

Systeme zur optischen Zustandserfassung im Brunnen

Eine der wichtigsten Maßnahmen zur Zustandserfassung von Brunnen ist die Inaugenscheinnahme durch ein bild erzeugendes Instrument wie die Brunnenkamera. Die Ausbaukontrolle nach Fertigstellung des Wasserfassungsbauwerkes dient der Beweissicherung für durchgeführte Arbeiten. Durch die Sichtbarmachung von Zuständen im sonst nicht zugänglichen Brunnenrohr lassen sich Alterungsgrad sowie Ursachen erkennen. Weitere Funktionen optischer Systeme im Brunnen sind die Einmessung von Schäden sowie die optische Nachkontrolle nach einer Regenerierung bzw. Sanierung. Im Beitrag beschrieben werden Unterschiede verfügbarer Inspektionssystemen sowie deren Leistungsfähigkeit.

Die ersten Aufnahmen in Brunnen wurden durch Fotoapparate in Bohrlochsonden erzeugt. Mit diesen Systemen konnten durch Fernauslösung oder durch eine Zeitschaltuhr Einzelbilder der Situationen im Brunnen gewonnen werden, die dann allerdings erst nach Entwicklung des Filmes vorlagen. Mit der Erfindung der Bildröhre und deren ständiger Weiterentwicklung und Miniaturisierung wurden kontinuierliche Kamerabefahrungen mit Bildübertragung an die Oberfläche in Echtzeit möglich. Standbilder wurden vom Bildschirm abfotografiert. Mit der Einführung der Videorekorder konnten die Filme dann auch gespeichert werden. Mit Reportsoftware wurden Berichte der Befahrung erzeugt, welche die Videorekorder steuern konnten. Die

Bildschirmfotos wurden dann in die ausgedruckten Berichte eingeklebt. Mit der rasanten Entwicklung der PC-Technik und der Bilddigitalisierungssysteme, der Videograbber, wurde vor etwa 15 Jahren begonnen, die Filme mit Inspektionssoftware zu speichern und dabei gleichzeitig Berichte mit Brunnenausbau- grafik, Zustandsbeschreibung und Standbildern, die heute immer noch Bildschirmfotos genannt werden, zu erzeugen.

Nach Ablösung der Aufnahmeröhren durch die CCD-Video-Kamerasysteme erlebte die Kameratechnik für Bohrlöcher und Brunnen einen enormen Entwicklungssprung, da die Kamerasysteme erheblich kleiner und auch kostengünstiger wurden. Mit der Einführung der Weißlicht-LED-Beleuchtung kam der nächste

Abb. 1 – IBAK Rax11B mit Inspektionsbus an einer Grundwassermessstelle



Martin Knobbe



Eine Brunnenkamera sollte in der Lage sein, alles anzuschauen und das Bild durch Fokus scharf stellen zu können.



wichtige Entwicklungsschritt, die Kameraköpfe wurden kleiner und die gelieferten Bilder waren annähernd echtfarben. Mittlerweile ist der Einsatz von hochauflösendem HD-Digitalvideo und gegebenenfalls 3D-Technik in den Kameraköpfen zu beobachten. Die normalen CCD-Videokamerasysteme werden wie ihre Vorgänger vom Markt verschwinden. Allerdings ist anzumerken, dass die Weiterentwicklung nicht mit dem Tempo der normalen Kameratechnik Schritt hält. Die geringen Stückzahlen für Bohrloch- und Brunnenkameras sind für die Hersteller von Inspektionssystemen oft nicht interessant. Hier bestehen Chancen für Nischenhersteller.

Heute sind Brunnenkamerasysteme mit Axial-Radialkopf-Technik oder Schwenkkopf-Technik bis 2.500 m Tiefe am Markt erhältlich. Tief eintauchende Systeme mit entsprechender Hitzeresistenz erreichen im Bohrlochbereich mindestens 6.000 m, liefern dann aber meist nur noch Schwarz-Weiß-Bilder. Die enorme technische Entwicklung der Kamera- und Inspektionstechnik im Rohr- und Kanalbereich und auch die Technologien der Unterwasserinspektion wie Tauchroboter oder Sonarscanner sollten immer im Auge behalten werden, um die neuesten Techniken zu kennen.

Was sollte eine Brunnenkamera leisten können?

Grundlegend sollte eine Kamera im Brunnen alles anschauen und das Bild durch ferngesteuerten oder automatisierten Fokus scharf stellen können. Beim Autofokus muss bedacht werden, dass Schwebstoffe im Wasser die Steuerung des Autofokus behindern können. Wichtig ist eine ausreichend starke, farbneutrale, regelbare und vollausleuchtende Beleuchtung. Bildvergrößerung durch Zoomobjektive helfen, Objekte vergrößert darzustellen. Dies ist besonders bei Brunnen mit größeren Durchmesser interessant. Eine Alternative dazu ist der digitale (vir-

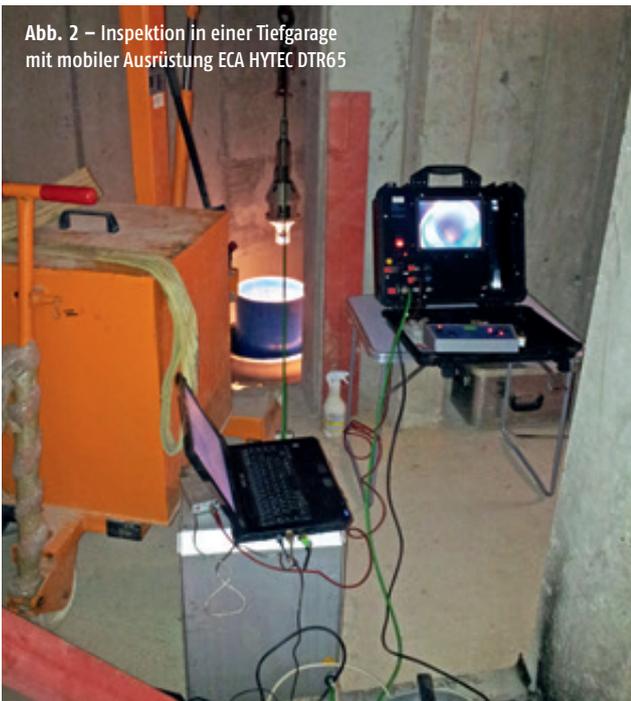
tuelle) Zoom, also die vergrößerte Darstellung eines hochauflösenden Bildes. Ein paralleler Laser zur Entfernungsmessung und Größenbestimmung ist von großem Vorteil. Wenn nur ein digitaler Zoom vorhanden ist, sollte die Auflösung des Aufnahmesystems so groß sein, dass das vergrößerte Bild pixelfrei bleibt.

Ein orientiertes Bild wäre wünschenswert. Dieses ist möglich durch einen vorgesetzten Kompass oder durch installierte Magnetfeldsensoren, wobei Stahl- oder Edelstahlrohre die Weisung der magnetischen Systeme negativ beeinflussen. Nordsuchende Kreiselssysteme mit Metallrotoren oder Glasfaserkreisel können ohne Beeinflussung die Orientierung anzeigen. Diese werden auch immer kleiner mit sehr guten Genauigkeiten, sie unterliegen aber teilweise strikten Zugriffsbeschränkungen durch Sicherheitsbehörden und sind noch sehr teuer.

Zur Verbesserung der Bildqualität bei schlechten Sichtverhältnissen können die Videobilder über Soft- und Hardwaresysteme, die sogenannten Video Enhancer, durch Bildüberlagerungs- und Farbwertverbesserungstechniken zusätzlich überarbeitet werden. Dieser Prozess wird aber im Bediengerät, zwischen Bediengerät und Aufzeichnungssystem oder in der Aufnahmesoftware stattfinden müssen (siehe z. B. www.lynn.com).

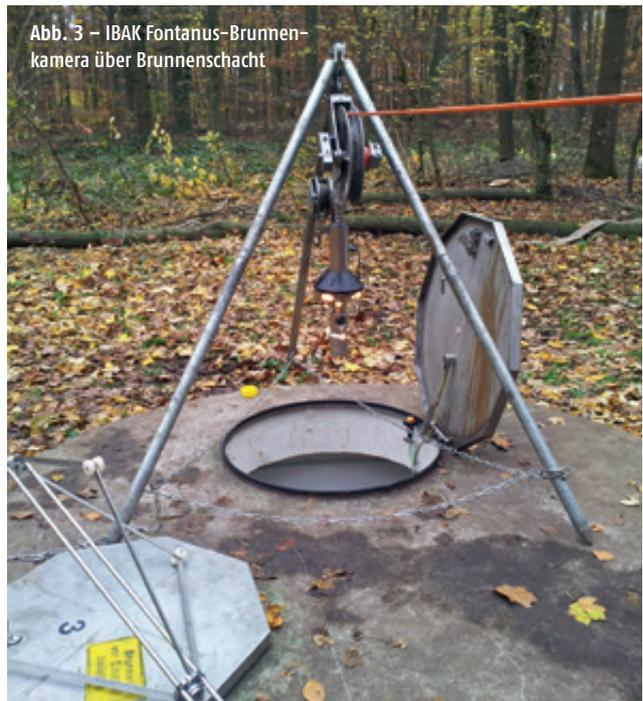
Bei großen Tiefen ab 1.000 m, abhängig von der geothermischen Tiefenstufe, ist eine temperaturresistente Elektronik und Aufnahmeeinheit erforderlich. Dies spielt bei den vermehrt in Betrieben stehenden Geothermiebrunnen eine immer größere Rolle. Normale CCD-Kameras sind von 0 bis etwa 60 °C, maximal 65 °C, einsatzstabil. Für höhere Temperaturen muss die Kameraelektronik thermoelektrisch mit Peltier-Elementen gekühlt werden, die Abwärme in Kupferblöcken innerhalb des Gehäuses gespeichert und das druckdichte Kameragehäuse als Vakuum-isoliertes Dewargefäß ausgebildet sein.

Abb. 2 – Inspektion in einer Tiefgarage mit mobiler Ausrüstung ECA HYTEC DTR65



Martin Knobbe

Abb. 3 – IBAK Fontanus-Brunnenkamera über Brunnschacht



Martin Knobbe



GEOVISTA



Rico-EAB



Gullyver

Abb. 4 – GEOVISTA Dual
Camera – Axial-Radialkamera

Abb. 5 – Rico-EAB Digiwell –
Axial-Radialzoomkamera

Abb. 6 – Gullyver BSK50SV500 mit LED-Zusatzlicht

Unterschiede der verfügbaren Inspektionssysteme

Als erstes verfügbares Inspektionssystem ist die Brunnenkamera zu nennen. Brunnenkamerasysteme unterscheiden sich in drei grundsätzliche Typen: das Axial-System, das Axial-Radial-System und das Schwenkkopfsystem.

Axial-Kamerasystem mit Blick in Befahrtrichtung

Axialkamera ohne Fokus: In der Regel sind dies Kameras mit axialem Blick in Fahrtrichtung aus dem Rohr- und Kanalbereich mit erhöhter Druckdichtigkeit. Sie sind in ein einfaches Rohrgehäuse eingebaut. Sie sind fix fokussiert und die Optik ist ab Werk für Luftanwendung eingestellt. Bei diesem Kameratyp kann durch einen vorgesetzten Spiegel, gegebenenfalls drehbar, ein Seitenblick generiert werden.

Axialkamera mit Fokus: Die axiale Brunnenkamera mit axialem Blick in Fahrtrichtung und mit ferngesteuertem Fokus kann Bilder am gewünschten Punkt scharf stellen. Je nach verwendetem Objektiv kann mehr oder weniger von der Brunnenwand erkannt werden. Auch bei diesem Kameratyp kann durch einen vorgesetzten Spiegel, gegebenenfalls drehbar, ein Seitenblick generiert werden.

Axial-Radialkamerasystem mit Blick in Befahrtrichtung und 90°-Seitenblick

Axial-Radialkamera ohne Fokus: Die Axial-Radial-Brunnenkamera mit fixem Fokus für beide Kameras, mit axialem Blick in Fahrtrichtung und meist endlos drehbarem 90°-Seitenblick ist vom Hersteller meist so eingestellt, dass die gewählte Brennweite ein mehr oder weniger scharfes Bild liefert. Da meist ein opaker Zylinder als Gehäuse für die radiale Kamera gewählt wird, ist eine leichte Verzerrung des Radialbildes nicht auszuschließen. Es ist eine kostengünstige Konstruktion.

Axial-Drehspiegel-Kamera: Drehspiegel-Kameras sind meist Axialkameras mit einem drehenden Spiegel vor dem Kamerakopf. Sie schränken die Sicht in die Blickrichtung ein, spiegeln dafür aber einen Blick der Seitenwand ins Bild ein.

Axial-Radialkamera mit Fokus: Die Axial-Radial-Brunnenkamera mit ferngesteuertem Fokus für die radiale Kamera oder sogar beide Kameras sind in der Lage, scharfe Bilder zu liefern (Abb. 4). Da für die radiale Kamera meist ein opaker Zylinder

als Gehäuse gewählt wird, ist eine leichte Verzerrung des Radialbildes nicht auszuschließen. Bei interner Beleuchtung können Lichteinspiegelungen die Sicht verschlechtern.

Axial-Radialkamera mit mehreren Radialkameras: In diesem Fall wird versucht, mit mehreren Kameras in radialer 90°-Anordnung die gesamte Brunnenwand gleichzeitig komplett abzufilmen und mit der Axialkamera die kontrollierte Tauchfahrt durchzuführen. Dafür sind dann aber fünf Bildschirme oder ein Split Screen erforderlich. Durch die speziellen Anordnungen der Kameras wird die komplette Rohrwand und auch der Blick in Fahrtrichtung kontinuierlich angezeigt. So gibt es keinen Informationsverlust.

Axial-Radialzoomkamera: Die Axial-Radialzoom-Brunnenkamera mit ferngesteuertem Fokus und Zoom für die radiale Kamera oder sogar beide Kameras ist ein oft verwendeter Standard (Abb. 5). Die Drehung der Radialkamera ist meist endlos. Bei Verwendung opaker Zylinder als Gehäuse für die radiale Kamera ist mit einer leichten Verzerrung des Radialbildes zu rechnen. In Kameragehäusen mit offenem Drehgehäuse schaut die Optik der Radialkamera entweder direkt und unverzerrt durch eine dichtende Linse oder über einen 90° Spiegel auf die Brunnenwand.

Axial-Radialzoomkamera mit Bild-in-Bild-Technik: Die Axial-Radialzoom-Brunnenkamera mit ferngesteuertem Fokus und Zoom für die radiale Kamera und einer Einblendung des Radialbildes in das Horizontalbild ist eine Speziallösung, die eine kontinuierliche Inspektion der Seitenwand und den Blick in Fahrtrichtung gewährt.

Schwenkkopfkamerasystem mit variabler Blickrichtung

Schwenkkopfkamera Kuppel: Bei diesem Kameratyp ist die Optik in der Regel 220° schwenkbar und endlos drehbar (Abb. 6). Die Drehkopfmechanik wird von einer durchsichtigen Kuppel aus Glas oder Kunststoff umgeben. Je nach Schwenklage kann die Optik das Bild minimal verzerren. Die Konstruktion dieses Kameratyps ist weniger aufwendig und kann gute Druckdichtigkeiten erreichen. Bei interner Beleuchtung können Lichteinspiegelungen die Sicht verschlechtern.

Schwenkkopfkamera offen: Statt einer durchsichtigen Kuppel wird die Mechanik und Elektronik sowie die Optik in Gehäuseteilen druckdicht verbaut und die Lager der Drehachsen mit speziellen X-Dichtringen abgedichtet (Abb. 7). Sie ist in der Regel



INUKTUN

Abb. 7 – INUKTUN-Schwenkkopfkamera SP120HD



Rovion

Abb. 8 – IPEK Rovion RXC Schwenkkopf Zoom-Brunnenkamera mit parallelem Laser



IBAK

Abb. 9 – IBAK Panorama SI optischer Scanner mit doppeltem Fischauge

220° schwenkbar und endlos drehbar. Da die Optik von einer planen Scheibe abgedeckt ist, sind keine Bildverzerrungen möglich. Hier können auch parallele Laser optimal verbaut werden.

Zoomschwenkkopfkamera Kuppel: Die Zoomkamera wird in der Regel 220° geschwenkt und ist endlos drehbar. Die Drehkopfmechanik wird von einer durchsichtigen Kuppel aus Glas oder Kunststoff umgeben. Je nach Schwenklage kann die Optik das Bild minimal verzerren. Bei interner Beleuchtung können Lichtspiegelungen die Sicht verschlechtern.

Zoomschwenkkopfkamera offen: Statt einer durchsichtigen Kuppel wird die Mechanik und Elektronik sowie die Optik in Gehäuseteilen druckdicht verbaut und die Lager der Drehachsen mit spezielle X-Dichtringen abgedichtet. Sie ist in der Regel 220° schwenkbar und endlos drehbar. Da die Optik von einer planen Scheibe abgedeckt ist, sind keine Bildverzerrungen möglich. Hier können auch parallele Laser optimal verbaut werden (Abb. 8).

Sondertypen Stereokamera und Bildscanner

Der Klassiker der 3D-Bildabbildung ist die Stereokamera. Durch die Anordnung von zwei oder mehr Kameras mit paralleler Blickrichtung und Überlagerung der Bilder wird eine dreidimensionale Abbildung des Inspektionsgegenstandes möglich. Mit modernen 3D-fähigen Bildschirmen können dem Inspekteur die Videoaufnahmen in dreidimensionaler Darstellung in Echtzeit geliefert werden. Mit modernen Auswertesystemen kann das 3D-Bild in Echtzeit generiert und gespeichert werden.

Als zweiter Sondertyp ist der Bildscanner zu nennen. Die Technik der Bildscanner wird schon lange in der Bohrlochgeo-

physik angewandt. Dabei werden Einzelbilder zu einem zusammenhängenden Bild durch Datenprozessing verarbeitet. Die Bildposition wird mit der Tiefeninformation und der Sondenlage verknüpft und zu einer Mantelabbildung der Bohrloch-Brunnenwand zusammengerechnet. Die Lage der Sonde wird durch XYZ-Beschleunigungsmesser erfasst, so z. B. auch Roll- und Neigungsbewegungen. Die Optiken unterscheiden sich in Fischauge-, sphärische Spiegel- und Drehspiegelsysteme.

Scanner Fischaugenoptik: Das Fischauge, welches in axialer Blickrichtung angeordnet ist, erzeugt ein ca. 210°- bis 220°-Komplettbild. So wird alles in axialer Blickrichtung bis zur 90°-Seitenansicht gleichzeitig in einem Bild angezeigt. Die Bilder werden entzerrt und hintereinander gesetzt zusammengerechnet. So entsteht eine komplette Mantelabbildung der Brunnenwand.

Scanner doppelte Fischaugenoptik nach vorn und hinten: Dieser Scanner weist ebenfalls die bereits genannten Merkmale auf, hinzukommend kann das Befahrungsobjekt nachträglich digital am PC nachbetrachtet werden. Wie mit einer Schwenkkopf-kamera ist es möglich, überall hinzuschauen und zu schwenken. Beobachtungspunkte können von verschiedenen Seiten nachträglich noch einmal betrachtet und analysiert werden (Abb. 9).

Scanner sphärische Spiegelsysteme: Der sphärische Spiegel erzeugt ein Ringscheibenbild der Bohrloch-Brunnenwand. Die Bilder werden entzerrt und hintereinander gesetzt zusammengerechnet. So entsteht eine komplette Mantelabbildung der Brunnenwand. Die Messfahrt muss mit einer gleichbleibenden Geschwindigkeit kontinuierlich bis zum Abschluss durchgeführt werden.

Scanner Drehspiegelsysteme: Drehspiegel mit 90°-Seitenblick nehmen bei kontinuierlicher Drehung Einzelbilder der Bohrloch-Brunnenwand auf. Diese Einzelbilder werden zusammengerechnet und generieren eine komplette Mantelabbildung der Brunnenwand. Die Messfahrt muss mit einer gleichbleibenden Geschwindigkeit kontinuierlich bis zum Abschluss durchgeführt werden.

Ultraschallscanner (Sonic): Die Sichtbarmachung der Rohrwand bei undurchsichtigen Verhältnissen kann durch Ultraschallscanner erfolgen (Abb. 10). Diese Technik wird schon sehr lange in der Bohrlochgeophysik angewendet. Die Rohrwand wird durch Ultraschall-Laufzeitmessung abgetastet. Je nach Messsystem



Abb. 10 – ALT ABI akustischer Bohrlochscanner

ALT



Laval

Abb. 11 – Laval R-Cam Mobile Axial-Radialkamera

lassen sich sogar Informationen vom Bereich hinter der Rohrwand gewinnen. Die Messfahrt muss mit einer gleichbleibenden Geschwindigkeit kontinuierlich bis zum Abschluss durchgeführt werden. Mit modernen Scanköpfen können als Schwenkkopfsystem 3D-Abbildungen in Blickrichtung generiert werden (siehe z. B. Blueview).

Eine Kamera für alles?

Es muss gesagt werden, dass eigentlich mehrere Kamerasysteme notwendig sind, um alle Grundwassermessstellen und Brunnen zu bearbeiten. Ein System muss auch noch Durchmesser von kleiner als 50 mm mit Axial-Radial oder Schwenkkopf befahren können. Ein weiteres System sollte als Axial-Radial- oder Schwenkkopf-Zoomkamera die größeren Brunnen befahren. Einfache Brunnenkameras mit vertikalem Blick nach unten können viele Sachverhalte nicht zeigen, z. B. Filterschlitz. Wenn versucht wird, mit einer Fischaugenoptik den Sichtbereich zu erweitern, ist dies mit einer Bildverzerrung verbunden. Mit moderner Auswertesoftware kann das Bild jedoch entzerrt werden.

Die meisten Schäden oder Probleme finden sich an der Brunnenwand, sodass es den Seiten- oder Radialblick braucht, um die Brunnenwand direkt und unverzerrt in Augenschein nehmen zu können. Deshalb sind reine Axialkameras für eine gute Zustandserfassung ungeeignet.

Es gibt bei den professionellen Brunneninspektoren zwei Fraktionen. Die eine Fraktion schwört auf Axial-Radialkameras mit Radialzoom, die andere auf Schwenkkopfkameras mit Zoom (Abb. 11 & 12). Jede Seite hat gute Argumente. Am besten ist natürlich, wenn beide Techniken vorgehalten werden können.

Vor- und Nachteile Axial-System

Der konstruktive Aufwand ist beim Axial-System am geringsten. Es sind wenige Dichtungsflächen vorhanden. Durch die minierte Konstruktion mit kleinem Gehäuse ist die Gefahr eines Wassereintrages gering. Der Gehäusedurchmesser kann klein



ECA

Abb. 12 – ECA DTR65FHRC Schwenkkopfkamerasystem

bleiben. Zudem kann mit einfachen Mitteln eine hohe Druckdichtigkeit erreicht werden. Nachteil der Axial-Technik ist, dass nur eine nach unten gerichtete Blickrichtung zur Verfügung steht.

Vor- und Nachteile Axial-Radial-System

Beim Axial-Radial-System ist der konstruktive Aufwand geringer. Es sind weniger offene Dichtungsflächen an den Drehgelenken vorhanden, in der Regel maximal eine. Wenn das Gehäuse komplett geschlossen bleibt, ist die Gefahr eines Wassereintrages am geringsten. Der Gehäusedurchmesser kann klein bleiben. Es kann mit einfachen Mitteln eine hohe Druckdichtigkeit erreicht werden.

Nachteile der Axial-Radial-Technik sind, dass nur zwei Blickrichtungen zur Verfügung stehen und das bei eingeschränkten Sichtverhältnissen ohne jeden Kontrastunterschied orientierungslos, quasi blind, gefahren werden muss. Bei geschlossenen Systemen sind die opaken Sichtzylinder für eine minimale Verzerrung des Bildes durch die radiale Krümmung verantwortlich. Spiegelungen durch interne LED-Beleuchtung sind möglich.

Vor- und Nachteile offenes Schwenkkopfsystem

Der Vorteil der Schwenkkopfkamera ist der große Schwenkbereich von meist 220° sowie die Endlosrotation. Es kann fast überall hingeschaut werden, sogar bedingt zurück. So können Problemstellen von oben, schräg oben, seitlich und schräg unten betrachtet werden. Bei einragenden Objekten, Deformationen oder Löchern in der Brunnenwand können so Informationen über die dreidimensionale Struktur erlangt werden. Bei eingeschränkter Sicht kann versucht werden, über Drehung und Schwenkung einen Blickwinkel zu finden, bei dem noch etwas erkannt werden kann, um nicht orientierungslos fahren zu müssen. Parallele Laser können in Luft und in Wasser eingesetzt werden.

Der konstruktive Aufwand ist jedoch höher als bei zuvor genannten Systemen. Bei einem offenen Schwenkkopf sind mindestens drei offene Dichtungsflächen vorhanden. Die Gefahr eines Wassereintrages ist höher. Der Gehäusedurchmesser



Eigentlich sind mehrere Kamerasysteme notwendig,
um alle Grundwassermessstellen und Brunnen zu bearbeiten.



wird, der Konstruktion geschuldet, größer sein müssen. Bedingt durch die offenen Dichtungsflächen an den Drehgelenken sind der Dichtigkeit Grenzen gesetzt.

Vor- und Nachteile geschlossenes Schwenkkopfsystem (Fischauge, Kuppel)

Neben den bereits genannten Vorteilen von Schwenkkopfsystemen generell sind speziell beim geschlossenen Schwenkkopf keine offenen Dichtungsflächen vorhanden. Die Gefahr eines Wassereintrittes ist geringer. Der Gehäusedurchmesser wird kleiner sein.

Es sind jedoch Spiegelungen durch interne LED-Beleuchtung möglich. Bei geschlossenen Systemen sind die opaken Sichtkuppeln für eine minimale Verzerrung des Bildes durch die Kugel-

krümmung verantwortlich. Die Kuppel ist ohne Schutzkorb extrem empfindlich gegen Verkratzungen und/oder Bruch bei Kontakt. Zudem sind parallele Laser nur schwer zu justieren. Sie können, bedingt durch unterschiedliche Brechungswinkel, nur für Luft-einsatz oder Wassereinsatz im Werk eingestellt werden.

Inspektionsmöglichkeiten von horizontalen Wasserfassungssystemen

Der Großteil der betriebenen Brunnen sind vertikal. Die bisher beschriebenen Technologien beziehen sich hauptsächlich auf den Kamerakopf. Dieser muss einfach hängend mit einem Kabelsystem in den Brunnen eingefahren werden. Bei horizontalen Wasserfassungssystemen wie Horizontalfilterbrunnen, Quellfassungen, Horizontaldrainageleitungen und Rohrleitungen

Tabelle 1 – Zurzeit in Europa am Markt verfügbaren Inspektionssysteme für vertikale Brunnen

Hersteller	System	Art	Optik	Einsatzbereich [mm]	Einsatztiefe [m]
IPEK	Rovion RCX110	Schwenker	Zoom Fokus	100 - 1.500	500
KW electrosystems	PT90	Schwenker	Zoom Fokus	100 - 1.000	500
GEOVISTA	GVCAM II	Axial-Radial	Fokus	80 - 1.000	2.000
GEOVISTA	GVCAM SD II	Axial-Radial	Fokus	60 - 1.000	850
GEOVISTA	Axial Viwing Cam	Axial	Axial	50 - 100	2.000
GEOVISTA	HiTemp Camera	Axial	Axial	80 - 1.000	2.000 / 100°C
EHLE HD	BT40	Schwenker	Fokus	40 - 600	200
EHLE HD	BT40SV	Schwenker	Zoom Fokus	50 - 600	500
Gullyver	BSK50	Schwenker	Fokus	40 - 600	500
Gullyver	BK50	Axial	Axial	50 - 100	500
Gullyver	BK35	Axial	Axial	50 - 100	150
Gullyver	BK100LWL	Axial-Radial	Zoom Fokus	100 - 1.000	800
Rico	K110	Axial-Radial	Zoom Fokus	200 - 10.000	800
Rico	Digiwell	Axial-Radial	Zoom Fokus	200 - 10.000	1.000
JT-Elektronik		Axial-Radial	Zoom Fokus	200 - 10.000	800
Nicom	VT36PT	Schwenker	Fokus	40 - 300	500
Optimess	BRK40	Axial	Fixfokus	50 - 100	400
Optimess	BKR100	Axial-Radial	Fokus	100 - 500	400
TVSYS Braumann	SBK-100P	Axial-Radial	Fixfokus	100 - 1.000	250
TV HAAS	F08	Axial	Fokus	100 - 1.000	500 - 1.000
TV HAAS	F09 Duplex	Axial-Radial	Fokus	100 - 1.000	500 - 1.000
TV HAAS	F10	Axial-Radial	Fokus	80 - 1.000	500 - 1.000
Laval Undergrund Surveys	R-Cam SC-166	Axial	Fixfokus	50 - 250	300
Laval Undergrund Surveys	R-Cam DS5150	Axial-Radial	Fixfokus	80 - 1.000	1.500
Laval Undergrund Surveys	R-Cam Portable	Axial-Radial	Fixfokus	60 - 300	300
Airies	EXPLORER	Axial-Radial	Fixfokus	50 - 300	360
Airies	BT970	Axial-Radial	Zoom	100 - 100	1.500/75°C
minCam	minCam360	Schwenker	Fokus	60 - 300	100
ECA HYTEC	DTR74mpx	Schwenker	Fokus	100 - 600	2.000
ECA HYTEC	VS3350FARR	Axial-Radial	Fixfokus	50 - 200	2.000
ECA HYTEC	VS2307F	Axial-Radial	Fixfokus	100 - 1.000	2.000
ECA HYTEC	VS2662F	Axial	Fixfokus	50 - 200	2.000
ECA HYTEC	DTR65mpx	Schwenker	Fokus	100 - 600	1.500
ECA HYTEC	DTR100Z	Schwenker	Zoom Fokus	200 - 600	500
ECA HYTEC	DTR65FHRC	Schwenker	Fokus	70 - 600	500
ECA HYTEC	DTR65FHRCXPE12	Schwenker	Fokus	70 - 600	500 / EX-Schutz
ECA HYTEC	VS2669FHRT10	Axial	Fixfokus	50 - 200	500
ECA HYTEC	VS326F	Axial B&W	Fixfokus	35 - 100	500
INUKTUN	SP90	Schwenker	Fokus	100 - 750	300
INUKTUN	SP90	Schwenker	Fokus	250 - 1.000	300
INUKTUN	SP120HD	Schwenker	Zoom Fokus	150 - 1.000	300
RCU	LX	Axial	Fixfokus	60 - 400	500
RCU	R Dual	Axial-Radial	Fixfokus	70 - 400	300

muss die Kamera entweder mit einem Schiebesystem in das horizontale Rohr eingeschoben oder mit einem Fahrwegensystem in das Rohr eingefahren werden.

Kameras für Horizontalfilterbrunnen

Kleine Kameraköpfe können von einem Taucher mit einem Schiebepfosten in den horizontalen Brunnen eingeschoben werden. Dies ist aber sehr mühsam. Einfacher ist die Befahrung mit einem ferngesteuerten Fahrwagen mit einem montierten Kamerakopf (Abb. 13). Für Horizontalfilterbrunnen sind jedoch nur wenige fahrbare Kamerasysteme am Markt erhältlich.

Da die Fahrwagen und Kameraköpfe druckdicht bis mindestens 5 oder besser 10 bar sein müssen und der Markt für Horizontalbrunnenkameras noch kleiner ist als für Bohrloch-Brunnenkameras, ist dieser Kamertyp für die Hersteller von Inspektionssystemen erst recht nicht interessant. Einige Servicefirmen haben sich mit Eigenkonstruktionen beholfen. Alternativ können auch Tauchroboter, die sogenannten ROVs, bei der Inspek-

tion von großen Vertikal- und Horizontalbrunnen, Trinkwasserleitungen und Dückern zum Einsatz kommen. Die heute schon sehr kleinen Inspektionssysteme können ferngesteuert in das Inspektionsobjekt eingefahren werden. Durch ihre große Wendigkeit gelangen sie überall hin. Allerdings werden die Propellerantriebe gegebenenfalls Material aufwirbeln und die Sicht beeinträchtigen.

Fahrwagenkameras für horizontale Drainagesysteme

Für die Zustandserfassung von horizontalen Drainagesystemen kann die ganze Bandbreite der am Markt erhältlichen Kanalinspektionssysteme genutzt werden. Diese sind in der Regel mindestens 1 bar druckdicht.

Software für die Brunneninspektion

Zur Speicherung der Inspektionsbilder und deren Weiterverarbeitung gibt es verschiedene Möglichkeiten. Mithilfe von Encoderkarten oder externen USB-Videokarten werden digitale Video-

clips erstellt, welche automatisch der jeweiligen Feststellung oder einem Kommentar zugeordnet werden. Aufnahmen gemäß MPEG-Standard garantieren den bestmöglichen Kompromiss zwischen Bild-Qualität und Dateigröße. Hierbei lassen sich drei verschiedene Qualitätsstufen unterscheiden:

- MPEG1: gute Qualität, tiefe Bitrate (kleine Videodateien)
- MPEG2: sehr gute Qualität, aber sehr hohe Bitrate (große Videodateien)
- MPEG4: sehr gute Qualität mit variabler Bitrate (mittelgroße Videodateien)

Software-Encoding erlaubt die softwaregesteuerte Digitalisierung des Videosignals mithilfe des Computerprozessors. Die Verbindung zwischen Kamera und PC erfolgt über Framegrabber, welche das analoge in ein digitales Kamerasignal umwandeln und dieses anschließend dem Betriebssystem zuführen. Diese Art der Kompression wird „Software-Encoding“ genannt, da die Videodaten mithilfe des Computerprozessors softwaregesteuert in eine Datei verpackt werden und kein spezieller Kompressions-Chip auf einer Encoderkarte mehr benötigt wird. Software-Encoding ist eine preisgünstige Alternative zum MPEG-Encoding. Eine Vielzahl auf dem Markt befindlicher Geräte ist in der Lage, analoge Signale aufzunehmen und an einen PC weiterzuleiten. Die Installation erfolgt über einen vom jeweiligen Hersteller gelieferten Treiber.

Tabelle 2 – Auflistung von Kameras, die nicht mehr hergestellt werden

Hersteller	System	Art	Einsatzbereich [mm]	Einsatztiefe [m]
IBAK	Radiax 11 B	Schwenker	150 – 1.000	500 – 1.000
IBAK	FONTANUS	Axial-Radial Zoom	150 – 1.000	500 – 1.000
IBAK	AQUARUS	Schwenker	100 – 1.000	500 – 1.000
HYTEC	DTR65 GISYS	Schwenker	75 – 600	300

Tabelle 3 – Übersicht der Kamerasysteme mit druckdichtem Fahrwagen für Horizontalbrunnen

Hersteller	System	Art	Optik	Einsatzbereich [mm]	Tiefe / Länge [m]
IPEK	Supervision	Schwenker	Zoom Fokus	100 – 1.000	100 / 500
INUKTUN	Versatrax	Schwenker	Zoom Fokus	100 – 1.000	0000 / 2.130
Deep Trekker	Crawler	Schwenker	Zoom Fokus	100 – 1.000	50 / 200

Tabelle 4 – Übersicht von ROV-Kamerasystemen für Horizontalbrunnen und Dücker

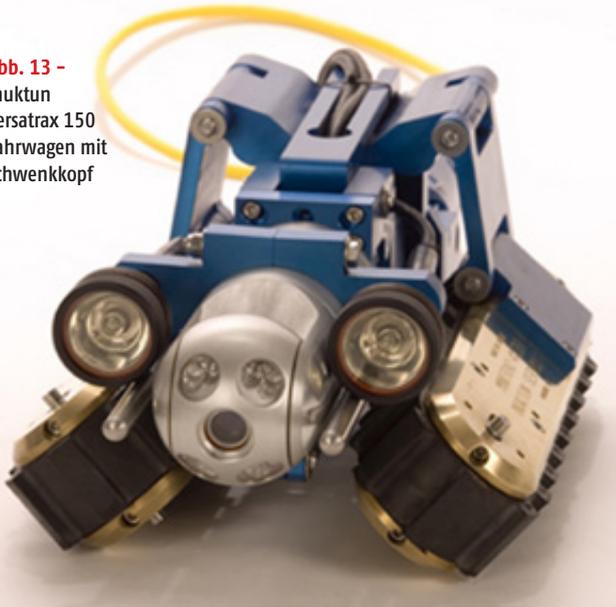
Hersteller	System	Art	Optik	Tiefe / Länge [m]
ECA HYTEC	H300	Schwenker	Zoom Fokus	300
Gnom	Baby	Schwenker	Fokus	100
Deep Trekker	DTG2	Schwenker	Fokus	150

Tabelle 5 – Softwaresysteme für Brunneninspektion mit digitaler Videospeicherung und Berichtserstellung

Hersteller	System	Umfang	Videokompression	Sprache
Braumann	PipeVisit-SBK	Bericht, Grafik	MPEG 4	D
CD LAP AG	WinCan VX	Bericht, Grafik	MPEG 1,2,4 DFIX	D
HYTEC	Forasoft	Bericht, Grafik	MPEG 4	FR, ENG, SP, D
GULLYVER	GVC Vision Report	Bericht, Grafik	MPEG	D
IBAK	IKAS	Bericht, Grafik	MPEG 1,2,4 DFIX	D
Spering	easyWELL	Bericht, Grafik	MPEG 1,2,4 DFIX	D

Abb. 13 -
Inuktun
Versatrax 150
Fahrwagen mit
Schwenkkopf

INDUKTION



Ideal ist die Verwendung eines EDV-Programms zur Inspektion und Verwaltung der Wasserinfrastruktur. Diese sollte Funktionen für die Erfassung und Verwaltung von Inspektionsdaten wie Stammdaten, Inspektionsfilm und Einzelbilder (Bildschirmfotos) sowie Befahrungskommentare, die Speicherung der Daten in einer Datenbank sowie den Ausdruck dieser Daten als Inspektionsprotokoll mit einer grafischen Darstellung des Brunnenausbaus enthalten. Die Daten können mit dem integrierten Datensichtprogramm an den Auftraggeber weitergegeben werden. Zusätzlich sollte die nachträgliche Bearbeitung der Inspektionsdaten im Büro möglich sein.

Hersteller von Inspektionstechnik und Reportsoftware

In Tabelle 1 sind die zurzeit in Europa am Markt verfügbaren Inspektionssysteme für vertikale Brunnen aufgeführt. Leider haben sich einige Kamerahersteller aus dem Brunnenbereich zurückgezogen. In Tabelle 2 sollen deren Systeme jedoch noch Erwähnung finden, da sie bei den Inspektionsfirmen nach wie vor und weit verbreitet zum Einsatz kommen. Tabelle 3 bietet eine Übersicht der Kamerasysteme mit druckdichtem Fahrwagen für Horizontalbrunnen, Tabelle 4 ergänzt die ROV-Kamerasysteme für Horizontalbrunnen und Dücker. Zuletzt sind in Tabelle 5 mögliche Softwaresysteme für Brunneninspektion mit digitaler Videospeicherung und Berichtserstellung aufgeführt.

Dieser Bericht sowie die tabellarische Auflistung der Inspektionssysteme hat nicht den Anspruch auf Vollständigkeit. Die technische Entwicklung in der letzten Zeit sowie das verstärkte Auftreten von chinesischen Herstellern im Inspektionsbereich mit einer wachsenden, zum Teil geklonten Angebotsvielfalt mit noch unbekanntem Qualitäten machen eine Recherche nicht leicht. Nach Besuch verschiedener Fachmessen und einem ständigen Suchen im Internet ist es jedoch hoffentlich gelungen, eine gute Übersicht aufzulisten. Allerdings ist nicht alles, was als angebliche Brunnenkamera angeboten wird, aufgelistet. Nicht alle aufgelisteten Hersteller haben eine Vertretung in Deutschland, meistens jedoch in der EU. Für den Reparatur- und Wartungsservice sollte die Servicewerkstatt jedoch nicht zu weit weg sein. Einige Händler bieten eigene Lösungen für den Brunnenbereich an – hier wird sehr kreativ Technik verschiedener Hersteller kombiniert, wodurch quasi eigene Systeme entstehen. Mit diesen Kreationen sind sie den etablierten Herstellern manchmal überlegen.

Natürlich ist es heute kein Problem mehr, im Internet eine Kamera schnell und eventuell auch günstig zu kaufen. Wenn aber der Garantiefall eintritt oder eine Reparatur ansteht, dann kann aus der günstig erworbenen Kamera eine teure werden, z. B. wenn durch lange Ausfallzeiten von einer bis zu vier Wochen Aufträge verloren gehen und gegebenenfalls auch der Kunde nicht mehr wiederkommt. Der Wert des Händlers des Vertrauens mit einem Ersatzteillager in der Nähe sollte daher nicht unterschätzt werden, vor allem wenn dieser vielleicht mit einem Ersatzgerät, durchaus auch zur Miete, aushelfen kann.

Weiterführende Informationen zum Thema Brunneninspektion sind auch in den Fachbeiträgen „Kamerainspektion im Brunnenbau“ von Thomas Trätzl in der bbr-Ausgabe 3/2007 sowie „Vollständige und maßstäbliche Erfassung des Innenraums von Pegeln, Brunnen und Bohrungen mittels optischem Scanner“ von Achim Rübel und Klaus Brauch in der bbr-Ausgabe 5/2009 zu finden.

Autor

Martin Knobbe
BPK Brunnen- und Pumpen Service/EXXplore
Schalker Str. 44
45327 Essen
Tel.: 0201 8301132
post@brunnen-dienst.de
www.brunnen-dienst.de
www.exxplore.de



BÜRO ODER BAUSTELLE

MIT DER **STÜWApedia**-APP SIND SIE IMMER RICHTIG INFORMIERT!

FREE APP

Branchennews und Termine

Umfangreiche Berechnungstools

Nachschlagewerk **STÜWApedia**

Praktische Informationen für die Bereiche Brunnenbau, Geothermie, Pumpentechnik, Geotechnik, Spülungs- und Verfülltechnik

Infos und Download:

STÜWA Konrad Stükerjürgen GmbH | Tel.: 05244 4070 | www.stuewa.de