

# Enteisenung im Grundwasserleiter

Die Unterirdische Enteisenung und Entmanganung von Grundwasser (UEE), auch In-situ-Aufbereitung genannt, aktiviert einen natürlichen Aufbereitungsprozess im Grundwasserleiter (Aquifer) bereits vor der Förderung. Dabei ist die UEE im Vergleich zu oberirdischen Filteranlagen deutlich effizienter und wirtschaftlicher. Mit geringem Aufwand lassen sich bereits im Aquifer Eisen-, Mangan- und Ammoniumkonzentrationen auf Trinkwasserniveau und weit unterhalb der TrinkwV Grenzwerte erzeugen. Dadurch werden auch Verockerungen in Brunnen, Pumpen und Rohrleitungen effektiv vermieden. Gleichzeitig ist das Verfahren besonders nachhaltig, weil kein Filtermaterial benötigt wird, kein Abwasser oder Abfall entstehen, der Energiebedarf besonders niedrig ist und die Lebensdauer der Bohrbrunnen erhöht wird.



Die Idee, Eisen und Mangan bereits im Grundwasserleiter aus dem Grundwasser zu entfernen, ist mehr als 100 Jahre alt. Schon 1900 wurde dem Berliner Ingenieur Oesten ein Reichspatent zum „Enteisenen von Grundwasser im Untergrunde selbst“ erteilt [1]. Aber erst in den 1970er-Jahren wurde das Verfahren technisch umgesetzt, zunächst bei Wasserwerken in Skandinavien unter dem Namen „Vyredox“. Dabei erfolgte eine Infiltration mit sauerstoffhaltigem Wasser in den Grundwasserleiter über Satellitenbrunnen, die ringförmig um einen oder mehrere Hauptförderbrunnen angeordnet waren. Die Technologie fand von dort den Weg nach Deutschland und wurde hier unter dem Namen „Subterra“ bzw. „Uneis“ angewandt bzw. weiterentwickelt.

Der Durchbruch hin zu einer breiten Nutzung auch für kleine Wasserversorgungsanlagen gelang durch die Idee, sauerstoffhaltiges Wasser zyklisch über die Förderbrunnen selbst zu infiltrieren und damit auf Satellitenbrunnen verzichten zu können. 1991 wurde das Patent zur unterirdischen Enteisenung und Entmanganung mit nur einem Bohrbrunnen erteilt [2]. Die Forschungsarbeiten von Prof. Dr.-Ing. Ulrich Rott trugen seither maßgeblich zum Verständnis und damit auch zur Akzeptanz des Verfahrens bei [3].

Heute ist die unterirdische Enteisenung und Entmanganung Stand der Technik [4] und im Regelwerk des DVGW beschrieben [5]. In der einschlägigen Fachliteratur werden zahlreiche Anlagen im Umfeld von Wasserwerken dargestellt, z. B. beim Wasserwerk Boker Heide mit einer Aufbereitungsleistung von bis zu 2,5 Mio. m<sup>3</sup>/Jahr [6]. Daneben sind inzwischen ca. 10.000 kleinere Kompaktanlagen unter dem Namen „Fermanox“ vornehmlich in Deutschland und den Niederlanden in Betrieb.

Außer der klassischen Trinkwasseraufbereitung wird das Verfahren dabei auch für Tränkwasser, Bewässerungssysteme, Schwimmbäder, Brauch- und Prozesswasser sowie zunehmend im Bereich der Geothermie bei Wasser-/Wasser-Wärmepumpen und direkter Kühlung mit Grundwasser eingesetzt.

### Die Aufbereitungszone im Grundwasserleiter

So vielfältig die Anwendungsbreite mittlerweile ist, so einfach ist die Kernidee des Verfahrens: Vom geförderten Wasser wird eine Teilmenge abgezweigt, mit Sauerstoff aus der Umgebungsluft angereichert und über den Brunnen zurück in den Grundwasserleiter infiltriert. Der eingetragene Sauerstoff bewirkt dort einen natürlichen Aufbereitungsprozess.

Konkret entsteht durch den Sauerstoff um den Brunnen eine Reaktionszone mit erhöhtem Redoxpotenzial, in der kein Eisen und Mangan mehr aus dem Boden gelöst werden (Abb. 1). Strömt bei anschließender Förderung eisen- und manganhaltiges Wasser in diese Aufbereitungszone, wird zunächst das gelöste Eisen bei Kontakt mit dem Sauerstoff am Rand der Aufbereitungszone oxidiert und damit aus dem Wasser entfernt. Es handelt sich dabei um eine Oberflächenreaktion: Die gebildeten Eisenoxidhydrate haften an der Oberfläche der Bodenkörner und stellen weitere Adsorptionskapazität für Sauerstoff und Eisen bzw. die gebildeten Oxide bereit. Das gelöste Eisen wird dadurch aus dem Wasser entfernt. Wo kein Eisen mehr im Grundwasser gelöst ist, erfolgt analog die Entmanganung durch Oxidation mit Sauerstoff.

Im Inneren der Reaktionszone, also im Nahbereich des Brunnens, werden dadurch sehr niedrige Eisen- und Mangankonzentrationen weit unterhalb der Grenzwerte der Trinkwasserverordnung (Eisen: 0,2 mg/l; Mangan: 0,05 mg/l) erreicht. Das aufbereitete Wasser in dieser Zone kann direkt genutzt werden und verursacht keine Verockerungen mehr im Versorgungssystem.

tem. Das Wasser wird also bereits vor seiner Förderung im Grundwasserleiter aufbereitet.

Ehe die Kapazität an aufbereitetem Wasser erschöpft ist bzw. der Sauerstoff so weit aufgebraucht ist, dass erhöhte Eisen- und Mangankonzentrationen im Nahbereich des Brunnens auftreten, erfolgt eine erneute Infiltration mit sauerstoffhaltigem Wasser.

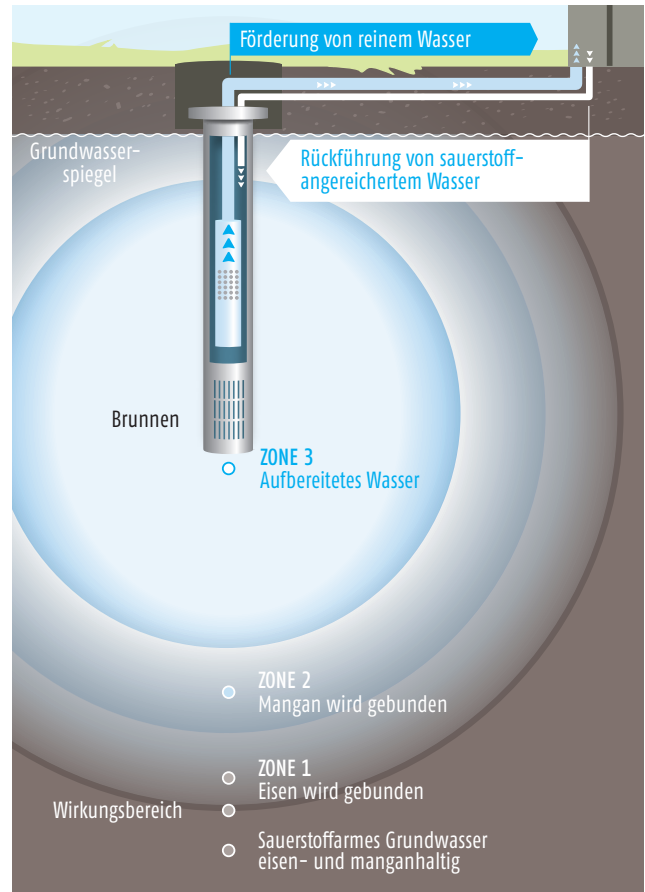


Abb.: Winkenkemper GmbH

Abb. 1 – Die Infiltration von sauerstoffhaltigem Wasser erzeugt eine Reaktionszone im Grundwasserleiter

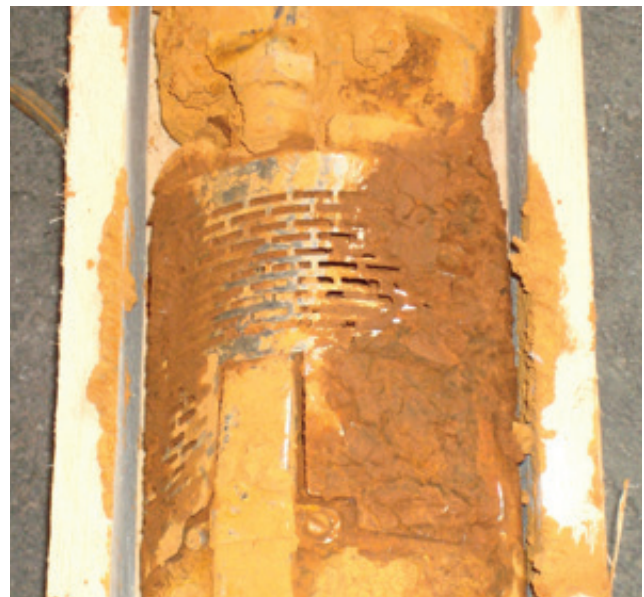


Abb. 2 – Verockerungen (im Bild bei einer Unterwasserpumpe) können mithilfe einer UEE im gesamten Wasserversorgungssystem vermieden werden



Der Betrieb von Brunnen mit unterirdischer Wasseraufbereitung ist somit geprägt von einem zyklischen Wechsel zwischen Förderung und Infiltration. Je nach Rohwasserqualität kann nach jeder Infiltration die 2- bis 20-fache Menge aufbereitet gefördert werden. Dieses Verhältnis erklärt die hohe Energieeffizienz des Verfahrens.

Während beim Eisen in Abhängigkeit vom pH-Wert die biotische und abiotische Oxidation konkurrieren, ist die Entmanganung bei natürlichen Grundwässern immer mikrobiologisch dominiert. Dafür muss sich zunächst ein geeignetes Milieu bilden. Ähnlich wie bei oberirdischen Filtern läuft die Enteisung sehr schnell innerhalb weniger Zyklen ab, während für die Entmanganung bis auf Trinkwasserniveau durchaus Einlaufzeiten von mehreren Monaten auftreten.

Neben der Enteisung und Entmanganung bewirkt der eingetragene Sauerstoff weitere positive Reaktionen im Grundwasserleiter:

- Ammonium- und Nitritkonzentrationen werden durch Nitrifikation deutlich gesenkt,
- Schwefelwasserstoff und der damit verbundene unangenehme Geruch werden durch Oxidation beseitigt,
- Arsen kann in die Eisenoxid-Matrix eingebettet und somit schon im Grundwasserleiter entfernt werden.

#### Voraussetzungen für die UEE

Die wichtigste Voraussetzung ist ein Grundwasserleiter im Lockergestein (Sand oder Kies), dessen Porenstruktur die nötige Oberfläche für die beschriebenen Reaktionen in der Aufbereitungszone bietet. Strömungen im Grundwasserleiter können die Reaktionszone deformieren. Auch wenn natürliche Strömungen vor allem bei kleinen Durchlässigkeitsbeiwerten oder geringem Gefälle vernachlässigt werden können, müssen zumindest der Anlagengröße entsprechende Mindestabstände zu benachbarten Brunnen eingehalten werden.

Im Gegensatz zu vielen oberirdischen Verfahren gibt es für die unterirdische Aufbereitung keine Einsatzgrenzen bei hohen Eisen- und Mangankonzentrationen. Wegen der großen Reaktionszone und der damit verbundenen langen Verweilzeiten können auch Grundwässer mit sehr hohen Eisen- und Mangankonzentrationen einfach und effizient aufbereitet werden. Einschränkungen bzgl. der Chemie gibt es nur dort, wo ein niedriger pH-Wert und eine niedrige Pufferkapazität eine erfolgreiche Entmanganung verhindern oder ein extrem hoher Sauerstoffbedarf die Effizienz der Aufbereitung deutlich senken würden. Daher kommt der Bewertung der Rohwasseranalysen eine herausragende Bedeutung bei der Auslegung einer Wasseraufbereitungsanlage zu.

Neben geologischen und hydrochemischen Voraussetzungen gibt es auch Anforderungen an den Brunnenbau. Viele dieser Anforderungen werden bereits durch die allgemein anerkannten Regeln der Technik abgedeckt und sind hinreichend in DIN-Normen und im DVGW-Regelwerk beschrieben. Fehler im Brunnenbau, wie mangelhafte Abdichtungen vom Ringraum, können sich bei einer unterirdischen Wasseraufbereitung unmittelbar im Aufberei-

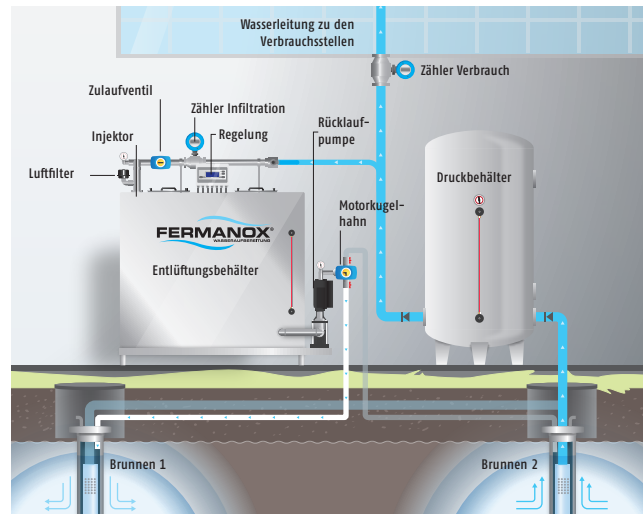


Abb. 3 – Prinzip einer unterirdischen Wasseraufbereitung als Kompaktanlage mit wechselweiser Aufbereitung von zwei Bohrbrunnen

tungsergebnis widerspiegeln. Daneben gibt es aber auch aufbereitungsspezifische Anforderungen. Hier ist vor allem die Notwendigkeit möglichst kurzer und ungeteilter Filterstrecken zu nennen, um homogene Reaktionszonen mit großem Radius aufbauen zu können. Eine ggf. notwendige hohe Ergiebigkeit der Brunnen kann meistens trotz kurzer Filterstrecken erreicht werden, z. B. durch größere Ausbaudurchmesser oder den Einsatz von Wickeldrahtfiltern.

Wenn im Einzelfall nicht klar ist, ob die oben genannten Voraussetzungen für eine unterirdische Wasseraufbereitung erfüllt sind, empfiehlt sich ein Vorversuch. Aufgrund des geringen Bauvolumens können Kompaktanlagen für einen Feldtest bereitgestellt werden, z. B. im Container.

#### Lebensdauer der Bohrbrunnen

Bei Betrachtung des Verfahrens und der Prozesse im Boden stellt sich fast zwangsläufig die Frage nach dem Verbleib der



Abb. 4 – Wasserversorgung eines landwirtschaftlichen Betriebs mit unterirdischer Wasseraufbereitung für einen Wasserbedarf von ca. 50 m³/Tag



▲ Abb. 5a – Kompetenzzentrum Gartenbau Ellerhoop

► Abb. 5b – UEE-Anlage beim Kompetenzzentrum Gartenbau Ellerhoop



Reaktionsprodukte, vor allem im Hinblick auf die Lebensdauer der Bohrbrunnen. Gerade die Betriebserfahrungen mit Schnellfiltern und die bei Rückspülung dieser Filter auftretenden Eisenoxid-Schlämme legen die Vermutung nahe, dass ein Verbleib der Oxide im Grundwasserleiter zu einer Verstopfung der Poren führen könnte. Das ist jedoch aus mehreren Gründen nicht der Fall.

Zum einen bilden sich unter den im Grundwasserleiter vorherrschenden Bedingungen nicht die amorphen, voluminösen Oxide wie bei oberirdischen Filtern, sondern kristalline Strukturen mit einer hohen Dichte von mehr als  $4 \text{ g/cm}^3$ . Im Vergleich zum gesamten Volumen der gebildeten Oxide ist das Porenvolumen in der Reaktionszone im Grundwasserleiter riesig und kann die Oxide ohne Einbußen der Durchlässigkeit aufnehmen. Theoretische Berechnungen ergeben sogar, dass bei üblicher Auslegung die Aufnahmekapazität für Oxide in der Reaktionszone für einen jahrhundertelangen Betrieb ausreicht, was deutlich über der natürlichen Nutzungsdauer eines Brunnens liegt.

Zum anderen findet die Ablagerung der Oxide vorwiegend in den nicht durchströmten Porenzwickeln vor allem im äußeren Bereich der Reaktionszone statt. In dem für die Hydraulik entscheidenden Nahbereich vom Brunnenbauwerk ist kein Eisen oder Mangan mehr im Wasser gelöst, daher kann es dort nicht zu Oxidablagerungen kommen. Im Gegenteil: Weil dort keine natürliche Verockerung mehr stattfinden kann, wird die Lebensdauer eines Bohrbrunnens durch den Einsatz einer unterirdischen Wasseraufbereitung deutlich erhöht.

Auch in der Praxis bestätigen die inzwischen jahrzehntelangen Erfahrungen mit Anlagen aller Größenordnungen, dass keine Verringerung der hydraulischen Durchlässigkeit beobachtet werden kann.

Voraussetzung dafür ist, dass die Anlage richtig ausgelegt und ordnungsgemäß betrieben wird. Bei der technischen Umsetzung muss für jeden Brunnen individuell anhand von Wasseranalysen und Brunnen Daten das richtige Verhältnis zwischen Förder- und Infiltrationsvolumen festgelegt werden. Dieses muss durch eine geeignete Anlagentechnik überwacht und sicher eingehalten werden.

### Technische Umsetzung

Da nicht gleichzeitig aufbereitetes Wasser aus einem Brunnen gefördert und sauerstoffhaltiges Wasser in diesen infiltriert werden kann, müssen beide Vorgänge zeitlich getrennt werden. Dabei wird prinzipiell zwischen Anlagen, die mit nur einem Bohrbrunnen arbeiten und Anlagen, die im Wechsel mehrere Brunnen unterirdisch aufbereiten, unterschieden.

Bei Anlagen, die nur mit einem Bohrbrunnen arbeiten, wird eine kleine Wassermenge aus der Wasserversorgung abgezweigt. Diese wird nachfolgend in einem Injektor mit Sauerstoff aus der Umgebungsluft nahezu gesättigt. Mit diesem sauerstoffhaltigen Wasser wird ein druckloser Entlüftungsbehälter gefüllt, der gleichzeitig als Zwischenspeicher dient. In einer verbrauchsarmen Zeit (z. B. nachts) wird das sauerstoffreiche Wasser über den Bohrbrunnen in den Grundwasserleiter zurückgeführt. Am nächsten Tag kann daraufhin eine vielfache Menge an aufbereitetem Wasser gefördert werden. Bei einer verbrauchsabhängigen Regelung erfasst ein Zähler die verbrauchte Wassermenge. Nimmt der Betreiber zu wenig Wasser ab, wird die Infiltration für einen oder mehrere Tage ausgesetzt. Bei einer Überschreitung der Aufbereitungsleistung wiederum finden zwei Infiltrationen statt. Die Aufbereitungsleistung passt sich so der tatsächlichen Wasserentnahme auch bei schwankendem Bedarf automatisch an.



## Die Kernidee des Verfahrens ist einfach: Mit Sauerstoff angereichertes Wasser wird in den Aquifer infiltriert und entfernt dort zuverlässig Eisen und Mangan aus dem Grundwasser.

Diese Betriebsweise wird vor allem bei Hauswasserversorgungsanlagen mit Aufbereitungsleistungen bis zu 10 m<sup>3</sup>/Tag je nach Rohwasserqualität angewendet. Bei größeren Aufbereitungsleistungen würde ein größerer Zwischenspeicher benötigt, was in den meisten Fällen nicht praktikabel ist.

Bei größeren Aufbereitungsleistungen arbeitet eine unterirdische Wasseraufbereitung mit mehreren Brunnen, von denen reihum jeweils ein Brunnen mit sauerstoffhaltigem Wasser infiltriert wird, während die anderen Brunnen zur Förderung bereitstehen. Bei einem 2-Brunnen-System beispielsweise besteht ein Aufbereitungszyklus aus zwei Phasen: In Phase 1 dient Brunnen 1 als Förderbrunnen. Gleichzeitig wird eine definierte Teilmenge abgezweigt, mit Sauerstoff angereichert und nach einer kurzen Entlüftung über Brunnen 2 in den Grundwasserleiter infiltriert. Dort bewirkt der eingetragene Sauerstoff den beschriebenen Aufbereitungsprozess. Sobald bei Brunnen 1 die Kapazität an aufbereitetem Wasser erschöpft ist, wird automatisch umgeschaltet. In Phase 2 fördert nun Brunnen 2 aufbereitetes Wasser. Davon wird wieder eine Teilmenge abgezweigt und nach Sauerstoffanreicherung über Brunnen 1 infiltriert usw. (Abb. 3).


Da auf eine Zwischenspeicherung verzichtet wird, können Kompaktanlagen mit kleinen Abmessungen kontinuierlich bis zu mehrere tausend Kubikmeter aufbereitetes Wasser am Tag bereitstellen. Bei noch größeren Aufbereitungsleistungen erfolgt meist eine Komponentenbauweise vor Ort. Sofern kein konstanter Wasserbedarf vorliegt, ist auch hier eine verbrauchsabhängige Regelung wichtig. Die Förder- und Infiltrationsmengen werden dann für jeden Brunnen anhand von Zählern erfasst. Das richtige Verhältnis wird mittels geeigneter Umschaltung der Förderbrunnen automatisch eingehalten. Die Regelung zeichnet außerdem die Betriebsdaten auf und überwacht den Prozess.

### Vorteile gegenüber Filtern

Wo die Bedingungen für ihren Einsatz gegeben sind, bietet die unterirdische Enteisung und Entmanganung viele Vorteile gegenüber oberirdischen Filtersystemen:

- **hohe Effizienz:** Die unterirdische Reaktionszone ist um ein Vielfaches größer als Sand- oder Kiesfilter; entsprechend auch die Kontaktzeit von gelösten Metallen und Sauerstoff. Zusätzlich bietet der Gegenstrom zwischen Förderung und Infiltration bei der UEE (außer beim Vredox-Verfahren) eine deutlich bessere Ausnutzung der Reaktionszone als der Gleichstrombetrieb eines Filters, bei dem höchste Eisen- und Sauerstoffkonzentrationen am Zulauf auftreten. Die hohe Effizienz der UEE ermöglicht einerseits eine Enteisung und Entmanganung auch bei sehr hohen Konzentrationen im Rohwasser und bietet andererseits Sicherheit bzgl. der Unterschreitung von Trinkwassergrenzwerten im Reinwasser.

- **Umweltfreundlichkeit:** Bei der UEE gibt es kein Filtermedium, das ausgetauscht oder rückgespült werden muss, somit entsteht weder Abfall noch Abwasser. Außerdem ist der Energiebedarf vor allem im Vergleich zu offenen Filtern oft deutlich geringer. Das von der Wasserversorgung für die Sauerstoffanreicherung abgezweigte Wasser muss nach der Infiltration erneut gefördert werden. Auf diese zweifache Förderung eines Teilstroms beschränkt sich der Energiebedarf einer unterirdischen Aufbereitung, während bei einem offenen Filter der gesamte Strom zweifach gefördert werden muss. Genauere Aussagen dazu erfordern allerdings fallbezogene Vergleichsrechnungen.
- **Wirtschaftlichkeit:** Da Anlagen zur unterirdischen Wasseraufbereitung genau genommen nur Hilfseinrichtungen zur Sauerstoffanreicherung sind, sind Bauvolumen und Investitionskosten geringer als bei oberirdischen Filtern. Je höher die Aufbereitungsleistung, desto größer ist der Unterschied. Gleichwohl benötigt die unterirdische Aufbereitung jedoch einen zusätzlichen Bohrbrunnen. Da Wasserversorgungsanlagen meistens für einen langfristigen Betrieb konzeptioniert werden, sind für die Wirtschaftlichkeit letztlich auch die Betriebskosten entscheidend. Wegen der geringeren Wartungs- und Energiekosten fallen auch die Betriebskosten bei der UEE entsprechend günstig aus. Eine vergleichende Betrachtung der Wirtschaftlichkeit lohnt sich also.

Nicht zuletzt bringt die unterirdische Wasseraufbereitung den nur schwer bezifferbaren Vorteil, dass sie als einziges Verfahren Eisen und Mangan schon vor der Förderung entfernen und so das gesamte Versorgungssystem vor Verockerungen schützen kann. 



**FERMANOX<sup>®</sup>**  
WASSERAUFBEREITUNG

**GARANTIIERT EISEN- UND MANGANFREIES WASSER  
DIREKT AUS DEM BRUNNEN**

- **Grundwasser in Trinkwasserqualität**  
unterirdisch aufbereitet - natürlich und effizient
- **Keine Ablagerungen und Verockerungen**  
Brunnen, Pumpen, Rohre - alles bleibt sauber
- **Ihr kompetenter Partner**  
30 Jahre Erfahrung - 10.000 Anlagen

Winkelnkemper GmbH  
Fon: +49 (0) 2523 / 7408

**FERMANOX.DE**

Mithilfe eines Feldtests lässt sich relativ einfach ermitteln, ob ein Standort die Voraussetzungen für eine unterirdische Wasseraufbereitung erfüllt. «



Abb. 6 – Wasserwerk mit UEE im Container neben einer Brunnenstube



Abb. 7 – Kühlstraße mit ungenügend aufbereitetem Grundwasser (Kiesfilter)

#### Anwendungsbeispiele

Der Einsatz der Unterirdische Enteisenung und Entmanganung ist vor allem in folgenden Bereichen denkbar:

#### Hauswasserversorgung mit hoher Eisen- und Mangankonzentration

Eigenversorger gibt es meistens dort, wo ein Anschluss an das öffentliche Netz besonders aufwendig wäre. Da der Standort gegeben und begrenzt ist, besteht keine Wahl bzgl. geeigneter Geologie und Hydrochemie. Die teilweise extrem schlechten Rohwasserqualitäten erfordern leistungsstarke Aufbereitungsanlagen, die für private Betreiber zugleich möglichst einfach und wartungsarm sein sollten. In Letschin (Brandenburg) wird beispielsweise seit 2007 eine Anlage zur unterirdischen Wasseraufbereitung mit nur einem Bohrbrunnen eingesetzt. Trotz der extrem hohen Eisenkonzentration von 37 mg/l und Mangankonzentration von 8,5 mg/l im Rohwasser kann damit ein Einfamilienhaus mit ca. 1.000 Litern Trinkwasser pro Tag versorgt werden (Tab. 1).

#### Wasseraufbereitung für landwirtschaftliche Betriebe

Landwirtschaftliche Betriebe verfügen in vielen Fällen über eine eigene Wasserversorgung. Besonders Milchviehbetriebe haben hohe Anforderungen an die Wasserqualität, weil davon die Wasseraufnahme der Tiere und damit unmittelbar die Milchleistung abhängt. Außerdem erfordert die Reinigung von Melkanlagen Trinkwasserqualität. Weitere Aspekte sind die Vermeidung von Verockerungen in Versorgungssystem und Tränken, hohe Ausfallsicherheit und letztlich natürlich Wirtschaftlichkeit. Alle diese Anforderungen können mit einer unterirdischen Wasseraufbereitung im wechselweisen Betrieb mit zwei Bohrbrunnen erfüllt werden. In dem üblichen Leistungsbereich von 10-100 m<sup>3</sup> aufbereitetem Wasser pro Tag kommen dabei Anlagen aus Kunststoff zum Einsatz (Abb. 4).

#### Bewässerung mit saisonal stark schwankendem Wasserbedarf

Bewässerungs- und Beregnungssysteme für Parkanlagen, Sportplätze, Baumschulen etc. haben einen saisonal stark schwankenden Wasserbedarf. Wird dafür Grundwasser verwendet, treten bei erhöhten Eisenkonzentrationen nicht nur technische Probleme durch Verockerungen, sondern auch ungewünschte Verfärbungen auf beregneten Flächen auf.

Durch eine UEE kann das effektiv verhindert werden. Vorteil der unterirdischen Aufbereitung ist in

diesem Fall auch, dass sie am Tageswasserbedarf und nicht am Volumenstrom bemessen wird. Daher hat auch ein kurzzeitig sehr hoher Wasserdurchsatz für die Beregnung keinen Einfluss auf die Dimensionierung der Wasseraufbereitungsanlage. Für diese Anwendungsfälle ist eine verbrauchsabhängige Regelung unverzichtbar.

Beispielhafte Anwendungen gibt es beim Tennisclub 1899 e. V. Blau-Weiss Berlin oder dem Kompetenzzentrum Gartenbau Ellerhoop der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein (Abb. 5a und b). Beide Anlagen arbeiten seit 2006 mit je zwei Bohrbrunnen und stellen bis zu 250 m<sup>3</sup> aufbereitetes Wasser pro Tag bereit.

### Wasserwerk im Container

Die Wasserversorgung Grenzland Südost betreibt in der Nähe von Graz zwei Bohrbrunnen im Außenbereich, die über eine zwei Kilometer lange Rohrleitung Wasser für eine Grundwasseranreicherung bereitstellen. Aufgrund von Verockerungsproblemen wurde 2012 eine unterirdische Wasseraufbereitung in Betrieb genommen, die seitdem pro Tag ca. 1.000 m<sup>3</sup> Grundwasser in Trinkwasserqualität aus den beiden vorhandenen Brunnen bereitstellt. Wegen des geringen Bauvolumens konnte die ganze Anlage in einem Container direkt neben den Brunnen mit minimalem Verrohrungsaufwand aufgestellt werden (Abb. 6).

### Direkte Kühlung mit Grundwasser

Ein Hersteller von Kunststoffprofilen in den Niederlanden verwendet 200 m<sup>3</sup> Grundwasser pro Tag für die direkte Kühlung der Produkte hinter Extrudern. Aufgrund der schlechten Rohwasserqualität mussten die beiden ursprünglich vorhandenen Kiesfilter abwechselnd alle vier Stunden rückgespült werden. Dabei war die Aufbereitungsleistung derart gering, dass regelmäßig Rohrleitungen und Kühlstraßen gereinigt, verockerte Düsen getauscht und sogar Einbußen bei der Produktqualität hingenommen werden mussten (Abb. 7). Im Juni 2013 wurden zwei neue Brunnen gebohrt und das alte Aufbereitungssystem durch eine unterirdische Wasseraufbereitung ersetzt. Nach kurzer Einlaufzeit konnte aus den Brunnen Grundwasser in Trinkwasserqualität gefördert werden (Tab. 2). Daraufhin wurden Rohrleitungen und Kühlstraßen saniert und sind seitdem frei von Ablagerungen oder Verfärbungen. Die UEE-Anlage ist wartungs-

**Tabelle 1** – UEE-Anwendungsbeispiel mit extrem hohen Eisen- und Mangankonzentrationen (FERMANOX Typ B 3-60 P, Letschin)

	Rohwasser	Reinwasser
Eisen [mg/l]	36,9	0,032
Mangan [mg/l]	8,54	0,006
Ammonium [mg/l]	1,16	0,05

**Tabelle 2** – Ergebnis einer unterirdischen Aufbereitung von Kühlwasser (FERMANOX Typ WW 100 Professional, Vaassen NL)

	Rohwasser	Reinwasser
Eisen [mg/l]	14,75	< 0,01
Mangan [mg/l]	0,645	0,05
Ammonium [mg/l]	0,81	0,01
Methan [mg/l]	0,58	< 0,02

frei und benötigt weniger Energie als die zuvor eingesetzten Kiesfilter. So konnten durch den Verfahrenswechsel erhebliche Einsparungen bei den Betriebskosten erzielt werden.

### Fazit

Die Unterirdische Enteisung und Entmanganung findet heute breite Anwendung in nahezu allen Größenordnungen und für zahlreiche Verwendungszwecke von Grundwasser. Wo die Voraussetzungen für den Einsatz dieses Verfahrens gegeben sind, ist es oft effizienter und wirtschaftlicher als traditionelle Filteranlagen. Auch schwierig aufbereitbare Grundwässer können bezüglich Eisen, Mangan, Ammonium, Nitrit und Arsen zu Trinkwasserqualität aufbereitet werden.

Trotz der jahrzehntelangen Betriebserfahrungen mit der Technologie besteht jedoch weiterhin Forschungsbedarf, z. B. im Hinblick auf ihre Einsatzgrenzen bei schwierigen geologischen oder wasserchemischen Bedingungen. Aktuelle Projekte im Bereich der unterirdischen Wasseraufbereitung erweitern sowohl die bisherige Anwendungsbreite [7] als auch Größe [8]. Damit bleibt das Thema auch für die Zukunft spannend.

### Literatur

- [1] Oesten, G. (1900): Verfahren zur Enteisung von Grundwasser im Untergrund selbst; Patentschrift Nr. 114709, Kaiserliches Patentamt Berlin
- [2] Winkelkemper, H. (1991): Verfahren und Vorrichtung zur Entfernung oder Minderung gelöster, oxidierbarer, Metalle oder anderer oxidierbarer Stoffe im Grundwasser einer Hauswasserversorgungsanlage; Patent DE 3543697
- [3] Rott, U. und Friedle, M. (2000): 25 Jahre unterirdische Wasseraufbereitung in Deutschland; gwf – Wasser/Abwasser 141 (Nr. 13), S. 99–107
- [4] Groth, P. et al. (1997): Unterirdische Enteisung und Entmanganung – aktualisierter Statusbericht; gwf – Wasser/Abwasser 138 (Nr. 4), S. 182–187
- [5] DVGW-Arbeitsblatt W223-3 (2005): Enteisung und Entmanganung; Teil 3: Planung und Betrieb von Anlagen zur unterirdischen Aufbereitung; wvgw Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, Bonn
- [6] Rott, U. et al. (2003): Simultane Trinkwassergewinnung und -aufbereitung in Kombination mit Horizontalfilterbrunnen; Wasser und Abfall 9, S. 22–25
- [7] Westerfeld, A. et al. (2013): Unterirdische Enteisung und Entmanganung mit Nitratreduktion; bbr 06-2013, S. 53 – 57
- [8] Herlitzius, J. et al. (2014): Trinkwasseraufbereitung unter der Erde; Umweltmagazin 1/2, S. 76–77

### Autor

Dr. Torsten Winkelkemper  
 Winkelkemper GmbH  
 FERMANOX Wasseraufbereitung  
 Krummer Weg 31  
 59329 Wadersloh  
 Tel.: 02523-9590958  
 Fax: 02523-2527  
 t.winkelkemper@fermanox.de  
 www.fermanox.de

