

Schachtsanierungen mit Hilfe von GfK-Rohren bzw. GfK-Elementen

Manhole-shaft refurbishing using GRP pipes and elements

Dr. Heinz Doll und Volker Neubert

Die Ertüchtigung bestehender Kanalschächte ist ein Thema, das bei den Betreibern der Kanalnetze ein zunehmendes Interesse hervorruft. Das Ziel von Schachtsanierungen mit dem Werkstoff GfK ist der dauerhafte Schutz gegen Abrieb und Korrosion, die Verbesserung der Hydraulik und schließlich in einigen Fällen die Wiederherstellung der statischen Tragfähigkeit. Im Folgenden werden Möglichkeiten dargestellt derartige Sanierungen durch Einsatz des Werkstoffes GfK durchzuführen. Im Wesentlichen handelt es sich dabei um den Einbau eines fabrikgefertigten GfK-Rohres in den bestehenden Schacht, hier ist die Abnahme des Schachtkonus erforderlich, den Einbau eines längsgeschnittenen vorverformten GfK-Rohres ohne Abnahme des Schachtkonus, das anschließend wieder aufgeweitet wird und die Schnittstelle mit einem Überlaminat verbunden wird sowie die Sanierung mit verdübelten GfK-Platten. Insbesondere wird auf die statische Wirkung und die erforderlichen statischen Nachweise der Sanierungsvarianten eingegangen.

Refurbishing of existing drain and sewer manhole shafts is a topic which is arousing increasing interest among system operators. The objective of shaft refurbishing projects using GRP as a material is that of achieving permanent protection against abrasion and corrosion, improving hydraulics and, ultimately, in some cases restoring structural viability. This article examines potentials for performing such projects using GRP. These essentially involve the installation of a factory-made GRP pipe into the existing shaft; this necessitates removal of the shaft cone, installation of a longitudinally slit preshaped GRP pipe without removal of the cone, this pipe then being expanded again and the cut joined by means of overlamination, and refurbishing using plug-fitted GRP panels. Particular attention is devoted to structural effects and to the necessary stress-analysis proofs of the various refurbishing methods.

Abnehmen des Schachtkonus, Einbau eines GfK-Rohres, Verdämmung des Ringraumes

Der Vorteil des Verfahrens besteht darin, dass fabrikgefertigte Rohre mit einer hohen Steifigkeit eingebaut werden können, so dass ggf. alle Lasten also Grundwasserdruck, Erdlast und Verkehrslast, letztere meist auch als Radlast unmittelbar auf die Schachtabdeckung einwirkend, abgetragen werden können. Der baubetriebliche Nachteil besteht darin, dass für den Einbau der Schachtkonus abgenommen werden muss. Der Ringraum zwischen GfK-Rohr und bestehendem Schacht wird anschließend mit einem fließfähigen Dämmstoff ausgefüllt, was aus statischer Sicht zu einer zusätzlichen Ertüchtigung des Gesamtbauwerks führt, da ausgewaschene Fugen wieder verfüllt werden und die Dämmschicht zusätzlich Druckkräfte in Vertikal- und Umfangsrichtung aufnehmen kann. Im konkreten Fall sollte, in Abhängigkeit von der erforderlichen Ertüchtigung des Schachtes, eine Abwägung zwischen Dämmerdruckfestigkeit (Vergrößerung der statischen Tragfähigkeit) und Fließfähigkeit (gleichmäßige Verdämmung) gefunden werden. Ferner muss

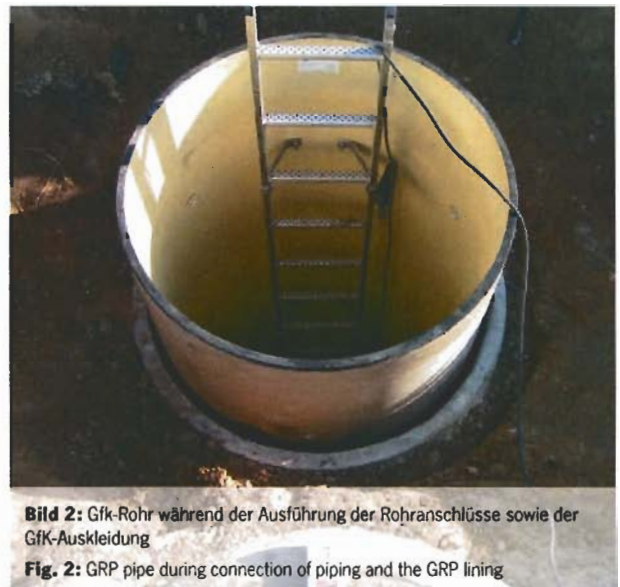


Bild 1: Einführung des GfK-Rohres in den bestehenden Schacht
Fig. 1: Insertion of the GRP pipe into the existing manhole shaft

Bild 2: GfK-Rohr während der Ausführung der Rohranschlüsse sowie der GfK-Auskleidung
Fig. 2: GRP pipe during connection of piping and the GRP lining

die vorhandene Kanalwandung gereinigt und ggf. vorbehandelt werden z. B. um lockere Mörtelteile zu entfernen und einen guten Verbund zwischen Dämmung und Altrohr sowie zwischen Dämmung und Relingrohr herzustellen. **Bild 1** und **Bild 2** zeigen eine derartige Sanierung. Nach Einbau des Rohres wird der Anschluss zum im Kanal eingebauten Inliner (meist Nadelfilz- oder GfK-Schlauchliner aber auch verdämmte GfK-Rohre) durch Überlamine ausgeführt. Die Berme kann entweder durch den Einbau von Handlaminaten oder von GfK-Platten, die durch Überlamine an das Gerinne und die GfK-Schachtwandung angeschlossen werden, ausgeführt werden.

Die zu berücksichtigenden Einwirkungen sind in **Bild 3** dargestellt. Welche dieser Lasteinwirkungen bei der statischen Bemessung anzusetzen sind richtet sich nach dem Kanalzustand. Sofern die bestehende Konstruktion als stand-sicher aber nur undicht eingestuft wird sind die folgenden Nachweise erforderlich: Aufnahme der Wasseraußendruckbelastung p_a auf die GfK-Außenwandung, Auftriebsicherheit unter Wasseraußendruck, Tragfähigkeitsnachweis für die Sohlabsbildung unter Wasseraußendruck p_a sowie schließlich der Nachweis für den Lastfall Dämmerdruck p_{Da} im Bauzustand. Letzteres beinhaltet auch den Auftriebs-sicherheitsnachweis unter Dämmerdruck. Bei sehr stark geschädigten Schächten ist zusätzlich der Nachweis gegen die Einwirkung des horizontalen Erddruckes q_h sowie die Verkehrsbelastung aus SLW 60 (auch unmittelbare Eintragung der Radlast über die Schachtabdeckung p_r) zu führen. Bei den Nachweisen gegen Wasseraußendruck und gegen Dämmerdruck wird in der Regel von einer rotationssymmetrischen Belastung ausgegangen. Biegespannungen ergeben sich dann bei kreisförmigen Rohren durch den Ansatz von geometrischen Imperfektionen. Hier kann bei dem Einbau vorgefertigter GfK-Rohre in bestehende Schächte für den Lastfall Wasseraußendruck von den Imperfektionsansätzen der ATV M 127 Teil 2 [1] abgewichen werden, da sich verdämmte Rohre nicht den Verformungen des bestehenden Schachtes anpassen und zudem eine Spaltbildung zwischen GfK-Rohr und Dämmung nicht auf den Schrumpf des Rohres sondern des Dämmers zurückzuführen ist [4]. Konkrete normative Vorgaben diesbezüglich existieren gegenwärtig nicht. Es wird empfohlen ähnlich wie bei verdämmten Kanalrohren eine Spaltweite w_s von 1 bis 2 mm anzusetzen. Als Gelenkringvorverformung, näherungsweise als Ovalisierung angenommen, sollten die aus dem Lastfall Erd- und Verkehrslast resultierenden Deformationen berücksichtigt werden. Insbesondere die Lastfälle Wasseraußendruck und Dämmerdruck sind von großem Interesse, da sie zu einem Stabilitätsversagen durch horizontales Einbeulen der Schachtwandung sowie zu einem Aufschwimmen des Schachtes gerade während des Verdämmens führen können. Maßnahmen zur Vermeidung derartiger Schäden können in einer Verdübelung des

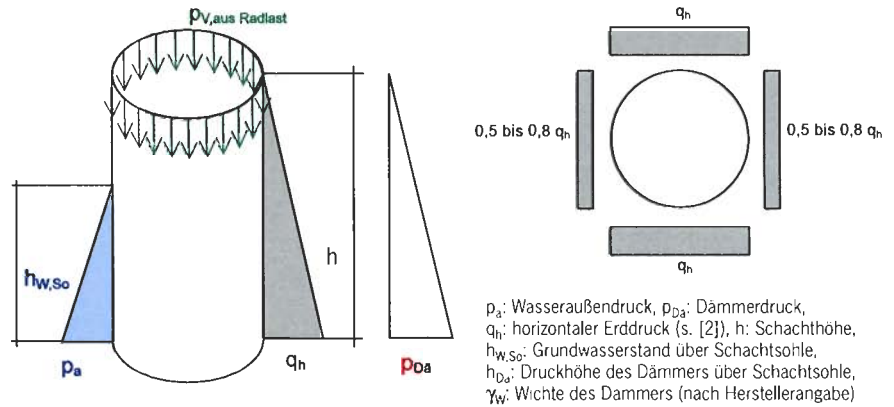


Bild 3: Lastansätze für die Schachtsanierungen: links) Räumliche Darstellung; rechts) Lastansätze für die Schachtsanierungen (Horizontalschnitt, Einwirkung von Erd- und Verkehrslasten q_h)

Fig. 3: Load assumptions for shaft refurbishing: left) 3D view; right) horizontal section, effects of soil and traffic loads q_h

Schachtes zur Altrohrwandung, in einer Wasserfüllung während der Verdämmung sowie in der Durchführungen von mehreren Verdämm-schritten bestehen. Im letzteren Fall sollte ein Verdämmabschnitt erst dann erfolgen, wenn der im vorigen Abschnitt eingebrachte Dämmung eine ausreichend Steifigkeit aufweist um als Bettung zu wirken. Grundsätzlich ist darauf zu achten, dass die GfK-Rohre auch gegen Horizontalverschiebungen gesichert sind und dass während der Verdämmung möglichst geringe Druckhöhendifferenzen über den Rohrumfang auftreten. Der horizontale Erddruck q_h kann gem. ATV-DVWK M 127 [2] ermittelt werden. Er sollte jedoch nicht rotationssymmetrisch angeordnet werden, da sonst allein Druckkräfte, die keine Biegespannungen erzeugen, in dem GfK-Rohr auftreten. Gem. [3] wird vorgeschlagen in der einen Horizontalrichtung den vollen Erddruck q_h , in der rechtwinklig zugeordneten Richtung 50 % bis 80 % (je nach Baugrundverhältnissen) von q_h , anzusetzen (s. Bild 3b).

Besonderes Augenmerk ist schließlich auf den Sohlbereich zu richten, da er wegen der relativ flachen Berme in Abhängigkeit von Grundwasserstand und Dämmerdruck zu einem Aufwölben (nach oben) neigt. Die Bodenkonstruktion muss, in Abhängigkeit von den Außendruck, Wasser- bzw. Dämmerdruck) entweder ausreichend steif ausgeführt werden (große Wanddicke) oder besonders seitlich des Gerinnes mit Dübeln an die bestehende Sohle verankert werden.

Als Alternative zu den hier dargestellten ebenen Berechnungen bietet sich die räumliche Darstellung der Problemstellung und anschließende Berechnung mit der FE-Methode an. **Bild 4** zeigt das statische Modell des Anschlusses eines Tangentialschachtes des Anschluss eines Tangentialschachtes an einen zuvor eingebauten GfK-Inliner. Die Diskretisierung der Rohre kann alternativ mit Hilfe von Schalenelementen oder mit Hilfe von Volumenelementen erfolgen. Die Belastungen aus Wasserdruck,

Dämmerdruck, Erddruck und Verkehrslast können als Pressungen auf die Elemente sowie als Linienlast auf die Schachtoberkante (Radlast auf dem Schachtdeckel) aufgebracht werden. Erd- und Verkehrslasten können alternativ berücksichtigt werden indem auch der Baugrund durch Volumenelemente diskretisiert wird. Der Vorteil dieser Vorgehensweise liegt in der automatischen Berücksichtigung der räumlichen Erddruckverteilung sowie in einer realistischeren Berücksichtigung des Interaktionsverhaltens zwischen Baugrund, Schacht und Rohr. Sie hat in der Regel eine geringere statisch erforderliche Rohrwand-

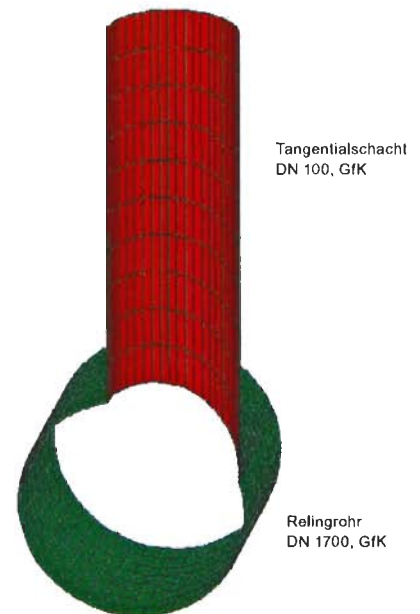


Bild 4: Beispiel eines räumlichen FE-Modells für die Anbindung eines Tangentialschachtes an einen zuvor eingebauten GfK-Inliner

Fig. 4: Example of a 3D FEM model for connection of a tangential shaft to a previously installed GRP Inliner

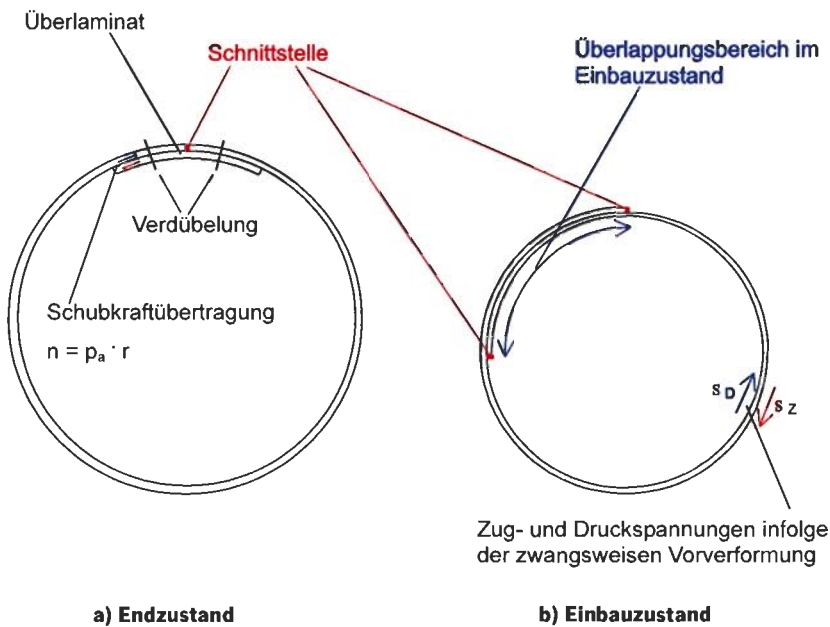


Bild 5: Beispiel eines längsgeschnittenen, im Querschnitt reduzierten GfK-Rohres
Fig. 5: Example of a longitudinally slit compressed GRP pipe

dicke zur Folge. Die Berechnung ist jedoch deutlich aufwändiger und somit auch mit höheren Kosten verbunden als die Berechnung von ebenen Querschnitten.

Einbau längsgeschnittener vorverformter GfK-Rohre ohne Abnahme des Schachtkonus

Auch hier werden fabrikgefertigte Rohre verwendet. Sie werden in Axialrichtung aufgeschnitten und dann in Umfangsrichtung zusammengezogen um den Querschnitt soweit zu reduzieren, dass sie ohne Abnahme des Schachtkonus eingebaut werden können (**Bild 5**). Anschließend werden sie wieder aufgeweitet, die Schnittstelle wird dann mit Hilfe von Überlaminaten verbunden. Der Vorteil besteht darin, dass der Schachtkonus verbleiben kann. Das erforder-

liche Übereinanderschleiben der Schnittufer in Umfangsrichtung (s. Bild 5) hat jedoch zur Folge, dass nur relativ geringe Rohrsteifigkeiten (möglichst flexible Rohre) ausgeführt werden können, da andernfalls die Materialfestigkeit des Rohres bereits bei dieser Zwangsbeanspruchung im Bauzustand überschritten werden kann. Dies bedeutet eine Beschränkung des Anwendungsbereichs auf Schächte, die noch voll standsicher hinsichtlich Erd- und Verkehrslasten sind und nur wegen Undichtigkeiten saniert werden. Erd- und Verkehrslasten können nicht abgetragen werden. Die Rohre können Close-Fit eingebaut werden, so dass keine Dämmverfüllung erforderlich ist. Hinsichtlich der Ausbildung des Sohlbereichs sowie der Anschlüsse an die Abwasserleitung ergeben sich die gleichen Alternativen wie bei der ersten Variante (Einbau von verdämmten GfK-Rohren

ohne Längsschnitt). D. h. Überlaminatverbindungen zu den Schlauchlinnern oder verdämmten Linern im Kanalbereich, Beschichtung der Berme durch Handlaminaten und Verwendung von GfK-Platten zur Beschichtung der Berme. Sofern die Auskleidung bis zur Schachtoberkante erfolgen soll, kann der Konus ebenfalls mit Handlaminaten ausgekleidet werden. Die Schnittkanten sind durch ein Überlaminat (s. Bild 5) zu verbinden. Dieses Überlaminat kann entweder tragend oder nur zur Abdichtung ausgeführt werden. Sofern es als allein statisch tragend für die Verbindung vorgesehen ist, muss die Ringnormalkraft aus Wasseraußendruck aufgenommen werden (s. Bild 5). Wenn das Laminat nur konstruktiv zur Gewährleistung der Dichtheit angeordnet wird, sind zusätzlich beidseitig des Vertikalschnittes Dübel in einem Abstand von ca. 15 cm, der Dübelabstand muss statisch nachgewiesen werden, anzuordnen. Die Lastfälle Erd- und Verkehrslast und Dämmendruck entfallen, da von einer ausreichenden Standsicherheit des bestehenden Schachtes ausgegangen wird. Die Biegebeanspruchung durch den Bauzustand (Querschnittsreduktion zur Ermöglichung des Einbaus ohne Abheben des Schachtkonus) ist statisch nachzuweisen.

Schachtsanierung mit Hilfe von verdübelten GfK-Platten

Die Sanierung bestehender Schächte mit Hilfe verdübelter GfK-Platten ist ebenfalls eine übliche Sanierungsvariante, bei Vorliegen einer ausreichenden Standsicherheit des vorhandenen Schachtes. Auch hier handelt es sich um eine Thematik, die in den Normen nicht klar geregelt ist. Die wesentlichen Problemstellungen werden im Folgenden aufgezeigt: Die Sanierung mit derartigen Verfahren kommt nur dann in Frage, wenn der bestehende Schacht noch eine ausreichende Standsicherheit aufweist, da die Auskleidung nicht dazu geeignet ist Erd- und Verkehrslasten anzutragen. Die Materialkennwerte müssen durch Eigen- und Fremdüberwachung bestätigt sein



Bild 6: Ausführung einer Schachtsanierung mit Hilfe verdübelter GfK-Platten
Fig. 6: Performance of a shaft refurbishing project using plug-mounted GRP panels



Bild 7: Darstellung des ausgekleideten Sohlbereiches im Verschneidungsbereich zwischen zwei Großrohren
Fig. 7: View of the lined shaft-bottom zone in the area of intersection of two large-caliber pipes

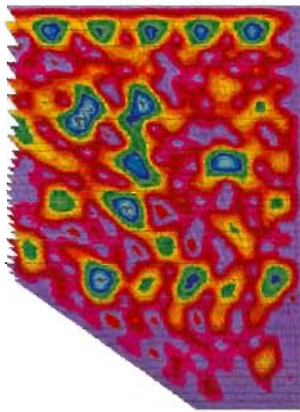


Bild 8: Darstellung der Vertikaldeformationen des ausgekleideten des ausgekleideten Sohlbereiches im Verschneidungsbereich zwischen zwei Großrohren
Fig. 8: View of vertical deformations of the lined shaft-bottom zone in the area of intersection of two large-caliber pipes

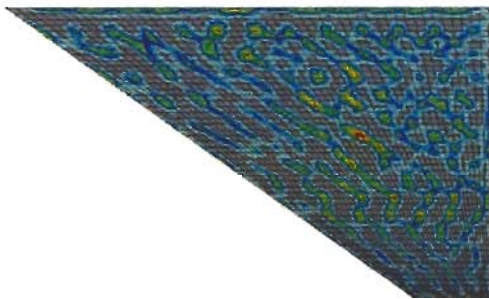
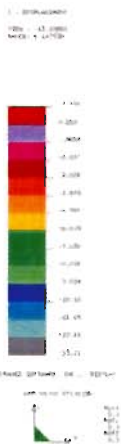


Bild 9: Darstellung der 1. Hauptspannung [N/mm²] in den GfK-Platten unter Einwirkung der Gebrauchslast
Fig. 9: View of first principal stress [N/mm²] in the GRP panels under the effects of service load

(z. B. Vorlage einer DIBT-Zulassung oder entsprechender Materialprüfungszeugnisse). Für die eingesetzten Dübel muss eine DIBT-Zulassung vorliegen. Dabei ist insbesondere darauf zu achten, dass die Dübel für das vorhandene Schachtmaterial, in der Regel handelt es sich dabei um Mauerwerk oder Beton, zugelassen sind und die zulässigen Dübelabstände eingehalten werden. Die Platten müssen durch Überlamine wasserdicht und u. U. auch kraftschlüssig miteinander verbunden werden. **Bild 6** zeigt eine ausgeführte Sanierung.

Die statische Nachweisführung hängt von der Schachtgeometrie, und den Materialkennwerten der eingesetzten GfK-Platten ab. Die GfK-Platten sind für die Einwirkung durch Wasseraußendruck statisch nachzuweisen. Bei kreisförmigen Schächten ist die Lastabtragung deutlich günstiger, da sie im Wesentlichen über die Ringnormalkraft in Umfangsrichtung erfolgt. Bei rechteckförmigen Querschnitten handelt es sich um ein reines Biegeproblem. Die erforderliche Wanddicke der Platten kann durch analytische Berechnungen oder durch FE-Berechnungen ermittelt werden. Bei der Auskleidung von ebenen Schachtflächen ist insbesondere auf die durch den Wasserdruck resultierenden Deformationen zu achten. Hierzu gibt es keinen normativen Grenz- oder Anhaltswert. Es wird daher empfohlen, einen derartigen Grenzwert vorab im Rahmen der Planung festzulegen, da die Plattendeformationen in Abhängigkeit von Dübelraster und Außendruck eine Größenordnung erreichen können, die nicht mehr akzeptabel ist (Matratzenmuster) obwohl die Tragfähigkeitsnachweise noch eingehalten sind. In **Bild 7** ist die Diskretisierung einer Sohlaukleidung dargestellt. **Bild 8** z. B. zeigt die Vertikaldeformationen dieses Schachtbodens mit einer Wanddicke von 3,0 mm und Anordnung eines Dübelrasters (Dübelabstand ≤ 15 cm) unter Einwirkung einer Wasseraußendruckbelastung von 5,0 m über Sohle. Es resul-

tiert eine Verformung von immerhin 13,2 mm bei ausreichender Tragfähigkeit. **Bild 9** zeigt die maximalen Hauptzugspannungen. Es ergibt sich ein Maximalwert von 28,23 N/mm². Gegenüber einer Langzeitfestigkeit von 60 N/mm² ist somit die erforderliche Scherheit von 2,0 eingehalten. Bei der Planung sollte auch berücksichtigt werden, ob die Wasseraußendrucke kurz- oder langfristig anstehen, da die jeweils zugehörigen E-Module maßgeblich die Deformationen beeinflussen. Im vorliegenden Fall wurde auf der Grundlage der durchgeführten statischen Berechnung eine minimale zulässige Dübelzugkraft von 2,0 kN vorgegeben. Die in der Zulassung angegebenen zulässigen Dübelkräfte sind statisch nachzuweisen. Dabei ist neben der Aufnahme der Ankerzugkräfte insbesondere auch auf die Gewährleistung der Auftriebsicherheit zu achten. Die Übertragung der Scherkräfte in die bestehende Schachtwandung muss abgesichert sein.

Fazit

Die gegenwärtig üblichen Verfahren zur Schachtsanierung unter Einsatz des Werkstoffes GfK wurden dargestellt. Die volle statische Tragfähigkeit unter der Einwirkung von Erdlast, Verkehrslast und Wasseraußendruck kann allein durch den Einbau eines Neurohres in den bestehenden Schacht erzielt werden. Dies bedingt die Abnahme des Schachtkonus. Die beiden weiteren Varianten (längsgeschnittene, vorverformte GfK-Rohre und verdübelte GfK-Platten) beschränken sich auf Schächte, die ausreichend standsicher sind. Sie sind lediglich gegen Wasseraußendruck zu bemessen. Ein besonderes Augenmerk ist auf die konstruktive Ausführung zu legen: Der Schacht ist vor der Ausführung zu reinigen (keine losen Teile, ggf. Nachprofilierung). Bei verdämmten Verfahren ist eine ausreichende Lagesicherheit sowie die Auftriebsicherheit zu gewährleisten. Beim

Einbau längsgeschnittener GfK-Rohre ist darauf zu achten, dass durch die Vorverformung nicht schon die zulässige Beanspruchung überschritten wird und das Überlaminat bzw. die Dübel ausreichend bemessen sind. Sofern verankerte GfK-Platten ausgeführt werden ist insbesondere auf die Plattendeformationen und den Einsatz geeigneter Dübel zu achten.

Literatur

- [1] ATV-Merkblatt M 127 Teil 2 „Statische Berechnung zur Sanierung von Abwasserkanälen und -leitungen mit Lining- und Montageverfahren“ (2000-01)
- [2] ATV-DVWK-Arbeitsblatt A 127 „Statische Berechnung von Abwasserkanälen und -leitungen“ (2000-08)
- [3] Hoch, A.: Probleme der Rohr- und Schachtstatik, Standsicherheitsnachweise; Abfallwirtschaftsjournal 4 (1992) Nr. 2
- [4] Doll, H.; Hoch, A.: Sanierung von Großprofilen mit Hilfe von Liningverfahren, statische Aspekte

Autoren:

Dr.-Ing. Heinz Doll
LGA Bautechnik GmbH, Nürnberg



Tel. +49(0)911/6554846
E-Mail: heinz.doll@lga.de

Dipl.-Ing. Volker Neubert
Kanal- und Umwelttechnik GmbH, Röthenbach/Peg.



Tel. +49(0)911/95773-34
E-Mail: info@kanal-umwelttechnik.de