



Quelle: Ochs Nürnberg

Praxiserfahrungen beim Einsatz von Glaskugeln im Brunnenbau

Seit über sechs Jahren werden Glaskugeln **alternativ zu Sanden und Kiesen** der DIN 4924 als Stützmaterial im Brunnenbau eingesetzt. Der vorliegende Beitrag berichtet über die Einführung sowie Erfahrungen beim Bau von Brunnen mit Glaskugeln und zeigt Möglichkeiten der **Auslegung der Kugelgrößen** und der entsprechenden Kontrolle auf der Baustelle auf.

von: Frank Herrmann & Ralf Dinkelmeyer (Ochs Bohr GmbH)

Ausschlaggebend für die Idee, Glaskugeln im Brunnenbau einzusetzen, war ein Ortstermin bei einem großen Wasserversorgungsunternehmen. Die Reinigung und Regeneration der Brunnen werden dort u. a. mit einer eigenen Hochdruckanlage vorgenommen. Bei einer routinemäßigen Reinigung eines neueren Flachbrunnens im Lockergestein, der mit Wickeldrahtfilterrohren und einer doppelten Kiesschüttung ausgebaut war, wurde bei Begutachtung der aus den Brunnen geförderten Partikel festgestellt, dass im Zuge der Hochdruckregeneration überwiegend kleinere Quarzkiesteile aus der inneren Ringraumschüt-

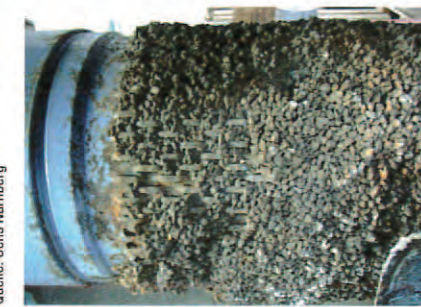
tung zutage gefördert wurden. Sand oder andere Partikel aus den umliegenden Bodenschichten waren in dem geförderten Material nicht zu erkennen.

Es wurde festgestellt, dass offensichtlich die Festigkeit der einzelnen Quarzkieskörner, obwohl diese nachweislich der DIN 4924 entsprechen, der mechanischen Beanspruchung der angewendeten Hochdruckreinigung nicht standhielt. Auf den Hinweis hin, dass der Einbau von Quarzkies gemäß DIN 4924 alternativlos sei und festeres Material nicht lieferbar wäre, stellte der beim Wasserversorger für die



Quelle: Ochs Nürnberg

Abb. 1: OBO-Holzfilterrohr mit Unterkorn



Quelle: Ochs Nürnberg

Abb. 2: Stahlfilterrohr, beschichtet mit geschlossener Kiesschicht



Quelle: Ochs Nürnberg

Abb. 3: Irreparable Kolmation von Filterschlitz durch Unterkorn

Regenerierung zuständige Angestellte die Frage, weshalb man beim Brunnenbau nicht etwas Stabileres, wie z. B. Glaskugeln, für die Ringraumschüttung verwenden würde. Diese Frage und eigene Erfahrungen und Beobachtungen bei Brunnenentwicklungen, -regenerierungen und -sanierungen waren der Auslöser, Glaskugeln im Brunnenbau in Betracht zu ziehen.

Bei fast jedem Brunnenrückbau war z. B. zu erkennen, dass die Schlitzte, unabhängig vom Filterrohrmaterial und von der Öffnungsform, oft zu großen Teilen mit Unterkorn aus der Kiesschüttung irreparabel verschlossen waren (Abb. 1 bis 3). Problematisch waren die Kies- oder Sandpartikel, die klein genug waren, um in den Filterrohrschlitz zu gelangen, jedoch groß genug, um sich in diesen zu verkeilen. Dieser Zustand war bei Brunnenrückbauten sowohl bei PVC- und OBO-Rohren mit Querschlitzen genauso wie bei Schlitzbrückenfilterrohren zu beobachten.

Ursprünglich waren in allen Brunnen deutlich größere Kieskörner eingebaut worden. Die Schlitzöffnung hatte in den meisten Fällen eine lichte Weite zwischen 1,5 und 2,5 mm, die ursprünglich dazu eingebaute Korngröße laut Ausbauunterlagen meistens 5,6 bis 8,0 mm. Theoretisch wäre deshalb ein Eindringen der Körner in die Schlitzte nicht möglich gewesen. Es muss also während des Brunnenbetriebes und/oder bei Regenerierungen zu einem Abschleifen der Kieskörner gekommen sein (Abb. 1 bis 3). Ohne diese irreparablen Verschlüsse hätten die Brunnen noch viele Jahre ohne

Sanierung betrieben werden können, da die Rohrmaterialien noch in gutem Zustand waren. Dies zeigt offensichtlich, dass das schwächste Glied in der Kette hinsichtlich der möglichen Nutzungsdauer von Brunnen nicht wie zu erwarten das verwendete Rohrmaterial, sondern in häufigen Fällen die Ringraumverkeilung ist.

Trotz umfangreicher Recherchen konnten keine Erfahrungsberichte mit Glaskugeln im Brunnenbau aufgefunden werden. Dies schien erstaunlich, da der Einsatz von Glaskugeln aufgrund der Materialeigenschaften, der Kugelform und der glatten Oberfläche geradezu für den Einsatz in Brunnen prädestiniert ist. Da bis dato jedoch noch kein Markt für derart große Mengen Glaskugeln vorhanden war, wie sie zum Bau von Brunnen benötigt werden, gab es

zudem nur wenige Lieferanten. Der erste Brunnen wurde deshalb mit Verschlusskugeln gebaut, die eigentlich ein Wiederbefüllen von Ramazzottiflaschen verhindern sollten.

Grundvoraussetzung für den Einsatz von Glaskugeln in Brunnen war, dass diese deutlich stabiler sein müssen als der günstigere Kies, um einen Mehrwert für das Bauwerk zu generieren. Vor dem ersten Einbau in Brunnen wurden deshalb zahlreiche Festigkeitsversuche an Glaskugeln und Quarzkies durchgeführt. Bei Glaskugeln ergab sich eine bis zu zehnfach höhere Druckfestigkeit gegenüber Quarzkiesen vergleichbarer Körnung. Obwohl Quarz an sich ein sehr hartes und widerstandsfähiges Material ist, ist die relativ geringe Festigkeit der Quarzkieskörner im Vergleich zu den Kugeln

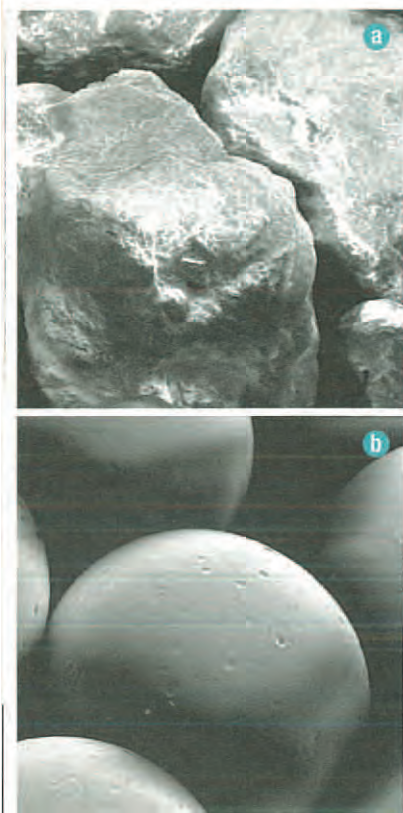


Abb. 4 a+b: Vergleichende Darstellung der Oberfläche von Kies und Glaskugeln unter dem Mikroskop

aus Fensterglas durch natürlich vorhandene innere Spannungsrisse bzw. Bruchstellen zu erklären.

Da Kiese auch aufgrund ihrer kantigen Form (Abb. 4a) beim Transportieren, Schütten und bei Setzbewegungen zum Absanden neigen, ist der Festigkeitsvorteil der Glaskugeln auch durch die Oberflächenstruktur zu erklären. Zusätzliche entscheidende Vorteile bringt die Elastizität des Glasmaterials, die dazu führt, dass eine in einem Brunnen eingebaute Glaskugel mit den derzeit am Markt befindlichen Regenerier- und Entwicklungsverfahren unter normalen Umständen nicht zerstörbar ist. **Abbildung 5** zeigt, dass Glaskugeln, in diesem Fall mit 12 mm Durchmesser, erst ab einer axialen Verformung zwischen 0,4 und 0,9 mm bersten. Eine derartige Verformung ist allerdings im eingebauten Zustand der Glaskugeln, bei der diese sich auch noch gegenseitig abstützen, nicht möglich.

Die technischen Anforderungen an den Brunnenausbau nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik sind im DVGW-Arbeitsblatt W 123 – Bau und Ausbau von Vertikalbrunnen [1] unter Punkt 5 aufgeführt. Diese gelten als Mindestanforderung an die Bauausführung, die ein Brunnenbauhandwerker einzuhalten hat. Hinsichtlich des Einbaus von Glaskugeln als Schüttgut sind eine Reihe von technischen Anforderungen zu beachten:

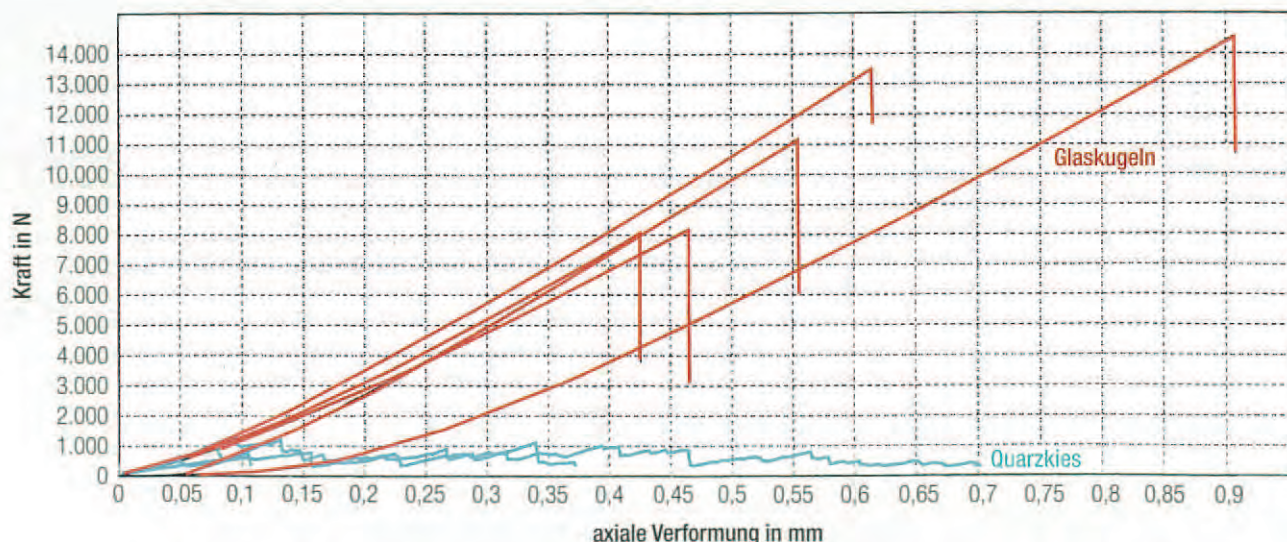
- Der gebaute Brunnen muss eine intensive Entsandung zur Entfernung der Bohrspülung und des Unterkorns im angrenzenden Grundwasserleiter zulassen.

- Bei der Abwägung der Wirtschaftlichkeit sind die geforderte Nutzungsdauer des Brunnens und die Kosten für die verschiedenen Arten der infrage kommenden Ausbaumaterialien zu berücksichtigen. Lange Nutzungsdauern rechtfertigen höhere Herstellkosten.
- Die Auswahl (der Materialien) hat so zu erfolgen, dass Regenerierungs- sowie Sanierungs- und Rückbaumaßnahmen möglich sind.

Unter Punkt 5.3.2.2 werden die Anforderungen für Filtersande und -kiese als Schüttgüter im Brunnenbau im Einzelnen benannt:

- Funktionssicherheit, d. h. Durchlässigkeit und Sicherstellung der technischen Sandfreiheit
- Beständigkeit gegenüber aggressiven und kontaminierten Wässern
- chemische und physikalische Stabilität, Alterungsbeständigkeit
- physiologische Unbedenklichkeit
- gute Einbaubarkeit, Handhabbarkeit
- Lagestabilität
- exakte Positionierbarkeit
- gute Transportierbarkeit
- gute Lagerfähigkeit
- gute Nachweisbarkeit
- keine nachteilige Beeinflussung anderer Brunnenbauteile

Diese Anforderungen gelten für Sande und Kiese. Auch wenn in dem derzeit gültigen DVGW-Arbeitsblatt W 123 die Glaskugeln nicht explizit aufgeführt sind, erfüllen sie die Anforderungen an Filtersande und -kiese mindestens im gleichen Maße. Nach den derzeitigen Erkenntnissen steht somit dem Einsatz von Glaskugeln als Filtermaterial nichts entgegen.



Quelle: Sigmund Lindner, Wärmensteinach

Aufgrund der im Brunnenbau bekannten problematischen Festigkeitseigenschaften des Quarzkieses sind die Anforderungen an Quarzsande und -kiese des DVGW-Arbeitsblattes W 123 hinsichtlich der

- physikalischen Stabilität,
- Alterungsbeständigkeit,
- guten Lagerfähigkeit und
- Beeinflussung anderer Brunnenbauteile

objektiv besser mit Glaskugeln zu erreichen, da Kiese und Sande im Filterrohrbereich die im Regelwerk gestellten Anforderungen nur eingeschränkt erfüllen können.

Im Gegensatz zum DVGW-Arbeitsblatt W 123 werden hinsichtlich der Festigkeit der Quarzkies- oder Sandkörner auch in der neuen DIN 4924 keine Mindestanforderungen gestellt. Dies hätte zu einer besseren Rechtssicherheit für den Brunnenbauer beigetragen, da er als Lieferant des Quarzkieses letztlich auch die Gewähr für die Einhaltung der Anforderungen des DVGW-Arbeitsblattes W 123 übernehmen muss.

Es wurde bereits auf die Problematik hingewiesen [2], dass die mechanische Kolmation von Brunnen infolge unzureichender Filterkiesqualitäten bei der Brunnenbemessung und -regenerierung zu berücksichtigen ist, auch wenn dies in den Regelwerken aufgrund fehlender Aktualität häufig nicht berücksichtigt werden kann.

Zahlreiche Brunnenbauer kennen den im DVGW-Arbeitsblatt W 115 [3] unter Punkt 5.1 beschriebenen „Skin-Effekt“, bei dem durch oszillierend und gleichzeitig vertikal bewegte Rohre bindige oder feine Teile in wasserführende Schichten derart verschleppt werden, dass teilweise erhebliche Leistungsminderungen verursacht werden. Diese Problematik zeigt sich auch beim Quarzkies: Bedingt durch die Bewegungen des Bohrrohres werden die äußersten Körner des an der inneren Bohrrohrwand anlie-

genden, frisch eingebrachten Quarzkieses regelrecht zerrieben. Gerade in dem für die spätere Entwicklung des Brunnens wichtigen Übergang von der Kiesschüttung zur wasserführenden Schicht ist so die ursprünglich geplante Kies Korngröße häufig nicht mehr vorhanden. Hauptgrund für die Einführung von Glaskugeln war die im Vergleich zu Kiesen und Sanden deutlich höhere Festigkeit.

Weitere leicht nachvollziehbare Vorteile für den Betrieb und Unterhalt von Brunnen ergeben sich aus der exakten Kugelform und glatten Oberfläche (Abb. 4b). So lag bei Versuchen [4] z. B. der cw-Wert (Strömungswiderstandsbeiwert) einer Glaskugel bei ca. 0,47, während dieser bei ähnlich großen Sandkörnern unter gleichen Bedingungen einen Wert von 1,35 ergab. Diese Abweichung resultiert bereits aus der nicht kugeligen Form von Sanden, was sich hinsichtlich des Strömungsverhaltens innerhalb der Schüttung negativ auswirkt und damit nachvollziehbar die Gefahr einer bakteriologischen Verockerung innerhalb der Porenräume der Ringraumschüttung eines Brunnens erhöht.

Erfahrungen beim Bau von Brunnen mit Glaskugelschüttung

Bei der Einführung von technischen Neuerungen ist es üblich, dass Vorbehalte erhoben werden. Bei den Glaskugeln für den Brunnenbau waren dies in erster Linie:

- Glaskugeln sind im Vergleich mit Kies zu teuer.
- Glaskugeln vermischen sich mit dem umliegenden Lockergestein.
- Glaskugeln vermischen sich mit dem Gegenfilter.
- Glaskugeln garantieren keine mit Kiesen oder Sanden vergleichbare technische Sandfreiheit bei Lockerböden mit kleinem Ungleichförmigkeitsgrad.
- Glaskugeln können nicht ohne rechtliche Risiken eingebaut werden, da es noch keine allgemein anerkannte Regel der Technik gibt.

Alle aufgeführten Punkte können bei fehlender Kompetenz und Erfahrung des Planers oder bei einer mangelhaften Ausführung des Brunnenbauers ohne Zweifel zutreffen. Es ist nie auszuschließen, dass ein Glaskugelbrunnen zu teuer geplant und/oder handwerklich mangelhaft ausgeführt wird. Nachfolgend werden deshalb die wichtigsten Punkte angesprochen.

Wirtschaftlichkeit

Die reinen Materialkosten der Glaskugeln sind in der Regel ca. achtmal höher als die von Quarzkies oder Sand gemäß DIN 4924. Während die Liefer- und Einbaukosten bei Kies mit ca. 200 bis 230 Euro/m³ zu kalkulieren sind, betragen sie bei Glaskugeln erfahrungsgemäß zwischen 1.600 und 1.700 Euro/m³. Durchschnittlich werden bei den meisten Brunnenausbauten zwischen 0,25 m³ und 0,35 m³ Schüttgut pro Meter Filterrohrstrecke benötigt. Dies führt zu durchschnittlichen Mehrkosten von ca. 430 Euro pro Meter Glaskugelschüttung im Brunnen. Nach den bisherigen Erfahrungen der Verfasser belaufen sich damit die Mehrkosten für einen Brunnen mit Glaskugelschüttung unter Berücksichtigung der Baustelleneinrichtung, Bohrung, Brunnenausbauaterialien und Ent-



Quelle: Ochs Nürnberg

Abb. 6: Einbau von Glaskugeln in Brunnen über Schütttrichter

wicklung mit Pumpversuch auf ca. 5 bis 10 Prozent der gesamten Brunnenbaukosten.

Wird dieser 5 bis 10 Prozent höhere Baupreis dem Mehrwert des deutlich widerstandsfähigeren Stützmaterials hinsichtlich zu erwartender Regenerierungen und einer längeren Nutzungsdauer eines Brunnens von ca. 10 bis 20 Jahren entgegengesetzt, relativiert sich dieser Mehrkostenaufwand erheblich. So zeigte eine Wirtschaftlichkeitsberechnung anhand neuer Brunnen mit Glaskugelhinterfüllung, dass selbst bei einer konservativen Gewichtung der bis dahin bekannten Vorteile Einsparungen in den gesamten Lebenszykluskosten eines Brunnens mit Glaskugeln im Vergleich zum Kiesbrunnen möglich sind [6].

Nachfolgende Planungstipps verbessern zusätzlich die wirtschaftliche Anwendung von Glaskugeln:

- Glaskugeln sollten nur im Bereich wasserführender Bodenschichten eingesetzt werden.
- Im Bereich von Sperrrohren oder nicht ausreichend wasserführender Bodenschichten ist die Verwendung von Kiesen oder Sanden gemäß DIN 4924 aus wirtschaftlicher Sicht sinnvoll.

- Die Filterschlitzweite, angepasst an die Glaskugeln, sollte möglichst groß gewählt werden.
- Es empfiehlt sich eine möglichst genaue Bestimmung des umliegenden Bodens bei Lockergesteinen durch Rammkernbohrungen mit Gewinnung der Proben im Liner. Die Ermittlung der Siebkurve sollte mit einem Camsizer durchgeführt werden. Dabei werden die Partikelgrößen und -form analysiert, nicht wie bei Siebungen das Gewicht. Diese Messung erlaubt eine deutlich genauere Auswahl der lieferbaren Glaskugelgrößen.
- Je nach Ergebnis der Partikelanalyse unbedingt teufendifferenziert schütten, um eine bestmögliche Kugelschüttung und Schlitzweite des Filters einzubauen.
- Auf den Peilrohreinbau in der Glaskugelringraumschüttung zur Ermittlung des Eintrittswiderstandes kann verzichtet werden, da mehr Differenz durch das Peilrohr als durch die Glaskugelporenräume verursacht wird. Das Peilrohr verursacht in der späteren Brunnenwartung nicht zu unterschätzende Regenerierungskosten.

Bemessung der Glaskugelgröße

Im Zuge eines Forschungsvorhabens wurden von der Ochs Bohr GmbH optimale Größenermittlungen für Glas-

kugelgrößen in Bohrbrunnen für Lockergesteine erarbeitet, die eine Sandfreiheit bei handwerklich sauberer Ausführung gewährleisten und eine optimale Entwicklung des Brunnenumfeldes erlauben. Eine Vermischung mit dem umliegenden Gestein ist bei richtiger Größenauslegung und fehlerfreiem Glaskugleinbau dabei nicht möglich. Die technische Sandfreiheit wurde in allen bisher durch die Ochs Bohr GmbH gebauten Brunnen auch bei sehr gleichförmigen Lockergesteinsböden erreicht.

Grundlage der Versuche war die in der DVGW-Schriftenreihe Wasser Nr. 11 veröffentlichte „Untersuchung über die Stabilität und das Dichtfahren von Filtern aus Sanden und Kiesen bei Bohrbrunnen“ [6], deren Versuchsreihe von gleich großen Kugeln ausging. Auf deren Ergebnissen aufbauend wurden weitere Versuche mit Glaskugelbrunnen in Lockergesteinen durchgeführt, deren Ergebnisse zu nachfolgend aufgezeigter Vorgehensweise zur Bemessung der Glaskugelgröße führten:

1. Korngrößenbestimmung aus Linerproben mittels Camsizer
2. grafische Darstellung der Ergebnisse im logarithmischen Maßstab
3. bei $U \geq 10$: Bestimmung von d_g an der 50-Prozent-Linie, Kugelgröße = $d_g \times 10$
4. bei $U > 2$ bis $U < 10$: Bestimmung von d_g an der 50-Prozent-Linie, Kugelgröße = $d_g \times 7$
5. bei $U \leq 2$: Bestimmung von d_g an der 30-Prozent-Linie, Kugelgröße = $d_g \times 5$
6. bei Festgesteinsbrunnen: Glaskugelgrößen je nach Ringraumgröße zwischen 8 und 12 mm

Qualitätskontrolle der Kugelschüttung auf der Baustelle

Zur Kontrolle der richtigen Glaskugelgröße wurde ein auf Baustellen umsetzbarer Feldversuch entwickelt. Diesem liegt zugrunde, dass bei der Brunnenentwicklung kein höherer Volumenprozentatz des anstehenden Bodens die Glaskugeln passieren darf,

als bei der Ermittlung des Kennkorns gewählt wurde (in der Regel zwischen 30 und 50 Prozent). In einem solchen Fall wären die Kugeln zu groß bemessen. Andererseits sollte der gewählte Prozentsatz keinesfalls zu deutlich unterschritten werden, was bei einem zu kleinen Kugeldurchmesser der Fall wäre, da so die Entwicklung des anstehenden Untergrundes nicht ordnungsgemäß durchführbar wäre. Je nach Ungleichförmigkeitsgrad sollten im Zuge der Brunnenentwicklung zwischen 30 und 50 Prozent des Unterkorns ausgespült werden, um gleichkörnigere Bodenstrukturen und damit freiere Porenräume im unmittelbaren Brunnenumfeld zu erreichen.

Für die Qualitätskontrolle der vorgesehenen Glaskugelschüttung werden benötigt:

- ein Liter Bodenprobe,
- ein geschlossener 10-Liter-Eimer,
- ein 10-Liter-Eimer (mindestens) mit gelochtem Boden, Löcher < Glaskugeldurchmesser,
- ein Imhofftrichter,
- eine Gießkanne.

Die Glaskugeln werden in den gelochten Eimer geschüttet, Höhe ca. 10 bis 15 cm. Dieser Eimer wird wiederum zum Auffangen des ausgespülten Unterkorns in einen geschlossenen Eimer gestellt. Von der Bodenprobe wird genau ein Liter mittels Messbecher oder Imhofftrichter abgemessen. Der Boden wird dann über die Glaskugeln gestreut, während ständig mit der Gießkanne Wasser nachgegossen wird. Dabei darf der Boden nicht über die Glaskugeln am Eimerrand gestreut werden, da hier der Porenraum deutlich größer ist als innerhalb der Ringraumschüttung. Dies würde zu falschen Ergebnissen führen.

Nach dem Ausspülen des Bodens wird mittels Imhofftrichter ermittelt, welcher prozentuale Massenanteil der Bodenprobe in den unteren Eimer gespült wurde. Dieser sollte sich in etwa mit dem gewählten Prozentsatz für die Ermittlung des Kennkorns aus der lo-

garithmischen Grafik decken. Ansonsten muss die Kugelgröße kleiner oder größer gewählt werden.

Einbau der Glaskugeln

Glaskugeln werden wie Kies je nach Bedarf in Big Bags oder in Säcken geliefert. Die Kugeln sind bereits keimfrei. Eine Desinfektion vor dem Einbau, wie bei Quarzkies gemäß DVGW-Arbeitsblatt W 123 gefordert, ist somit nicht nötig. Das Schüttgewicht ist mit ca. $1,45 \text{ t/m}^3$ mit dem von Kies vergleichbar. Beide Materialien können in einem Brunnen kombiniert werden. Der Einbau selbst erfolgt über Schüttrohre und -trichter unter gleichzeitigem Einspülen mit Wasser (Abb. 6). Der Durchmesser der Schüttrohre sollte dabei nach Möglichkeit mindestens 2 Zoll betragen.

Entwicklung von Glaskugelbrunnen

Die Glaskugeln erlauben eine optimale Entwicklung des umliegenden Bodens. Entscheidende Vorteile sind:

- Aufgrund der gleichmäßigen Kugelform bilden sich durchgängig miteinander verbundene Porenräume annähernd gleicher Größe, die eine relativ laminare Strömung innerhalb des Glaskugelkörpers ermöglichen (Abb. 7).
- Ein aus dem anstehenden Boden in die Glaskugelschüttung eingespültes Partikelkorn wird nie inmitten der Glaskugeln steckenbleiben, sondern komplett ausgespült werden, da keine unregelmäßigen Verengungen der Porenräume vorliegen. Eine innere Kolmation der Glaskugelschüttung ist somit nicht möglich.

Aufgrund der im Vergleich zum Kies relativ genau festlegbaren Porenräume kann sehr sicher definiert werden, welche Bodenpartikel die Glaskugeln noch durchwandern und welche abgestützt werden sollen. Die bei der Entwicklung abgepumpten Partikel können zur Qualitätskontrolle nochmals im Camsizer überprüft werden. Hier kann exakt festgestellt werden,

ob die berechneten Größen aus dem benachbarten Untergrund im Zuge der Entwicklung entfernt wurden.

Da sich bei stetig gleicher Fließrichtung zum Brunnen hin sehr schnell Kornbrücken aufbauen, die die Entwicklung des Brunnenumfeldes verhindern, wird bei der Entwicklung von Glaskugelbrunnen das Verfahren des Kolbens bei gleichzeitigem Abpumpen empfohlen. Die Sog- und Druckwirkung des Kolbens reicht über die großen offenen Porenräume der Glaskugeln bis weit in den Untergrund. Das Erreichen der technischen Sandfreiheit ist deshalb, bei richtig bemessenen Glaskugeln, in deutlich kürzerer Zeit zu erreichen als bei einem herkömmlichen Quarzkiesausbau.

Nicht zu empfehlen ist die Entwicklung des Glaskugelausbaus mittels Impulsen, bevor eine obere Kiesschüttung oder Ringraumabdichtung eingebracht ist. Glaskugeln haben einen annähernd gleichen Durchmesser, berühren sich nur an einem Punkt und sind elastisch. Damit erfüllen sie nahezu perfekt die Anforderungen des physikalischen Prinzips der Impulserhaltung. Im Physiklabor wird dieses Prinzip mit einem Kugelpendel an-



Abb. 7: definierter Porenraum von Glaskugeln

schaulich dargestellt. Fehlt oben eine der Impulsenergie entsprechende Auflast oder der Gegendruck des Gebirges, springen die obersten Kugeln nach oben. In dem Bereich der derart bewegten Kugeln vermischt sich dann unvermeidlich der umliegende Boden mit der Glaskugelschüttung, da keine statische Stützwirkung mehr vorhanden ist. Der einströmende Boden schafft Raum, sodass die Glaskugeln in diesen seitlich abwandern können.

Soll das Impulsverfahren bei der Entwicklung oder Regenerierung von Glaskugelbrunnen eingesetzt werden, ist das nur unter entsprechender Auflast machbar. Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass die Impulse bei Glaskugeln fast verlustfrei bis an die Bohrlochwand übertragen werden. Bei Kiesmaterial ist eine derartige Impulserhaltung innerhalb der Ringraumschüttung schon aufgrund der fehlenden Materialeigenschaften und der ungleichen Körnung sowie nicht punktuellen Lagerung physikalisch nicht möglich. Hier wird die auf den Kies eingebrachte Pulsenergie in mechanische Energie umgewandelt, was zu einem Bruch der Körner führen kann.

Ist die Entwicklung einer Glaskugelschüttung vor dem Einbringen einer oberen Belastungsfüllung notwendig, kann problemlos mit Kolben oder Kolben bei gleichzeitigem Abpumpen (z.B. bewegte Kammer) gearbeitet werden. Dabei kann mit hohen Geschwindigkeiten und hohen Abpumpmengen gearbeitet werden, da dabei keine Impulse erzeugt werden.

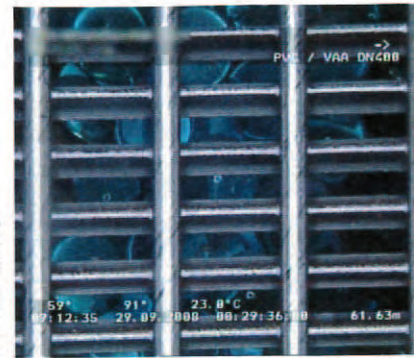


Abb. 8: fertiger Brunnen in der Kamerabefahrung

Rechtliche Risiken bei Einsatz von Glaskugeln im Brunnenbau

Glaskugeln werden in allen bisher im Brunnenbau verwendeten allgemein anerkannten Regeln der Technik (DVGW-Regelwerke oder DIN Normen) nicht erwähnt. Diese Regeln stellen den Mindeststandard dar, auf den sich die Fachwelt zum Zeitpunkt der Erstellung der jeweiligen Regeln einigen konnte. Ein Bauwerk ist rechtlich dann mangelhaft, wenn die handwerkliche Ausführung oder eingesetzte Materialien diesen Mindeststandard nicht erfüllen.

Da Glaskugeln die in den allgemein anerkannten Regeln der Technik beschriebenen Anforderungen in jeder Hinsicht nicht nur erfüllen, sondern übertreffen, ist deren Einsatz in Brunnen aus rechtlicher Sicht problemlos möglich. Der Einsatz von Glaskugeln im Brunnenbau entspricht aufgrund ihrer Kugelform, der glatten Oberfläche und vor allem der hohen Festigkeit nach siebenjähriger Erfahrung dem heutigen Stand der Technik.

Mut zur Innovation

Eine neue Idee zu haben ist relativ einfach. Weitaus schwieriger ist die Umsetzung in die Praxis. Diese ist ohne die Bereitschaft, eventuell auch zu scheitern, nicht machbar. Es gebührt deshalb, neben dem Ideengeber des Wasserversorgers und den zuständigen beteiligten Fachbehörden, die sich offen gegenüber bisher Unbekanntem gezeigt haben, auch ein besonderer Dank an den Mut des ersten Auftrag-

gebers, der Marktgemeinde Roßtal sowie der beteiligten Planungsbüros Wagner und QBS Reiländer.

Zwischenzeitlich sind mehr als 5.000 Tonnen Glaskugeln in annähernd 200 Brunnen eingebaut. Außerdem wurden Glaskugeln nicht nur in Deutschland, sondern auch in Brunnen in den USA, Italien und Frankreich eingebaut. Herausragende Beispiele aus den USA sind zwei je 1.500 Meter tiefe Entwässerungsbrunnen in einer Goldmine in Colorado/USA, die zur vollsten Zufriedenheit des Betreibers seit 2013 zur Absenkung von Grundwasser betrieben werden, sowie eine Brunnen-sanierung mit Inliner [7]. ■

Literatur:

- [1] DVGW-Arbeitsblatt W 123 (September 2001): Bau und Ausbau von Vertikalbrunnen.
- [2] Nillert, P., Treskatis, C. (2009): Regelmäßiger Anpassungsbedarf im DVGW-Regelwerk durch Fortschritte und Praxisentwicklung im Brunnenbau, bbr Fachmagazin für Brunnen- und Leitungsbau 07-08/2009.
- [3] DVGW-Arbeitsblatt W 115 (Juli 2008): Bohrungen zur Erkundung, Beobachtung und Gewinnung von Grundwasser.
- [4] Wistuba, Eberhard (2000): Richtiger Betrieb von geschlossenen Schnellfiltern in Schwimmbädern (Teil 1), IKZ-HAUSTECHNIK, Ausgabe 4/2000.
- [5] Klaus, R., Walter, P. (2011): Wirtschaftlichkeit von Glaskugeln im Brunnenbau, bbr Fachmagazin für Brunnen- und Leitungsbau 08/2011.
- [6] DVGW-Schriftenreihe Wasser Nr. 11: Untersuchung über die Stabilität und das Dichtverhalten von Filtern aus Sanden und Kiesen bei Bohrbrunnen.
- [7] St. Louis, R. M., Duran, J. (2015): Going glass – Rehabilitation of a freshwater supply well, Water Well Journal Jan/15.

Die Autoren

Dipl. Ing (FH) Frank Herrmann ist öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für das Brunnenbauhandwerk und als Geschäftsführer für die Ochs Bohr GmbH tätig.

Dipl. Geol. Ralf Dinkelmeyer ist Projektleiter bei der Ochs Bohr GmbH und speziell für Brunnenregenerierung zuständig.

Kontakt:

Frank Herrmann
Ochs Bohr GmbH
Schieräckerstr. 35
90431 Nürnberg
Tel.: 0911 324300
E-Mail: herrmann@ochs-bau.de
Internet: www.ochs-bau.de

Spaß ahoi!

Events für Wagemutige

- maximale Flexibilität
- große Auswahl an neuen Modulen
- Top-Preise

Lassen Sie sich von unseren neuen Events überraschen. Mit unseren neuen Modulen garantieren wir Ihnen Action, Spannung und viel Abwechslung, maßgeschneidert für alle Altersklassen, flexibel und individuell kombinierbar.



Wenn Sie mehr wissen wollen:
Tel. 0228 9191-40, shop.wvgw.de oder info@wvgw.de

Kompetenz:
Energie & Wasser. | **WVGW**