



Sarida Edge – KI-basiertes Assistenzsystem für den Operator während der TV-Inspektion | Foto: e.SIC

KI-unterstützte Zustandsbewertung von Abwassersystemen, Teil 4

Von Auzuka zu Sarida

In Teil 4 und den folgenden Teilen der KI-Fachartikelserie „KI-unterstützte Zustandsbewertung von Abwassersystemen“ wird die Vorstellung der KI-Entwickler und ihrer Antworten auf die Herausforderungen fortgesetzt. Über das Profil der e.SIC GmbH, bisherige Arbeitsfortschritte und Zukunftsperspektiven berichten Geschäftsführer Josef Müllner und Software-Entwicklungsleiter Sebastian Brehme bei einem Besuch der ISAS GmbH in Füssen.

Von Marco Deubler,
Leiter KI-Implementierung, ISAS GmbH

Die e.SIC GmbH mit Niederlassungen in Dornach bei München sowie in Ilmenau befasst sich seit der Anbahnung des Forschungsprojektes „Auzuka“ (Automatische Zustandsanalyse von Kanalnetzen) im Jahr 2015 mit eben jenen Algorithmen der Bilderkennung, die

eine automatische Zustandserkennung für Kanalinspektionen ermöglichen. Die Auzuka-Projektpartnerschaft lief damals noch über die e.sigma systems GmbH – im Jahr 2018 wurde dann die e.SIC GmbH für die eigenständige Kanal-KI-Entwicklung ausgegründet.

ISAS: Ihre nahezu zehnjährige Erfahrung auf dem Feld der automatischen Kanalzustandserkennung verspricht interessante Einblicke für dieses Interview. Wie ist es dazu gekommen, dass Sie dieses Thema losgelöst von der Projektbeteiligung an Auzuka und in einer eigenen Tochtergesellschaft angegangen sind?

Josef Müllner: Bei der Muttergesellschaft e.sigma hatten wir uns damals schon über mehrere Jahrzehnte mit den Themen Cloud Computing bzw. KI im weiteren Sinne innerhalb der militärischen Luftfahrt bzw. der Wehrtechnik auseinandergesetzt. Mit der e.SIC wollten wir diese wertvollen Kompetenzen dann auf den öffentlichen Sektor übertragen.

Da hat es sich gut getroffen mit unserer Projektpartnerschaft in Auzuka, wo wir für die Vereinigung der im Projekt entwickelten In-sellösungen zu einer Gesamtlösung nach

dem Schema „Service-orientierte Architektur“ zuständig waren. In dieser Zeit haben wir festgestellt, dass es in der Kanalzustandserfassung vor allem in drei Punkten erhebliches Optimierungspotenzial gibt: erstens, dass die manuelle Zustandserfassung auf Grundlage der in Auzuka betrachteten, vollsphärischen Kanalaufnahmen relativ lange dauert und fehleranfällig ist; zweitens, dass die in anderen Branchen üblichen Erfassungstechniken über das optische Bild hinaus für Kanäle noch kaum ausgeschöpft sind; und drittens, dass Datenverwaltung und -austausch dezentral auf physischen Datenträgern stattfindet und durch zentrale Cloud-Lösungen wesentlich vereinfacht werden kann.

Mit dieser Perspektive waren wir gegen Ende des Auzuka-Projektes und zur Geburtsstunde von e.SIC überzeugt, mit unserem IT-Know-how einen Mehrwert für die zivile Kanalbranche schaffen zu können. Von Anfang an haben wir die Softwareentwicklung bei e.SIC gemäß dem sogenannten V-Modell aufgebaut, das strikte Projektphasen vorgibt und mit dem wir bei e.sigma bereits viele komplexe IT-Aufgabenstellungen erfolgreich lösen konnten. Relativ früh haben wir uns dann auf die Bearbeitung von TV-Inspektionen per Dreh-Schwenkkopfkamera fokussiert, da diese einerseits einen hohen Marktanteil ausmachen und andererseits technisch eine größere Herausforderung als Vollkugelbildscanner-Daten darstellen. Wir wollten erst das schwierigere der beiden Probleme lösen, um am Ende ein rundum gut funktionierendes Produkt zu bieten. Dieser Ansatz hat sich im Nachhinein bestätigt.

ISAS: Wie stellen Sie sicher, dass das Kanal-spezifische Fachwissen Ihr Team durchdringt?

Müllner: Dank der Kontakte aus Auzuka haben wir einige wertvolle Projektpartnerschaften mit kompetenten Akteuren aus dem Kanalwesen aufgebaut, z.B. mit Bluemetric, JT-elektronik, Dr. Pecher und Partner, Barthauer, Kanalinfo.de und anderen. Über diese Verbindungen erfahren wir deren durch langjährige Branchenerfahrung gesichertes Expertenwis-

sen. Genauso unterstützen uns diese Partner in Form von Testläufen und differenziertem Feedback vor der Veröffentlichung neu entwickelter Software-Features. So können wir das KI-System optimal auf den Bedarf der Bran-



Zusammenkunft in den Räumlichkeiten der ISAS GmbH: Sebastian Brehme von e.SIC (rechts) präsentiert Marco Deubler (ISAS) die für den Einbau in TV-Inspektionsfahrzeuge vorgesehene Toolbox Sarida Edge | Foto: e.SIC/ISAS

che ausrichten. Dieser Austausch hat uns gerade zu Beginn der KI-Entwicklung die Interpretation der verschiedenen Erfassungsnormen bzw. Austauschformate wesentlich erleichtert.

Um eine ingenieurmäßige Expertise auch auf persönlicher Ebene zu gewährleisten, legen wir großen Wert darauf, dass jeder unserer

Mitarbeiter die branchenüblichen Kanalinspektionskurse von Organisationen wie der DWA besucht.

ISAS: Dann ist davon auszugehen, dass Sie die Referenz-Inspektionsdaten zum Training der KI-Software auch über derartige Partnerschaften erhalten?

Brehme: Das ist nicht zwingend so – viele unserer Kunden, v.a. Kommunen und Ingenieurbüros, stellen uns ihre Kanaldaten aus Eigeninteresse zur Verfügung. Bevor wir diese Daten für das Training des KI-Systems verwenden, müssen sie jedoch einige selbst entwickelte Prüfhürden durchlaufen. Dazu zählt selbstverständlich ein Nachweis über die Qualifikation des jeweiligen Inspektors, aber auch die Plausibilisierung der Zustandsdokumentation durch vollständige Videosichtung durch unsere Angestellten. Mittlerweile haben wir diese sehr umfangreiche Prüfroutine um zuverlässige, automatisierte Mechanismen ergänzen und dadurch effizienter gestalten können.

ISAS: Nun lassen Sie uns Ihr KI-System selbst in den Fokus rücken. Worin besteht die hauptsächliche Zielgruppe der e.SIC-KI?

Müllner: Die Ausrichtung unseres KI-Systems ist ganz klar – ein Produkt für alle, also für die

Alle Ausschreibungen auf einer Website.

So muss das sein!

B_I MEDIEN

B_I ausschreibungsdienste

www.bi-medien.de/ausschreibungsdienste

36. Lindauer Seminar 14. / 15. März 2024

SAVE THE DATE

„PRAKTISCHE KANALISATIONSTECHNIK – ZUKUNFTSFÄHIGE ENTWÄSSERUNGSSYSTEME“

Ihr kompetenter Partner für die gesamtheitliche TV-Kanal-Inspektion

www.JT-elektronik.de



Sarida Portal zur KI-gestützten Videoanalyse im Nachgang der TV-Inspektion | Foto: e.SIC

Kanalnetzbetreiber, Ingenieurbüros und Kanalinspektionsfirmen. Wir möchten mit unserem Produkt die wahren Experten des Marktes unterstützen und keine Konkurrenz zu deren etablierten Geschäftsmodellen aufbauen. Unsere KI ist ein Werkzeug, keine Dienstleistung.

ISAS: Wie läuft die Anwendung dieses Werkzeugs durch den Nutzer ab und welchen Mehrwert erlangt er dadurch konkret?

Brehme: Unsere KI an sich funktioniert folgendermaßen: Sie erhält ausschließlich die Videos von der Kanalbefahrung, sonst keine weiteren Daten, und markiert darin die zu dokumentierenden Zustände mittels farblicher Bounding Boxen oder Segmentierung, also per Umrandung. Gleichzeitig wird dem Nutzer eine Kombination aus dem Zustandshauptcode, den beiden Charakterisierungen, der Position und der Stationierung angezeigt, die die KI für die Dokumentation des jeweiligen Zustands vorsieht. Diese Daten entstammen eins zu eins dem KI-System und werden nicht manuell durch uns nachbearbeitet. Der Nutzer kann dann selbst entscheiden, ob er die von der KI vorgeschlagenen Zustände in seinen Datensatz übernimmt oder nicht. Vom Nutzer zusätzlich erfasste Zustände werden

selbstverständlich unverändert in den finalen Datensatz übernommen.

Dieser grundlegende Prozess findet sich in zwei verschiedenen Produkten wieder: Sarida Edge und Sarida Portal.

Sarida Edge ist eine Toolbox, bestehend aus Hardware und Echtzeit-KI-Software, die sich eine TV-Inspektionsfirma einmalig anschafft und in die bestehende Hardware des Inspektionsfahrzeugs einbauen lässt. Durch Sarida Edge werden die besagten Zustandsmarkierungen und Kodierungsvorschläge in der Erfassungssoftware des Inspektors live eingeblendet. Die KI-Berechnung findet in Echtzeit statt und ist offline-fähig, also unabhängig von der Internetverbindung des TV-Fahrzeugs. Regelmäßige Updates, bspw. des Schadenskatalogs, können über einen USB-Stick durchgeführt werden, oder „over-the-air“, also wenn eine Verbindung zum Internet besteht. Man kann sich Sarida Edge im TV-Fahrzeug als Assistenzsystem des menschlichen Bedieners, ähnlich wie einen Abstandsassistenten im Auto, vorstellen.

TV-Firmen, die Sarida Edge bereits nutzen, sehen die Vorteile dieser Live-KI zum einen darin, dass sie die Aufmerksamkeit und Erfassungsquote ihrer Inspektoren wesentlich steigert und den Aufwand verringert für das

erneute Anfahren der Baustelle zur Aufnahme von Verdachtsfällen, die zunächst übersehen wurden. Zum anderen entlastet die Live-KI die TV-Firmen beim Einlernen von Neueinsteigern, denen die Einordnung möglicher Schadstellen auf diese Weise gut vermittelt werden kann. Da gibt es definitiv Parallelen zu Lernmethoden der Augmented Reality, die im Bildungsbereich immer populärer werden.

Das Sarida Portal ist eine Web-basierte Plattform, auf die Inspektionsvideos im Nachgang der TV-Ausführung hochgeladen werden. Der Nutzer, in diesem Fall nicht nur TV-Inspektoren, sondern auch Kanalnetzbetreiber und Ingenieurbüros, kann sich dort über einen herkömmlichen Internetbrowser oder über Sarida Edge einwählen, sofern eine Internetverbindung besteht. Nach einer gewissen Analysedauer, die ca. ein Zehntel der hochgeladenen Videodauer beträgt, können die Videos mit der berechneten Kodierung im Portal eingesehen, vom Nutzer nachbearbeitet bzw. auf seine eigenen Datenspeicher heruntergeladen werden. Die zügige Berechnungsdauer können wir aufgrund der Mechanismen des Cloud-Computings robust gewährleisten, selbst wenn viele Nutzer ihre Daten zeitgleich hochladen. Für jeden der festgestellten Zustände wird dem Anwender ein „Vertrauens-

wert“ der KI angegeben, wo sich die KI „sicher“ mit der Erkennung ist, und wo nicht. Dies soll dem Nutzer eine gezielte Nachbearbeitung der Daten aus der KI ermöglichen.

Zusätzlich bietet das Sarida Portal, sofern entsprechende Kanalstammdaten durch den Nutzer bereitgestellt werden, eine georeferenzierte Kartenansicht der darin enthaltenen Kanalobjekte. Dabei haben wir aber nicht den Anspruch, ein vollwertiges GIS-System mit Stammdaten-, Lagebearbeitung etc. bereitzustellen. Diesen Bedarf befriedigen wir allerdings insofern, dass das Sarida Portal mit offenen Schnittstellen gestaltet ist und so an bestehende GIS-Software angebunden werden kann, wie z.B. mit unserem Partner Bartbauer bereits erfolgreich umgesetzt.

Das Sarida Portal hilft seinen Nutzern dabei, eine möglichst einwandfreie, objektive Zustandsdatengrundlage zu erarbeiten und für optimale Instandhaltungsentscheidungen zu verwenden. Darüber hinaus soll das Sarida Portal eine Plattform bieten, die den Datenaustausch der Kanalinspektion vollständig digital abbildet und für diverse Nutzergruppen im Portal, aber auch über diverse Austauschformate (DWA, Isybau, VSA-KEK), verfügbar macht. Alle Akteure eines Projekts können über dieselbe Cloud auf ein- und dieselbe Datenbasis mit ihrem eigenen Account zugreifen und gleichzeitig über (Video-) Chatfunktion miteinander kommunizieren. So wird ein effizienter Projektlauf mit geringeren Reibungsverlusten und Uneindeutigkeiten beim Datenaustausch forciert.

ISAS: Lernt die KI durch die Eingaben des Nutzers von Sarida Edge auf dem Fahrzeug mit? Oder wollen Sie derartige Einflüsse im System vermeiden?

Brehme: Wie bereits angesprochen, trainieren wir unser KI-System nur mit mehrstufig validierten, möglichst objektiven Daten. Daher möchten wir nicht, dass der subjektive Einfluss der Nutzereingaben in unsere KI Einzug hält, weder in Sarida Edge noch in Sarida Portal. Bei letzterem wäre ein Live-Mitlernen der KI ohnehin nicht darstellbar, da der Betrieb häufig offline stattfindet.

ISAS: Wie sensibel muss eine KI bei der Zustandserfassung sein? Sind aus Ihrer Sicht so viele Auffälligkeiten wie möglich zu dokumentieren oder nur die „technisch relevanten“ Besonderheiten?

Brehme: Jeder Anwender hat sein eigenes Verständnis der Grenze zwischen zu dokumentierenden und nicht zu dokumentieren-

den Schäden. Daher sind wir hier angewiesen und auch sehr offen für die Inspirationen unserer Nutzer.

Prinzipiell regeln wir die Sensitivität der Zustandserkennung über eine Art Konfidenzparameter, den die KI für jedes Einzelbild ausgibt und der beziffert, wie „sicher“ sich die KI mit ihrer Feststellung für das jeweilige Bild ist. Je höher dieser Schwellenwert liegt, desto „ausgeprägter“ muss eine Schadstelle sein, um dokumentiert zu werden, desto komprimierter fällt am Ende also auch die Zustandsdokumentation aus. Aktuell setzen wir diesen Grenzwert noch selbst, eine individuelle Einstellung durch den Nutzer wird jedoch demnächst möglich sein.

ISAS: Wie weit ist die e.SIC-KI bereits entwickelt? Bei welchen Projekten wird sie aktuell eingesetzt?

Brehme: Sarida Edge und Portal werden bereits in der Praxis in mehreren Projekten für die Zustandserfassung bei standardmäßigen Kanalbefahrungen sowohl mit Dreh-Schwenkkopfkameras als auch mit Vollkugelbildscannern, für Kanäle mit verschiedensten Rohrprofilen und -materialien, eingesetzt.

ISAS: Ist der KI-gestützte Umgang mit Videos aus Befahrungen per Dreh-Schwenkkopfkamera wirklich so viel schwieriger als mit der vollsphärischen Kamera?

Müllner: Ja, das macht einen großen Unterschied. Bei der Inspektion mit einem voll-

Perspektive	Steckbrief e.SIC GmbH, Dornach
Betrachtete Objekttypen	Haltungen, Anschlussleitungen
Entwicklung seit	Seit 2015 im Rahmen des Forschungsprojekts Auzuka, seit 2018 eigenständig
Ca. Trainingsdatenmenge	Kanalinspektionen einer Datenmenge > 15 Terabyte (TB)
Zielgruppe	Sarida Edge für TV-Inspektionsfirmen Sarida Portal für Kanalnetzbetreiber, Ingenieurbüros, TV-Inspektionsfirmen
Workflow	Sarida Edge: Eine Toolbox wird separat in das TV-Inspektionsfahrzeug eingebaut und mit der Erfassungssoftware verknüpft. Während der TV werden die zu dokumentierenden Zustände im Videobild live umrahmt und die zugehörigen Kodierungsparameter (Zustandscode, Charakterisierungen, Stationierung und Position) zur Übernahme durch den TV-Inspekteur angezeigt. Sarida Portal: Nach der TV werden die Inspektionsvideos in das Sarida Portal hochgeladen. Nach einer Analysedauer von ca. einem Zehntel der hochgeladenen Videodauer kann die erstellte Zustandskodierung (Zustandscode, Charakterisierungen, Stationierung und Position) wieder aus dem Portal heruntergeladen werden.
Benutzeroberfläche	Sarida Edge: Einblendungen innerhalb der bestehenden TV-Inspektionssoftware Sarida Portal: Browser-basierte Web-Oberfläche mit Rubriken für Up-/Download, Video- und georeferenzierte Kartenansicht
Verfügbarkeit des Systems	Sarida Edge: räumlich-zeitlich uneingeschränkt durch Offline-Betrieb (Updates per Internetverbindung oder USB-Stick möglich) Sarida Portal: Aufruf über herkömmlichen Internetbrowser oder über Sarida Edge, sofern dieses mit dem Internet verbunden ist
Datensicherheit	Mehrfache Verschlüsselung des Datenaustauschs über Microsoft-Azure-Sicherheitszertifikate, Nutzung von drei Rechenzentren in Deutschland
Kompatible Kamerasysteme	3D-Kugelbildscanner für Haltungen, Dreh-Schwenkkopfkamera, Satellitenkamera, Schiebekamera
Unterstützte Rohrtypen	Sämtliche Profile (Kreis, Ei, Rechteck etc.) und Rohrmaterialien im Dimensionsbereich 150 bis 3000 mm
Kompatible Erfassungs- und Austauschformate	Kodiersysteme: DWA-M 149-2 i.V.m. EN 13508-2:2003, DWA-M 149-2 i.V.m. EN 13508-2:2011, Isybau i.V.m. EN 13508-2:2003, ISYBAU i.V.m. EN 13508-2:2011, VSA-KEK 2007, VSA-KEK 2019 Austauschformate: DWA-M 150, Isybau-XML 2006, Isybau-XML 2013, Isybau-XML 2017, Interus 2

sphärischen Scanner sind Bedienung und Eigenschaften der Kamera nahezu konstant. Dies räumt viele Unsicherheiten für die nachfolgende automatisierte Bilderkennung aus. Bei der Dreh-Schwenkkopfkamera wird die Sichtperspektive dagegen vom Menschen gesteuert, was naturgemäß für eine Unsicherheit in den Videoaufnahmen sorgt. Noch viel schwieriger ist jedoch, dass viele verschiedene Kamerasysteme mit ihren eigenen Brennweiten in der Praxis verwendet werden. Die Brennweite ist eine essenzielle Information für unser KI-System, insbesondere wenn es um die Schätzung von absoluten Maßen im Bild, z.B. der Breite eines Risses in Millimetern, geht. Bedauerlicherweise fehlt unserer KI-Software in den meisten Fällen das Wissen über die Kameraparameter, sodass jede Dreh-Schwenkkopfkamera vor der Inspektion kalibriert werden müsste, um die absoluten Rissbreiten, Rohrbruchflächen etc. im Nachgang mit einer automatisierten Bilderkennung zuverlässig ermitteln zu können. Wir arbeiten derzeit an ergänzenden Verfahren zur KI, um obige Maße berechnen zu können.

ISAS: Wie arbeitet Ihr KI-System bei welchen Schäden? Bei der Erkennung welcher Schadenstypen tut es sich leichter, bei welchen schwerer?

Müllner: Ob die KI einen Schaden gut einordnen kann, ist weniger vom Schaden per se als vielmehr davon abhängig, wie häufig er generell und damit auch in den Trainingsdaten vorkommt. Hier spielt dann ebenfalls das Rohrmaterial eine Rolle, da die KI denselben Schaden in zwei unterschiedlichen Materialien unterschiedlich wahrnimmt. Das haben wir bei der ersten Version unseres KI-Systems gemerkt,

das lediglich auf Inspektionen von „harten“ Materialien wie Beton und Steinzeug trainiert worden war und so auch gute Erkennungsergebnisse erzielte. Als wir dieses System dann für die Schadenserkenkung in Kunststoff-Materialien eingesetzt haben, ist die Qualität der Ergebnisse deutlich zurückgegangen. Mittlerweile funktioniert das System aber auch bei Kunststoffrohren zufriedenstellend.

ISAS: Wie setzen Sie das Thema Datensicherheit um?

Müllner: Beim immens wichtigen Thema Datenschutz nutzen wir alle Vorkehrungen und Zertifikate, die die starke Sicherheitsarchitektur der Microsoft-Azure-Plattform, auf der wir unser KI-System aufgesetzt haben, zu bieten hat. Dabei bewegen wir uns auf dem Vertraulichkeitslevel eines Kreditkartenunternehmens. Die Daten werden gemäß den neuesten Standards mehrfach verschlüsselt und redundant in drei deutschen Rechenzentren gehostet und erst entschlüsselt, sobald der Anwender unserer Software die Daten an seinem eigenen Bildschirm abrufen.

ISAS: Welchen Themen bzw. Entwicklungsschritten möchten Sie sich in den nächsten Jahren widmen?

Brehme: Selbstverständlich richten wir ein großes Augenmerk auf die Optimierung der Zustandserkenkung aus Bildmaterial an sich, wenn es bspw. darum geht, unabhängiger von der Kenntnis der Brennweite der verwendeten Dreh-Schwenkkopfkamera zu werden. Daneben möchten wir die Projektabwicklung über Cloud-Technologien aufgrund ihrer zahlreichen positiven Aspekte in der Branche etablieren. Durch unsere immer weiter wach-

sende Sammlung an Kanaldaten werden wir uns darüber hinaus damit befassen, inwieweit wir die Zustandsentwicklung von Kanälen mithilfe dieser Datenbasis prognostizieren und dadurch die Netzbetreiber im Sinne effizienter Instandhaltungsentscheidungen unterstützen können.

ISAS: Wie sehen Sie die Branche in den kommenden Jahren? Wie wird sich dann das Miteinander aus Mensch und (intelligenter) Maschine gestalten?

Müllner: Wir rechnen damit, dass diverse Arbeitsprozesse in der Branche immer weiter automatisiert werden. Schon jetzt sind ein gewisser Umschwung und eine zunehmende Offenheit für neue Technologien wahrzunehmen, was sicher auch auf die rege Vorarbeit manches KI-Entwicklers zurückzuführen ist.

Mit der Weiterentwicklung der Datenverarbeitung wird auch diejenige für die Datenerfassung einhergehen. Dies bedeutet konkret, dass die Erfassungssensoren nicht mehr rein optisch für die Weiterverarbeitung durch den Menschen, sprich für eine Sichtung, sondern auf andere aussagekräftige Messgrößen ausgerichtet sein werden, die eine effiziente automatisierte Weiterbearbeitung ermöglichen. Davon abgesehen wird strategisches Instandhaltungsmanagement in Zukunft immer mehr durch den großen Schatz an Kanaldaten unterfüttert werden.

Am Ende sollten wir jedoch feststellen, dass die KI demystifiziert werden muss: Wir sehen KI als Werkzeug für unsere technischen Fachkräfte. Menschliches Expertenwissen wird auch in Zukunft noch notwendig sein, um die KI zu verbessern und effizient anzuwenden.

Statement von Uli Jöckel, JT-elektronik GmbH

Die JT-elektronik GmbH mit Sitz in Lindau am Bodensee entwickelt, produziert und vertreibt Fahrzeugsysteme für TV-Inspektionen und Dichtheitsprüfungen seit dem Jahr 1980. Das dabei erworbene fachliche Know-how und gute Renommee in der Branche bringt JT-elektronik aktuell bei der Entwicklung der Sarida-KI durch die e.SIC GmbH in Form einer Partnerschaft ein. Ergänzend zum Interview mit den Herren Müllner und Brehme von e.SIC ordnet das folgende Statement von JT-

Firmengründer und Geschäftsführer Ulrich Jöckel die automatische Bildverarbeitung in den Kontext der optischen Technik ein.

„Zur Frage, wie KI funktioniert – oder noch besser – funktionieren kann, sollten wir zunächst die unterschiedlichen Kamerasysteme und Auflösungen darstellen und besprechen. Das haben Sie in Teil 1 und speziell im Teil 2 der Artikelserie angesprochen, jedoch aus meiner Sicht nicht genügend detailliert erklärt. Das würde ich gerne nachholen, denn

wir sind Kamerahersteller und das seit über 40 Jahren. Wie Herr Müllner und Herr Brehme von e.SIC schon richtig erklärt haben, bedarf es der grundlegenden Erkenntnis, wie Kameras funktionieren, wo und wie die Bilddaten abgespeichert sind und welche Komprimierungsverfahren das Bild speichern. Das sind im Übrigen auch immer wieder die Themen bei den Lindauer Seminaren, welche wir jährlich Anfang März organisieren. Wir diskutieren und erklären Techniken, denn die erste

Hürde ist bereits die Größe des Betrachtermotors und dessen Seitenverhältnis.

Die Kanalkamera-Einheiten besitzen unterschiedliche Auflösungen, wobei die Bildaufnahmeebenen der Kameramodule ebenfalls unterschiedlich groß sein können. Der nächste grundlegende Faktor ist das Seitenverhältnis des Aufnahmechips, welches früher grundsätzlich 4:3 betrug, heute aber auch andere Formate haben kann. Die Kameras besitzen Objektive mit festen oder variablen Blickwinkeln und sind auch mit „Extrem-Zoomfunktion“ ausgestattet. Manuelle und wichtige Autofokus-Steuerungen passen die Schärfen- und Kontureinstellung an den Rohrdurchmesser in der Tiefe und beim Verschwenken auf die Nähe an. Automatische Blendensteuerungen korrigieren die Lichtverhältnisse auf dem Aufnahmechip. Die mitgeführte Beleuchtung über Hochleistungs-LED muss die Rohrquerschnitte vollumfänglich ausleuchten. Die Licht-Anordnung ist so zu wählen, dass keine Überbeleuchtungen die Blendenfunktion stören, sodass immer ein gleichmäßig gut ausgeleuchtetes Bild, sowohl in der Axial- als auch Radialsicht, gewährleistet ist. Die Bildübertragung erfolgt hochauflösend über spezielle Kabelkonzepte ohne große Verluste in normierten oder auch speziellen Transmittern mit Sender- und Empfänger-Strukturen. Zusätzliche Sensoren im Kamerakopf unterstützen zum Teil die Bildaufnahme und garantieren einen „High Level“-Standard.

Grundsätzlich wird der Rohrdurchmesser des aufgenommenen Kanals auf die Höhe des Betrachtermotors „verkleinert“ und bei sehr kleinen Rohren (kleiner 150 mm) sogar vergrößert. Ganz einfach gesagt, verkleinert sich der Durchmesser des Rohres auf die Monitorbildhöhe. So wird z. B. ein DN 800 mm Rohr auf einem 25 cm hohen Monitor um den Faktor 3,2 verkleinert dargestellt. Mit einer Full-HD-Pixelanzahl von 1920 x 1080 Pixeln wird als kleinstes vertikales darstellbares Bit (LSB = least significant Bit) dann 0,8 mm als Pixel dargestellt. Zu einer Auswertung benötigt die Bildtechnik jedoch mindestens zwei Pixel oder Bildpunkte. Aus diesem Grunde wurden Dreh-Schwenkkopfkameras entwickelt, da das Objektiv direkt auf den Schaden oder die Schadensstellen verschwenkt werden kann. Dadurch werden Details auf der Rohrwandung optisch sichtbar, da der verschwenkte Bildausschnitt eine wesentliche Vergrößerung der „Teil-Rohrwandungsfläche“ darstellt. Mit zwei Einzel-Laserpunkten, links und rechts vom Objektiv in einem festen Abstand montiert, können dann Risse,

Rohrspaltgrößen und Längen, aber auch Muffenbreiten und Abzweige in der Größe gemessen werden. Das realisiert der Kamerabediener oder auch die bildtechnische Bearbeitung, indem sie die Laserpunkte erkennt und einen „virtuellen Maßstab“ generiert. Ein Handicap entsteht auch bei der Geschwindigkeit, sowohl des Fahrwagens als auch der Verschwenkmechanik, wenn der Kamerakopf zu schnell bewegt wird und somit die normierte Bildfolge von 25 oder auch 30 Frames pro Sekunde keine Detailerkennnisse mehr zulässt. Ein zu schnelles Schwenken und eine nicht an



JT-Firmengründer und Geschäftsführer Ulrich Jöckel | Foto: JT-elektronik

den Rohrdurchmesser angepasste Fahrwagengeschwindigkeit sind somit weitere Hürden zu einer optimierten Bildgenerierung. Die Video- und Fotoaufnahmen sowie die präzisen Haltungs-Dokumentationen sind die „elementare Basis“ für die Auswertung, heute noch aktuell durch den Zustandserfasser umgesetzt, aber grundsätzlich für eine gesamtliche und nachhaltige Zustandsanalyse erforderlich, denn: auch die KI kann nur das weiterverarbeiten, was gesehen wird und aufgezeichnet wurde.

Softwaretechnisch können Bilder und Bildsequenzen nachbearbeitet werden, jedoch gilt die oben genannte Aussage als „Verständnisprüfung“ zu unterschiedlichen Qualitätsstufen oder bei späterem „Filtern nach Ereignissen“ in der Charakterisierung und der Quan-

tifizierung von Beschreibungen nach der DIN EN 13508.

Was die KI kann und was unsere Kameratechnologie, können wir ganz schnell beantworten. Der Auftraggeber gibt die Hinweise und Anforderungen zu seiner KI bekannt und wir programmieren dazu die Vorgehensweise bzw. schulen den Kanalinspekteur für diese Dienstleistung. Das kann aber auch als „Assistenzsystem“ über die Toolbox Sarida Edge realisiert werden, wo über gewisse interne Algorithmen die beste Bildqualität zur Verfügung gestellt wird. In unseren neuen JT-Kameraaufbauten sind zusätzliche Messsensoren integriert, welche den Rohrquerschnitt, die Kamerelage, aber auch die Abstände zur Rohrwandung mehrfach messen und dadurch im Nachgang die Bildbe- und -verarbeitung optimieren. Damit können die radialen Längen detailliert berechnet werden. Eine softwaremäßige Auswertung der präzise gemessenen Bildflächen und somit des Schadens gewährleistet die optimalen Informationen zu einer Nachbearbeitung durch die Software in der KI. Eine interne „Bildqualität-Abfrage“ beanstandet sofort eine fehlerhafte und nicht akzeptable Dokumentation, sodass der von der Software bemängelte Abschnitt nochmals befahren werden kann.

Wir haben uns in vielen Gesprächen den Kopf zermartert, was die Kommune oder der Ingenieur in der „Dienstleistung Kanalinspektion“ benötigt. Wir sind der Meinung, mit den besten Techniken, Sensoren, Kabelkonstruktionen, aber auch Vorgehensweisen zu arbeiten und diese optimiert zu handhaben, denn das ist unser Anspruch. Nur hervorragende Inspektionsergebnisse garantieren den besten Erfolg in einer nachgeschalteten KI.

Zusammenfassend benötigen wir zukünftig unterschiedliche Kanalkamera-Qualitätsstufen für die Nachbearbeitung durch die KI, ähnlich wie beim Obst mit Handelsklassen 1, 2, 3 oder 1a, 1b und „Mostobst“, und einem „Erstfilter für die prinzipielle Eignung“. Der Vergleich in der Bewertung der Ergebnisse zum Ausschreibungstext, welcher im Inhalt die Wünsche und Maßnahmen für die nachträgliche Auswertung berücksichtigt, sind unseres Erachtens die neuen Anforderungen. Also benötigt die KI² – so bezeichnen wir bei uns im Hause die Kombination von Kanalinspektion (KI) mit künstlicher Intelligenz (KI) – grundlegende Vorgaben für die Kameratechnik und die Realisierung der Kanalkontrolle, damit die Filter- und Softwarestrukturen vernünftig die KI-Dokumentation erstellen.“ ■