

Zum Einsatz von KI im Rahmen des Deponie- Monitorings

Dr.-Ing. Hanna Viefhaus
REMONDIS Production GmbH

1. Das Deponie-Monitoring nach DepV

- Ein Überblick
- Welche aktuellen Herausforderungen gibt es?
- Welche Potentiale bietet KI?

2. Werksdeponie Lippewerk

- Übersicht zum Wasserhaushaltsmonitoring
- Numerisches Strömungsmodell zum Wasserhaushalt
- KI-Entwicklung zum Wasserhaushalt

3. Ergebnisse der KI-Modelle

- Sickerwasserzulauf A & B
- Vergleich mit dem numerischen Strömungsmodell

4. Fazit

Das Deponie-Monitoring nach DepV – ein Überblick



Mess- und
Kontrollprogramm nach
Anhang 5 Nr. 3.2 DepV

- Meteorologie
- Sickerwasser
- Deponiegas
- Oberflächenwasser
- Grundwasser
- Setzungen & Verformungen
- Entwässerungssystem

→ Differenziert nach
Lebenszyklus-phase sowie
Standortbedingungen



Sicherstellung eines
dauerhaft
funktionsfähigen und
sicheren Betriebs

- Standsicherheit im
Deponiekörper
- Dichtigkeit der
Abdichtungskomponenten
- Hydraulische Leitfähigkeit im
Entwässerungssystem
- Überprüfung der
Bemessungssituation

→ Ggf. Umsetzung von
Sicherungs- und
Sanierungsmaßnahmen



Regelmäßige Beurteilung
des Deponiezustandes

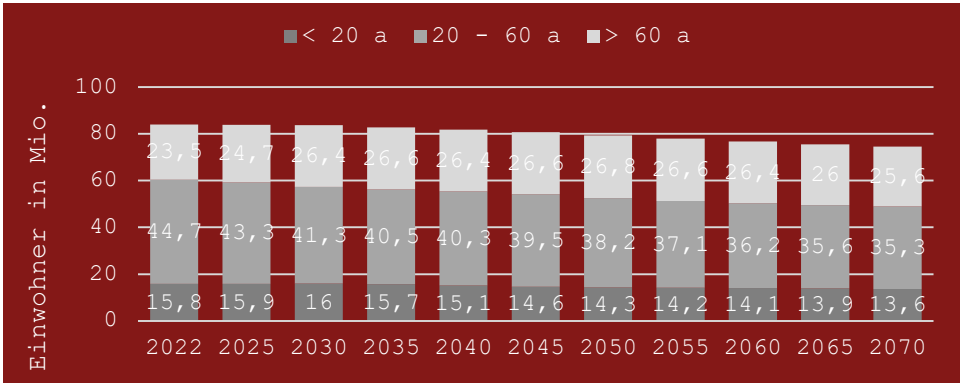
- automatisierte
Datenauswertung und
Anwendung von
Erfahrungswerten
- Verwendung von
geotechnischer oder
hydrogeologischer
Modellierungssoftware

→ Abgleich Istzustand und
Planung

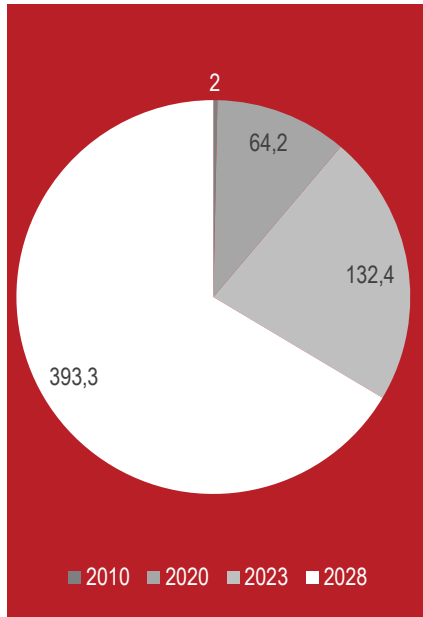
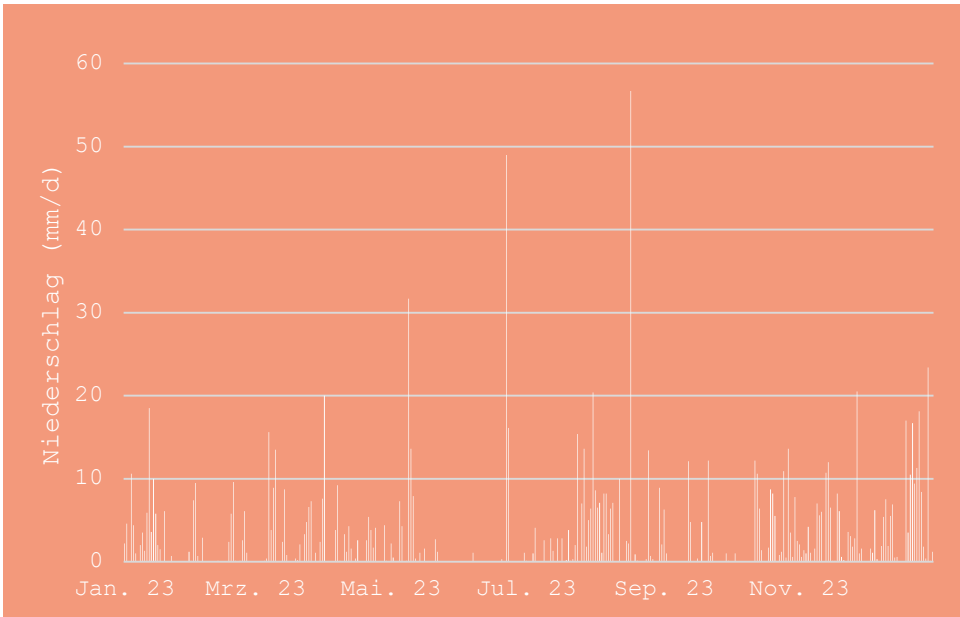
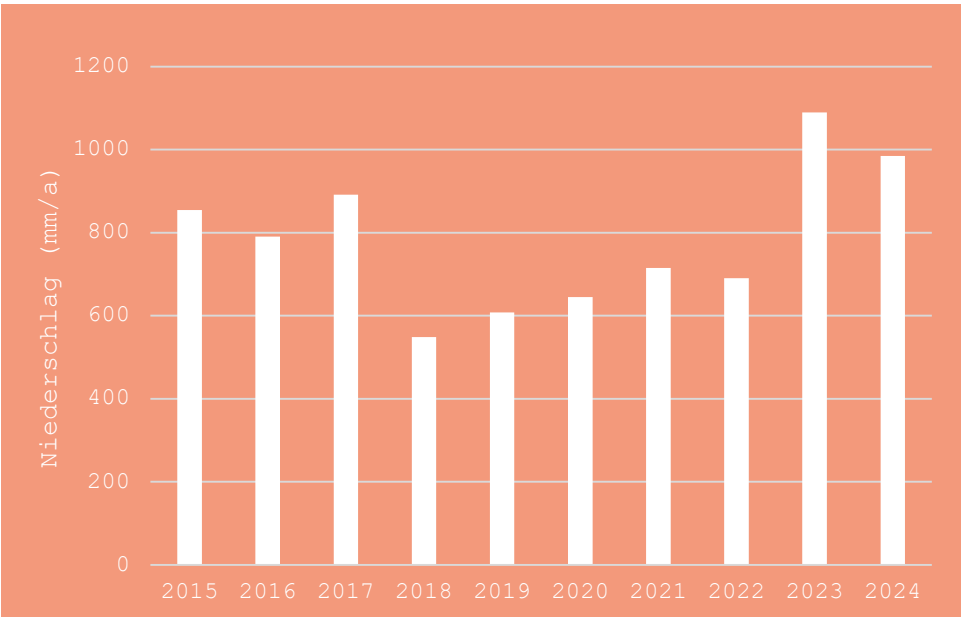
Das Deponie-Monitoring nach DepV – Welche Herausforderungen gibt es?

Entwicklung der Niederschlagsmengen am Beispiel der Werksdeponie Lippewerk

Prognose zur Entwicklung der Einwohner in Deutschland nach Altersgruppe¹



Volumen der jährlich generierten Datenmenge weltweit in Zettabyte¹



¹destatis (2025)

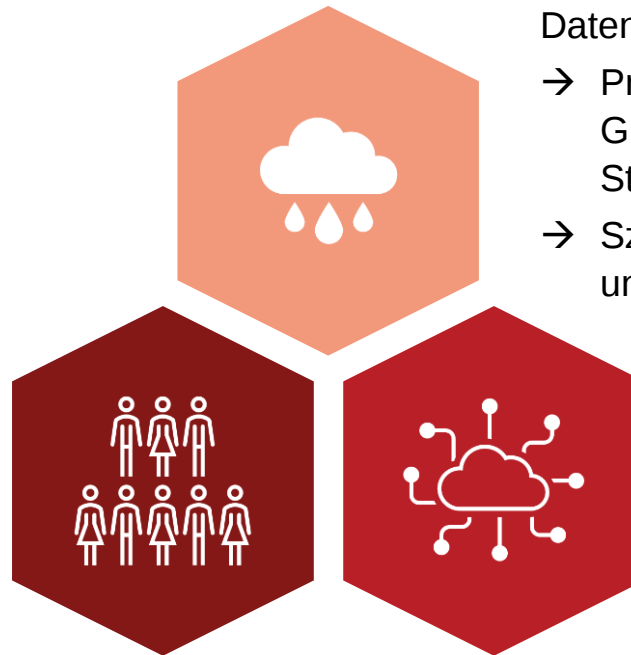
Das Deponie-Monitoring nach DepV – Welche Potentiale bietet KI?

„KI ist nicht dazu da, uns zu ersetzen, sondern um uns zu ergänzen und uns dabei zu helfen, besser zu werden.“

Demografischer Wandel

Entlastung von Fachkräften

- „Anwendung von Erfahrungswerten“, z.B. durch standortübergreifendes Lernen
- Entscheidungsunterstützung, z.B. für die Anlagensteuerung oder die Zustandsbeurteilung



Extremwetterereignisse

Datenauswertung in Echtzeit

- Prognoserechnung z.B. über Grundwasserstände, Abflussmengen oder Stoffkonzentrationen,
- Szenarienbetrachtung, z.B. für das Einleiten unterschiedlicher Maßnahmen

Datenvolumen

Big Data Analyse

- Anomalieerkennung, z.B. aus Setzungsmessungen oder Temperaturprofilen,
- Clustering, z.B. in primäre und sekundäre Messpunkte und Messgrößen

Werksdeponie Lippewerk – Übersicht zum Wasserhaushalts-Monitoring



Übersicht über den Standort Werksdeponie Lippewerk

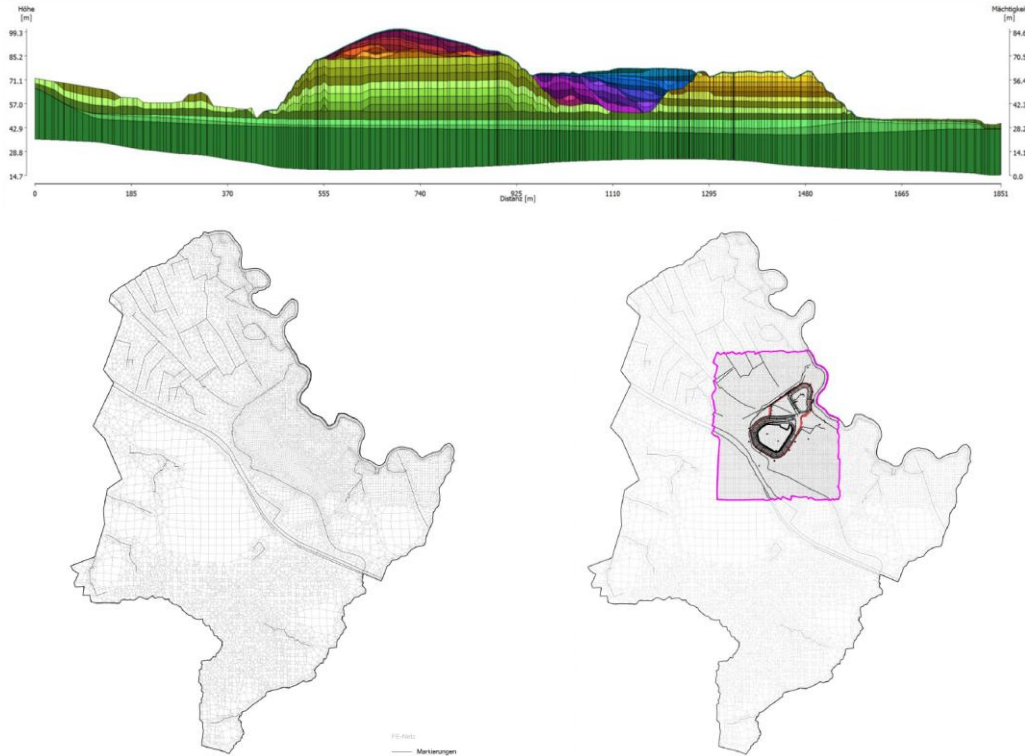
Eckdaten

- DK II-Deponie auf 45 ha
- rd. 25 ha Basis- und Oberflächenabdichtung
- rd. 20 km Entwässerungsleitung
- rd. 100.000 m³/a Sickerwasser
- rd. 40.000 m³/a Oberflächenwasser

Messeinrichtungen zum Monitoring des Wasserhaushalts

- rd. 50 Grundwassermessstellen, davon 19 ausgestattet mit Datenloggern
- Wetterstation
- 4 Mengenmessungen Sickerwasser & Oberflächenwasser

Werksdeponie Lippewerk – numerisches Modell zum Wasserhaushalt

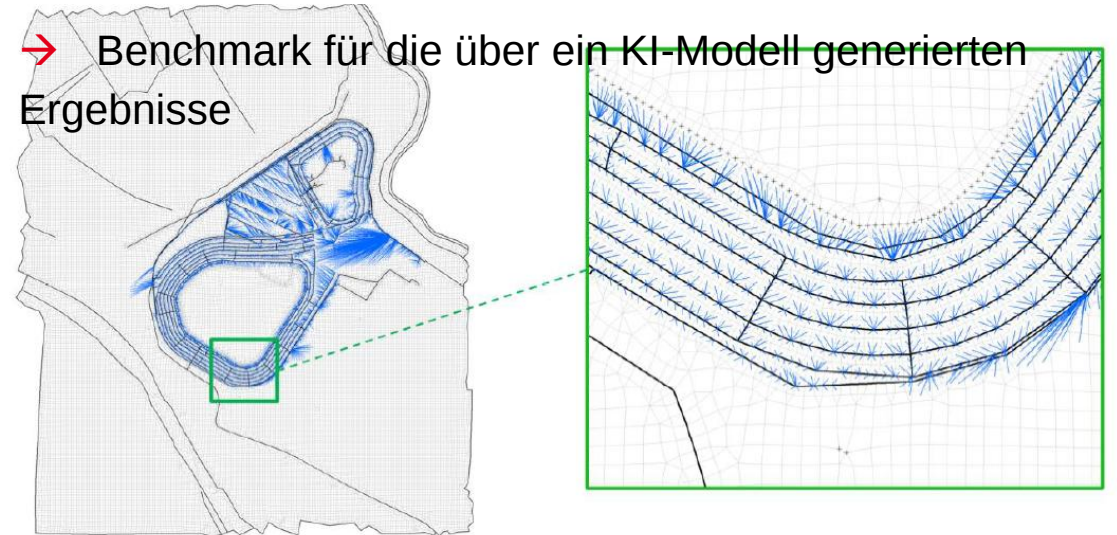


Darstellung der Modellstrukturen und Diskretisierung (oben) sowie der resultierenden Abflusskomponente in das Drainagesystem (rechts)

Modellrandbedingungen

- FE-basiertes numerisches Strömungsmodell
- Regionalmodell mit rd. 20.000 Elementen und 17.000 Knoten
- Lokalmmodell mit rd. 45.000 Elementen und 42.000 Knoten
- Berücksichtigung instationärer Grundwasserneubildung

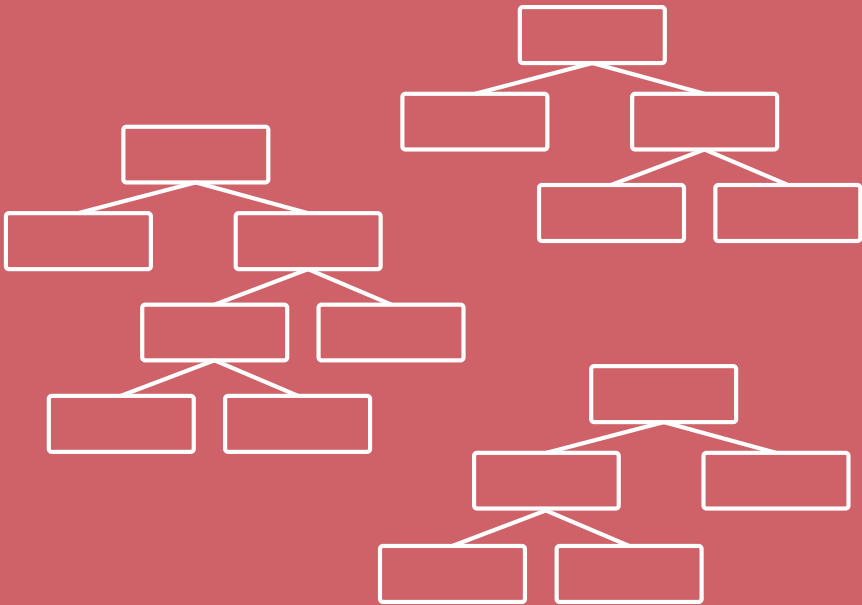
→ Benchmark für die über ein KI-Modell generierten Ergebnisse



Werksdeponie Lippewerk – KI-Entwicklung zum Wasserhaushalt

KI-Modell

Ein Random Forest KI-Modell besteht aus einem *Esemble* von Entscheidungsbäumen, deren Ergebnisse gemittelt werden.



Input-Paramete



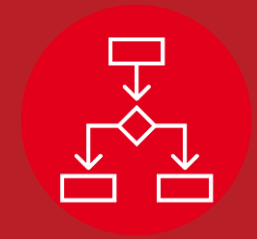
> 350

Hyperparamete



10 Parameter
1.000 Bäume

Modell-Output



Sickerwasserzuläufe für t0, t1, t2
sowie Zulauf A und Zulauf B,

Modellgüte über R^2 -Score
(20% Testdatensatz)

verwendete & gewichtete
Input-Parameter

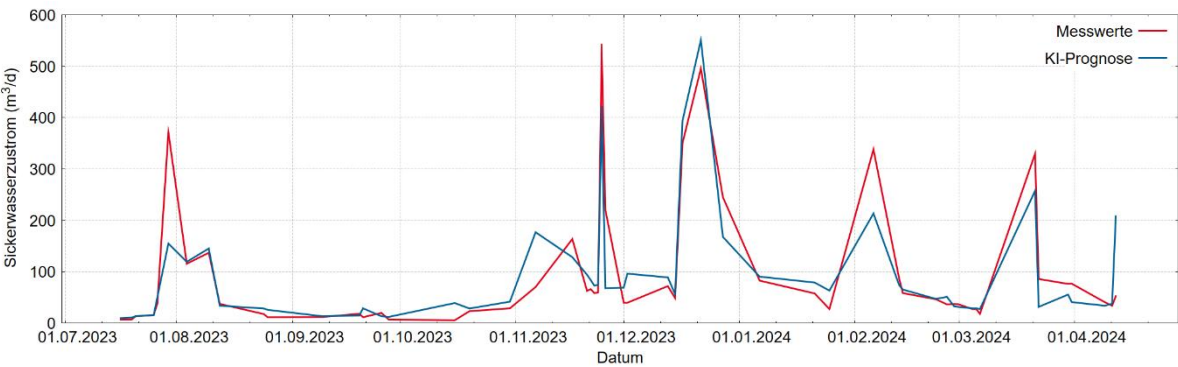
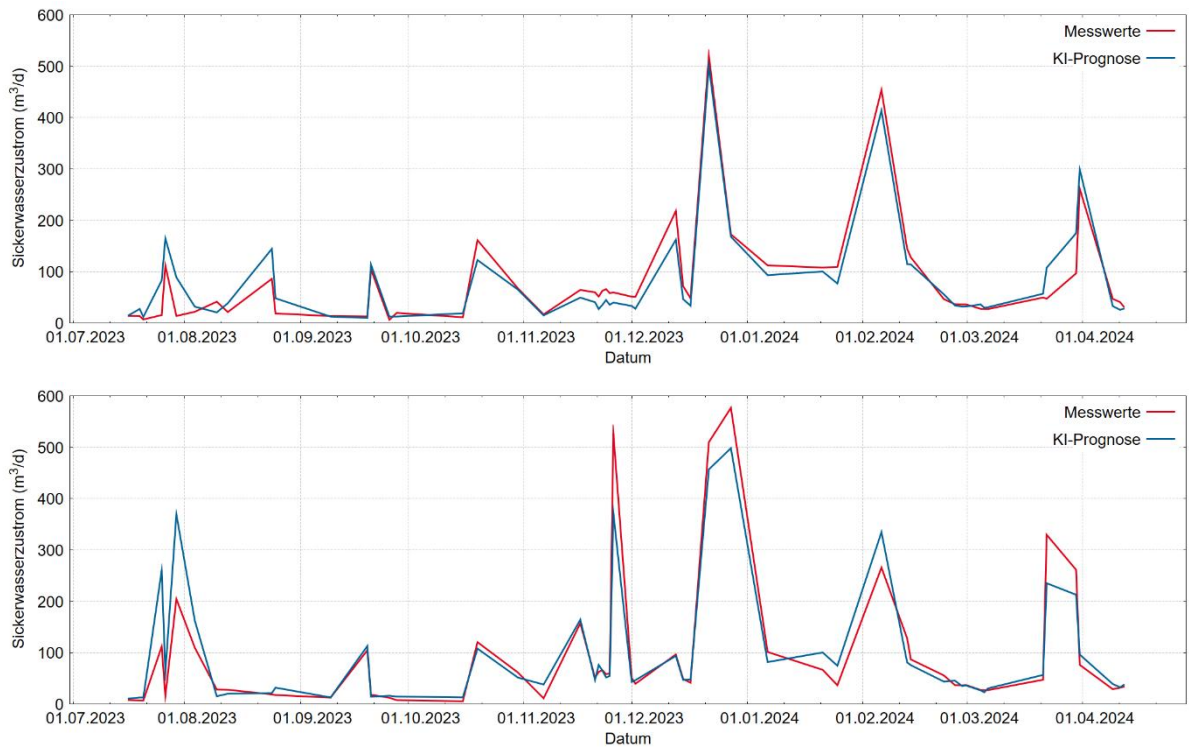
Modelltraining



Tageswerte über 9 Monate
(30% Trainingsdatensatz):

- Grundwasserstände
- Sickerwasserzuläufe
- Meteorologie

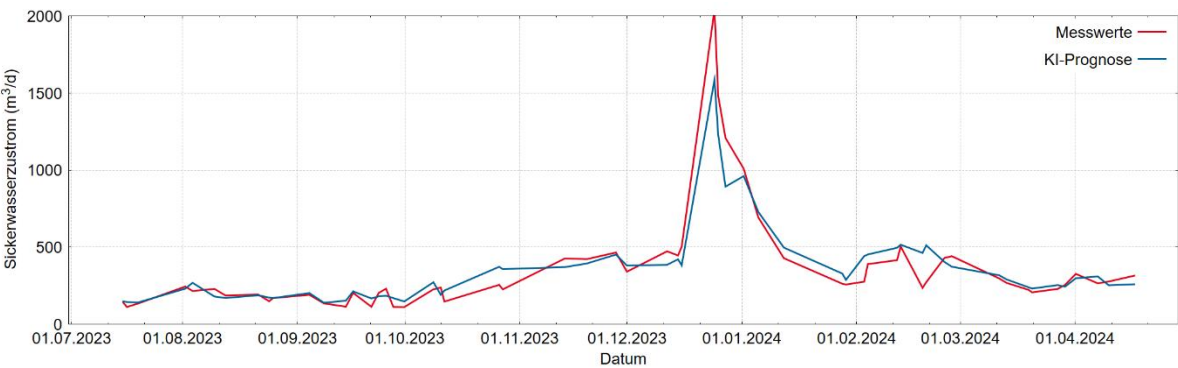
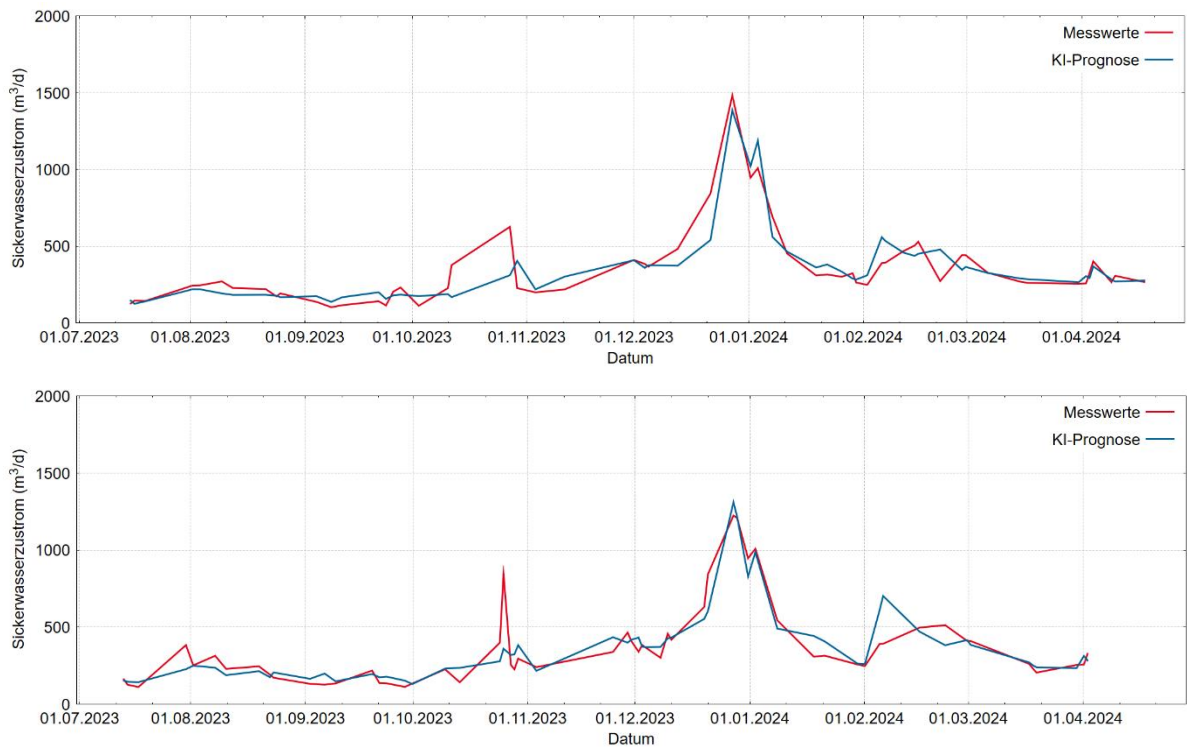
Ergebnisse von KI beim Einsatz im Deponie-Monitoring – Zulauf A



Gegenüberstellung der gemessenen und der durch die KI-Modelle prognostizierten Sickerwasserzulaufmengen sowie Darstellung der Modellgüte und Input-Parameter

	R ² -Score	Input-Parameter
heute (t0)	0,91	Niederschlag t0, gew. Sum. 4d (20%) GWM2 GW-Stand t0, Grad. 2d (19%)
heute+1 (t1)	0,87	Niederschlag t1 (49%)
heute+2 (t2)	0,79	Niederschlag t2 (56%)

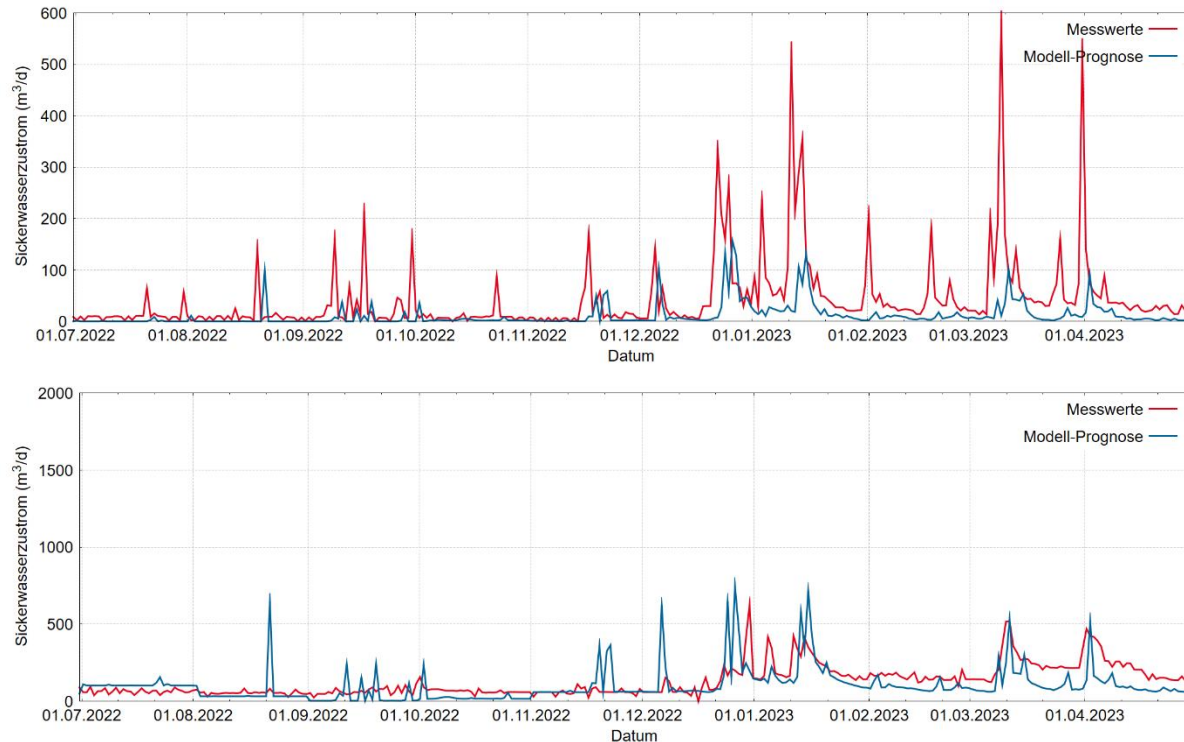
Ergebnisse von KI beim Einsatz im Deponie-Monitoring – Zulauf B



Gegenüberstellung der gemessenen und der durch die KI-Modelle prognostizierten Sickerwasserzulaufmengen sowie Darstellung der Modellgüte und Input-Parameter

	R ² -Score	Input-Parameter
heute (t0)	0,85	GWM1 GW-Stand t0, Grad. 8d (16%) GWM2 GW-Stand t0, Grad. 8d (14%) GWM2 GW-Stand t0, Grad. 8d (22%)
Heute+1 (t1)	0,83	GWM2 GW-Stand t0, Grad. 4d (14%) GWM2 GW-Stand t0, Grad. 4d (22%) GWM2 GW-Stand t0, Grad. 4d (22%)
Heute+2 (t2)	0,71	GWM1 GW-Stand t0, Grad. 6d (13%) GWM2 GW-Stand t0, Grad. 6d (13%)

Ergebnisse des FE-Modells beim Einsatz im Deponie-Monitoring



- Zulauf A: Peaks sind in ihrer Intensität nicht abbildbar
- Qualitative statt quantitative Modellgüte
- Zulauf B: Über- und Unterschreitungen sowie teilweise Verschiebung der Peaks
- Komplexität am Standort, insbesondere durch bauliche Einflüsse nicht vollständig erfasst

	R ² -Score
Zulauf A	-0,32
Zulauf B	-0,08

Gegenüberstellung der gemessenen und der durch das FE-Modell prognostizierten Sickerwasserzulaufmengen für Zulauf A (oben) und B (unten) sowie Darstellung der Modellgüte

Fazit – wie kann KI das Deponie-Monitoring verbessern?

„KI ist nur so gut wie die Daten, mit denen sie gefüttert wird.“

Modellierung auf stochastischer Basis

i.d.R. existiert bereits ein großer Datensatz aus der Standorthistorie & vgl. konventionelle empirische Ansätze.

Big Data

Analyse und Verwendung von sehr großen Datenmengen, die über digitale Messsysteme erfasst werden.

Beurteilung des Deponiezustandes und ggf. Ableitung von Maßnahmen

Zeit- und Ressourceneffizienz sowie Verdichtung von Erkenntnissen und effektivere Auswahl von Maßnahmen.

Black Box

Datenauswahl, Hyperparametrisierung und Ergebnisplausibilisierung durch Fachleute.

Lernfähigkeit

Kontinuierliche Verbesserung der Ergebnisqualität.



IM AUFTRAG DER ZUKUNFT

Dr.-Ing. Hanna Viefhaus

REMONDIS Production GmbH

T +49 2306 106293

hanna.viefhaus@remondis.de

remondis-production.de

REMONDIS