

Kleinkläranlagen aus Von der innovativen Idee bis

In dünn besiedelten oder abgelegenen Gebieten wie zum Beispiel bei Einzelhäusern oder Schutzhütten ist eine Abwasserentsorgung durch Anschluss an große, kommunale Kläranlagen aus technischen oder finanziellen Gründen häufig nicht möglich. In diesen Fällen ist eine Abwasserbehandlung in Kleinkläranlagen eine ökonomisch und ökologisch vorteilhafte Lösung.

In Kleinkläranlagen wird das im Trennverfahren erfasste Schmutzwasser aus häuslichem Gebrauch bis zu einer Menge von 8³ m pro Tag gereinigt, was ungefähr der Schmutzwassermenge von 50 Einwohnern entspricht. Nach dem Durchlaufen der Kleinkläranlage wird das Abwasser dem nächsten offenen Gewässer zugeführt oder im Untergrund versickert. Zurzeit reinigen in der Bundesrepublik Deutschland etwa 2 Millionen Kleinkläranlagen das Abwasser von 8 Millionen Einwohnern, jedes Jahr kommen etwa 100.000 neue Kleinkläranlagen hinzu.

Vorgefertigte Behälter aus Stahlbeton sind aufgrund ihrer hohen Tragfähigkeit und Wasserdurchlässigkeit sowie der rationellen Fertigung im Betonfertigteilwerk seit Jahren Stand der Technik und nehmen den weitaus größten Marktanteil ein. In den letzten Jahren drängen allerdings Behälter aus Kunststoff immer mehr auf den Markt, da sie wegen ihres geringen Gewichtes wirtschaftliche Vorteile gegenüber Stahlbetonbehältern bieten.

Textilbewehrter Beton vereinigt die Vorteile beider Werkstoffe. Die Verwendung einer herkömmlichen Stahlbewehrung erfordert aus Gründen des Korrosionsschutzes eine Mindestbetondeckung von mehreren Zentimetern auf jeder Seite der Bewehrung. Im Gegensatz dazu können bei Einsatz von korrosionsbeständigen textilen Bewehrungen die Bauteildicken auf ein statisch erforderliches Maß von insgesamt 4 cm reduziert werden. Neben der Material- und Gewichtseinsparung führt die Verwendung einer textilen Bewehrung in Verbin-



dung mit einer gegen die korrosiven Angriffe des Abwassers beständigen Betonmischung außerdem zu einer Steigerung der Dauerhaftigkeit der Anlage.

Textilbeton, siehe Bild 1, ist ein neuartiger Verbundwerkstoff, der sich durch eine Bewehrung mit technischen Textilien aus Glas- oder Carbonfasern auszeichnet. Die Textilien können wie beim Stahlbeton gezielt in Richtung der Zugbeanspruchung angeordnet werden. Das Trag- und Verformungsverhalten von textilbewehrtem Beton wird maßgeblich durch den Verbund von Faser und Feinbeton bestimmt, entscheidend hierfür ist die Einbettung des Textils im Beton. Nach dem Auftreten von Rissen im Beton nimmt die textile Bewehrung die Zugkräfte auf und hält die Rissbreiten durch ein fein verteiltes Rissbild klein.

Für den Bau einer Kleinkläranlage aus textilbewehrtem Beton waren neben statisch-konstruktiven Fragestellungen auch betontechnologische Aspekte zur Berücksichtigung der Abwasserbelastung zu untersuchen, um eine ausreichende Dauerhaftigkeit sicherzustellen.

Entwicklung einer geeigneten Feinbetonmischung

Am Institut für Bauforschung wurden geeignete Feinbetonmischungen entwickelt, die die Herstellung möglichst dünnwandiger Konstruktionen ermöglichen und die den betontechnologischen Anforderungen entsprechen. In Kleinkläranlagen besteht das Risiko der so genannten biogenen Schwefelsäurekorrosion. Bei einem Säureangriff werden grundsätzlich alle calciumhaltigen Bestandteile im Beton angegriffen und in meist wasserlösliche Salze überführt. Hierbei wird das im Beton reichlich vorhandene Calciumhydroxid mit Hilfe von Sulfat zu Gips umgesetzt.

Zur Vermeidung solch schädigender Einflüsse wurden neun Feinbetonmischungen hinsichtlich ihrer Säurebeständigkeit untersucht. Grundvoraussetzung für die Eignung der Betone für den Einsatz einer textilen Bewehrung ist eine hohe Fließfähigkeit zur vollständigen Durchdringung der engmaschigen Textilien. Durch Variation der Wasser-Zement-Verhältnisse und durch Verwendung Zusatzstofffreier Mischungen

als Referenz sollte der Einfluss des Kapillarporenraums sowie die Auswirkung veränderter Calciumhydroxid-Gehalte auf die Säurebeständigkeit der Feinbetone untersucht werden. Es wurden vier verschiedene Zemente ebenso wie diverse Betonzusatzstoffe wie Flugasche - ein Nebenprodukt der Kohleverbrennung - und Silikastaub für die neun verschiedenen Mischungen verwendet.

Nach der Herstellung wurden die Probekörper in verschiedenen Beanspruchungsmedien, die mit den Expositionsbedingungen in Kleinkläranlagen vergleichbar sind, zum Beispiel in Schwefelsäure oder häuslichem Abwasser, gelagert und 360 Tage beobachtet. Die Beurteilung der Säurebeständigkeit der Feinbetone erfolgte über die Bestimmung des zeitlichen Verlaufs von bestimmten Betoneigenschaften wie beispielsweise Säureverbrauch, Masseänderungen, sulfatbedingten Dehnungen sowie Druck- und Biegezugfestigkeiten. Zudem wurden an ausgewählten Proben in weitergehenden Untersuchungen die Sulfat- und Calciumhydroxid Gehalte in unterschiedlicher

textilbewehrtem Beton zur Herstellung des ersten Prototyps



Probentiefe sowie die Ausbildung von eventuellen Mikrorissen mit Hilfe der Lichtmikroskopie untersucht.

Bei den Untersuchungen zeigte sich, dass die Verwendung spezieller sulfatbeständiger Zemente keine wesentlichen Vorteile gegenüber herkömmlichen Zementen bietet. Weiterhin konnte festgestellt werden, dass sich durch den Einsatz von Betonzusatzstoffen wie Silikastaub und Flugasche schädigende Treiberscheinungen verringern und Abplatzungen vermeiden lassen.

Insgesamt ergab sich, dass bei Einlagerung in Schwefelsäure mit einem pH-Wert von 1 bereits nach kurzen Zeiträumen je nach Mischung zum Teil starke Treiberscheinungen, also schädigende Volumenveränderungen, aufgetreten sind, während bei Lagerung in Schwefelsäure mit einem pH-Wert von 4 oder in häuslichem Abwasser auch nach Einlagerungszeiten von bis zu 360 Tagen nur geringe Schädigungen zu beobachten waren.

Auf Grundlage dieser Versuchsergebnisse wurde eine Feinbetonmischung, bestehend aus einem herkömmlichen Port-

landzement CEM I 52,5, Flugasche und Silikastaub gewählt. Neben der Beständigkeit gegen chemische Angriffe weist der Feinbeton hohe Festigkeiten auf.

Tragverhalten von Elementen aus textilbewehrtem Beton

Aus den Ergebnissen der statischen Berechnungen, die am Institut für Massivbau durchgeführt wurden, war ersichtlich, dass die Bodenplatte, die Zylinderwand und der konusförmige obere Behälterabschluss einer Kleinkläranlage durch Zug und Biegung beansprucht werden. Zur Beurteilung der Tragfähigkeit wurden deshalb Zug- und Biegeversuche an kleinformatischen Probekörpern durchgeführt.

Hierbei kamen verschiedene Textilien aus alkaliresistenten Glasfasern und Carbonfasern zum Einsatz, bei denen die Rovings, das heißt die Faserbündel, in unterschiedlichen Abständen voneinander angeordnet waren und unterschiedliche Durchmesser aufwiesen. Die verschiedenen am Institut für Textiltechnik hergestellten Textilien wurden in Kombination mit den oben genannten Fein-

betonmischungen genauer untersucht.

Die Auswertung der Versuche und der Vergleich mit den statischen Anforderungen ergaben, dass eine Wandstärke von 3 cm aufgrund der hohen Beanspruchung der Bewehrung und der großen Verformungen nicht ausreicht. Daher wurde die Dicke der Probekörper auf 4 cm erhöht. Zur Beurteilung der Tragfähigkeit wurden die maximalen Zugkräfte der verschiedenen Bewehrungen im Verbundbauteil mit der Beanspruchung gemäß der statischen Berechnung des Behälters verglichen. Als maßgebendes Bauteil ergab sich die Bodenplatte. Aus den ermittelten Tragfähigkeiten konnten folgende Erkenntnisse gewonnen werden: Die verschiedenen Carbon- und Glasfasern wiesen unterschiedlich gute Verbundeigenschaften auf, so dass bei manchen Textilien die auftretende Zugkraft nicht aufgenommen werden konnten oder zu große Rissbreiten auftraten. Diese Textilien kamen für Kleinkläranlagen nicht in Frage. Für die Herstellung des ersten Prototypen einer textilbewehrten Kleinkläranlage wurde ein Car-

Bild 1: Bauteil (links), Glasfasertextil (Mitte), Feinbeton (rechts).

bontextil gewählt, bei dem die Carbonfasern jeweils im Abstand von 10 mm voneinander angeordnet sind. Fehler! Durch die Carbonbewehrung ergaben sich in den Bauteilversuchen ausreichend fein verteilte Rissbilder mit Rissbreiten kleiner als 0,2 mm.

Bemessung und Herstellung eines Prototypen

Nach Abschluss der oben genannten Vorversuche wurde ein Prototyp bei der Herstellung von Kleinkläranlagen hergestellt. Die Geometrie des Kleinkläranlagenbehälters wurde in Anlehnung an derzeit übliche Produkte festgelegt, siehe Bild 3. Die Bodenplatte mit einem Durchmesser von 2 m und die Zylinderwand mit einer Höhe von 2 m wurden zur Vermeidung einer wasserdurchlässigen Fuge in einem Stück betoniert. Aufgrund der statischen Vorbemessung wurde eine Bauteildicke von 4 cm gewählt. Das Gesamtgewicht des Behälters betrug 2 Tonnen. Um ein Auf-

schwimmen des Behälters im Grundwasser zu verhindern, wurde im unteren Bereich der Zylinderwände die Querschnittsdicke erhöht. Hierdurch kann der Behälter mit Befestigungsmitteln an einer vorher hergestellten Betonplatte verankert werden.

Die zur Bemessung anzusetzenden Lasten wurden aktuellen Normenwerken entnommen und in Lastfallkombinationen wie zum Beispiel dem Einbau oder Betrieb zusammengefasst. Nach der Ermittlung der Bauteilbelastungen mit der Finite-Elemente-Methode wurde die erforderliche Textilmenge bestimmt. Als Bewehrung für den Prototyp wurde das oben erwähnte Carbondetextil verwendet.

Die Oberfläche der Kleinkläranlage aus textilbewehrtem Beton wies eine sehr gute Betonqualität auf. Die Dichtheit und Tragfähigkeit des Bauteils wurde in einem Belastungstest überprüft und bestätigt. Dazu wurde der Behälter bis zu seiner Oberkante mit Wasser gefüllt, siehe Bild 4. Die nur 4 cm dicke Schale des Zylinders war dicht.

Die Herstellung von Kleinkläranlagen ist ein Beispiel für das weite Anwendungsspektrum des neuen Baustoffs textilbewehrter Beton. Nach umfangreichen Untersuchungen zur Bettechnologie sowie hinsichtlich des Trag- und Rissbildungsverhaltens von Textilbeton konnte mit dem Prototypen einer Kleinkläranlage die generelle Praxistauglichkeit unter Beweis gestellt werden.

www.imb.rwth-aachen.de
www.ibac.rwth-aachen.de/

Autoren:
 Univ.-Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Brameshuber ist Leiter des Instituts für Bauforschung.
 Univ.-Prof. Dr.-Ing. Josef Hegger ist Inhaber des Lehrstuhls und Instituts für Massivbau.
 Dipl.-Ing. Marcus Hinzen ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Bauforschung.
 Dr.-Ing. Norbert Will und Dipl.-Ing. Maike Zell sind wissenschaftliche Mitarbeiter am Lehrstuhl und Institut für Massivbau.

Bild 2: Carbondetextil.

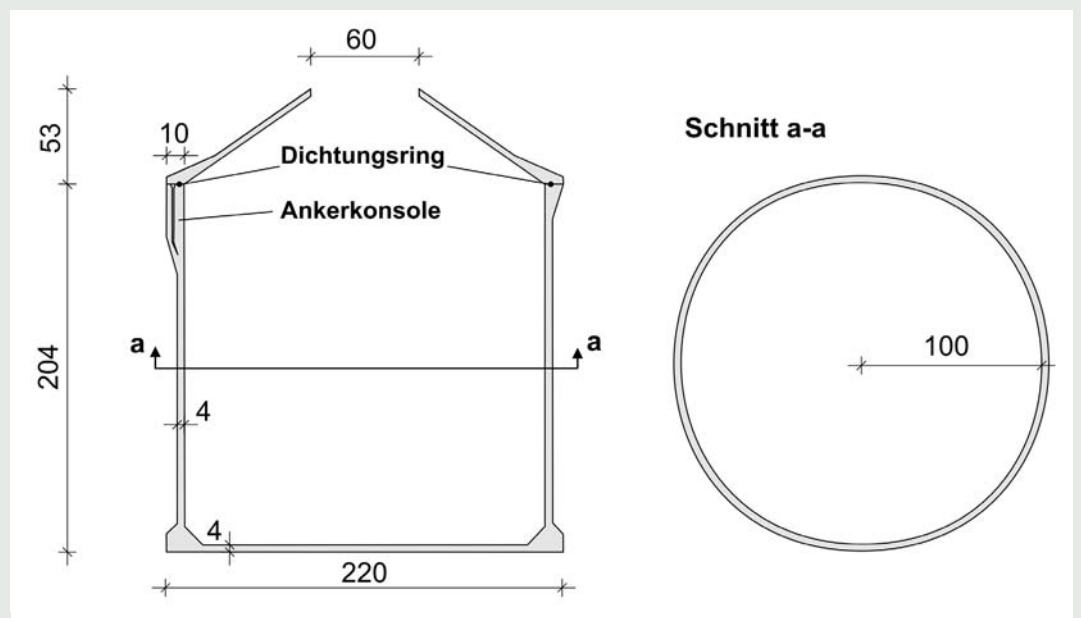
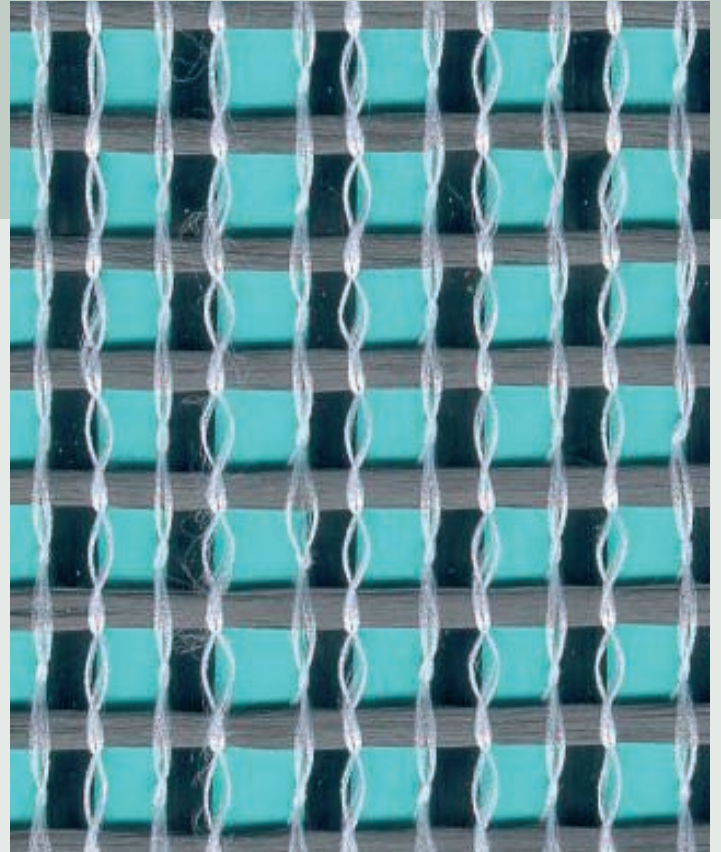


Bild 3: Geometrie der Kleinkläranlage aus Textilbeton.

Bild 4: Erstellung eines Textilbetonbauteils im Laminierverfahren zur Ermittlung der bemessungsrelevanten Kennwerte im Biegeversuch. Foto: Peter Winandy

