

# Rohrwerkstoffauswahl – ein Vergleich

## Dichtheit von Abwasserkanälen



## Abwasserkanäle aus

# Beton und Stahlbeton – halten dicht

Neben der Standsicherheit und Dauerhaftigkeit ist die Dichtheit einer der wichtigsten Voraussetzungen für die dauerhafte Funktion eines Kanals. Dies war auch der Anlass, dass die FBS mit der Einführung ihrer FBS-Qualitätsrichtlinien richtungsweisende Anforderungen sowohl an die Dichtungen an sich als auch an die Dichtheit der Rohrverbindungen festgelegt hat. Damit konnten die bekannten Nachteile der bis dahin eingesetzten älteren Dichtungsarten eliminiert werden.

### Zusammenfassung

Mit dem systematischen Herstellen von Abwasserkanälen und -leitungen in Deutschland etwa seit Mitte des 19. Jahrhunderts war man bemüht, die bestmöglichen Werkstoffe und Verfahren, die es zur jeweiligen Zeit gab, zu verwenden. So wurde als Rohrwerkstoff neben Steinzeug praktisch nur noch Beton und später Stahlbeton eingesetzt. Im Bestand der öffentlichen Kanalisation in Deutschland entspricht dies heute einem Anteil von ca. 45%.

Zu jeder Zeit konnte man nur so gut bauen, wie es der Stand der Technik erlaubte. Einige heute verwendete Bauverfahren gab es gar nicht. Die in der FBS organisierten Hersteller haben die Betontechnologischen Entwicklungen mit voran getrieben und die Anforderungen an Dichtheit, Produktion, Dauerhaftigkeit, Prüfung und Qualitätssicherheit in der FBS-Qualitätsrichtlinie kontinuierlich fortgeschrieben. Diese wurde erstmals in 1989 veröffentlicht und der größte Teil wurde in die Norm DIN V 1201 mit eingebracht.

Die Rohrverbindungen bestanden früher aus geteerten Jute- oder Hanf-

stricken, Löcher für Hausanschlüsse wurden nachträglich in die Rohre „geschlagen“. Hinsichtlich der Dichtheit der Rohre kann man davon ausgehen, dass aufgrund der sich damals noch in den Anfängen befindenden Bontechologie und der weitestgehend händischen bzw. teil mechanisierten Verdichtungsweise keine großen Anforderungen an die Bauausführung zu erwarten waren.

Aus den alten Verbindungen resultieren die häufigsten Schäden an der existierenden Kanalisation. Nach dem heutigen Stand der Technik ist ein Kanalsystem aus Beton- oder Stahlbetonrohren mit integrierter Dichtung und einem Schacht eine hervorragende Wahl für fast alle Fälle, ob auf der Autobahn, im Innenstadtbereich oder auf der grünen Wiese.

### Einleitung

Die heutige Ordnung des Wasserhaushaltes wird bundesweit über das Wasserhaushaltsgesetz und zusätzlich in den Bundesländern über die Landeswassergesetze geregelt. Die dort verankerten Grundsätze spiegeln sich in

den technischen Regelwerken wie z. B. DIN EN 1610, DWA-DWWK-A 139 sowie DIN EN 752 wider. Demnach müssen Kanalisationen dauerhaft dicht sein, d. h. Grundwassereintritt und Abwasseraustritt sind soweit möglich zu vermeiden. Folglich müssen Kanalisationen sowohl – einem Außendruck (z. B. durch Grundwasser) als auch einen Innendruck, d. h. gegenüber Abwasser und Abwasserinhaltsstoffen (z. B. Bestandteile häuslicher und gewerblicher Abwässer) bei einem Druck von mindestens 0,5 bar standhalten. Die Anforderungen hinsichtlich der Wasserdichtheit sind damit allgemein verbindlich und werkstoffunabhängig definiert.

### Heutige Situation

Gemäß einer Umfrage der DWA aus dem Jahr 2009 sind in Deutschland circa 17% der öffentlichen Kanalisation kurz- bzw. mittelfristig sanierungsbedürftig. Weitere 18% weisen geringfügige Schäden auf und müssen langfristig saniert werden. Bei Betrachtung der verschiedenen Arten von Schäden, die zu diesem Sanierungsbedarf führen, sind schadhafte Anschlüsse

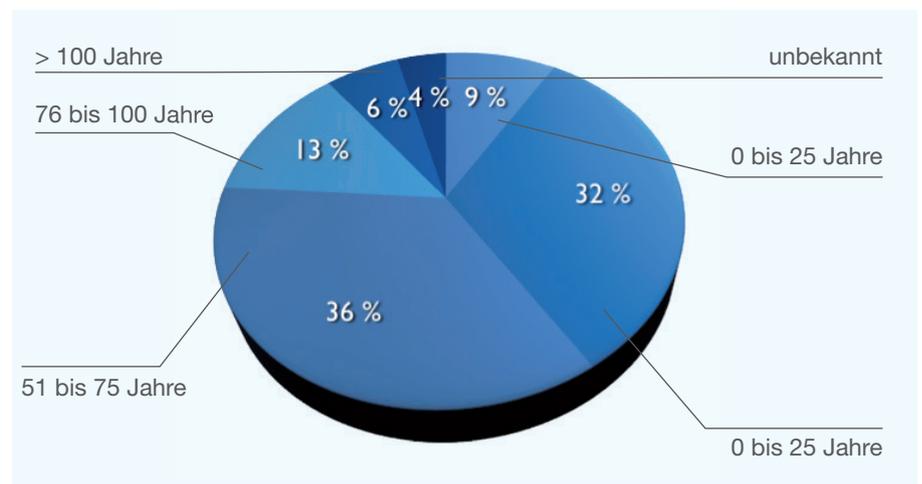


Bild 1: Altersverteilung der Kanalisation, Bild DWA

und undichte Muffen zu den häufigsten zu zählen. Beide führten dabei zu Undichtigkeiten im Kanalsystem.

Die Altersstruktur der Kanalisation stellt sich in der Umfrage von 2009 gemäß Bild 1 dar. Demnach sind 68% der Kanäle älter als 25 Jahre und 32% älter als 50 Jahre. Dies lässt darauf schließen, dass eine Vielzahl der o. g. Schäden an Kanalsystemen zu beobachten ist, die bereits ein gewisses Alter aufweisen und dementsprechend mit den in der Vergangenheit üblichen Bauverfahren und Produkten errichtet wurden. Auch die Vorgehensweise bei Planung und Qualitätssicherung hat sich im Lauf der Zeit maßgeblich verändert. Z. B. wurden Bauwerke in der Vergangenheit auf wesentlich geringere Verkehrslasten ausgelegt als dies heute der Fall ist. Des Weiteren waren die heute standardisierten Dichtheitsprüfungen, die ein wichtiges Instrument der Qualitätssicherung darstellen, früher nicht üblich. Natürlich war man trotzdem darauf bedacht, sowohl die zum Einsatz gekommenen Produkte als auch deren Einbau nach dem jeweiligen Stand der Technik auszuwählen bzw. durchzuführen.

### Entwicklung von Beton- und Stahlbetonrohren

Betonrohre werden in Deutschland in größerem Umfang seit etwa 1863 hergestellt. Sie wurden früher allgemein „Zementrohre“ genannt. Die ersten bewehrten Rohre aus Beton, damals Zementröhren mit Eiseneinlagen oder Eisenbetonrohre genannt, wurden im Jahre 1889 vorgestellt. Betonrohre wurden ursprünglich im Gießverfahren hergestellt, d. h. eine Betonmischung von flüssiger Konsistenz wurde in geeignete Formen, meist aus Holz, eingebracht, die nach dem Erhärten entfernt wurden.

Später ging man über zum Stampfverfahren. Hieraus entwickelten sich nach und nach u.a. die heute noch für die Sofortentschalung gebräuchlichen Rüttelpress- und Rollenkopfverfahren. Daneben wird heute auch



**Bild 2+3:** Rollringdichtung auf einem Spitzende vor dem Zusammenführen der Rohre; Abdruck einer fehlerhaft montierten Rollringdichtung, Bilder DS Dichtungstechnik

noch das Gießverfahren eingesetzt, bei dem die Rohre bis zur Erhärtung in der Schalung verbleiben. Hinsichtlich der Dichtheit der Rohre kann man davon ausgehen, dass aufgrund der damals erst beginnenden Betontechnologie und der weitestgehend händischen bzw. teilmechanisierten Verdichtungsweise keine großen Anforderungen zu erwarten waren.

Betonrohre waren übrigens die ersten Kanalisationsrohre überhaupt, die genormt wurden und zwar in der DIN 1201 von Februar 1923. In der DIN 4032 im April 1959 wurde erstmals die Wasserdruckprüfung mit 0,5 bar sowie die Messung der Wasseraufnahme eingeführt. Dieses System wird auch bei den weiteren Normausgaben beibehalten und noch weiter verfeinert.

Zu einer deutlichen Erhöhung der Anforderungen an die Dichtheit von Beton- bzw. Stahlbetonrohren kam es mit der Veröffentlichung der FBS-Qualitätsrichtlinie im Oktober 1989 und der Einführung diverser Prüfverfahren. Diese sind dann später in die DIN V 1201 mit eingeflossen.

### Entwicklung der Rohrverbindungen

Form und Stoßverbindungen (Muffen) waren ursprünglich denen der Steinzeugrohre ähnlich. Später wurde überwiegend die Falzverbindung gewählt, die sich rasch eingebürgert hat. Rohre mit Falz und ihr Einbau werden bereits in „Leitsätze für Ausführungen von Zementrohrleitungen“ herausgegeben vom Deutschen Beton-Verein im Oktober 1906 beschrieben.

In DIN 1201 vom Februar 1923 sind nur Falzrohre aufgeführt. Ab 1951 kamen für die Falzrohre plastische, kaltverarbeitete Dichtstoffe in Form von vorgefertigten Bändern auf Teer- oder Bitumenbasis sowie 3 Asphaltkitte und Spachtelmassen aus kautschukelastischen Kunststoffkitten zum Einsatz.

Erst ab etwa den 1960er-Jahren wurden die ersten Dichtungen aus Elastomeren in Betonrohren zur Abwasserableitung verwendet. Die am häufigsten eingesetzte Art war die Rollringdichtung, die es sowohl mit zelliger als auch dichter Struktur gab. Durchgesetzt haben sich jedoch nur die mit einer dichten Struktur. Diese Dichtungen mit kreisrundem Querschnitt wurden unter Vorspannung auf das Spitzende aufgezogen und rollten beim Zusammenführen der Rohre unter gleichzeitiger Verformung auf dem Spitzende zurück (Bild). Diese Art der Dichtung ist sehr leistungsfähig, aber auch sehr fehleranfällig in der Handhabung auf der Baustelle: Bei nicht exakter zentrischer Fügung der Rohre kam es zur unterschiedlichen Lage der Rollringe auf den Spitzenden. Auch war ein Verdrehen oder Beschädigen des Rings möglich.

Als Alternative zur Rollringdichtung wurde bereits recht früh die Gleitringdichtung entwickelt, deren Verwendung als wesentlich sicherer einzuschätzen ist. Die Lage des Dichtkörpers auf dem Spitzende wird gesichert, indem sie entweder aufgeklebt, in einer Aussparung fixiert oder vor einer Schulter platziert wird. Das Gleiten und Verpressen wird durch das Schmieren in erster Linie der Muffeninnenseite,



enge Toleranzmaße sowohl für die Spitzenden und Muffen der Rohre als auch für den Dichtungsquerschnitt vorgeschrieben.

Die Elastomere auf dem heutigen Stand der Technik besitzen eine hohe Elastizität, so dass die Rückstellkraft und damit auch die Dichtsicherheit über den gesamten Nutzungszeitraum erhalten bleiben. So stehen Kompressionsdichtungen aus Elastomeren mit dichter Struktur und hohlraumfreiem Querschnitt nach DIN EN S814 bzw. DIN 4060 (Ausgabe 12.88) zur Verfügung, die eine besondere Elastizität und damit auch eine hochgradige Dichtwirkung aufweisen. Nachzuweisen ist die Dauerhaftigkeit der Rohrverbindung nach DIN EN 1916. Für die Verbindungen von FBS-Produkten dürfen nur Dichtmittel eingesetzt werden, die die von der FBS verliehene Kennzeichnung „QR 4060“ tragen. Damit wird die Erfüllung der in den FBS-QR festgelegten Anforderungen dokumentiert. Besondere Beanspruchungen wie z. B. Benzin, Öl, Kerosin oder Enteisungsmittel erfordern den Einsatz verschiedener Arten von Kautschuk und Zuschlägen.

### Anforderungen an die Dichtheit der Rohrverbindungen

Parallel zur Entwicklung der Dichtungstechnologie entstanden die Anforderungen an die Dichtheit der Rohrverbindungen von Betonrohren. Erstmals sind hierzu Anforderungen in DIN 4033 „Betonrohre nach DIN 4032, Leitsätze für die Ausführung von Betonrohrleitungen“ vom April 1940 enthalten und zwar für einen kompletten Rohrstrang.

Die entsprechenden Anforderungen werden in den jeweiligen Produktnormen fortgeschrieben. Eine Art Quantensprung im Bereich der Anforderungen an die Wasserdichtheit der Verbindungen von Beton- und Stahlbetonrohren schaffte dann die FBS mit der Veröffentlichung ihrer Qualitätsrichtlinie.

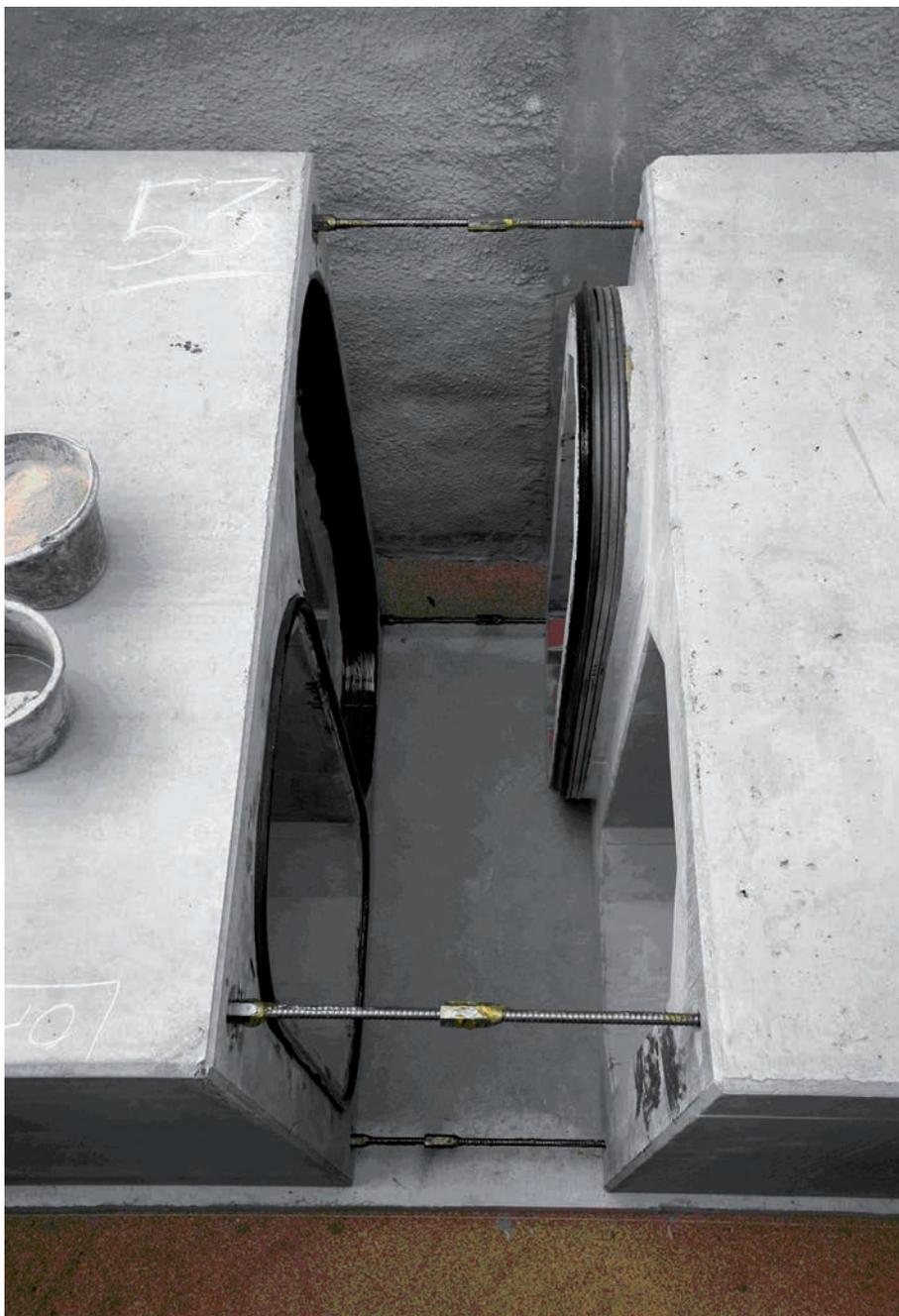
**Bild 4:** Rohre mit integrierter Dichtung, Bild FBS

aber ggf. auch der Dichtung selbst mit einem Gleitmittel ermöglicht. Mit der Einführung der integrierten, d. h. mit einer fest in der Muffe eingebauten Dichtung wurde ein weiterer Schritt zur Sicherung der Dichtheit der Rohrverbindung unternommen. In der FBS-Richtlinie wurde festgelegt, dass zunächst alle FBS-Betonrohre  $\leq$  DN 1000, später auch alle FBS-Beton- und FBS-Stahlbetonrohre  $\leq$  1200, ausschließlich mit einer integrierten Dichtung zu versehen sind.

Auch die Eigenschaften der heutzutage verwendeten Elastomere bieten gegenüber früheren Ausführungsvarianten maßgebliche Verbesserungen. Die Herstellung erfolgt aus Rohkautschuk, der durch das Extrusionsverfahren und weitere Bearbeitungsschritte mit hoher Präzision zu den erforderlichen Profilen geformt wird. Die hohe Maßhaltigkeit ist für eine gleichmäßige Verpressung der Dichtungen, und damit die Dichtsicherheit von großer Bedeutung. Aus diesem Grund werden in den Normen sehr



**Bild 5:** Extruder – Formung des Profilquerschnitts aus Rohkautschuk, Bild DS Dichtunstechnik

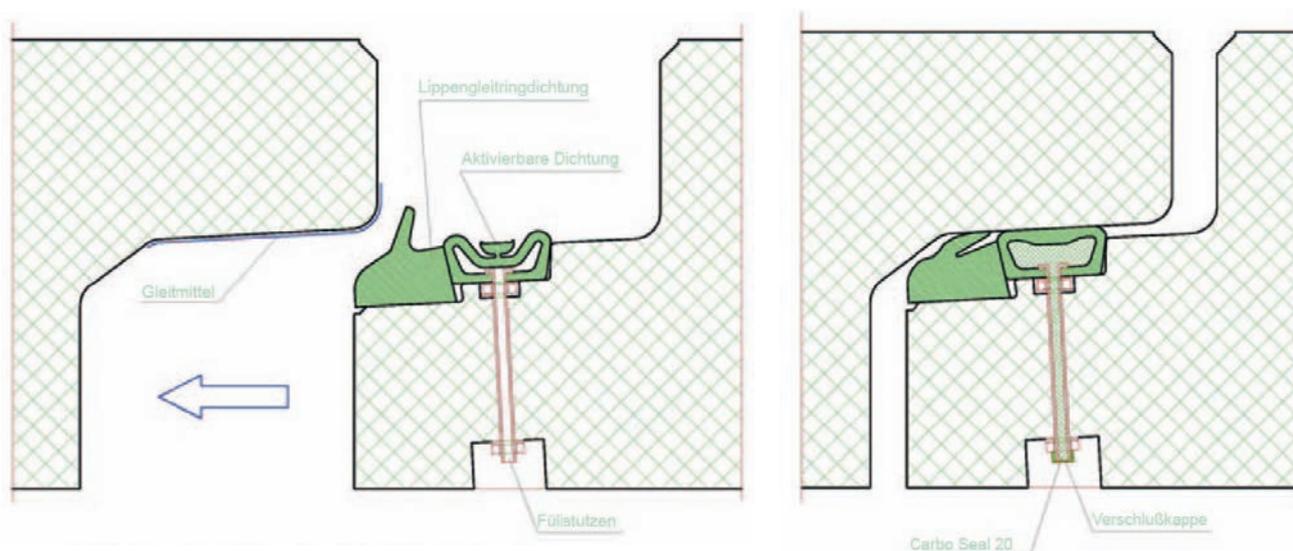


Auch für Bauvorhaben, die ungewöhnliche Randbedingungen und einhergehende komplexe Anforderungen an die Dichtheit des zu errichtenden Bauwerks stellen, werden für Beton- und Stahlbetonrohre Lösungsmöglichkeiten angeboten. Dies gelingt durch innovative Ansätze, die z.B. durch Mitgliedsunternehmen der FBS oder in Zusammenarbeit mit führenden Herstellern der Dichtungstechnik erarbeitet werden.

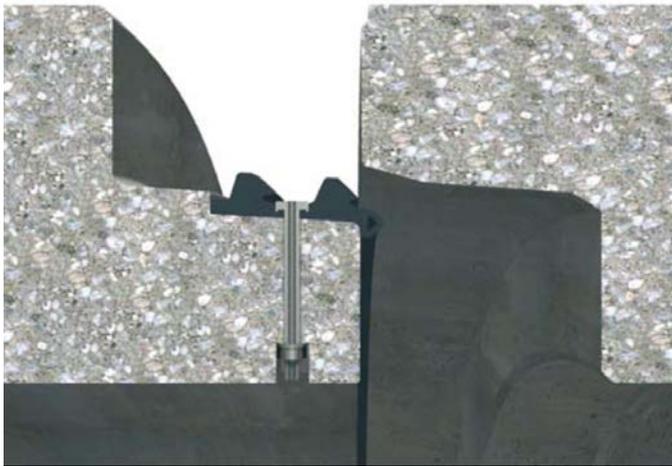
Beispielsweise wurden bereits mehrfach Bauvorhaben realisiert, die den Einsatz von Rechteckprofilen mit einer aktivierbaren Dichtung vorsehen. Diese Dichtungsart besteht aus einer Lippengleitringdichtung in Kombination mit einem zusätzlich aktivierbaren Dichtring, der nach dem Zusammenfügen der Profile mit einem dauerelastischen Medium unter Druck ausgefüllt wird.

Ein weiteres Beispiel für innovative Dichtungstechnik beim Einsatz von begehbaren Beton- und Stahlbetonrohren bietet das System der prüfbareren Muffenverbindung. Dieses besteht aus zwei hintereinander liegenden Keilgleitdichtungen, einer so genannten Doppelkeilgleitdichtung, deren Lage mittels einer Schulter auf dem Spitzende bestimmt wird. Mit Hilfe von zwei Ventilen kann im Prüfraum zwischen den beiden Keilen eine Dichtheitsprü-

**Bild 6:** Rechteckprofile mit aktivierbaren Dichtungen bei einem Bauvorhaben in Köln, Bild FBS



**Bild 7:** Lippengleitringdichtung mit aktivierbarem Dichtring, Grafik Westrohr



**Bild 8:** Beispiel für eine prüfbare Muffenverbindung mit Doppelkeilgleitdichtung, Grafiken DS Dichtungstechnik

fung durchgeführt werden (vgl. Bild). Dieses Verfahren bietet verschiedene Vorteile. Zum einen können spätere Dichtheitsprüfungen auch während des Betriebs kontinuierlich und einfach durchgeführt werden, ohne diesen zu unterbrechen. Zum anderen kann bereits bei der Verlegung eines Rohres unmittelbar die Dichtheit der Verbindung geprüft werden. Damit kann ein ggf. erforderlicher Austausch eines Rohres nicht erst nach Herstellung eines kompletten Strangs festgestellt und ausgeführt werden, sondern sofort nach der Verlegung mit vergleichsweise geringem Aufwand.

### Herstellung von Anschlüssen

Bei jedem Kanal ist es erforderlich, seitliche Öffnungen vorzusehen, an die z. B. Hausanschlüsse, Straßeneinläufe oder Drainagen angeschlossen werden können. Hierzu wurden bei Betonrohren und später bei den Stahlbetonrohren folgende Systeme angewendet:

- werkseitige Herstellung von monolithischen Abzweigen, rechts oder links im Kämpferbereich oder im Scheitel, zum standardmäßigen Anschluss von Betonrohren
- werkseitige nachträgliche Herstellung von Anschlüssen. z.B. für Steinzeugrohre

– bauseitige nachträgliche Herstellung von Anschlüssen

Im Jahr 1921 wurde die Nutzung von Abzweigrohren bei kleineren Kanälen sowie von eingemauerten Rohrstützen und Einlassstücken aus Steinzeug bei

größeren Kanälen als die übliche Einbindungspraxis in Deutschland bezeichnet. In der Regel und insbesondere bei der Herstellung nachträglicher Einbindungen erfolgte diese jedoch in Ermangelung anderer Techniken und Geräte durch Aufstemmen des Kanals



**Bild 9:** Herstellung einer Anschlussöffnung mittels Kernbohrung, Bild FBS

(in der Regel mit Hammer und Meißel) und Verspachteln des Raumes zwischen dem eingeschobenen Anschlusskanal und der ausgebrochenen Kanalwandung. Das Ergebnis dieses Verfahrens war eine Verbindung, die keineswegs als dauerhaft, wasserdicht und gelenkig bezeichnet werden konnte, insbesondere wenn sie bauseits ausgeführt wurde. Diese Art der Einbindung wurde seit langem als Schwachstelle der Kanalsysteme erkannt und führte u. a. dazu, dass nachträglich hergestellte Anschlüsse in vielen Fällen undicht sind, wie die TV-Untersuchungen zeigen. Dies lag u.a. auch daran, dass keine geeigneten Verfüll- und Klebmörtel zur Verfügung standen.

Erst in den 1970er-Jahren wurden geeignete Kernbohrgeräte entwickelt, die auch zum Anbohren von Beton- und Stahlbetonrohren geeignet waren. Dies führte dazu, dass mit der Einführung des DWA-Arbeitsblattes A 139 im Jahr 1988 u.a. die Forderung formuliert wurde, dass nachträglich herzustellende Anschlussöffnungen nur mit einem geeigneten Bohrgerät herzustellen sind und der Anschluss nur mit Formstücken und Dichtmitteln erfolgen darf, die genormt sind oder für die ein gültiger Prüfbescheid des Institutes für Bau-technik vorliegt.

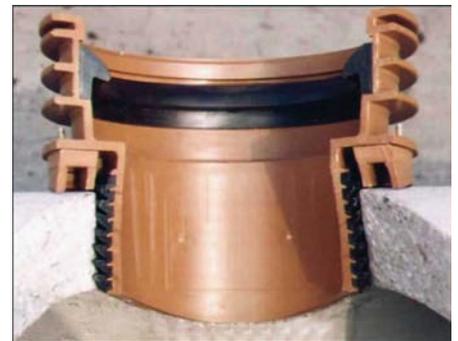
Heutzutage werden nachträgliche Anschlussöffnungen gemäß DWA-A 139 mittels geeigneten Kernbohrgeräten hergestellt. Werkzeuge und Verfahren sind dabei systemkonform auszuwählen und einzusetzen. Des Weiteren müssen Anschlussleitungen so hergestellt und angeschlossen werden, dass sie Bewegungen aufnehmen können.

Die in eine erstellte Öffnung einzuschiebenden Anschlussstutzen bestehen nach dem heutigen Stand der Technik in der Regel aus Kunststoffquerschnitten mit Elastomerdichtungen. Ein Beispiel für einen solchen Bohranschlussstutzen zeigt Bild 10, der im weiteren beschrieben wird.

Ein solcher Stutzen besteht aus der Anschlussmuffe mit einer Elastomer-Anschlussdichtung und einer Anschluss-einbindung mit Dichtmanschette. Er kann z. B. werkseitig über verschiedene Ringe auf die Wanddicke und den äußeren Durchmesser eines Rohres eingestellt werden, so dass der Stutzen auf dem Hauptrohr aufsitzt und nicht in das Rohr hinein ragt. Bei Bauvorhaben mit unbekanntem Rohrenweiten und Wandstärken kann eine Einstellung der Stutzen auf die Dimensionen des Hauptrohres vor Ort erfolgen. Der Stutzen wird mit Hilfe eines Gleitmittels manuell in die Öffnung eingedrückt. Die Elastomer-Dichtmanschette führt dabei zu einer breiten Abdichtung des Bohrlochs in der Rohrwandung, was auch insbesondere bei Stahlbetonrohren von Vorteil ist, da die angeschnittene Bewehrung vollständig abgedeckt wird.

Die Verwendung eines solchen Anschlussstutzens auf dem aktuellen Stand der Technik – in Kombination mit der präzisen Herstellung der Anschlussöffnungen über Kernbohrungen – ermöglicht somit die dauerhaft

dichte Einbindung eines Anschlusskanals. Hier kann weder Abwasser austreten noch Grundwasser eintreten. Auch wird das Anschlussrohr gelenkig im Stutzen angeschlossen.



**Bild 10:** Bohranschlussstutzen, Grafik DS



**Bild 11:** Ingenieurbüro Gaul, Bamberg

Weitere Fachinformationen  
finden Sie unter [www.fbsrohre.de](http://www.fbsrohre.de)

## Fazit

In der Regel genügen alle gemäß den entsprechenden Werk- und Produktnormen gefertigten und/oder zusätzlich mit einer DIBt-Zulassung versehenen Rohre und Schächte für Abwassersysteme aus den unterschiedlichen Werkstoffen den normativ geregelten Anforderungen bezüglich der Wasserdichtheit. Die Voraussetzung für ein langfristig funktionsfähiges und wasserdichtes Entwässerungssystem ist jedoch zum einen die Verwendung geeigneter bzw. beständiger und qualitativ hochwertiger Bau- und Werkstoffe und zum anderen die fachgerechte Bauausführung.

Mit Beton und Stahlbeton verfügt man über einen Werkstoff mit über 150jähriger Erfahrung. In diesem Zeitraum wurde die technische Entwicklung in allen Bereichen, z. B. bei der Betontechnologie, Verdichtungstechnik als auch bei der Verbindungstechnik,

kontinuierlich voran getrieben, in die Produktions- und Anwendungstechnik umgesetzt und in den jeweiligen Normen festgeschrieben. Heute steht uns somit ein Werkstoff zur Verfügung, der praktisch alle Anforderungen der Abwasserableitung nahezu optimal erfüllt. Durch die optimierte Betontechnologie mit einer darauf abgestimmten Verdichtungstechnik erzielt man Betonrohre mit einer hervorragenden Gefügedichtheit. Sie sind somit wasserdicht aber auch dicht z. B. gegenüber aromatisierten und halogenierten Kohlenwasserstoffen und natürlich auch beständig gegen diese Stoffe.

Betonrohre und Stahlbetonrohre können praktisch für alle vorkommenden Belastungsfälle statisch bemessen werden. Diese Robustheit kommt den Rohren auch beim Umgang während der Verlegung, z. B. durch Bagger und Verdichtungsgeräte sowie beim späteren Betrieb durch Hochdruckreinigungsgeräte zugute. Es sollte selbstver-

ständig sein, dass auch bei der Bauausführung qualitätssichernde Maßnahmen zwingend erforderlich sind, um für eine möglichst optimale Ausführung, und damit höchstmögliche Sicherheit hinsichtlich der Dauerhaftigkeit und der dauerhaften Wasserdichtheit zu sorgen. Hierauf kann durch konsequente Prüfung der Einhaltung der Bauvorschriften sowie der Beauftragung eines qualifizierten Unternehmers, z.B. über Güteschutz Kanalbau eingewirkt werden. Zusätzliche Unterstützung für eine optimale Umsetzung leisten Fachinformationen wie das Technische Handbuch der FBS ihren Beitrag.

Die bisherigen Erfahrungen zeigen, dass sich der größte Anteil von Schäden an Abwasserkanälen und -leitungen in einem gewissen Zeitraum nach der Verlegung zeigt und im Allgemeinen auf Fehler beim Einbau zurück zu führen ist.

**Fachvereinigung Betonrohre  
und Stahlbetonrohre e.V. (FBS)**

Schloßallee 10

53179 Bonn

Tel. 0228-954 56 54

Fax 0228-954 56 43

➔ [www.fbsrohre.de](http://www.fbsrohre.de)