

Für Mensch & Umwelt

WaBoLu – Wasserkurs

Chrom VI-Entfernung

Chromentfernung bei der Trinkwasseraufbereitung

mit dem Reduktion, Coagulation, Filtration-Verfahren mit biologischer Eisenentfernung (RCbF)

Teil I

Chemische Parameter, deren Konzentration sich im Verteilungsnetz einschließlich der Trinkwasser-Installation in der Regel nicht mehr erhöht

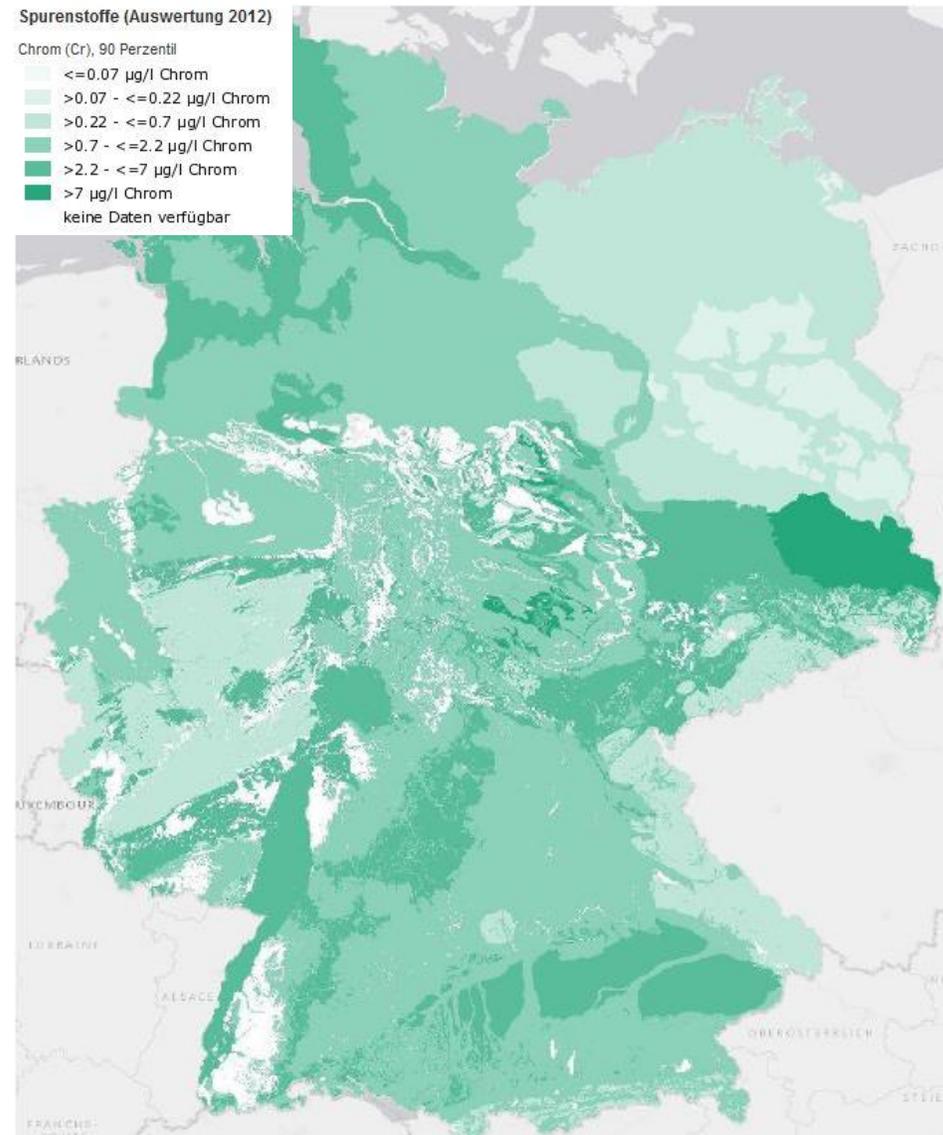
Laufende Nummer	Parameter	Grenzwert* mg/l	Bemerkungen
4	Bromat	0,010	
5	Chrom	0,050	Gesamtes Chrom Cr(III) + Cr(VI)
6	Cvanid	0.050	

Ein Grenzwert, als mit einem akzeptabel bewerteten **Risiko von 10^{-6}** bedeutet theoretisch **einen zusätzlichen Krebsfall** unter **einer Million Menschen**, die ihr **Leben lang** (rechnerisch 70 Jahre) **täglich zwei Liter Wasser** trinken, das Cr (VI) in einer Konzentration des Grenzwertes enthält.

Oder:

Wäre das gesamte Trinkwasser im Deutschland so belastet und würde jeder Einwohner zwei Liter pro Tag davon trinken, würde dies für die hier lebende Bevölkerung rechnerisch etwas mehr als einen zusätzlichen Krebsfall pro Jahr bedeuten.

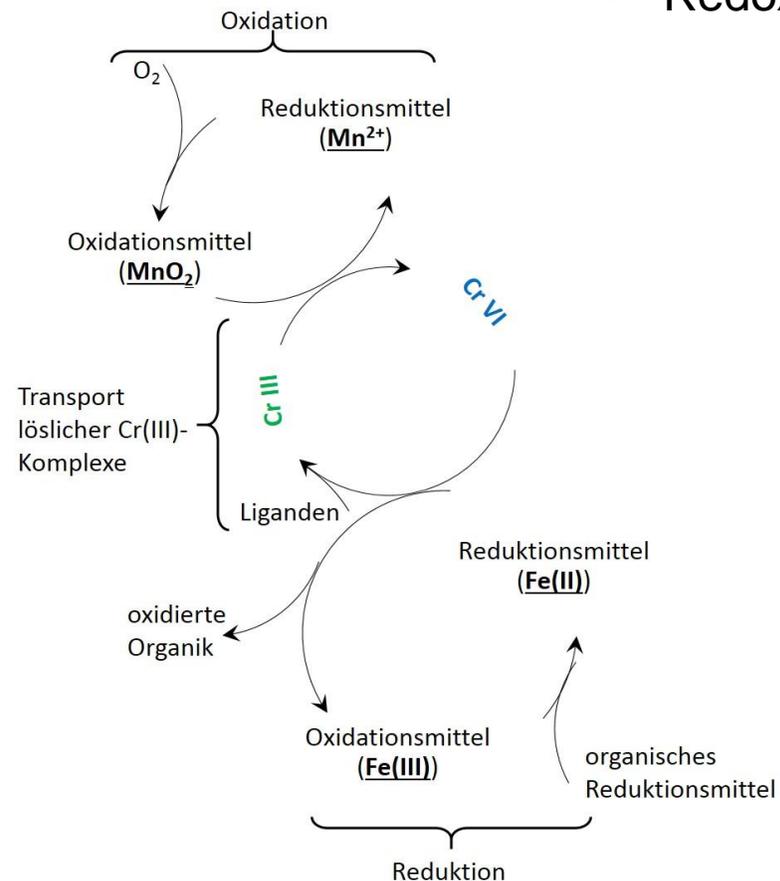
Vorkommen von Chrom im Grundwasser



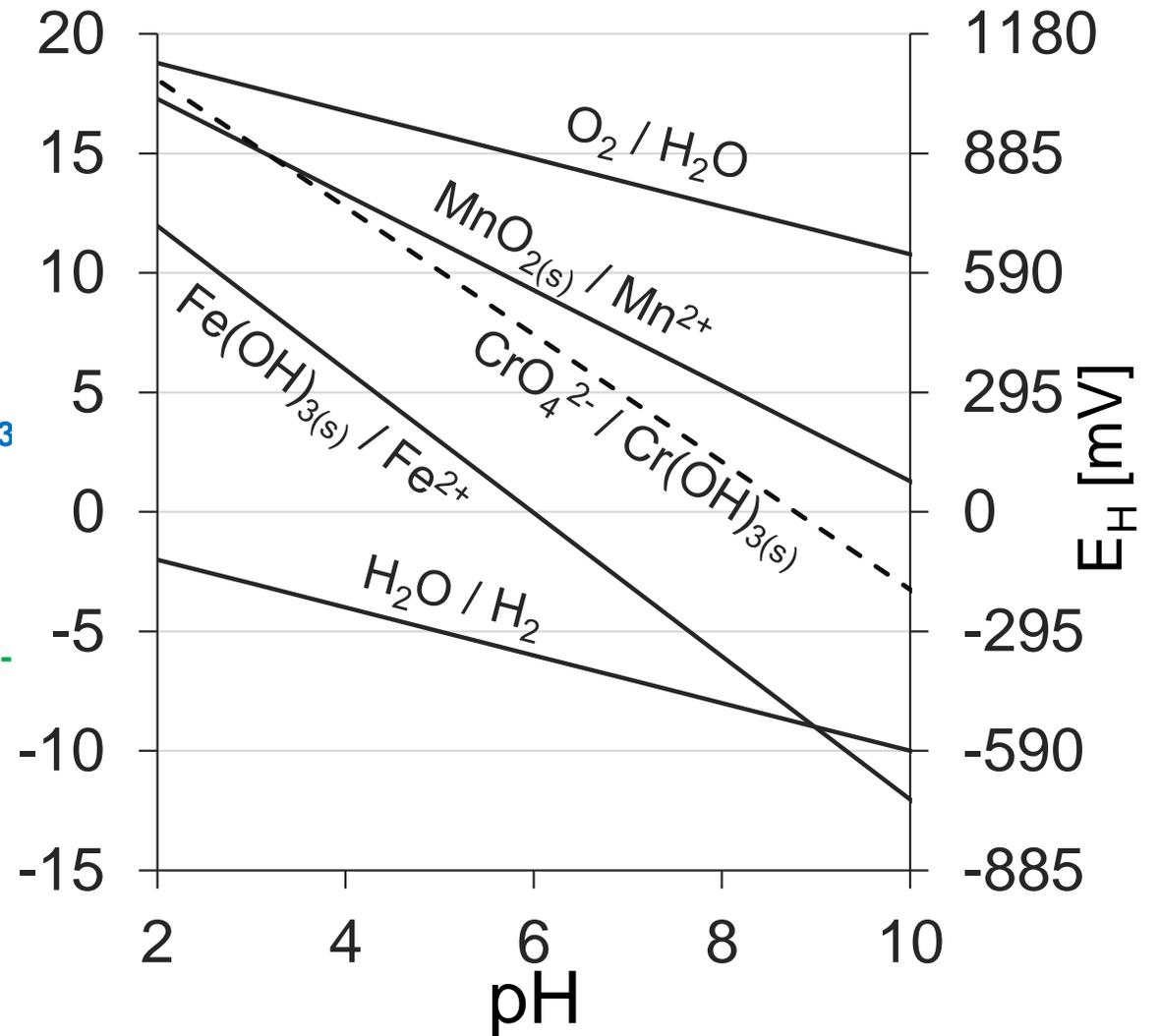
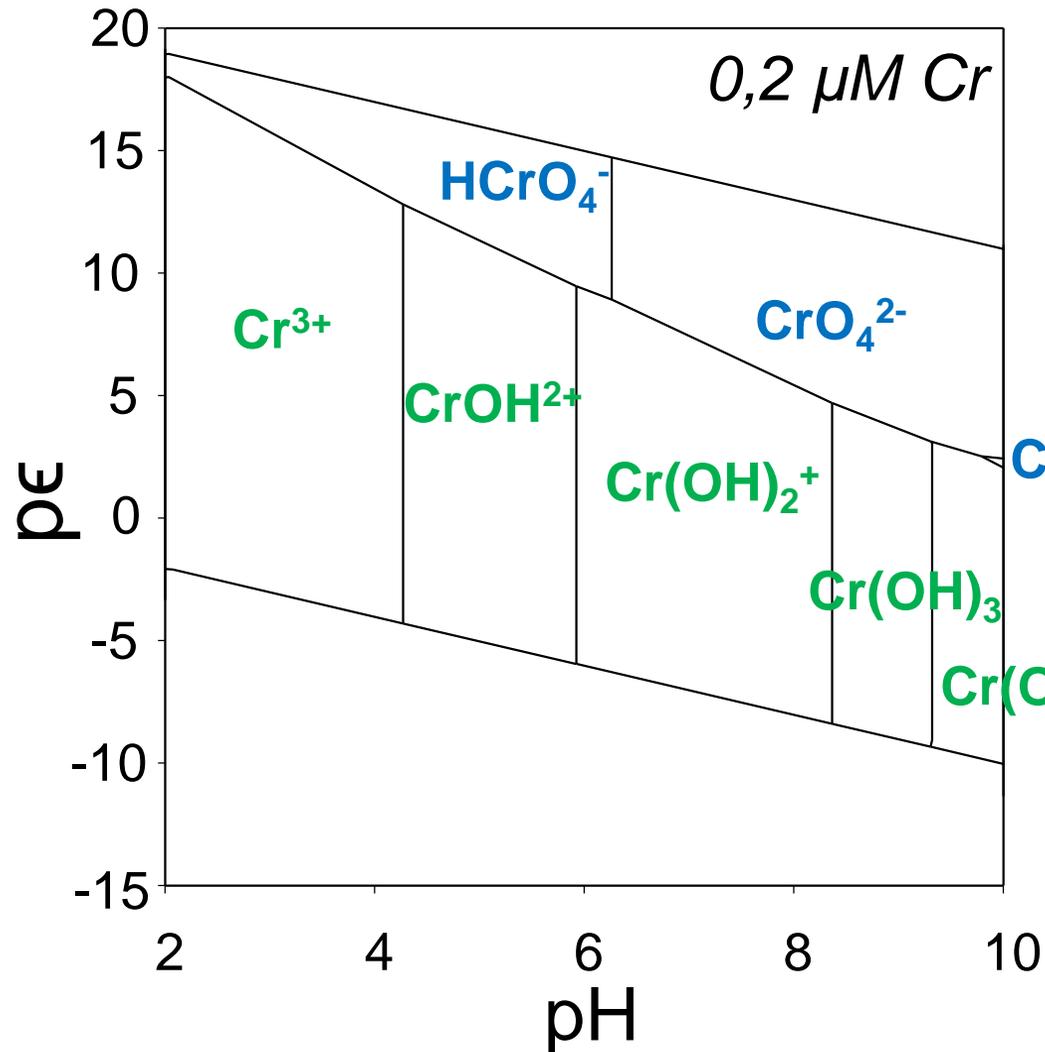
Der Chromkreislauf

Korrelationen im Untergrund:

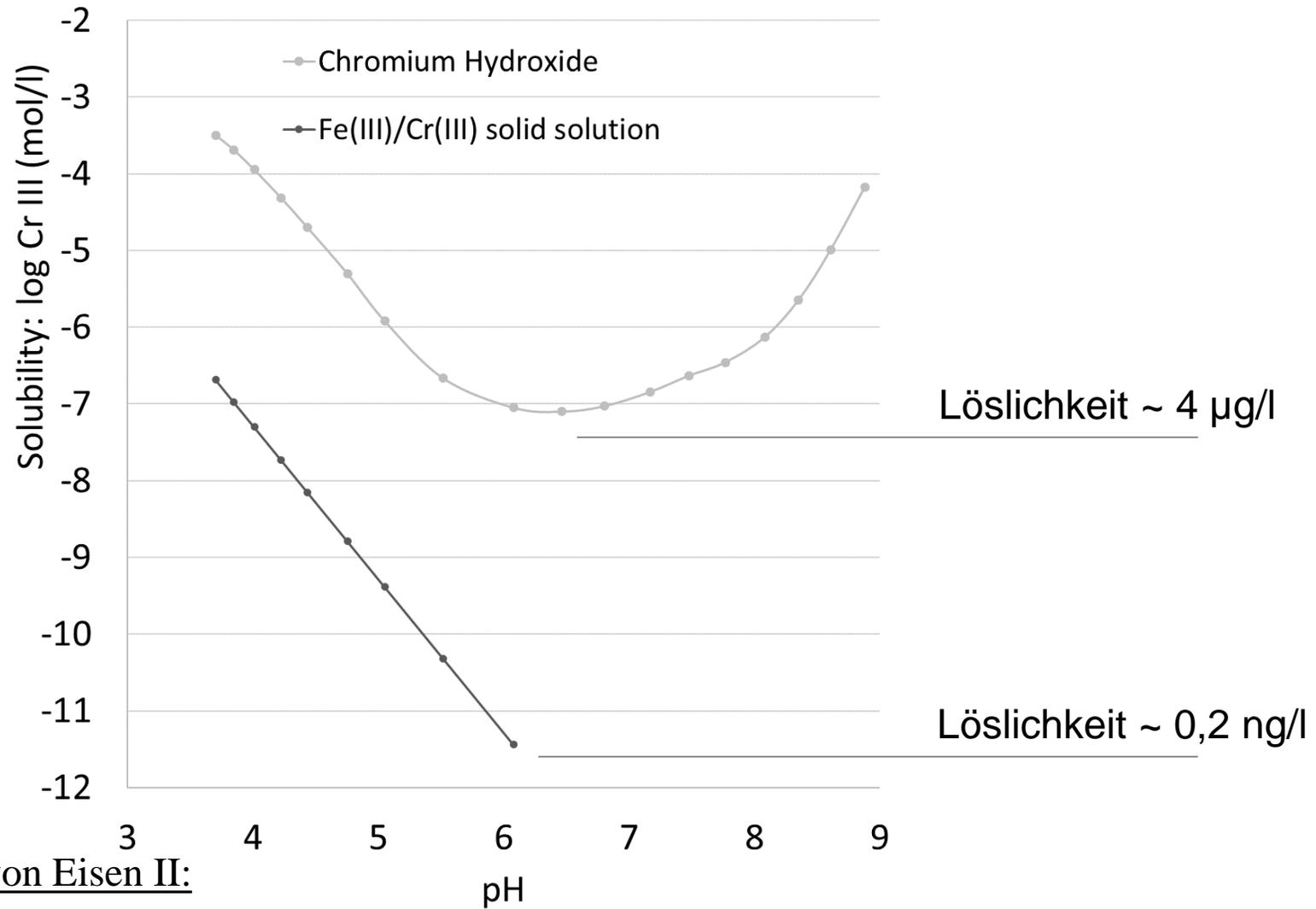
- $\text{Fe} > 1 \text{ mg/L} \rightarrow \text{Cr}_{\text{ges}} \leq 0,5 \text{ } \mu\text{g/L} \ \& \ \text{Cr(VI)} \leq 0,2 \text{ } \mu\text{g/L}$
- $\text{O}_2 \text{ oder } \text{NO}_3^- > 1 \text{ mg/L} \rightarrow \text{Cr(VI)}$
- $\text{Redox-Potential} > 100 \text{ mV} \rightarrow \text{Cr(VI)}$



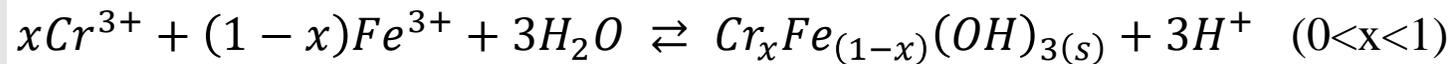
Stabilitätsdiagramm



Löslichkeit Chrom III

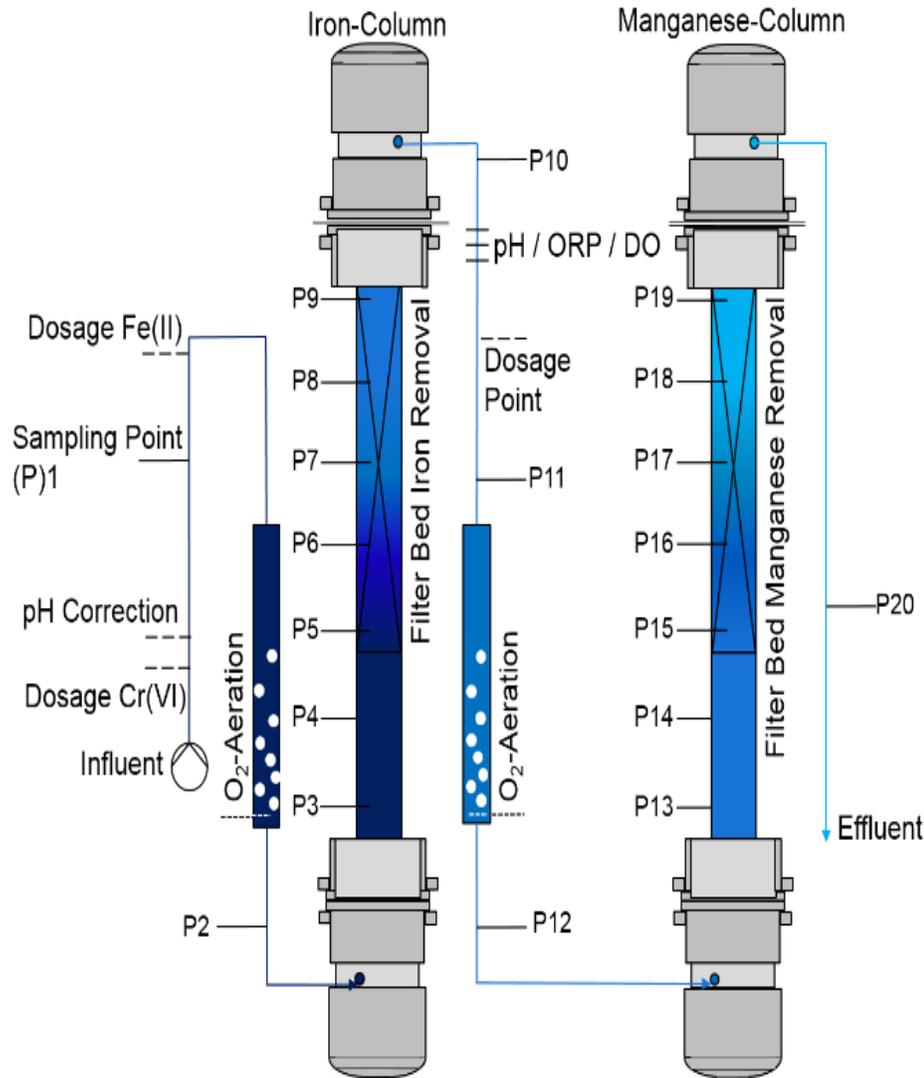


Redoxreaktion in Anwesenheit von Eisen II:



Methodik: Pilotanlage biologische Enteisung und Entmanganung

Aufbereitungsstuf gemäß §-11-Liste:



1. Schritt - Reduktion:

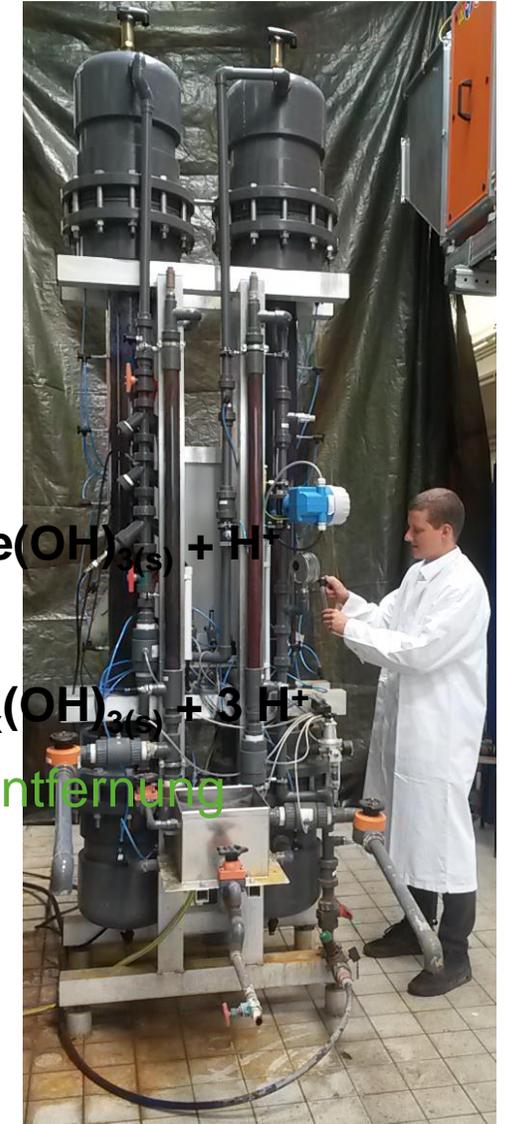


2. Schritt - Flockung

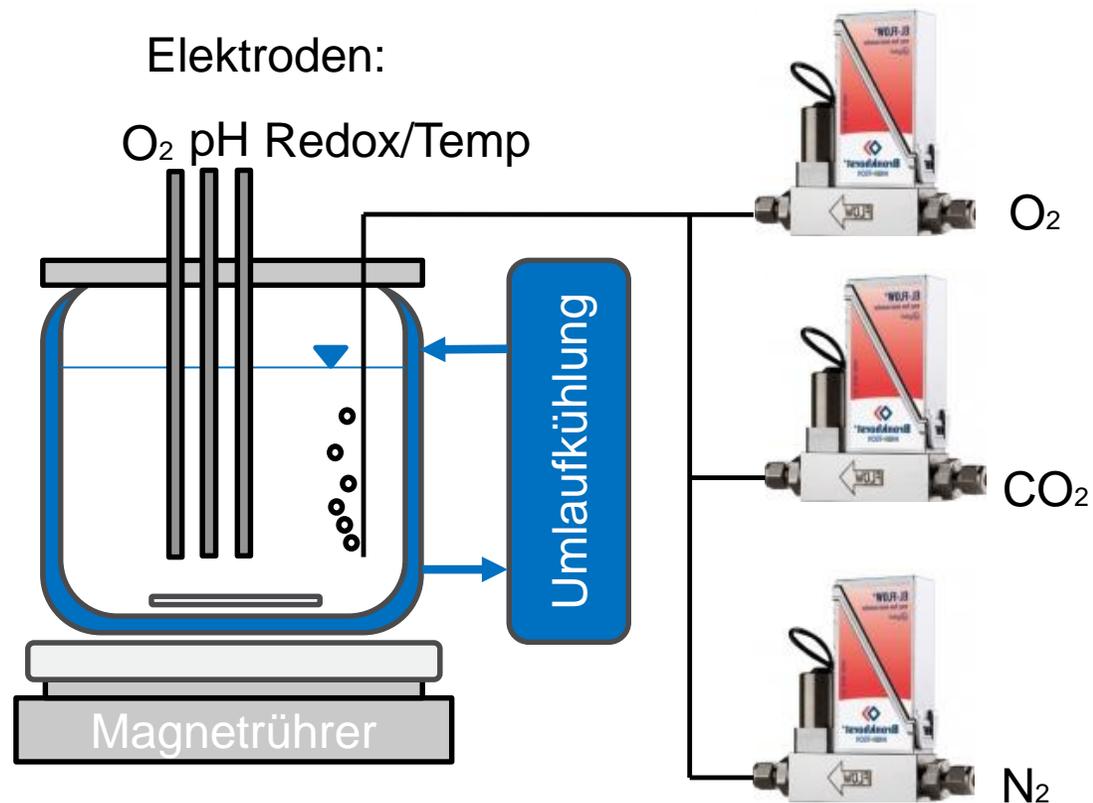


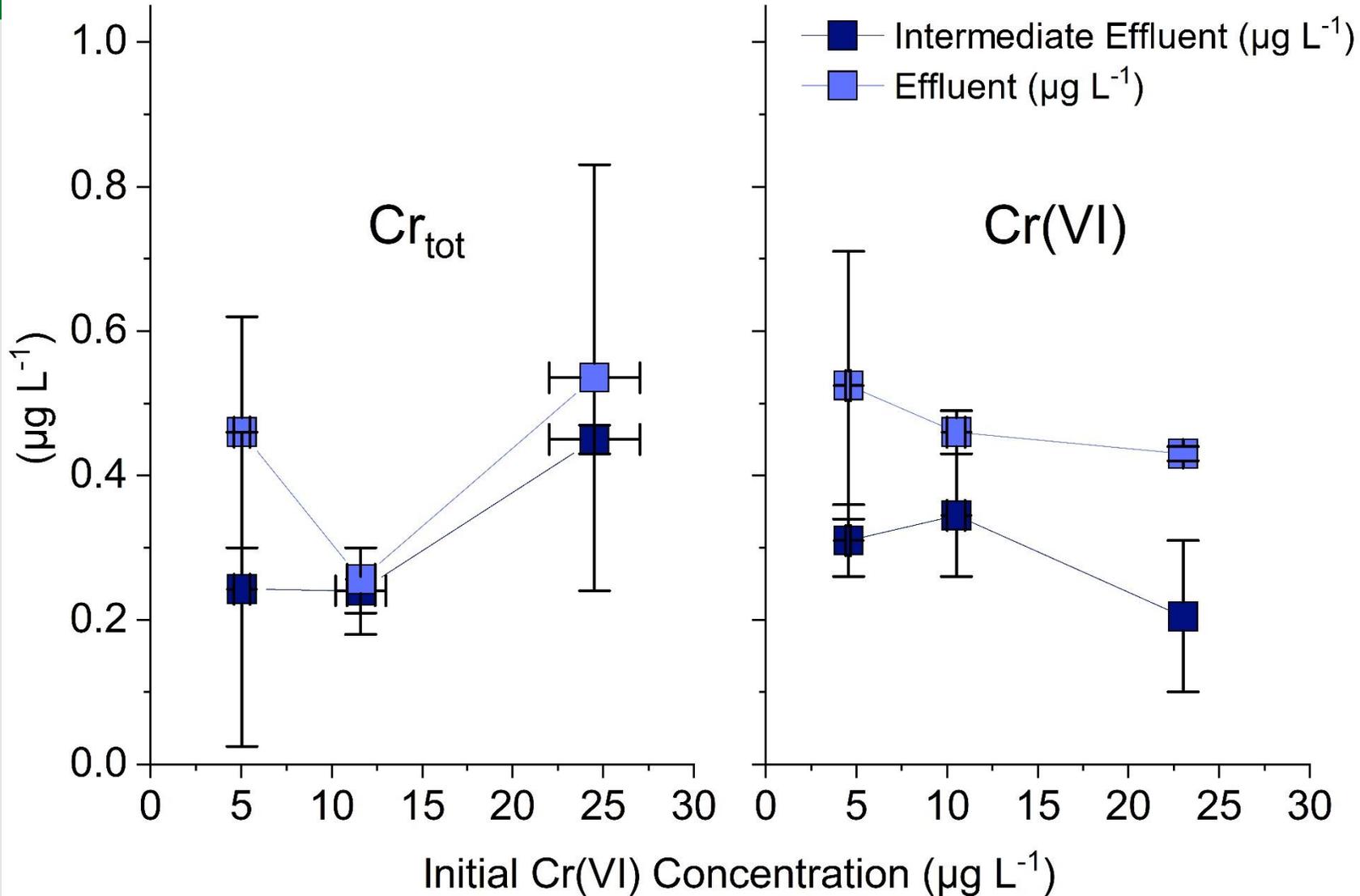
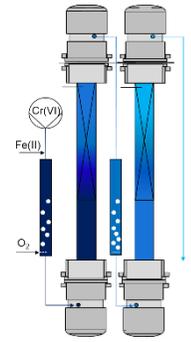
3. Schritt - Filtration mit biol. Eisentfernung

Abtrennung Cr(VI) und Fe(II)



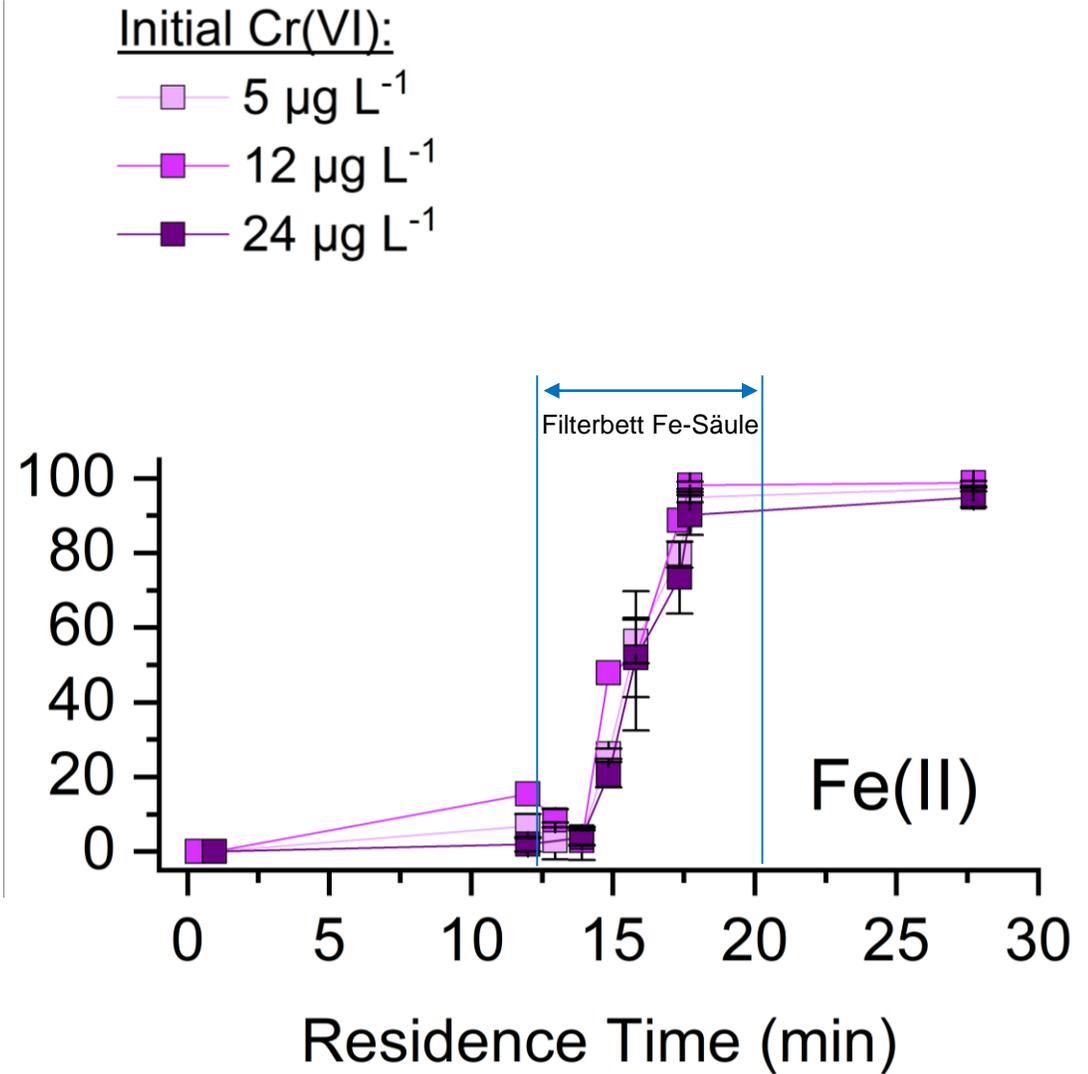
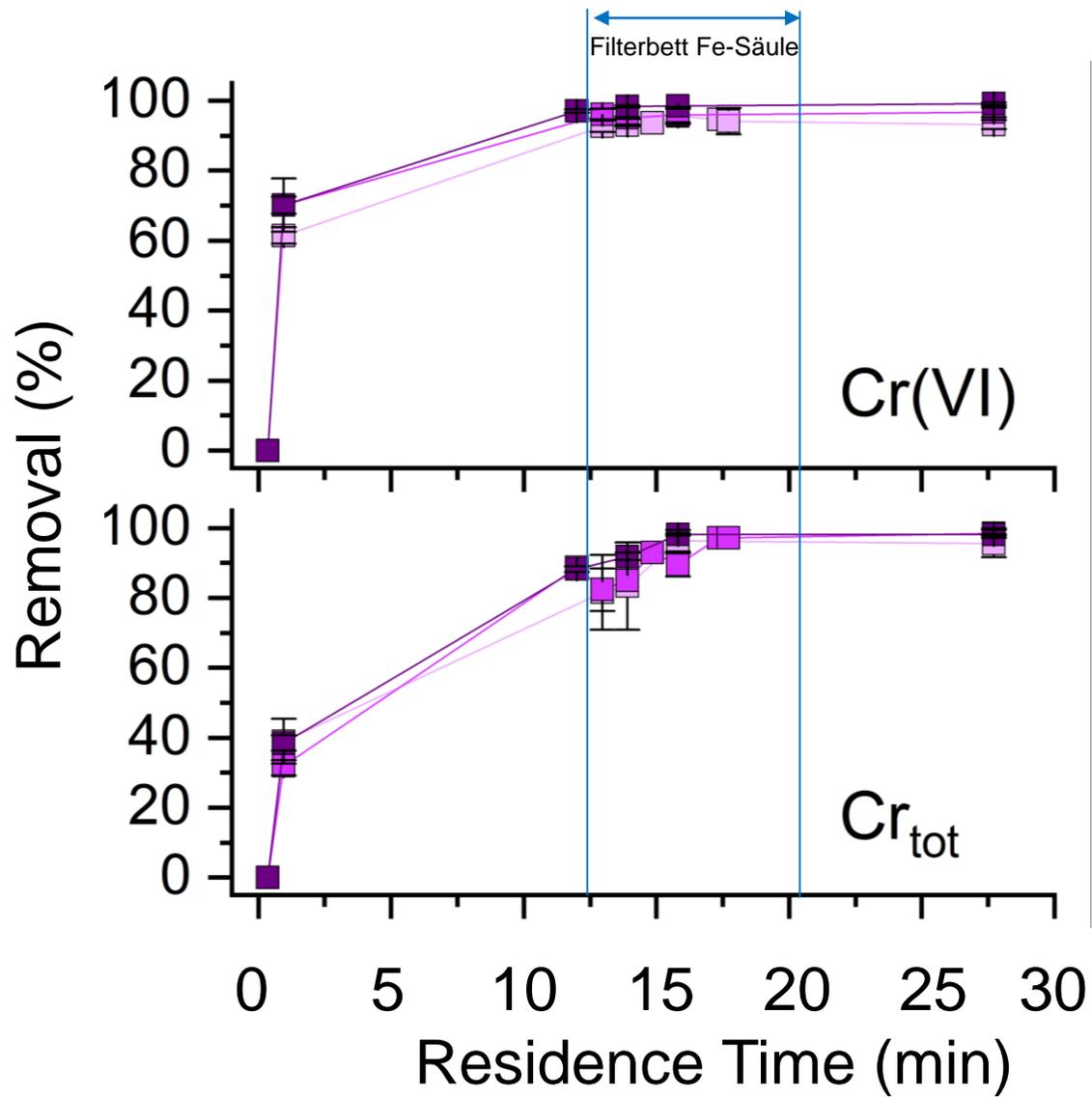
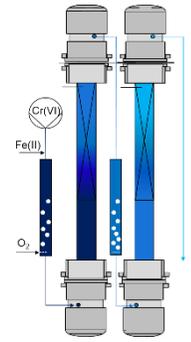
Methodik: Untersuchung Reaktionskinetik der Cr(VI)-Reduktion mit Fe(II)

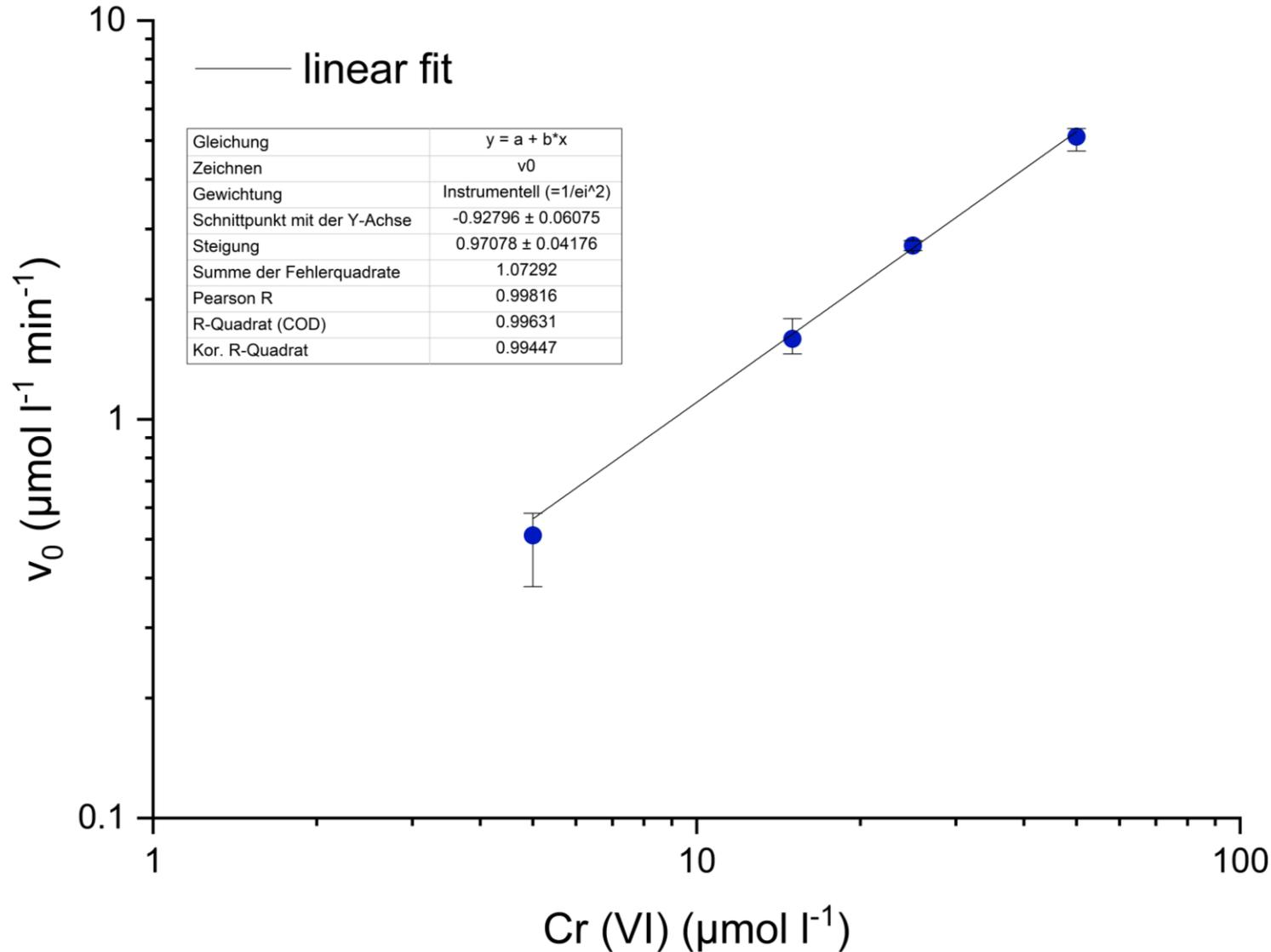
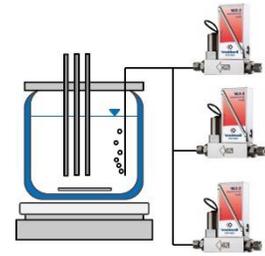




Versuchsbedingungen:

- Versuchsdauer: 3 Tage
- Filtrationsgeschwindigkeit: 14 m/h
- Fe(II)-Dosierung: 3 mg/L
- pH: 7,0

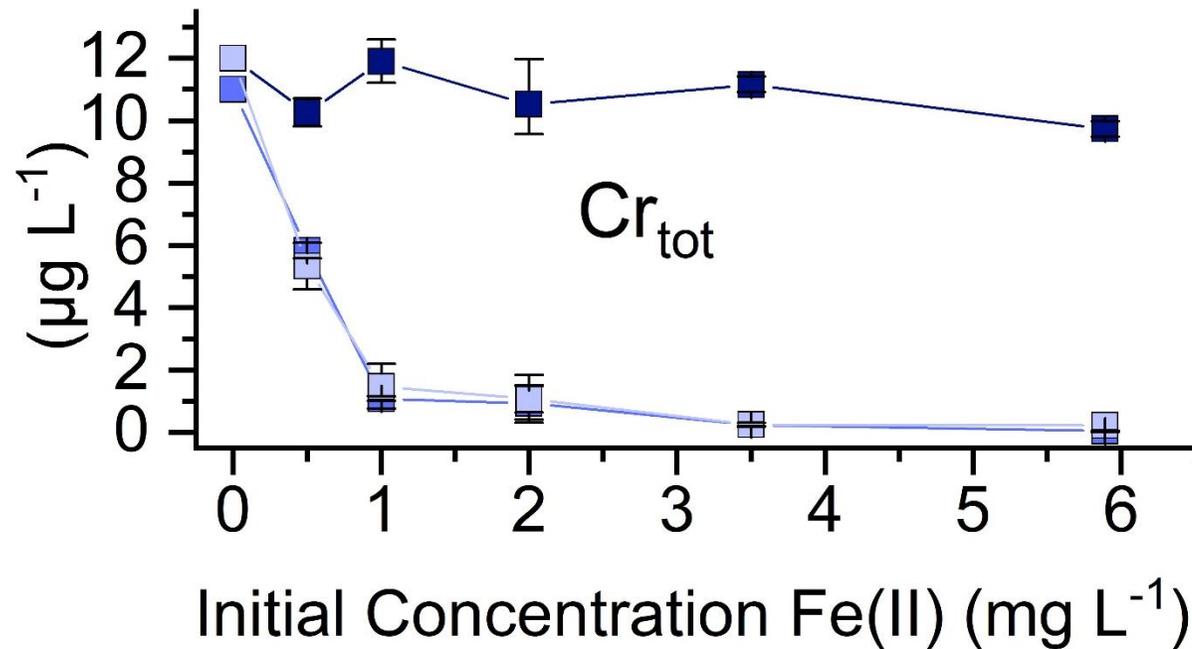
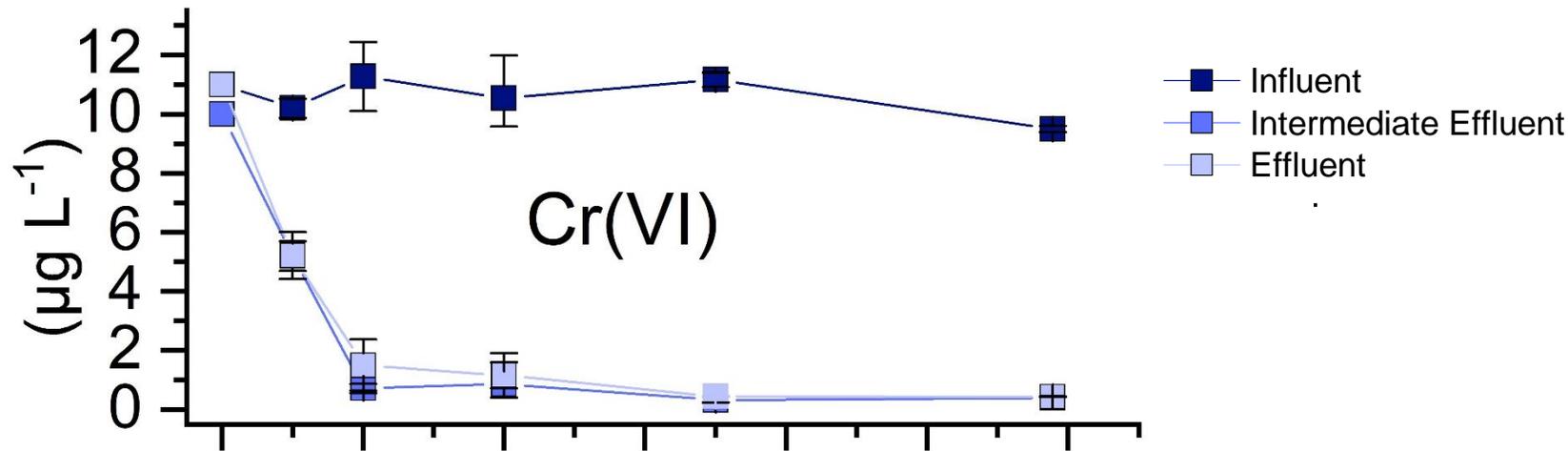
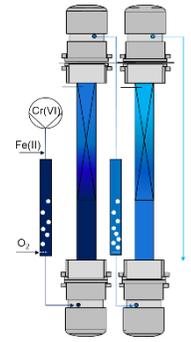


Variation:

- Cr(VI)-Konzentration:
 $5; 15; 25; 50 \mu\text{g/L}$

Konstante Parameter:

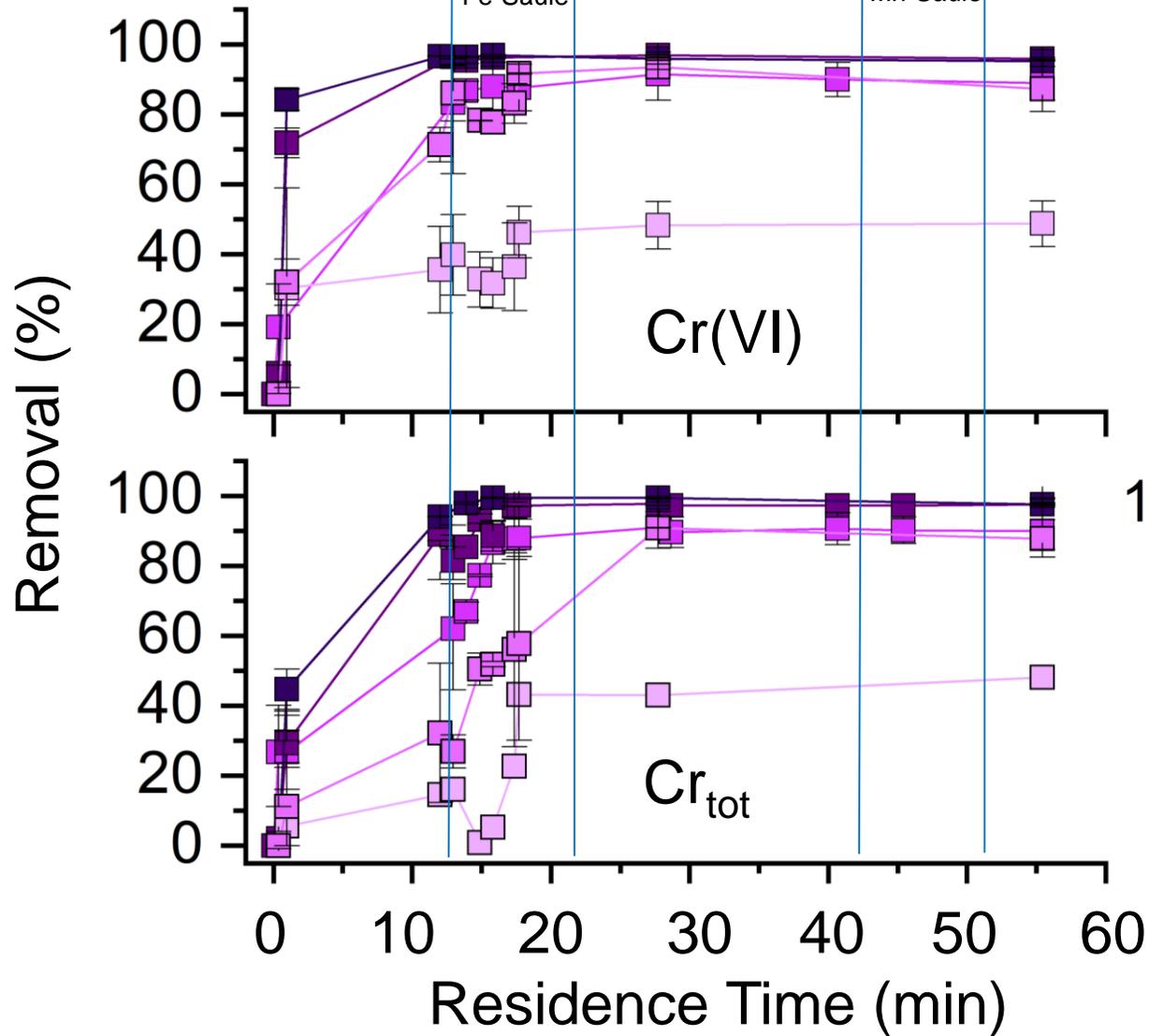
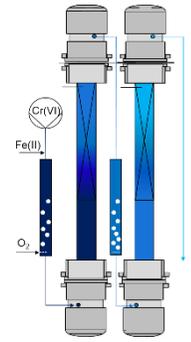
- Fe(II)-Konzentration:
 $1,6 \text{ mg/l} \triangleq 28,65 \mu\text{mol/L}$
- pH-Wert: 7,5
- Temperatur: 5 °C
- Sauerstoffkonzentrationen: 0 mg/L



Versuchsbedingungen:

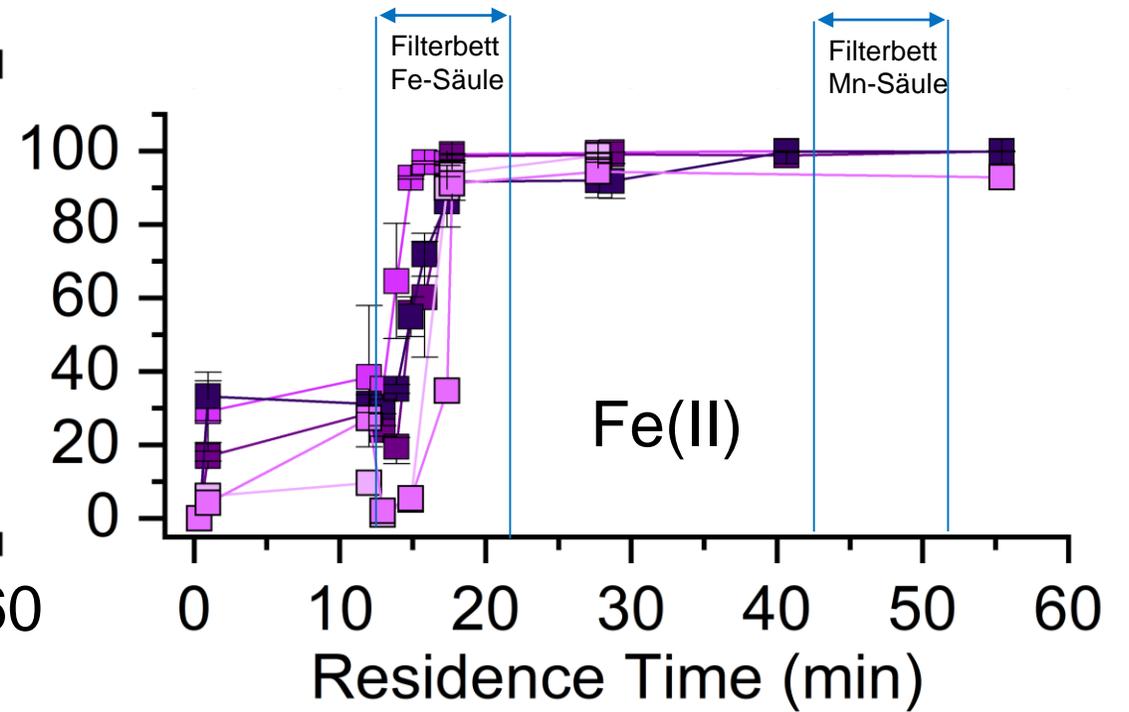
- Versuchsdauer: 3 Tage
- Filtrationsgeschwindigkeit: 14 m/h
- Anfangskonzentration Cr(VI): 12 µg/L
- pH: 7,0

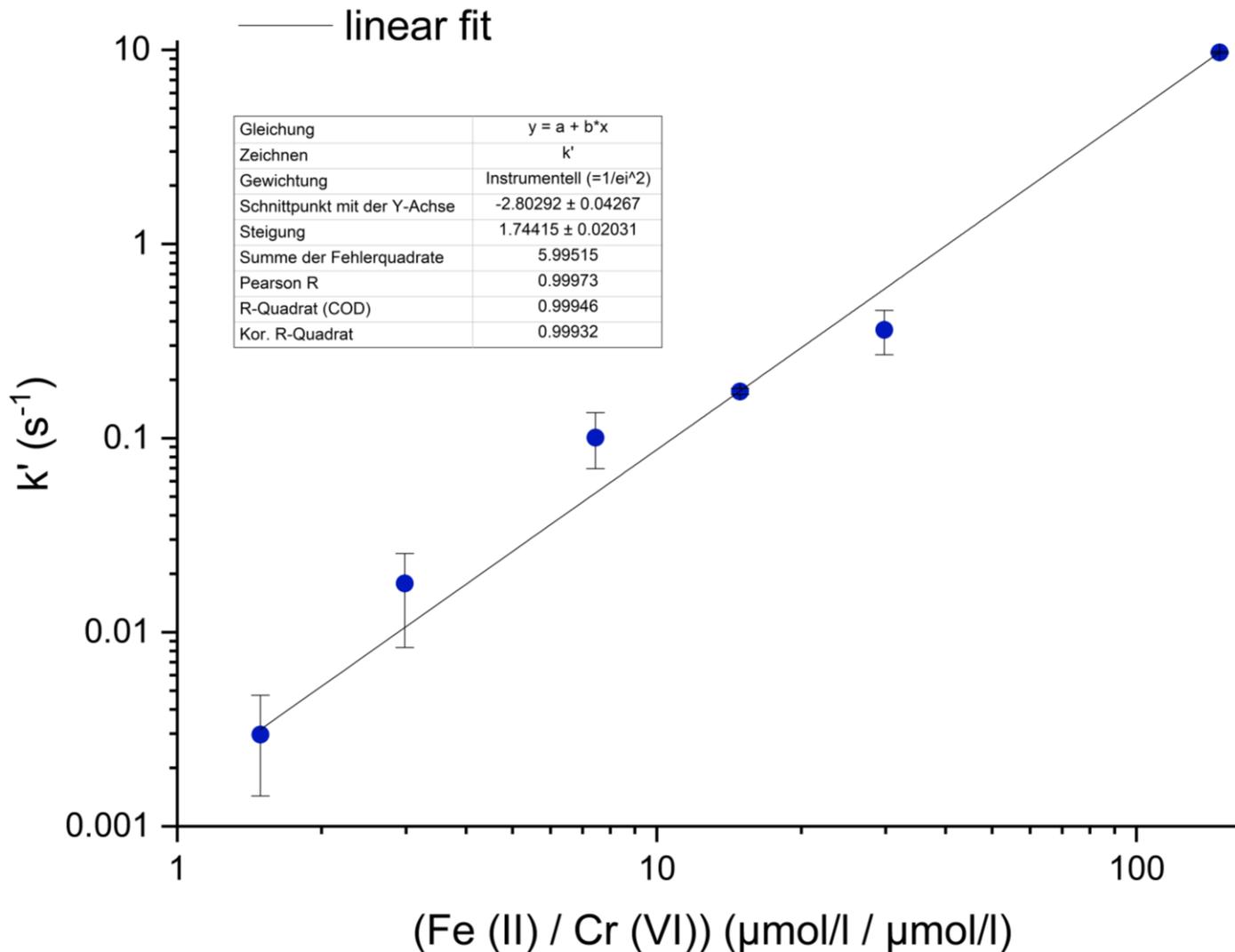
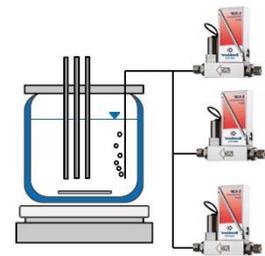
(Mahringer et al., 2020)



Fe(II)-Dosage (mg/L):

- 0.5
- 1.0
- 2.0
- 3.5
- 6.0

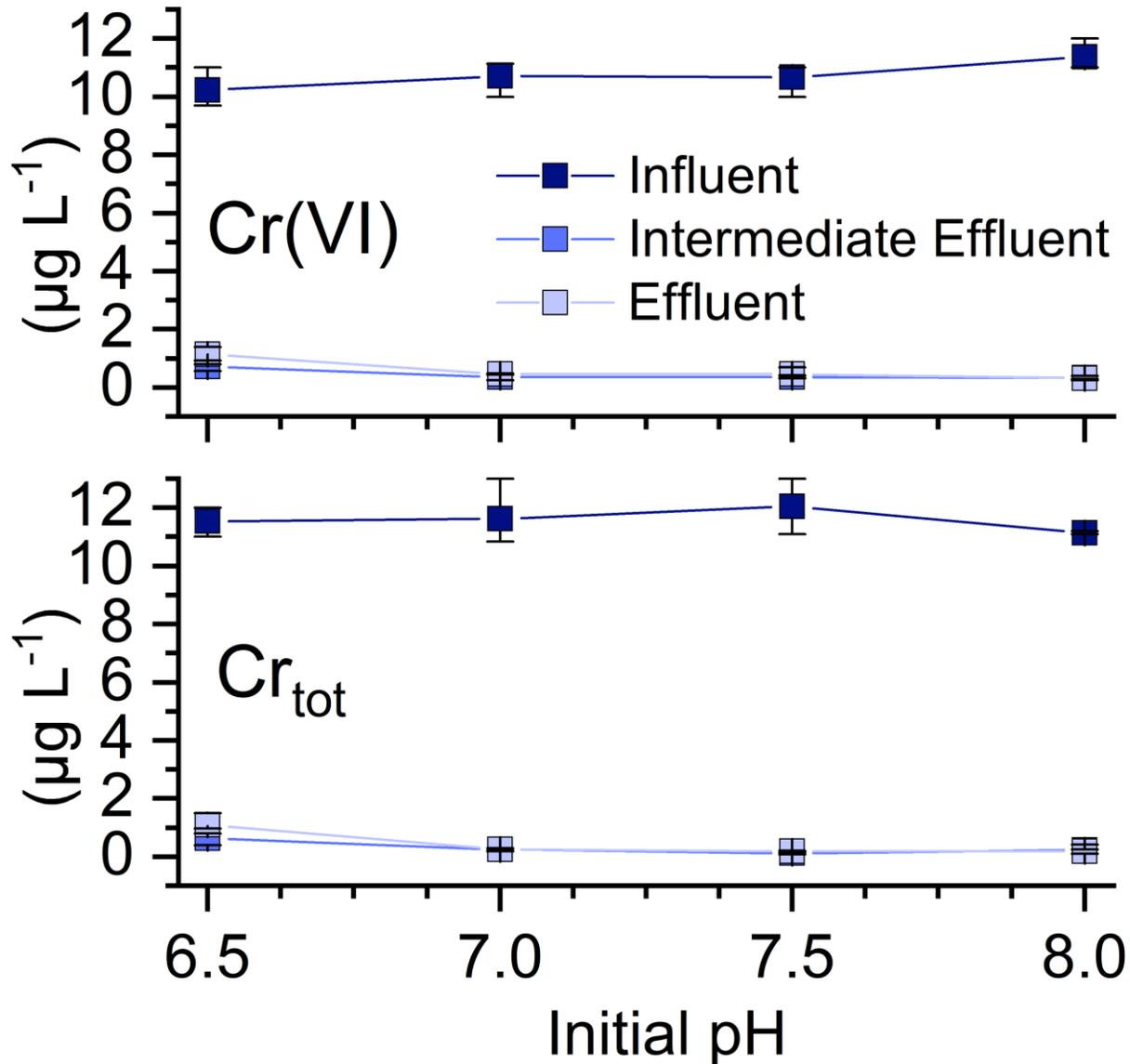
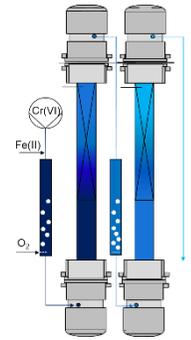


Variation:

- molarer Überschuss (Fe(II)/Cr(VI))
1,5; 3,0; 7,5; 15; 30; 150
- \triangleq
- Fe(II)-Konzentration
16; 32; 80; 160; 320; 1600 $\mu\text{g/L}$

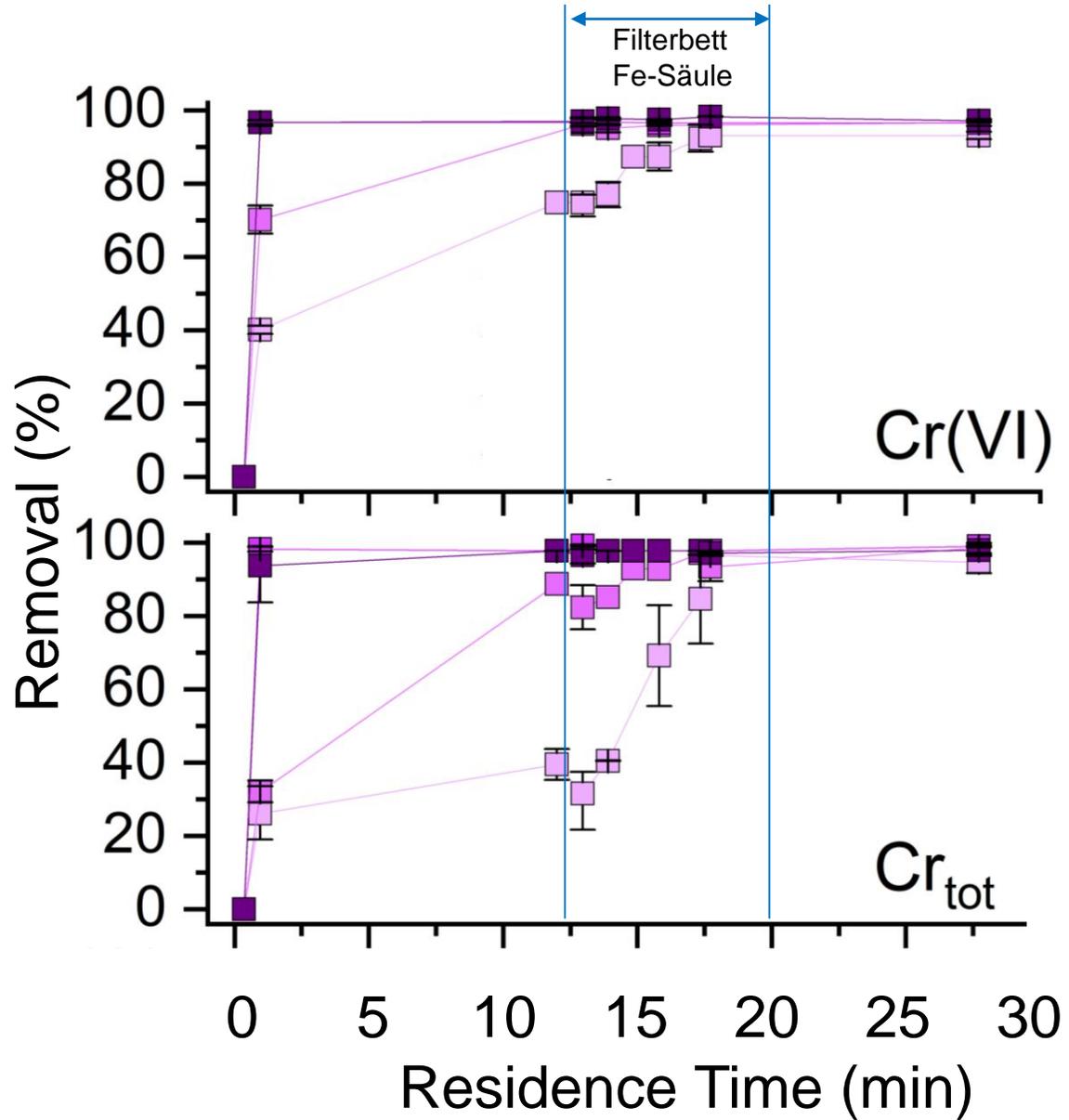
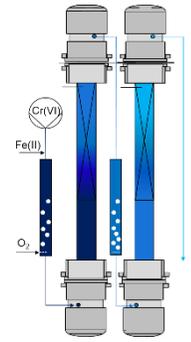
Konstante Parameter:

- Cr(VI)-Konzentration:
10 $\mu\text{g/L} \triangleq 192,3 \text{ nmol/L}$
- Sauerstoffkonzentration: *0 mg/L*
- pH-Wert: *7,5*
- Temperatur: *5 °C*

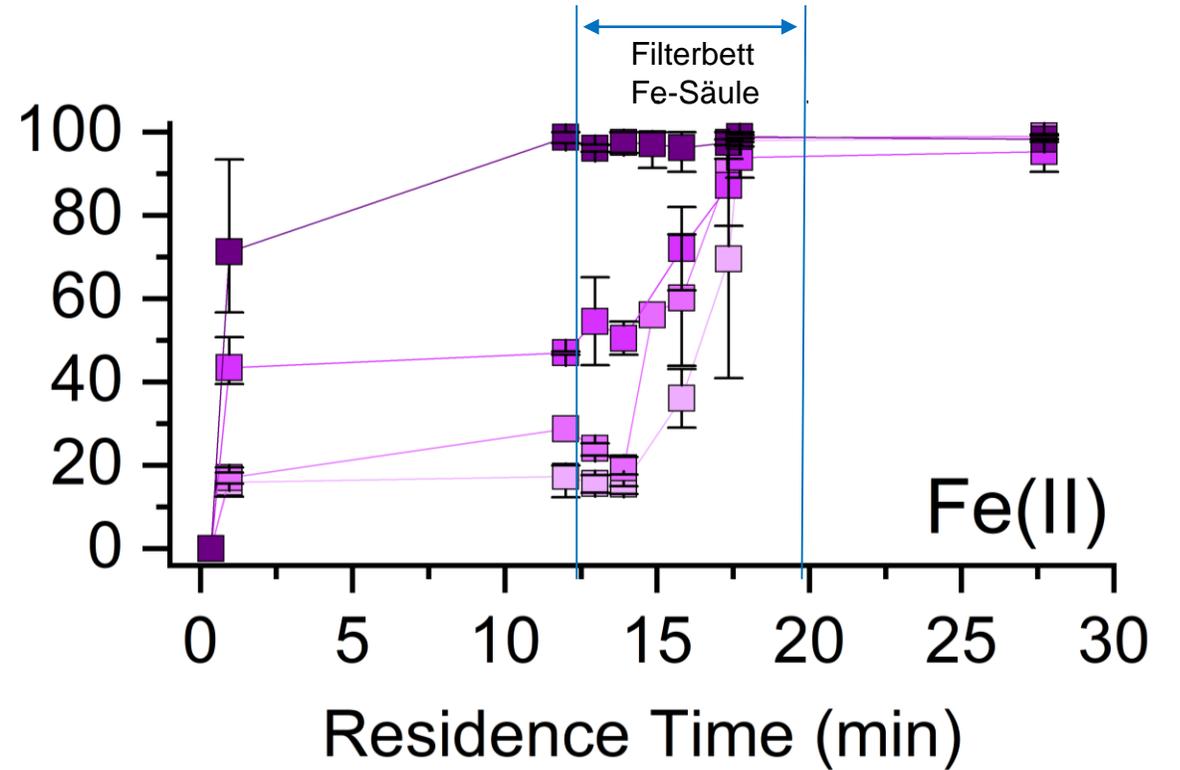


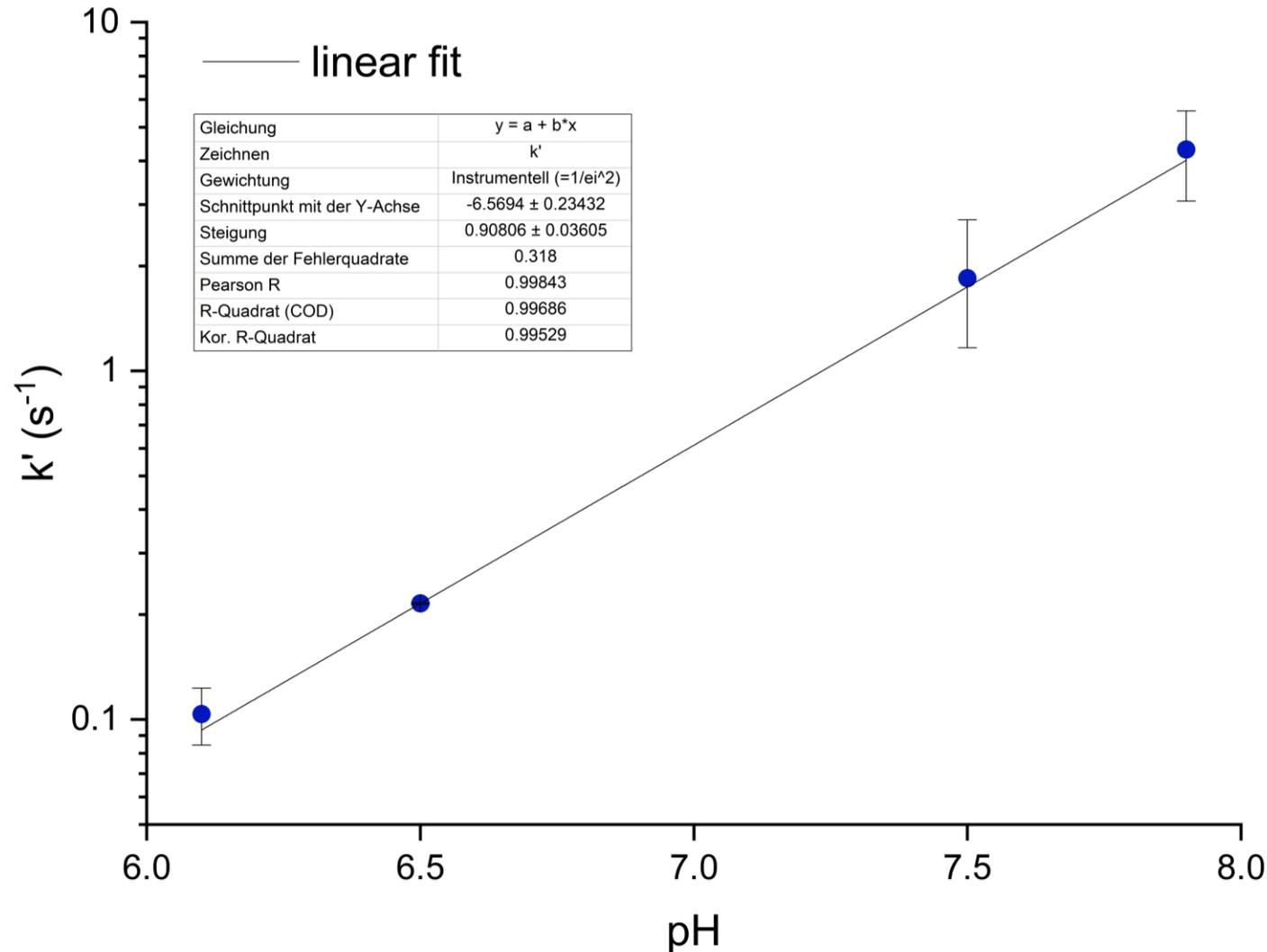
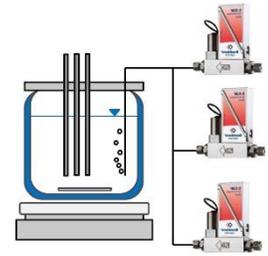
Versuchsbedingungen:

- Versuchsdauer: 3 Tage
- Filtrationsgeschwindigkeit: 14 m/h
- Anfangskonzentration Cr(VI): 12 µg/L
- Fe(II)-Dosierung: 3 mg/L



- pH 6.5
- pH 7.0
- pH 7.5
- pH 8.0

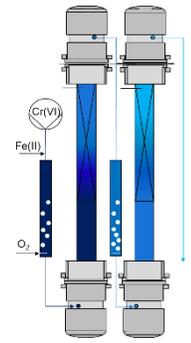
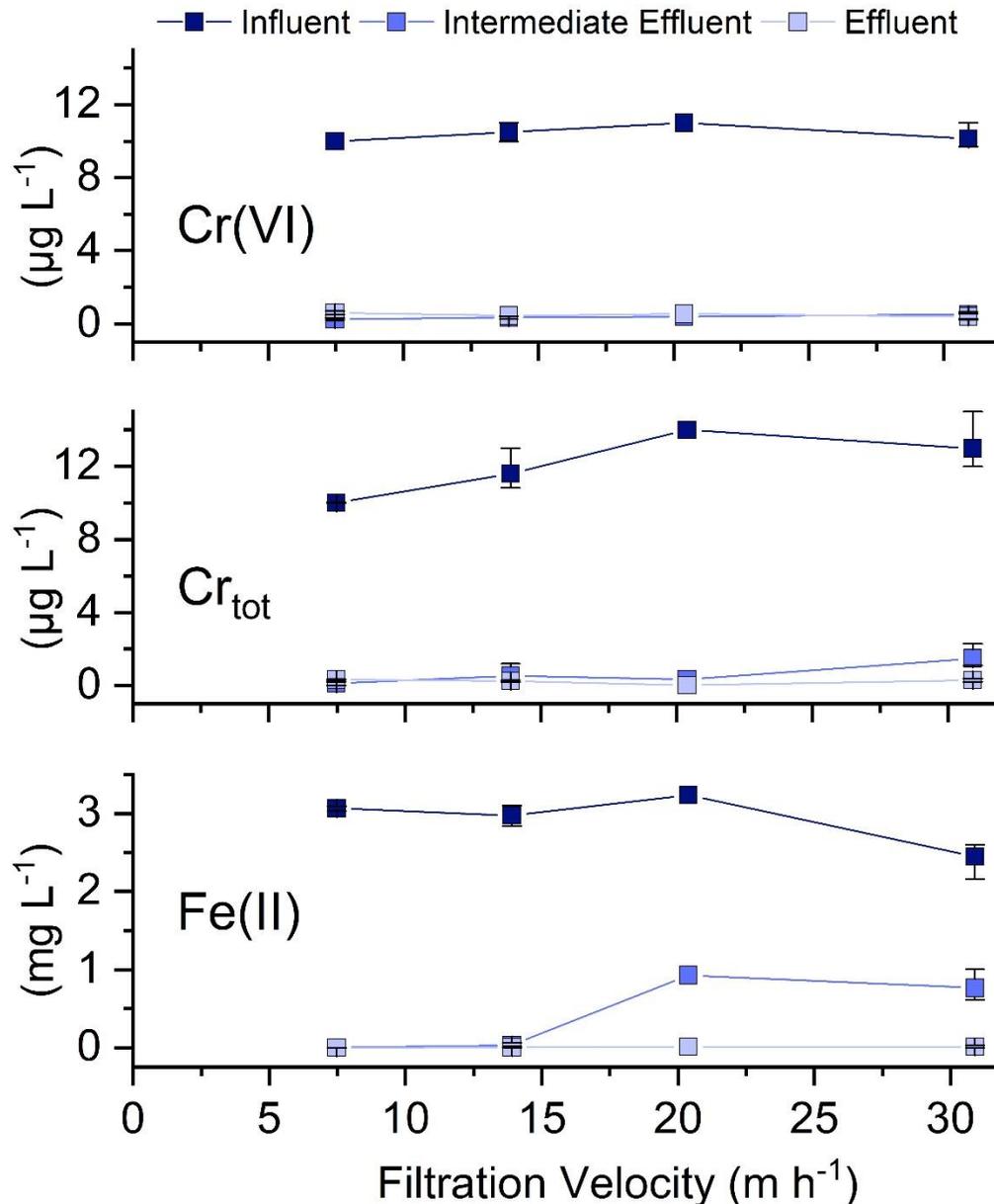


Variation:

- pH-Wert: 6,1; 6,5; 7,5; 7,9

Konstante Parameter:

- Fe(II)-Konzentration:
 $1,6 \text{ mg/L} \triangleq 28,65 \text{ } \mu\text{mol/L}$
- Cr(VI)-Konzentration:
 $5 \text{ } \mu\text{g/L} \triangleq 96,3 \text{ nmol/L}$
- Sauerstoffkonzentration: 0 mg/L
- Temperatur: $5 \text{ } ^\circ\text{C}$

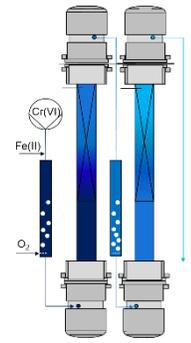
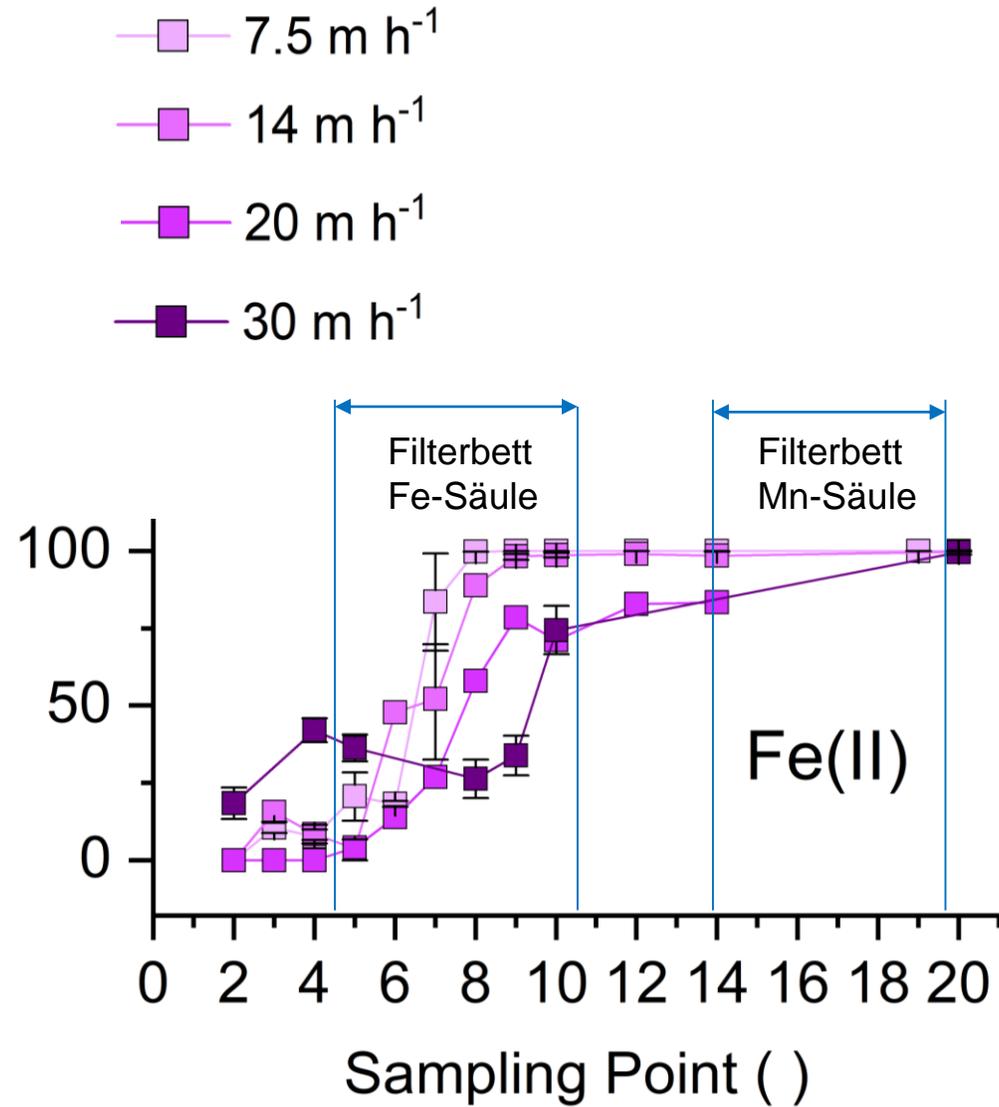
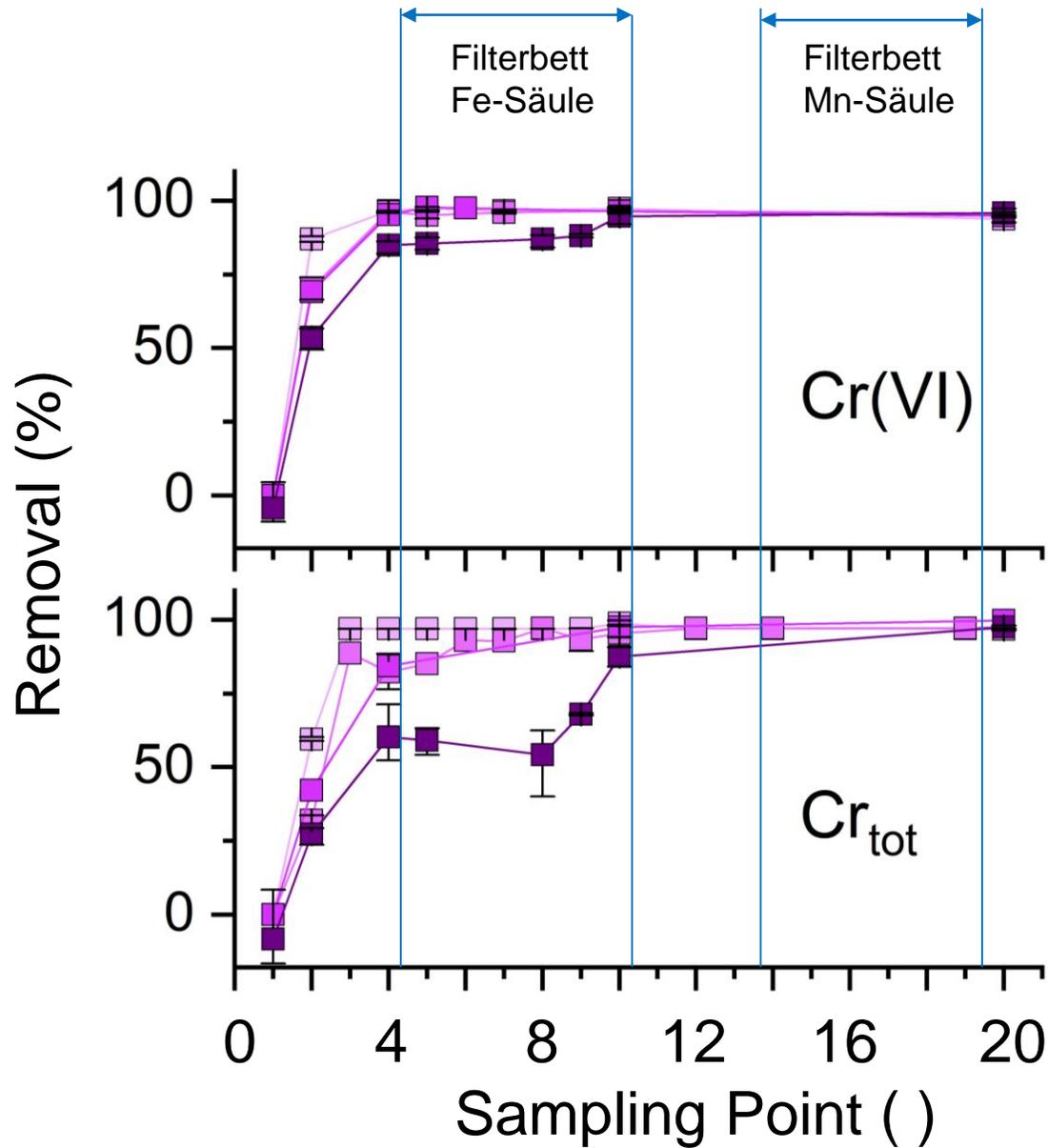


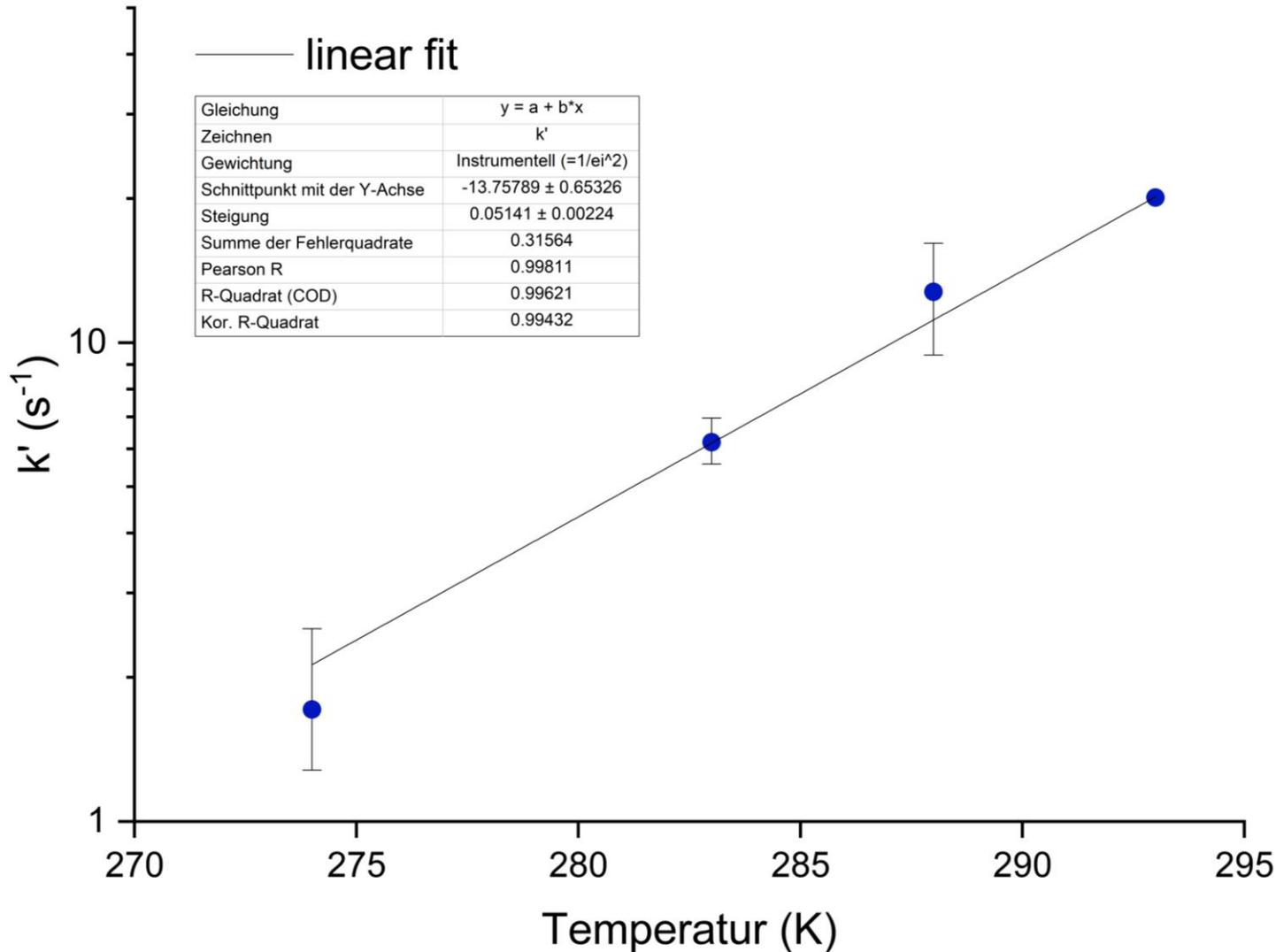
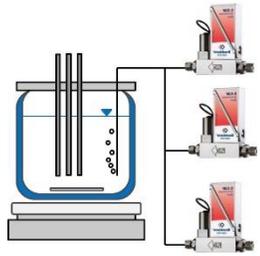
Versuchsbedingungen:

- Versuchsdauer: 3 Tage
- Anfangskonzentration Cr(VI): 12 µg/L
- Anfangskonzentration Fe(II): 3 mg/L
- pH 7,0

(Mahringer et al., 2020)

Variation Filtrationsgeschwindigkeit

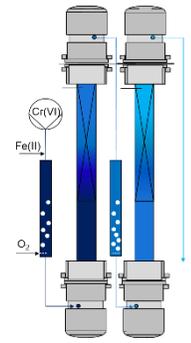
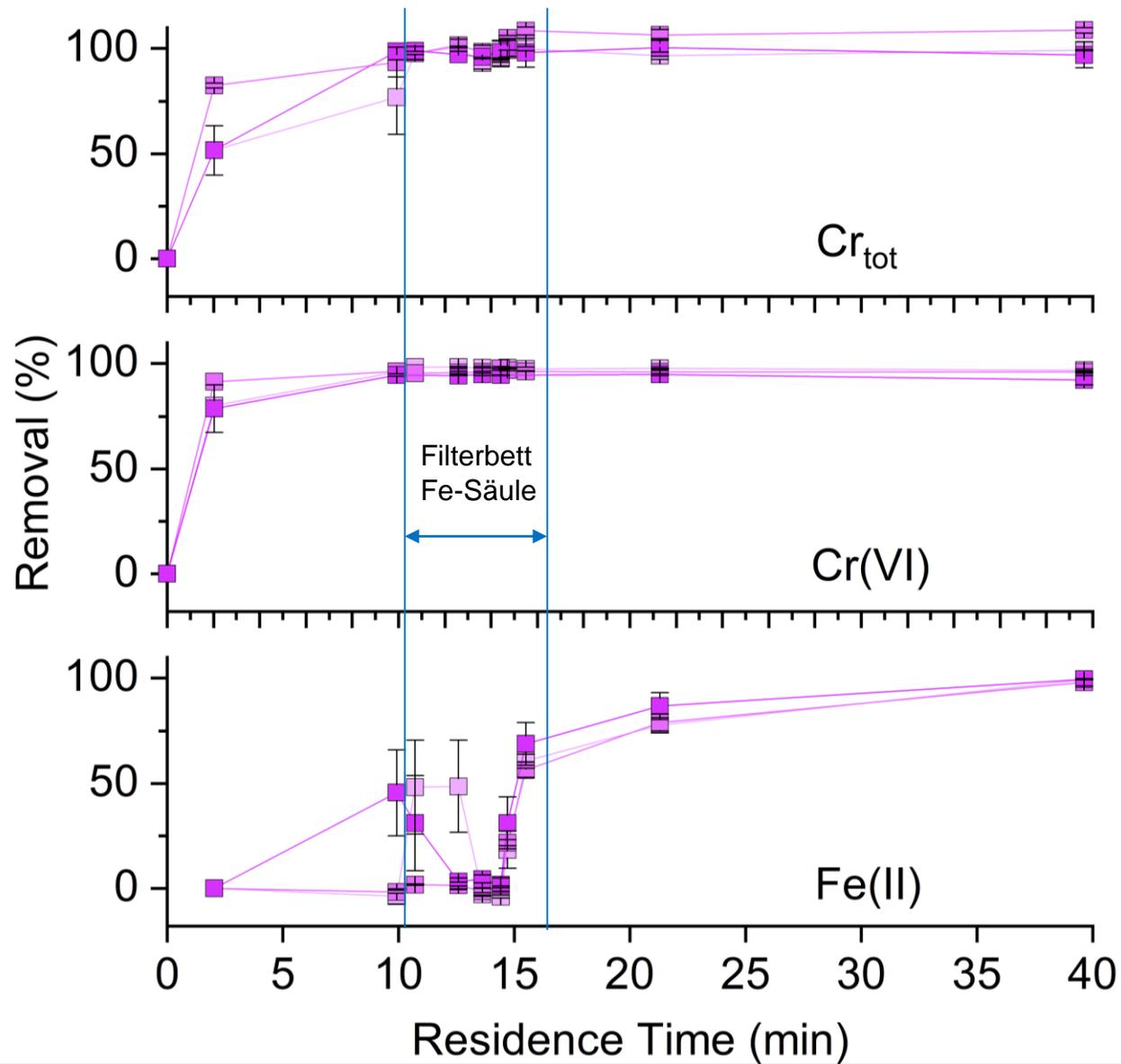


Variation:

- Temperatur: 1; 10; 15; 20 °C

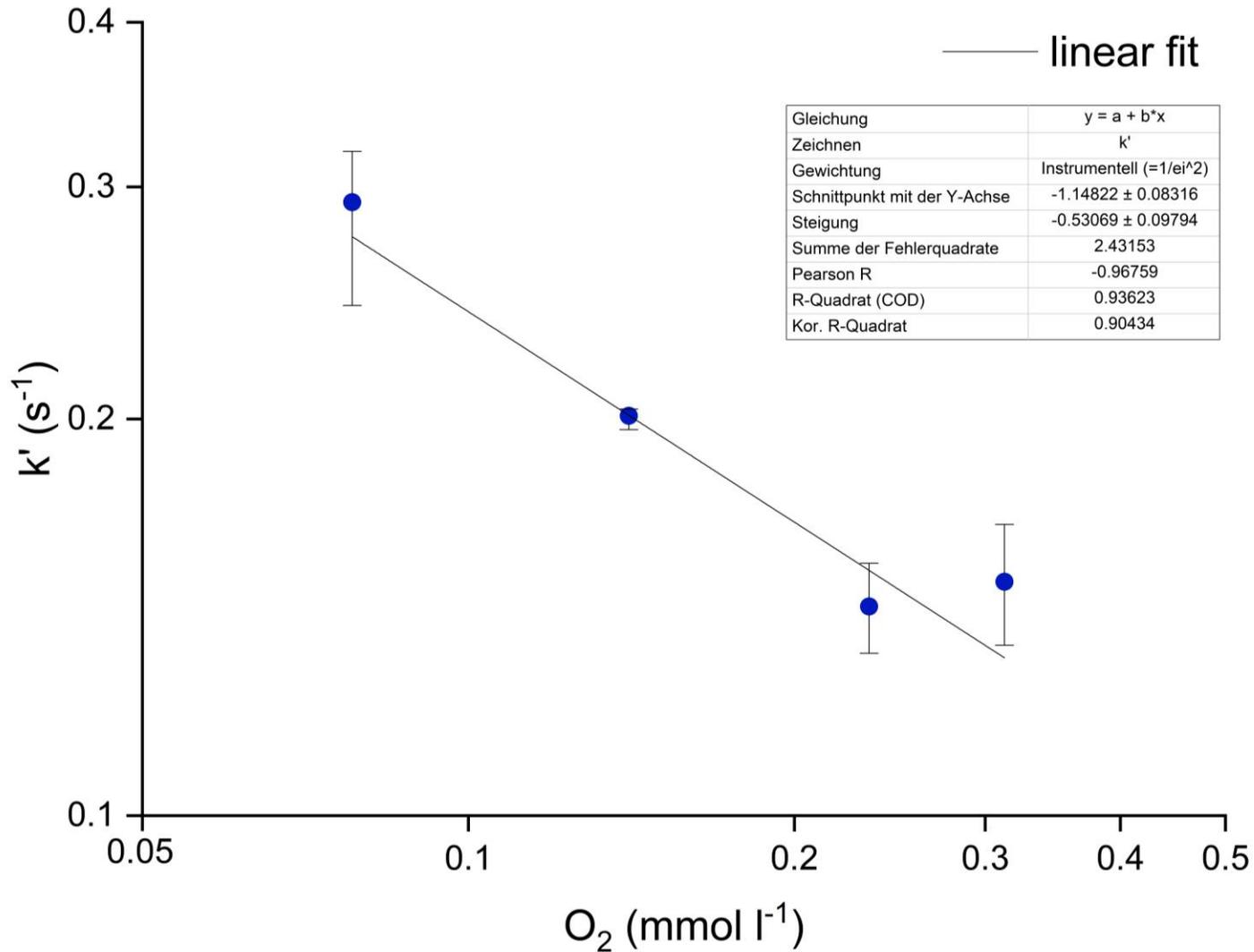
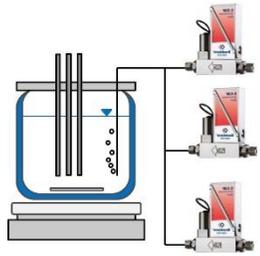
Konstante Parameter:

- Fe(II)-Konzentration:
 $1,6 \text{ mg/l} \triangleq 28,65 \text{ } \mu\text{mol/L}$
- Cr(VI)-Konzentration:
 $10 \text{ } \mu\text{g/l} \triangleq 192,3 \text{ nmol/L}$
- Sauerstoffkonzentration: 0 mg/L
- pH-Wert: 7,5



Versuchsbedingungen:

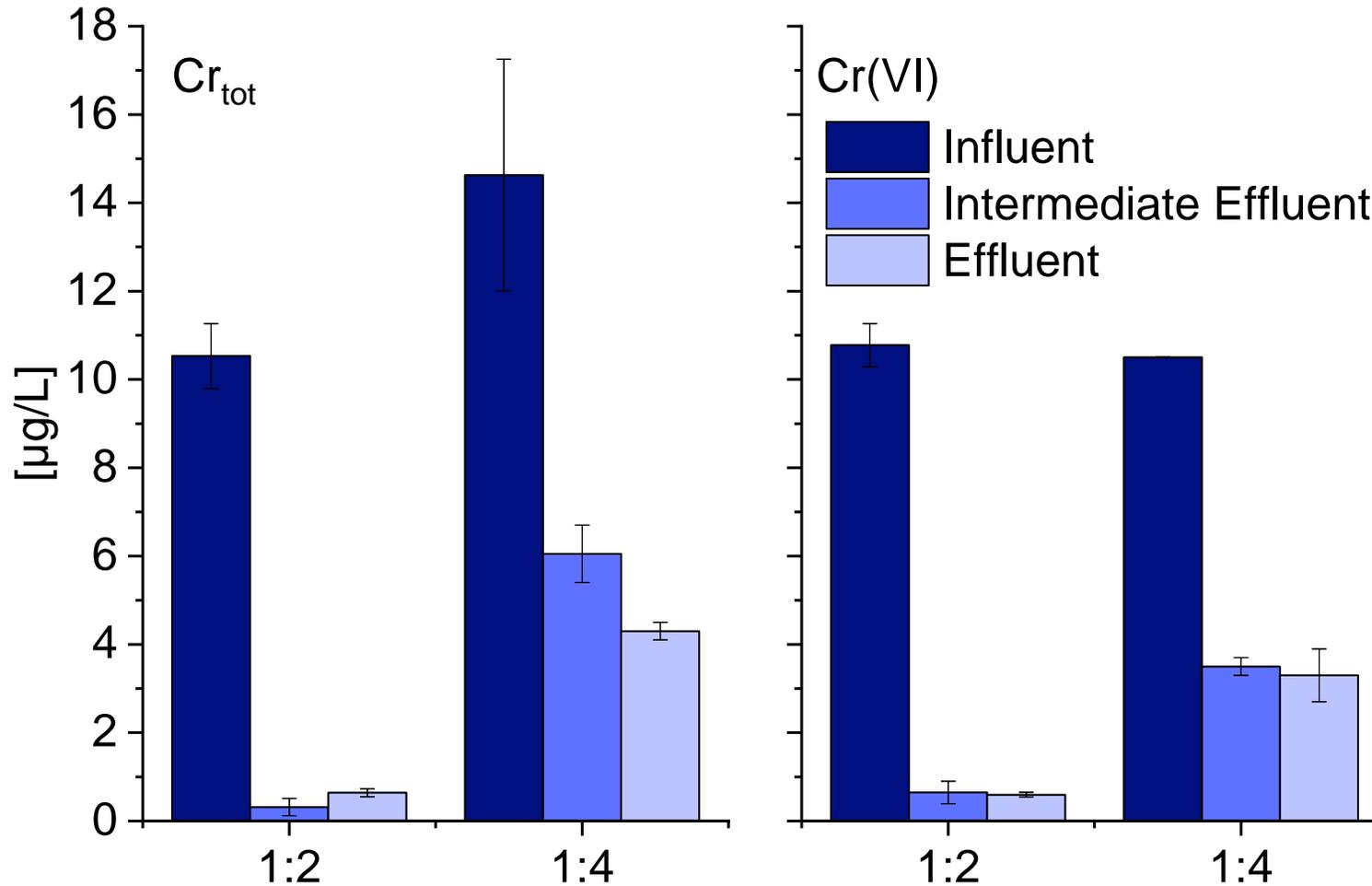
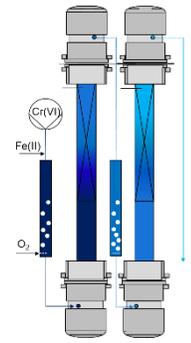
- Versuchsdauer: 3 Tage
- Anfangskonzentration Cr(III): 12 µg/L
- Anfangskonzentration Fe(II): 3 mg/L
- pH 7,0

Variation:

- Sauerstoffkonzentration:
2,5; 4,5; 7,5; 10 mg/l

Konstante Parameter:

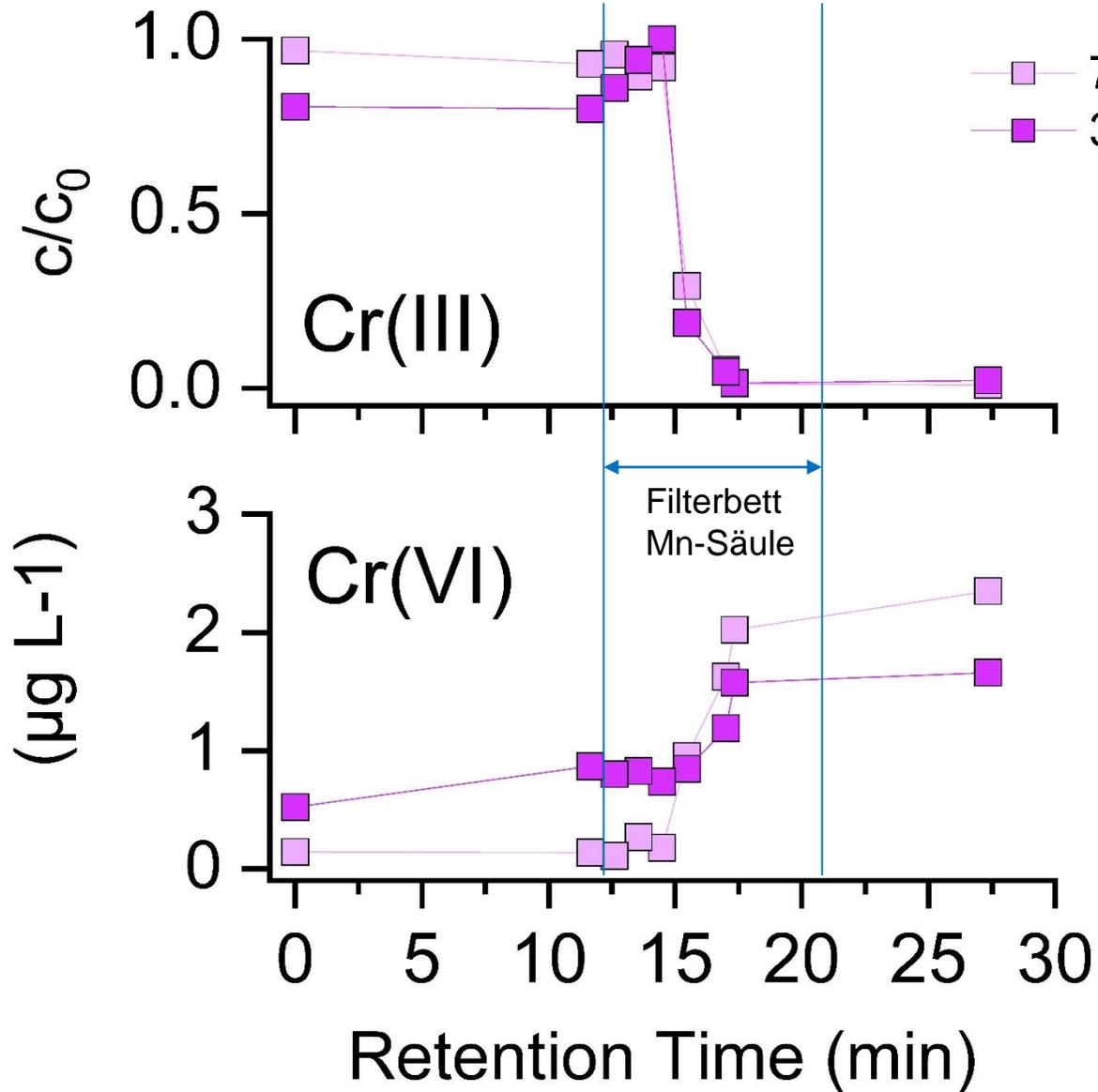
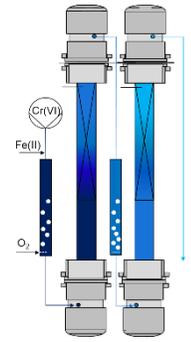
- Fe(II)-Konzentration:
1,6 mg/l \triangleq 28,65 μ mol/l
- Cr(VI)-Konzentration:
5 μ g/l \triangleq 96,3 nmol/l
- pH-Wert: 6,5
- Temperatur: 5 °C



Versuchsbedingungen:

- Versuchsdauer: 3 Tage
- Anfangskonzentration Cr(VI): 12 µg/L
- Anfangskonzentration Fe(II):
bei 1:2 → 1,5 mg/L
bei 1:4 → 0,75 mg/L
- pH 7,0

Mixing Ratio (Fe(II) containing groundwater : Cr(VI) containing water)



Versuchsbedingungen:

- Versuchsdauer: 3 Tage
- Anfangskonzentration Cr(III): 12 µg/L
- Anfangskonzentration Fe(II): 0 mg/L
- Anfangskonzentration Mn(II): 0,5 mg/L
- pH 7,0
- EBCT: ca. 5 min

Fazit

- Aufbereitung von Cr(VI)-haltigem Rohwasser ist mit dem RCbF Verfahren bis zu Reinwasserkonzentration von 0,5 µg/L möglich.
- RCbF ist ein robustes Verfahren gegenüber geänderter Randbedingungen. Weder die Variation von pH (6,5-8,0), Filtrationsgeschwindigkeit (125-500 L/h) noch der Anfangskonzentration an Cr(VI) (5, 12 and 24 µg/L) haben negative Auswirkungen auf den Aufbereitungserfolg.
- Die Fe(II)-Dosierung ist der Schlüsselparameter für tiefe Zielkonzentration an Cr(VI).
- Durch die Mischung von Cr(VI)-haltigem Rohwasser mit Fe(II)-haltigem Rohwasser ist das RCbF-Verfahren ohne weitere Dosierung von Aufbereitungsstoffen möglich.

Danke für die Aufmerksamkeit

FG II 3.3 – Wasseraufbereitung
Dipl.-Ing. Daniel Mahringer
Email: daniel.mahringer@uba.de
Telefon: 030 8903 4184

Mahringer, D., Zerelli, S.S., Dippon, U., Ruhl, A.S., 2020. Pilot scale hexavalent chromium removal with reduction, coagulation, filtration and biological iron oxidation. Separation and Purification Technology 253, 117478.
<https://doi.org/10.1016/j.seppur.2020.117478>

