

POSITIVE AUSWIRKUNGEN VON FERMANOX® AUF DIE LEBENSDAUER VON BOHRBRUNNEN

UND EINFLUSS AUF DIE DURCHLÄSSIGKEIT DES GRUNDWASSERLEITERS

Bei der unterirdischen Wasseraufbereitung wird das im Grundwasser gelöste Eisen durch den gezielten Sauerstoffeintrag oxidiert und an geeigneter Stelle im Grundwasserleiter (Aquifer) als festes Oxid abgelegt. Beim Verständnis dieser Technik stellt sich regelmäßig die Frage nach dem Verbleib der gebildeten Eisen- und Manganoxide sowie nach möglichen Beeinträchtigungen und langfristigen Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit des Grundwasserleiters im Nahbereich der Förderbrunnen. Zwar verbleiben die ausgefallenen Metalloxide im Aquifer, bei fachgerechter Planung und Betriebsführung führen die ablaufenden hydrogeochemischen Prozesse jedoch zu stabilen Verhältnissen im Grundwasserleiter und können die langfristige Funktionsfähigkeit sowie die Lebensdauer der Brunnen sogar positiv unterstützen und verlängern. Mehr als 40 Jahre Praxiserfahrung und über 10.000 installierte Anlagen bestätigen diese Einschätzung. Anlagen aus den 1980er-Jahren sind bis heute in Betrieb. Die zugehörigen Brunnen zeigen seit ihrer Inbetriebnahme weder einen regenerationsbedingten Eingriff noch messbare Leistungseinbußen.

Was sind die Gründe dafür?

► KEINE ABLAGERUNGEN IN BRUNNENNÄHE

Die Oxidbildung erfolgt überwiegend im Randbereich der Aufbereitungszone, sodass die resultierenden Ablagerungen außerhalb des hydraulisch sensiblen Brunnumfeldes auftreten. Im hydraulisch maßgeblichen Nahbereich des Förderbrunnens liegt das Grundwasser bereits in aufbereiteter Form mit Trinkwasserqualität vor. In dieser Zone treten daher keine nennenswerten Eisen- oder Manganausfällungen auf. Dadurch wird die Lebensdauer der Brunnen deutlich verlängert, ganz im Vergleich zum Betrieb von Brunnen ohne unterirdische Wasseraufbereitung.

► GROSSE REAKTIONSZONE SORGT LANGFRISTIG FÜR BETRIEBSSICHERE BRUNNEN

Die Anlagen werden so ausgelegt, dass die Reaktionszone über ein ausreichendes Aufnahmevermögen verfügt, um das über Jahrhunderte gebildete Oxidvolumen aufzunehmen.

► UNTERIRDISCH GEBILDETE OXIDE HABEN EINE HOHE DICHTE UND WENIG VOLUMEN

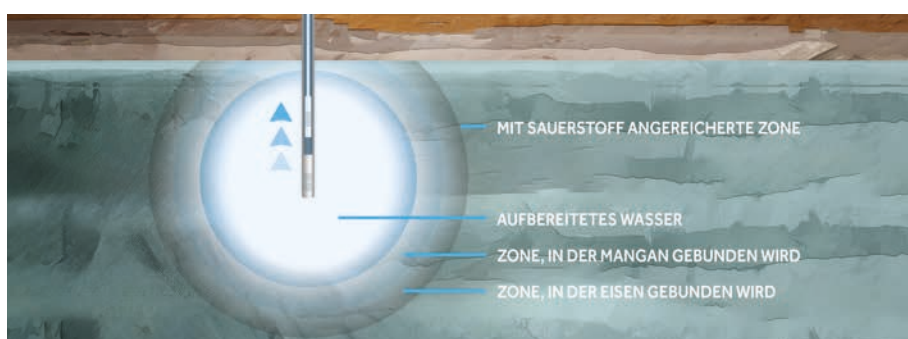
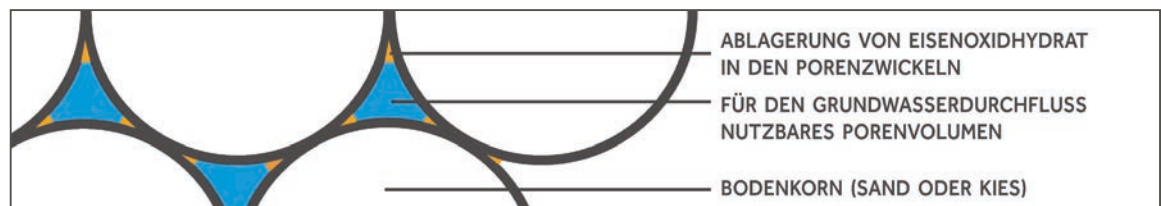
Unter den natürlichen Bedingungen des Porenraumes entstehen bei der unterirdischen Wasseraufbereitung hochfeste, kristalline Eisen- und Manganoxide mit vergleichsweise hoher Dichte und geringem spezifischem Volumen. Diese unterscheiden sich deutlich von den voluminösen, amorphen Eisenhydroxid-Schlammern, wie sie typischerweise bei oberirdischen Aufbereitungsverfahren beispielsweise in Feinfiltern auftreten. Entsprechend gering ist die durch Oxidbildung verursachte Porenraumbelegung im Aquifer.

► DER GRUNDWASSERLEITER BLEIBT DURCHLÄSSIG UND DIE ANLAGE LANGFRISTIG FUNKTIONSFÄHIG

Selbst unter der theoretischen Annahme einer Verringerung einzelner Porenräume innerhalb der Reaktionszone ergeben sich keine Einschränkungen der Funktionsfähigkeit der Anlage. Aufgrund der konstanten Infiltrationsmengen würde der eingetragene Sauerstoff in diesem Fall weiter in den Grundwasserleiter transportiert werden, sodass die Zone der Oxidbildung sukzessive vom Brunnen weg entfernt in größere Entfernung verlagert würde und der Nahbereich vom Brunnen vor Oxidbildung geschützt wird.

► ABLAGERUNGEN IN PORENZWICKELN BEI ERHALTENER DURCHLÄSSIGKEIT

Eisenoxidhydrat lagert sich überwiegend in den Porenzwickeln ab, während das durchflussrelevante Porenvolumen nur gering betroffen ist, sodass die Permeabilität erhalten bleibt.



FERMANOX®
WASSERAUFBEREITUNG



POSITIVE AUSWIRKUNGEN VON FERMANOX® AUF DIE LEBENSDAUER VON BOHRBRUNNEN

BEISPIELRECHNUNG ZUM VERBLEIB DER OXIDE IM GRUNDWASSERLEITER

Die tatsächlich anfallende Eisenmenge wird aufgrund der stark färbenden Wirkung in der Regel erheblich überschätzt. Außerdem erfolgt bei der unterirdischen Wasseraufbereitung im Gegensatz zu oberirdischen Filteranlagen durch Alterung eine Umwandlung von voluminösem Eisenhydroxid zu kristallinem Eisenoxidhydrat mit einer hohen spezifischen Dichte. Dank dieser Verminderung des Volumens nehmen die gebildeten Eisenoxide auch nach Jahrzehnten nur einen unbedeutenden Teil des Porenvolumens ein. Das zeigt die folgende Beispielrechnung:

AUSGANGSWERTE

		Privathaushalt	Industrieanlage
	Tagesfördermenge V_{Tag}	1.000 l/Tag	1.000 m³/Tag
	Eisengehalt c_{Fe}	5 mg/l	5 mg/l
	Betriebsdauer t	30 Jahre	30 Jahre
GESAMTFÖRDERMENGE	$V_{\text{gesamt}} = V_{\text{Tag}} \times 365 \times t$	10.950.000 l	10.950.000 m³
GESAMTMASSE EISEN	$m_{\text{Fe}} = V_{\text{gesamt}} \times c_{\text{Fe}}$	54,75 kg	54,75 t
VOLUMEN EISENOXID	$V_{\text{FeOOH}} = m_{\text{Fe}} \times (M_{\text{FeOOH}} / M_{\text{Fe}}) \times \rho_{\text{FeOOH}}$ (mit $M_{\text{FeOOH}} / M_{\text{Fe}} \approx 1,6$ und $\rho_{\text{FeOOH}} = 4,09 \text{ g/cm}^3$)	21.4 l	21,4 m³
GRÖSSE REAKTIONSRaum	$V_{\text{Reaktionsraum}} = V_{\text{Tag}} / (E_s - 1) / \Phi$ (Szenario: Ergiebigkeit $E = 5$ und Sicherheit $E_s = E \times 80\%$)	880 l	880 m³
PORENFÜLLUNG MIT EISENOXID	$V_{\text{FeOOH}} / (V_{\text{Reaktionsraum}} \times \Phi)$ (mit Porenanteil vom Sand/Kies $\Phi = 35\%$)	6,9% nach 30 Jahren	6,9% nach 30 Jahren

SCHLUSSFOLGERUNG

Bei der unterirdischen Enteisung wird durch Infiltration von sauerstoffhaltigem Wasser ein Reaktionsraum im Grundwasserleiter aufgebaut, der extrem groß ist im Vergleich zum Volumen der gebildeten Eisenablagerungen. Eine Porenfüllung mit Oxiden in der Größenordnung von 7% nach 30 Jahren beeinträchtigt die Hydraulik vom Aquifer nicht.

HINWEIS

Die Ablagerung der Eisenoxide findet vorwiegend im Außenbereich der Reaktionszone statt, da das Grundwasser im Nahbereich des Brunnens schon eisenfrei ist. Dadurch kann die unterirdische Enteisung und Entmanganung eine Verockerung vom Brunnen verhindern. Auch wenn die Lebensdauer vom Brunnen dadurch deutlich verlängert wird, ist sie begrenzt durch andere Alterungseffekte wie physikalische und biologische Kolmation (Feinsand, Schwebstoffe, Bakterien, etc.).

Literaturhinweise:

- DVGW (2005): Arbeitsblatt W 223-3 – Unterirdische Enteisung und Entmanganung. Bonn: Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW).
Das Regelwerk beschreibt hierzu: „Auch bei langjährig in Betrieb befindlichen Anlagen wurde weder eine Verblockung des Grundwasserleiters mit Reaktionsprodukten noch eine Abnahme der Aufbereitungsleistung beobachtet.“
- Rott, U.; Friedle, M. (2000): 25 Jahre unterirdische Wasseraufbereitung in Deutschland – Rückblick und Perspektiven. In: gwf Wasser/Abwasser, 141. Jahrgang, Heft 2, S. 99–107. Essen: Vulkan-Verlag.
Der Fachartikel führt hierzu aus: „Obwohl die Reaktionsprodukte bei der In-situ-Aufbereitung im Untergrund festgelegt werden, ist eine Verstopfung des Grundwasserleiters nicht zu befürchten. Auf der Grundlage theoretischer Überlegungen ergibt sich für eine Betriebsdauer von 100 Jahren eine Reduzierung des hydraulisch wirksamen Porenanteils von 0,1 bis maximal 9,0 %, so dass die mögliche Nutzungsdauer des Aquifers als Reaktionsraum für die In-situ-Aufbereitung die Nutzungsdauer der Brunnen deutlich übertrifft.“
- Winkelkemper, T. (2015): Enteisung im Grundwasserleiter. In: bbr – Leitungsbau, Brunnenbau, Geothermie, Ausgabe 06/2015, S. 49.