolle des Ergebnisses notwendigen Prüfpunkte können außerhalb der Gleisanlagen ausgelegt und eingemessen werden.

Mit der KlauPPK-Technologie in Kombination mit der V8-BOS und vorkalibrierten Kamerasystemen stellt Condor die traditionelle Photogrammetrie auf den Kopf: Die Berechnung mit Genauigkeiten kleiner 3 cm aus den Punkten einer 3D-Punktwolke erfolgt mit tausenden hochgenauer Kamerabrennpunktkoordinaten und einer kalibrierten Kamera als Messsystem, während traditionell anhand weniger Passpunkte ein zunächst ungenaues Modell georeferenziert und „ausgeglichen" wird.

Alternative Systeme wie die M300 RTK arbeiten mit dem Real-Time-Kinematics (RTK)-Echtzeitverfahren, die Global-Navigation-Satellite-System (GNSS)-Korrekturdaten werden also sofort verarbeitet. Im PPK-Verfahren werden die Korrekturdaten erst in der nachfolgenden Verarbeitungsphase benötigt, was ein Vorteil gegenüber dem RTK-Verfahren bei unzureichender Mobilfunkabdeckung oder Störungen der Datenfunkverbindung zwischen Drohne und Bodenstation ist. Gerade in ländlichen Bereichen ein nicht zu unterschätzender Faktor gerade dann, wenn nur knappe Flugzeiten zur Verfügung stehen. Für das PPK-Verfahren sprechen auch bis zu dreimal höhere Genauigkeiten, als mit den RTK-Systemen möglich.

Das Condor V8-BOS-System kann mit unterschiedlichsten Kameras betrieben werden. Doch worin liegt der Unterschied zwischen z. B. einer Sony Alpha 6000 für ein paar Hundert Euro und einer Phase One zum Preis von mehreren zehntausend Euro? Bei einer zulässigen Standardflughöhe von 120 m ermöglicht die 24 MP-Kamera der Sony mit 20 mm Objektiv eine Auflösung von 24 mm, die 100 MP-Mittelformatkamera von PhaseOne mit 35 mm Objektiv hingegen eine Auflösung von 13 mm. Anstelle von 130 ha pro Stunde ermöglicht die Phase One umgerechnet 210 ha pro Stunde und damit einen erheblichen Produktivitätsvorteil.

Bauwerksprüfung

Die einfache Handhabung und Möglichkeit, ohne aufwendige Gerüst- und Sicherungsmaßnahmen Bilder von Bauwerken auch in großen Höhen bzw. unzugänglichen Bereichen aus nächster Nähe zu erhalten, prädestiniert den Einsatz von UAV für die Bauwerksprüfung. Insbesondere mit optischen Inspektionssystemen lassen sich sehr gute Detailbilder von Schadstellen sowie bei wiederholten Befliegungen auch deren Entwicklung im Zeitablauf anfertigen (Abb. 4).

Oft reicht schon das optische Bild aus, um eine Auffälligkeit / Schadstelle zu erkennen. In nicht eindeutigen Fällen wünscht sich der Sachverständige, die Schadstelle „handnah" mit entsprechenden Messgeräten oder Werkzeugen zu prüfen. Unabhängig davon ist in vielen Normen zur Bauwerksprüfung die handnahe Prüfung vorgeschrieben (z. B. in der DIN 1076 zur Brückenprüfung). Seit mehreren Jahren entwickelt die U-ROB

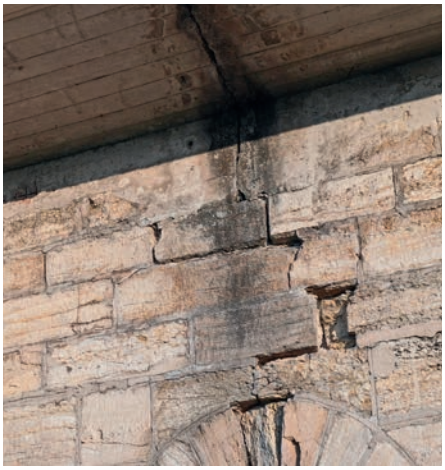

Abb. 4: Drohnenaufnahme einer Brücke *Quelle: U-ROB GmbH*

Abb. 5: ROBi-L-Drohne im Einsatz an einem Brückenpfeiler *Quelle: U-ROB GmbH*

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Condor IMS GmbH / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt / © DVV Media Group GmbH

GmbH Spezialdrohnen für die handnahe Prüfung von Bauwerken (ROBi-L).
Beim ROBi-L wird ein Messkopf (z. B. zur Ultraschallmessung) an der Drohne befestigt. Die Drohne fliegt nun „gegen" das Bauwerk und bringt damit den Messkopf an der gewünschten Stelle und mit dem notwendigen Anpressdruck auf. Hierfür verfügt die ROBi-L Drohne über einen Zusatzpropeller, um an der Messoberfläche tatsächlich „anzudocken" (Abb. 5). Die einsetzbaren Sensoren bei dieser Art von Messung sind breit gefächert. Beispielsweise sind Wirbelstrom-Messsysteme zur Bestimmung der Schichtdicke oder Ultraschallköpfe für die Hohlraumdetektion oder Bemessung von Wanddicken nutzbar.

Logistische Unterstützung und Bauüberwachung

Bei Baumaßnahmen im gleisnahen Bereich ist eine Vielzahl von Stakeholdern mit einge-

Abb. 6: Lorenz AI-Modul auf Drohne *Quelle: Lorenz Technology*

Abb. 7: Songbird-Drohne *Quelle: Germandrones*

Abb. 8: Mission-Plan-Oberfläche *Quelle: Germandrones*

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Condor IMS GmbH / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt / © DVV Media Group GmbH

Abb. 9: Nightingale-24/7-Drohne *Quelle: Nightingale-Security*

bunden. Die Abwicklung einer Baumaßnahme kann Monate oder gar Jahre in Anspruch nehmen. Neben direkt Beteiligten werden häufig auch nur mittelbar Beteiligte in Anspruch genommen, z. B. Landwirte im direkten Umfeld der Maßnahmen, die Flächen für Wege oder Abstellflächen zur Verfügung stellen. Vor, während und nach der Baumaßnahme kommt es zudem zu begleitenden Maßnahmen des Umwelt- und Artenschutzes, etwa der temporären Umsiedlung von Tieren.

Auch hier bietet sich der Einsatz von Drohnen an, begonnen mit der unkomplizierten Vermessung und Feststellung möglicher Zu- / Abwege sowie Lagerflächen und deren Beschaffenheit vor Beginn einer Maßnahme. Regelmäßige Befliegungen der Baustelle unterstützen den Baufortschritt und können als Videodaten unkompliziert mit der Planungsabteilung zur Soll-Ist-Fortschreibung einer Baumaßnahme oder Beurteilung von Abraummengen geteilt werden. Durch die Möglichkeit, Videodaten unmittelbar mit beliebig vielen Stakeholdern zu teilen (Live-View), können schnelle Entscheidungsfindungen bei Problemen ohne aufwendige Ortsbegehungen mit bestmöglichem Bildmaterial unterstützt werden.

Damit gerade bei lang andauernden Baumaßnahmen eine Fortschrittsbegleitung auch bei der Nutzung verschiedener Piloten unproblematisch ist und zudem die Organisation der aufgenommenen Bild- / Videodaten nicht im Chaos der SD-Karten-Ablage endet, hat das dänische Start-up-Unternehmen Lorenz Technologies den Lorenz AI-Link entwickelt. Ein kleiner Extra-Computer wird mit der Drohne kombiniert und steuert die Drohne unabhängig vom Piloten (Abb. 6). Für jede Baustelle können zahlreiche Einzelmissionen inklusive Aufnahmewinkel der Kameras, Flugverbotszonen etc. festgelegt werden. Anschließend bedarf es nur der Auswahl der gewünschten Mission und des Startknopfes und die Drohne fliegt die vorgegebene Mission und speichert die Daten in der Cloud ab. Der Pilot kann sich während des Flugs bereits auf das Bildmaterial konzentrieren, parallel können z. B. die Planungsingenieure den aktuellen Stand der Baumaßnahme begutachten. Aus der Cloud heraus können die abgelegten Daten jederzeit erneut gesichtet und z. B. zur Erstellung eines Reports kommentiert und weiterverarbeitet werden.

Vegetationskontrolle und Security-Aufgaben

Das Gleisnetz der Bahn umfasst rund 35 000 km, hinzu kommen Stromversorgungstrassen der DB-Energie, die heute weitgehend durch Hubschrauberflüge, fußläufige Kontrollen oder Zugfahrten kontrolliert werden. Für eine kostenoptimierte, regelmäßige Kontrolle zur frühzeitigen Erkennung von Vegetationsgefährdungen, Dokumentation des Rückschnitts sowie der Detektion unangemeldeter Baumaßnahmen oder dem Diebstahl von Kabeln werden zunehmend Flächenfliegerdrohnen eingesetzt.

Regelmäßig (Tag / Nacht) werden z. B. die Gleisnetze im Bereich der Benelux-Staaten durch einen Hybrid-VTOL-Flächenflieger von Germandrones beflogen (Abb. 7). Aufgabe der automatisiert auch außerhalb der Sichtlinie der Piloten agierenden Songbird-Systeme ist u. a. die Detektion von möglichen Kabeldieben. Dafür ist das Flugsystem mit speziellen Tag-Nacht-Kameras inklusive 30-fach Zoom ausgerüstet. Bei der Erkennung von Besonderheiten können die Piloten die vorgegebene Mission unterbrechen (Abb. 8) und z. B. die Permanentbeobachtung zur Unterstützung der Eingreifkräfte (Polizei) übernehmen. Flugzeiten von rund zwei Stunden ermöglichen einen hohen Aktionsradius. Durch die platzsparende Konstruktion kann der Songbird trotz seiner Spannweite von drei Metern in Standardfahrzeugen transportiert und binnen fünf Minuten nachhaltig und klimaneutral zum Einsatz gebracht werden. Durch das Payloadmodul können zudem je nach Einsatzfall unterschiedlichste Kamera- und Sensoriksysteme genutzt werden, z. B. für die Vegetationskontrolle am Tag mit Standardkamera und LIDAR (Light Detection and Ranging) sowie Infrarotkamera für die nächtlichen Security-Flüge.

Der Betrieb der Bahn umfasst jedoch nicht nur das Gleisnetz, Bahnhofsgebäude, Brücken etc., sondern auch das zumeist fahrende Zugmaterial. Allein DB-Fernverkehr und DB-Regio verfügen nach eigenen Angaben über mehr als 1,2 Mio. Sitzplätze in ihren Zügen und Wagen. Insbesondere in den nächtlichen Ruhezeiten steht ein Großteil des Fahrzeugparks auf großräumigen Abstellflächen. Es wird versucht, Graffiti, zerstörten Scheiben und sonstigem Vandalismus bestmöglich Einhalt durch (qualifizierte) Sicherheitsunternehmen, massive Einzäunungen und Videoüberwachungen zu bieten. Den Blick von oben und damit auch zwischen die abgestellten Züge bieten Drohnen, die im besten Fall vollautomatisiert als 24/7-Security-Drohne regelmäßige Patrouillen über das Gelände fliegen bzw. bei Auslösung vorhandener Sensorik, z. B. Zaunüberwachung, gezielt und in kürzester Zeit zum Punkt des Geschehens gesteuert werden können.

Für die Patrouillen können unterschiedlichste Missionen mit abweichenden Flugrouten, Höhen etc. unter Beachtung festgelegter Flugverbotszonen und Mindest- / Maximalhöhen hinterlegt werden. Auf die Erfordernisse der Sicherheit sind weitere Merkmale der Nightingale-Security-Lösung ausgerichtet (Abb. 9). So die Anbindung an eine externe, abgesetzte Sicherheitsleitstelle und die Nutzung von KI-Modulen, die detektierte Personen und Fahrzeuge in Abhängigkeit von Zeitfenstern während des Fluges markieren. Ein abgestelltes Auto auf einer Parkfläche wird beispielsweise nur dann gemeldet, wenn es dort am Wochenende oder in der Nacht außerhalb der Betriebszeiten steht. ■

Cornelius Toussaint
Geschäftsführer
Condor IMS GmbH, Essen
cornelius.toussaint@condor-sicherheit.de

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Condor IMS GmbH / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt / © DVV Media Group GmbH