

In situ Abbau von Schadstoffen wie MTBE, VC und PAK mittels iSOC® im Grundwasser

Dipl.-Geol. Jürgen Buhl

Cornelsen Umwelttechnologie GmbH, 45356 Essen

T: +49-6344-938 468 F: +49-6344-938 269 E: buhl@cornelsen-umwelt.de

Die Firma Cornelsen Umwelttechnologie GmbH ging vor einigen Jahren aus der Preussag Wasser- und Rohrtechnik GmbH hervor. Die Tätigkeitsschwerpunkte des Unternehmens liegen nach wie vor im Trinkwasserbereich sowie in der Realisierung von Lösungen für die Boden- und Grundwassersanierung. Dies kann in der Anwendung biologischer Methoden aber auch der klassischen Techniken wie Pump & Treat (Strippen, Wasseraktivkohle) bestehen. Reichhaltige Erfahrungen bestehen in der Entfernung organischer und anorganischer Schadstoffe.

Die Erweiterung des Mitarbeiterstammes Ende 2003 erlaubt es, ein vielfältigeres Paket von Lösungen im In- und Ausland anzubieten (in England mit eigener Niederlassung). Dies schließt Schlurfverfahren (DPE, MPE), Phasenpumpen (für LNAPL oder DNAPL), pneumatische Förderpumpen (2“) und in situ Lösungen ein.

Im folgenden Beitrag soll die Möglichkeit der Anwendung von iSOC näher vorgestellt werden. Besonderes Augenmerk wird dabei auf MTBE und PAK gelegt, da diese Schadstoffe zwar behandelbare, aber auch für Anlagenlieferanten unbequeme Verbindungen darstellen.

System iSOC®

Das System iSOC® (in situ Submerged Oxygen Curtain) ist ein Instrument, mit dem die Durchführung von biologischen Sanierungen des Grundwassers stimuliert werden kann. Dies erfolgt durch die Einbringung von Sauerstoff ins Grundwasser, was für den Abbau von Schadstoffen wie zum Beispiel BTEX, MTBE, VC und PAK sehr wirksam sein kann. Mittlerweile ist es in mehr als 400 Projekten weltweit im Einsatz (USA, CAN, UK, AUS). Dieses patentierte System wird in Kanada von inVentures Technologies gebaut und weiterentwickelt.

Hinter diesem System verbirgt sich ein ca. 45 cm langer und weniger als fünf Zentimeter dicker Zylinder aus Edelstahl (Abbildung 3). In dessen Inneren befinden sich mehr als 700 hydrophobe, mikroporöse Hohlfasern, die eine große Oberfläche (7000 m² pro Kubikmeter Fasern) bieten, um den blasenfreien Transfer des Sauerstoffs ins Grundwasser zu bewerkstelligen.

Dieser in Lösung gegangene Sauerstoff soll die Lebensbedingungen für Mikroorganismen verbessern und dadurch den natürlichen Schadstoffabbau stimulieren. Das nachfolgende Bild zeigt die iSOC[®]-Einheit und den Blick auf die im Inneren befindlichen Faserbündel.

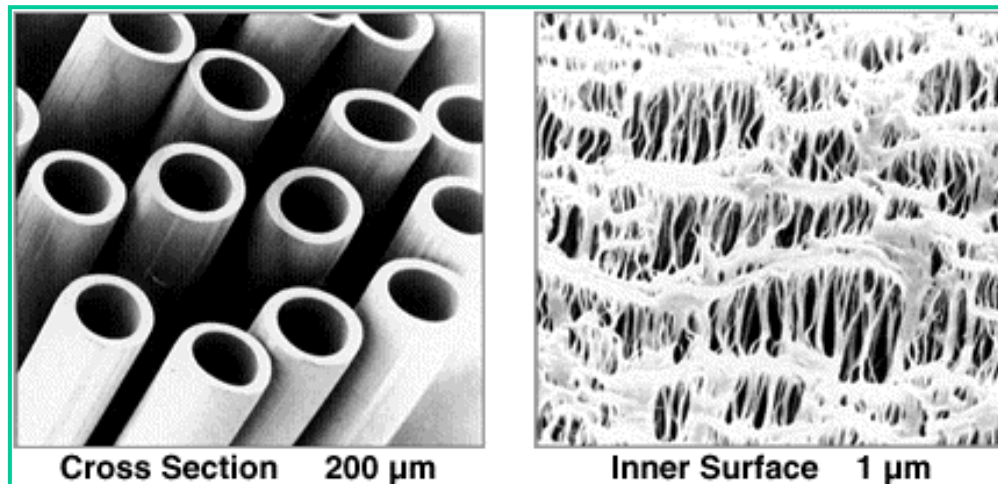


Abb. 1: Mikroporöse Hohlfaserbündel im Inneren der iSOC[®]-Einheit (Schnitt)

Die iSOC[®]-Einheit wird am unteren Ende eines Brunnens (2" oder größer) eingebaut. Dieser Brunnen kann sowohl im Zentrum der Verunreinigung (Quelle) oder in deren Abstrom liegen. So lässt sich iSOC[®] auch sehr wirkungsvoll bei der Kappung von Schadstofffahnen, die geprägt sein können durch MTBE, BTEX oder PAK einsetzen; Schadstoffe wie sie häufig im Umfeld von Tankstellen oder Tanklagern/Raffinerien zu finden sind.

Mittels kleinkalibriger Schlauchleitung wird die iSOC[®]-Einheit mit einem Druckminderer, der an einer Sauerstoffflasche montiert ist, verbunden.

Entsprechend der Grundwassermächtigkeit wird dort ein Druck von meist ca. 3,4 bar eingestellt. Ein in die iSOC[®]-Einheit integrierter Durchflussregler regelt dann unter diesen Bedingungen automatisch eine Sauerstoffmenge von 15 cm³/min ein. Das nachfolgende Bild zeigt eine solche Installation in einer Brunnenstube (unterflur).



Abb. 2: Unterflur-Installation von Sauerstoffflasche (86 cm) mit Druckminderer in einer Brunnenstube direkt neben dem iSOC®-Brunnen

Im Brunnen diffundiert der Sauerstoff durch die Fasern in das umgebende Grundwasser. Die natürliche Konvektion im Brunnen erfüllt die gesamte Wassersäule mit einheitlichen Konzentrationen an gelöstem Sauerstoff. Vom Brunnen aus strömt das sauerstoffhaltige Wasser ins umgebende Grundwasser. Dieser Prozess läuft nahezu blasenfrei ab. Nur im iSOC®-Brunnen selbst steigt im Abstand von wenigen Sekunden eine winzige Blase auf, mittels derer das Funktionieren des Systems kontrollierbar ist.

Bedingt durch den auflastenden Wasserdruck können bei hohen Grundwassermächtigkeiten höhere Konzentrationen an gelöstem Sauerstoff erzielt werden als bei einem flachen Einbau des Systems und entsprechend geringerer Wasserüberdeckung. Messungen zeigen, dass sich Konzentrationen an gelöstem Sauerstoff im iSOC®-Brunnen von 80 mg/l und mehr erzielen lassen (42 mg/l bei 1,5 m, 62 mg/l bei 4,6 m und 111 mg/l bei 15,2 m Aquifermächtigkeit).



Abb. 3: Bild der iSOC®-Einheit mit integriertem Durchflussregler

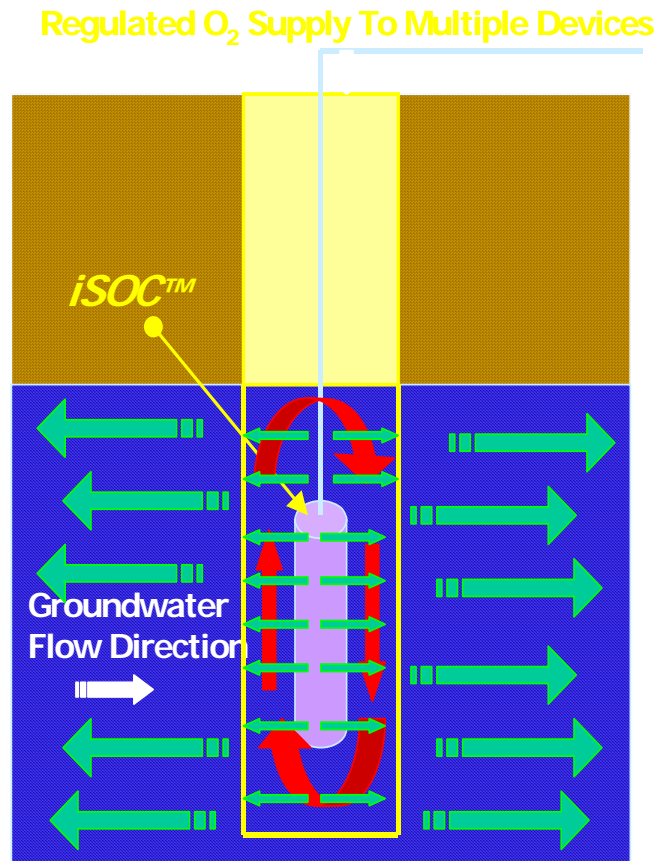


Abb. 4: Ausbreitung des Sauerstoffs im Brunnen sowie ins umgebende Grundwasser

Projektbeispiele haben gezeigt, dass sich unterschiedlich breite Zonen in Abstromrichtung des iSOC®-Brunnens ergeben, in welchen eine Erhöhung der Konzentrationen an gelöstem Sauerstoff oder gestiegene Redoxwerte messbar sind.

Dieser Radius der Beeinflussung beträgt lateral ca. 3 bis 6 m; in Grundwasserabstromrichtung werden Längen dieser Beeinflussung von mehr als 20 m gemessen, wobei die Sauerstoffkonzentrationen dann in der Regel durch Verdünnung und Aufzehrung meist im einstelligen Bereich liegen. Höhere Konzentrationen an Sauerstoff im Eingabebrunnen steigern den Radius der Beeinflussung und die Länge von Bereichen erhöhter Sauerstoffkonzentrationen in Abstromrichtung. Die Ausbildung der Beeinflussungszone wird in nachstehender Abbildung illustriert.

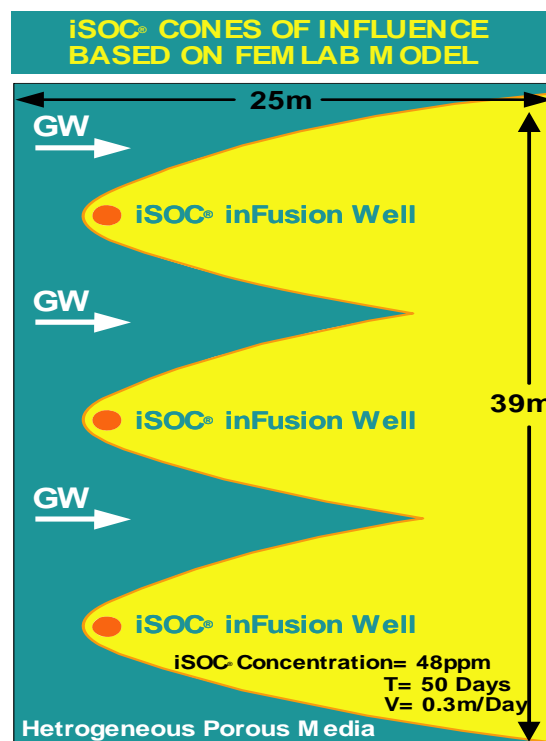


Abb. 5: Radius der Beeinflussung bei Anwendung von iSOC®

Projektbeispiel: Abbau von MTBE und Benzol

Im vorliegenden Projektbeispiel handelt es sich um eine aktive Tankstelle in den USA. Der Untergrund besteht aus Sanden und schluffigen Sanden, welche von Schluffen und Tonen unterlagert werden. Das Grundwasser wird ca. 2,5 m unter Gelände angetroffen. Dieses Wasser bewegt sich mit einer Geschwindigkeit von ca. 11 cm/Tag (ca. 4 km/Jahr).

In der Vergangenheit wurde eine Wasserentnahme auf diesem Gelände durchgeführt. Das geförderte Wasser wurde einer Stripanlage mit nachgeschaltetem Aktivkohlefilter zugeführt. Hohe Konzentrationen an gelöstem Eisen (30 bis 80 mg/l) führten jedoch zu Verockerungsproblemen bei der eingesetzten Anlage. Aufgrund dessen wurde nach alternativen Reinigungsmethoden gesucht.

Die Konzentrationen in den Brunnen lagen bei ca. 3 bis 7 mg/l für MTBE, 20 bis 30 mg/l für TBA und bis zu 0,6 mg/l für Benzol. Untersuchungen des Grundwassers zeigten, dass anaerobe und reduzierte Bedingungen vorliegen. In der nachfolgenden Abbildung ist die Lage der Zustrombrunnen (links), der iSOC[®]-Brunnen sowie der abstromig davon gelegenen Monitoringbrunnen (Piezometer) dargestellt.

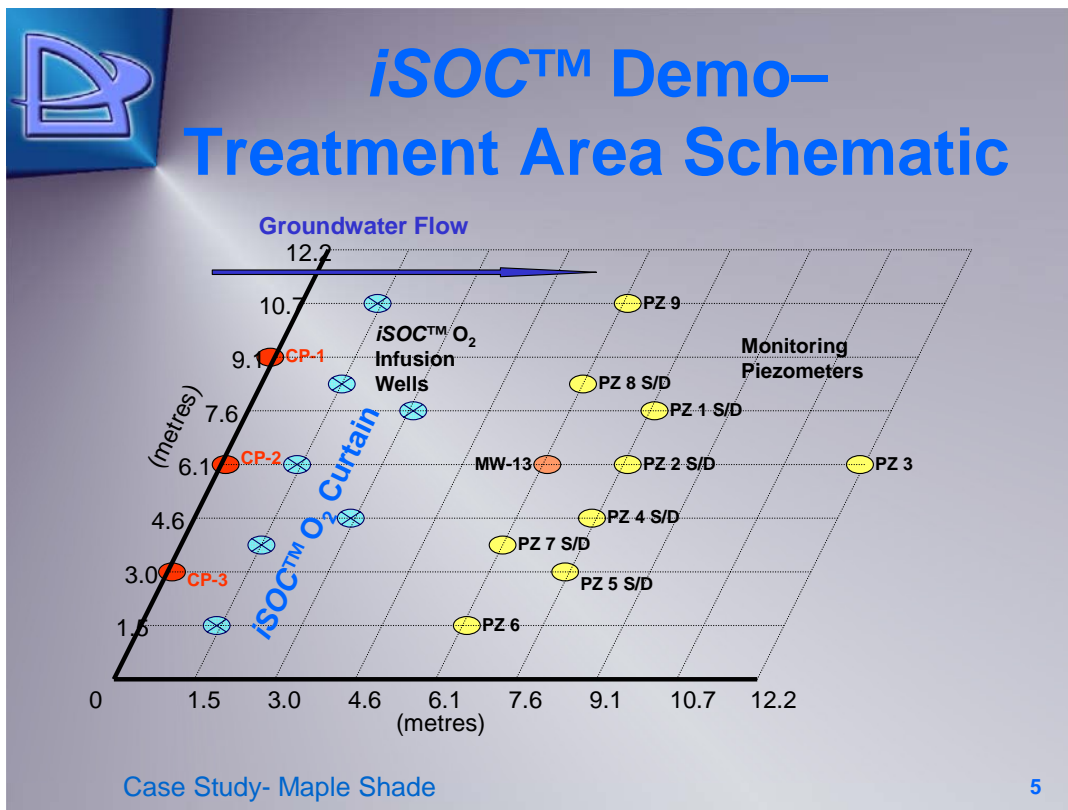


Abb. 6: Lage der Eingabe- und Untersuchungsbrunnen

Vor Start des Systems wurde eine Messung der Ausgangssituation vorgenommen. Weitere Messungen wurden während des Beobachtungszeitraumes von sechs Monaten realisiert. Die Messungen zeigten, dass sich eine effektive Barriere aus gelöstem Sauerstoff im Grundwasser ausbildete.

Begleitend ließen sich deutliche Abnahmen der Konzentrationen an MTBE, TBA und Benzol in den Monitoringbrunnen messen. Die Schadstoffverringerungen lagen im Bereich von ca. 97% für MTBE, ca. 55% für TBA und ca. 99% für Benzol. Die zu Beginn der Maßnahme und nach sechs Monaten Betrieb der iSOCs gemessenen Werte an MTBE sind in der nachfolgenden Abbildung illustriert.

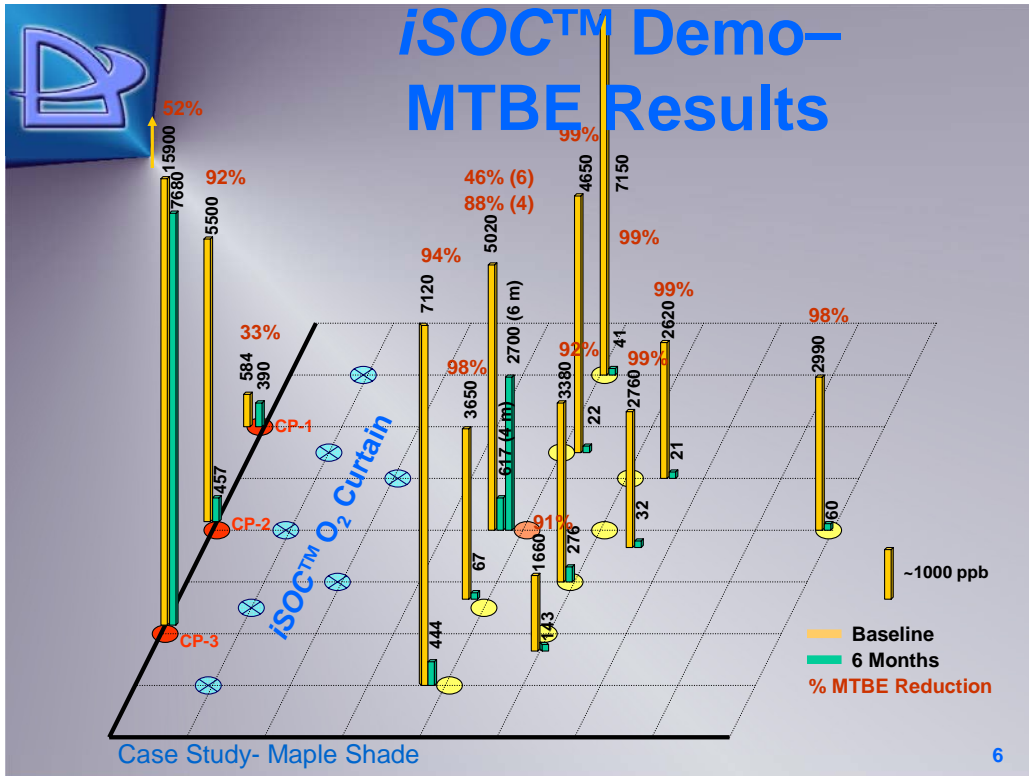


Abb. 7: MTBE-Konzentrationen im Grundwasser zu Beginn und am Ende eines sechsmonatigen Testzeitraumes

Auffällig war, dass die Wirksamkeit des iSOC®-Systems nicht durch die hohen Gehalte an Eisen im Grundwasser beeinflusst wurde.

Projektbeispiel: Abbau von Naphthalin und Benzol

Auf einem ehemaligen Gaswerksgelände wurde eine in situ Immobilisierung durchgeführt. Nach Ende der Maßnahme wurde randlich des immobilisierten Bereiches noch eine Belastung des Grundwassers mit Naphthalin und Benzol gemessen.

Abstromig des Geländes wurden keine Verunreinigungen gemessen. Um die Belastungen im Grundwasser abzubauen, wurden verschiedene Techniken erwogen. Chemische Oxidationsverfahren wurden wegen technischer Unsicherheit und hoher Kosten ausgeschlossen. Die im Untergrund vorliegende Wechsellagerung von Sanden und Tonen schloss die Anwendung des Air Sparging aus. Letztendlich wurde die Umsetzung einer ENA Maßnahme als zielführend angesehen.

Pilot Cell Results

MW-101 Pilot Results

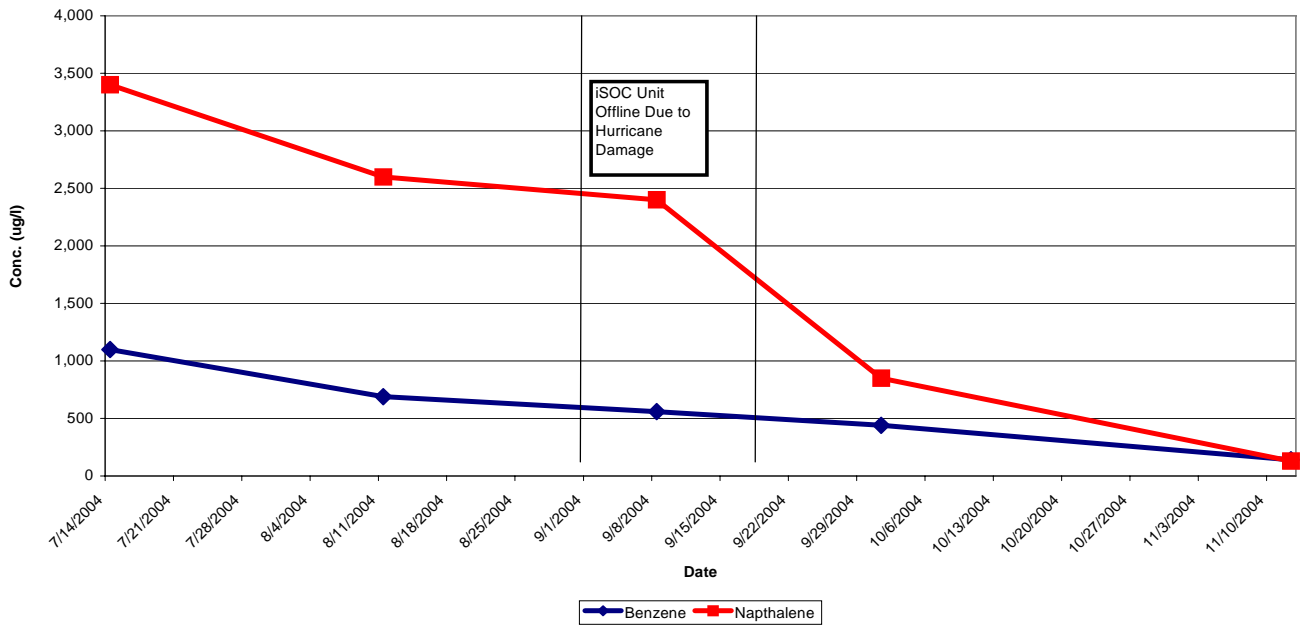


Abb. 8: Verringerung der Naphthalin- und Benzol-Konzentrationen im Zeitraum 14. Juli 2004 bis 10. Nov 2004 bei Einsatz von iSOC®

Anfänglich waren die Umsetzungsraten des Benzols höher als die des Naphthalins (ca. 38% zu 22% am 11. Aug). Nach dem 08. Sep zeigt sich jedoch eine deutliche Zunahme der Umsetzung des Naphthalins gegenüber Benzol (75% zu 60% am 29. Sep). Am Ende des Zeitraumes lagen die Werte bei 88% für Benzol und ca. 95% für Naphthalin.

Ausgehend von Sauerstoffkonzentrationen, die nahe Null waren, konnte rasch ein Anstieg in den Monitoringbrunnen auf Werte um 2 mg/l gemessen werden. Spitzenwerte lagen nahe bei 5,3 mg/l gelösten Sauerstoffs.

DO TREND

Monitoring Well DO Data

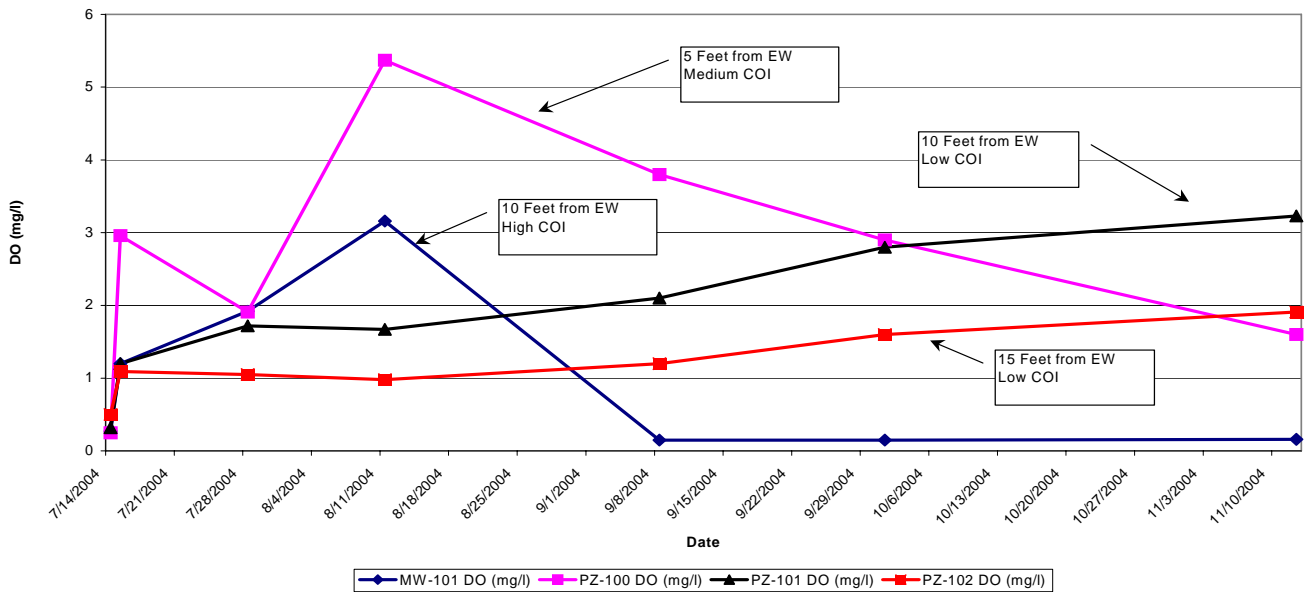


Abb. 9: Gehalte an gelöstem Sauerstoff in den Monitoringbrunnen

Kalkulationen in diesem Projekt machten deutlich, dass auch die Kosten des iSOC[®]-Verfahrens den anderen Techniken wie zum Beispiel ORC und Air Sparging überlegen ist. Generell ist evident, dass die ENA Maßnahme zum Erfolg führen wird. Aufgrund dessen wird als nächster Schritt die Umsetzung einer Brunnenkonfiguration (ausgeführt als Reinigungswand) geplant. Auf einem vergleichbaren Gelände wird eine Reinigungskonstellation bestehend aus 24 iSOC[®]-Brunnen realisiert.