

Sonderdruck aus 5/2005

Kosten-Nutzen-Bewertung eines Horizontalfilterbrunnens in den Niederlanden

Jochem Plujmackers
Jan Willem Kooiman
David Visscher
Bernd Radke



Aufsetzen des Schachtab schlusses beim Horizontalfilterbrunnen

BHG BRECHTEL GmbH
Brunnenbau • Spezialtiefbau • Deponiesanierung



Kosten-Nutzen-Bewertung eines Horizontalfilterbrunnens in den Niederlanden

Betriebsführung ■ Am Beispiel eines Horizontalfilterbrunnens im niederländischen Laren werden die hydrogeologischen Gegebenheiten des Grundwasserleiters, die daraus resultierenden Anforderungen des Wasserversorgers, die baulichen Ausführungen des Brunnens sowie nach drei Betriebsjahren die betrieblichen Gegebenheiten einschließlich einer Kostenbetrachtung dargelegt.

Das Wasserversorgungsunternehmen Hydron Midden-Nederland betreibt im niederländischen Laren seit mittlerweile drei Jahren einen Horizontalfilterbrunnen. Bei der Planung dieses Brunnens hatte man sich für

eine horizontale Fassung entschieden, da bei den vorhandenen Vertikalbrunnen besonders starke Brunnenalterungserscheinungen auftraten. Durch eine vergleichende Studie über die effektive Lebensdauer von Brunnen zeig-

te sich, dass der Einsatz von Horizontalfilterbrunnen kostengünstiger zu sein versprach.

Horizontalfilterbrunnen altern generell bedeutend langsamer als Vertikalbrunnen. Dies gilt besonders für die Vertikalbrunnen im niederländischen Laren, bei denen die Regenerierungshäufigkeit um mehr als 400 Prozent zugenommen hatte. Bedingt durch den Einsatz eines Horizontalfilterbrunnens und die dadurch verbesserte Rohwasserqualität sind die Wasseraufbereitungskosten gesunken. Dies bringt, bei einer Jahresförderung von 2 Mio. m³ Trinkwasser, einen jährlichen Kostenvorteil von 25.600 Euro. Dank einer zusätzlichen technischen Neuerung ist der vertikale Schacht des Horizontalfilterbrunnens außerdem einfacher zugänglich, sodass Wartung und Regenerierung auch während des Betriebs möglich sind. Das Wasserversorgungsunternehmen Hydron Midden-Nederland beurteilt in diesem Beitrag das Betriebsverhalten des Brunnens mit den ursprünglich in der Planung getroffenen Annahmen, vor allem was die Alterung des Horizontalfilterbrunnens und die Betriebskosten betrifft.

Die Pumpstation Laren liegt auf der Gooise Stuwwal, ca. 20 Kilometer nördlich von Utrecht. Die geologische Abfolge zeigt in den obersten Metern Ablagerungen aus Decksanden. Darunter folgen bis zu einer Tiefe von 60 Meter ungleichförmige Sandschichten (Mittel- bis Grobsande).

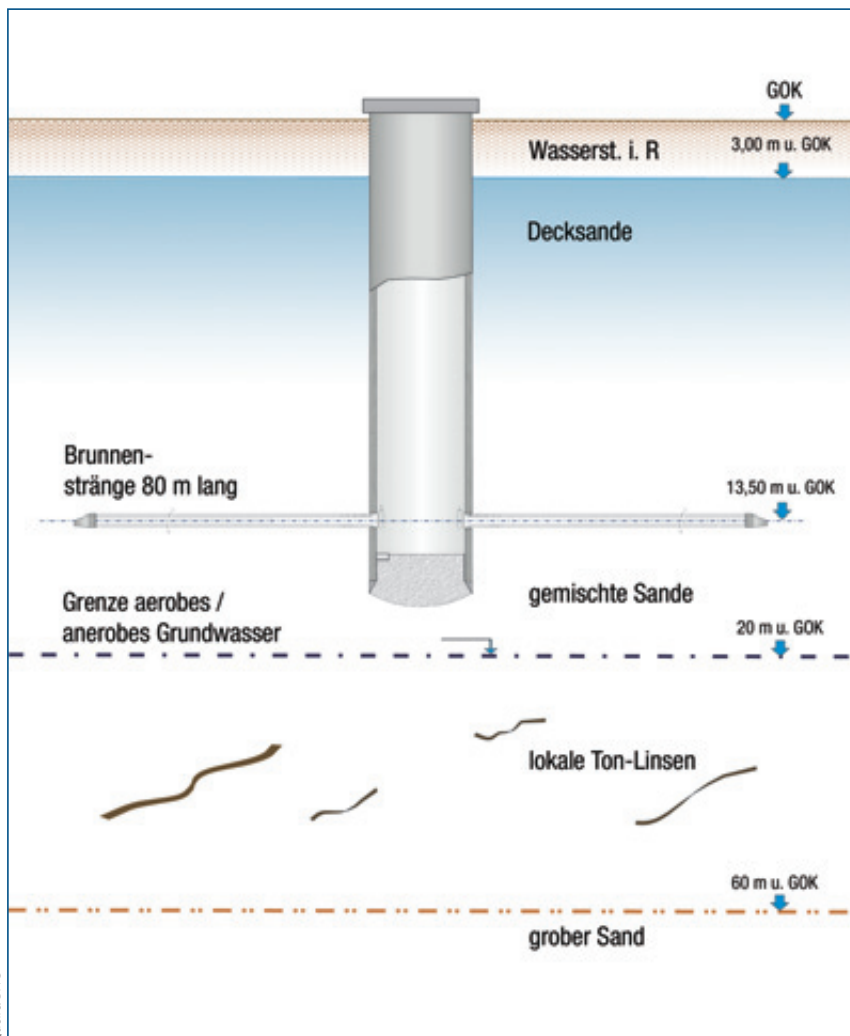
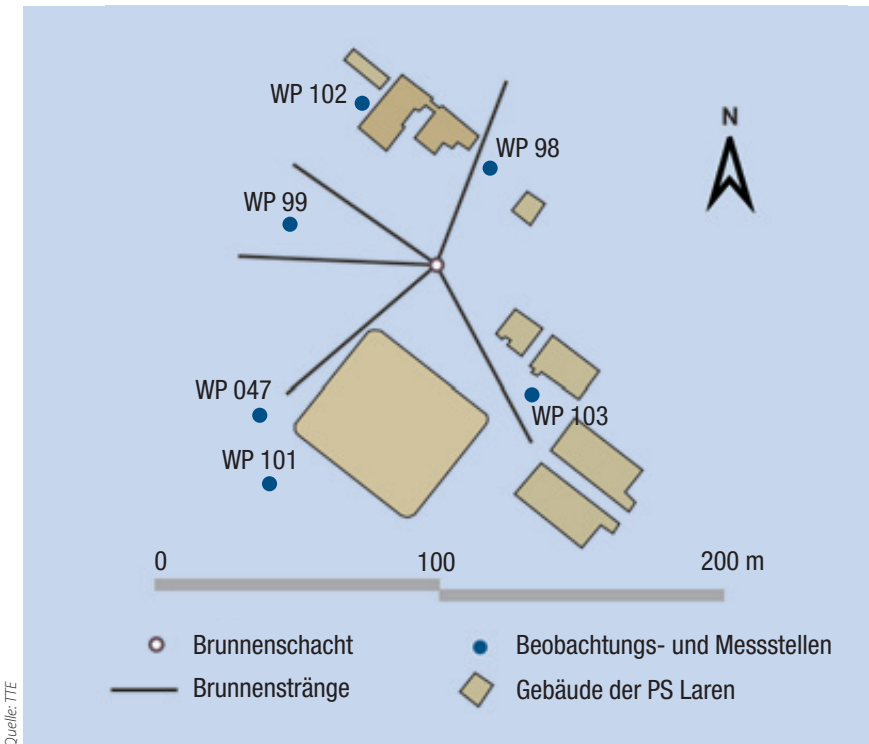


Abb.1 Schnittzeichnung des Horizontalfilterbrunnens Laren



Quelle: TFE

Abb. 2 Lageplan der Brunnenfassung in Laren

In dieser Tiefe sind lokal eingelagerte Tonlinsen vorhanden, welche die Zu- strömung zu den vertikalen Brunnen erschweren (**Abb. 1**).

Wie auch in anderen Gegenden häufig anzutreffen, ist in Laren das oberflächennahe Grundwasser aerob (sauerstoffhaltig) ausgebildet und geht ab einer Tiefe von ungefähr 20 Meter unter Geländeoberkante (GOK) in ein anaerobes (sauerstoffarmes), eisenhaltiges Grundwasser über. Diese Unterschiede in der Wasserqualität verursachten große Probleme beim Betrieb der Vertikalfilterbrunnen. Zum einen führte Verockerung, bedingt durch die Vermischung der zwei unterschiedlichen Grundwassertypen, zum Zusetzen der Filterschlitz und Brunnenpumpen, und zum anderen resultierte aus dem hohen Eisenanteil im gewonnenen Grundwasser ein hoher Aufwand bei der Wasseraufbereitung.

Durch die rasche Alterung stellten sich erhöhte Absenkungswerte in den Brunnen ein, und durch eine ökologisch bedingte wasserrechtliche Forderung, das Grundwasser nur in einem vorgegebenen Rahmen absenken zu dürfen, musste die Förderung des Grundwassers in diesem Gewinn-

ungsgebiet von 7 auf 2 Mio. m³/Jahr zurückgefahren werden. Als weitere Folge davon ergaben sich steigende Grundwasserstände im Umfeld und Wasserschäden in den Betriebsgebäuden und Kellern. Ende der 90er-Jahre beschloss Hydron Midden-Nederland eine grundlegende Neugestaltung der Wassergewinnungsanlage. Dabei wurden verschiedene alternative Gewinnungssysteme sowohl mit vertikalen als auch mit horizontalen Brunnen vorgelegt und im Einzelnen untersucht.

Unterschiede zwischen Vertikal- und Horizontalfilterbrunnen

Der generelle Unterschied zwischen einem konventionellen Vertikalbrunnen und einem Horizontalfilterbrunnen besteht in der Ausrichtung der Fassungsfiler. Vertikale Filterrohre mit Längen zwischen 15 und 40 Metern durchfahren häufig mehrere Bodenschichten und entziehen dadurch Grundwasser über eine Höhe von mehreren Zehnermetern mit meist verschiedenen Grundwasserqualitäten.

Ein Horizontalfilterbrunnen besteht aus einem wasserundurchlässigen Vertikalbrunnenschacht und aus horizontalen Filtersträngen, die in mehreren

Tiefenlagen angeordnet werden können und die aus dem Schacht heraus gebohrt werden. Hierdurch ist es möglich, gezielt Wasser zu fassen, das in einer begrenzten horizontalen Schicht mit einer Mächtigkeit von wenigen Metern bis zu einem Maximum von ca. zehn Metern seinen Ursprung hat. Das gewonnene Grundwasser hat dann meist eine gleichmäßigere Qualität. Die Fassungskapazität eines einzigen Horizontalfilterbrunnens mit mehreren Strängen ist häufig fünf- bis zehnmal größer als die eines einzelnen Vertikalbrunnens.

Im Gegensatz zu Deutschland sind Horizontalfilterbrunnen in den Niederlanden bisher kaum eingesetzt worden. In den letzten Jahren gewinnen sie jedoch besonders bei Wasserversorgungsbetrieben immer mehr an Bedeutung.

Brunnen Laren

Um die genannten Probleme zu umgehen fiel die Wahl in Laren auf den Einsatz eines Horizontalfilterbrunnens. Der hydrologische Entwurf musste demzufolge drei Kriterien, die zum Teil im Gegensatz zueinander stehen, Rechnung tragen:

- Vermeidung einer gemeinsamen Förderung von aerobem und anaerobem Wasser: daher Anordnung der Filterstränge oberhalb der Grenzschicht aerob/anaerob.
- Vermeidung von Wasserschäden an den Betriebsgebäuden: daher Anordnung der Stränge in geringer Tiefe und nahe an den Gebäuden.
- ausreichende Verweilzeit des Wassers im Boden zur Sicherstellung der Grundwasserqualität durch natürlichen mikrobiologischen Abbau: daher Anordnung der Stränge so tief wie möglich.

Detaillierte hydrologische Berechnungen führten zu einer optimalen Fassungstiefe von 13,50 Metern unter GOK und einer Auslegung von fünf Strängen mit jeweils 80 Meter Länge (**Abb. 2**). Die Bemessungswassermenge betrug maximal 560 m³/h. Durch diesen Horizontalfilterbrunnen konnten sechs bis acht Vertikalbrunnen ersetzt werden.

Neuer technischer Entwurf eines trockenen Schachtes

Eine besondere Anforderung von Hydron Midden-Nederland an die Planung war die Herstellung eines so genannten trockenen Schachtes. Normalerweise wird bei Horizontalfilterbrunnen aus einem gefluteten Schacht gefördert. Das durch die Filterstränge gewonnene Grundwasser strömt dabei mit freiem Gefälle in den Schacht, aus dem es mit Unterwasserpumpen gefördert wird. Bei Regenerierungsarbeiten und Reparaturen müssen erst alle Stränge geschlossen werden, danach wird der Schacht trocken gepumpt, sodass die speziellen Arbeiten dann im Trockenen durchgeführt werden können. Während dessen kann also kein Wasser aus dem Brunnen entnommen werden.

Für Laren wäre jedoch bei solch einer Brunnenaufstellung die Versorgungssicherheit nicht zu gewährleisten gewesen. Daraus ergab sich die Anforderung an die Planung, dass Regenerierungen einzelner Stränge alleine möglich sein müssen, während die anderen Stränge normal in Betrieb bleiben. Zusätzlich musste der Innenausbau des trockenen Schachtes u. a. auch den Forderungen der niederländischen Unfallverhütungsvorschriften entsprechen.

Auf Basis dieser Bedingungen wurde von Hydron Midden-Nederland in Zusammenarbeit mit der BHG Brechtel GmbH (vorher PREUSSAG Brunnenbau) ein entsprechender Entwurf entwickelt. Dieser besteht aus einem besonderen Entnahmesystem im Schacht selbst (**Abb. 3**) mit einer Ringleitung, einem System von Verbindungsleitungen und Absperrarmaturen zwischen Stranganschluss und Ringleitung, Saugleitungen zu den Pumpen, festen frequenzgeregelten Pumpen und einer Druckleitung zu der Aufbereitungsstation. Durch diese Konstruktion kann der Schacht zu allen Zeiten auch während des Betriebes befahren werden, u. a. für Fernsehuntersuchungen, Inspektions- und Wartungsarbeiten.

Ausführung

Die Herstellung des Schachtes und der Stränge ist ein Spezialverfahren und wurde von der BHG Brechtel GmbH



Abb. 3 Blick in den Schacht mit eingebauter Zwischenbühne

Quelle: TTE



Abb. 4 Innenausbau des Horizontalfilterbrunnens in Trockenaufstellung

Quelle: TTE

ausgeführt. Zuerst wurden starkwandige Betonrohre als Betonfertigteilringe nach DIN 4035 (Innendurchmesser 2,8 m) in den Untergrund bis ca. 17 Meter zur Herstellung des Brunnenschachtes abgeteuft. Nach dem Erreichen der geforderten Endteufe wurde der Schacht mit einer Unterwasserbetonsole abgedichtet, woraufhin der Schacht leergepumpt werden konnte. Im Folgenden wurde in der vorher festgelegten Tiefe das Bohrgerät installiert und durch die eingebauten Schachtwanddurchführungen die Stränge erstellt (**Abb. 4**).

Die horizontalen Bohrungen wurden nach dem PREUSSAG-System durchgeführt, bei dem der Bohrkopf mit dem dahinter liegenden Mantelrohr mit einem speziellen Verfahren in den Untergrund eingebracht wurde (**Abb. 5**). Während des Bohrvorganges wurden fortlaufend Bodenproben des erbohrten Materials nach den bewährten Methoden entnommen. Diese wurden vor Ort gesiebt und die gemessenen Werte als Kornverteilungskurve dargestellt. Auf Basis der Korngrößenverteilung wurden der Filterrohrtyp, die Filterschlitzweite und die

zugehörige Körnung der Filterkiesummantelung festgelegt. Die Auswertung der Bodenproben war auf Grund der

unterschiedlichen Kornzusammensetzungen innerhalb weniger Meter Abstand besonders wichtig. Nach Festle-

gung des Ausbaus wurden die Filterrohre in den Bohrstrang eingebaut und anschließend der Ringraum zwischen Filter und Bohrrohr über Kieseinspülrohre abschnittsweise mit Filterkies verfüllt, während die Bohrrohre gleichzeitig zurückgezogen wurden. Nach dem Entwickeln und Entsanden der Horizontalfilterstränge wurde die Rohrinstallation im Brunnenschacht montiert.

Drei Jahre nach der Inbetriebnahme wurden nun die Betriebsergebnisse bewertet, wobei die Brunnenalterung und die Betriebskosten als wichtigste Kriterien galten.

Betriebsergebnisse zur Brunnenalterung

Der maßgebende Parameter für die Brunnenalterung ist der spezifische Volumenstrom je Strang, angegeben als Prozentwert des Wertes, der bei Inbetriebnahme durch Hydron Midden-Niederland festgestellt wurde. Bei zwei Strängen ergab sich nach einem Jahr eine Leistungsminderung von zwei bzw. sechs Prozent gegenüber dem vorgenannten Parameter. Die übrigen drei Stränge zeigten während der ersten acht Monate nach Inbetriebnahme sogar eine Leistungssteigerung. Danach ist auch bei diesen Strängen eine leichte Leistungsminderung eingetreten.

Hydron Midden-Niederland hat als Entscheidungskriterium zur Durchführung von Regenerierungsmaßnahmen einen Rückgang der Leistung auf 85 Prozent des Ausgangswertes bei Inbetriebnahme festgelegt. Dies bedeutet im vorliegenden Fall, dass die am schnellsten gealterten Stränge nach ca. drei Jahren regeneriert werden müssen. Bei den geringer alternden Strängen muss erst nach mehr als zehn Jahren regeneriert werden. Dies ist eine enorme Verbesserung im Vergleich zu den vielen Vertikalbrunnen, bei denen spätestens nach ein bis zwei Jahren regeneriert werden muss(te). Für den Horizontalfilterbrunnen dokumentiert sich damit ein länger anhaltender, ununterbrochener Betriebsablauf. Demzufolge ergibt sich auch ein verminderter Chemikalienverbrauch mit dem Ergebnis deutlich geringerer Instandhaltungskosten.

Betriebskosten € Gewinnung mit Vertikalbrunnen		Betriebskosten € Gewinnung mit Horizontalbrunnen	
Instandhaltung der Fassung		Instandhaltung der Fassung	
Brunnenregenerierung	21.500	Brunnenregenerierung	3.500
Spülen der erdverlegten Leitungen	2.000	Fernsehuntersuchungen	3.200
Reinigen der Unterwasser-Pumpen	35.500	technischer Unterhalt	1.000
Zwischensumme 1	59.000	Zwischensumme 1	7.700
sonstige Kosten		sonstige Kosten	
Energiekosten	10.300	Energiekosten	6.300
Beprobung und Analysen	12.700	Beprobung und Analysen	3.200
Zwischensumme 2	23.000	Zwischensumme 2	9.500
jährliche Betriebskosten	82.000	jährliche Betriebskosten	17.200
		Einsparungen übriger Aufbereitungskosten	
		Spülwasserverbrauch	-2.000
		Aktivkohle	-12.800
		Zwischensumme 3	-14.800
jährliche Betriebskosten (1)	82.000	jährliche Betriebskosten (inkl. Einsparungen übriger Aufbereitungskosten) (2)	2.400
jährlicher Nutzen Horizontalbrunnen			
		Investitionskosten Horizontalbrunnen	719.000
		jährliche Abschreibung und Zinsen*	-54.000
		jährlicher Wartungsvorteil (1) – (2)	79.600
		jährliche Einsparung	25.600
*auf der Basis von 4% Abschreibung und 3,5 % Zinsen			

Tabelle 1 Übersicht der heutigen Betriebskosten des Horizontalfilterbrunnens im Vergleich zu den Betriebskosten der vertikalen Gewinnungsanlage bei genehmigter Jahresentnahme von 2 Mio. m³/a

Betriebsergebnisse im Vergleich zu den Betriebskosten

Die 1999 berechneten Betriebskosten für den Horizontalfilterbrunnen waren niedriger als für die Variante mit Vertikalbrunnen. **Tabelle 1** zeigt eine Übersicht der heutigen Betriebskosten des neuen Horizontalfilterbrunnens im Vergleich zu denen der vormaligen vertikalen Gewinnungsanlage, und zwar bei einer genehmigten Jahresentnahme von 2 Mio. m³/a. Daraus wird ersichtlich, dass die höheren Investitionskosten mehr als genügend durch geringere Betriebskosten ausgeglichen werden.

Für die Vertikalbrunnen war der Aufwand für Brunnenregenerierungen, für das Reinigen von Unterwasserpumpen und Außerbetriebsetzen von erdverlegten Leitungen deutlich höher. Die übrigen Kosten für Energie und Überwachung liegen bei Horizontalfilterbrunnen niedriger, da die Förderhöhe der Pumpen durch die geringere Grundwasserabsenkung kleiner ist und nur ein Brunnen an Stelle von mehreren Vertikalfilterbrunnen betreut werden muss. Die bestehende Wasseraufbereitungsanlage mit einer Schnellfilter- und Kohlefilterstufe konnte auf die verbesserte Rohwasserqualität abgestimmt werden. Die Laufzeiten der Filter verlängerten sich entsprechend. Als Folge davon ist eine Verringerung der Spülwassermenge um 22 Prozent eingetreten und auf Jahresbasis hat sich eine Einsparung von 10.000 m³ ergeben. Auf Grund der stark verminderten Menge an tiefem anaerobem Grundwasser hat sich die Standzeit der Aktivkohle verdoppelt. Der jährliche Betriebskostenvorteil beträgt 79.600 Euro. Die Kapitallasten (Zinsen und Abschreibung) des Horizontalfilterbrunnens auf Basis von Investitionskosten (von insgesamt 719.000 €) betragen 54.000 Euro pro Jahr. Die jährliche Netto-Einsparung beträgt demzufolge 25.600 Euro.

Wann ist ein Horizontalfilterbrunnen geeignet?

Ein Horizontalfilterbrunnen ist häufig eine gute Alternative bei Neubau und grundlegenden Renovierungen, also bei großen Investitionen, wenn ein hoher Eisengehalt des Rohwassers mit



Quelle: Hydron-Midden-Nederland

Abb. 5 Blick auf das Horizontalbohrgerät beim Vortrieb

anschließender Nanofiltration gegeben ist. Im Fall von Laren sind die hydrogeologischen Verhältnisse von großer Bedeutung.

Grundsätzlich sollten bei Planungen mehrere Alternativen geprüft werden, einschließlich der Wasseraufbereitung durch vertikale Brunnen. Bei Projekten mit kleinem Umfang, bei denen z.B. ein einzelner Vertikalbrunnen ersetzt werden muss, bieten Horizontalfilterbrunnen meistens keinen wirtschaftlichen Vorteil.

Die Investitionskosten sind in diesen Fällen zu hoch. Das veraltete Image von horizontalen Brunnen, nämlich zu teuer und zu kompliziert zu sein, ist nicht mehr berechtigt. In Laren wurde nachgewiesen, dass die Horizontal-

filterbrunnen auf jährlicher Basis wirtschaftlicher sind als eine Variante mit Vertikalbrunnen. Die Betriebsführung ist nicht komplizierter als bei Vertikalbrunnen, meist sogar einfacher, weil es sich nur um einen einzelnen Betriebspunkt handelt. Das betrifft kürzere erdverlegte Leitungen, einfachere Mess- und Regeltechnik sowie geringere Überwachung und Instandhaltungsaufwendungen.

Bis heute wurden horizontale Brunnen in den Niederlanden nur für die Trinkwasserversorgung gebaut. Einen möglichen weiteren Anwendungsbereich stellt der Einsatz von horizontalen Brunnen bei der Behandlung von Grundwasserunreinigungen bzw. Bodensanierungsmaßnahmen dar.

Autoren:

Jochem Plujimackers
Hydron Midden-Nederland
van Weerden Poelmanweg 2
Soestduinen
Postbus 40205
NL 3504 AA Utrecht

Jan Willem Kooiman
Kiwa Water Research
Groningenhaven 7
Postbus 1072
NL 3430 BB Nieuwegein

David Visscher
TTE
Groote Poot 2
NL 7411 KE Deventer

Bernd Radke
BHG Brechtel GmbH
Industriestraße 11 A
67063 Ludwigshafen
Tel.: 0621 69004-0
Fax: 0621 69004-24
E-Mail: radke.bernd@bhg-brechtel.de
Internet: bhg-brunnen.de

