AVIAN

Minderung des Brandrisikos durch robotergestützte thermische Überwachung - Schlussbericht

Dieses Projekt wurde unterstützt durch die Wald- und Holzforschungsförderung Schweiz WHFF-CH.

Das Projekt trägt die WHFF-CH-Nummer: 2023.03

Abstract - Deutsch:
Das von AVIAN entwickelte Überwachungssystem revolutioniert die Brandprävention in der Holzindustrie durch den Einsatz fest installierter thermischer Kameras. Diese nutzen fortschrittliche Künstliche Intelligenz, um Temperaturabweichungen sowie Rauch- und Feuerentwicklung präzise zu erkennen. Erfolgreich implementiert bei namhaften Betrieben wie Schilliger Holz und Blumer Lehmann, hat das System nicht nur die gesetzten Ziele erreicht, sondern diese auch signifikant übertroffen, was die Erwartungen an Risikominderung und technologische Innovation angeht.

Abstract - English:
AVIAN's monitoring system is revolutionizing fire prevention in the timber industry with the deployment of fixed thermal cameras. These cameras utilize advanced artificial intelligence to accurately detect temperature anomalies and the presence of smoke and fire. Successfully implemented at leading enterprises such as Schilliger Holz and Blumer Lehmann, the system has not only met but significantly exceeded the set objectives in risk reduction and technological innovation.

Phase I

Erklärung und Ziele

In der ersten Phase dieses Projekts untersuchen wir eine Roboter-Teamlösung, die aus Open-Source-Softwarepaketen besteht. Bevor irgendwelche Hardware beschafft wird, kann eine Machbarkeitsstudie ausschließlich in der Simulation durchgeführt werden, um verschiedene Strategien der Gleichzeitigen Lokalisierung und Kartierung (SLAM) zu testen, die eine unbekannte Umgebung ohne vorheriges Wissen erkunden können. Es existieren viele Open-Source-Softwarepakete für Simulationen, einschließlich NVIDIA ISSAC Gym und Gazebo. Innerhalb dieser Simulatoren können wir ein digitales Zwilling der Schilliger Holz AG Anlage erstellen und die Simulatoren nutzen, um unsere Roboter zu trainieren.

Schlüssel Meilenstein: Demonstration einer Simulation des LE-Roboters bei der Erkundung und Kartierung einer unbekannten Umgebung.

Meilensteine

Simulation und Testen

- Entwicklung der Simulationsumgebung: Unter Verwendung von NVIDIA ISSAC Gym und Gazebo entwickelte das Team einen digitalen Zwilling der Schilliger Holz AG Anlage. Diese simulierte Umgebung, dargestellt in Abbildung 1, war entscheidend für das Training der Roboter und das Testen verschiedener Lokalisierungs- und Kartierungsstrategien und bot eine risikofreie, kostengünstige Testumgebung. Verschiedene SLAM-Algorithmen wie LSD (LIDAR SLAM & Detection), Pronto, Koide3 und FAST LIO wurden getestet und verglichen.
- Odometrie-Test mit Lidar und IMU: Ein Eckpfeiler der Phase I war der erfolgreiche Odometrie-Test mit Lidar und IMU. Die endgültige Kartierung der SH (Schilliger Holz) Anlage ist in Abbildung 3 zu sehen.

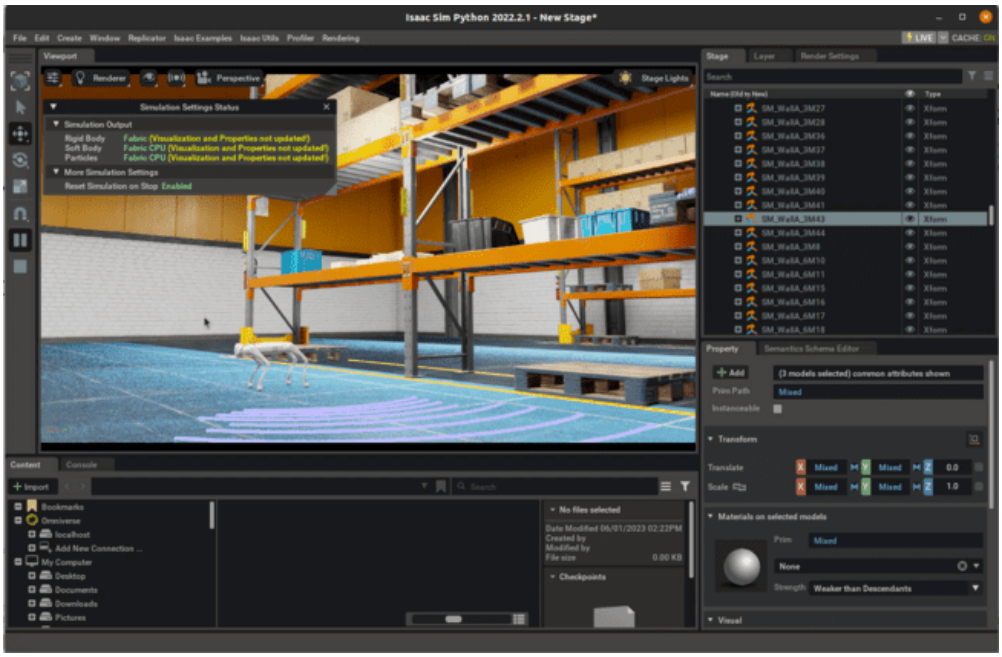

Abbildung 1) Simulationsumgebung in Isaac

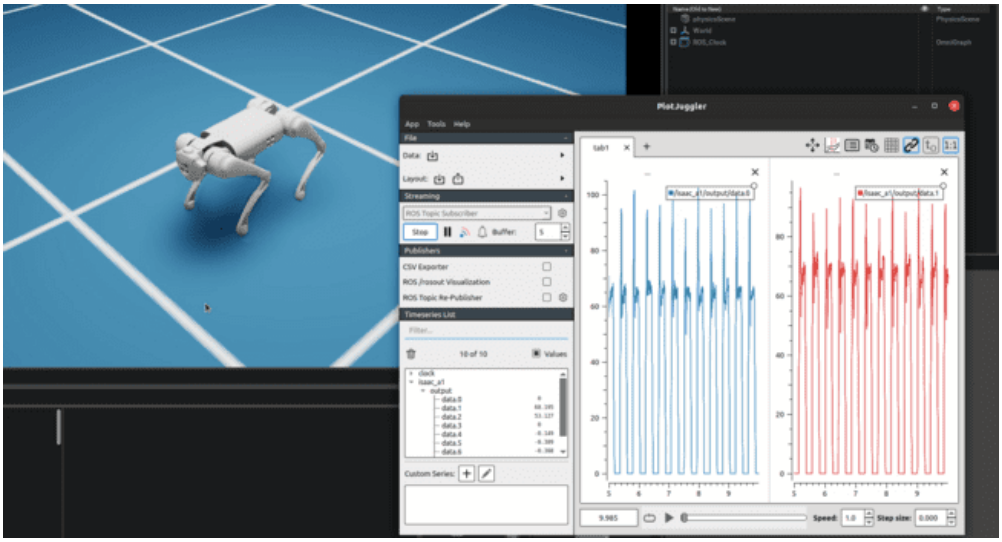

Abbildung 2) Simulationsumgebung in Gazebo

Überwundene Herausforderungen

- Sensor-Kalibrierung: Das Projekt stieß anfänglich auf Herausforderungen bei der Integration und Kalibrierung der Lidar- und IMU-Sensoren. Eine korrekte Kalibrierung war für die genaue Datenerfassung und Navigation unerlässlich. Das Team hat diese Herausforderungen erfolgreich gemeistert und somit eine effiziente Funktionalität der Sensoren sichergestellt.

- Algorithmus-Optimierung: Die Anpassung verschiedener SLAM-Algorithmen für eine optimale Leistung in der Simulationsumgebung war eine bedeutende Aufgabe (siehe Abbildung 4). Dieser Prozess beinhaltete umfangreiche Tests und Verfeinerungen, um sicherzustellen, dass die Algorithmen innerhalb der Grenzen der simulierten Umgebung effektiv waren.

Erfolg der Simulation

- Effektive SLAM-Strategien: Das Team testete mehrere SLAM-Strategien in der simulierten Umgebung. Diese Tests waren entscheidend, um die effektivsten Ansätze zur Erkundung und Kartierung einer unbekannten Umgebung ohne Vorwissen zu ermitteln.
- Machbarkeitsstudie: Der erfolgreiche Abschluss der Phase I diente als umfassende Machbarkeitsstudie. Sie demonstrierte, dass die vorgeschlagene Lösung SLAM-Strategien effektiv in einer simulierten Umgebung nutzen konnte, was ein wichtiger Schritt vor dem Übergang zu realen Anwendungen war.

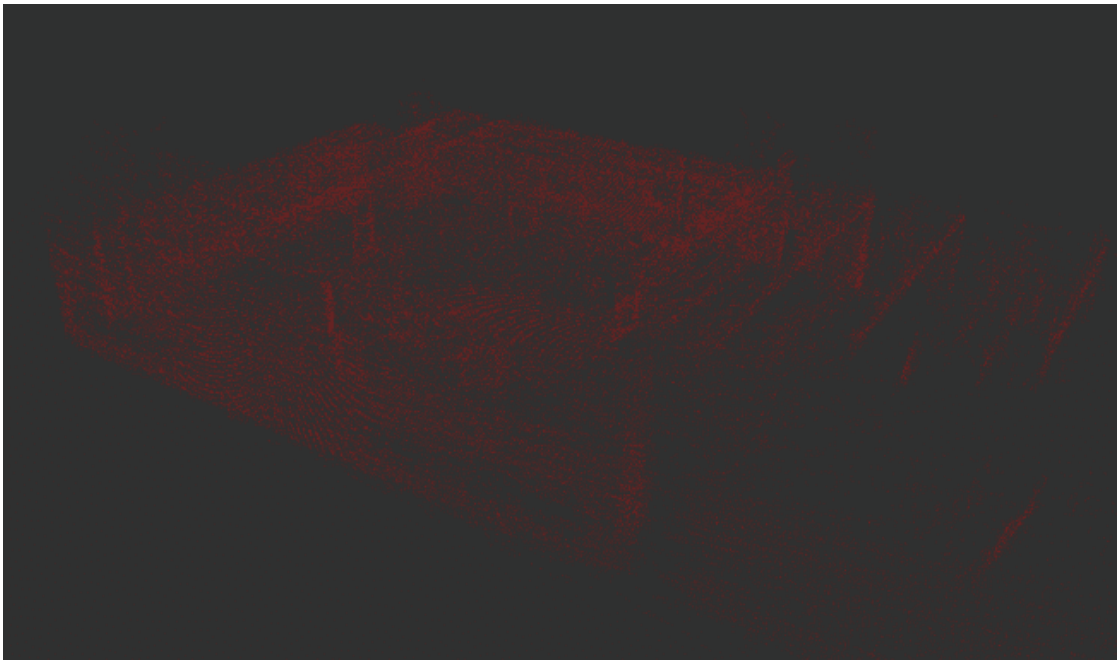

Abbildung 3) Lidar map von SH in Küssnacht

Wichtige Meilensteine

- Innovativer Einsatz von Simulationstechnologie: Der Einsatz fortschrittlicher Simulation Technologien zur Erstellung eines digitalen Zwillings einer realen Einrichtung, wie in Abbildung 2 gezeigt, war eine bemerkenswerte Leistung. Dieser Ansatz ermöglichte umfangreiche Tests und Verfeinerungen der SLAM-Strategien in einer kontrollierten Umgebung.

- Erfolgreiche Demonstration: Der Haupt Meilenstein der Phase I war die Demonstration einer Simulation des LE-Roboters bei der Erkundung und Kartierung einer unbekannten Umgebung. Dieser Meilenstein wurde erfolgreich erreicht, was das Konzept bewies und den Weg für die Phase II ebnete.

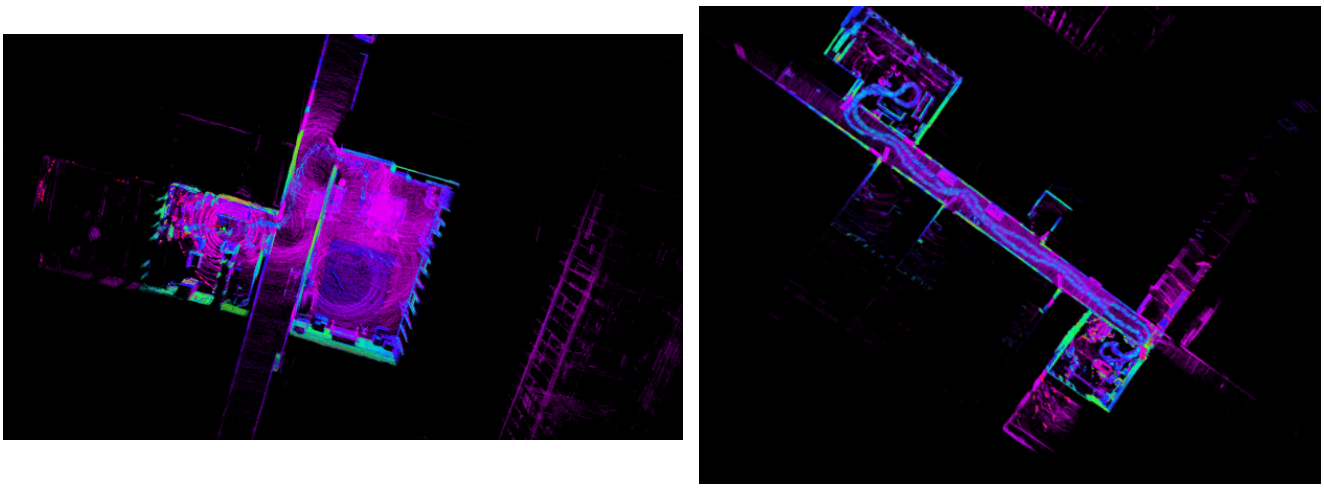

Abbildung 4) Lidar-IMU odometry Tests

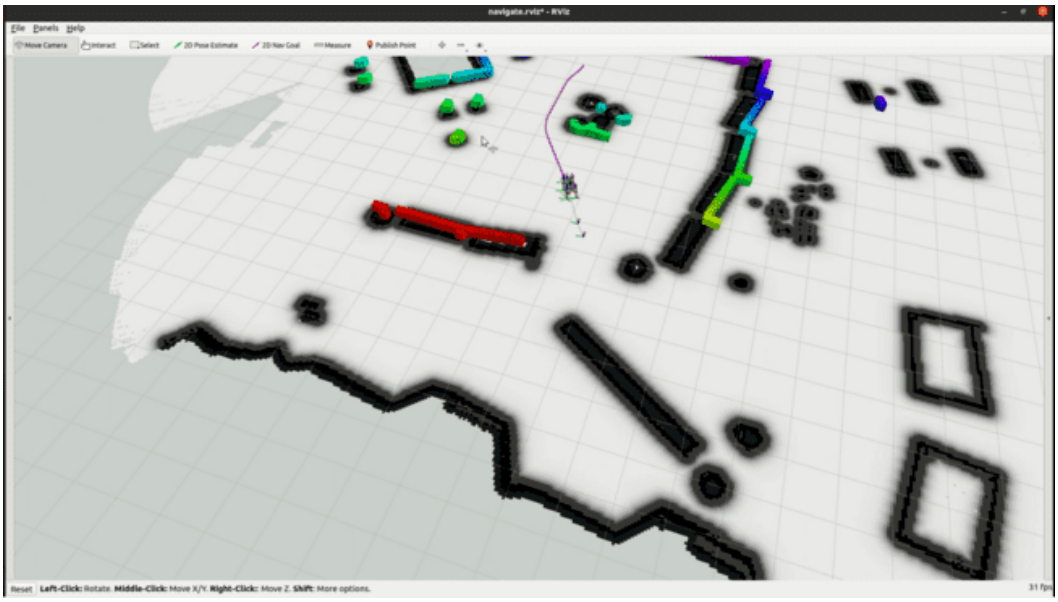

Abbildung 5) Autonome Wegplanung und Kollisionsvermeidung in der Simulation

Fazit

Zusammenfassend war die Phase I des Projekts von bedeutenden Errungenschaften im Bereich der Simulation geprägt. Die erfolgreiche Integration und Kalibrierung wichtiger Sensoren, die Optimierung von SLAM-Algorithmen für die Simulation und die effektive Demonstration dieser Strategien in einer digitalen Zwilling Umgebung repräsentieren zusammen den erfolgreichen Abschluss der Phase I. Diese Erfolge validierten nicht nur die Richtung des Projekts, sondern legten auch eine solide Grundlage für die nachfolgenden Phasen, indem sie den Übergang von einer simulierten Umgebung zu realen Anwendungen ermöglichten.

Phase II

Erklärung und Ziele

Nach einer erfolgreichen Demonstration der Erkundung in der Simulation können wir die Bestellung echter Roboter rechtfertigen, um mit der Integration der verschiedenen Robotik-Hardware in eine einheitliche Architektur zu beginnen. Diese Phase sollte sich hauptsächlich auf die Entwicklung der Infrastruktur konzentrieren, die benötigt wird, um Erkundungsmissionen automatisch von einem Basisstation Computer aus zu starten.

Schlüssel Meilenstein: Demonstrieren Sie die Fähigkeit, zeitgesteuerte Erkundungsmissionen für beide Roboter gemäß einem Zeitplan ohne menschliche Aufsicht zu starten.

Meilensteine

Phase II des Projekts markierte einen bedeutenden Fortschritt gegenüber der Simulation fokussierten Phase I. Diese Phase war der Beschaffung von Hardware, der Entwicklung von Infrastruktur und der Integration dieser Elemente gewidmet, um das Testen der SLAM-Strategien in der realen Welt zu erleichtern.

Hardwarebeschaffung und -Integration

- Gerätebeschaffung: Das Team hat erfolgreich wichtige Hardware Komponenten beschafft, darunter den Nvidia Orien-Computer, das Velodyne Lidar, zweibeinige Roboter (Unitree Go1), Drohnen (AI Seeker) sowie verschiedene ergänzende Teile wie Kabel, Schrauben und 3D-Druckteile.
- Hardware Integration: Eine bedeutende Errungenschaft der Phase II war das vollständige 3D-Design und die Integration dieser Hardwarekomponenten in ein kohärentes System,

wie in Abbildung 5 dargestellt. Diese Integration war entscheidend für die Anwendung der in Phase I entwickelten SLAM-Strategien in der realen Welt.

Infrastrukturentwicklung

- Infrastruktur für Tests in der realen Welt: Nach Abschluss des Designs und des Beschaffungsprozesses aller relevanten Hardwareteile begann die Integrationsarbeit, und alle beschafften Hardwarekomponenten benötigten Test- und Einrichtungszeit. Nachdem die Komponenten einzeln getestet wurden, begann der Zusammenbau und die ersten Tests folgten.

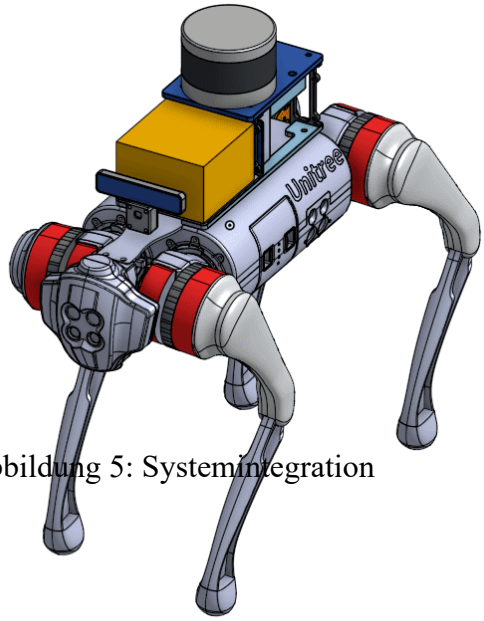

Abbildung 5: Systemintegration

Reale-Tests

- Test und Verifizierung: Phase II erlebte den Beginn und die erfolgreiche Durchführung von Echtwelt-Tests. Diese Tests waren entscheidend, um die Wirksamkeit der SLAM-Strategien und die Hardware Integration in einer praktischen Umgebung zu überprüfen und damit über die Grenzen der simulierten Umgebung hinauszugehen.
- Um sicherzustellen, dass die Roboter sicher betrieben werden konnten, wurde eine Lösung für die Fernsteuerung entwickelt, die einen Notstopp und die Kontrolle der Roboter erleichterte. Die Fernsteuerungs Schnittstelle ist in Abbildung 6 unten zu sehen. Mehrere Videos von Fern Inspektionen an verschiedenen Industriestandorten können unter diesem Link eingesehen werden.

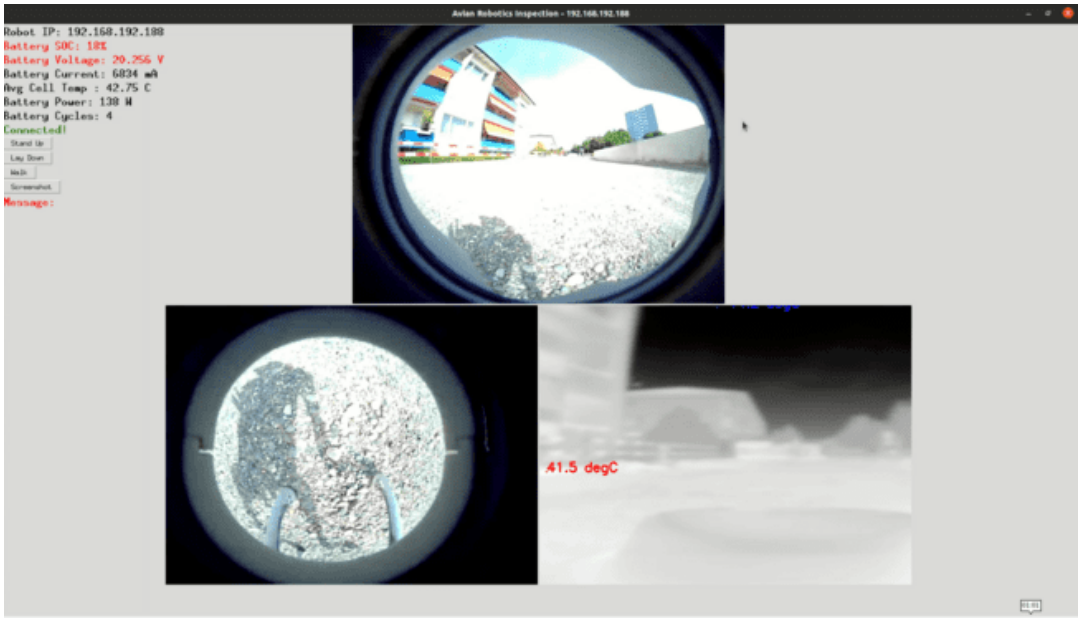

Abbildung 6) Remote Piloten Schnittstelle - Wichtige Informationen wie Akkulaufzeit, Stromverbrauch und die Kamera Daten des Roboters werden an einen menschlichen Piloten zur Überwachung und für die Übernahme des Piloten im Notfalls, gesendet. Die Kamera Streams umfassen die Blickrichtung nach vorn, eine nach unten gerichtete Ansicht, um das Betreten gefährlicher Objekte zu vermeiden, und eine Wärmebildkamera zur Inspektion von Brandquellen.

Automatisierung und Planung

- Automatisierte Erkundungsmissionen: Ein Schlüssel Meilenstein der Phase II war die Entwicklung und Demonstration eines Systems, das in der Lage ist, zeitgesteuerte Erkundungsmissionen für Roboter und Drohnen gemäß einem vordefinierten Zeitplan und ohne menschliche Aufsicht zu starten. Diese Automatisierung stellt einen bedeutenden Schritt in Richtung betrieblicher Effizienz und Skalierbarkeit dar.

Drahtlose Konnektivität

- Verbesserung der drahtlosen Kommunikation: In Anbetracht der Herausforderungen bei der drahtlosen Übertragung und dem Empfang, insbesondere in elektrisch lauten Umgebungen wie bei Schilliger Holz AG, experimentierte das Team mit verschiedenen Antennen und WLAN-Modulen. Diese Tests waren entscheidend, um eine zuverlässige Kommunikation zwischen den Robotern, Drohnen und der Basisstation zu gewährleisten.

Schlüssel Meilenstein und Errungenschaften

- Meilenstein-Erreichen: Die erfolgreiche Demonstration von zeitgesteuerten Erkundungsmissionen ohne menschliche Intervention war ein wichtiger Meilenstein der Phase II und zeigte den Fortschritt des Projekts in Richtung autonomer Ausführung, wie in diesen Tests gezeigt wurde.
- Integration und Anwendung: Die Integration der Hardware mit den SLAM-Strategien und deren Anwendung in realen Umgebungen waren wichtige Errungenschaften, die den Ansatz des Projekts und seine praktische Anwendbarkeit validierten.

Fazit

Phase II des Projekts war geprägt von bedeutenden Fortschritten in der Hardware Integration und der Anwendung in der realen Welt. Die Beschaffung der notwendigen Hardware, die Entwicklung der Infrastruktur für Echtwelt-Tests und die erfolgreiche Demonstration automatisierter Erkundungsmissionen repräsentieren den Höhepunkt der Ziele der Phase II. Diese Leistungen validieren nicht nur die Ausrichtung des Projekts, sondern legen auch ein robustes Fundament für die nachfolgenden Phasen und betonen das Engagement des Projekts für Innovation und praktische Anwendung in der Holzindustrie.

Phase III

Erklärung und Ziele

In der dritten Phase des Projekts lag der Fokus auf der Übertragung der in der Simulation entwickelten Algorithmen auf reale Hardware. Ziel war es, verschiedene Explorationsversuche innerhalb einer Laborumgebung durchzuführen, wie zum Beispiel das Erkunden und Kartieren einer Büroetage. Ein weiteres wesentliches Ziel war die Integration von FLIR-Thermalkameras, einschließlich der Entwicklung von Algorithmen zur Klassifizierung von Feuern oder potenziellen Feuer Ausbrüchen mit Hilfe dieser Kameras und offenen Bibliotheken wie Feuererkennungs-Neuronale-Netzwerke.

Schlüssel Meilenstein: Demonstration einer Simulation des LE-Roboters bei der Erkundung und Kartierung einer unbekannten Umgebung.

Meilensteine

Integration der Hardware

- Erfolgreiche Anpassung und Integration der FLIR-Thermalkameras auf die LE und AE, einschließlich des Entwurfs eines Kameragehäuses zur Vermeidung von Staub Kontamination. Das Kameragehäuse, welches nach IP68, zertifiziert ist, kann in Abbildung 2 gesehen werden. Es wurden umfassende Tests durchgeführt, um die Reichweiten der thermischen Kameras sowie Reaktionszeit des Alarmes festzustellen.
- In Abbildung 3 ist ein thermisches Bild sichtbar. Hier ist zu beachten, dass jedes Pixel einem Temperaturwert entspricht, somit werden über 100.000 Temperaturen gemessen. Die hellen Stellen (rötlich) sind heissere Temperaturen und die dunklen Stellen kältere Temperaturen, wobei das Bild stets normalisiert wird auf die auftretenden Temperaturen im Bild.

Abbildung 1) Testsetup in Tiefgarage - Hier wurden thermische Widerstände verwendet, um einen gezielten Temperaturanstieg zu simulieren, als Referenz wurde ein “Schwarzer” Körper verwendet, welcher für die Kalibration von thermischen Kameras dient.

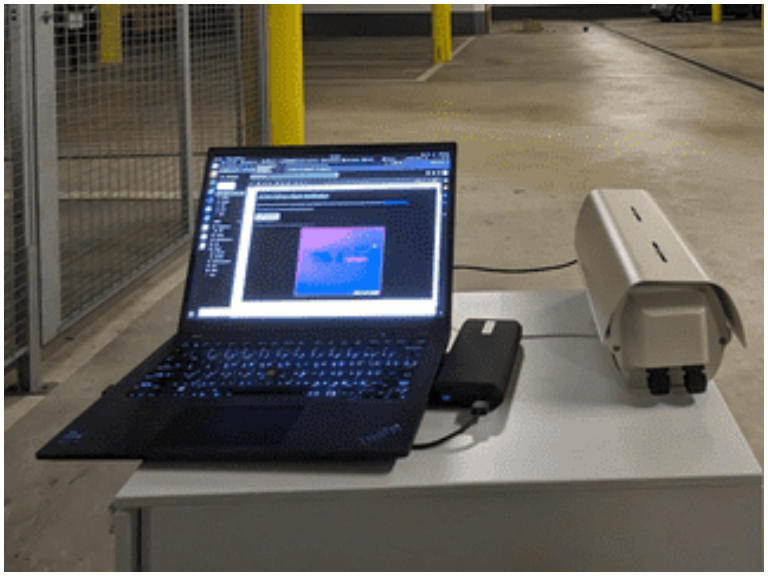

Abbildung 2) Abbildung des wasserdichten Gehäuses für die thermische Kamera

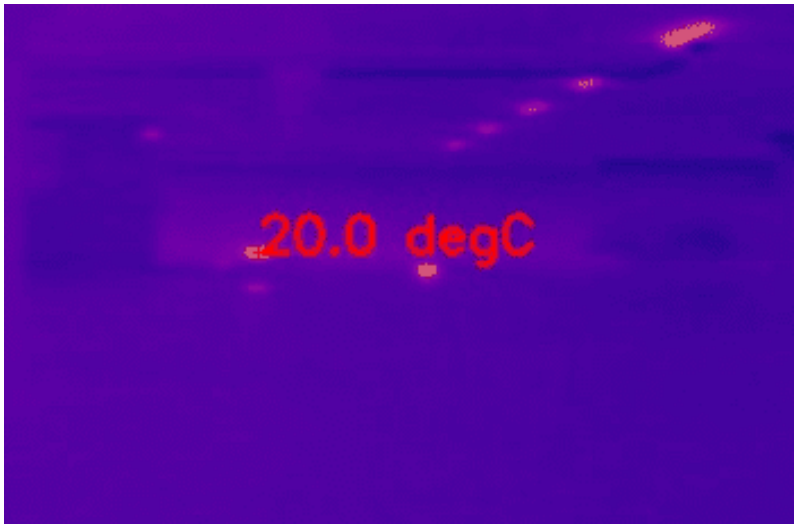

Abbildung 3) Thermisches Bild der Kamera. Testen der Alarmfunktion der thermischen Kamera und deren Messverhalten.

- Beide Gegenstände, wie in Abbildung 1 dargestellt, konnten von der thermischen Kamera mit einer Entfernung von 22.5m problemlos erkannt werden. Dabei hat der schwarze Körper eine quadratische Form mit einer Diagonalen von 15 cm und die thermischen inkl. Kühlkörper haben eine Abmessung von 25 × 17 cm.

Entwicklung von Algorithmen zur Rauch und Feuererkennung

- Entwicklung und Anpassung von Algorithmen zur Nutzung der Thermalkamera- und Standardkamerasignale zur Klassifizierung von Feuern oder potenziellen Feuerausbrüchen. Im Zuge dieser Projektphase wurde ein Algorithmus geschrieben, welcher beim Überschreiten eines Temperaturwertes, welchen die thermische Kamera misst, auslöst. Der Alarm wurde bereits im Test von Abbildung 3 erfolgreich getestet. Des Weiteren wurde auch ein neuronales Netzwerk trainiert für die Standard Kamera, welches Feuer und Rauch erkennt. Beispiele dieses Algorithmus sind in Abbildung 4, 5 und 6 dargestellt. Der Algorithmus gibt immer eine Wahrscheinlichkeit an, mit welcher er glaubt, dass Feuer oder Rauch erkannt worden sind. Obwohl in Abbildung 4 selbst für das menschliche Auge kaum Rauch erkennbar ist, kann unser Algorithmus dies mit einer sehr hohen Sicherheit bereits in diesem frühen Stadium feststellen. Die Schwierigkeit in diesem Test ist der graue Hintergrund, der zu wenig Kontrast führt. Auch in Abbildung 5 kann der Algorithmus Rauch in einem sehr frühen Stadium erkennen. Anschliessend wurden mehrere Tests durchgeführt, um die zwei Sensoren zu vergleichen, wie in Abbildung 6 ersichtlich ist.

Abbildung 4) AVIAN - Rauch und Feuer Erkennungs Algorithmus

Abbildung 5) AVIAN - Rauch und Feuer Erkennungs Algorithmus

Abbildung 6) Vergleich von thermischer Kamera mit Rauch und Feuer Algorithmus

Exploration und Kartierung:

- Demonstration der Fähigkeit des LE, einen kontrollierten Raum autonom zu erkunden. Wie in Abbildung 7 ersichtlich ist konnte voll autonom ein Testraum kartiert werden und eine 3D Ansicht erstellt werden.

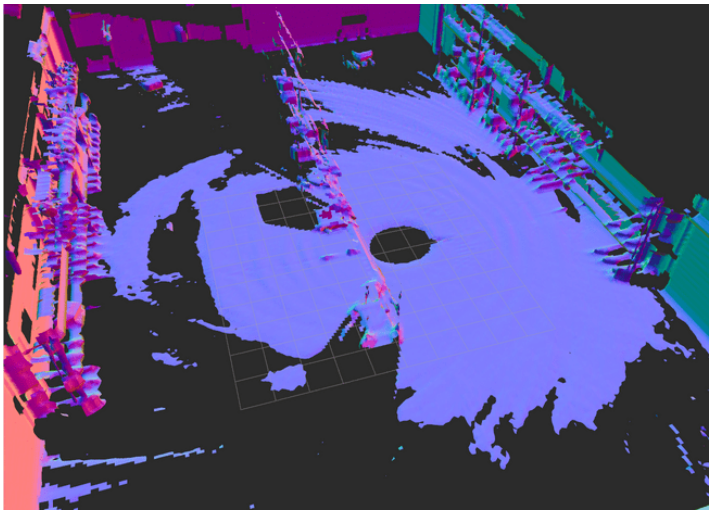

Abbildung 7) Autonome Erkundung und Erstellung einer Karte im Labor

Fazit

Trotz diverser Herausforderungen, insbesondere in Bezug auf die Batterielebensdauer des LE, wurden signifikante Fortschritte erzielt. Die Integration der Thermalkameras und die Entwicklung spezifischer Algorithmen zur Feuererkennung stellen wichtige Schritte in Richtung der Realisierung unseres Ziels dar, ein umfassendes Schutzkonzept für die Brandfrüherkennung zu schaffen.

Phase IV

Erklärung und Ziele

Nachdem die Explorationsstrategie innerhalb der Laborumgebung demonstriert wurde, erfolgte der Transfer zum endgültigen Anwendungsort. Ziele dieser Phase umfassten die Demonstration einer erfolgreichen automatisierten Überwachungslösung in der Umgebung von Schilliger Holz AG, unter Berücksichtigung potenzieller Risiken wie der Betrieb auf staubigen/rutschigen Oberflächen und der Einfluss von Staub auf die Zustandsschätzungsalgorithmen.

Schlüssel Meilenstein: Demonstrieren Sie die Fähigkeit, zeitgesteuerte Erkundungsmissionen für die Roboter gemäß einem Zeitplan ohne menschliche Aufsicht zu starten.

Meilensteine

Phase II des Projekts markierte einen bedeutenden Fortschritt gegenüber der Simulation fokussierten Phase I. Diese Phase war von vielen Praxis Tests geprägt und den damit verbundenen Herausforderungen.

Überwachungslösung

- Demonstration einer erfolgreichen automatisierten Überwachungslösung in der Schilliger Holz AG Umgebung, einschließlich der Identifikation von Feuerrisiken und unerwünschten Personen. Die Algorithmen, welche in Phase 3 entwickelt wurden konnten erfolgreich in die Praxis umgesetzt werden, und somit konnten jegliche Temperaturanomalien, Rauch oder Feuer in Echtzeit erkannt werden.

Test in herausfordernden Umgebungen:

- Durchführung von Tests unter Berücksichtigung der Staub- und Rutschgefahr, um die Leistungsfähigkeit der Roboter zu verdeutlichen. Hierfür wurden verschiedene Umgebungen getestet.

Abbildung 8) Exploration bei der Schilliger Holz AG in Küssnacht mit einem autonomen Roboter

Fazit

Die Phase 4 hat gezeigt, dass unser System unter realen Bedingungen funktionstüchtig ist, selbst in herausfordernden Umgebungen wie bei Schilliger Holz AG. Die Fähigkeit, Feuerrisiken zu identifizieren, ist ein bedeutender Fortschritt für die Sicherheit und Effizienz in solchen Einrichtungen. Die Langlebigkeit der Sensoren und die Kosten für Hardware bei Verschleiß bleiben jedoch als Risikofaktoren bestehen.

Finanzbericht

In den ersten beiden Phasen arbeitete das Team 5 Monate - 1870 Stunden an diesem Projekt und gab 32.400 CHF für Hardware Ausgaben aus.

Entwicklungen nach dem WHFF Projekt

Vorstellung bei Versicherungen

Um die Adoption der Lösung voranzutreiben, wurde sie bei mehreren Sachversicherungen sowie Gebäudeversicherungen vorgestellt und eingehend diskutiert. Die Lösung wurde als sehr innovativ und kreativ angesehen, jedoch leider war das Feedback eindeutig:

- Die Versicherungen verlangen eine 24/7 Überwachung und nicht nur eine Patrouille.
- Die Versicherungen sehen das Risiko / Nutzen Verhältnis von autonomen Robotern in schwierigen industriellen Umgebungen als nicht ideal, da das eingebrachte Risiko der Roboter durch LIPO Batterien wesentlich steigt.

Durch dieses Feedback wurde dann eine Lösung entwickelt, die aus Fix installierten Kameras besteht. Diese thermischen Kameras, welche auch einen RGB Sensor haben, verwenden die in Phase 3 entwickelten Algorithmen - zusätzlich konnte das bereits entwickelte IP68 Gehäuse verwendet werden.

Für die Benutzeroberfläche wurde ein Dashboard, welches in Abbildung 9 abgebildet ist, entwickelt. Dies ermöglicht dem Nutzer, sich in das Überwachungssystem einzuloggen, Live Video Bilder anzuschauen und historische Temperaturdaten einzusehen. Durch die permanente Beobachtung und damit einhergehende konstante Temperaturmessung können Langzeitanalysen von Getrieben, Lagern, Motoren und Maschinen gemacht werden. Hierfür können Regionen von Interesse, welche als “grün” umrandete Boxen im thermischen Bild in Abb. 9 dargestellt sind, eingezeichnet werden. Somit wird jede einzelne Region einzeln betrachtet, sowie auch der Schwellwert für einen Alarm separat eingestellt. Dieser Schwellwert wird nach zwei Wochen

automatisch gelernt, und somit ist dieser Schwellwert wesentlich niedriger, was bedeutet, dass schneller reagiert werden kann.

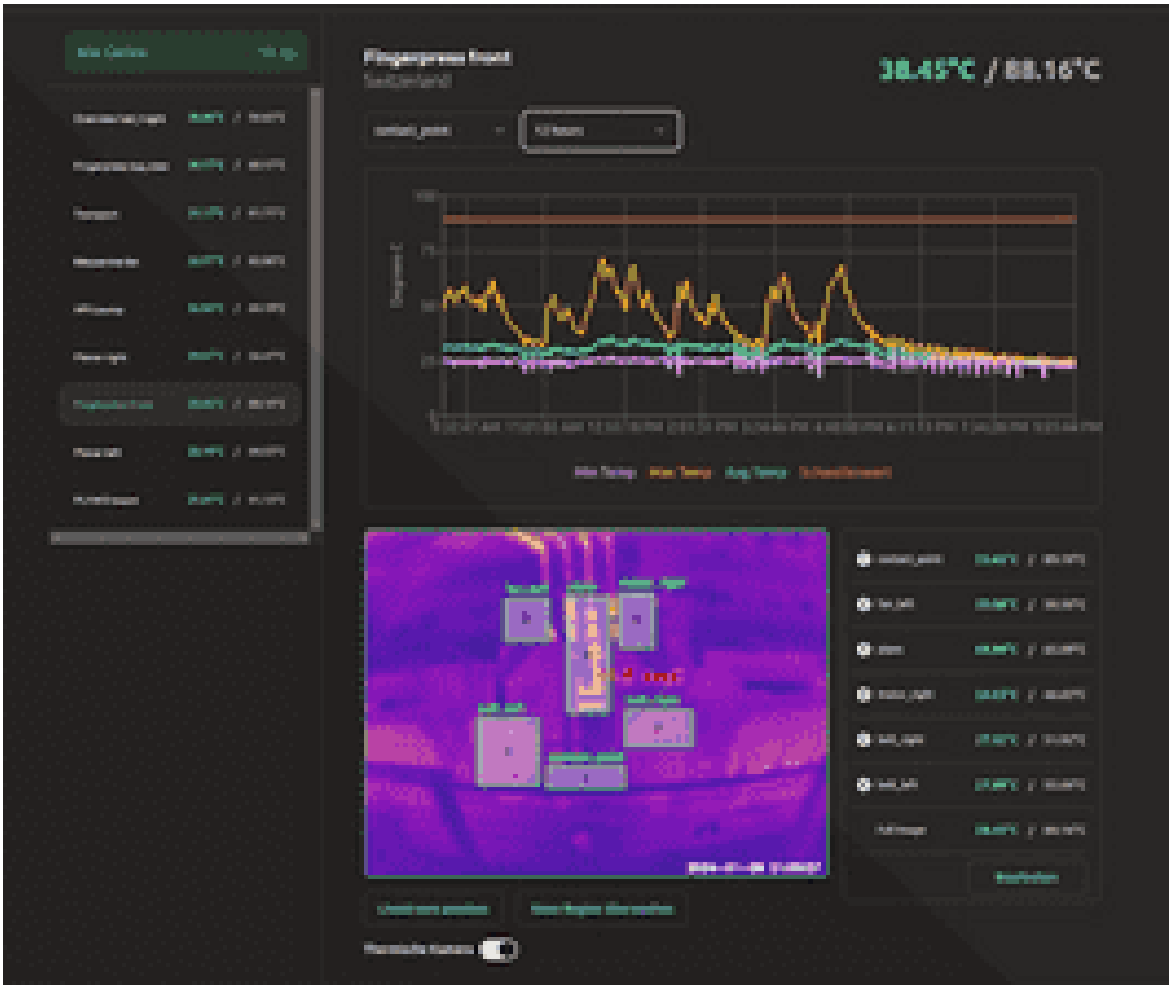

Abbildung 9) Detailansicht AVIAN Dashboard

Langzeitanalysen - vorausschauende Wartung

Mithilfe von maschinellen Lern- und Clustering-Algorithmen können potenzielle Anomalien in den Daten des letzten Monats festgestellt werden. Rot markierte Punkte gelten als anormal, während blau als normal markiert ist. Hier gehen wir der Einfachheit auf eine Kamera ein, jedoch wird diese Art von Langzeitanalyse für jede Kamera gemacht, sowie für jede Region der Kamera. In Abbildung 10 sehen wir die Temperaturverteilung der letzten 30 Tage, hier haben wir dies nur

für zwei Regionen aufgelistet, da dies sonst den Rahmen des Berichtes sprengen würde.

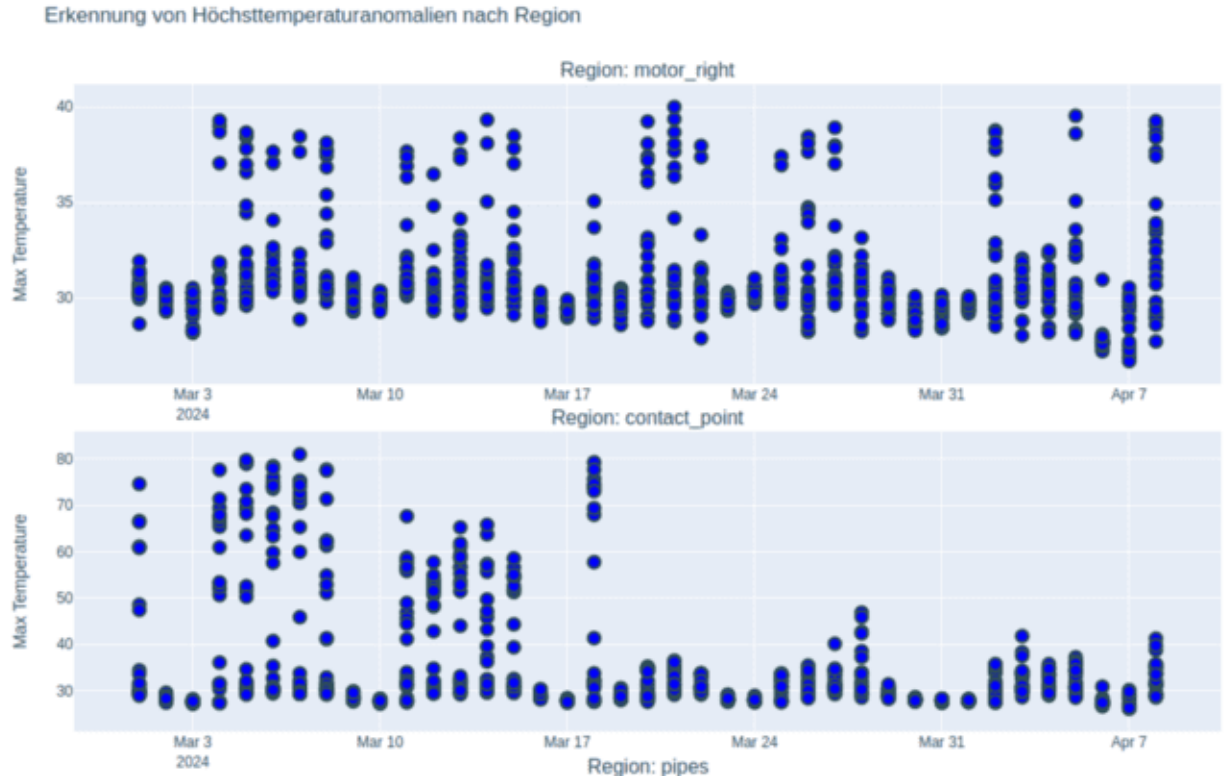

Abbildung 10) Ausschnitt aus Langzeitbericht - Anomalieerkennung mittels ML

Es werden auch alle anderen interessierenden Bereiche angeschaut, um festzustellen, ob bestimmte Komponenten sich verändert haben.

- Grüne Einträge in der Tabelle zeigen eine abnehmende oder keine Veränderung im letzten Monat an.
- Gelbe Einträge zeigen positive Temperaturänderungen von weniger als 1 Grad im letzten Monat an.
- Rote Einträge zeigen positive Temperaturänderungen von mehr als 1 Grad im letzten Monat an

	short_name	slope	intercept	r_value	p_value	std_err
0	belt_left	-0.130411	38.909090	-0.263445	0.105134	0.078506
1	belt_right	-0.031660	36.011795	-0.079359	0.631063	0.065379
2	contact_point	-0.937498	62.936308	-0.552174	0.000268	0.232711
3	fan_left	-0.027644	36.566256	-0.129275	0.432830	0.034859
4	full_image	-0.089640	41.379821	-0.207165	0.205715	0.069592
5	motor_right	-0.038237	35.482910	-0.110411	0.503412	0.056586
6	pipes	-0.210656	48.648615	-0.595169	0.000064	0.046760

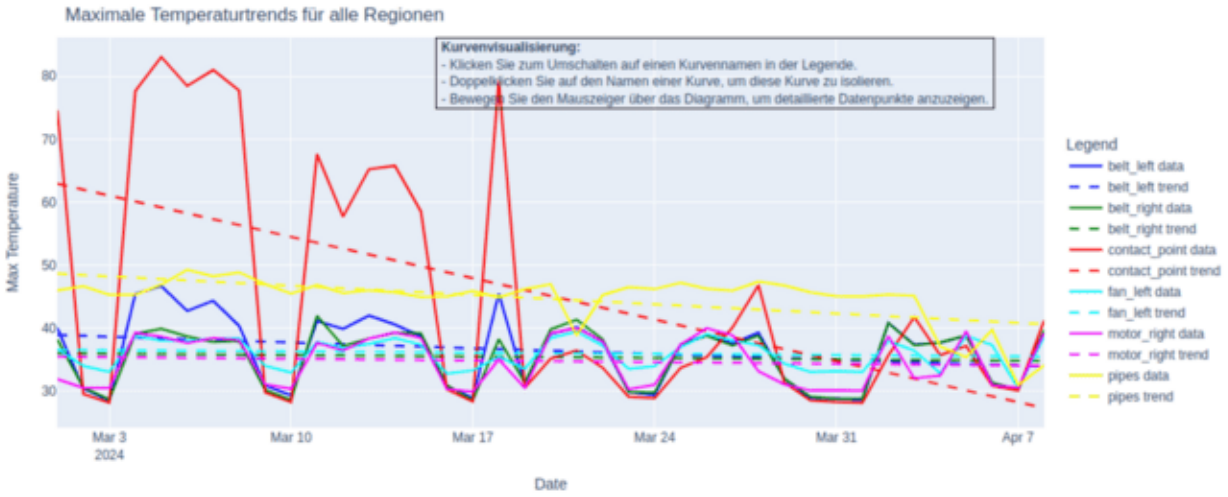

Abbildung 11) Temperaturtrends für alle Regionen

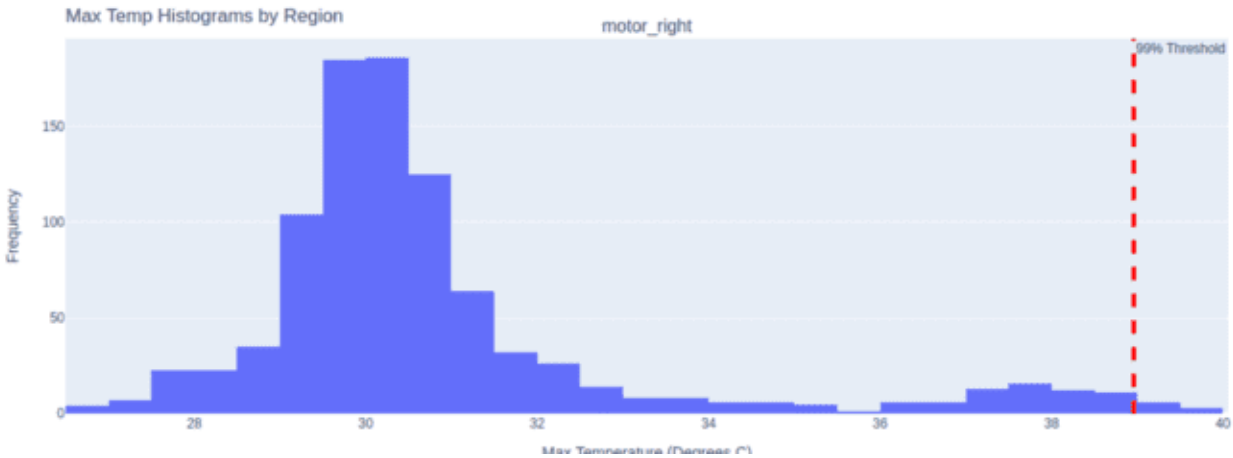

Abbildung 12) Histogramm

In Abbildung 12 ist die Verteilung der Temperatur über eine lange Zeit einsehbar - dies ist wiederum für alle Regionen und Kameras verfügbar.

Funktionsweise

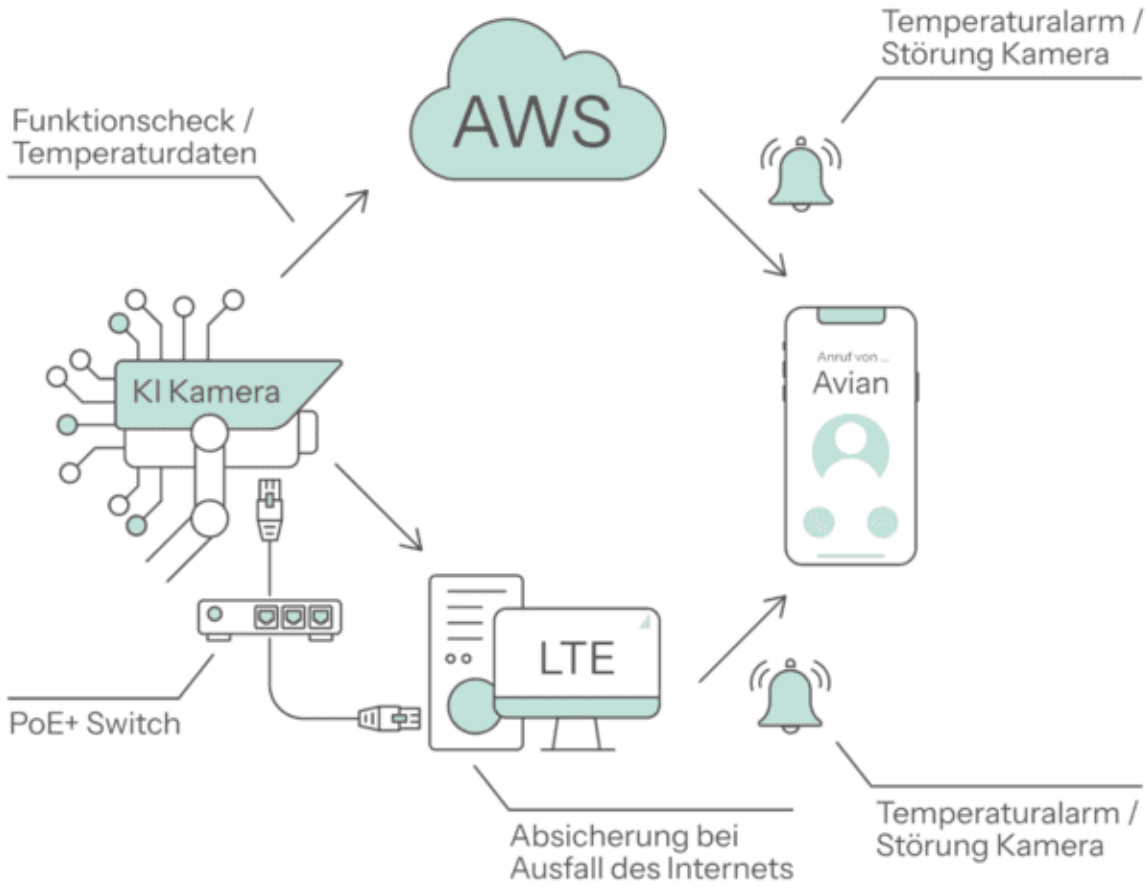

Abbildung 13) Funktionsweise

Jede Kamera führt regelmäßig Selbsttests durch und misst 25 Mal pro Sekunde die Temperatur aller Pixel. Im Falle einer Abweichung von den normalen Temperaturwerten oder bei einer technischen Störung der Kamera wird ein Alarm ausgelöst. Dieser kann an einem Smartphone oder anderen Geräten empfangen werden.

Zusammenfassend stellt dieses System eine kontinuierliche Überwachung sicher, indem es Temperaturdaten und visuelle Informationen in Echtzeit sammelt und analysiert, um die Betriebssicherheit zu erhöhen. Durch die Verwendung von Cloud-Speicher und LTE-Backup kann das System auch bei Ausfall der primären Internetverbindung weiterhin funktionieren.

Anbei sind noch die unterschiedlichen Alarmierungsszenarien genau erklärt, wobei es sich wesentlich um zwei unterschiedliche Alarme handelt.

1) Temperaturalarm **2) Störung Kamera**

Alarmart	Dieser Alarm wird ausgelöst, wenn ein Temperatur - Schwellwert überschritten wird oder wenn Rauch bzw. Feuer mittels der Standard Kamera erkannt wird.	Störung der Internetver- bindung. Damit dieser Fehler auftritt, muss das lokale Internet sowie die separate LTE - Verbindung gleichzeitig ausfallen. Ausfallsicherheit wird ebenfalls über die Cloud sichergestellt.	Funktionsweise der Kamera beeinträchtigt. Jede Kamera meldet sich alle 30. Sekunden an die AWS (Amazon Cloud), dort werden die Temperaturdaten validiert, um sicherzustellen, dass die Kamera funktioniert.
Reaktion	Feueralarm wird via SMS, E-Mail und Telefon an die verantwortliche Person gesendet. Ein Voralarm kann zuerst an eine Person innerhalb des Betriebes gesendet werden und bei weiterem Temperaturanstieg ohne Quittierung kann der Alarm auch an die Melde Leitstelle gesendet werden.	Funktionsstörungs - Alarm wird an intern verantwortliche Person gesendet.	

Fazit

Das System von AVIAN ist mittlerweile schon bei folgenden Betrieben im Einsatz:

- Schilliger Holz - Schweiz
- Blumer Lehmann - Schweiz
- Anton Rosenbaum Sägewerk - Deutschland
- Wanner Holz - Deutschland
- Rubner Holzindustrie - Österreich
- HMS Holz - Deutschland

und hat grossen Anklang gefunden. Somit konnte das Ziel, eine hervorragende Lösung für die Holzindustrie zu entwickeln, nicht nur erreicht werden, sondern sogar übertroffen werden. Des Weiteren hat AVIAN eine Zusammenarbeit mit der Berner Fachhochschule für Holz und Bau und dort mit den Brandschutzexperten, um das System weiterhin zu verbessern und weiter Tests durchzuführen. Das Ziel ist es, das System innerhalb der nächsten 12-24 Monate VdS zu zertifizieren, um die Adaption auf Seite der Versicherungen zu gewährleisten. Der trainierte Algorithmus, welcher Rauch und Feuer erkennt, kann auch die Bilddaten von jeder üblichen Sicherheitskamera analysieren - somit können bestehende Kamerasysteme sehr schnell und

kostengünstig aufgerüstet werden. Dadurch wird die Abdeckung in holzverarbeitenden Betrieben nochmals stark erhöht.

Die Ergebnisse wurden in verschiedenen Fachkreisen durch Präsentationen, Workshops und Veröffentlichungen verbreitet. Es wurde auch ein gemeinsames Event mit dem DeSH (Deutsche Säge und Holzindustrie) im April 2024 veranstaltet zum Thema Brandschutz. Des weiteren ist auch ein Webinar dazu geplant mit dem Schweizer Verband im Mai 2024

Die Ressourcen, Erkenntnisse und entwickelte Technologie während des Projektes waren von unglaublicher Wichtigkeit und wir bedanken uns deshalb über jegliche Unterstützung, welche wir erhalten haben. Hiermit wollen wir speziell unseren frühen Partnern Schilliger Holz, vertreten durch Ernest Schilliger und auch Blumer Lehmann - mit Katharina Lehmann und Valentin Niedermann unseren Dank aussprechen, ohne welche das Projekt so nicht möglich gewesen wäre.