Emqopter GmbH
GZ:

Abschlussbericht

FKZ: 01FV2052A PT-Bearb.: Dr. Jens Erler,
Beatrice Isabel Karduck
Laufzeit des Vorhabens: 01.05.2023 – 31.12.2024
Berichtszeitraum: 01.05.2023 – 31.12.2024

Emqopter GmbH, Otto-Hahn-Straße 7, 97080 Würzburg

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
e. V. (DLR)
Heinrich-Konen-Straße 1
53227 Bonn

Vorhaben

Projekt TAGEBAU: Transformation des Altbergbaus durch Gelände-Erfassung von Bergbaufolgen mit autonomen UAS

Ziel des Projekts „TAGEBAU“ ist ein UAS-Demonstrator zur vollautonomen Vermessung und KI-gestützten Volumenschätzung ohne benötigtes Post-Processing.

I. Einleitung

1. Aufgabenstellung

Die Aufgabe des Projekts „TAGEBAU“ bestand darin, die aufwändigen und zeitintensiven Vermessungsarbeiten in ehemaligen und aktiven Braunkohlentagebauen – aktuell per Fuß oder Flugzeug durchgeführt und durch lange Genehmigungsverfahren verzögert – durch den Einsatz autonomer UAS zu ersetzen und so Wartezeiten zu minimieren .

Hierfür sollte ein Drohnen-Demonstrator entwickelt werden, der vollautonom Gelände– und Volumendaten ohne manuelles Nachbearbeiten erfasst, gleichzeitig eine KI-gestützte Volumenschätzung liefert und auf Basis eines Best-Practice-Standardszenarios sollte die Genehmigung in der spezifischen Kategorie gemäß EU-Drohnenverordnung vereinfacht werden.

2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Das Vorhaben wurde unter herausfordernden Rahmenbedingungen durchgeführt. Aufgrund der kurzen Projektlaufzeit innerhalb der Förderlinie 1 musste ein ambitionierter Projektplan umgesetzt werden. Der Projektstart im Frühjahr führte dazu, dass für geplante Testphasen die Monate mit idealen Wetterbedingungen nicht zur Verfügung standen. Zusätzlich verzögerten langwierige Genehmigungsverfahren selbst in vergleichsweise einfachen Szenarien den

geplanten Fortschritt. Trotz dieser Einschränkungen konnte das Projekt erfolgreich vorangetrieben werden. Die besonderen Voraussetzungen erforderten ein hohes Maß an Flexibilität und eine enge Abstimmung aller Beteiligten.

3. Planung und Ablauf des Vorhabens

Im Folgenden sind die Arbeiten und Ergebnisse, nach Arbeitspaketen sortiert, aufgelistet:

AP1: Projektmanagement

Im ersten Arbeitspaket hat Emqopter maßgeblich die Vernetzung und Öffentlichkeitsarbeit vorangetrieben.

So wurden nach der Kontaktaufnahme bei einem virtuellen Austausch mit der Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH (LMBV) und der Lausitz Energie Bergbau AG (LEAG) das Projektvorhaben dargestellt und mögliche Einsatz- und Testgebiete diskutiert.

Auch der Kontakt zur Kommune Neuhausen/Spree und insbesondere zum Verkehrslandeplatz Cottbus/Neuhausen und Herrn Schwieg, der in der Antragsphase ein LoI gestellt hatte, wurde weiter vertieft.

In Würzburg wurde im ersten Berichtszeitraum ein Treffen mit topodat, einem Vermessungsdienstleister, abgehalten bei dem die Herausforderungen und Wünsche bei der UAS-Vermessung aus Sicht der Dienstleister beleuchtet und diskutiert wurden. Hierbei wurde als Ergebnis festgehalten, dass der größte Kostenpunkt bei Vermessungsaufträgen dadurch entsteht, dass unzureichende Qualität der Vermessungsaufnahmen erst im Post-Processing erkennbar wird und ein neuer Vermessungstermin zur Aufnahme weiterer Daten notwendig wird. Die Möglichkeit bereits vor Ort eine erste (evtl. gröbere) 3D-Kartierung zu erhalten aus der Bereiche mit schlechter Datenqualität ersichtlich werden, wurde als großer Vorteil festgehalten und deckt sich mit dem Projektvorhaben.

Ebenfalls wurden frühzeitig mögliche Gebiete für Flugtests sondiert um für die Genehmigung in Arbeitspaket 5 vorzubereiten. Hierfür wurden Kontakte zu Sebastian Seitz der RWTH-Aachen aus dem Projekt U-SpaceR3 sowie zu Axel Schober von AEF - Autonom Elektrisch Fliegen gGmbH aus dem Projekt ADAM aufgenommen, um sich mit anderen Projektkonsortien zu vernetzen und Synergien und Erfahrungen aus anderen Projekten zu nutzen.

Bei einem Vorort-Treffen im Dezember in Kamenz wurden dann weitere Kooperations- und Testmöglichkeiten sondiert. Bei dem Treffen konnten dann auch bereits erste Tests und Absprachen auf dem Verkehrslandeplatz Kamenz durchgeführt und, in Abstimmung mit dem Tower, ein autonomer Flug absolviert werden.

Auf der mFUND-Konferenz durften Marvin Bihl und Fridolin Popov die TAGEBAU-Urkunde von Volker Wissing entgegen nehmen (vgl. Abbildung 1).

Diese besondere Auszeichnung wurde von Emqopter natürlich in den Sozialen Medien geteilt.

Abbildung 1: Bundesminister für Digitales und Verkehr Dr. Volker Wissing bei der Urkundenübergabe mit Marvin Bihl (links) und Fridolin Popov (rechts)

Über das Projekt ADAM wurde Emqopter auch das Fraunhofer-Institut IVI in Ingolstadt aufmerksam. Diese verfügten bereits über ein KI-Modell zur Fusion von segmentierten Bilddaten und Lidar Tiefeninformationen aus dem städtischen Umfeld, welches sich mit verhältnismäßig niedrigem Aufwand auf den Anwendungsfall TAGEBAU übertragen lies. Zu diesem Zweck fand eine regelmäßige Abstimmung zwischen den Projekten entweder direkt vor Ort in Ingolstadt oder bei Emqopter oder digital statt, die letztendlich auch in einer Mittelumwidmung und einem Unterauftrag mündete. Parallel dazu fanden firmeninterne Arbeits- und Meilensteintreffen im zweiwöchentlichen Rhythmus statt.

Die Fortschritte des Projekts wurden in einem anschaulichen Video dokumentiert und im Rahmen der digitalen Abschlussveranstaltung vor rund 50 Teilnehmenden in einem Online Event präsentiert. (https://youtu.be/-IcFrf7AhiU)

Die entsprechende Pressemitteilung wurde an den Presseverteiler von Emqopter und zudem ein Beitrag auf LinkedIn veröffentlicht.

Darauf folgten zwei Fachartikel: Am 8. April 2025 im DRONES-Magazin (https://www.drones-magazin.de/presse/projekt-tagebau-autonome-drohnenvermessung-fuer-den-strukturwandel/) und am 10. April 2025 auf Ingenieur.de (https://www.ingenieur.de/technik/fachbereiche/elektronik/standardardisierte-risikobewertung-soll-drohnenfluege-erleichtern/).

AP2: Auswahl und Evaluation der Vermessungssensorik

Arbeitspaket 2 beschäftigte sich mit der Recherche, Auswahl und Evaluation der Vermessungssensorik. Besonderes Augenmerk wurde hierbei auf die Payload-Optimierung unter Erfüllung der Projektanforderungen gelegt.
Es wurden hierzu zwei 360° Rotationslidar getestet. Der Lidar „M8-1 Core“ von Quanergy Systems sowie der Lidar „OS1-64“ von Ouster (vgl. Abbildung 2).

Beide Sensoren bieten die für die Vermessung aus der Luft notwendige hohe Reichweite von mehr als 50 Metern.
Während der Sensor von Quanergy eine extrem hohe Winkelauflösung von 0.0033° bietet hat der OS1-64 von Ouster mit 64 deutlich mehr vertikale Scanlinien als der Quanergy mit 8.

Abbildung 2: Rotationslidar "Quanergy M8-1 Core" (links) und "Ouster OS1-64" (rechts)

Da für die 3D-Kartierung und Vermessung die extrem hohe Winkelauflösung nicht so viele Vorteile bringt, wie die dichtere Punktwolke durch mehr vertikale Scanlinien wurde die Entscheidung zu Gunsten des Lidars von Ouster gefällt.

Da der Rotationslidar mit erforderlichen Kühlkörpern bereits relativ viel Gewicht in Anspruch nimmt, soll bei der Evaluation der Kamera besonders auf die Faktoren Gewicht und Kompaktheit wert gelegt werden.

Aufgrund dessen wurde sich gegen die im Vorfeld recherchierten Voll-Format-Kameras entschieden, die zwar extrem gute technische Eigenschaften besitzen jedoch mit Objektiv auch alle die Gewichtseinschränkungen zur Montage im Gimbal überschreiten.

Nach intensivem Austausch mit dem Projektkonsortium aus dem Projekt ADAM, insbesondere dem Fraunhofer IVI, wurde eine Kamera von Teledyne FLIR, mit der in dem Projekt bereits gute Erfahrungen gemacht wurden, ausgewählt.

Dabei handelt es sich um die Kamera „Blackfly S GigE 12.3 MP“ mit lediglich 36g Gewicht und das dazu passende Objektiv „Computar V0828 8mm 1.1““, das einen besonders weiten

Öffnungswinkel hat, um eine möglichst große Überlappung mit dem Scanbereich des Ouster-Lidars zu erhalten.

Abbildung 3: Kamera "Blackfly S" (links) und mögliche Objektive (rechts). Das gewählte Objektiv Computar V0828 8mm 1.1" ist im rechten Bild hinten links zu sehen.

Durch die Auswahl des „OS1-64“ von Ouster und der „Blackfly S GigE 12.3 MP“ von Teledyne FLIR konnten die Projektanforderungen sowie die Payload-Optimierung erreicht werden.

Zur Evaluation wurden mit beiden Sensoren ausgiebige Testdaten aufgenommen und in Arbeitspaket 4 mit verschiedenen 3D-Kartierungsalgorithmen geprüft.

AP3: Entwicklung des UAS und Integration der Sensorik

Das dritte Arbeitspaket war maßgeblich vom Design des UAS-Demonstrators geprägt.

Um die Anforderungen an Flugzeit und Nutzlast erfüllen zu können sowie gleichzeitig eine hinreichende Ausfallsicherheit gewährleisten zu können, haben wir uns für einen koaxialen Oktokopter als Entwicklungsplattform entschieden. Dieses, in unserem Haus, neu entwickelte Trägersystem hat den Vorteil, dass die Spannweite des Systems optimal hinsichtlich Größe der Propeller und Leistungsfähigkeit der Motoren ausgenutzt werden kann. Durch die Anbringung vier weiterer Motoren und Propeller unterhalb der vier standardmäßigen Motoren und Propeller eines Quadrocopters kann zusätzlich Auftrieb und damit Flugzeit und Nutzlast sowie Redundanz und damit Ausfallsicherheit erzielt werden.

Besonderer Designaufwand wurde hier bei der Integration des Gimbal sowie der Anordnung der Vermessungssensorik in diesem erbracht. Für eine stabile Regelung und die davon abhängigen ruhigen Flugeigenschaften die für die Vermessung erforderlich sind muss der kombinierte Sensorik-Schwerpunkt möglichst optimal positioniert sein.

Zunächst wurde auch ein einklappbares Landegestell designed, um das Sichtfeld der Vermessungssensorik uneingeschränkt nutzen zu können. Dieses Design konnte aufgrund der erhöhten Komplexität und aufgrund der kurzen Projektlaufzeit aber nicht im finalen Demonstrator realisiert werden.

Weiterhin wurde die elektrotechnische Verschaltung und Verkabelung der verschiedenen Komponenten in einem Blockschaltbild diskutiert und definiert.

Ein zwischenzeitliches CAD-Design des ursprünglichen UAS-Demonstrators mit einklappbarem Landegestellt ist in Abbildung 4 zu sehen.

Abbildung 4: Vorläufiges CAD-Design des UAS-Demonstrators

Softwareseitig wurden in Arbeitspaket 3 die Treiber für Kamera und Lidar programmiert und konfiguriert sowie die definierten Schnittstellen zum Onboard-PC programmiert. Weiterhin wurde mit der Entwicklung und Implementierung einer GUI begonnen. Im Berichtszeitraum wurde hier die Echtzeitanzeige von Bild- und Lidar-Daten fokussiert um eine spätere Aufnahme von Testdatensätze zu erleichtern.

Schließlich erfolgte in der weiteren Projektlaufzeit der Aufbau des Demonstrators, mit dem bereits erste Tests zur Flugzeitbestimmung durchgeführt wurden, um das mögliche Vermessungsgebiet zu quantifizieren.

Anschließend wurde die Vermessungssensorik in den UAS-Demonstrator integriert: Das Sensormodul wurde im Gimbal-Design verankert und konfiguriert, gefolgt von ersten Testflügen zur Validierung von Bild- und LiDAR-Daten. Danach setzte im Unterauftrag mit dem Fraunhofer-IVI die hardwareseitige Anpassung ein – darunter die Synchronisation von Lidar und Kamera per GPIO.

Schließlich wurde eine graphische Benutzeroberfläche für die Bodenstation erstellt, die Kamera-Konfiguration, Software-Trigger und Bildanzeige umfasst, die Speicherung der Aufnahmen für die anschließende Verarbeitung mit COLMAP und ein Shell-Skript zum automatisierten Start des COLMAP-Algorithmus.

Abbildung 5: Bild des finalen Demonstrators mit Gimbal und Sensorik-Integration

AP4: KI-gestützte Verarbeitung der Vermessungsdaten und automatisierte Volumenschätzung

Im Arbeitspaket 4 wurden die Arbeiten mit einer ausführlichen Recherche zu Lidar-Vermessungs- und Photogrammmetrie-Verfahren gestartet.
Nach diesem Überblick wurde mit der Implementierung verschiedener 3D-Kartierungsalgorithmen begonnen. Hierbei wurden vorerst die Kamera- / Photogrammmetrie-basierten Verfahren sowie die Lidar-basierten Verfahren getrennt umgesetzt.
Im Anschluss wurden die verschiedenen Algorithmen einem ausführlichen Benchmarking unterzogen. Von besonderem Interesse für das Projektvorhaben waren hierbei die Echtzeitfähigkeit sowie die Genauigkeit des Ergebnisses.
Die Evaluation der Algorithmen wurde sowohl mit öffentlichen Datensätzen (MSC-RAD4R, „Tanks and Temples“) mit Ground Truth (vgl. Abbildung 6) als auch mit eigenen aufgenommenen Testdatensätzen (vgl. Abbildung 7 und 8) durchgeführt.

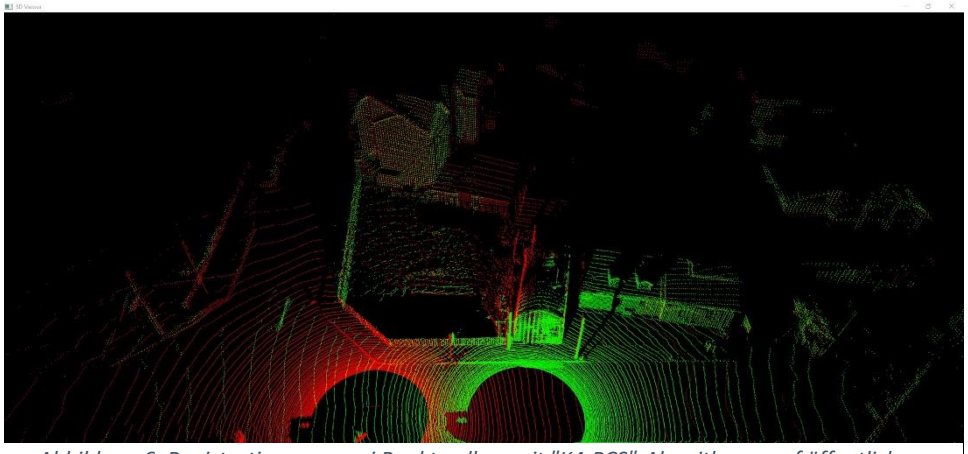

Abbildung 6: Registration von zwei Punktwolken mit "K4-PCS"-Algorithmus auf öffentlichem Datensatz MSC-RAD4R

Durch die Aufnahme und Evaluation anhand eigener Testdatensätze konnten wichtige Parameter der Algorithmen identifiziert und optimiert werden. Weiterhin konnten wichtige Randbedingungen für die Vermessung festgestellt und definiert werden.

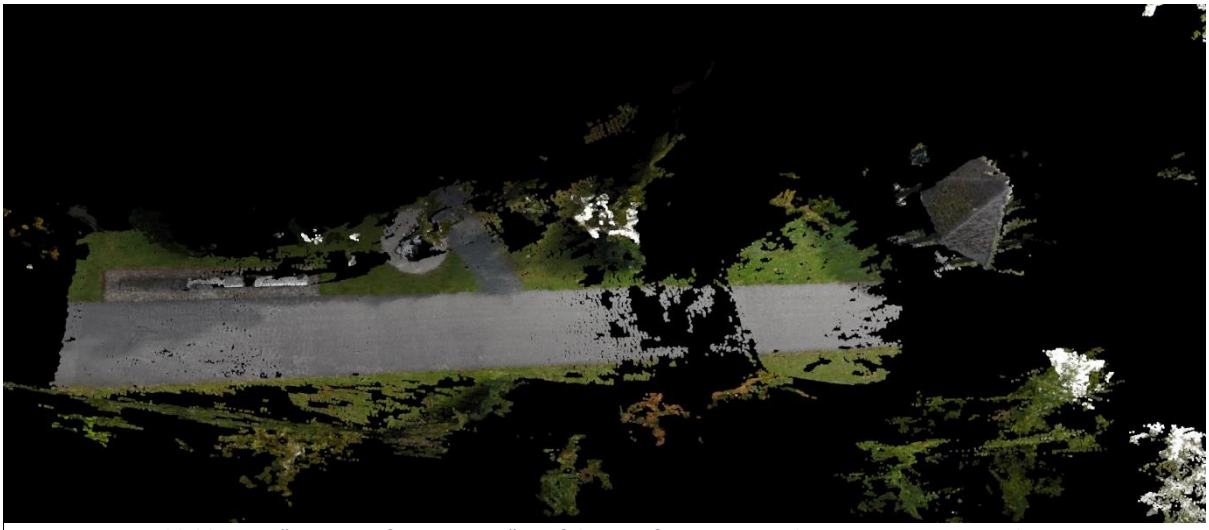

Abbildung 7: "Structure from Motion"-Verfahren auf eigenen Testdaten TopDown-Perspektive

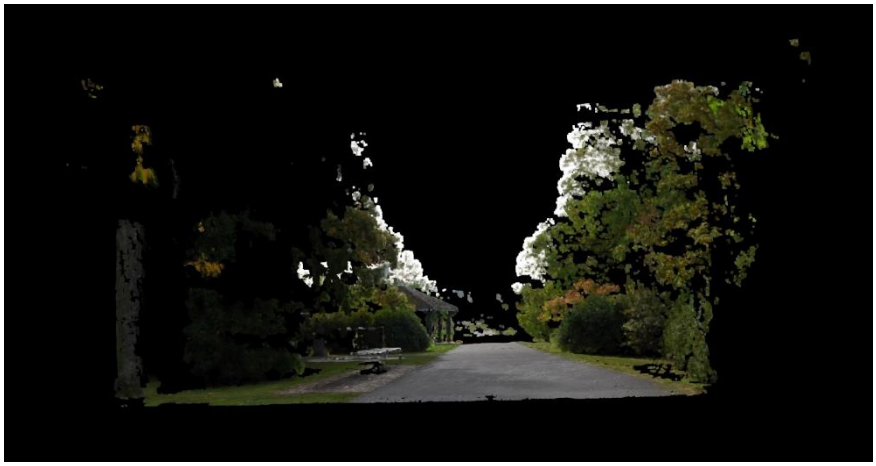

Abbildung 8: "Structure from Motion"-Verfahren auf eigenen Testdaten Kamera-Perspektive

Anschließend wurde ein Verfahren zur volumetrischen Analyse auf Basis von Lidar-Punktwolken entwickelt. Zunächst wird ein relevanter Bereich in der Punktwolke ausgewählt und anschließend durch Filterung bereinigt. Auf dieser Basis wird eine neue, bereinigte Punktwolke erzeugt. Zur Oberflächenrekonstruktion werden zahlreiche Dreiecke generiert, die ein sogenanntes Dreiecks-Mesh bilden. Dieses Mesh wird in die Tiefe projiziert, um ein volumetrisches Modell bestehend aus Tetraedern zu erzeugen, deren Volumen berechnet wird.

Eine zentrale Herausforderung bestand darin, die Genauigkeit der Volumenberechnungen sicherzustellen. Dafür war ein Abgleich mit bekannten Volumina notwendig. Als Lösung wurden

Gruben mit bekannten Volumina zur Evaluierung eingesetzt. Erste Tests zeigten Abweichungen von bis zu 50 %, was eine Optimierung erforderte. Durch Erhöhung der Auflösung, insbesondere der Octree-Tiefe, konnte der Fehler auf 0,3–1 % reduziert werden – abhängig von der Komplexität der Geometrie. Eine weitere Verbesserung der Auflösung führte zu keinen besseren Ergebnissen, woraus sich ergab, dass der Restfehler sich aus der manuellen Markierung der Grubenränder ergeben musste. Initiale Tests für die Volumenschätzung wurden an einer Weinberggrube durchgeführt.

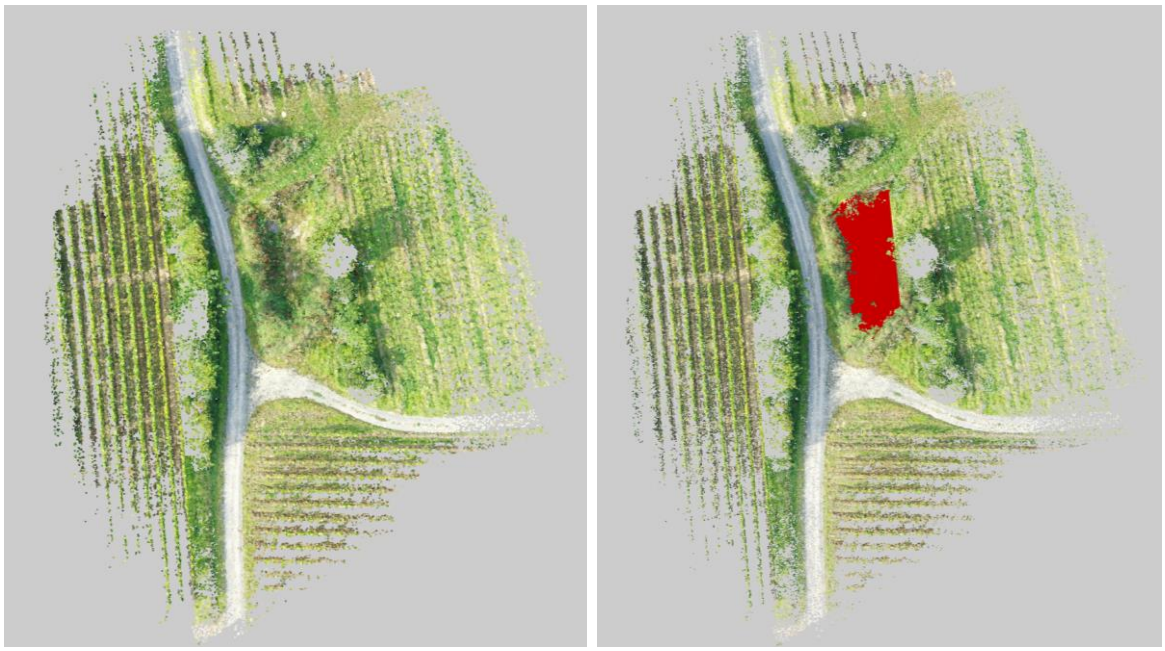

Abbildung 9: Volumenschätzung / Auswahl GUI (Weinberg)

Zur weiteren Verbesserung wäre also eine KI-gestützte, automatische Erfassung der Grubenränder notwendig. Aufgrund der Vorerfahrung des Fraunhofer IVI, der knappen Projektlaufzeit und der technischen Komplexität wurde entschieden diese Arbeiten an das Fraunhofer IVI unterzubeauftragen. Die Ergebnisse aus dem Unterauftrag werden nachfolgend zusammengefasst.

Um die Bilder einer Kamera im Bereich der Bildverarbeitung oder auch im Verbund mit anderen Sensoren einzusetzen, ist zunächst die Kalibrierung der Kameraoptik erforderlich. Hierbei wird zwischen der intrinsischen und extrinsischen Kalibrierung unterschieden:
Die intrinsische Kalibrierung einer Kamera ist ein grundlegender Prozess, der darauf abzielt, die Eigenschaften eines Kamerasystems zu bestimmen, um die aufgenommenen Bilder zu optimieren und präzise Analysen durchzuführen. Bei der intrinsischen Kalibrierung wird die intrinsische Matrix der Kamera geschätzt, die als projektive Transformation vom 3D-Kamerakoordinatensystem zur 2D-Bildebene (Pixelkoordinaten) dient. Diese Matrix enthält wichtige Parameter, die das Bildformat und die Abbildungs-eigenschaften beeinflussen. Darüber hinaus werden die Verzerrungskoeffizienten ermittelt, die die Abweichungen von der idealen Abbildungsgeometrie beschreiben, die durch Ungenauigkeiten in der Linse verursacht werden. Die genaue Bestimmung der intrinsischen Matrix und der Verzerrungskoeffizienten ist entscheidend, um Verzerrungen in den Bildern zu korrigieren und sicherzustellen, dass die resultierenden Bilddaten für Anwendungen wie zur 3D-Rekonstruktion zuverlässig sind.
Die extrinsische Kalibrierung ist ein entscheidendes Verfahren, um die räumliche Beziehung zwischen einer Kamera und anderen Sensor, z.B. einem LiDAR-Sensor zu bestimmen. Der Prozess ist erforderlich, um die Daten beider Sensorsysteme präzise zu fusionieren. Bei der extrinsischen Kalibrierung werden die Transformationsparameter ermittelt, die die Position und Orientierung der Kamera im Verhältnis zum LiDAR-Sensor beschreiben. Diese Transformation ermöglicht es, die 3D-Punktwolken, die vom LiDAR-Sensor erfasst werden, in das Koordinatensystem der Kamera zu projizieren und umgekehrt. Eine präzise extrinsische

Kalibrierung ist essenziell, da sie sicherstellt, dass die visuellen und räumlichen Informationen konsistent und verlässlich sind.

Der erste Schritt der Synchronisierung besteht darin, das Auslösen der Kamera und das gleichzeitige Überlappen des Kamera-Bildes mit der Lidar-Punktwolke zu gewährleisten. Ideal ist es, wenn der Shutter der Kamera genau dann schließt, wenn der Lidar-Winkel mittig im Kamerabild liegt. Dazu wird ein zusätzliches Kabel vom Lidar zur Kamera benötigt, das ein Trigger-Signal überträgt. Dieses Signal kann entweder als Active-Low oder Active-High konzipiert werden; in dieser Anwendung spielt dies jedoch keine Rolle, weshalb sich für Active-Low entschieden wird. Dies bedeutet, dass auf dem Kabel ständig eine Spannung anliegt, die im Moment des Triggers kurz aussetzt. Die Kamera muss auf Falling-Edge konfiguriert sein, damit der Trigger exakt zu diesem Zeitpunkt ausgelöst wird. Mit den beiden programmierbaren Parametern »phase_lock_offset« (Lidar) und »trigger_delay« (Kamera) kann der genaue Zeitpunkt des Auslösens in Bezug auf den verwendeten Exposure-Wert der Kamera weiter feinjustiert werden.
Der zweite Teil der Synchronisierung ist der Aufbau eines PTP-Netzwerks, in dem sich sowohl die beiden Sensoren als auch der Host-Computer befinden. Der Host-Computer fungiert dabei als Grandmaster des PTP-Netzwerks und stellt die Zeitquelle bereit. Die beiden Sensoren sind als Slaves in das Netzwerk integriert und werden aktiv durch den PTP-Verkehr auf die Zeit des Host-Systems synchronisiert. Auf diese Weise können die Sensoren bei der Datenaufnahme die Pakete mit einem PTP-basierten Zeitstempel versehen.
Für die Übertragung der Daten von den Sensoren zum Host-System wird jeweils ein ROS 2-basierter Treiber verwendet. Diese Treiber können so konfiguriert werden, dass sie den PTP-Zeitstempel aus der Originalnachricht anstelle der Empfangszeit auf dem System zur zeitlichen Zuordnung verwenden. So entsteht ein Message-Stream, der sowohl Punktwolken als auch Kamerabilder umfasst, wobei jeder Nachricht ein eindeutiger Zeitstempel zugeordnet ist. Da diese Zeitstempel auf dem PTP-Protokoll basieren, können die Punktwolken und Bilder korrekt zugeordnet werden, um zueinander gehörige Paare zu ermitteln.
In Abbildung 10 wird ein Beispiel der aufeinander projizierten Punktwolke und des Kamerabilds dargestellt. Durch die PTP-Synchronisierung wird ein solches Ergebnis selbst bei Aufnahmen während Bewegung des Sensorsystems erreicht werden.

Abbildung 10: Aufeinander projizierte Punktwolke und Kamerabild

Für die automatische KI-gestützte Erfassung der Grubenränder wäre an der Stelle dann noch ein Training des KI-Modells mit ausreichend Bilddaten notwendig gewesen. Da kein geeigneter Bilddatensatz verfügbar war und die Projektlaufzeit nicht ausreichte, um im Rahmen des Projektes diesen notwendigen Datensatz zu trainieren, konnte die automatische Grubenranddetektion leider nicht abschließend realisiert werden. Dies wäre ein lohnender Ansatzpunkt für ein Folgeprojekt.

AP5: Entwurf Best Practice und Standardszenario

Im Rahmen des Projekts wurde ein umfassendes Best-Practice-Konzept entwickelt, das als Blaupause für künftige Vermessungsflüge im Tagebau dient. Dabei haben wir zunächst die operativen Rahmenbedingungen (ConOps) definiert – von den Flugkorridoren und Geofencing-Zonen über die Wahl der Sensorik (GNSS-RTK/PPK, 3D-Kamera/LiDAR) bis hin zu Qualifikationsanforderungen für Remote Pilot und Visual Observer.
Anschließend erfolgte eine SORA-basierte Risikobewertung (GRC und ARC), aus der das erforderliche SAIL-Level abgeleitet und die passenden Minderungsschritte (z. B. SOPs, Fail-Safe-Mechanismen, Notfallprotokolle) entwickelt wurden. Dabei wurden mehrere Feedback-Schleifen und Iterationen mit dem Luftfahrtbundesamt (LBA) gedreht.
Das Konzept enthält zudem eine detaillierte Schritt-für-Schritt-Anleitung für den Genehmigungsprozess beim Luftfahrtamt sowie empfohlene Kontroll- und Dokumentationsverfahren für jede Mission.
Abschließend wurden alle Maßnahmen in einem modularen Template zusammengeführt, das sich flexibel auf verschiedene Tagebau-Standorte und Drohnenmodelle (< 25 kg) übertragen lässt.

AP6: Evaluation und Demonstration

Zum Projektabschluss wurden finale Erprobungsflüge an unserem Testfeld „Blauer Hügel“ durchgeführt. Dabei wurden die Projektergebnisse in einem Projektvideo dokumentiert.

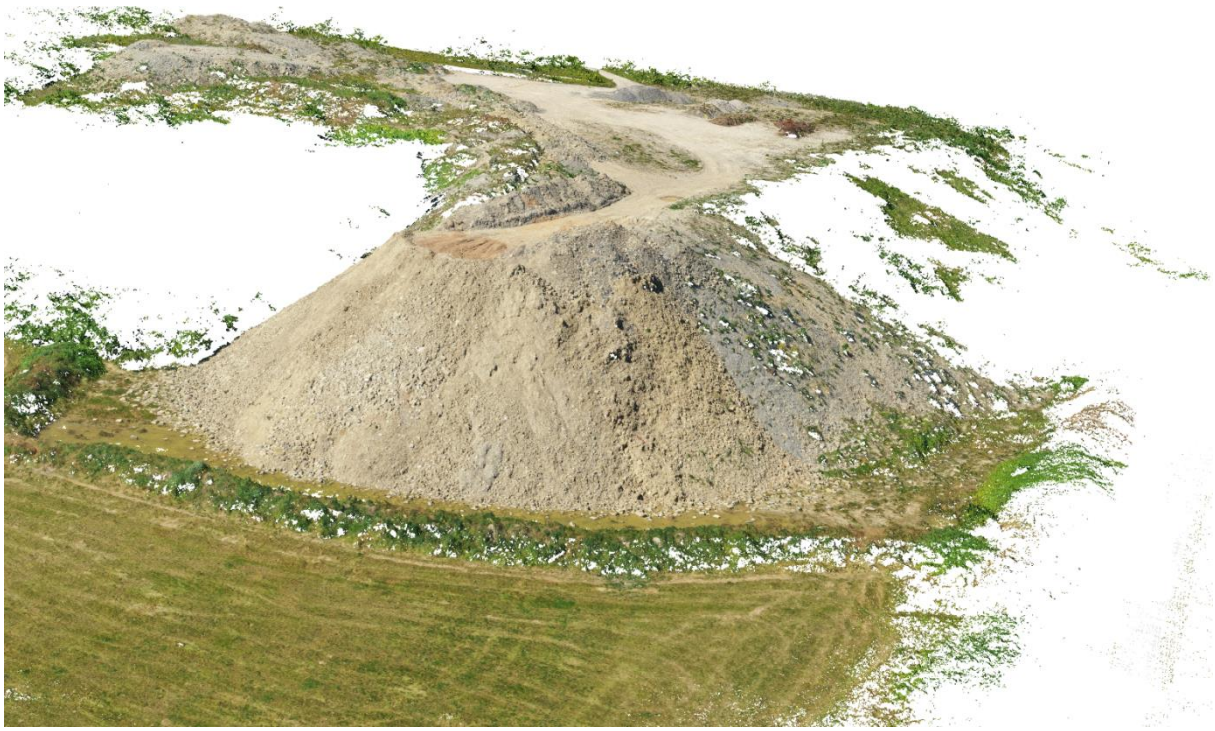

Abbildung 11: 3D Bild vom „Blauen Hügel“

Im Rahmen einer digitalen Abschlussveranstaltung am 8. April 2025 präsentierte die Emqopter GmbH gemeinsam mit assoziierten Partnern die während der Laufzeit in die Entwicklung eingebunden waren die Ergebnisse Projekts.
Zur Planung und Bewerbung der Veranstaltung wurde eine Einladungsseite auf einem Eventportal erstellt und über Mailings an mehr als 2.000 Kontakte sowie über LinkedIn an das gesamte Netzwerk kommuniziert. Aufgrund der Kapazitäten des Webtools war die Veranstaltung auf 100 Teilnehmer limitiert. Die Veranstaltung war innerhalb kürzester Zeit ausgebucht. Zur Veranstaltung selbst wären im Schnitt über 50 Teilnehmer im Online-Raum, was bei einer kostenlosen Online-Veranstaltung eine sehr gute Quote ist und das außerordentliche Interesse des Fachpublikums am Thema verdeutlicht.
Unter Moderation von Geschäftsführer Marvin Bihl und mit Beteiligung von Expert*innen aus Wissenschaft, Vermessungspraxis und Luftfahrt diskutierten die Teilnehmenden im Livestream die technische Umsetzung sowie Chancen und Herausforderungen des Drohnenbetriebs.

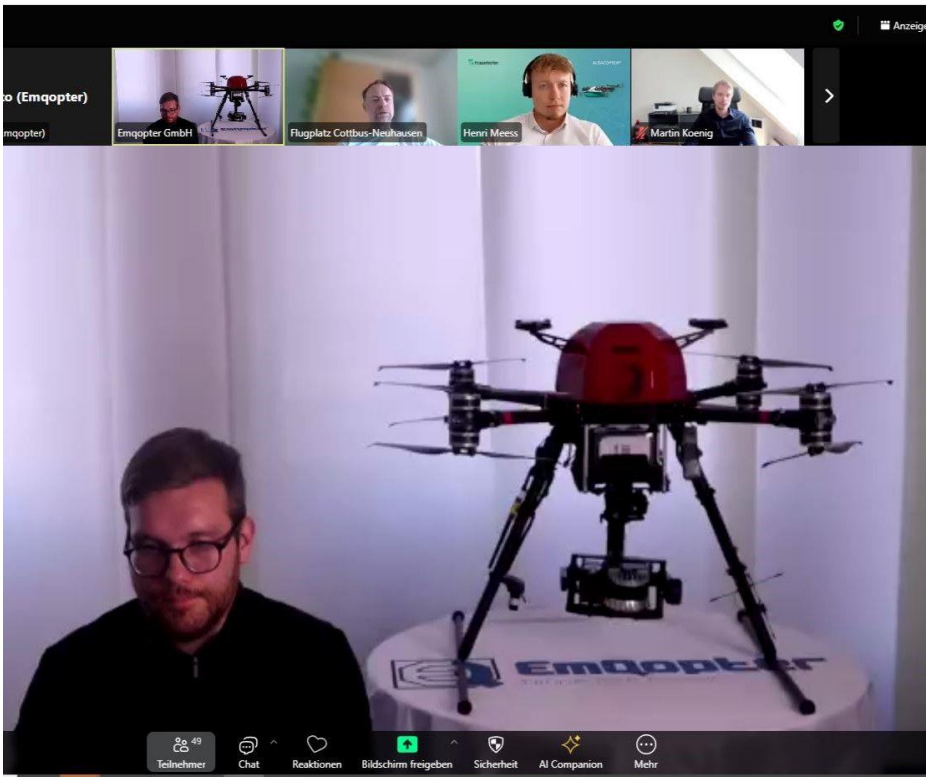

Abbildung 12: Podiumsdiskussion mit den assoziietrten Partnern bei der digitalen Abschlussveranstaltung