

# VANADIUM

## Entfernung von Vanadium aus kontaminiertem Abwasser



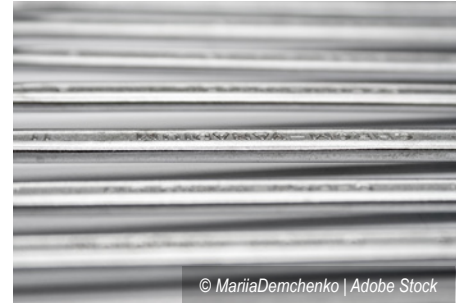
144058714 © | Dreamstime.com

Bild 1: Mine für Vanadium, Kupfer, Silber, Gold in RF



© vwoe | Adobe Stock.com

Bild 2: Druse aus roten Vanadinit-Kristallen



© MariaDemchenko | Adobe Stock

Bild 3: Werkzeug aus Chrom-Vanadium

Vanadium ist ein Metall und benannt nach Vanadis, einer nordischen Göttin. Vanadium ist duktil, formbar und korrosionsbeständig. Vanadium kommt selten als freies Element vor. Es ist Bestandteil in Mineralien wie Vanadinit, Carnotit, Patronit und Titan-Magnetit. Im Oberflächen- und im Grundwasser kommt es gelöst als  $[HVO_4]^{2-}$  or  $[H_2VO_4]^-$  mit bis zu 100 µg/l vor.

Metallisches Vanadium wird in der Stahlindustrie, dem sogenannten Ferrovanadium, eingesetzt, wo es in Chrom-Vanadium-Stählen zur

Erhöhung der Zähigkeit führt. Vanadiumoxide, Vanadiumsalze bzw. Vanadiumlösungen werden als Katalysatoren in vielen Prozessen der Grundstoffchemie, als Wirkstoff in der Pharmazie und als Vermittler für Beschichtungen bzw. in Ätzverfahren benutzt.

Neben den gewollten Anwendungen wird auch durch Vanadium kontaminiertes Abwasser erzeugt, das giftig ist und im Verdacht steht, als mutagenes Klastogen in den Chromosomen karzinogen zu wirken, deshalb muss es vor der Einleitung behandelt werden.



Bild 4: Vanadium – das Chamäleonmetall

© Ludmila | Adobe Stock

### Vanadium im Abwasser

Vanadium kann in verschiedenen Oxidationsstufen vorliegen, wobei in sauerstoffhaltigen Wässern und in industriellen Abwässern oft die giftigen 5+ Vanadate-Anionen vorliegen.

Die Geringfügigkeitsschwelle wurde vom UBA mit 4 µg V/l freigegeben. Das Bayerische Umweltamt hat für die Einleitung von kontaminiertem Wasser in oberirdische Gewässer und öffentliche Abwasseranlagen einen

Orientierungswert von 200 µg/l empfohlen. Allgemeingültige Grenzwerte konnten zum Zeitpunkt der Recherche nicht gefunden werden.

[Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, Merkblatt Nr. 4.5/15 v. 25.7.2005; Merkblatt 4.5/1 v. Sept. 2014].

## Oxidationsstufen von Vanadium

Vanadium kann in Verbindungen in verschiedenen Oxidationsstufen vorliegen (+5, +4, +3, +2, +1, 0, -1, -3), wobei die stabilsten Formen +4 und +5 sind.

Die Oxidationsstufen sind farblich gut zu unterscheiden (siehe Bild 5).

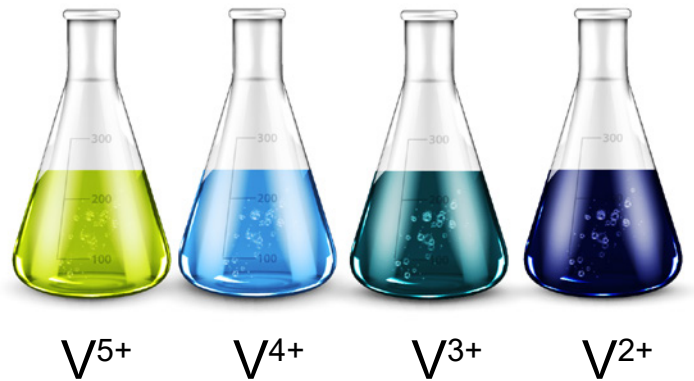


Bild 5: Farben der Vanadium Oxidationsstufen

## Vanadium Entfernung

Die Vanadiumentfernung basiert auf Eisen-III-Chlorid/Vanadate – Co-Fällung, wobei das stöchiometrische Verhältnis von Fe zu V mindestens 3 betragen muss.

Die Aktivierung der Reaktion erfolgt im sauren Milieu und die Fällung im alkalischen Bereich. Das Blockdiagramm in Bild 6 zeigt die notwendigen Prozessschritte und die jeweilige Produktfärbung.

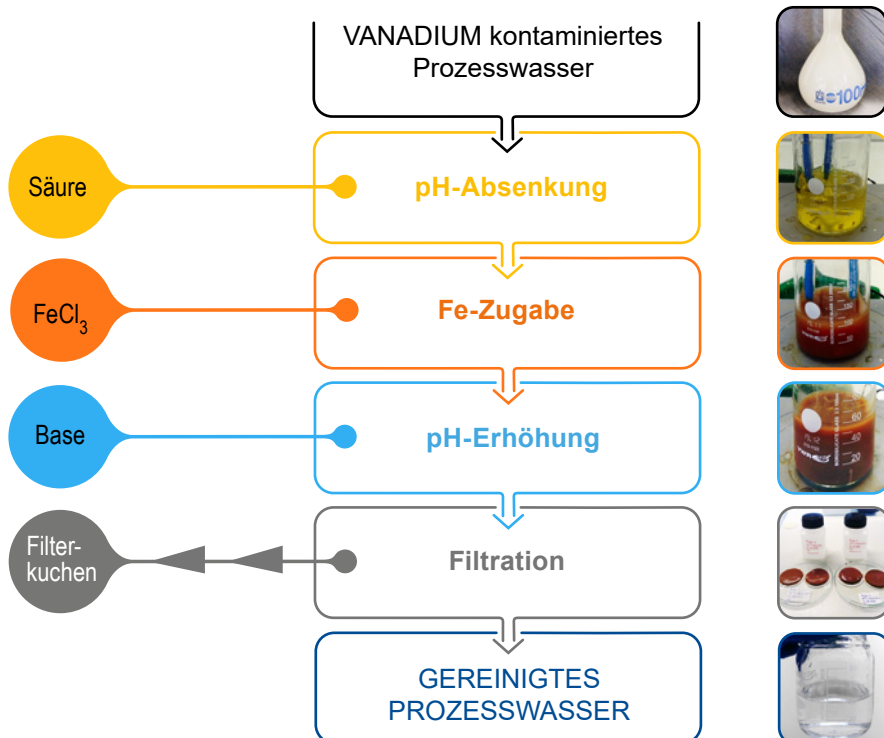


Bild 6: Blockdiagramm der Vanadiumentfernung

## Analysen

Die Ergebnisse der Vanadiumanalysen zeigen die Abhängigkeit der Vanadiumentfernung von der pH-Wert-Verschiebung und dem Verhältnis von Fe zu V. (siehe Bild 7)

Vanadium	Fe: V ratio	Einheit	Analyse
Prozesswasser (original)		mg/l	720
FeCl <sub>3</sub> -Fällung (ohne pH-Absenkung)	2:1	mg/l	510
	4:1	mg/l	390
FeCl <sub>3</sub> -Fällung (mit pH-Absenkung)	2:1	mg/l	0,41
	4:1	mg/l	0,08

DIN EN ISO 17294-2: 2005-02 (Bemessungsgrenze 0,01 mg/l)

Bild 7: Tabelle mit Auszug aus den Analyseergebnissen

## Theorie zur Co-Fällung

Die Co-Fällung oder Co-Präzipitation ist eine besondere Form der Fällung bei der die Edukte zunächst in Lösung gebracht werden, um eine homogene Verteilung zu erzeugen.

Durch die Zugabe der Fe-III-Chlorid-Lösung erfolgt eine Trübung, wobei schwebende Hydroxide und Carbonate entstehen.

Durch die pH-Anhebung erfolgt die Flockung und Trennung der Phasen. Die entstehenden Sedimente können abfiltriert und mechanisch oder thermisch konzentriert werden.

Im Pourbaix-Diagramm (Bild 8) kann der Zustand des Abwassers im jeweiligen Prozessschritt gut eingeordnet werden.

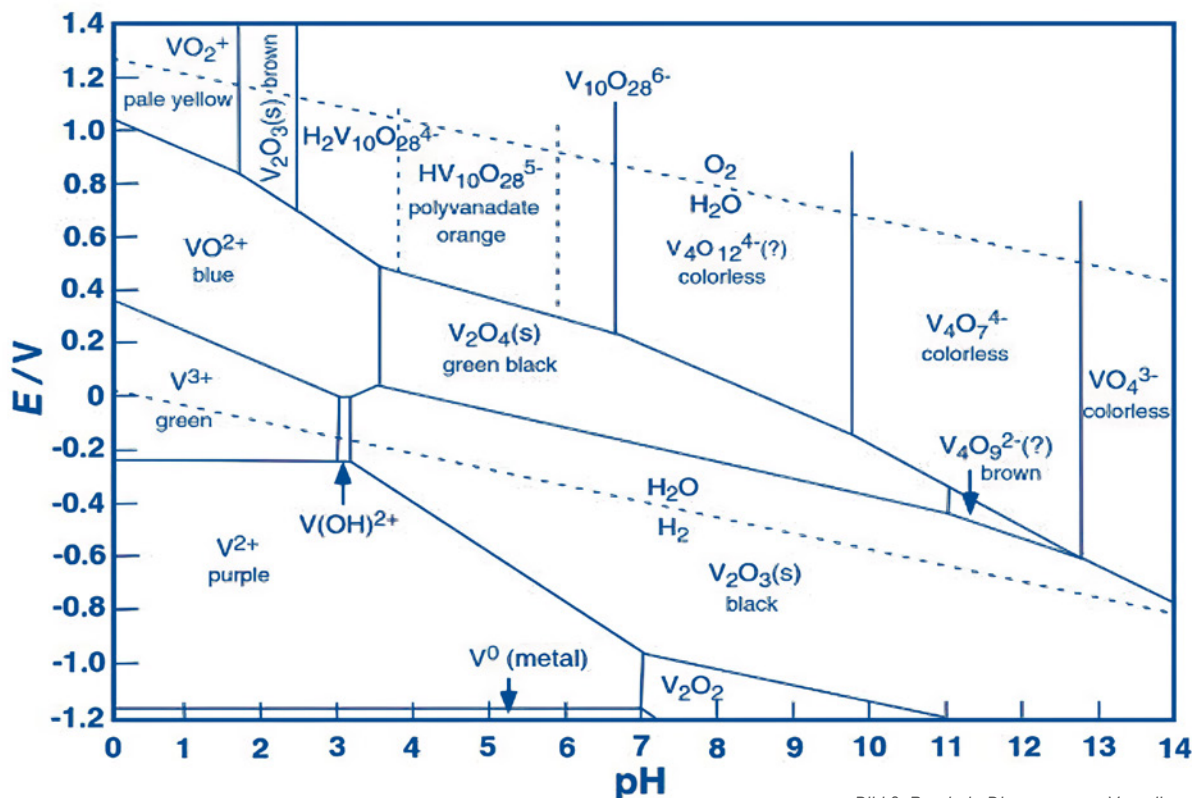


Bild 8: Pourbaix-Diagramm von Vanadium [SEMANTIC SCHOLAR]

## Auslegung einer Anlage

Die Auslegung einer Anlage zur Vanadiumentfernung erfolgt durch die Umwelt- und Ingenieurtechnik GmbH Dresden (UIT) auf der Basis von Versuchsergebnissen mit realen Prozess- oder Abwasser im Technikum der UIT sowie den Erfahrungen und einer Simulation.

Praxisnahe Versuche im Technikum der UIT zeigen mögliche Über-

lagerungen von Effekten und helfen, die vor- und nachgelagerten Prozessschritte in die Anlagenauslegung mit einzubeziehen.

Aus diesen Erkenntnissen und der hydrochemischen Simulation werden die optimalen Parameter für eine großtechnische Behandlungsanlage entwickelt. (Bild 9)



Bild 9 – Multifunktionale Anlage zur Metallabtrennung, errichtet durch die Umwelt- und Ingenieurtechnik GmbH Dresden

## Anlagenbauer

Die Umwelt- und Ingenieurtechnik GmbH Dresden (UIT) entwickelt kundenspezifisch Verfahren in eigenen Technika, stellt vollausgestattete Pilotanlagen in Containerbauweise zur Konzeptbestätigung zur Verfü-

gung, plant und baut schlüsselfertige Industrie- und Bergbauanlagen.

Industriell wird diese Technologie in der Katalysatorherstellung und der Metallabtrennung im Bergbau nach einer Säurelaugung eingesetzt.

## Schwermetalle, Säuren, Salze

Die Spezialisten der UIT haben seit vielen Jahren Kompetenzen in den Bereichen der Prozess- und Industrieabwasserbehandlung, der Schwermetallabtrennung, der Metallgewinnung, der Säure- und Salzabtrennung gesammelt.

Die selbstentwickelte Simulationssoftware auf der Basis von PHREEQC® ermöglicht es, die Prozesse im Vorfeld zu optimieren, wodurch Zeit und Kosten gespart werden.

