

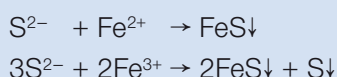
# Industrieabwasserreinigung mit Eisensalzen

Im Bereich der Industrieabwasserreinigung werden Eisensalze als Fällungs- und Flockungsmittel verwendet. Zum Einsatz kommen lösliche oder gelöste Chloride, Chloridsulfate oder Sulfate mit zweiwertigem oder dreiwertigem Eisen als Wirksubstanz.

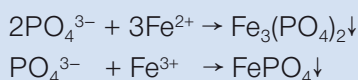
## 1. KRONOS Produktpalette

Speziell zur Industrieabwasserbehandlung und -reinigung bietet KRONOS zwei- und dreiwertige Eisensalzprodukte als dosierfertige Lösungen, restfeuchte Salze oder rieselfähige Granulate an.

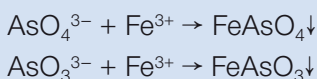
### Sulfid



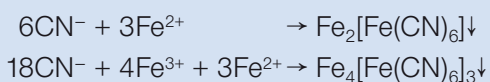
### Phosphat



### Arsen



### Cyanid



Tab. 1: Fällungsreaktion

## 2. Wirkmechanismen der Eisensalze

### 2.1 Fällung

Eisensalze können mit einer Reihe von gelösten Abwasserinhaltsstoffen schwerlösliche Verbindungen bilden. Diesen Vorgang nennt man Fällung. Alle abwasserrelevanten Fällungsreaktionen sind in Tabelle 1 aufgeführt.

### 2.2 Flockung (primäre Flockung)

Die stark positive Ladung der  $\text{Fe}^{3+}$ - und  $\text{Fe}^{2+}$ -Ionen bewirkt die Entladung, Koagulation und Ausflockung negativ stabilisierter Abwasserinhaltsstoffe, wie Kolloide, kolloiddisperser Stoffe und suspendierter Feststoffe. Dieser Vorgang wird als Flockung bezeichnet und ist in sehr vereinfachter Form in Abbildung 1 schematisch dargestellt.

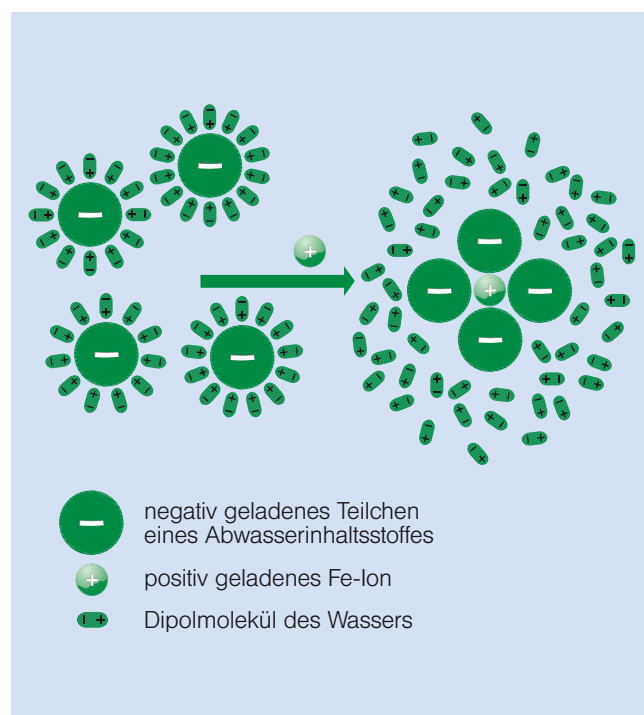


Abb. 1: Vereinfachte Darstellung des Flockungsmechanismus

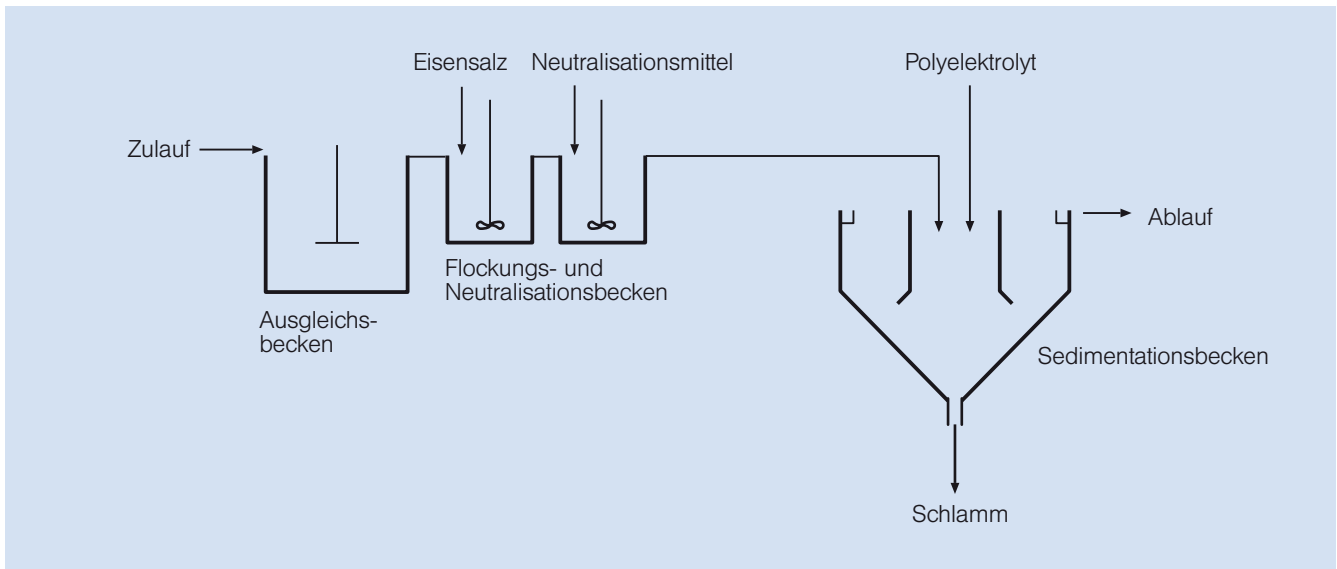
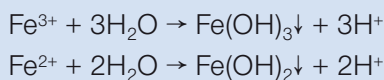


Abb. 2: Chemisch-mechanische Fällungs- und Flockungsreinigung – kontinuierliches Verfahren

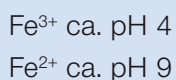
### 2.3 Hydrolyse

Eisenionen gehören zu den sogenannten hydrolyisierbaren Metallsalzen, d.h. sie reagieren mit Wasser:



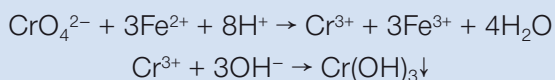
Durch das Ausfallen als Hydroxid werden die „überschüssigen“ Fe-Ionen aus der Flüssigphase des Abwassers entfernt. Außerdem ist die Hydroxidflocke in der Lage, weitere Abwasserinhaltsstoffe durch Adsorption und Einschluss zu eliminieren.

Die Hydrolyse ist pH-abhängig und setzt  $\text{H}^+$ -Ionen frei. Bei folgenden pH-Werten ist die Hydroxidfällung abgeschlossen:

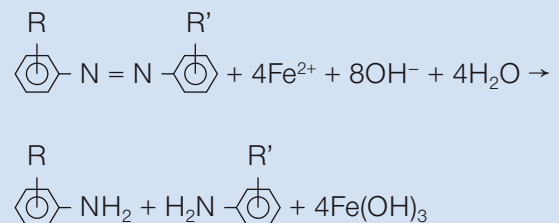


### 2.4 Reduktion

Eisen(II)-ionen reduzieren das sowohl im sauren als auch im alkalischen Bereich lösliche Chromat zu fällbarem dreiwertigem Chromhydroxid:



Textilabwässer, die Azofarbstoffe enthalten, können mit zweiwertigen Eisensalzen durch eine sogenannte reduktive Fällung entfärbt werden (siehe TI 3.03):



## 3. Chemisch-mechanische Fällungs- und Flockungsreinigung

Die unter Kapitel 2 beschriebenen chemisch-physikalischen Vorgänge haben alle das Ziel, gelöste oder feinstverteilte Abwasserinhaltsstoffe in eine mechanisch absehbare Form zu bringen. Erst durch die anschließende Fest-Flüssig-Trennung erfolgt die eigentliche Reinigung des Abwassers. Das Verfahren als Ganzes wird als chemisch-mechanische Fällungs- und Flockungsreinigung bezeichnet.

### 3.1 Das kontinuierliche Verfahren

Die chemisch-mechanische Abwasserreinigung mit Eisensalzen gliedert sich in drei Verfahrensschritte:

- Sammeln des Rohabwassers
- Chemische Behandlung
- Mechanische Fest-Flüssig-Trennung

Der Verfahrensablauf ist in Abbildung 2 schematisch dargestellt und lässt sich im Einzelnen wie folgt beschreiben:

Das Abwasser wird in einem Becken gesammelt und hinsichtlich Menge, Temperatur und Zusammensetzung ausgeglichen. Gegebenenfalls muss belüftet werden.

In einer ersten Mischstufe oder -strecke wird mit hohem Energieeintrag Eisensalz-Lösung zugegeben. Hier laufen alle Vorgänge der primären

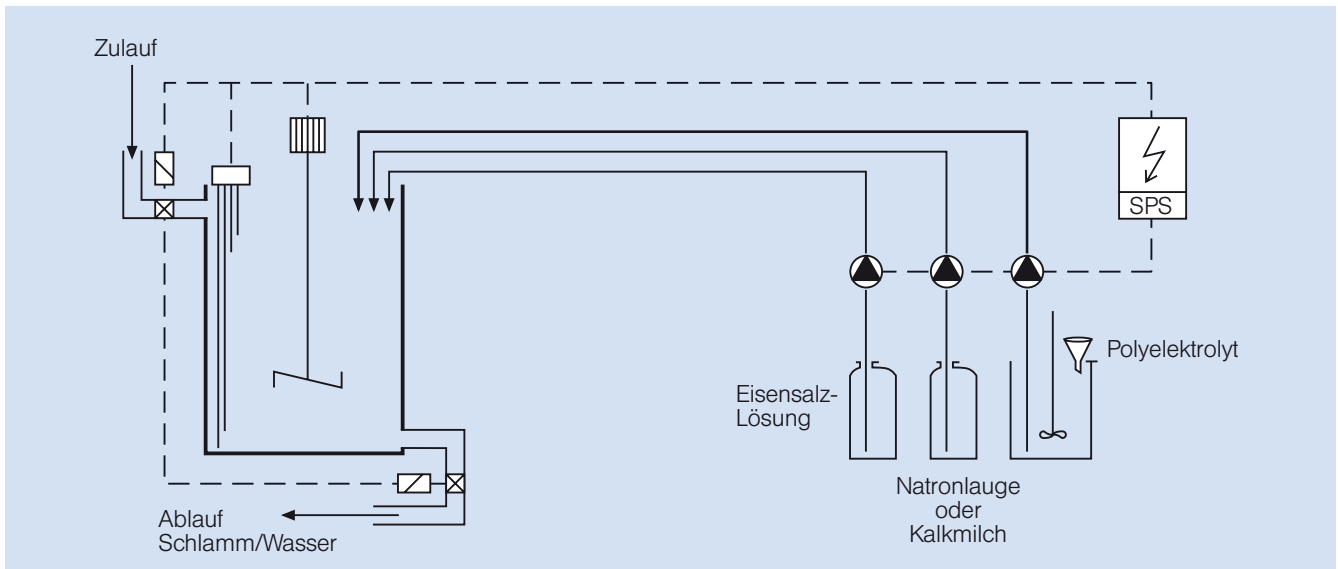


Abb. 3: Chemisch-mechanische Fällungs- und Flockungsreinigung – Chargenbetrieb

Flockung ab. Der pH-Wert sinkt – je nach erforderlicher Dosiermenge, Pufferkapazität und AusgangspH-Wert – bis auf ca. 3 ab.

In einer zweiten Mischstufe wird, vorzugsweise mit Kalkmilch, neutralisiert, wobei ebenfalls gute Einmischbedingungen vorliegen sollen und pH-Werte von über 7 einzustellen sind.

Als dritter chemischer Schritt erfolgt die Zugabe von Polyelektrolyt mit möglichst wenig Energieeintrag. Der anionische Polyelektrolyt bewirkt als Flockungshilfsmittel die Flockenvergrößerung und soll die Sedimentation beschleunigen (sekundäre Flockung).

Das chemisch behandelte Abwasser wird zur mechanischen Fest-Flüssig-Trennung in einen Sedimentationstrichter gegeben, der vorzugsweise als Schlammkontaktbecken konstruiert ist. Alternativ kommen auch Schrägklärer oder Lamellenseparatoren in Frage. Die Abtrennung der Feststoffe kann auch mittels der Flotationstechnik erfolgen.

### 3.2 Der Chargenbetrieb

Das kontinuierliche Verfahren nach Abbildung 2 setzt einen relativ hohen Abwasserdurchsatz voraus. Ist das Abwasseraufkommen gering und der Anfall sehr unregelmäßig, bietet sich die diskontinuierliche Abwasserreinigung im Chargenbetrieb an (Abb. 3). Hierzu ist anlagentechnisch im Prinzip nur ein Behälter notwendig, der in zeitlicher Abfolge als Sammel-, Misch- und Sedimentationseinheit dient. Die einzelnen Verfahrensschritte können durch ein SPS-Programm und zugeordnete Kontaktschalter soweit automatisiert werden, dass nur noch wenig manuell eingegriffen werden muss und sich ein fast kontinuierlicher Verfahrensablauf ergeben kann.

### 3.3. Laborversuche

Das diskontinuierliche Verfahren lässt sich im Labormaßstab relativ gut simulieren. Typ, Menge und Kombination der Chemikalien sowie der erziel-

bare Reinigungseffekt lassen sich im Becherglas ermitteln. Grundsätzlich ist zu beachten, dass die chemisch-mechanische Fällungs- und Flockungsreinigung nur ein begrenztes Leistungsspektrum hat. Nicht fällbare und nicht flockbare Abwasserinhaltsstoffe, wie z. B. wasserlösliche Alkohole, sind nicht eliminierbar.

## 4. Anwendungsgebiete der chemisch-mechanischen Fällungs- und Flockungsreinigung

Die chemisch-mechanische Fällungs- und Flockungsreinigung findet als alleiniges Verfahren, als Verfahrensstufe in Kombination mit anderen Verfahren oder als Vorstufe zu biologischen Abwasserreinigungsverfahren in zahlreichen Industriebereichen Anwendung.

### 4.1 Emulsionsspaltung

Das Ausflocken von emulgierten Abwasserinhaltsstoffen nennt man Emulsionsspaltung. Die Abwasserreinigung durch Emulsionsspaltung ist vor allem im Bereich der Farben- und farbenverarbeitenden Industrie üblich. Überall dort, wo Kunststoffdispersionen hergestellt, transportiert und weiterverarbeitet werden, müssen die „Waschwässer“ gespalten werden. Im Zuge der fortschreitenden Umstellung von Anstrich-, Beschichtungs- und Klebstoffen auf lösungsmittelfreie, wässrige Systeme nimmt die Bedeutung dieser Abwasserreinigung zu.

Alle Abwässer mit emulgierten Ölen und Fetten können durch Emulsionsspaltung mit Eisen-salzen gereinigt werden. Dieses Verfahren wird insbesondere im Bereich der Metallverarbeitung bei Schneid- und Bohröl-abwässern sowie in der Raffinerieindustrie angewandt.

In der Nahrungsmittelindustrie werden fett- und eiweißhaltige Abwässer „gespalten“ und anschließend vorzugsweise mittels Flotationstechnik mechanisch geklärt.

## 4.2 Suspensaflockung

Abwasserinhaltsstoffe, die als suspendierte oder feinverteilte Feststoffe das Wasser belasten, werden durch die sog. Suspensaflockung mechanisch abscheidetfähig.

Die Suspensaflockung mit Eisensalzen wird insbesondere in der keramischen, der chemischen und der Papierindustrie praktiziert. Auch Abwässer aus der Abgasreinigung, wie z. B. die Aschewässer der Kraftwerke, werden durch chemisch-mechanische Abwasserreinigung geklärt.

Ein weiteres Anwendungsgebiet ist die Reinigung von Flaschenwaschanlagen-Abwasser aus der Getränkeindustrie.

## 4.3 Entfärbung

Abwässer aus der Textilveredelungsindustrie enthalten oftmals sehr stabile Farbstoffreste, die praktisch allen gängigen Reinigungsverfahren widerstehen.

Mittels der sog. reduktiven Fällung mit Eisen-II-salzen und Kalk (Kapitel 2.4) lässt sich das Abwasser irreversibel entfärben.

## 4.4 Sulfideliminierung

Abwässer aus Gerbereien (Äscherwässer) und aus Erdölraffinerien enthalten Sulfide bzw. Schwefelwasserstoff ( $H_2S$ ). Auch in Abwässern aus der Nahrungsmittelindustrie können sich durch anaerobe Vorgänge Sulfide bilden. Sowohl durch den Einsatz von Eisen-II- als auch Eisen-III-salzen (Tabelle 1) können die Sulfide ausgefällt werden. Probleme im Hinblick auf Geruchsbelästigung, Korrosion und Vergiftung sind damit beherrschbar.

## 4.5 Chromatentgiftung

Durch Einsatz von Eisen-II-salzen lässt sich das hochgiftige Chromat zu fällbarem Chrom(III) reduzieren. Durch anschließende Neutralisation bzw. Hydrolyse fallen unlösliches Chrom-III- und Eisen-III-hydroxid aus, die sich mechanisch aus dem Abwasser entfernen lassen.

Die Chromatentgiftung bzw. -reduktion wird in der zementverarbeitenden Industrie und in der Metalloberflächenveredelung angewandt.

## 4.6 Weitere Anwendungsgebiete

Neben den fünf beschriebenen Hauptanwendungen sind noch weitere Anwendungsmöglichkeiten für Eisensalze bekannt.

### 4.6.1 Phosphateliminierung

Das klassische Gebiet der Phosphatfällung ist die kommunale Abwasserreinigung. Vielen Industrieabwässern, die biologisch gereinigt werden, muss dagegen sogar Phosphat zugegeben werden.

Einige Abwässer aus der chemischen Industrie sowie aus der Nahrungsmittel- und Getränkebranche enthalten aber soviel Phosphat, dass eine gezielte Phosphatfällung mit Eisensalzen durchgeführt wird (siehe TI 3.01).

### 4.6.2 Arseneliminierung

Abwässer aus der Erzaufbereitung und -verhüttung sowie Gruben- und Sickerwässer (Altlasten) können Arsen enthalten. Eisensalze fällen Arsen als schwerlösliche Eisenarsenite oder -arsenate aus. Auch bei der Trink- und Brauchwasseraufbereitung wird in Sonderfällen dieses Fällungsverfahren zur Arsenentfernung genutzt.

### 4.6.3 Cyanidentgiftung

Die Ausfällung des giftigen  $CN^-$ -Ions mit Eisensalzen ist eine altbewährte Methode. Dabei entsteht, je nach Bedingungen und gewähltem Eisensalz, entweder das schwerlösliche „Berliner Blau“ oder „Berliner Weiß“. Es eignet sich besonders als Grobreinigungsverfahren vor der Entgiftung durch Oxidation. Die Anwendung erfolgt überwiegend als Konzentratbehandlung in der Oberflächenveredelungsindustrie oder auch bei der Bodenwäsche.

### 4.6.4 Schwermetallfällung

Eisensalze können Schwermetalle nicht auf direktem Wege ausfällen. Trotzdem ist dieses Verfahren mit Erfolg in Anwendung. Der Eliminationseffekt ergibt sich durch Adsorptions- und Einschlussvorgänge mit der Hydroxidflocke. Das bekannteste Einsatzgebiet ist die Reinigung von REA-Abwässern durch Fällung und Flockung mit Eisen-III-salzen.

---

Diese Ausführungen sollen dem Verbraucher Hinweise und Anregungen geben; sie erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit und sind unverbindlich. Gesetzliche Bestimmungen, auch hinsichtlich etwaiger Schutzrechte Dritter, müssen in jedem Fall beachtet werden.

Vor Gebrauch unserer Produkte bitte die Hinweise in den Sicherheitsdatenblättern beachten.

---

## KRONOS INTERNATIONAL, Inc.

### KRONOS ecochem

Peschstr. 5 · D-51373 Leverkusen

Telefon (+49 214) 356-0 · Telefax (+49 214) 44117

E-Mail: [kronos.ecochem@kronosww.com](mailto:kronos.ecochem@kronosww.com)

[www.kronosecochem.com](http://www.kronosecochem.com)

© KRONOS 2002

DS2068D/9023D