

Neubau von Brunnen mit Glaskugeln

Ergiebigkeiten und Einsparpotenziale

Ende 2007 wurden erstmalig Glaskugeln in Bohrbrunnen als Ersatz für Kies als Schüttmaterial eingesetzt. Ausgangspunkt war die Qualität der lieferbaren natürlichen Sande und Kiese, die u. a. hinsichtlich Form, Festigkeit und anderer Kriterien Nachteile gegenüber Glaskugeln aufweisen [1]. Die mangelnde Festigkeit des Kiesel führte zu irreparablen Kolmationen im Ringraum, die nur durch Komplettsanierungen behoben werden konnten. Die Lebensdauer eines Brunnens war damit deutlich verkürzt. Qualität und Zustand der anderen Bauteile hätte den einwandfreien Betrieb für weitere 10 bis 20 Jahre zugelassen.

Im Jahr 2009 wurden DIN-Filterkiese und Glaskugeln auf mechanische Parameter untersucht. Glaskugeln erzielten dabei in allen untersuchten Parametern bessere Ergebnisse als DIN-Kiese [5]. Im Jahr 2011 fanden umfangreiche Vergleichsuntersuchungen zur Hydraulik und zum Lagerungsverhalten der jeweiligen Schüttgüter statt. Auch hierbei zeigen die Glaskugeln z. T. bessere Eigenschaften gegenüber Filterkiesen [6]. Tabelle 1 zeigt eine kurze Gegenüberstellung der Materialien „Glaskugeln und Sand.

Das Langzeitverhalten bei den mit Glaskugeln ausgebauten Brunnen ist derzeit aus verständlichen Gründen nicht einschätzbar. Hier sind aufgrund der Materialeigenschaften und den hydraulischen Eigenschaften Vorteile für den Einsatz von Glaskugeln zu erwarten. Während die technischen Vorteile von Glaskugeln in Fachkreisen akzeptiert sind, wird der höhere Anschaffungspreis von Glaskugeln gegenüber natürlichen mineralischen Filterschüttungen häufig als Nachteil und Hindernis für eine Verwendung angeführt. Der Materialpreis alleine reicht jedoch bei weitem nicht aus, um die Gesamtwirtschaftlichkeit eines Brunnens zu beurteilen. Mit Betriebszeiten von in der Regel mehr als 40 Jahren sind Brunnen sehr langlebige Investitionsgüter. Neben den Investitionskosten müssen die Betriebskosten betrachtet werden, um das Ziel einer optimalen Gesamtwirtschaftlichkeit zu erreichen. Der große Einfluss der Betriebskosten ist als wesentlicher Faktor in der Wirtschaftlichkeit von Brunnen lange bekannt.

Für eine vergleichende Wirtschaftlichkeitsuntersuchung müssen in der Regel mindestens die folgenden Kostenaspekte betrachtet werden:

- Investitionskosten,
- Energiekosten der Rohwasserförderung,
- Kosten für Wartung und Instandhaltung (hier: Kosten für Regeneriermaßnahmen).

Nachfolgend werden für kürzlich neu gebaute Brunnen die Aspekte „Investitionskosten“ bzw. Mehrkosten für den Einsatz von Glaskugeln gegenüber Kies sowie „Energiekosten der Rohwasserförderung“ untersucht.

Bei einem Versorger wurden 2009/2010 insgesamt drei neue Brunnen als Ersatz für vorhandene Brunnen mit Steinzeugfilterausbau erstellt. Die Brunnen wurden mit Wickeldrahtfilter sowie mit Glaskugeln ausgerüstet. Zwei dieser Brunnen, Brunnen „A“ und „B“, werden in die folgenden Auswertungen einbezogen. Weitere Vergleichsdaten liegen von dem Brauchwasserbrunnen eines Stahlwerkes in Süddeutschland vor. Hier wurde in der vorhandenen Bohrung der korrodierte Ausbau aus Kupfermaterial mit Edelstahl-Wickeldrahtfiltern und die Ringraumschüttung aus Kies mit Glaskugeln ersetzt. Dieser Brunnen findet sich als Br. „C“ in der Aus-

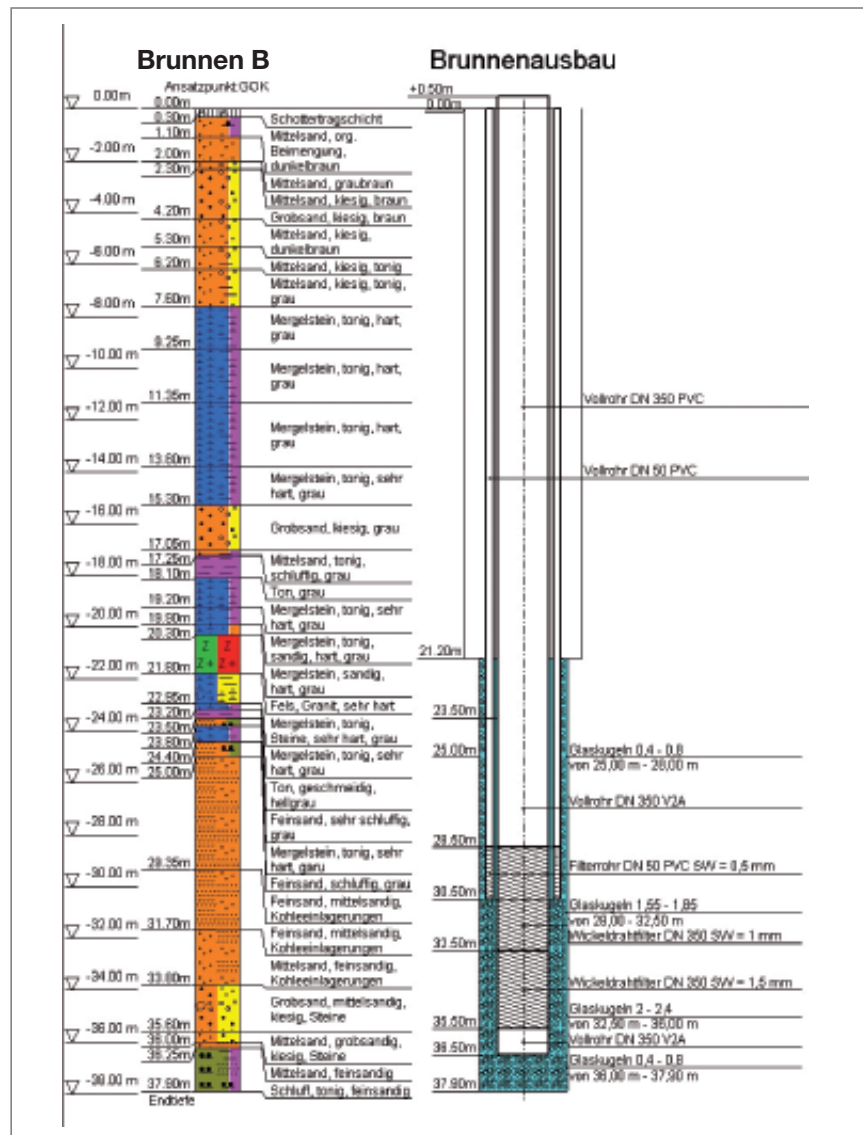


Abb. 1: Geologie und Ausbauplan von Brunnen „B“ mit Glaskugeln

Quelle: R. Klaus & P. Walter

Tabelle 1: Vergleichende Gegenüberstellung Kies/Glaskugeln im Brunnenbau

	Glaskugeln	Sand/Kies
Anteil Unterkorn	+	-
Hydraulik	+	-
Mechanik	+	-
Bettungsverhalten	+	-
chem. Beständigkeit	+	- / +
Regenerierbarkeit	+	-/+
Kosten Material	-	+
Folgekosten Entsandung	+	-
Häufigkeit von Regenerierungen/ Regenerierintervalle	+ ?	- ?

Quelle: R. Klaus & P. Wälter

wertung. In **Abbildung 1** und **2** sind die Ausbaupläne der Brunnen „B“ und „C“ (**Abb. 3**) dargestellt.

An den vorhandenen und den neuen Brunnen liegen Daten aus Betriebstests vor. Aus-

wertungen der Fördermengen und Absenkwerte sowie berechnete Ergiebigkeiten sind in **Tabelle 2** dargestellt (mit: Q = Förderung; s = Absenkung; E = Ergiebigkeit). An allen Brunnen konnten signifikante Leistungssteigerungen erzielt werden (**Abb. 4**). ▶

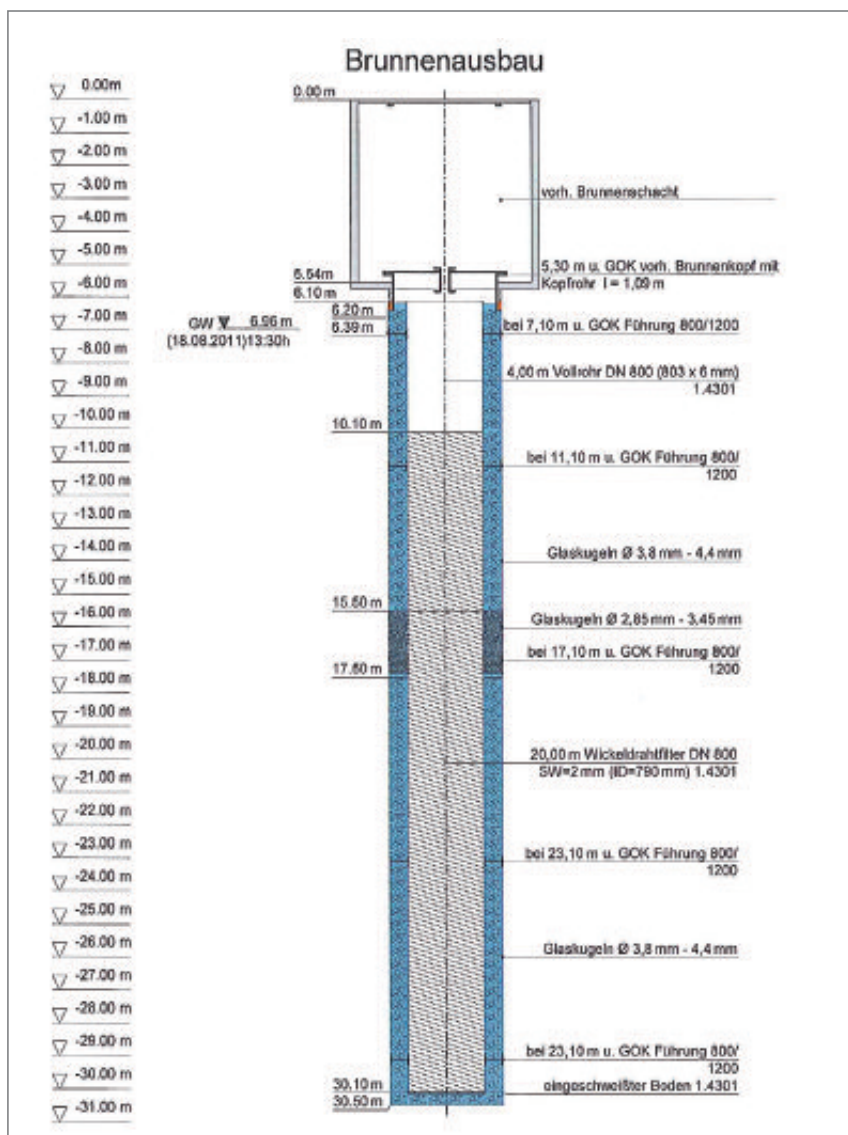


Abb. 2: Ausbauplan von Brunnen „C“ mit Glaskugeln

Tabelle 2: Fördermengen und erzielte Ergiebigkeiten

	Br.-Ausbau	Q1	s 1	E1	Q2	s 2	E2	Q3	s3	E3	E _{Mittel}	Leistungs-Steigerung um
		(m³/h)	[m]	[m³/h/m]	(m³/h)	[m]	[m³/h/m]	(m³/h)	[m]	[m³/h/m]	(m³/h/m)	
Br. A	Steinzeug-Kies	15,60	3,13	4,98	33,80	6,98	4,84	61,70	9,90	6,23	5,4	
Br. A-neu	WD-Glas	20,16	2,02	9,98	39,60	3,91	10,13	60,48	5,71	10,59	10,2	91,2 %
Br. B	Steinzeug-Kies	11,84	1,11	10,67	28,10	3,77	7,45	42,48	5,63	7,55	8,6	
Br. B-neu	WD-Glas	19,80	1,76	11,25	39,96	3,72	10,74	59,76	5,61	10,65	10,9	27,2 %
Br. C	Kupfergewebe	259,00	2,80	92,50	92,5							
Br. C-neu	WD-Glas	288,00	0,70	411,43							411,4	344,8 %

Quelle: R. Klaus & P. Walter

Tabelle 3: Gegenüberstellung Brunnenergiebigkeiten alt/neu und Kies/Glaskugeln

Energiekosten Rohwasserförderung							
		Ausbau Glaskugeln					
		Br. A-alt	Br. A-neu	Br. B-alt	Br. B-neu	Br. C-alt	Br. C-neu
Kosten je Kilowattstunde i.M.	(EUR/kWh)	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Förderung i. M.	(m³/h)	60	60	60	60	200	200
Förderung (Annahme)	(m³/a)	500.000	500.000	500.000	500.000	1.800.000	1.800.000
Wirkungsgrad Tauchmotorpumpen (μ) i.M.	(%)	60 %	60 %	60 %	60 %	60 %	60 %
spez. Ergiebigkeit i.M. (nach vorliegenden Daten)	(m³/h/m)	5,4	10,2	8,6	10,9	92,5	411,4
relative Förderhöhen i. M. (nur bez. auf reine Absenkung s)	(mWS)	11,2	5,9	7,0	5,5	2,2	0,5
Summe Energiekosten Förderung	(EUR/a)	3.818	1.997	2.389	1.878	2.651	596
Einsparung	(EUR/a)		1.821		511		2.055

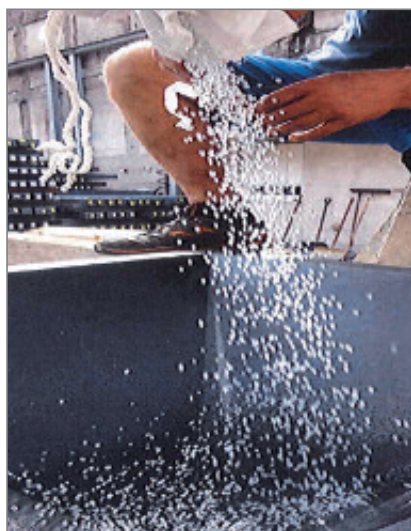
Quelle: R. Klaus & P. Walter

An den untersuchten Brunnen ergeben sich für den Betreiber die in Tabelle 3 aufgeführten Einsparungen an Energiekosten der Förderung. Die Jahresfördermengen wurden bei den Berechnungen geschätzt.

Für die Brunnen „A“ und „C“ wurden von den Betreibern z. T. Kostenvergleiche für

einen Ausbau mit Kies oder Glaskugeln zur Verfügung gestellt. Eine Kostengegenüberstellung ist in Tabelle 4 und 5 dargestellt. Die alleinigen Differenzen der Jahreskosten aus „Einsparung Energiekosten“ und Mehrkosten „Kapitaldienst“ für die Wahl von Glaskugeln belaufen sich auf 1.821 – 273 = 1.548 EUR/a (Einsparpotenzial Brunnen

„A“) und 2.055 – 718 = 1.337 EUR/a (Einsparpotenzial Brunnen „C“). Bei einer theoretischen Hochrechnung für eine Nutzungs- oder Betriebszeit von 40 Jahren – gleichbleibende Verhältnisse vorausgesetzt – läge das resultierende Einsparpotenzial bei Brunnen „A“ bei rd. 62.000 EUR und bei Brunnen „C“ bei rd. 53.000 EUR. Weitere Ein-



Quelle: Cöhs Bohr GmbH

Abb. 3: Einbau von Glaskugeln an Brunnen „C“

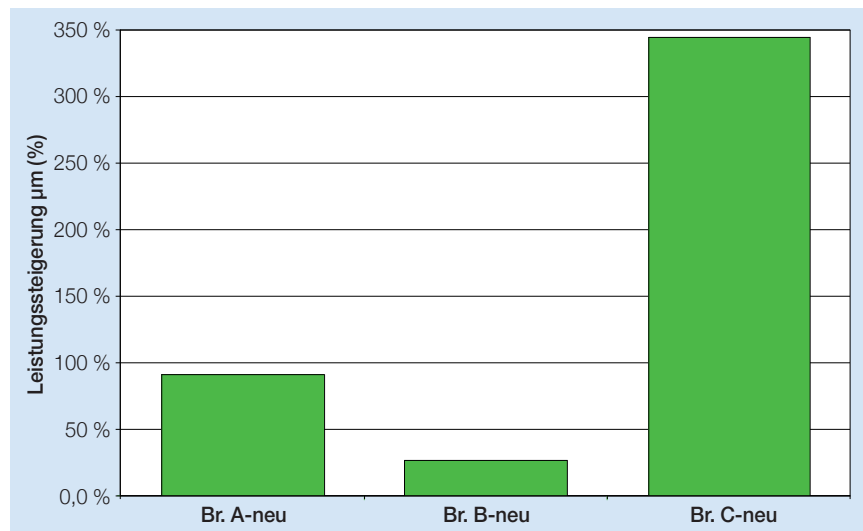


Abb. 4: Gegenüberstellung Brunnenergiebigkeiten alt / neu und Kies / Glaskugeln

Quelle: R. Klaus & P. Walter

Tabelle 4: Übersicht Gesamtkosten Brunnen „A“ und „C“

	Brunnen "A"		Brunnen "C"	
	Ausbau Kies	Ausbau Glaskugeln	Ausbau Kies	Ausbau Glaskugeln
Teilgewerk	EUR	EUR	EUR	EUR
1 Baustelleneinrichtung	15.419	15.419	Einzelkosten nicht bekannt	
2 Bohrung	13.581	13.581	Einzelkosten nicht bekannt	
3 Brunnenausbau	19.638	25.950	3.200	21.600
4 Entsandung und Pumpversuch	8.632	8.632	3.300	1.485
5 Brunnenabschlussbauwerk	31.502	31.502	Einzelkosten nicht bekannt	
6 Kontrollen	2.563	2.563	Einzelkosten nicht bekannt	
Zwischensumme 1 (nur Brunnenbau)	91.335	97.647	136.915	153.500
	100,0%	106,9%	100,0%	112,1%
Mehrkosten		6.312		16.585

Quelle: R. Klaus & P. Walter

Tabelle 5: Übersicht Kapitalkosten Brunnen „A“ und „C“

		Kostensituation Br. „A“		Kostensituation Br. „C“	
		Ausbau „Kies“	Ausbau „Glaskugeln“	Ausbau „Kies“	Ausbau „Glaskugeln“
Investitions- und Kapitalkosten					
Investitionskosten	(EUR)	91.335	97.647	136.915	153.500
Kapitaldienst					
Nutzungsdauer	(a)	40	40	40	40
Annuitätsfaktor	(-)	0,0433	0,0433	0,0433	0,0433
jährl. Kapitalkosten	(EUR/a)	3.951	4.224	5.923	6.641
Mehrkosten "kapitalisiert"	(EUR/a)		273		718

Quelle: R. Klaus & P. Walter

sparungen sind infolge der geringeren Verockerungsneigungen und damit verbundenen größeren Regenerierintervallen bei Brunnen mit Glaskugelausbau zu erwarten. Erste Beobachtungen an einem ca. vier Jahre alten Brunnen mit Glaskugelschüttungen im Mittelfränkischen Sandsteinkeuper ergaben:

- deutlich geringere Eisenablagerungen im Ringraum im Vergleich zu Brunnen mit Kieshinterfüllung,
- geringerer Anstieg des Filterwiderstandes trotz Verockerung,
- leichtere Entfernbarkeit der Beläge an der Schüttung.

Interessant ist die weitere Fortschreibung der Brunnenergiebigkeiten und der Kosten von gegebenenfalls anfallenden Regenerierungsmaßnahmen, um das Langzeitverhalten der Brunnen in wirtschaftlicher Hinsicht fortschreiben zu können.

Abschließend sei darauf hingewiesen, dass neue Brunnen mit Kiesausbau anstelle von Glaskugeln im Neubauzustand ebenfalls Leistungssteigerungen aufweisen können. Dies war nicht Gegenstand der Untersuchung.

Aufgrund der mangelnden Festigkeit von Kies im Vergleich zu Glaskugeln (wie eingangs erwähnt) sehen die Autoren aber – über die gesamte Nutzungsdauer eines Brunnens – neben den dargestellten wirtschaftlichen auch deutliche technische Vorteile für den Einsatz von Glaskugeln, besonders was die Nachhaltigkeit der Leistung betrifft.

Literatur

[1] Herrmann, F & Stiegler, X. (2008): Einsatz von Glaskugeln als Ersatz für Filterkies in Brunnen. In: bbr 05/2008: S. 48-53; Bonn (wvgw).

[2] DeZwart, B.-R. (2007): Investigation of Clogging Process in Unconsolidated Aquifers near Water Supply Wells. 200 S., Dissertation TU Delft.

[3] Treskatis, C. (2007): Partikelinduzierte Kolmation von Brunnen – Identifikation und Lösungsansätze. In: Drebenstedt, C. & Struzina, M. (Hrsg.): Grundlagen und Erfahrungen der Übertragbarkeit von Modellversuchen auf großindustrielle Anwendungen, S. 59 – 71, Freiberg, ISBN 978-3-86012-330-0

[4] Houben, G. & Treskatis, C. (2003): Regenerierung und Sanierung von Brunnen. 280 S., 111 Abb., 32 Tab., Anhang und CD-ROM; München (Oldenbourg) (ISBN: 3-486-26545-8).

[5] Treskatis, C. Danhof, M., Dressler, M. & Herrmann, F. (2010): Vergleich ausgewählter Materialcharakteristiken von Glaskugeln und Filterkiesen für den Einsatz in Trinkwasserbrunnen. DVGW energie | wasser-praxis 1/2010: S. 26 – 32; Bonn (wvgw).

[6] Treskatis, C; Tholen, L; Klaus, R. (2011): Hydraulische Merkmale von Glaskugel- und Filterkiesschüttungen im Brunnenbau. DVGW energie | wasser-praxis 12/2011 u. 01/2012; Bonn (wvgw).

[7] Treskatis, C., Hein, C., Peiffer, S. & Herrmann, F. (2009): Brunnenalterung: Sind Glaskugeln eine Alternative zum Filterkies nach DIN 4924?. In: bbr 04/2009: S. 36-44; Bonn (wvgw).

[8] Treskatis, C., (2011): Einsatz von Glaskugeln in Trinkwasserbrunnen – bisherige Forschungsergebnisse. bluefacts 5/2011: S. 110 – 116; Bonn (wvgw).

[9] Walter, Peter, (Mai 2000): Wirtschaftliche Aspekte beim Betrieb von Brunnen. In: bbr 05/2000 Verlagsgesellschaft Rudolf Müller Bau-Fachinformationen GmbH&Co.KG, Köln

[10] Walter, Peter, (Mai 2001): Kostenbetrachtungen und Kostenanalysen beim Brunnen. In: bbr Verlags-gesellschaft Rudolf Müller Bau-Fachinformationen GmbH&Co.KG, Köln

[11] Klaus, R & Walter, P. (2011): Wirtschaftlichkeit von Glaskugeln im Brunnenbau. In: bbr 08/2011; Bonn (wvgw).

Autoren:

Dipl.-Geol. Reinhard Klaus, MBA
 RKP Consulting
 Mögelder Hauptstr. 31a
 90482 Nürnberg
 Tel.: 0911 570 3596
 E-Mail: mail@reinhard-klaus.de

Dipl.-Ing. Peter Walter
 WETZEL + PARTNER
 Ingenieurgesellschaft mbH
 Fritz-Reuter-Str. 2
 47447 Moers
 Tel.: 02841 96990-30
 E-Mail: peter.walter@iwp-moers.de
 Internet: www.iwp-moers.de