

Pipeline-Überwachung mit Hilfe von Satellitenbildanalyse und Künstlicher Intelligenz (KI)

Alexander Jungwirth und Nomcebo Jele

Gasnetz, Digitalisierung, Künstliche Intelligenz, Fernerkundung, Integritätsmanagement, Transportnetz

Im folgenden Beitrag soll das abgeschlossene Pilotprojekt zwischen der SuperVision Earth GmbH (SVE) und dem Netzbetreiber Ferngas Netzgesellschaft mbH (Ferngas) vorgestellt werden. Ziel der Kooperation war die Durchführung eines Forschungsprojektes zum Thema „satellitengestützte Risikoerkennung“ als mögliche Alternative zur klassischen Befliegung des Leitungsnetzes mit Helikoptern.

Pipeline monitoring using satellite image analysis and artificial Intelligence (AI)

In the following article, the completed pilot project between SuperVision Earth GmbH (SVE) and the network operator Ferngas Netzgesellschaft mbH (Ferngas) will be presented. The goal of the cooperation was the implementation of a research project on the topic of "satellite-based risk detection" as a possible alternative to the classic aerial survey of the pipeline network with helicopters.

Die Bundesrepublik Deutschland ist von einem Transport- und Verteilernetz von rund 540.000 Kilometern Leitungslänge durchzogen, welches Endverbraucher und Industrie mit einem der wichtigsten Energieträger versorgt: Gas (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.). Die Sicherheit und Integrität der Netzinfrastruktur hat hier somit höchste Priorität.

Dennoch können Schadensereignisse nicht komplett verhindert werden. Im 11. Bericht der European Gas Pipeline Incident Data Group (EGIG) wurde die Verteilung der Vorfälle nach Ursache im Zeitraum 2010 bis 2019 dargestellt. Die Hauptursachen dieser Schäden sind externe/fremde Eingriffe (27,17 %), Korrosion (26,63 %), Baumängel/Materialversagen (15,76 %), Bodenverformungen und -bewegungen (15,76 %) und unbekannte Vorfälle (13,04 %) (**Bild 1**). Ist ein Schaden erst einmal eingetreten, ist seine Behebung meist kostspielig und zeitaufwändig, insbesondere bei Schäden, die Auswirkung auf die Umwelt haben. Zur Vermeidung von Schadensereignissen, ist es notwendig, die Rohrleitungen regelmäßig, am besten

kontinuierlich, zu überwachen. Auf diese Weise lassen sich potenzielle Gefahren frühzeitig erkennen. Prävention ist somit die wirksamste Lösung für dieses Problem.

Im folgenden Beitrag soll das abgeschlossene Pilotprojekt zwischen der SuperVision Earth GmbH (SVE) und dem Netzbetreiber Ferngas Netzgesellschaft mbH (Ferngas) vorgestellt werden. Ziel der Kooperation war die Durchführung eines Forschungsprojektes zum Thema „satellitengestützte Risikoerkennung“ als mögliche Alternative zur klassischen Befliegung des Leitungsnetzes mit Helikoptern.

Als Testgebiet wurden zwei Leitungsabschnitte mit einer Gesamtlänge von 237 km im Netzgebiet der Ferngas ausgewählt und sechs Monate lang durch SVE parallel zur klassischen Befliegung überwacht. Der beobachtete Bereich erstreckte sich auf 67 km in Thüringen (**Bild 2**) und 170 km in Bayern (**Bild 3**). Das Monitoring wurde monatlich mit der Hilfe von Satellitendaten durchgeführt. Während der Projektlaufzeit fanden regelmäßig Auswertungen, Präsentationen und Ergebnisdiskussionen statt.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass ein hohes Potenzial für den Einsatz eines satellitengestützten Überwachungssystems im Regelbetrieb besteht.

1. Projektentwicklung:

Im September 2020 begannen SVE und Ferngas ihre Zusammenarbeit, um Ferngas beim sicheren und zuverlässigen Betrieb ihres Hochdruckleitungsnetzes zu unterstützen. Auch die Automatisierung und Digitalisierung von Arbeitsprozessen und Arbeitsabläufen sollte durch SVEs Anwendung leichter umsetzbar gemacht werden.

Der erste Teil des Projekts umfasste die Integration der Testregion in die Software. Hier wurde die KI individuell auf das zu überwachende Netz von Ferngas trainiert. Die **Bilder 2** und **3** zeigen die Ferngasnetze, die durch den Dienst von SuperVision Earth überwacht wurden.

In der zweiten sechsmonatigen Projektphase wurde der Überwachungsworkflow monatlich wiederholt, um das Netzgebiet auf auffällige Aktivitäten (z. B. heranrückende Baumaßnahmen) hin zu überprüfen.

2. Der Ansatz von SuperVision Earth

Der satellitengestützte Überwachungsdienst SuperVision Space (SVS) soll eine frühzeitige Erkennung potenziell gefährlicher Umstände (Ereignisse) für die Gasleitungen der Netzbetreiber gewährleisten. Der Ansatz von SVE zielt darauf ab, mögliche Unfälle zu vermeiden, indem die Rohre häufiger überwacht werden als mit herkömmlichen Techniken (Helikopterbefliegung oder Bodenbegehung/Befahrung). Dies ist u. a. aufgrund der emissionsfreien satellitengestützten Überwachungstechnologie möglich, die das SVE-Produkt kennzeichnet.

Eingriffe Dritter in den Schutzstreifen der Pipeline, Naturereignisse wie Erdbeben, Bodenverschiebungen, Brände oder Überschwemmungen können somit regelmäßig mit vollständig digitaler Technik und Methodik erkannt werden. Hier fungiert das System von SVE als präventive Maßnahme der Erkennung solcher Aktivitäten, bevor ein Schaden eintritt.

Die SVE-Lösung verfügt über eine browserbasierte Schnittstelle und lässt sich problemlos in gängige PIMS- und GIS-Systeme integrieren. Darüber hinaus bietet SVE die erforderliche Schulung und Unterstützung für die Benutzer.

Die Erkennungsqualität der Lösung stützt sich auf zwei Säulen: ein maschinelles Lernmodell mit KI, das speziell für die Geografie des Kunden trainiert wird, und die Verwendung von Satellitenbildern, auf denen mit Hilfe der KI auffällige Aktivitäten in der Nähe von Pipelines festgestellt werden können. Dank der jüngsten Fortschritte in den Bereichen Cloud Computing, maschinelles Lernen

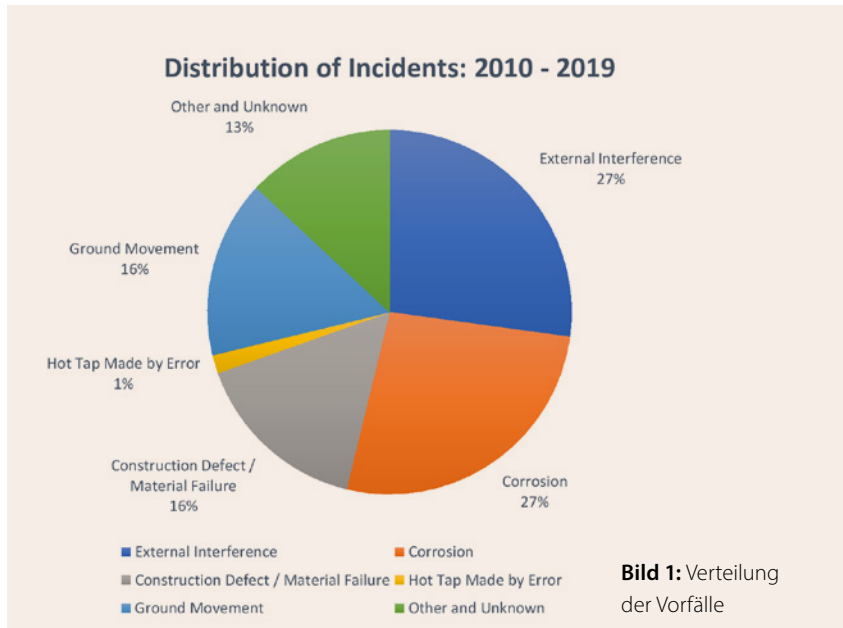


Bild 1: Verteilung der Vorfälle

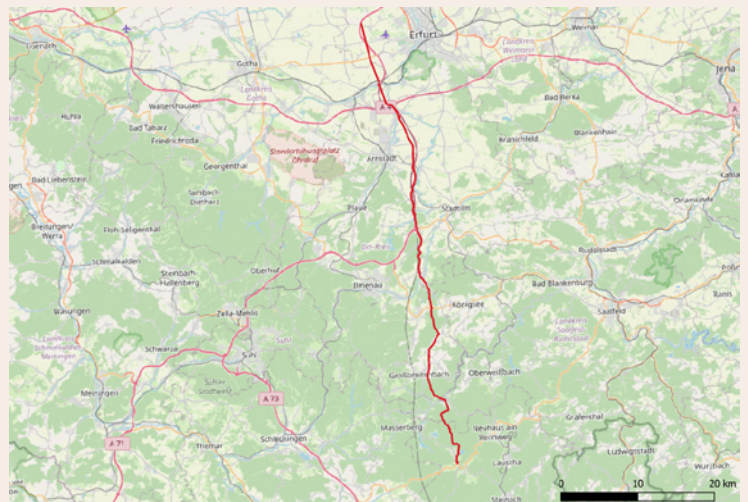


Bild 2: überwachtes Netz - Thüringen

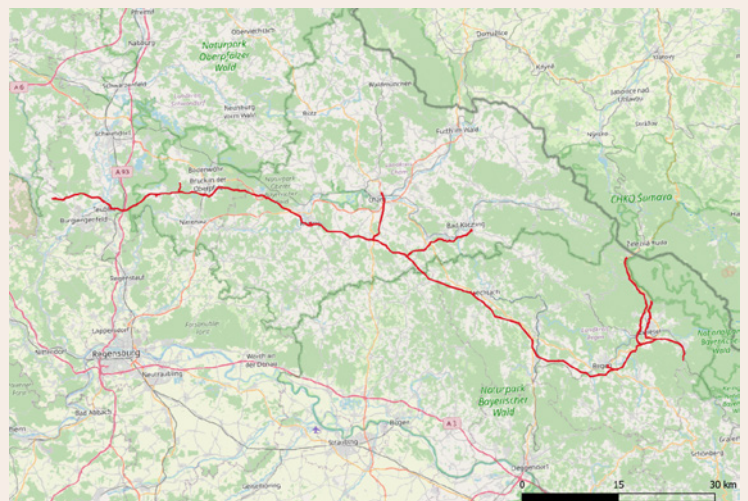


Bild 3: überwachtes Netz – Bayern

und der Wirtschaftlichkeit des Satellitenmarktes kann diese Lösung bald flächendeckend eingesetzt werden.

Im Hinblick auf Nachhaltigkeit engagiert sich SVE für die Reduzierung von Treibhausgasemissionen. Die SVE-Überwachungsmethode ist quasi emissionsfrei und kann zur Reduzierung von Emissionen aufgrund von Schadensfällen beitragen. Für die Netzüberwachung mit einem Satelliten werden auf 100 km Leitungsnetz nur 0,81 kg CO₂ ausgestoßen, wobei ein Helikopter auf der gleichen Strecke 1.200 kg CO₂ verbraucht. Somit kann man allein 99,93 % der Emissionen durch den reinen Einsatz von Satellitendaten bei der Infrastrukturüberwachung einsparen. Als Experte für Gaspipelines und Mitglied in regelsetzenden Industrieverbänden engagiert sich SVE außerdem für die Umsetzung europäischer Richtlinien und nationaler Vorschriften und die Aufnahme ihrer innovativen Technologie in die Regelwerke.

3. Technologie

Satellitenbilder sind eine wesentliche Ressource, welche diese Lösung zur Überwachung von Pipelines unterstützt. Für den SVS-Dienst werden optische Bilder mit Auflösungen von 10 m, 3 m und 50 cm pro Pixel (**Bild 4**) sowie Radarbilder mit Auflösungen von 10 m und 1,5 m pro Pixel (**Bild 5**) verwendet.

Weitere wichtige Ressourcen waren ein neuronales Netzwerk, das speziell für Pipeline-Risiken entwickelt und trainiert wurde, sowie eine umfangreiche Datenbank mit Trainingsbeispielen für vergangene Ereignisse aus Archivbildern. Darüber hinaus waren eine Cloud-Server-Infrastruktur mit Sitz in Frankfurt am Main sowie ein Team für Softwareentwicklung, Qualitätskontrolle und Projektmanagement involviert.

Im konkreten Projekt wurden monatliche optische Satellitenbilder mit einer Auflösung von 0,5 x 0,5 m sowie 3 x 3 m verwendet. Ergänzend wurden Radarbilder mit einer Auflösung von 10 x 10 m und 1,5 x 1,5 m verwendet. Unser Modell für maschinelles Lernen, das auf künstlicher Intelligenz basiert, wurde für die Analyse der Überwachungsdaten eingesetzt, um Ereignisse konsequent zu erkennen.

4. Projektergebnisse

Das Ziel war es, den satellitengestützten Pipeline-Überwachungsdienst von SVE auf der Grundlage von KI-Bewertungen statistisch und qualitativ mit den Ergebnissen von Erhebungen aus der Luft, z. B. Hubschrauberflügen, zu vergleichen und daraus mögliche Vorteile und/oder Nutzen abzuleiten. Die langfristige Implementierung der SVE-Lösung für das Integritätsmanagement von Pipelines kann zu mehreren Vorteilen und Nutzen für Netzbetreiber führen, z. B. in finanzieller und technischer Hinsicht.

Hier sind die Verringerung potenzieller Gasversorgungsausfälle, die Verringerung potenzieller Reparaturkosten und die Verringerung potenzieller Störungskosten besonders hervorzuheben. Außerdem ist es möglich in einer höheren Frequenz zu überwachen, da man bei einigen Satellitendaten über ein großes Archiv verfügt, welches teilweise täglich aktualisiert wird. Über einen automatisierten Arbeitsablauf werden allen Ereignissen und Vorfällen in einer digitalen Karte dargestellt, was den Überblick und die weitere Bearbeitung von erkannten Ereignissen erleichtert.

Durch die direkte Verfügbarkeit von Bildern und genauen, objektiven sowie standardisierten Aufzeichnungen inklusive präziser Koordinaten der Ereignisse konnte die datenbasierte Entscheidungsfindung automatisiert werden und so Arbeitsabläufe im Integritätsmanagement effizient gestaltet werden. Auch im Pilotprojekt hat SVE die Events mit ihren relevanten Informationen den

Bild 4: Beispiel 0,5 m Optische Daten



Bild 5: Icyce 1,5 m Radar Daten

dazugehörigen Satellitenbildern des Monitorings direkt in ihrem Web-GIS zur Verfügung gestellt. So konnten die Netzmeister direkt auf die Events zugreifen und diese entsprechend bearbeiten (Bild 6). Es war keine weitere Integration in ein GIS-System notwendig und die Events konnten in einer beliebigen Frequenz aktualisiert und dokumentiert werden. Einer der wichtigsten Vorteile dieser Lösung gegenüber herkömmlichen Überwachungsmethoden ist der Umweltaspekt. Mit SVS können deutliche Einsparungen bei CO₂-Emissionen realisiert werden, da SVS im Vergleich zu Helikopterbefliegungen, bei denen im Durchschnitt 1.200 kg pro 100 km ausgestoßen werden, quasi emissionsfrei ist. Für das 3.000 km lange Pipelinetz von Ferngas entspräche dies einer Gesamteinsparung von ca. 432 t CO₂ pro Jahr im Vergleich zu einer monatlichen Befliegung.

5. Fazit

Während des Projektes konnten Herausforderungen und Verbesserungspotenziale erfolgreich bestimmt und Lösungsansätze ermittelt werden. Die Senkung der Kosten auf ein vergleichbares Niveau wie bei Hubschrauberflügen, eine verbesserte Datenverfügbarkeit durch verschiedene Anbieter der Bilddaten, die automatisierte Filterung der Ergebnisse nach Relevanz und Wahrscheinlichkeit sowie die Einbindung der Technologie in das Regelwerk des DVGW sind Schlüsselfaktoren, an denen SVE aktiv arbeitet. Außerdem soll in dem System noch die Erkennung von Aktivitäten durch Radardaten implementiert werden, um hier eine Unabhängigkeit von Wettereinflüssen, wie Wolkenbedeckung, zu erreichen. Im Projektverlauf konnte festgestellt werden, dass die höheraufgelösten 0,5-m-Bilder eine sehr gute Detektionsquote aufweisen, in ihrer Verfügbarkeit und Bepreisung jedoch nicht für eine hohe Frequenz geeignet sind. Deshalb soll in Zukunft auf die günstigeren und häufiger beziehbaren 3-m-Daten zurückgegriffen werden, welche mit einer Zeitreihenanalyse die geringere Auflösung kompensieren können. In der Benutzung beider Datenquellen in unterschiedlichen Frequenzen und Analysetypen sieht SVE die bestmögliche Methode zur Detektion von Aktivitäten.

6. Ausblick

Für Ferngas stehen bei der neuen Technologie unter anderem die Möglichkeit zur Reduktion von Emissionen bei der Leitungsnetzüberwachung sowie die Digitalisierung und Automatisierung von Arbeitsabläufen im Vordergrund. Langfristig strebt SVE einen Technologiemix im Integritätsmanagement von Netzinfrastruktur an, welcher aus Satellitendaten, Drohnen, Glasfaser und weiterer IoT-Sensorik bestehen könnte.



Bild 6: Screenshot des GIS-Systems & Reporting-Tools von SVE

Das Pilotprojekt mit Ferngas bezeichnet ein erfolgreiches Beispiel einer innovativen Partnerschaft zwischen einem etablierten Unternehmen und einem Start-Up, welches bei der Entwicklung seiner Produkte die Unterstützung durch First-Mover braucht.

Literatur

- [1] Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. „Technische Sicherheit Gas.“ 2021. DVGW Website. <<https://www.dvgw.de/themen/sicherheit/technische-sicherheit-gas>>
- [2] EGIG. „GAS PIPELINE INCIDENTS: 11th Report of the European Gas Pipeline Incident Data Group.“ 2020. 27 September 2021. <[https://www.egig.eu/reports/\\$60/\\$61](https://www.egig.eu/reports/$60/$61)>
- [3] Watershed Council. „Pipeline Risks.“ 23 September 2021. Tip of the Mitt. <<https://www.watershedcouncil.org/pipeline-risks.html>>

Autor:innen



Alexander Jungwirth

Ferngas Netzgesellschaft mbH |
Schwaig b. Nürnberg |
Tel.: +49 911 99007971 |
info@ferngas.de



Nomcebo Jele

SuperVision Earth GmbH |
Darmstadt |
Tel.: +49 6151 6678892 |
nomcebo.jele@supervision.earth