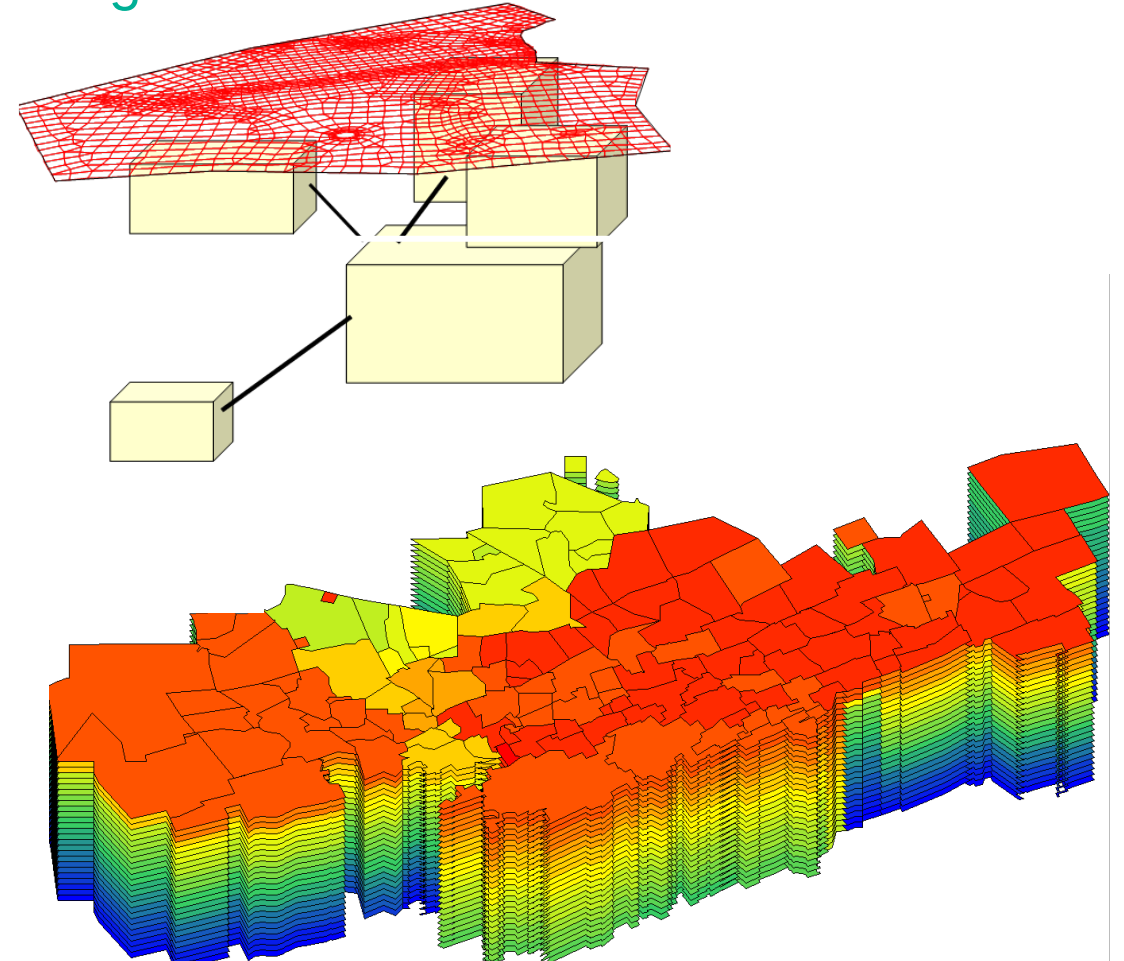


Modellierung von Grubenwasserhaltungen mit integriertem Pumpmanagement

Boxmodell - Grubenwassermodellierung

Modellvorhersage des Grubenwasseranstiegs und der chemischen Entwicklung des Grubenwassers in stillgelegten Bergwerken

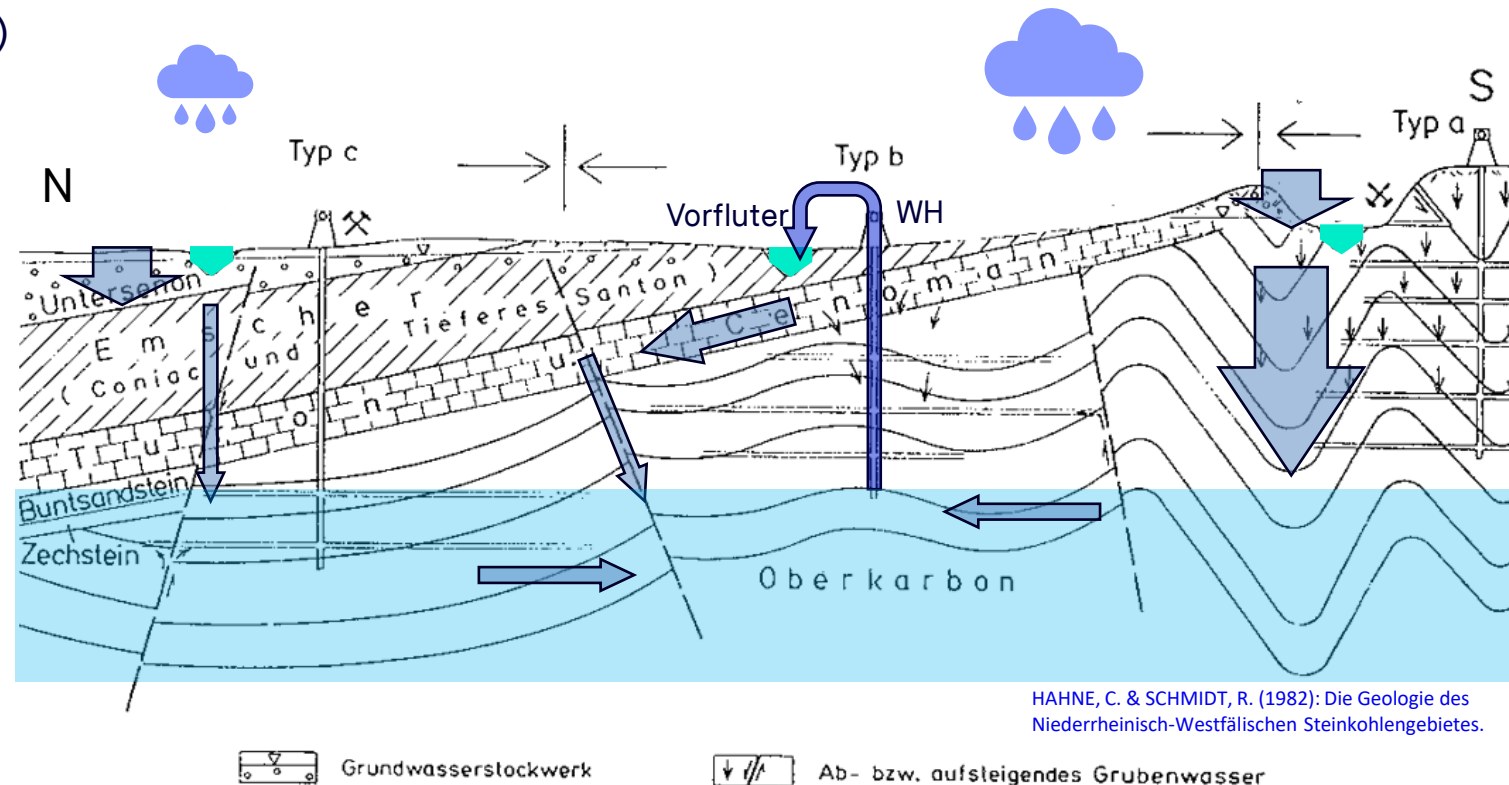
- **Volumen Bilanz Methode**
 - Boxen = Bilanzelemente → Bergwerke
- **Boxen**
 - stark verbunden
 - hydraulisch homogen
- **Resthohlraumvolumen**
 - Schächte
 - Abbaubereiche
- **Zuflüsse**
 - GWN, oberflächennahe Herkunft
 - Tiefes Schichtwasser, lateral
- **Abflüsse (Pumpen)**



Wasserkreislauf Grubenwasser

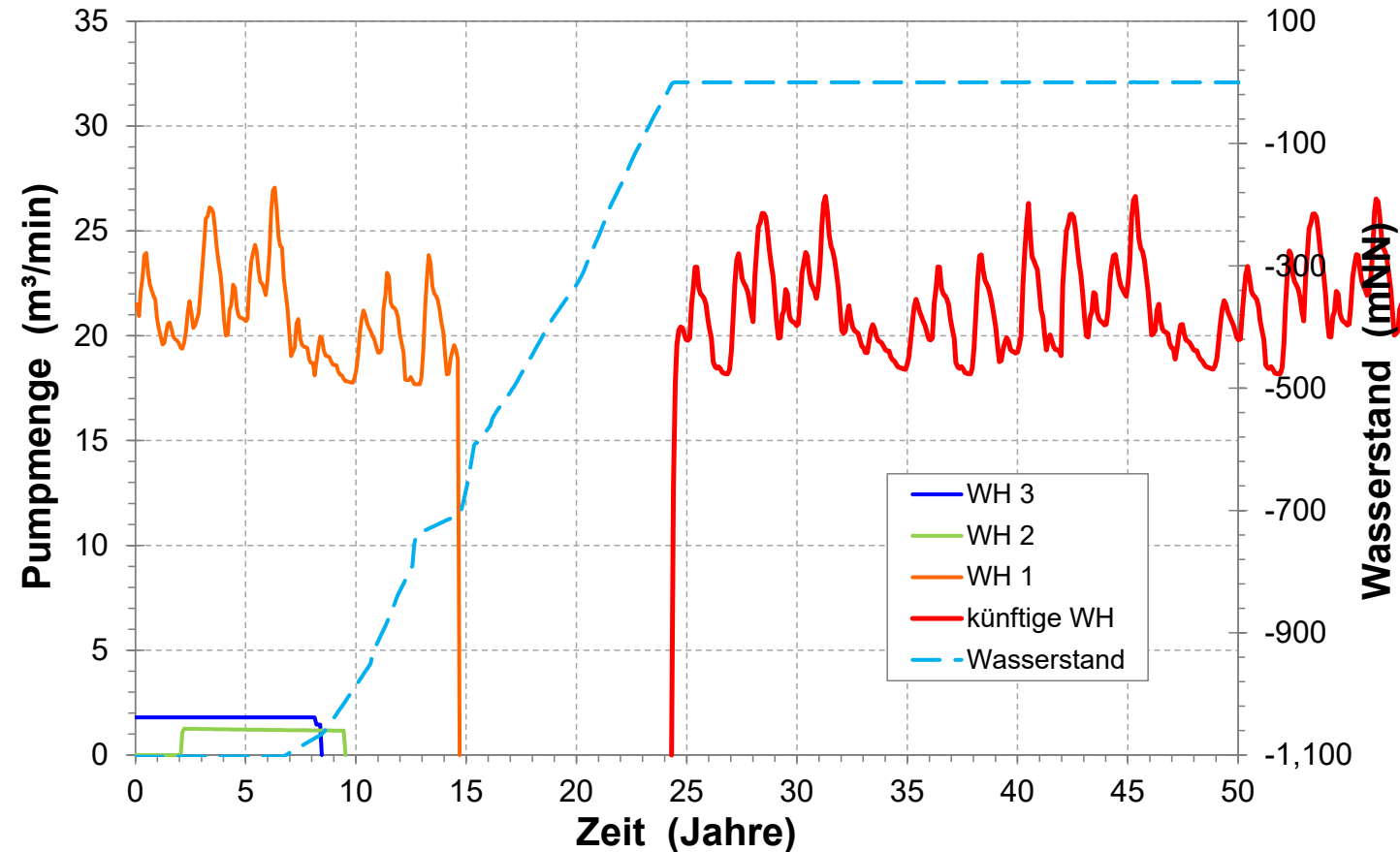
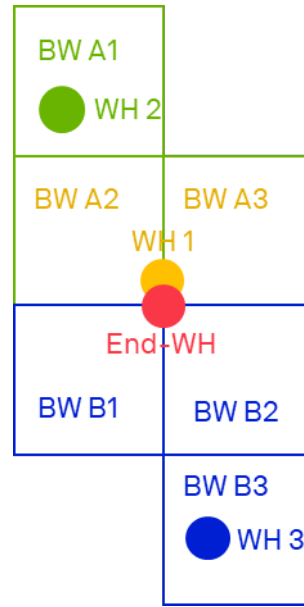
Niederschlag – Grundwasser – Grubenwasser

- Grundwasserneubildung
- Grubenwasserzufluss von der Oberfläche
 - Instationär (saisonale Schwankung)
 - Versinkungen aus dem tiefen Kluftgrundwasserleiter
 - Geringe Salinität
- Laterale Tiefenzuläufe
 - Hohe Salinität
- Abflüsse (Pumpen/Wasserhaltung)
 - Grubenwassereinleitung in Vorfluter
 - Mischwasserkonzentration



Hydraulische Rahmenbedingungen - Szenario

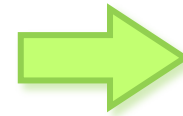
- Bergwerksverbund mit oberflächenbürtigem Grubenwasserzufluss und tiefen Zuläufen
- Aktive **WH 1**
-> Zuflussmengen saisonal schwankend
- Aktive **WH 2**
- Aktive **WH 3**
-> Zuflussmengen $\pm$ konstant
- Abschaltung der WH 1, 2 & 3
-> Grubenwasseranstieg
- Wiederannahme des Wassers beim geplanten Endniveau (WH-End)



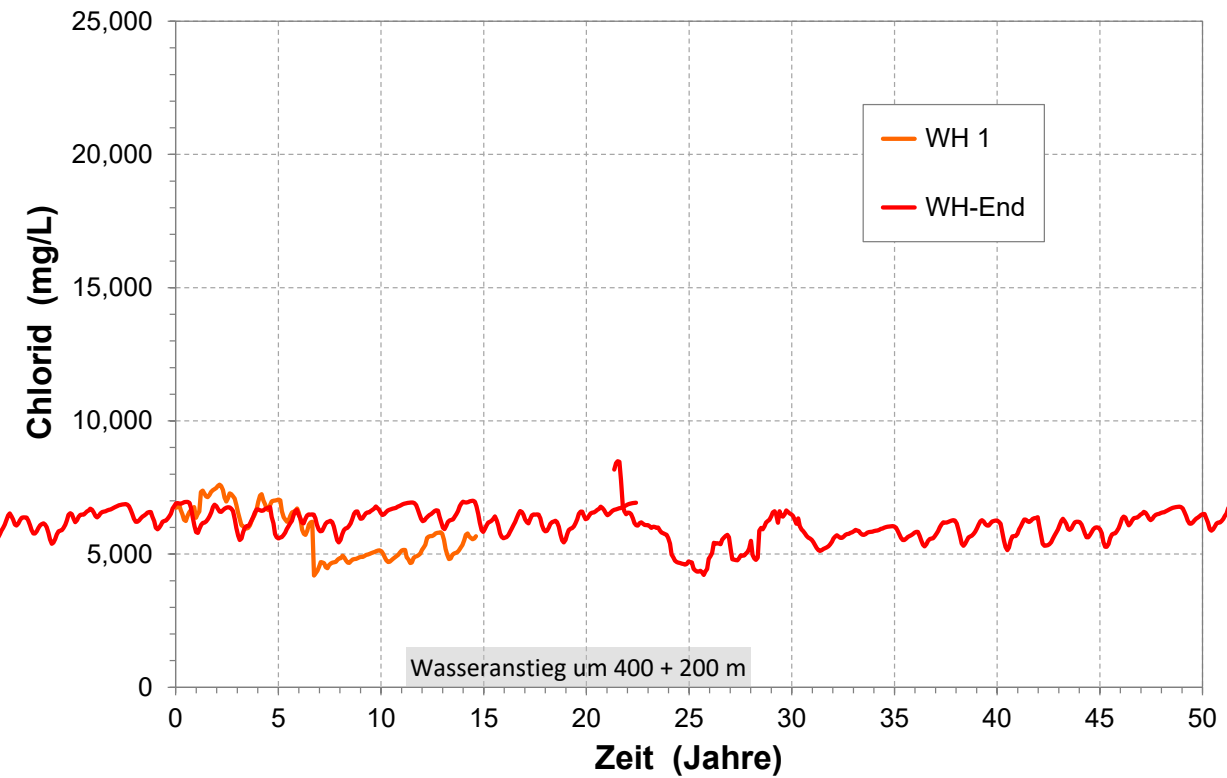
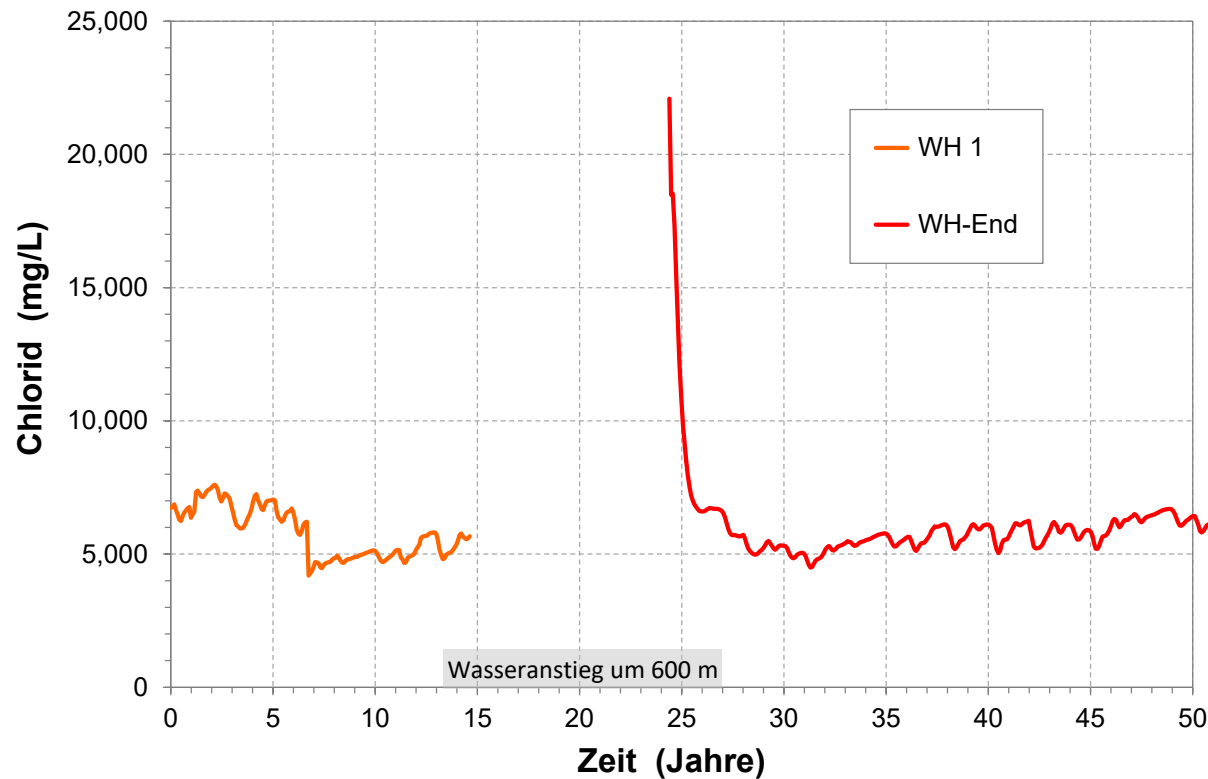
Problemstellung

Konzentrationspeak nach Wiederannahme

Problem 1: Chlorid-Peak nach Pumpbeginn



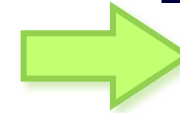
Lösung: Änderung der Pumpstrategie
Frühere Wasserannahme



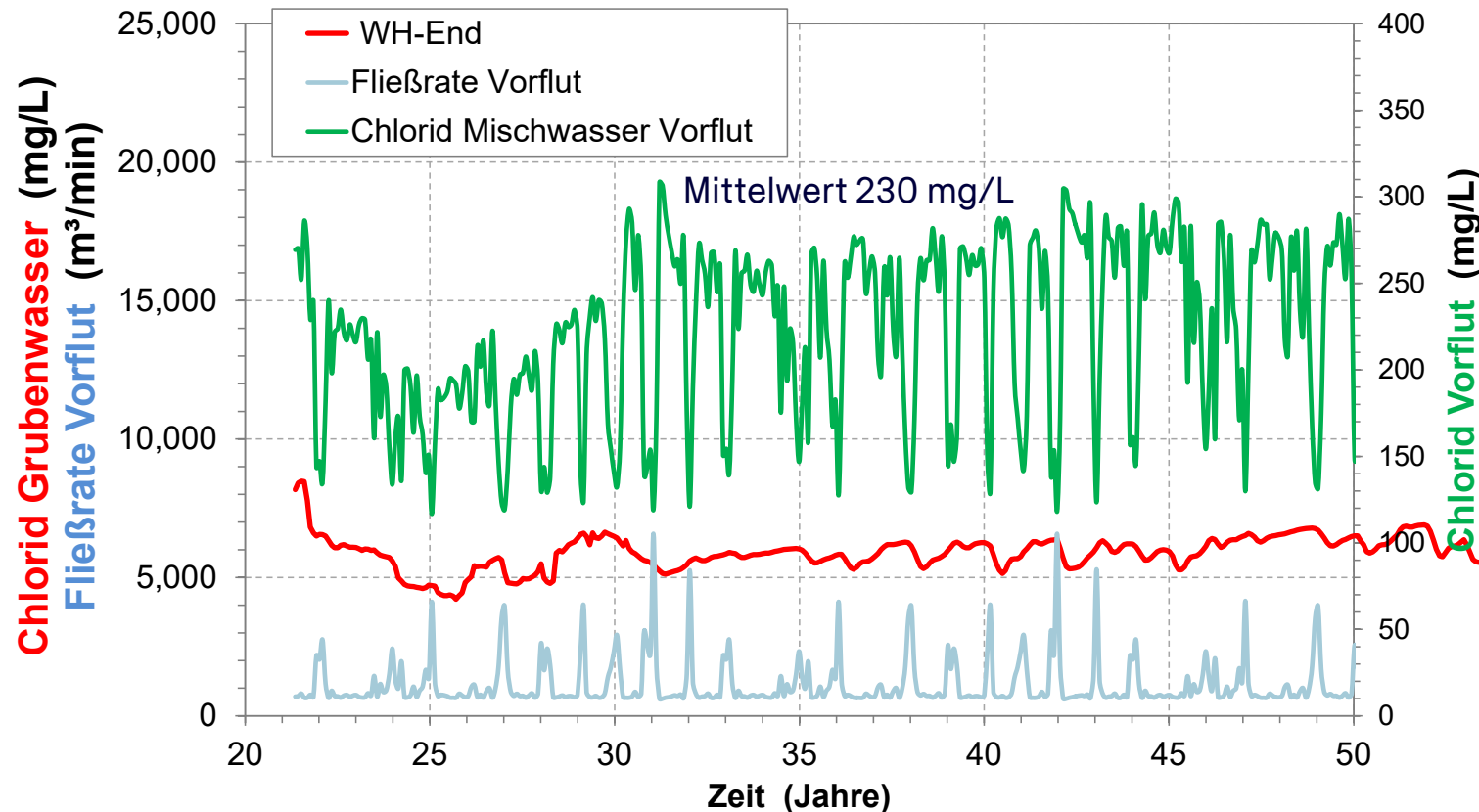
Problemstellung

Einleitung in den Vorfluter

Problem 2: Wasserstandskontrollierte Grubenwasser-Einleitung führt zu erhöhten Stoffkonzentrationen im Vorfluter, insbesondere bei Niedrigwasser



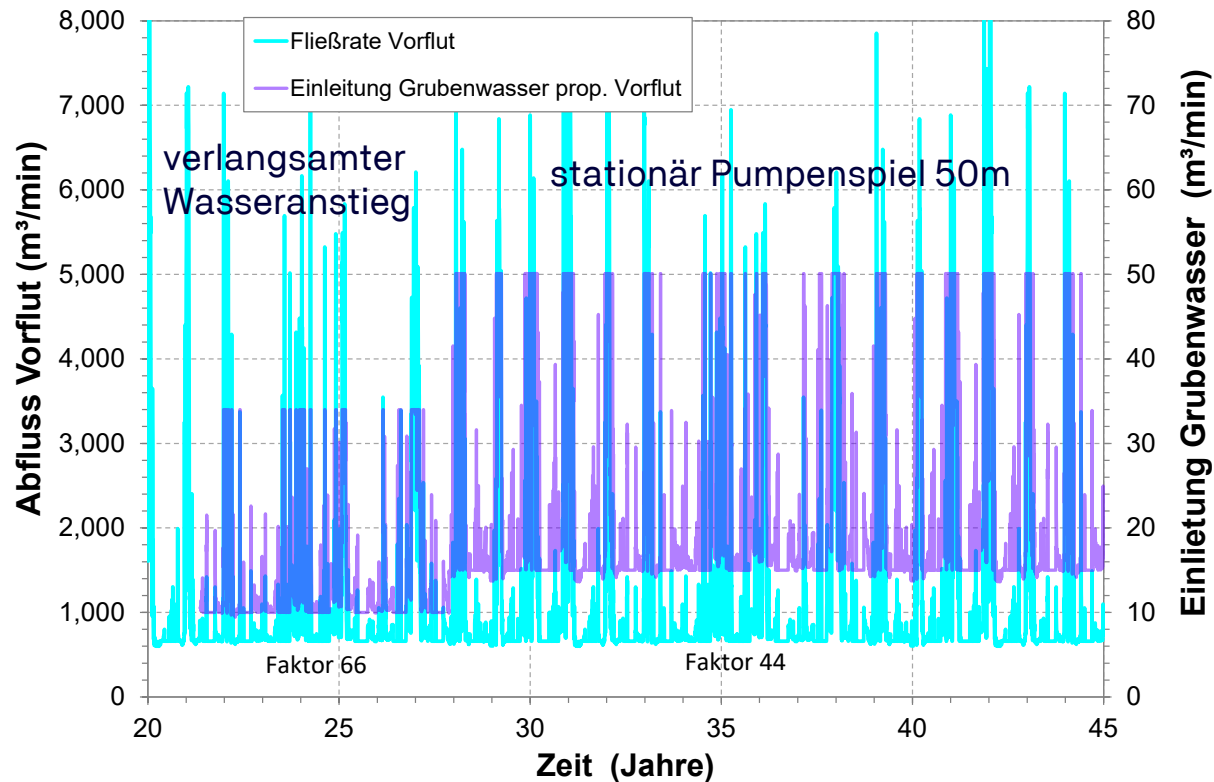
Lösung: Grubenwassereinleitung in Abhängigkeit von der Wasserführung des Vorfluters



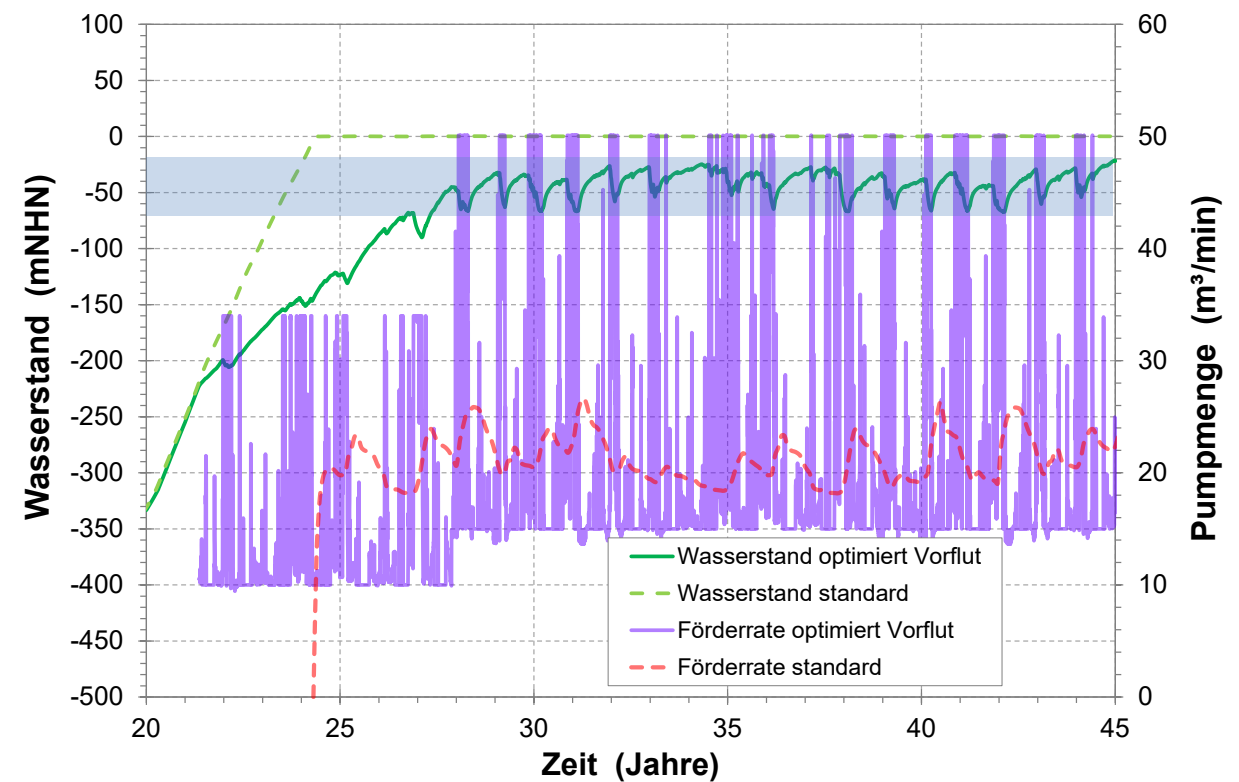
- Erforderliche Modellanpassungen:
 - Programmierung einer Einleitung in Abhängigkeit der Wasserführung des Vorfluters
 - definierter Wasserstandsbereich darf nicht überschritten werden
 - Definierte Vorgehensweise bei Erreichen $h_{\max}$ und $h_{\min}$
- Voraussetzung: frequenzgeregelte Pumpen zur stufenlosen Anpassung der Förderleistung

Lösung

Grubenwassereinleitung in Abhängigkeit von der Wasserführung des Vorfluters



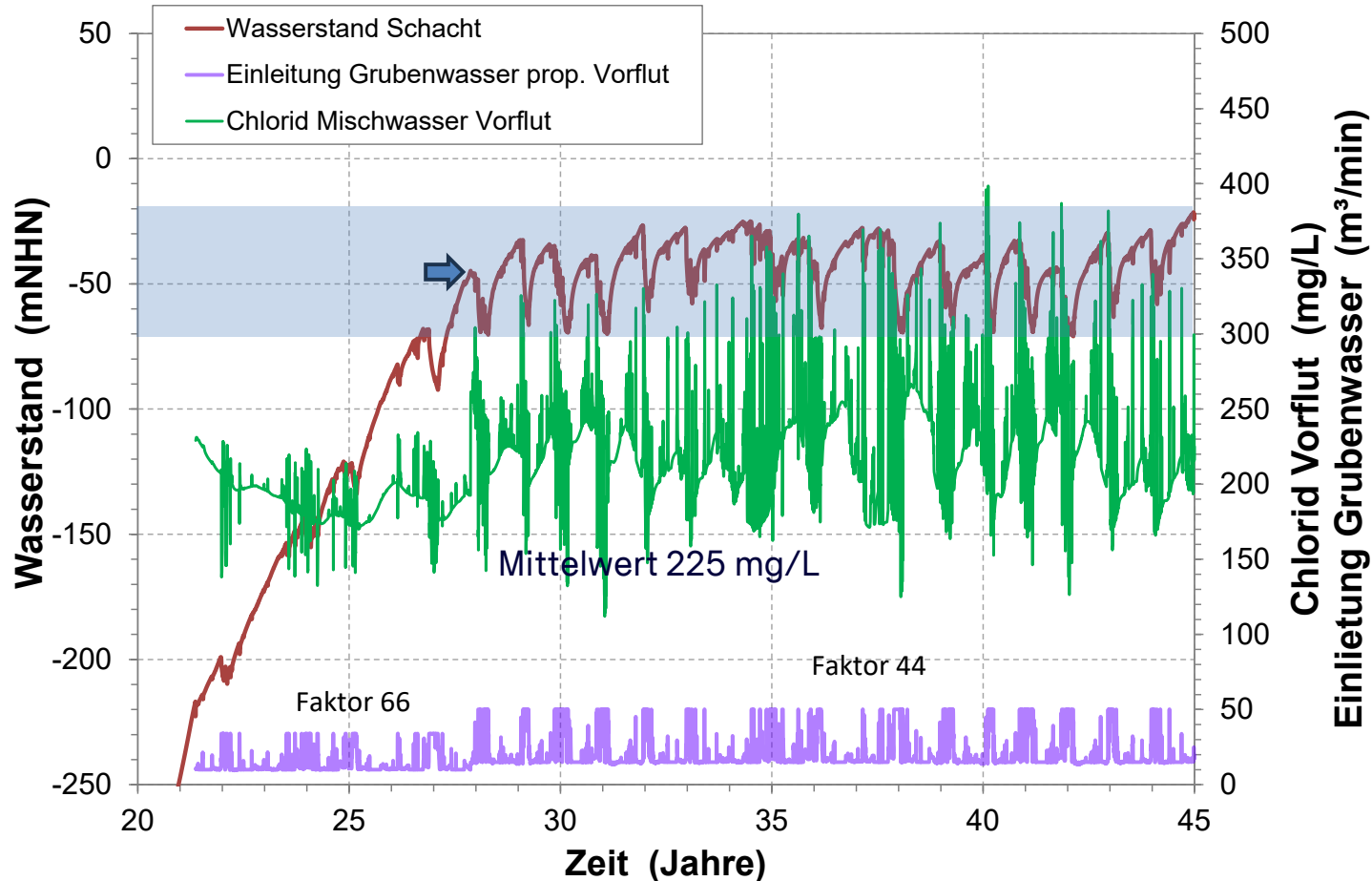
- Pumpmenge proportional Wasserführung Vorflut
- Steuerung über Verdünnungsfaktor



- Pumpenspiel 50 m
- Schwankender Grubenwasserstand

Ergebnisse

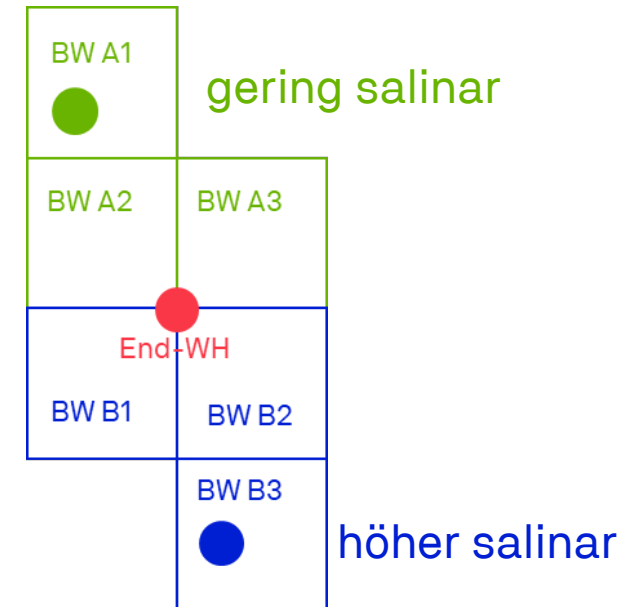
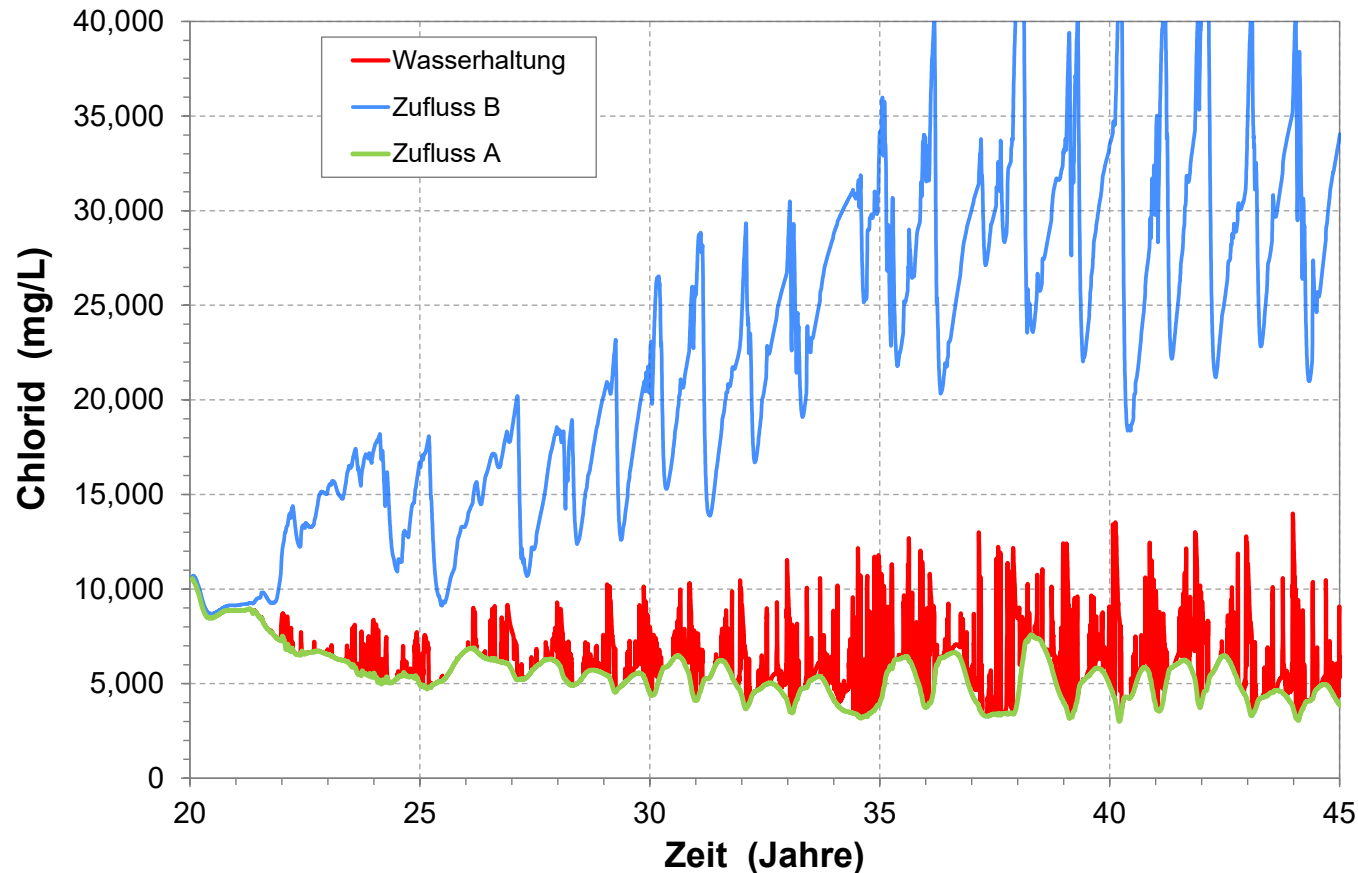
Chlorid Konzentrationen im Mischwasser Vorflut



- Kopplung des Pumpmanagements an den Wasserstand des Vorfluters programmtechnisch umgesetzt
- Verringerung im Wasseranstieg erreicht
- Anfangspeak der Konzentration reduziert
- Unterschiedliche Faktoren berücksichtigt
- ❖ Aber: Stark schwankende Chloridkonzentrationen im Mischwasser in der Vorflut

Ergebnisse

Prozessanalyse

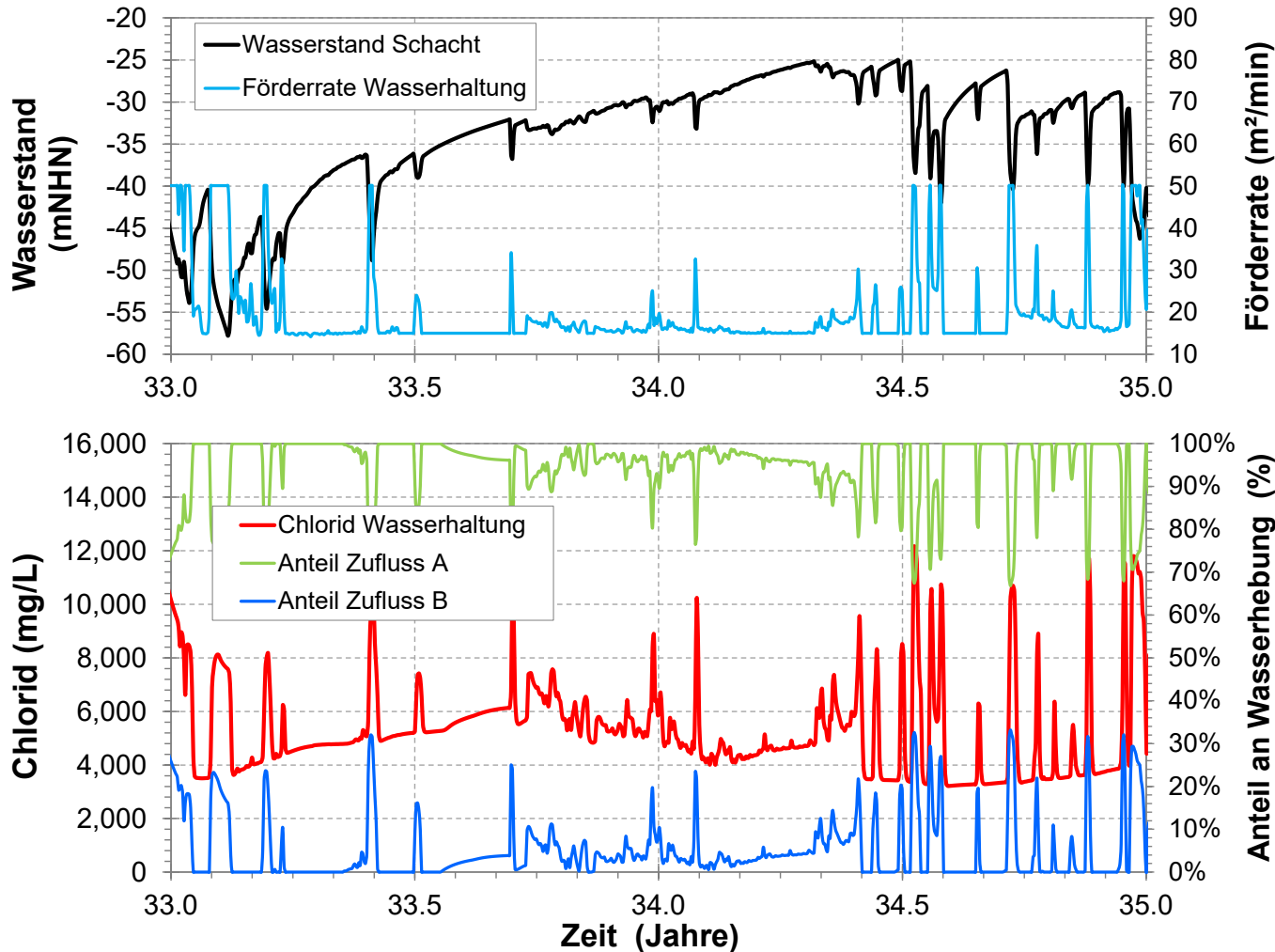


Problem:

- Schnittstelle Teilprovinzen mit unterschiedlicher Wasserqualität
- Mischung der Wässer im Pumpen-Schacht

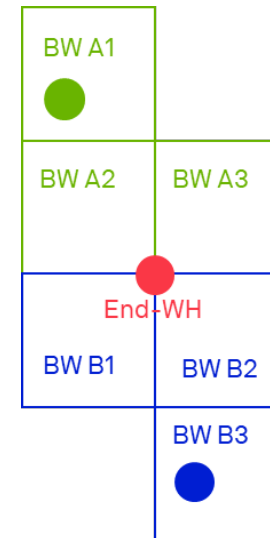
Ergebnisse

Prozessanalyse



Problem:

- In Phasen des Wasseranstiegs fließt überwiegend Wasser aus Teilprovinz A zu
- In Phasen der Absenkung des Wasserspiegels fließen größere Anteile aus Teilprovinz B (höher salinar) zu



Mögliche Lösungen:

- Modifizierung des Pumpenmanagements
- Vergleichmäßigungsbecken übertage
- Pumpenstandort in einer der Teilprovinzen

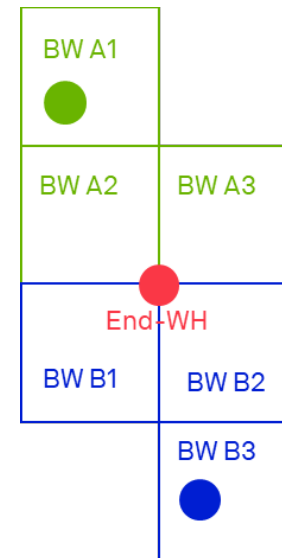
Problemstellung

Einzugsbereich im Grubengebäude

Problem 3: Speichervolumen = gesamte Wasserprovinz



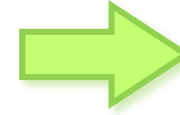
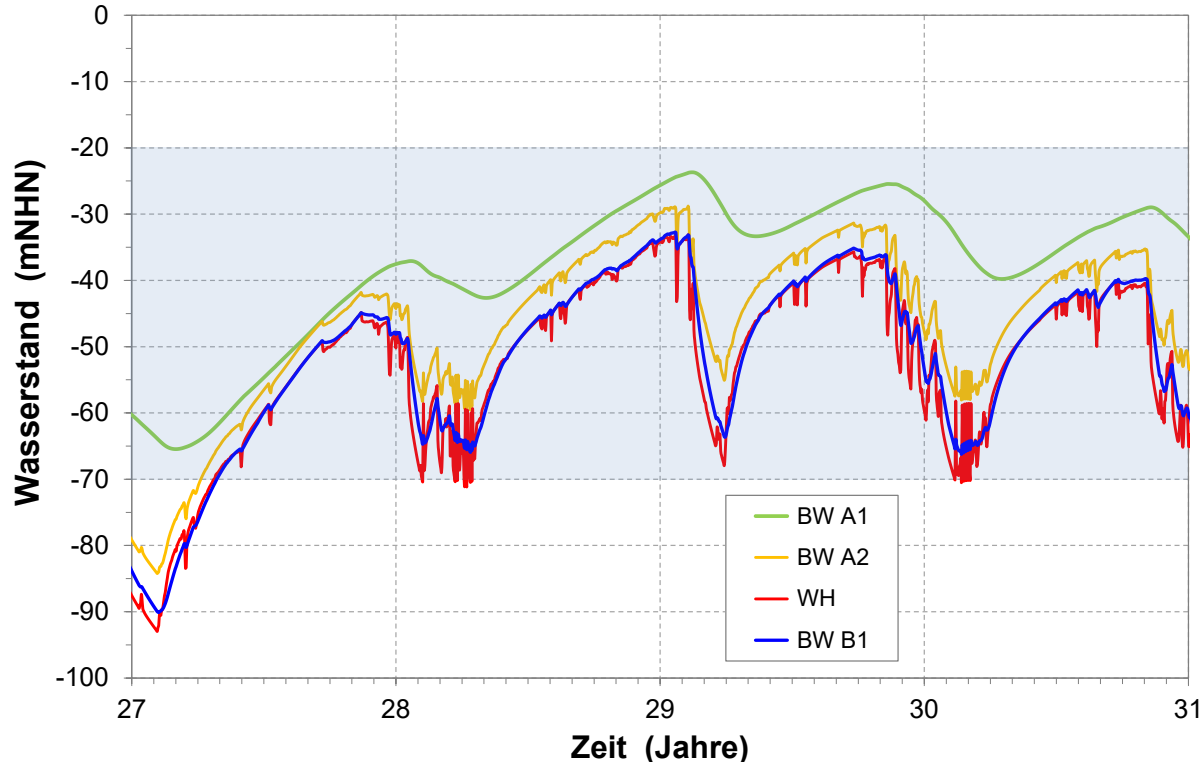
- Für Streckenverbindungen werden üblicherweise eine sehr gute Durchleiteigenschaften angenommen
 - Die Wasserstände in der gesamten Provinz werden so $\pm$ einheitlich berechnet
 - Bei großen Fließraten und im Maßstab einer Wasserprovinz hat sich aber inzwischen gezeigt, dass dies nicht der Fall ist



Lösung

Einzugsbereich im Grubengebäude

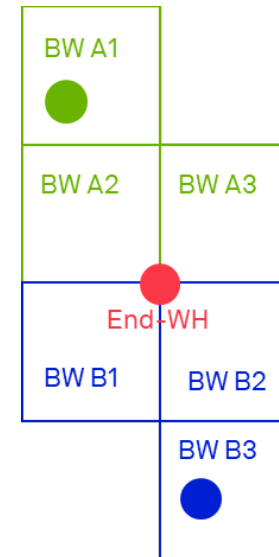
Problem 3: Speichervolumen = gesamte Wasserprovinz



Lösung: Berücksichtigung von Fließwiderständen im Einzugsbereich

Programmtechnische Umsetzung:

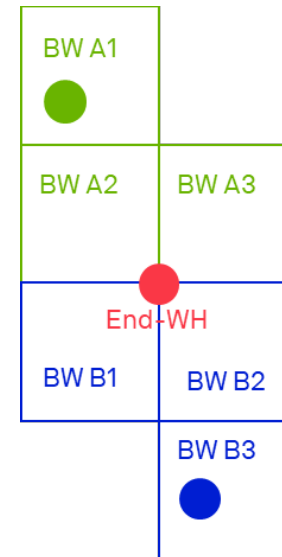
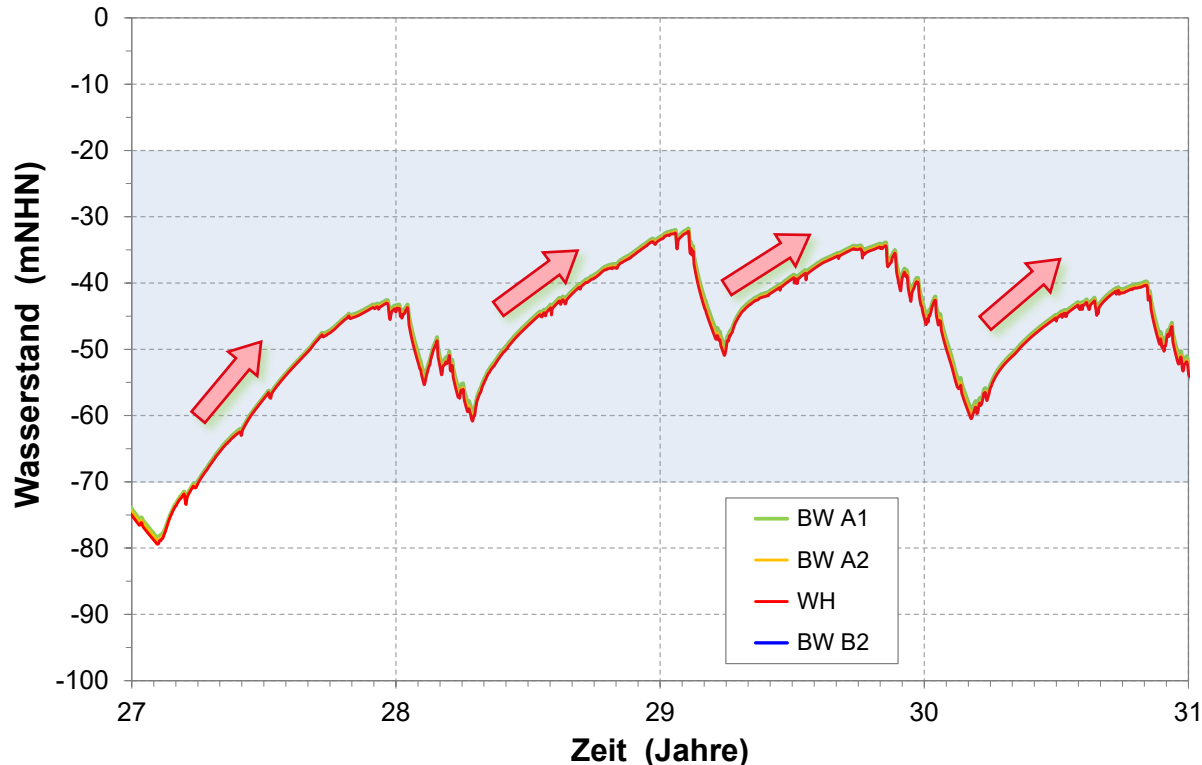
- Kalibrierung der Leitwerte im Wasserweg
 - Berücksichtigung von Fließwiderständen im Einzugsbereich der Wasserhaltung zur korrekten Beschreibung des im Pumpenspiel verfügbaren Speichervolumens



Problemstellung

Einzugsbereich im Grubengebäude

Problem 3/4: mehrfache Freisetzung von Oxidationsprodukten
im wiederholten Wasseranstieg
Speichervolumen = gesamte Wasserprovinz



- Das Modell koppelt standardmäßig die Mobilisation löslicher Stoffe an den Einstau der Abbauhohlräume
 - Im Pumpenspiel erfolgt dies mehrfach
 - Der lösliche Stoffpool ist jedoch nur einmal vorhanden
- Für Streckenverbindungen werden üblicherweise eine sehr gute Durchleiteigenschaften angenommen
 - Die Wasserstände in der gesamten Provinz werden so $\pm$ einheitlich berechnet
 - Bei großen Fließraten und im Maßstab einer Wasserprovinz hat sich aber inzwischen gezeigt, dass dies nicht der Fall ist

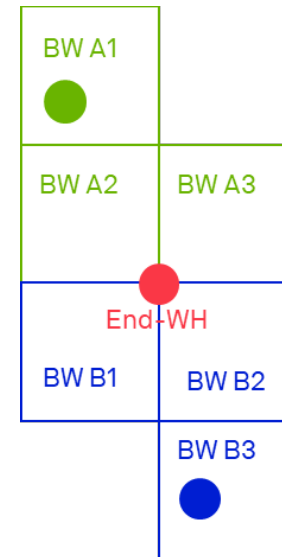
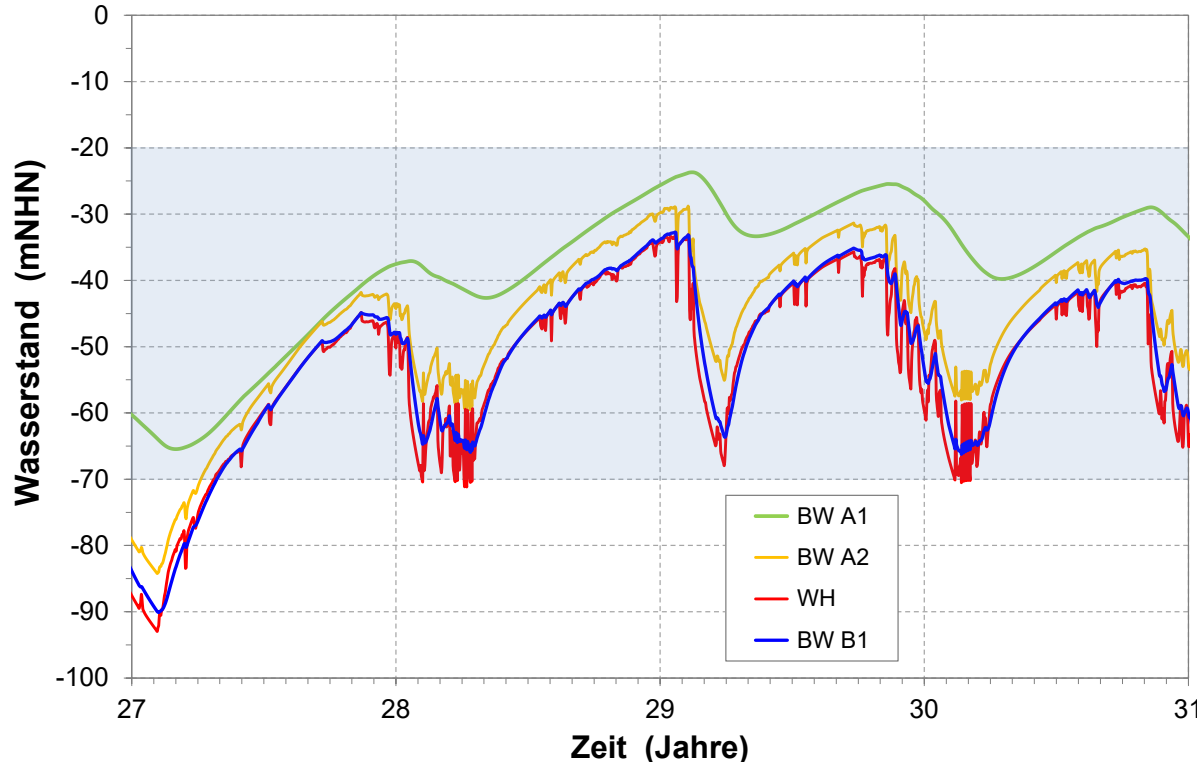
Lösung

Einzugsbereich im Grubengebäude

Problem 3/4: mehrfache Freisetzung von Oxidationsprodukten
im wiederholten Wasseranstieg
Speichervolumen = gesamte Wasserprovinz



Lösung: Limitierung der wiederholten
Freisetzung
Berücksichtigung von
Fließwiderständen im Einzugsbereich



Programmtechnische Umsetzung:

- keine Stofffreisetzung ab zweitem Wasseranstieg
- Kalibrierung der Leitwerte im Wasserweg
 - Berücksichtigung von Fließwiderständen im Einzugsbereich der Wasserhaltung zur korrekten Beschreibung des im Pumpenspiel verfügbaren Speichervolumens

Fazit

Bei komplexen Systemen erfordert die Prognose von Grubenwasserhaltungen realitätsnahe Modelle

- Instationäre Zuflüsse
- Variable Pumpensteuerung ($h_{\min}$ und $h_{\max}$, Menge, div. Varianten möglich)
- Berechnung des Pumpenspiels (Anstiegs- und Absenkzeiten)
- Dynamische Qualität des Grubenwassers
- Mischwasserqualität im Vorfluter in Abhängigkeit der Wasserführung

Auswirkungen für den Bergwerksbetreiber

- Bestellung geeigneter Pumpen
- Ggf. Vorzeitiger Pumpbeginn
- Integration von dynamischen Pumpkonzepten in numerische Modelle ist wichtig
- Zusammenspiel zwischen Pumpbetrieb und Grubenwasserqualität muss beachtet werden
- Herkunft der Wässer ist entscheidend und sollte dezidiert erfolgen

Ausblick

- direkte Kopplung von Oberflächen-, Grund- und Grubenwassermodellen wird angestrebt

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Dr. Nele Pollmann, Julia Nicolina Sunten, Dr. Christoph Klinger

DMT GmbH & Co. KG - Natural Resources

Hydrogeologie & Wasserwirtschaft

Am TÜV 1, 45307 Essen, Germany

Nele.Pollmann@dm-tgroup.com

Tel +49 201 172 1824 / Mobil +49 160 888 2839

Christine von Kleinsorgen

RAG Aktiengesellschaft

V-WH-SK Grubenwasserkonzepte

Wilhelmstraße 98, 44649 Herne, Germany

