

# Ermittlung der Hochdruckspülfestigkeit

Die turnusmäßige Reinigung von Abwasserkanälen und Leitungen mittels Hochdruckspülung ist heute die am weitesten verbreitete Technik für die Erhaltung eines „sauberen Kanals“ bzw. einer „sauberen Leitung“. Hierbei werden Verunreinigungen oder Ablagerungen im Kanal mit Hochdruckwasserstrahlen gelöst und abtransportiert. Aus diesem Reinigungsverfahren resultieren Belastungen der Rohrsysteme, vorrangig durch den Aufprall der Hochdruckwasserstrahlen auf die innere Rohroberfläche und durch mechanische Einwirkungen, hervorgerufen durch das Gleiten der Düse und des Hochdruckschlauches auf der Rohrsohle.

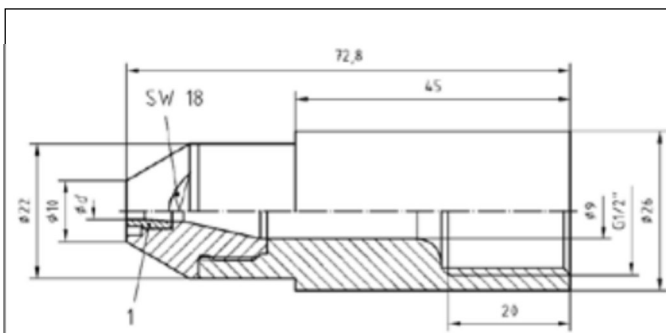
Die angeführten Belastungen erfordern eine entsprechende Widerstandsfähigkeit der eingesetzten Rohre und Formstücke gegenüber diesem Reinigungsverfahren, damit durch die Reinigung keine Beschädigungen hervorgerufen werden. Die Anforderungen sind unter anderem in der Norm DIN 19523 „Anforderungen und Prüfverfahren zur Ermittlung der Hochdruckstrahlbeständigkeit und -spülfestigkeit von Rohrleitungsteilen für Abwasserleitungen und -kanäle“ festgelegt. Veröffentlicht wurde diese Norm im August 2008. Nachfolgend werden die Entwicklungen der angewandten Prüfverfahren zur Ermittlung der Hochdruckspülfestigkeit und die dazugehörige Norm dargestellt. Zusätzlich werden weitere Normen und Regelwerke aufgeführt, die sowohl eine Alternative zu zurückgezogenen Normen hinsichtlich der Prüfverfahren bieten, bisweilen gar die Anforderungen an die Hochdruckspülfestigkeit verstärken.

Die Hamburger Stadtentwässerung als Betreiber eines der größten deutschen Kanalnetze sammelte in den 80er Jahren Erfahrungen mit Schäden durch Hochdruckreinigung an neu eingesetzten Materialien bei Neubau und Sanierung ihrer Versorgungsnetze. In Ermangelung eines genormten Prüfverfahrens wurde ein eigenes Anforderungsprofil erstellt, das zukünftig alle zum Einsatz kommenden Materialien zu erfüllen hatte. Bekannt wurde dieser Spülversuch unter dem Begriff „Hamburger Modell“. Dieses Anforderungsprofil hat sich seit dem Beginn aus den gewonnenen Erfahrun-

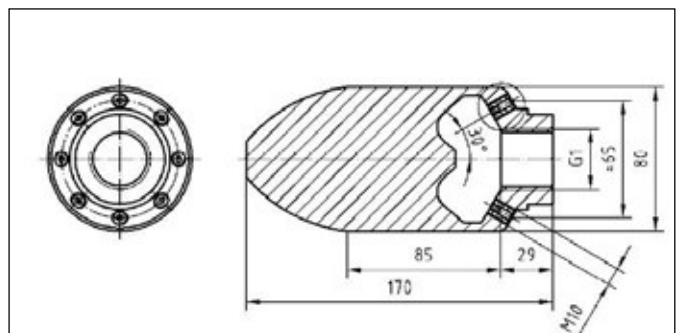
gen heraus stetig gewandelt. Aus diesem Grunde ist es möglich, dass sich unterschiedliche Anforderungsprofile im Umlauf befinden. Geprüft wird in diesem Verfahren an einer oberirdisch montierten 20 m langen Prüfstrecke mit Abzweigen. Die Durchführung der Prüfung erfolgt mit einem Spülwagen und einer handelsüblichen Düse, wobei der Wasserdruck an der Düse 120 bar beträgt. Zunächst wird die regelmäßige Kanalreinigung mit einer vorgegebenen Anzahl an Prüfdurchläufen nachgestellt, wobei vor jedem Reinigungsdurchlauf Geschiebe in die Prüfstrecke eingebracht wird. Anschließend wird mit einer Schrittspülung der Stillstand der Düse bei der Kanalreinigung simuliert. Hierbei wird an drei Stellen eine stationäre Belastung von jeweils 3 min bei Stillstand der Düse aufgebracht.

Der erste veröffentlichte Entwurf einer deutschen Norm bezüglich der Prüfung der Widerstandsfähigkeit von Rohrmaterialien gegenüber Hochdruckwasserstrahlen erschien als Vornorm DIN V 19517 im Jahr 2001. Diese Vornorm, die im Jahr 2003 wieder zurückgezogen wurde, entsprach dem damaligen Arbeitsstand der europäischen Normungsarbeit. Im Wesentlichen wurde dieser Entwurf geprägt aus den Erkenntnissen des Water Research Center, England. Die Grundlagen für die Arbeit ist die Veröffentlichung des „Sewer Jetting – Code of Practice“ aus dem Jahr 1997. Es wurde zwischen der dynamischen Belastung mittels beweglicher Düse (Moving-Test) und der stationären Prüfung (Stationary-Test) bei Stillstand der Düse unterschieden. Grundsätzlich wurden beide Prüfungen auf einem Prüfstand mit einer Einstrahldüse durchgeführt, um die Reproduzierbarkeit der Prüfungen zu erhöhen.

Bei dem Moving-Test sollte die Belastung des Prüfstückes einschließlich Rohrverbindung und Abzweig durch den Hochdruckwasserstrahl bei der üblichen Praxis der Kanalreinigung unter möglichst reproduzierbaren Bedingungen nachgestellt werden. Mit der Durchführung von 50 Prüfzyklen und einem Wasserdruck an der Düse von 120 bar sollte die Belastung von einem Nutzungszeitraum von 50 Jahren simuliert werden, ausgehend von einer einmal im Jahr stattfindenden Kanalreinigung.



Spülkopf nach DIN 19523 / CEN/TR 14920 (Werkstoffprüfung) mit Keramikeinsatz



Düsenkörper nach DIN 19523 Verfahren 2 (Praxisprüfung)



Werkstoffprüfung nach DIN 19523 / Verfahren 1

Bei der stationären Prüfung bezogen sich die Anforderungen der DIN V 19 517 auf die Praxis bei der Beseitigung von Verstopfungen, wo in der Regel mit hohem Druck und geringeren Durchfluss gearbeitet wird. In diesem Prüfverfahren wurden die maximalen Drücke (120 bar bis 340 bar) ermittelt, die bei der Beseitigung von Verstopfungen (Deblocking) keine Beschädigung der Rohroberfläche verursachen. Hintergrund dieser Prüfung ist die in England gebräuchliche „Feuerwehrstrategie“, bei der Abwasserkanäle nur bei Verstopfungen gereinigt werden.

Nach dem Erscheinen der deutschen Vornorm wurde vom europäischen Normungskomitee (CEN) die Arbeit an einer europäischen Norm aufgenommen, die nationale Normungsarbeit wurde dadurch eingestellt. Die Ergebnisse der europäischen Normungsarbeit sind im CEN/TR 14920:2004 zusammengefasst. Als wesentliche Neuerung gegenüber der DIN V 19517 ist zum einen der Verzicht auf den Stationary-Test zu nennen, da dieses Prüfverfahren sich zu sehr auf die nationalen Begebenheiten in England bezieht. Die Bedenken bei der Angabe der zulässigen Spüldrücke bezogen sich auf die zu erwartenden Irritationen und einer damit verbundenen Wettbewerbsbeeinträchtigung. Weiterhin wurde der Movingtest überarbeitet. Im Wesentlichen lag die Veränderung in der Überarbeitung der Düsengeometrie, da dieses Bauteil entscheidend für die resultierende Materialbelastung ist und reproduzierbare Bedingungen angestrebt wurden.

Als weitere wichtige Einführung ist die des CD-Wertes zur Beschreibung der Düse und im Besonderen die Einführung der Spülstrahlleistungsdichte zu nennen. Dieser Kennwert ermöglicht eine Berechnung und Beschreibung der erfolgten Belastung an der Materialoberfläche, resultierend aus dem Spülstrahl. Die Berechnung erfolgt nach der Formel

$$D_j = 44,72 \times cd^3 \times \sqrt{p^3} \times \sin \alpha$$



Düse nach DIN 19523 / Verfahren 2 (Praxisprüfung)

wobei  $P$  der Druck,  $\alpha$  der Winkel zwischen Spülstrahl und Prüfstück und  $cd$  der Beiwert der Düse ist. Dieser Beiwert wird berechnet nach der Formel

$$cd = 0,2875 \times \frac{Q}{d^2 \times \sqrt{H}}$$

unter Berücksichtigung des Durchflusses  $Q$  durch den Düsen Einsatz mit der Austrittsfläche  $d^2$  und die hierzu notwendige Höhe der Wassersäule  $H$ .

Bei der Betrachtung der beiden Formeln wird festgestellt, dass der Druck bei der Berechnung der Spülstrahlleistungsdichte keine Rolle spielt. Die Spülstrahlleistungsdichte ist nur abhängig von dem Durchfluss im Bezug auf die Aufprallfläche des Spülstrahls auf die Oberfläche des Prüfstückes unter Berücksichtigung des Auftreffwinkels auf das Prüfmuster.

Letztendlich führte die Arbeit zu keiner europäischen Norm. Abschließend zu den Aktivitäten der europäischen Workgroup wurden im Jahr 2004 die Ergebnisse in einem „Technical Report“ zusammengefasst und veröffentlicht. Damit wurde die Normungsarbeit auf europäischer Ebene wieder eingestellt.

Im Anschluss an die Veröffentlichung des „Technical Report“ wurde die nationale Normungsarbeit wieder aufgenommen. Das Ergebnis dieser Arbeit ist in der Norm DIN 19523 zusammengefasst. Es flossen die Erfahrungen aus den materialbezogenen Prüfungen des „Technical Report“ und die Erfahrungen aus der in Deutschland bewährten und praxisbezogenen Prüfung nach dem „Hamburger Modell“ ein.

Im Wesentlichen ist hier noch anzumerken: **Als alleiniger belastungsbestimmender Prüfparameter wird nicht mehr der Druck vorgegeben, sondern die Spülstrahlleistungsdichte!** Der Hintergrund ist schnell erläutert: Der Druck ist eine erheblich verlustbehaftete Kenngröße. Es treten örtliche Verluste zwischen Druckmessung und Düsen Einsatz auf. Differenzen in der Fertigung (auch innerhalb



Schlauchhaspel im Einsatz bei Verfahren 2 (Praxisprüfung)

der Toleranz) führen bereits zu unterschiedlichen Verläufen der Drucklinie. Somit ist die Reproduzierbarkeit der Versuche nicht gewährleistet! Da Wasser praktisch nicht komprimierbar ist, kann der Durchfluss im ganzen System als konstant angesetzt werden. Weitere Toleranzen sind in den Durchmessern der Düseneinsätze vorhanden. Durch die Vorgabe der Spülstrahlleistungsdichte werden diese Toleranzen kompensiert. Für den tatsächlich vorhandenen Düsendurchmesser wird für die vorgegebene Spülstrahlleistungsdichte unter Berücksichtigung des Strahlwinkels der zugehörige Durchfluss errechnet, der während der gesamten Prüfung einzuhalten ist. Somit wird sichergestellt, dass reproduzierbare Ergebnisse erreicht werden.

Grundsätzlich werden die zu prüfenden Bauteile mit zwei Verfahren geprüft. Die Belastung der Oberfläche des Probekörpers durch den Spülstrahl wird mit dem Verfahren 1 (Werkstoffprüfung) erzeugt. Hydraulische und mechanische Belastungen, die bei einer Hochdruckspülung auftreten, werden durch das Verfahren 2 (Praxisprüfung) dargestellt.

Das Verfahren 1 (Werkstoffprüfung) resultiert aus den Erfahrungen der nationalen und europäischen Normungsarbeit. Ziel ist es, einen Probekörper unter möglichst reproduzierbaren Bedingungen mit einem Hochdruckwasserstrahl zu belasten, der unter einem bestimmten Winkel und aus einem festgelegten Abstand auf die Oberfläche des Bauteils trifft. Dieser Wasserstrahl wird parallel zu der Bauteiloberfläche bewegt. Geprüft wird nur die Bauteiloberfläche, nicht an Schnittkanten oder Abzweigen, dies wird auf drei Prüfstecken, die einem 10 cm Abstand zueinander wiederholt. Auf diesen Prüfstecken werden jeweils 3 Prüfzyklen mit einer Geschwindigkeit von 0,2 m/min durchgeführt. Dabei beträgt die Spülstrahlleistungsdichte

450 W/mm<sup>2</sup>. Zur Orientierung: Bei dem Technical Report des CEN beträgt die berechnete Spülstrahlleistungsdichte 480 W/mm<sup>2</sup> unter Berücksichtigung der dort angegebenen Standardparameter Durchfluss mit 46 l/min und Durchmesser des Düseneinsatzes von 2,8 mm bei einem Strahlwinkel von 30°. Der Prüfaufbau und der Spülkopf sind in der Norm definiert.

Die Entwicklung des Verfahrens 2 (Praxisprüfung) wurde geprägt aus den Erfahrungen des Hamburger Spülversuches. Hier werden die Belastungen bei der Hochdruckreinigung simuliert, die durch die Hochdruckwasserstrahlen

in Kombination mit den mechanischen Belastungen durch Spülkopf und Schlauch verursacht werden. Die Prüfung erfolgt an einer geraden, mindestens 15 m langen Versuchsstrecke, die 3 Rohrverbindungen und 4 nachträglich montierte Anschlüsse aufweist. Geprüft wird mit einer handelsüblichen Rundumstrahldüse mit 8 keramischen Düseneinsätzen mit 2,6 mm Öffnungsweite und einem Strahlwinkel von 30°. Die genaue Konfiguration ist ebenso wie der Prüfaufbau in der Norm festgeschrieben. Es werden 60 Spülzyklen mit einer Vorschubgeschwindigkeit von 1 m/s und einer Rückzuggeschwindigkeit von 0,1 m/s und einer Spülstrahlleistungsdichte von 330 W/mm<sup>2</sup> durchgeführt. Auch hier zur Orientierung: Spülversuche nach dem „Hamburger Model“ mit 120 bar an der Düse und Düseneinsätzen mit 2,4 mm Durchmesser führen mit den von uns gemessenen Durchfluss zu einer Spülstrahlleistungsdichte von ca. 380 W/mm<sup>2</sup>. Dieser Wert unterliegt aber aufgrund der zuvor beschriebenen Problematik des Belastungsparameters Druck starken Schwankungen. Auf eine Zugabe von Spülgut wird aufgrund der in der Vergangenheit gesammelten Erfahrungen verzichtet.

Nachfolgende europäische Normen wie die DIN EN 295-3 „Steinzeugrohrsysteme für Abwasserleitungen und -kanäle – Teil 3: Prüfverfahren“ bedienen sich wiederum dem „Technical Report“ CEN/TR 14920:2004 „Jetting resistance of drain and sewer pipes - Moving jet test method“ In diesem wird ein Hochdruckwasserstrahl mit einem Winkel von 30° aus einem festgelegten Abstand ( $h = 10 \text{ mm}$ ) auf ein Prüfmuster gerichtet. Das Prüfmuster hat eine Länge von 1,8 m und ist mit einer Rohrverbindung und einem Anschluss zu versehen. Der Hochdruckwasserstrahl wird 50 mal über die innere Oberfläche des Prüfmusters mit einer Prüfungsgeschwindigkeit  $v = 1,0 \text{ m/min}$  vor und zurück bewegt, um die Belastung der Reinigungsvorgänge innerhalb

der erwarteten Lebensdauer von 50 Jahren zu simulieren. Als Belastungsparameter fordert die DIN EN 295-3 einen Prüfdruck von 120 bar. Darüber hinaus regelt die DIN EN 295-3 die Vorgaben zu einer Prüfung mit feststehender Düse. Bei dieser Prüfung wird ein Hochdruckwasserstrahl mit einem Winkel von 30° und aus einem festgelegten Abstand  $h = 5$  mm auf ein Prüfmuster gerichtet (Rohr mit einer Länge von min. 1 m). Die Durchführung der Prüfung erfolgt bei feststehender Düse an 10 Positionen mit einem Abstand von 5 mm in Rohrachse gleichmäßig verteilt über den Rohrquerschnitt. Geprüft wird auf jeder Position die Einwirkung des Hochdruckwasserstrahles über eine Zeit von 3 min mit einem Druck von 280 bar an der Düse.

### Prüfeinrichtungen im iro

Das Institut für Rohrleitungsbau begleitet seit der Erarbeitung der DIN V 19 517 kontinuierlich die Normungsarbeit. Es wurde für die Prüfungen nach DIN V 19 517 eine Prüfeinrichtung entwickelt, mit der ebenfalls die Prüfung nach CEN/TR 14920:2004 sowie auch die Prüfung des Verfahrens 1 (Werkstoffprüfung) nach der Norm DIN 19523 durchgeführt werden. Die Ausstattung des Prüfstandes erfüllt sämtliche Anforderungen, die für reproduzierbare Ergebnisse bei der Durchführung der Prüfung erforderlich sind. Insgesamt kann auf eine Vielzahl von Prüfungsdurchführungen zurückgeblickt werden. Die dabei gewonnenen reichhaltigen Erfahrungen sind in die Normarbeit mit eingeflossen.

Auch die Durchführung der Prüfung nach dem Verfahren 2 (Praxisprüfung) oder dem „Hamburger Modell“ kann völlig autark durchgeführt werden. Hierzu kommt neben einer fest installierten Hochdruckpumpe eine mobile Schlauchhaspel zum Einsatz.

Neben dem Bestand aller bisher geforderten Düsen für die zuvor genannten Prüfungen verfügt das iro über eine erweiterte Auswahl an Düseneinsätzen. Dies ermöglicht die Durchführung von orientierenden Versuchen, um die Grenzbelastungen einzelner Materialien und die damit verbundenen Sicherheiten aufzuzeigen. Dies wurde bereits von einigen Herstellern bei der Entwicklung neuer Materialien genutzt.

Zusätzlich sei hier auch die Prüfung nach dem DBS 918064 „Technische Lieferbedingungen Kunststoffrohre und Kunststoffschächte für die Entwässerung von Bahnanlagen“ erwähnt, der sowohl eine Prüfung der schadensfreien Spülbarkeit an einem vollständigen Rohrsystem (Verbindungen, Abzweig und der Rohrleitung) als auch - seit dem Jahre 2013 - an einem Schachtunterteil vorsieht. Da es sich um eine „Werkstoffprüfung“ handelt wird diese ebenso in der entwickelten Prüfeinrichtung durchgeführt wie das Verfahren 1 der DIN 19523. Die Anforderungen liegen mit einer zu widerstehenden Spülstrahlleistungsdichte von  $1.100 \text{ W/mm}^2$ , einer Prüfungsgeschwindigkeit von  $1,0 \text{ m/min}$ . und einer erhöhten Anzahl von 100 Prüfzyklen um ein Vielfaches höher als die

Anforderungen der DIN 19523. Auch diese Prüfung kann im Institut für Rohrleitungsbau durchgeführt werden.

Die Prüfung von Rohrmaterialien gegenüber den Belastungen von Hochdruckwasserstrahlen kann somit bereits auf eine bewegte Vergangenheit zurückblicken. Das Institut für Rohrleitungsbau hat diese Entwicklung begleitet, verfügt über die entsprechenden Prüfeinrichtungen und steht Ihnen gerne für eine Beratung hinsichtlich der Prüfung zur Verfügung.

Weitere Infos unter Tel.: 0441 / 36 10 39 0 oder Email: [info@iro-online.de](mailto:info@iro-online.de).

#### Autor:

**Dipl.-Ing. (FH) Bernd Niedringhaus**  
iro GmbH Oldenburg  
Ofener Straße 18  
26121 Oldenburg

Tel.: 0441/3610 39 16  
E-Mail: [Niedringhaus@iro-online.de](mailto:Niedringhaus@iro-online.de)  
Internet: [www.iro-online.de](http://www.iro-online.de)



#### Autor:

**Sebastian Rolwers, B.Eng.**  
iro GmbH Oldenburg  
Ofener Straße 18  
26121 Oldenburg

Tel.: 0441/3610 39 31  
E-Mail: [Rolwers@iro-online.de](mailto:Rolwers@iro-online.de)  
Internet: [www.iro-online.de](http://www.iro-online.de)

