

WHITEPAPER

VON DER PUNKTEWOLKE ZUM 3DIGITALTWIN: BESTANDSANLAGEN SCHNELLER DIGITALISIEREN

Digitale Zwillinge von Bestandsanlagen erleichtern die Überwachung des Betriebs, ermöglichen einen effizienteren Service und beschleunigen die Planung von Wartungs- und Modernisierungsmaßnahmen. Sie manuell aufzubauen, ist jedoch zeitaufwändig und kostenintensiv. Das vorliegende Whitepaper von PROSTEP und Schuller & Company beschreibt, wie sich dieser Prozess durch die KI-basierte Auswertung von 3D-Scans und ihre Verknüpfung mit den R&I-Fließbildern (P&ID) automatisieren lässt.

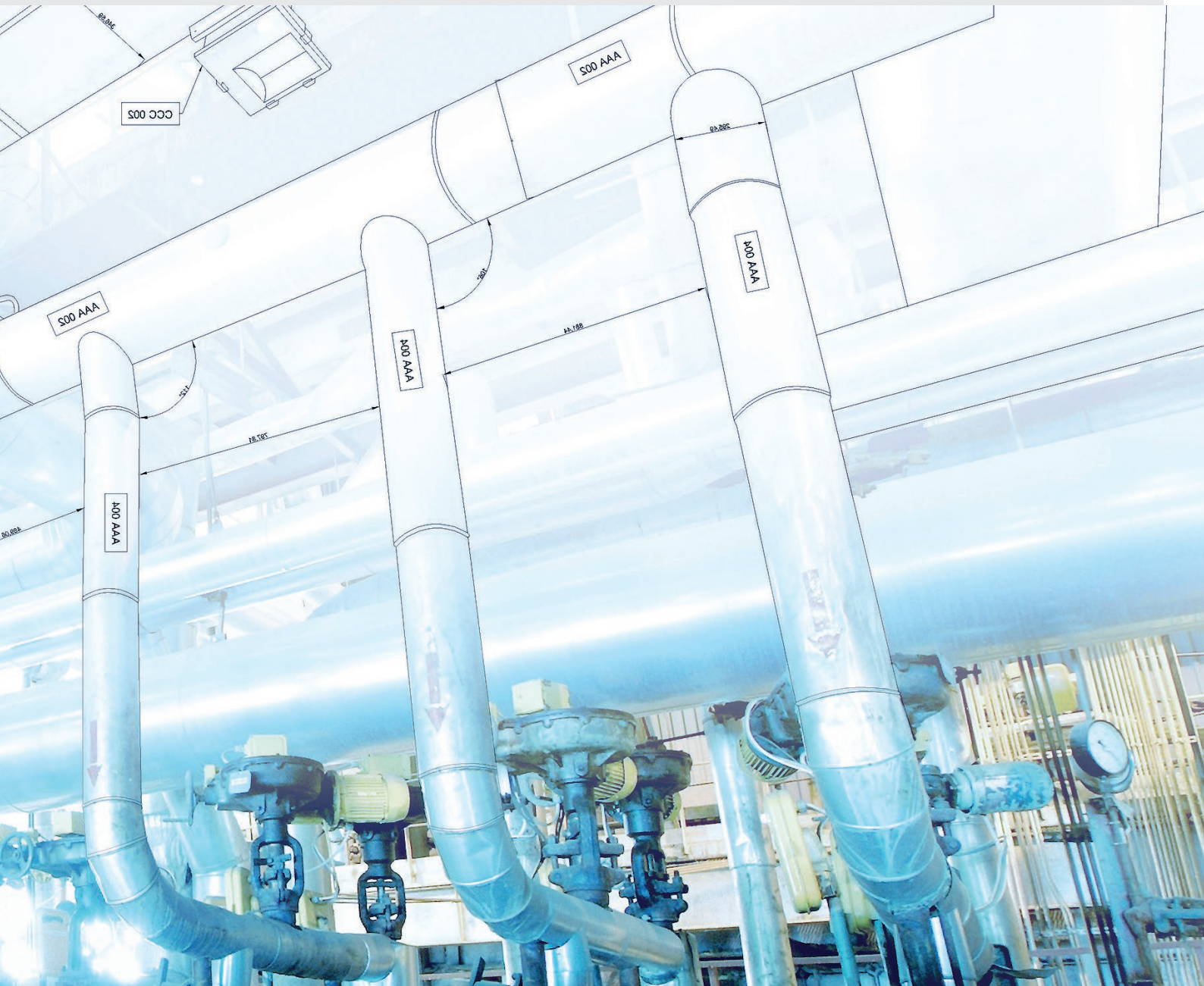




Abstract

Eine vollständige und aktuelle digitale Abbildung von Anlagen ist nicht nur für die Planung von Modernisierungsmaßnahmen erforderlich. Sie erleichtert auch die virtuelle Überwachung des Anlagenbetriebs und ermöglicht eine effizientere Wartung. Digitale Zwillinge von Bestandsanlagen nachträglich aufzubauen, ist jedoch zeitaufwändig und kostspielig. Deshalb suchen Anlagenbetreiber nach Möglichkeiten, diesen weitgehend manuellen Prozess zu automatisieren. Zusammen mit Partner Schuller & Company hat PROSTEP dafür einen Service entwickelt, der erhebliche Zeiteinsparungen und einen schnellen Return on Invest garantiert: Die 3D-Scandaten werden mit Hilfe von Verfahren der Künstlichen Intelligenz (KI) ausgewertet und automatisch mit dem R&I-Fließbild (P&ID) der Anlage verknüpft.

Die Grundlagen für das innovative Lösungskonzept legte PROSTEP zusammen mit Partnern aus Forschung und Industrie im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Verbundprojekts DigiTwin. Wesentliche Erkenntnisse aus diesem Projekt wurden dann in Kooperation mit den Experten von Schuller & Company für die spezifischen Anforderungen des Anlagenbaus aufbereitet und in ein neues Produkt eingebracht: 3DigitalTwin. Das vorliegende Whitepaper erläutert, wie die Partner beim Aufbau des Anlagen-Zwillinges vorgehen und welche Potenziale das den Stakeholder im Anlagenbau bietet.



Viele gute Gründe für den Digitalen Zwilling

Anlagenbetreiber müssen den Bau- und Betriebszustand ihrer Anlagen (as built/as maintained) aus verschiedenen Gründen dokumentieren. Das fängt bei den gesetzlichen Nachweispflichten an. Eine aktuelle Anlagendokumentation ist die Voraussetzung, um die Ursachen von Störungen rekonstruieren und Risiken für das Betriebspersonal minimieren zu können. Im Grunde könnten die Betreiber das noch auf Papier machen, wenn ihnen das nicht die Auditierung erschweren würde. Während sich die Betriebszustände der Anlage über das Prozessleitsystem relativ einfach rekonstruieren lassen, ist der Bauzustand in aller Regel schlecht dokumentiert. Bereits während der Bauphase entstehen Abweichungen vom Planungsstand, die nur unvollständig in der Dokumentation nachgezogen werden. So ist es nicht unüblich, dass aus Zeitgründen Anlagen nicht bis zur letzten Wasserleitung geplant werden oder schon gebaut werden, bevor die Planung abgeschlossen ist.

Diese unvollständige Dokumentation des Bauzustands erschwert später auch die Planung und Durchführung von Wartungsarbeiten in der Anlage. Die Wartungstechniker müssen sich dabei oft anhand des R&I-Fließbildes orientieren. Es beschreibt den Aufbau der Anlage aus verfahrenstechnischer Sicht, enthält aber keine räumlichen Informationen und auch nicht immer alle Komponenten. Rohrleitungen werden lediglich vereinfacht als Verbindungslinien dargestellt. Informationen über Länge und Zusammensetzung sind hier nicht enthalten. Der Wartungstechniker erkennt anhand des R&I-Fließbildes somit nicht, wo sich welche Pumpe befindet und wo die Rohrleitungen verlaufen. Zwei Leitungen, die sich laut Schema links und rechts von einer Pumpe verzweigen, können in der realen Anlage parallel verlaufen. In der Praxis kann das dann dazu führen, dass ein Gerüst für einen Wartungsschritt auf- und wieder abgebaut wird, obwohl es für den nächsten Schritt an gleicher Stelle gebraucht wird.

Bei kleineren Anlagen mag der Aufwand für den Abgleich von R&I-Fließbild und räumlichen Gegebenheiten aufgrund der Bauform noch überschaubar sein. Anders sieht es bei einer großen chemischen Anlage aus, die sich über Hunderte von Metern erstrecken und über mehrere Gebäude und Etagen verteilen kann. Die Wartungstechniker, die häufig von externen Dienstleistern kommen, laufen dann stundenlang durch die Anlage, um die zu wartenden Armaturen zu finden. Das kostet unnötig Zeit und verursacht dadurch Mehrkosten. Abgesehen davon möchten die Betreiber den „Störfaktor“ Mensch aus Sicherheitsgründen nach Möglichkeit ausschließen, und ganz besonders dann, wenn es sich um Fremdpersonal handelt.

Verfahrenstechnische Anlagen haben zudem sehr lange Lebenszyklen und können im Laufe ihres Lebens auch den Besitzer wechseln, ohne dass das gesamte Know-how an den neuen Eigner übergeben wird. Vielfach steckt das Know-how als Expertenwissen in den Köpfen des Betriebs- und Wartungspersonals. Es geht verloren, wenn das Personal in Rente geht oder durch Mitarbeiter von Fremdfirmen ersetzt wird, die sich mit dem Betrieb der Anlage nicht auskennen. Die Anlagenbetreiber müssen ihren Betriebstechnikern deshalb eine bessere visuelle Orientierung in der Anlage ermöglichen, damit sie bei einem Störfall auf Anhieb z.B. wissen, welches Sperrventil sie von Hand schließen müssen.

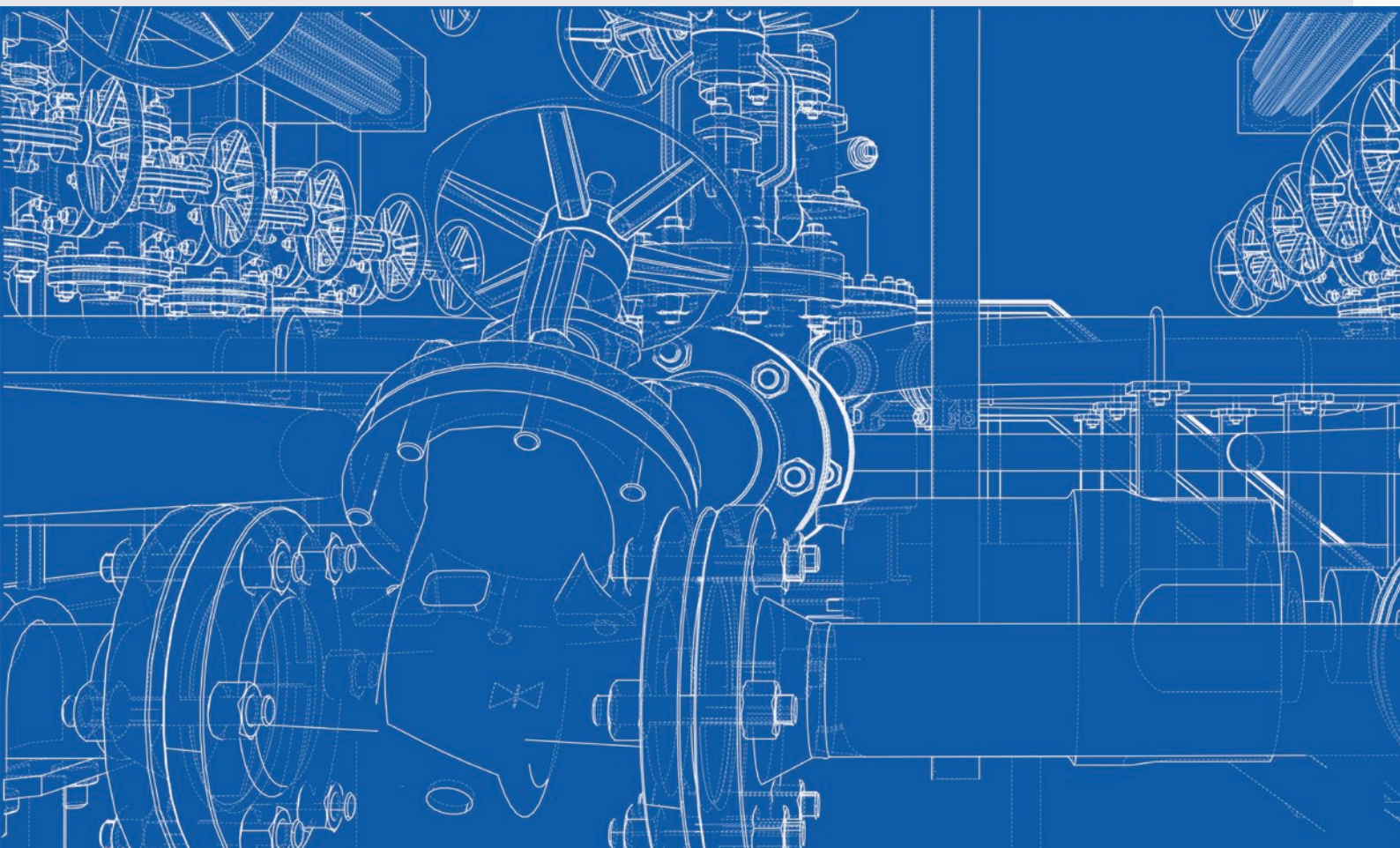
Aufgrund der zunehmenden Komplexität der Anlagen wird es auch für erfahrene Mitarbeiter zunehmend schwieriger, den Überblick zu behalten. Umso wichtiger ist es, die Informationen über die Anlage in einer visuellen Form bereitzustellen, die auch für Wartungstechniker verständlich ist, die als Dienstleister mit der Anlage nicht ausreichend vertraut sind oder um sprachliche Hürden zu überwinden. Gerade junge Techniker erwarten heute, dass die Informationen in digitaler Form vorliegen und sie von überall verfügbar sind. Zudem werden Anlagen im Laufe ihres Lebens öfter umgeplant und umgebaut, um ihre Produktivität zu steigern oder andere Produkte produzieren zu können. Bei der Optimierung bestehender Anlagen fangen die Planer mit einem Status an, der zwar verfahrenstechnisch mit dem R&I-Fließbild übereinstimmen mag, aber nicht den aktuellen baulichen und räumlichen Gegebenheiten entspricht. Die Planungsbüros treiben heute einen erheblichen Aufwand, um das R&I-Fließbild mit den räumlichen Gegebenheiten abzugleichen, bevor sie mit der eigentlichen Planung der neuen Anlagenbestandteile anfangen können. Auch für die Wiederinbetriebnahme der modernisierten Anlage ist eine exakte Dokumentation des aktuellen Bauzustands erforderlich, und in vielen Fällen erwarten die Auftraggeber sowie die Zulassungsbehörden heute eine 3D-Dokumentation. Diese Lücke gilt es, durch den Aufbau eines Digitalen Zwillings zu schließen.

Die Herausforderung der Digitalisierung

Es gibt für Anlagenbetreiber und andere Stakeholder im Anlagenbau viele gute Gründe, den Ist-Zustand ihrer Anlagen in einem Digitalen Zwilling abzubilden. Dieser Zwilling ist das virtuelle Abbild einer real existierenden Anlage. Es kann unterschiedliche Informationen umfassen und unterschiedliche Nutzer haben, je nachdem ob er Entwicklung, Planung, Montage, Produktion oder Service unterstützen soll. Die Herausforderung für Anlagenplaner und -betreiber besteht darin, diesen Digitalen Zwilling mit vertretbarem Zeit- und Kostenaufwand aufzubauen.

Aufgrund der unvollständigen 3D-Dokumentation ist der Aufbau von Digitalen Zwillingen im Anlagenbau schwieriger als in anderen Branchen. Üblicherweise werden die Anlagen mit Hilfe von Laserscannern zunächst räumlich erfasst. Dabei entstehen je nach Auflösung der Scanner und Größe der Anlage Punktwolken mit enormen Datenmengen, die in heutigen Systemen kaum zu handhaben sind. Die Punktwolken dienen den Anlagenplanern als eine Art Vorlage, auf deren Grundlage sie Equipment (Behälter, Pumpen, etc.), Rohrleitungen und Armaturen mit einem gängigen Anlagenplanungssystem von Hand nachmodellieren. Das ist allerdings sehr zeitaufwendig und kostenintensiv, weshalb es heute von Bestandsanlagen kaum Digitale Zwillinge mit 3D-Informationen gibt. Diese vollständige Beschreibung der Anlage fehlt dann z.B. für die Planung von Wartungsarbeiten und muss von den Anlagenbetreibern durch Zeit und den Einsatz zusätzlichen Personals kompensiert werden.

Bislang gibt bzw. gab es keine technische Lösung, die eine automatische Verknüpfung des R&I-Fließbildes mit den räumlichen Informationen des aktuellen Bauzustands von Anlagen ermöglicht und das R&I-Fließbild damit in die dritte Dimension hebt. Voraussetzung dafür ist erstens eine automatische Objekterkennung, die in der Lage ist, anhand eines Bruchteils der abgetasteten Punkte Objekte wie Rohrleitungen oder Armaturen zu erkennen und ihre Lage im Raum zu bestimmen. Zweitens muss es gelingen, die erkannten Objekte mit möglichst wenig Aufwand mit den entsprechenden Informationen aus dem R&I-Fließbild anzureichern. Diese „intelligenten“ Objekte können dann bei Bedarf in ein editierbares Planungsmodell umgewandelt werden, um z.B. Umbauten an der Anlage zu planen.



Form, geschweige denn als 3D-Modelle bereitstellen. Es ist also nicht damit getan, den Digitalen Zwilling einmal aufzubauen. Er muss über den gesamten Anlagen-Lebenszyklus gepflegt werden, um ihn im laufenden Betrieb für die Planung von Wartungsmaßnahmen oder vorbeugende Störfallanalysen nutzen zu können.

Ein Digitaler Zwilling mit 3D-Informationen bietet die Möglichkeit, sich virtuell durch die Anlage zu bewegen und z.B. die Evakuierung der Mitarbeiter bei einem Störfall zu simulieren. Die Betriebstechniker können auf Störfälle geschult werden, damit sie auf Anhieb wissen, wo sich die zu schließenden Ventile befinden. Der Digitale Zwilling vereinfacht auch die Wartungsplanung dadurch, dass die Wartungsmaßnahmen am 3D-Modell virtuell vorbereitet werden können. Prüfstellen lassen sich vorab räumlich lokalisieren, um den Einsatz von Hilfsmitteln, wie bspw. Gerüste zu berücksichtigen. Der Digitale Zwilling bietet die Möglichkeit, das Expertenwissen des Betriebs- und Wartungspersonals abzubilden, das altersbedingt nach und nach in Rente geht. Dadurch wird er zur zentralen Wissensquelle für die Schulung des Nachwuchses.

Virtual Reality



Augmented Reality



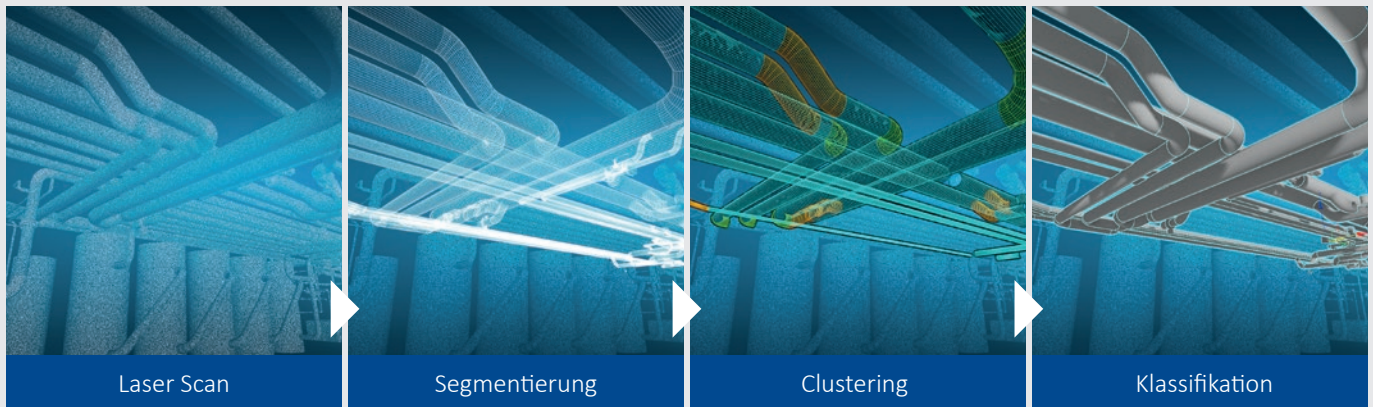
Einer der wichtigsten Anwendungsfälle für den Digitalen Zwilling ist die Modernisierung von Anlagen. Sowohl für die Planung von Umbaumaßnahmen als auch für die Wiederezulassung der modernisierten Anlage ist eine vollständige und aktuelle Anlagendokumentation erforderlich. Die Anlagenplaner benötigen nicht nur die logische Struktur der Anlagen mit Equipment und Armaturen sowie der aktuellen Verrohrung, sondern auch ein 3D-Modell, um die neuen Bestandteile in die Bestandsanlage einpassen zu können. Dazu müssen die Anlagen heute aufwendig vermessen und nachmodelliert werden, was Kosten in Millionenhöhe verursachen kann. Eine wesentliche Anforderung der Anlagenbetreiber ist deshalb, dass sich der Digitale Zwilling schneller und kostengünstiger aufbauen und unterhalten lässt.

Bislang haben die Anlagenbetreiber nur in seltenen Fällen komplette Digitale Zwillinge von Anlagen erstellen lassen. In der Regel werden nur erforderliche Bereiche nachmodelliert, um bspw. im Rahmen von Änderungen oder Modernisierungsmaßnahmen Anschlusspunkte für die neuen Bereiche zu haben und damit sicherzustellen, dass die Neuerungen zu den Anlagenteilen passen, die erhalten bleiben sollen. Wenn sich der Aufwand für die Erstellung von Digitalen Zwillingen drastisch reduziert, können diese künftig schon für Soll-Ist-Abgleiche bei Neuanlagen genutzt werden. Anlagenbetreiber können den Baufortschritt nachvollziehen und bei gravierenden Abweichungen gegebenenfalls Nachbesserung verlangen. Voraussetzung hierfür ist natürlich, dass sie von den Anlagenbauern die 3D-Modelle aus der Anlagenplanung einfordern, um sie mit den 3D-Scanmodellen vergleichen zu können.



Automatische Identifizierung von Rohrsystemen

Bei der Erstellung eines Digitalen Zwillings von Bestandsanlagen ergeben sich zwei große Herausforderungen, die mit Hilfe von Verfahren des Maschinellen Lernens und Algorithmen für die Objekterkennung automatisiert werden können. Voraussetzung ist, dass die KI vorher entsprechend trainiert wurde. Zum einen geht es darum, den aktuellen Zustand der Anlage, der vom Planungsstand erheblich abweichen kann, mit allen Equipments, Armaturen und Verrohrungen in 3D zu erfassen. Zum anderen muss die Punktwolke der Anlage bzw. die davon abgeleiteten 3D-Modelle mit zusätzlichen Informationen aus den R&I-Fließbildern verknüpft werden, um die Anlagen-Komponenten und ihre Funktion zweifelsfrei identifizieren zu können.



Grundlage für den Digitalen Zwilling einer Bestandsanlage ist ein 3D-Scan mit einem Hochleistungsscanner, der eine Punktwolke der Oberflächen erzeugt. Statt die Anlage ausgehend von diesem 3D-Scan mit einem 3D-CAD-System manuell neu zu modellieren, was je nach Anlagengröße Hunderte, manchmal Tausende von Arbeitsstunden kosten kann, wird die Punktwolke mit dem von Schuller & Company und PROSTEP entwickelten Verfahren in einem mehrstufigen Prozess weitgehend automatisch in ein intelligentes, mit der Anlagenlogik verknüpftes 3D-Punktemodell umgewandelt:

- Ausgangspunkt ist ein 3D Scan der Bestandsanlage: 3D Scanner erfassen die Oberfläche der Anlage und geben Sie als Punktwolke wieder. Diese repräsentiert die aktuelle räumliche Anordnung der Anlage.
- Zunächst wird die Menge an Punkten auf das erforderliche Maß zur Objekterkennung reduziert. Hierdurch wird die Datenmenge deutlich verringert und somit handhabbar.
- Im nächsten Schritt wird die Punktwolke mit Hilfe der Objekterkennung nach funktionalen Aspekten segmentiert, das heißt in Equipment, Armaturen, Rohrstücke und -bögen zerlegt. Dazu muss die KI vorher entsprechend trainiert werden. Jeder Punkt „weiß“, dass er Teil einer Pumpe oder eines Rohres ist, wobei die Lage der Objekte im Raum noch nicht definiert ist.
- Beim Clustering wird die Menge an Punkten, die einem Bauteil zugehörig sind, zusammengefasst und die geometrischen Eigenschaften wie Radius, Mittellinie und Abmaße sowie ihre Position im Raum abgeleitet. Ergebnis ist ein 3D-Modell, das durch Punkte beschrieben wird.
- Die Verknüpfung mit dem R&I-Fließbild bildet den letzten Schritt. Die zuvor erkannten Objekte werden mit dem R&I-Fließbild verknüpft. Hierdurch werden die bereits erkannten geometrischen und Lageinformationen um die logischen Informationen aus dem R&I-Fließbild erweitert. Die Experten von Schuller & Company haben dafür eine Technologie entwickelt, die die Konstellation von Armaturen und Rohren im 3D-Modell mit dem R&I-Fließbild vergleicht und nach ähnlichen Mustern sucht. Ist ein Equipment erst einmal korrekt identifiziert, können die Informationen aus dem R&I-Fließbild aller anderen Komponenten des Rohrstrangs automatisch zugeordnet werden.

Ausgehend von den mit Hilfe der KI erkannten und mit den Informationen aus dem R&I-Fließbild verknüpften Komponenten lassen sich sehr einfach CAD-Modelle von Bestandsanlagen erzeugen. Diese sind nativ in gängigen Anlagenbau-CAD-Systemen wie AVEVA Plant oder CADMATIC nutzbar. Davon abgesehen arbeiten die Anlagenplaner ohnehin mit vereinfachten CAD-Geometrien. Nennweite und Wandstärke einer Rohrleitung werden nicht geometrisch beschrieben, sondern über die Rohrklasse definiert. Auch viele Armaturen werden grafisch vereinfacht dargestellt, um das Datenvolumen zu reduzieren, weil sie in einer Großanlage tausendfach vorkommen können. Darin unterscheidet sich der CAD-Einsatz im Anlagenbau maßgeblich vom Maschinenbau.

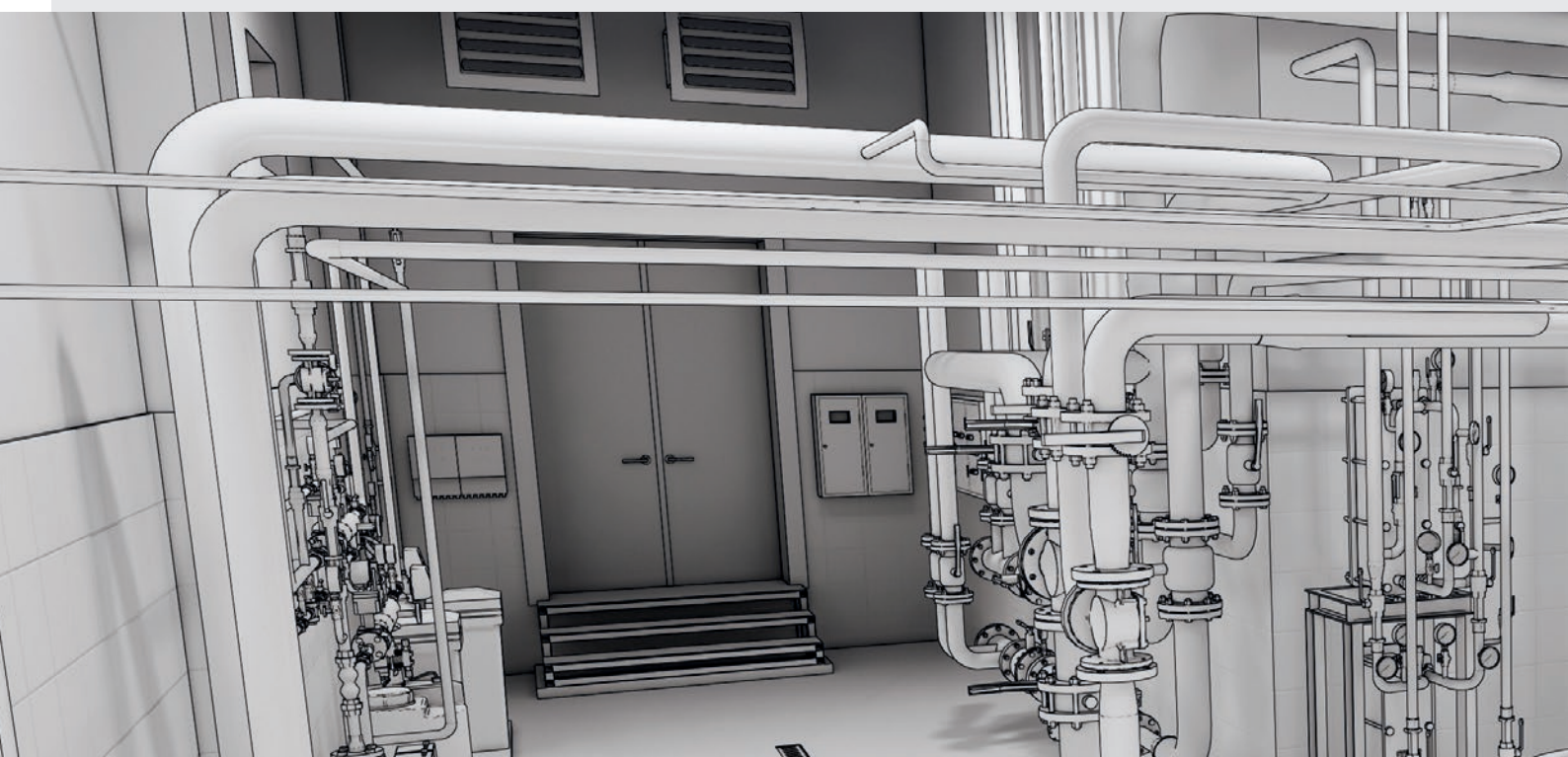
Nutzenpotenziale im Anlagenbau

Im Anlagenbau gibt es verschiedene Anwendungsfälle für den Digitalen Zwilling. Entsprechend vielfältig sind die Nutzenpotenziale einer automatisierten Erstellung von Anlagen-Zwillingen mit Hilfe des von PROSTEP und Schuller & Company entwickelten Verfahrens. Das Verfahren kann unabhängig von der IT-Landschaft des jeweiligen Anlagenplaners oder-betreibers genutzt werden. Die 3DigitalTwin-Lösung ist in der Lage, R&I-Fließbilder aus verschiedenen Systemen mit den erkannten 3D-Objekten zu verknüpfen und diese Objekte dann mit beliebigen Planungstools in CAD-Modelle umzuwandeln. Die Nutzer sind also nicht gezwungen, bestimmte Tools einzusetzen, um sich die Nutzenpotenziale der Lösung zu erschließen.

Bei Modernisierungsprojekten und Umbaumaßnahmen reduziert die automatisierte Erstellung des Digitalen Zwillings den Zeitaufwand für das manuelle Nachmodellieren von Bestandsanlagen um bis zu 80 Prozent. Ingenieurbüros im Anlagenbau können so wesentlich schneller mit der Konzeption der neuen Anlagenbestandteile beginnen. Gleichzeitig halbiert sich der mit der Aufnahme verbundene Kostenaufwand, der selbst bei einer mittelgroßen Anlage mit 300 bis 400 Rohrleitungen und 800 Armaturen leicht mehr als eine Million Euro betragen kann. Damit wird die Erstellung des Digitalen Zwillings erstmals für eine größere Zahl von Anlagenbetreibern wirtschaftlich erschwinglich.

Um auch für Störfälle gewappnet zu sein, führen Betreiber im Rahmen des Zulassungsprozesses Störfallstudien durch. Diese sollen das Risiko von Störfällen reduzieren und deren Auswirkungen einschätzen. Kommt es dennoch zu einem Störfall, ist der Betreiber in der Nachweispflicht, dass er seine Fürsorgepflicht nicht verletzt hat und der Störfall nicht durch den Betreiber verschuldet ist. 3D Scans und 3D-Modelle des Ist-Zustands der Bestandsanlage gestalten diesen Prozess sicherer. Das ist vor allem für die Verantwortlichen von großem Interesse, da sie bei Störfällen schnell auch rechtliche und persönlich Konsequenzen tragen müssen. Grundsätzlich unterstützt ein Digitaler Zwilling durch die Bereitstellung aller anlagenrelevanten Informationen die Auswertung, Betrachtung und/oder Nachvollziehbarkeit, z.B. bei einer Störfallbetrachtung.

Größten Benefit bringt der 3DigitalTwin jedoch im laufenden Betrieb. Die Verbindung von 3D-Modellen und R&I-Fließbildern ermöglicht eine effizientere Planung und Vorbereitung von Wartungsmaßnahmen, was nicht nur zusätzliches Personal spart, mit dem die Ungenauigkeit bei der Planung oft kompensiert wird. Vor allem reduziert die bessere Planungssicherheit Stillstandzeiten, deren Kosten schnell in die Millionen gehen können. Außerdem können die 3D-Modelle für die Aus- und Weiterbildung von Wartungstechnikern mit AR-Anwendungen aufbereitet und genutzt werden.



Partnerschaft

Um den nach Ihren Wünschen skalierten Digitalen Zwilling bereitstellen zu können, bedarf es einer Menge Know-how. Die Verarbeitung von sehr großen Punktwolken und das Beherrschen der KI sind dabei ein wesentlicher Teil. Darüber hinaus ist ein tiefes Prozessverständnis für den Anlagenbau entscheidend. Durch Verbindung aller Kompetenzen gelingt die Erstellung eines Digitalen Zwilling, der die hohen Anforderungen des Anlagenbau und-betriebs erfüllt.

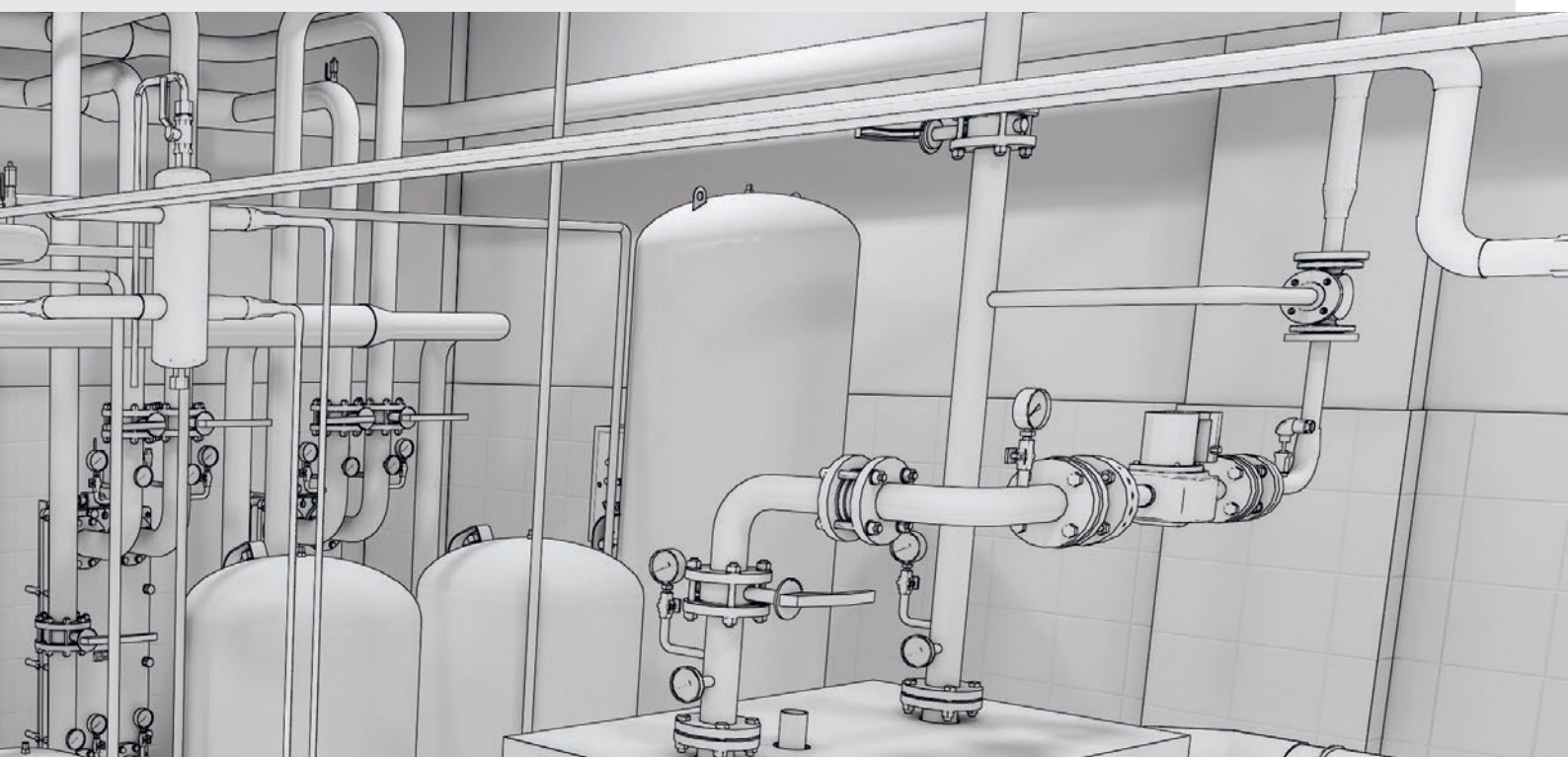
Die „Digital Asset Experts“ von Schuller & Company unterstützen Unternehmen aus verschiedensten Branchen auf dem Weg in die Digitalisierung. Der Schwerpunkt liegt dabei auf dem Daten- sowie Dokumentenmanagement und der Visualisierung dieser Informationen. Somit bietet Schuller & Company Lösungen zur Erzeugung von maßgeschneiderten Digitalen Zwillingen.

PROSTEP ist das führende PLM-Beratungs- und-Softwarehaus, mit mehr als 25 Jahren Erfahrung auf dem Gebiet der PLM-Integration und der digitalen Durchgängigkeit in unterschiedlichen Branchen. Daten aus verschiedensten Quellsystemen für den Aufbau Digitaler Zwillinge und andere Anwendungsfälle zu integrieren, gehört dabei zu den Kernkompetenzen. Die Experten des Datenlogistik-Dienstes OpenDESC.com von PROSTEP haben die KI-basierte Objekterkennung von 3D-Scandaten entwickelt und für den Anlagenbau optimiert.

Durch Bündelung unserer Kompetenzen haben wir 3DigitalTwin entwickelt, um aus einer Punktwolke eines Scans mit Hilfe von künstlicher Intelligenz den Digitalen Zwilling ihrer Bestandsanlage wunschgemäß zu erzeugen. Sie profitieren dabei vom exzellenten Fachwissen der Partner rund um den Anlagenbau, ihrer langjährigen Erfahrung in der Handhabung und Konvertierung von Modelldaten sowie ihrer Hersteller-Unabhängigkeit als Dienstleister.



+





PDF Version des Whitepapers:
www.prostep.com/whitepaper
oder scannen Sie den QR Code



Sie haben Anmerkungen oder Fragen?

Wir freuen uns auf Ihr Feedback an
infocenter@prostep.com

PROSTEP AG
Dolivostraße 11 · 64293 Darmstadt · Deutschland
Telefon +49 6151 9287-0 · Telefax +49 6151 9287-326 · E-Mail info@prostep.com

© 2022 PROSTEP AG. Alle Rechte vorbehalten.
Alle durch ® oder ™ gekennzeichneten Marken sind das Eigentum ihrer jeweiligen Inhaber.

IMPRESSUM

Herausgeber
PROSTEP AG

Ansprechpartner:
Johannes Lützenberger
johannes.luetzenberger@prostep.com

Frank Müller
frank.mueller@schullerco.com

Edition 1, 2022