Technische Innovationen bei der Zustandserfassung von Kanalanlagen

Vortragender | Autor: Ing. IMMLER Manuel | STRABAG AG

KURZFASSUNG

Auf Grund der immer fortschreitenden technischen Entwicklungen kommt es in jedem Sektor unseres Umfeldes zu neuen Ideen und Möglichkeiten. So auch im Sektor der Untersuchung von Kanalanlagen. Laufend führen Ideen und technische Fortschritte, wie zum Beispiel der Einsatz von Glasfaserkabeln, zu Möglichkeiten, unsere Abwasseranlagen detaillierter zu erfassen. Folgend werden einige technische Innovationen mit ihren Eigenschaften in Bereichen der Kanalinspektion, Hausanschlussinspektion und Schachtinspektion/Schachtvermessung vorgestellt.

1. Kanalinspektion

1.1. Full-HD Technologie

Der Großteil der heutzutage in Einsatz kommenden Kanalkameras liefert eine Bildauflösung mit 720x576 Bildpunkten (PAL Norm). Diese Bildauflösung ist zu 100% ausreichend für Inspektionen von Kanälen bis DN 600. Bei größeren Dimensionen, im Besonderen ab Dimensionen über 1000 mm, zeigen sich allerdings bereits Qualitätsverluste auf Grund der zu geringen Bildauflösung.

Nun ist es durch einen höherwertigen Bildsensor möglich, Kanalinspektionen mit einer Bildauflösung von horizontal 1920 und vertikal 1080 Pixeln – Full-HD-Format – durchzuführen. Die Kamera bzw. der Bildsensor weist ca. fünfmal so viele Bildelemente auf, wie ein herkömmlicher PAL-Sensor.

Die Bildübertragung ist von der Bildentstehung im Kamerakopf bis zur Darstellung und Speicherung im Bedienstand durchgehend digital. Mit Hilfe einer Glasfaserleitung wird die Full-HD Auflösung übertragen und durch den H.264-Standard hocheffizient komprimiert.

Diese Bildauflösung erfüllt erstmalig die Anforderungen des DWA-Merkblattes M149-8 Punkt 4.2.2: Die Kameraauflösung muss der Größe des Inspektionsobjektes angepasst sein. Die vertikale Auflösung muss mindestens der lichten Höhe des Inspektionsobjektes in Millimeter entsprechen. Hieraus ergeben sich z. B. folgende Anforderungen:

- Kanal DN 200 – 600 ca. 800 x 600 Pixel PAL-Format
- Kanal DN 700 – 1000 ca. 1100 x 800 Pixel HD-Format
- Kanal DN 1100 und größer ca. 1600 x 1200 Pixel Full-HD-Format

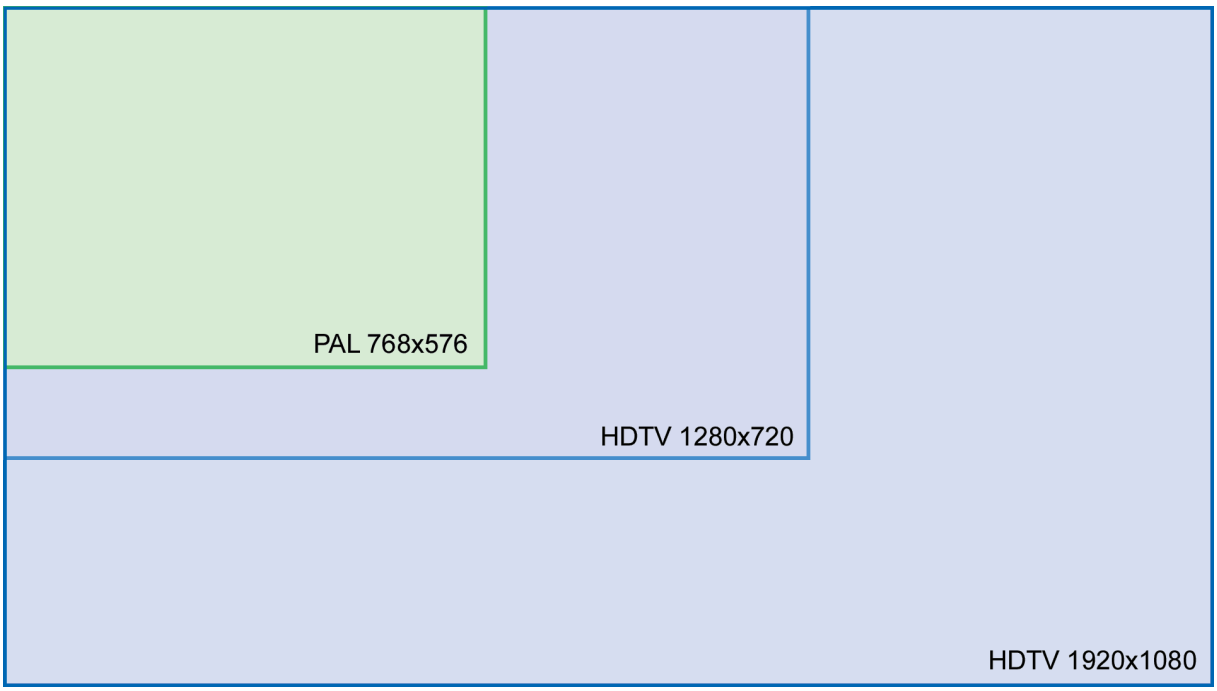

Abb. 1: Darstellung Bildformate PAL und HD

Bei der Inspektion von Kanälen größerer Dimension bietet diese Entwicklung genauere Ergebnisse und Zustandsbewertungen, welche für einen Kanalkataster und eine möglicherweise folgende Kanalsanierung hilfreich sind.

Technische Details:

Einsatzbereich	ab DN 200
Maße	Ø 120 mm / Länge 195 mm
Zoom	10-fach
Blickbereich	+/- 150°
Bildauflösung	1920 x 1080
Integrierter Laser	ja

1.2. SCANNER – Technologie

Ziel dieser Technologie ist es eine lückenlose Aufzeichnung der gesamten Rohruntersuchung als 3D-Film sowie eine abgewickelte Darstellung zu erzeugen. Der Bediener kann sich im fertigen Ergebnis der Inspektion vollkommen frei im 3-dimensionalen Raum seiner Abwasseranlage bewegen. Es ist somit möglich 360° zu schwenken, zu zoomen, die Beleuchtung zu verändern, Mängel von allen Seiten genau zu betrachten und zu bewerten.

Beim Scan-Prinzip werden im Gegensatz zu herkömmlichen Kanal-TV-Systemen zwei hochauflösende Digitalkameras mit 185°-Fisheye-Objektiven verwendet. Diese beiden Kameras nehmen in Abständen von 5cm jeweils ein Bild auf. Durch die extremen Weitwinkelbrennweiten wird also alle 5cm die

Rundumsicht eines Rohrabschnitts fotografiert. Diese Rohrabschnittsequenzen werden digital, über ein Glasfaserkabel, an das Untersuchungsfahrzeug übertragen und dort mit einer Software zusammengesetzt, sodass eine reale 3D-Innenanschicht der kompletten Rohrleitung in und gegen die Fahrtrichtung entsteht.

Die Ausleuchtung der Leitung erfolgt mittels stroboskopartig abgegebenen Xenonblitzen. Diese leuchten das Rohr permanent so hell aus, dass ohne Qualitätsverlust eine sehr hohe Inspektionsgeschwindigkeit (bis zum 35cm pro Sekunde) erreicht werden kann.

Die großen Vorteile dieser Technik liegen einerseits in der freien Betrachtungsweise des Kanalsystems und in der zeitlichen Abfolge einer Kanalinspektion.

Auf Grund der vom Livebild losgelösten 3D-Ansicht ist der Betrachter in keiner Art und Weise mehr vom durchführenden Inspekteur abhängig. Oftmals führen Inspektionen mit zu hoher Geschwindigkeit zu offenen Fragen für den Betrachter. Mit diesem System kann jederzeit jede Stelle, jeder Mangel, jeder Anschluss usw. nochmals und aus mehreren Blickwinkeln betrachtet und bewertet werden.

Teilweise müssen Kanäle für die Inspektion abgesperrt und eine Wasserhaltung errichtet werden. Diese Arbeiten stellen einen hohen Kostenfaktor für eine Inspektion, welche verglichen mit einer Kanalsanierung sehr rasch durchgeführt werden kann, dar. Durch die einerseits hohe Inspektionsgeschwindigkeit und andererseits der Tatsache, dass vor Ort, des Kanal lediglich gescannt und noch nicht beurteilt wird, können große Strecken in kurzer Zeit untersucht werden. Somit kann der Kostenfaktor der Wasserhaltungsmaßnahmen stark reduziert werden

Technische Details:

Einsatzbereich	ab DN 150
Geschwindigkeit	stufenlos regelbar, max. 35 cm/sec
Neigemessung	möglich

2. Hausanschlusskanalinspektion mittels Satellitenkamera

2.1. Reinigung und Inspektion

Nachdem bereits viele der öffentlichen Kanäle auf deren Zustand untersucht und teilweise auch saniert wurden, rückt eine weitere Thematik immer mehr in den Vordergrund.

„In welchem Zustand befinden sich unsere Hausanschlussleitungen?“

All jene Leitungen, welche am Hauptkanal in einen Schacht einmünden, können mit einer herkömmlichen Kanalkamera bzw. einer Schiebekamera ohne großen Aufwand untersucht und bewertet werden.

Bleiben noch die Leitungen, welche über einen Abzweiger, Stutzen u. dgl. in den öffentlichen Kanal einmünden. Bei diesen Fällen müssen die Inspektionen und Reinigungen vom Hauptkanal ausgehend erfolgen mittels einer Satellitenkamera.

Bei den neusten Systemen können die Inspektion und die Reinigung der Leitung in einem Arbeitsschritt erfolgen. Unmittelbar hinter dem Kamerakopf wird an dem Schiebestab eine Reinigungsdüse angebracht, welche nicht nur die Kanalreinigung durchführt, sondern auch den Vortrieb des Kamerakopfes darstellt. Durch den Wasserdruck der Reinigungsdüse kann die Inspektionseinheit bis an jedes gewünschte Inspektionsziel gebracht werden.

Um auch anschließende Leitungen, welche in die zu untersuchende Leitung, einmünden inspizieren zu können, gibt es verschiedene Techniken, welche sich in der Praxis bewährt haben.

Eine Technik stellt ein Farb-Dreh-Schwenkkamerakopf mit einer speziellen Scherenmechanik dar. Hierbei wird der Kamerakopf im Abzweiger positioniert und die Scherenspitze in die anschließende Leitung ausgefahren. Sobald diese ein Widerlager gefunden hat, wird mit Hilfe der Abdrückbewegung an der Rohrwandung die Kamera in den Anschluss eingeschoben. Danach wird die Scherenmechanik wieder zur Gänze eingefahren und die Inspektion kann, ohne Sichteinschränkung durch die Schere, weitergeführt werden. Auch mehrere Abzweigungen und Richtungsänderungen in Folge können so durchgeschoben bzw. durchgespült werden.

Abb. 2: Farb-Dreh-Schwenkkamerakopf mit Scherenmechanik

Als Alternative zu dieser Technik gibt es einen Farb-Dreh- und Schwenkkamerakopf, bei dem die Kamera am Ende einer Leitvorrichtung ist. Diese Leitvorrichtung kann mittels einer Dreh- und Schwenkvorrichtung in den Abzweiger positioniert werden, sodass wie bei der vorher genannten Technik, die Kamera an der Rohrwandung in den Anschluss gedrückt bzw. geschoben werden kann. Durch die Positionierung der Kamera am vordersten Punkt, welche ebenfalls gedreht und geschwenkt werden kann, hat man ein 100%iges Sichtfeld und kann Rohrmuffen 360° automatisch abschwenken. Der Vortrieb erfolgt entweder mittels Schiebestab oder zusätzlich mittels einer Reinigungsdüse und Wasserdruck.

Abb. 3: Farb-Dreh- und Schwenkkamerakopf mit Leitvorrichtung

Technische Details:

Einsatzbereich	ab DN 100 bis max. DN 300
Bildauflösung	752 x 582
Drehwinkel	270° bzw. 360° (Abschwenken von Muffen möglich)
Schiebebetrieb	ja
Autom. Nullstellung	ja
Ortungssensor	integriert
Beleuchtung	LED
Integrierter Laser	ja

2.2. Verlaufsmessung bzw. Darstellung

In der Praxis ist es nicht nur wichtig, die Zustände von Kanalrohren zu erfassen und zu dokumentieren, auch die Lage und der Verlauf der Rohre im Erdreich sind von Interesse. Zu meist sind aber von den Hausanschlussleitungen keine genauen Lagepläne vorhanden.

Nun kann im Zuge der Satellitenkamera-Befahrungen zeitgleich eine Rohrverlaufsmessung durchgeführt werden. Durch einen oder mehrere in den Kamerakopf eingebauten vorkalibrierten Sensoren werden laufend Messungen zur Lage des Kamerakopfes (bis zu 100 Messungen pro Sekunde) geliefert. Die Kalibrierung und ein Kompensationsverfahren zum Ausblenden eindeutiger systematischer Sensorfehler verhelfen dazu, den Drift zu minimieren und somit den Verlauf des Leitungsnetzes sehr präzise darzustellen (auch Bögen, Abzweiger usw.). Eine Verarbeitungssoftware errechnet sofort mit diesen Messdaten der xyz-Koordinaten den Leitungsverlauf als dreidimensionales, topologisch korrektes Netz. Zeitgleich wird eine Netzgrafik erstellt, welche mit vorhandenen Kartenmaterialien (z. B. Hausgrundriss) in Verbindung gebracht werden kann.

Wenn die Koordinaten des Start- und Endschachtes des Hauptkanales vorhanden sind, kann automatisch ein Bezug der Gebäudeanschlussleitung an das Koordinatensystem des Hauptkanalnetzes hergestellt und die Daten importiert werden (Format dxf, dwg).

Somit können auch nicht standardmäßig gekrümmte Leitungsverläufe im flexiblen Modus berechnet und erfasst werden.

Um die Messung der z-Achse zu verbessern kann, über die vorher genannten Techniken hinaus, noch eine „hydrostatische Höhenmessung“ durchgeführt werden. Mit Hilfe eines Drucksensors im Spülschlauch, kann der Wasserdruck im Schlauch gemessen werden. Von einem Referenzdruck (Nullmessung am Schachtdeckel) der Wassersäule ausgehend, können nun beliebig viele Druckmessungen erfolgen.

Durch die Ermittlung der Druckveränderung kann die Höhe der Rohrleitung (des Kamerakopfes) cm genau bestimmt werden. Während der Messung, muss der Spülbetrieb gestopt werden, somit kann diese Messung nicht automatisch durchgeführt werden, sondern wird aktiv vom Inspekteur ausgeführt. In Verbindung mit der zuvor erwähnten Sensortechnik liefert dieses System exakte Werte zum Verlauf und zur Lage der Rohrleitung.

3. Schachtvermessung und Inspektion

3.1. Kamerabefahrung mit Lasermessung

Im Laufe der letzten Jahre hat man erkannt, dass auch die Bauwerke (Schächte, Pumpwerke usw.) einen wesentlichen Anteil unseres Kanalnetzes ausmachen, welche ebenfalls Schäden und Mängel (Fremdwassereintritte usw.) aufweisen. Resultierend daraus legt man nun ein größeres Augenmerk auf die Inspektion der Kanalschächte. Um Schächte effizient und hochwertig auf den Zustand untersuchen zu können, ist es von Vorteil diese mit einer Farb-Dreh-Schenkkopfkamera aufzuzeichnen.

Dabei können Bauwerke bis zu 8,5 m Tiefe und einem Durchmesser bis zu 2 m untersucht werden. Die Inspektion wird spiralförmig automatisch oder manuell durch Handsteuerung abgeschwenkt. Die Hub- und Rotationsgeschwindigkeit sind einstellbar. Angebracht ist die Kamera entweder an einem Fahrzeugkran oder an einem Dreibeinstativ für nicht zufahrbare Schächte.

Durch eine permanente Einblendung im Live-Bild der Inspektionstiefe und der Blickrichtung verliert der Bediener zu keinem Zeitpunkt dir Orientierung. Mit einem Laserpointer können Vermessungen von Zuläufen, Mängeln usw. im Zuge der Inspektion durchgeführt werden und das Ergebnis in der Datenbank gespeichert werden. Zu jeder Untersuchungsstelle wird von dem Live-Bild ein Detailbild erstellt, welches in der Datenbank mit der zugehörigen Untersuchungsstelle verknüpft wird.

Mit dieser Technik können Schächte um ein vielfaches besser beurteilt werden, als mit digitalen Fotoaufnahmen, welche zuvor angefertigt wurden. Nicht nur, dass man somit das gesamte Bauwerk visualisiert hat, sondern auch die Vermessung mittels Laser liefern ein genaueres Ergebnis.

Hinsichtlich der Arbeitssicherheit ist nun auch das Begehen des Bauwerkes nicht mehr notwendig und das Risiko der Arbeiten in Kanalschächten wird sehr gering gehalten.

Technische Details:

Einsatzbereich	Schachtdurchmesser bis 2 m und Schachttiefe bis 8,5 m
Zoom	10-fach
Beleuchtung	LED
Vermessung	integrierter Laserpointer
Blickrichtungsanzeige	im Videobild eingeblendet

3.2. Scanner - Technologie

Wie bei der zuvor erwähnten Scanner-Technik für den Kanal stehen dem Anwender auch hier die markanten Vorteile dieser Technik für Schachtinspektion zur Verfügung.

Der 3D-Sanner verwendet zwei hochauflösende Digitalkameras mit speziell für diesen Zweck entwickelten verzerrungsfreien Weitwinkelobjektiven, die das gesamte Schachtinnere in einer vertikalen Befahrung scannen. Die beiden 185°-Fisheye-Objektive erstellen in Abständen von 5 cm halbsphärische Bilder, welche digital an der Untersuchungsfahrzeug übertragen und dort zu vollsphärischen (360°) Kugelbildern zusammengesetzt werden. Daraus entsteht eine komplette 3D-Innenanschicht des Schachtes. Anders als in der Videotechnik, bei der eine kontinuierliche Beleuchtung bei bewegter Kamera eine hohe Bewegungsunschärfe in den Aufnahmen bewirkt, liefern kurze Xenonblitze auch dann noch scharfe Bilder, wenn das System mit einer Geschwindigkeit von bis zum 35 cm pro Sekunde durch den Schacht fährt. Die exakte Schachttiefe wird vor dem Scanvorgang mittels Laser ermittelt.

Abb. 4: Schachtinspektionsfahrzeug mit Schacht-Scanner

Gleichzeitig lässt sich eine Abwicklung des Schachtes erzeugen, die einen raschen Überblick über den Bauwerkszustand sowie das Ausmessen von Objekten auf der Schachtwand ermöglicht (z. B. Durchmesserbestimmung von Zuläufen).

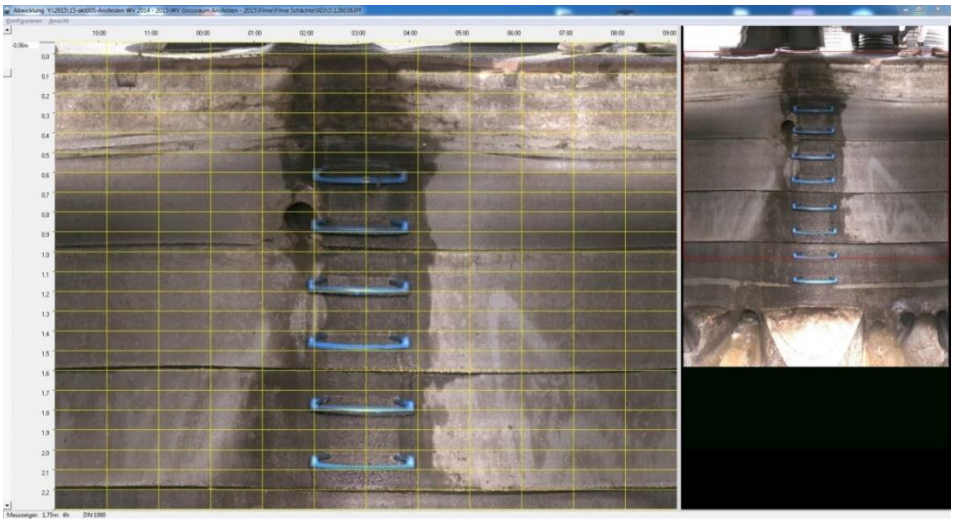

Abb. 5: Abwicklung eines Schachtes

Die Schadensbeurteilung und Vermessung erfolgt im Anschluss in einem gesonderten Arbeitsschritt. Der Inspekteur kann an jeder Position des Schachtes anhalten, 360° schwenken, zoomen, die Beleuchtung verändern und passende Standfotos speichern (mit Einblendung Material, Schadenskürzel, usw.). Zusätzlich erzeugt eine Software automatisch aus den Bilddaten eine aus mehreren tausend 3D-Messpunkten bestehende „Punktewolke“, die mit einem 3D-Betrachtungsprogramm ausgewertet werden kann. Neben einer automatischen Erkennung des Durchmessers der Schachtringe oder der Länge und Breite eines Schachtbauteils lassen sich in die Punktewolke beliebige Längs- oder Querschnitte legen, um an diesen Ausmessungen vorzunehmen. Die Bedienung dieser Software und Vermessungen sind für jeden Anwender rasch zu verstehen und kann somit, ohne zusätzliche Schulungen zum Einsatz gebracht werden.

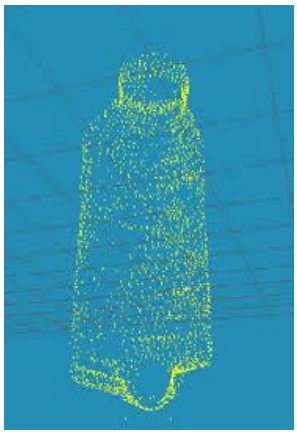

Abb. 6: Punktewolke eines Schachtes

Vor Ort können Schächte mit dieser Technik rasch gescannt werden, sodass eventuell mögliche Verkehrsbehinderungen gering gehalten werden, und ein Begehen des Bauwerkes ist ebenfalls nicht notwendig.

Technische Details:

Einsatzbereich	Schachtdurchmesser bis 2 m und Schachttiefe bis 90 m
Gewicht	ca. 7,5 kg
Geschwindigkeit	stufenlos regelbar, max. 35 cm/sec
Vermessung	in Punktewolke und Abwicklung jederzeit möglich

4. Deformationsmessung

4.1. Laser Profiling

Um Deformationen in Rohrleitungen messen zu können, steht diese Technik zur Verfügung. Die Deformationsmessung erfolgt mit einer Laserdiode, die an eine Kanalrohrkamera moniert wird. Mit diesem System wird eine hohe Messgenauigkeit erreicht mit einer Toleranz +/- 0,5% bezogen auf den Rohrdurchmesser (z. B. Rohr DN 300 -> +/- 1,5 mm). Je nach Rohrdurchmesser und verwendeten Kameratyp variieren die Carbon-Laser-Verlängerungen und Halter.

Die Funktionsweise des Laser Profilers basiert auf einem Laser-Ring, der auf die Rohrwandung projiziert und anschließend von der jeweils angeschlossenen Kamera aufgezeichnet wird. Eine Software berechnet die Daten und erstellt ein 3D-Modell der Rohrgeometrie. Darüber hinaus hat man die Möglichkeit, zweidimensionale Abwicklungen und Grafiken zu generieren

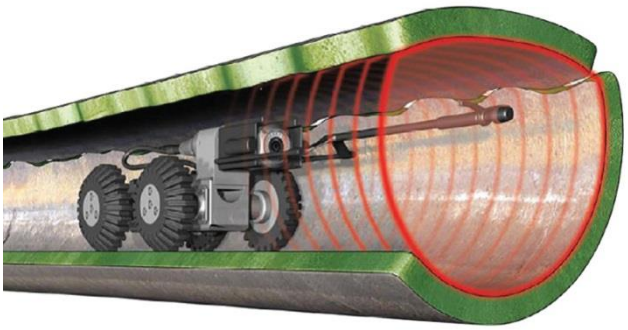

Abb. 7: Kamera mit Carbon-Laser-Verlängerung

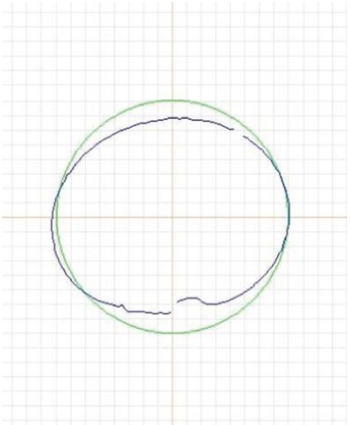

Abb. 8: Grafisch dargestellte Ovalitätsmessung

Durch diese grafischen Darstellungen lassen sich alle gewünschten Informationen über Durchmesser, Ovalität, Deformation, Korrosion, Kapazität in Prozent, minimalen/maximalen Durchmesser sowie horizontalen und vertikalen Durchmesser (X und Y) in mm ableiten.

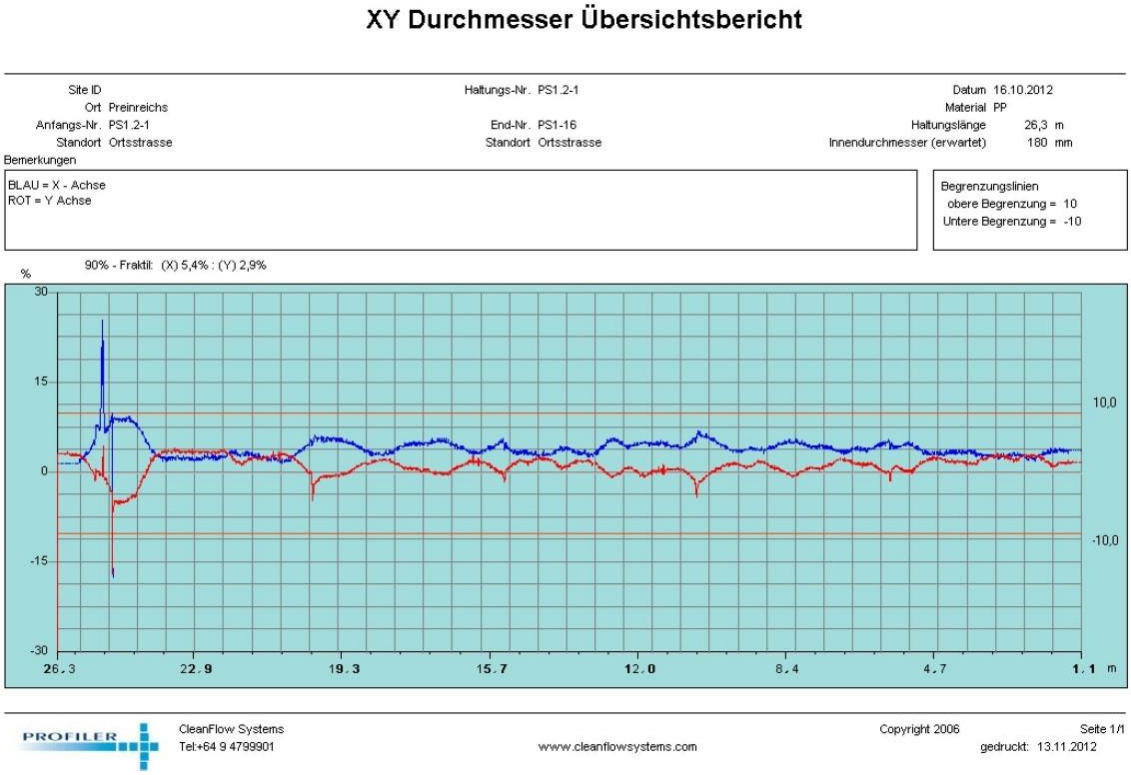

Abb. 9: Übersichtsbericht XY-Durchmesser in prozentueller Abweichung

<u>Technische Details:</u>

Einsatzbereich	von DN 150 bis DN 600
Genauigkeit	+/- 0,5% bezogen auf den Rohrdurchmesser
Erkennung von	Querschnittsreduzierung, Deformation, Rohrkapazität, Unebenheiten, Abflusshindernissen, minimalem/maximalem Durchmesser

Kontakt:

Ing. IMMLER Manuel

STRABAG AG

Kanaltechnik

3382 Loosdorf, Wiener Straße 24