

# Korrosion und Materialverträglichkeit mit KLOZUR® Persulfat



## HINTERGRUND

KLOZUR® Persulfat ist eine beliebte Technologie zur Behandlung von kontaminiertem Boden und Grundwasser. Es hat eine lange Geschichte der effektiven Behandlung einer Vielzahl von organischen Schadstoffen. Da KLOZUR® Persulfat ein sehr starkes Oxidationsmittel ist und seine Lösungen sehr sauer werden können (pH  $\leq 2$ ), können Persulfatlösungen zu einer korrosiven Umgebung für viele Metalle und Materialien führen. Darüber hinaus wird KLOZUR® Persulfat häufig durch alkalische Aktivierung bei Bedingungen von mehr als pH 10,5 angewendet. Dieses Technical Bulletin enthält die Ergebnisse von Korrosionsstudien mit Persulfat und aktivierten Persulfatlösungen und gibt Hinweise zu potenziellen Verträglichkeitsmaterialien. Weitere Informationen zur Sicherheit von KLOZUR® Persulfate finden Sie im Sicherheitsdatenblatt (SOS), das bei Evonik Operations GmbH erhältlich ist.

## KORROSION

Es wurden Labortests durchgeführt, um die Leistung häufig verwendeter technischer Materialien zu bewerten, die KLOZUR®-Persulfatlösungen ausgesetzt waren. Die Tests wurden bei zwei verschiedenen Konzentrationen von Persulfatlösungen durchgeführt: 20 Gew.-% für die typische Injektionslösung und 40 g / l für typische In-situ-Grundwasserkonzentrationen. Diese Tests wurden gemäß den Richtlinien von ASTM G31-72 durchgeführt.

Die Korrosionsraten für metallische Kupons wurden auf der Grundlage von Gewichtsänderungen über die Expositionszeit berechnet. Nichtmetallische Kupons wurden für visuelle Veränderungen und Veränderungen der physikalischen Eigenschaften beobachtet. Die statischen Eigenschaften von Beton und Nichtmetallen wurden nicht gemessen.

## RESULTAT

Bei reinen Persulfat-Lösungen von KLOZUR® (ohne Zusatz eines Aktivators) wurde während der Tests keine beobachtbare Korrosion auf Edelstahl (304L und 316L) beobachtet. Bei Kohlenstoffstahl, Kupfer und Messing wurde jedoch kurz nach Beginn der Tests sowohl für die konzentrierte (20 Gew.-%) als auch für die 40 g/l Persulfatlösung eine starke Korrosion beobachtet. Es wurde beobachtet, dass die Korrosionsraten für Kohlenstoffstahl und Messing nach ein und zwei Monaten im Vergleich zur einwöchigen Exposition abnahmen. Die Raten waren hoch genug, um darauf hinzuweisen, dass während des gesamten Zweimonatszeitraums eine allgemeine Korrosion anhielt. Polyvinylidenfluorid (PVDF) und faserverstärkter Kunststoff (GFK) zeigten während der einmonatigen Exposition eine zufriedenstellende Leistung, ohne dass eine merkliche Gewichtszunahme oder Erweichung beobachtet wurde. Auch Beton, Naturkautschuk und synthetischer Kautschuk zeigten Anzeichen einer Degradation bei langfristiger Einwirkung der reinen Persulfatlösungen.

Im Allgemeinen waren die Testergebnisse der Fe-EDTA-aktivierten Persulfatlösung ähnlich wie die der Persulfatreinen Lösung. Es wurden keine signifikanten Erhöhungen der Korrosion aufgrund des Vorhandenseins des Aktivatorsystems oder der anschließenden Bildung von Sulfatradikalen beobachtet.

Bei alkalisch aktivierten Persulfatlösungen wurde Natriumhydroxid zugesetzt, um den pH-Wert auf über 10 zu erhöhen und die bei der Persulfatzersetzung gebildete Schwefelsäure zu neutralisieren. Ein signifikanter Rückgang der Korrosionsraten wurde bei aktiviertem Persulfat mit hohem pH-Wert in Kontakt mit Kupfer, Messing und Kohlenstoffstahl beobachtet. Bei diesen Metallen wurde nach einmonatiger Exposition für beide Persulfatkonzentrationen eine vernachlässigbare Korrosion beobachtet. Darüber hinaus wurde bei Edelstahl keine spürbare Korrosion beobachtet. Eine signifikante Gewichtszunahme (5 - 10%) und Bleiche wurden für den Beton nach einmonatiger Exposition gegenüber der aktivierten Persulfatlösung mit hohem pH-Wert beobachtet, und während des Tests wurde eine gewisse Auflösung des Betons festgestellt.

**TABELLE 1 | ERGEBNISSE FÜR 20 GEW.-% REINE KLOZUR® PERSULFAT-LÖSUNGEN BEI RAUMTEMPERATUR NACH 1 WOCHEN UND 1 MONAT EINWIRKZEIT**

mpy Millizoll pro Jahr | ✓ kompatibles Material | ⊖ nicht kompatibles Material

Material	1 Woche	1 Monat	Kommentare
Rostfreier Stahl (304L, 316L)	✓	✓	<1 mpy. Keine spürbare Korrosion über 2 Monate.
Kupfer-Messing	>100 mpy	20 – 50 mpy ⊖	Schwere allgemeine Korrosion, Korrosionsrate nimmt mit der Zeit ab.
Kohlenstoffstahl	>200 mpy ⊖	50 – 100 mpy ⊖	Schwere allgemeine Korrosion, Ätzen an Schweißnähten, Korrosionsrate nimmt mit der Zeit ab.
PVDF	✓	✓	Keine merklichen Veränderungen nach 2-monatiger Exposition.
FRP	✓	✓	Keine merklichen Veränderungen nach 2-monatiger Exposition.
Beton	Gewichtszunahme, gebleichtes Aussehen	Gewichtszunahme (5 – 10%), gebleichtes Aussehen	Zunehmende Gewichtszunahme im Laufe der Zeit. Etwas Auflösung als Rückstand in der Prüfkammer beobachtet.
Naturkautschuk	Leichte Gewichtszunahme	Leichte Gewichtszunahme	Risse und Blasen, die nach 1-monatiger Exposition beobachtet wurden.
Synthetischer Kautschuk (Neopren)	Leichte Gewichtszunahme	Leichte Gewichtszunahme	Risse und Blasen, die nach 1-monatiger Exposition beobachtet wurden.

**TABELLE 2 | ERGEBNISSE FÜR KLOZUR® PERSULFAT-ONLY-LÖSUNGEN (40 G / L) BEI RAUMTEMPERATUR NACH 1 WOCHEN UND 2 MONATEN EXPOSITIONSZEIT**

mpy Millizoll pro Jahr | ✓ kompatibles Material | ⊖ nicht kompatibles Material

Material	1 Woche	1 Monat	Kommentare
Rostfreier Stahl (304L, 316L)	✓	✓	<1 mpy. Keine spürbare Korrosion über 2 Monate.
Kupfer-Messing	>50 mpy	20 mpy ⊖	Schwere allgemeine Korrosion, Korrosionsrate nimmt mit der Zeit ab.
Kohlenstoffstahl	>50 mpy ⊖	20 mpy ⊖	Schwere allgemeine Korrosion, Ätzen an Schweißnähten, Korrosionsrate nimmt mit der Zeit ab.
PVDF	✓	✓	Keine merklichen Veränderungen nach 1-monatiger Exposition.
FRP	✓	✓	Keine merklichen Veränderungen nach 1-monatiger Exposition.
Beton	Gewichtszunahme, gebleichtes Aussehen	Gewichtszunahme (5 – 10%), gebleichtes Aussehen	Zunehmende Gewichtszunahme im Laufe der Zeit. Etwas Auflösung als Rückstand in der Prüfkammer beobachtet.
Naturkautschuk	Leichte Gewichtszunahme	Leichte Gewichtszunahme	
Synthetischer Kautschuk (Neopren)	Leichte Gewichtszunahme	Leichte Gewichtszunahme	

**TABELLE 3 | ERGEBNISSE FÜR FE-EDTA KLOZUR® PERSULFATLÖSUNGEN, 20 GEW.-% UND 40 G/L BEI RAUMTEMPERATUR NACH 1 MONAT EXPOSITIONSZEIT**

mpy Millizoll pro Jahr | ✓ kompatibles Material | ⊖ nicht kompatibles Material

Material	20 Gew.-% Konzentration	40 g / L	Kommentare
Rostfreier Stahl (304L, 316L)	✓	✓	<1 mpy. Keine spürbare Korrosion über 1 Monate.
Kupfer-Messing	20 – 50 mpy	< 20 mpy ⊖	Schwere allgemeine Korrosion, Korrosionsrate nimmt mit der Zeit ab.
Kohlenstoffstahl	> 50 mpy ⊖	20 – 50 mpy ⊖	Mehrere allgemeine Korrosion, Ätzen an Schweißnähten.
PVDF	✓	✓	Keine merklichen Veränderungen nach 1 Monat Exposition.
FRP	✓	✓	Keine merklichen Veränderungen nach 1 Monat Exposition.
Beton	Gewichtszunahme, gebleichtes Aussehen	Gewichtszunahme (5 – 10%), gebleichtes Aussehen	Zunehmende Gewichtszunahme im Laufe der Zeit. Etwas Auflösung als Rückstand in der längsten Kammer beobachtet.
Naturkautschuk	Leichte Gewichtszunahme	Leichte Gewichtszunahme	
Synthetischer Kautschuk (Neopren)	Leichte Gewichtszunahme	Leichte Gewichtszunahme	

**TABELLE 4 | ERGEBNISSE FÜR KLOZUR® PERSULFAT-ONLY-LÖSUNGEN (40 G / L) BEI RAUMTEMPERATUR NACH 1 WOCHE UND 2 MONATEN EXPOSITIONSZEIT**

mpy Millizoll pro Jahr | ✓ kompatibles Material | ⊖ nicht kompatibles Material

Material	20 Gew.-% Konzentration	40 g / L	Kommentare
Rostfreier Stahl (304L, 316L)	✓	✓	<1 mpy. Keine spürbare Korrosion über 1 Monate.
Kupfer-Messing	✓	✓	Vernachlässigbare allgemeine Korrosion (< 2 mpy). Schwarzfilmbildung beobachtet.
Kohlenstoffstahl	✓	✓	Vernachlässigbare allgemeine Korrosion (< 2 mpy). Schwarzfilmbildung beobachtet.
Beton	Gewichtszunahme, gebleichtes Aussehen	Gewichtszunahme (5 – 10%), gebleichtes Aussehen	Gebleichtes Aussehen, zunehmende Gewichtszunahme im Laufe der Zeit, etwas Auflösung als Rückstand bei der Verstopfung beobachtet.

## MATERIALVERTRÄGLICHKEIT MIT KLOZUR® NATRIUMPERSULFAT-LÖSUNGEN

### Empfohlene und kompatible Materialien:

- Butylkautschuk
- EPDM
- Faserverstärkter Kunststoff (GFK)
- Glas
- Neopren
- Polymethylmethacrylat (PMMA)
- Polyäthylen
- PVC
- Edelstahl (304L und 316L) für alle Misch-, Förder- und Lagergeräte
- Polytetrafluorethylen (PTFE)
- Viton

### Inkompatible Materialien:

- Aluminium
- Kohlenstoffstahl
- Verzinktes Rohr
- Monel
- Nitrilkautschuke
- Messing
- Kupfer
- LRON
- Nickel

### ALLGEMEINE HINWEISE

Es wird empfohlen, alle benetzten Teile und alle anderen Geräte oder Materialien, die mit der KLOZUR®-Persulfatlösung in Berührung kommen könnten, zu bewerten, um sicherzustellen, dass sie chemisch mit den Reagenzien in Konzentrationen kompatibel sind, mit denen sie in Kontakt kommen könnten. Zu den medienberührten Teilen gehören in der Regel alle Teile der Injektions- oder Dosierausrüstung, die mit der KLOZUR®-Persulfatlösung in Kontakt kommen können, einschließlich Pumpen, Durchflussmesser, Manometer, Rohre, Armaturen, Klebstoffe, Fugendichtmittel, Dichtungen, Schläuche, Ventile, Trennschalter, Weil-Köpfe, Injektionswerkzeuge, Injektionsbrunnen, Mischvorrichtungen und Tanks unter anderem.

### SPEZIFISCHE LEITLINIEN

#### Brunnenbau:

- Verwenden Sie kompatible Materialien wie PVC oder Edelstahl (304L, 316L).

#### Pumpen:

- Überprüfen Sie die Kompatibilität aller medienberührten Teile, einschließlich aller Dichtungen, Membranen, Dichtungen, Schläuche und Schläuche.

#### Direkte Schubstangen:

- Direct Push Rods werden in der Regel aus Kohlenstoffstahl hergestellt. Es wurde beobachtet, dass Kohlenstoffstahl mit reinem Persulfat und FeEDTA-aktiviertem Persulfat reagiert. Auch bei Verwendung von alkalischem aktiviertem Persulfat sollten die Stäbchen häufig kontrolliert werden.

- Gewindeverbindungen von Stangen können korrosionsanfällig sein. Um die Korrosion zu reduzieren, können verschiedene praktische Maßnahmen ergriffen werden, wie z. B. das Aufbringen einer chemisch kompatiblen Sperrschicht, wie z. B. eines PTFE oder eines anderen chemisch kompatiblen Fettes, auf die Gewinde. Schraubverbindungen sollten während des Betriebs häufig überprüft werden.

#### Versorgungseinrichtungen unter der Oberfläche:

- Identifizieren und prüfen Sie immer die Lage der unterirdischen Versorgungsleitungen, bevor Sie KLOZUR® Persulfat auftragen.
- Stellen Sie sicher, dass entweder die unterirdischen Versorgungsleitungen nicht mit der KLOZUR®-Persulfatlösung in Berührung kommen oder dass alle Teile, die mit der KLOZUR®-Persulfatlösung in Berührung kommen können, chemisch kompatibel sind. Dazu können Rohre, Dichtungen, Schrauben, Bänder, Stützen und Opferanoden gehören.

#### Zubehör:

- 304 Edelstahl - Zeitplan 40
- CPVC – Zeitplan 80 bevorzugt (kann bei Erwärmung an Stärke verlieren)
- PVC (kann bei längerem Gebrauch verspröden werden)

Unsere Informationen entsprechen unseren heutigen Kenntnissen und Erfahrungen nach unserem besten Wissen. Wir geben sie jedoch ohne Verbindlichkeit weiter. Unsere Informationen beschreiben weder die Beschaffenheit unserer Produkte und Leistungen noch stellen sie Garantien dar. Dies gilt auch hinsichtlich der Wahrung von Schutzrechten Dritter. Änderungen im Rahmen des technischen Fortschritts und der betrieblichen Weiterentwicklung bleiben vorbehalten. Der Abnehmer ist von einer sorgfältigen Prüfung der Funktionen bzw. Anwendungsmöglichkeiten der Produkte durch dafür qualifiziertes Personal nicht befreit. Die Erwähnung von Handelsnamen anderer Unternehmen ist keine Empfehlung und schließt die Verwendung anderer gleichartiger Produkte nicht aus.

**Evonik Operations GmbH**  
Active Oxygens Business Line  
Soil & Groundwater Remediation

remediation@evonik.com  
www.evonik.com/remediation