

Gutachten

zu den Bodenbewegungen im Rahmen des
stufenweisen Grubenwasseranstiegs im Bereich
der Wasserprovinz Haus Aden

- Bewertung des Einwirkungspotenzials
und Monitoringprogramm für ein
optimiertes Anstiegsniveau bei -380 mNHN -

erstattet von

INGENIEURBÜRO HEITFELD - SCHETELIG GMBH

BEARBEITER:

DR.-ING. M. HEITFELD

DR. P. ROSNER

DR. P. MOHRDIECK

im Auftrag der
RAG Aktiengesellschaft, Essen

Aachen, den 6. Oktober 2023

Dieser Bericht besteht aus 89 Seiten, 1 Anh. und 15 Anl.

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung	1
2	Grundsätzliche Anmerkungen zur Bearbeitung	3
3	Problemstellung und Bearbeitungsgrundlagen	5
4	Lage und geografische Verhältnisse	8
5	Geologisch-tektonische Verhältnisse und Hydrogeologie	10
5.1	Übersicht	10
5.2	Bruchtektonik	11
5.3	Hydrogeologische Verhältnisse im Deckgebirge	14
6	Abbauverhältnisse	17
6.1	Lage der Abbaubereiche	17
6.2	Zeitliche Entwicklung der Abbaubereiche	18
6.3	Erreichte Abbauteufen und gebaute Gesamtmächtigkeit	19
7	Hydraulische Gliederung und Grubenwasseranstieg bis auf ein Niveau von -600 mNHN	23
7.1	Hydraulische Gliederung und aktuelle Standwasserniveaus	24
7.2	Weiterer Verlauf des Grubenwasseranstiegs bis -600 mNHN	27
8	Übersicht zu den bisherigen Bodenbewegungen	29
8.1	Abbaubedingte Bodensenkungen	29
8.2	Unstetigkeiten	31
8.3	Zeitliche und räumliche Entwicklung der Bodenbewegungen nach Einstellung des Abbaus	33
8.3.1	Langjähriges Leitnivellement	34
8.3.1.1	Radbod und Heinrich Robert	35
8.3.1.2	Werne	37
8.3.1.3	Monopol Nord und Grillo	38

8.3.1.4	Haus Aden Nord und Haus Aden	40
8.3.1.5	Victoria 1/2	42
8.3.1.6	Victoria 3/4, Gneisenau und Scharnhorst, Kurl und Kurl 1	42
8.3.1.7	Minister Stein und Hansa	44
8.3.1.8	Kaiserstuhl und Tremonia	45
8.3.1.9	Zusammenfassende Bewertung der Bewegungen	47
8.3.2	Bodenbewegungen im Zeitraum 2014 bis 2022 gemäß Bodenbewegungskataster NRW	49
8.3.3	Bodenbewegungsmonitoring der RAG AG	53
8.3.4	Detailmonitoring der RAG AG in Hebungsrandbereichen gemäß U1	54
8.3.5	Bodenbewegungen am Fliericher Sprung im Grubenwasseranstiegsbereich Bergwerk Königsborn	56
9	Räumliche und zeitliche Entwicklung des Grubenwasseranstiegs bis auf -380 mNHN	60
9.1	Anstiegsszenario	60
9.2	Eingestaute Abbaubereiche	62
9.3	Eingestaute Deckgebirgsbereiche	64
9.4	Identifikation von markanten Hebungsrandbereichen	65
10	Bewertung des zusätzlichen Einwirkungspotenzials beim Grubenwasseranstieg von -600 mNHN auf -380 mNHN	69
10.1	Bewertungskriterien	69
10.2	Einflussfaktoren	71
10.3	Bodenhebungspotenzial	74
10.4	Erkenntnisse zu ungleichmäßigen Bodenhebungen aus dem bisherigen Grubenwasseranstieg	77
10.5	Einwirkungspotenziale an markanten Hebungsrandbereichen	78
10.6	Zusammenfassende Bewertung	81
11	Vorschlag für ein angepasstes Monitoringprogramm	84
12	Zusammenfassung	86

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Grundwasserstandshöhen in den „Tiefpegeln Ost“ und „Wasserkurl“	16
Abb. 2:	Abbauteufen für ausgewählte Boxen im Bereich südwestlich des Unnaer Sprungs	20
Abb. 3:	Abbauteufen für ausgewählte Boxen im Bereich nordöstlich des Unnaer Sprungs	21
Abb. 4:	Grubenwasserstände an den einzelnen Lotungsstellen für den Zeitraum 2013 bis 2023	25
Abb. 5:	Relative Bodenbewegungen Box Radbod	35
Abb. 6:	Relative Bodenbewegungen Box Heinrich Robert	36
Abb. 7:	Relative Bodenbewegungen Box Werne	38
Abb. 8:	Relative Bodenbewegungen im Box Monopol Nord	39
Abb. 9:	Relative Bodenbewegungen im Box Grillo	39
Abb. 10:	Relative Bodenbewegungen Box Haus Aden Nord	41
Abb. 11:	Relative Bodenbewegungen Box Haus Aden	41
Abb. 12:	Relative Bodenbewegungen Box Victoria 1/2	42
Abb. 13:	Relative Bodenbewegungen Boxen Kurl und Kurl 1	43
Abb. 14:	Relative Bodenbewegungen Box Minister Stein	44
Abb. 15:	Relative Bodenbewegungen im Box Kaiserstuhl	45
Abb. 16:	Relative Bodenbewegungen im Feld Tremonia	46
Abb. 17:	Relative Bodenbewegungen im Bereich Box Heinrich Robert, Messpolygone 413500_5723250 und 412500_5725000 (Bodenbewegungskataster NRW)	50
Abb. 18:	Relative Bodenbewegungen im Bereich Box Monopol Nord, Messpolygon 406750_5720875 (Bodenbewegungskataster NRW)	51

Abb. 19:	Relative Bodenbewegungen im Feld Hansa (Bodenbewegungskataster NRW)	52
Abb. 20:	Relative Bodenbewegungen im Feld Tremonia (Bodenbewegungskataster NRW)	52
Abb. 21:	Bodenbewegungen entlang der Messlinie 1 (Ausschnitt nördlicher Teil) im Bereich Heinrich Robert, Messzeitraum 2018 bis 2022 (Quelle: RAG AG)	54
Abb. 22:	Bodenbewegungen entlang des Detailprofils 2 im Bereich Heinrich Robert, Messzeitraum 2018 bis 2022 (Quelle: RAG AG)	55
Abb. 23:	Ehemaliges Bergwerk Königsborn - Lage und Mächtigkeit der Abbaubereiche, tektonische Störungen, geodätische Festpunkte und Messlinien (aus ROSNER ET AL., 2014)	57
Abb. 24:	Ehemaliges Bergwerk Königsborn - zeitliche Entwicklung von Grubenwasseranstieg und Bodenhebungen am Beispiel repräsentativer Festpunkte (Lage der Festpunkte s. Abb. 24; nach ROSNER ET AL. (2014), aktualisiert)	58
Abb. 25:	Ehemaliges Bergwerk Königsborn - Detailmesslinie Fliericher Sprung	59
Abb. 26:	Prognosen zum Verlauf des Grubenwasseranstiegs bis -380 mNHN in der WP Haus Aden - Betrachtungszeitraum 2010 bis 2029 (Datenquelle: RAG AG)	61
Abb. 27:	Prognosen zum Verlauf des Grubenwasseranstiegs bis -380 mNHN in der WP Haus Aden - Betrachtungszeitraum 2023 bis 2029 (Datenquelle: RAG AG)	61
Abb. 28:	Vergleichende Gegenüberstellung von Grubenwasseranstiegsverläufen in verschiedenen Steinkohlengruben/-revieren in NRW und Südlimburg (NL) mit Prognose für den Anstieg im Betrachtungsraum bis rd. -380 mNHN (verändert nach ROSNER, 2011)	73

Anhangverzeichnis

Anh. 1: Verzeichnis der verwendeten Unterlagen

Anlagenverzeichnis

- Anl. 1: Übersichtlageplan Betrachtungsraum, Maßstab 1:100.000
(Zeichnungs-Nr. 181-20-001)
- Anl. 2: Tektonik und Abbaubereiche, Maßstab 1:100.000
(Zeichnungs-Nr. 181-20-002)
- Anl. 3: Räumliche Gliederung des Deckgebirges, Maßstab 1:100.000
(Zeichnungs-Nr. 181-20-003)
- Anl. 4.1: Geologisch-bergbaulicher Profilschnitt SW - NE, M.d.L. 1:50.000,
M.d.H. 1:20.000, (Zeichnungs-Nr. 181-20-004.1)
- Anl. 4.2: Geologisch-bergbaulicher Profilschnitt NW-SE, M.d.L. 1:50.000,
M.d.H. 1:20.000, (Zeichnungs-Nr. 181-20-004.2)
- Anl. 5: Räumliche Verteilung der Abbauteufen, Maßstab 1:100.000
(Zeichnungs-Nr. 181-20-005)
- Anl. 6: Gebaute Mächtigkeiten, Maßstab 1:100.000
(Zeichnungs-Nr. 181-20-006)
- Anl. 7: Aktuelle Hydraulische Gliederung (06.2023), Maßstab 1:100.000
(Zeichnungs-Nr. 181-20-007)
- Anl. 8: Aktuelle Einstaubereiche (06.2023) und zusätzliche Einstaubereiche
beim Anstieg bis -600 mNHN, Maßstab 1:100.000
(Zeichnungs-Nr. 181-20-008)
- Anl. 9: Einstauhöhen beim Grubenwasseranstieg bis -600 mNHN - "Ausgangszustand",
Maßstab 1:100.000
(Zeichnungs-Nr. 181-20-009)

- Anl. 10.1: Bergbaulich bedingte Bodensenkungen und Unstetigkeiten gemäß RAG AG, Maßstab 1:100.000
(Zeichnungs-Nr. 181-20-0010.1)
- Anl. 10.2: Veränderungen der Geländehöhen im Ruhrgebiet seit ca. 1900 gemäß GEO.basis NRW (2021), Maßstab 1:100.000
(Zeichnungs-Nr. 181-20-010.2)
- Anl. 11: Vertikale Bodenbewegungen gemäß Bodenbewegungskataster NRW - Zeitraum 12.2014 bis 12.2021, Maßstab 1:100.000
(Zeichnungs-Nr. 181-20-011)
- Anl. 12: Monitoring Bodenbewegungen im Rahmen des Anstiegs bis -600 mNHN, Maßstab 1:100.000
(Zeichnungs-Nr. 181-20-012)
- Anl. 13: Eingestaute Abbaubereiche beim Grubenwasseranstieg von -600 mNHN auf -380 mNHN, Maßstab 1:100.000
(Zeichnungs-Nr. 181-20-013)
- Anl. 14: Einstauhöhen in den Abbaubereichen beim Grubenwasseranstieg bis -380 mNHN, Maßstab 1:100.000
(Zeichnungs-Nr. 181-20-014)
- Anl. 15: Bodenhebungspotenzial und potenzielle Unstetigkeitszonen beim Anstieg bis -380 mNHN, Maßstab 1:100.000
(Zeichnungs-Nr. 181-20-015)

1 Veranlassung

Der Abbaubetrieb auf dem Bergwerk Ost wurde zum 01.10.2010 durch die RAG Aktiengesellschaft, 44623 Herne (im Folgenden kurz RAG genannt), stillgelegt. Mit der Zulassung vom 07.12.2017 der Abschlussbetriebsplanergänzung der Zentralen Wasserhaltung Ost unter Tage (heute: Zentrale Wasserhaltung Haus Aden, im Folgenden als WP Haus Aden bezeichnet) vom 17.03.2017 wurde die Einstellung der Grubenwasserhaltung auf der 940 m-Sohle am Schacht Haus Aden 2 sowie der Anstieg des Grubenwassers bis auf ein Niveau von -600 mNHN genehmigt. Die Wasserhaltung am Standort Schacht Haus Aden 2 wurde im September 2019 eingestellt; aktuell erfolgt der Grubenwasseranstieg in der WP Haus Aden.

Im Zuge einer Optimierung des Annahmenniveaus am Standort der zentralen Wasserhaltung (Schacht Haus Aden 2) plant die RAG AG die weitere Anhebung der Standwasserniveaus auf -380 mNHN. In diesem Zusammenhang sind u.a. auch die möglichen Bodenbewegungen und die Einwirkungen auf die Geländeoberfläche zu bewerten.

Eine grundlegende Diskussion und Darstellung der relevanten Faktoren für die Bewertung der Risiken aus Bodenbewegungen infolge des Grubenwasseranstiegs für die Anstiegsstufe bis -600 mNHN im Bereich der Zentralen Wasserhaltung Ost wurde im Zusammenhang mit der entsprechenden Abschlussbetriebsplanergänzung vom 17.03.2017 im Auftrag der RAG AG durch das Ingenieurbüro Heitfeld-Schetelig GmbH, Aachen (im Folgenden als IHS bezeichnet) vorgelegt (IHS-Bericht vom 21.11.2013, Rev. a: 04.04.2014). Mit dem Gutachten des IHS wurden poten-

zielle Risikobereiche ausgewiesen und ein Vorschlag für ein angepasstes Monitoringprogramm zur terrestrischen Erfassung von Bodenbewegungen (Leitnivelement) vorgelegt.

Im Hinblick auf den geplanten weiteren Anstieg bis -380 mNHN wurde das IHS von der RAG AG mit Schreiben vom 24.04.2023 (Bestell-Nr. 5602838) mit der Bearbeitung eines entsprechenden Gutachtens zur Bewertung der Risiken infolge Bodenhebungen für die Geländeoberfläche und Aufstellung eines entsprechend angepassten Monitoringkonzeptes für die ergänzende Anstiegsstufe bis -380 mNHN beauftragt.

2 Grundsätzliche Anmerkungen zur Bearbeitung

Die Grundlagen zu den für die vorliegende Bearbeitung maßgeblichen Angaben zum geologisch-hydrogeologischen Aufbau des Untergrundes, zu den Abbauverhältnissen und den bergbaulichen Einwirkungen (Bodensenkungen) sowie dem hydraulischen Aufbau der Wasserprovinz wurden im Bericht des IHS (2013, Rev. a: 2014) dargelegt. Hier wurde auch bereits auf die grundsätzliche Problemstellung und die Wirkungszusammenhänge bei der Entwicklung von Bodenhebungen infolge des Grubenwasseranstiegs sowie die Grundlagen für die Bewertung von möglichen Einwirkungen auf die Tagesoberfläche eingegangen.

Insofern wird im Rahmen der vorliegenden Bearbeitung bezüglich des Bearbeitungsgrundlagen auch auf den Inhalt des IHS-Berichtes aus 2013 verwiesen. Aktuelle Erkenntnisse u.a. zur Entwicklung von Bodenbewegungen anhand des laufenden Monitorings sind in dem vorliegenden Bericht berücksichtigt.

Der Betrachtungsraum der vorliegenden Bearbeitung wurde im Westen um den ehemals eigenständigen Wasserhaltungsbereich Hansa erweitert. Die Wasserhaltung wurde hier in 2014 eingestellt (-605 mNHN); seit 2021 erfolgt der Übertritt der Wasser aus dem Bereich Hansa über eine Verbindungsstrecke zwischen den Boxen Minister Stein (WH Hansa) und Viktoria West (ZWH Ost) im Niveau -601 mNHN zur Wasserhaltung am Schacht Haus Aden 2. Dadurch umfasst der aktualisierte Betrachtungsraum nun eine erweiterte Wasserprovinz Haus Aden.

- Formalien

Alle geodätischen Höhen sind im vorliegenden Bericht unter Bezug auf das Deutsche Haupthöhennetz 1992 (DHHN92) in der Einheit „mNHN“ angegeben. Angaben u.a. zu Standwasserniveaus und Abbauhöhen liegen bei der RAG überwiegend noch im „alten“ Höhensystem in der Einheit „mNN“ vor. Diese wurden im Rahmen der vorliegenden Bearbeitung ohne Umrechnung mit dem vorliegenden Betrag in die Einheit „mNHN“ übernommen. Die absolute Differenz zwischen den beiden Höhensystemen beträgt im Ruhrrevier nur wenige Zentimeter und hat daher für die derart übernommenen Höhen im Rahmen der vorliegenden Bearbeitung keine Bedeutung.

Begriffsdefinition:

- Standwasser:

Der Begriff Standwasser wird im vorliegenden Bericht im hydrogeologischen Sinne als „*Ansammlung von Wasser in natürlichen und künstlichen Hohlräumen*“ verwendet. Eine sicherheitliche Bewertung ist dabei nicht impliziert.

3 Problemstellung und Bearbeitungsgrundlagen

Die Grundlagen für die Bewertung der Einwirkungen des Grubenwasseranstiegs auf die Geländeoberfläche infolge Bodenhebungen wurden u.a im Rahmen des Forschungsvorhabens ABSMon („Monitoring im Altbergbau“) geschaffen. Auf der Grundlage dieser Untersuchungen wurden die Charakteristika der Bewegungsabläufe und der Entwicklung von Bodenhebungen im Zuge des Grubenwasseranstiegs herausgearbeitet und bergbaulich-hydrogeologisch-geotechnische Einflussfaktoren definiert, die eine erhöhte Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von signifikanten Hebungsunterschieden bedingen. Die Ergebnisse des Forschungsvorhabens sind in mehreren Veröffentlichungen publiziert (u.a. HEITFELD et al. 2014, ROSNER et al. 2014). Zwischenzeitlich wurden die Ergebnisse dieser Untersuchungen durch weitergehende Untersuchungen zur Entwicklung der Bodenhebungen im Saarrevier (U3; SCHÄFER, 2015) und im Südlimburger Revier (NL) verifiziert (HEITFELD ET AL., 2015 und 2016, Projectgroup GS-ZL, 2016).

Auf dieser Grundlage wurden entsprechende Bewertungen der zu erwartenden Einwirkungen aus Bodenhebungen auf die Geländeoberfläche sowohl für den Bereich des ehemaligen Bergwerks Ost (U1) als auch für weitere verschiedene Stilllegungsbereiche des Ruhrreviers vorgenommen (u.a. Bergwerk Westfalen und Großprovinz Lohberg; U2 und U4 bis U6).

Für den Bereich der Zentralen Wasserhaltung Ost wurde mit U1 bereits eine Bewertung der zu erwartenden Einwirkungen auf die Geländeoberfläche im Rahmen des Grubenwasseranstiegs bis -600 mNHN nach Einstellung der Wasserhaltung auf der 940 m-Sohle am Schacht Haus Aden 2 vorgelegt. Es wurden potenzielle Unstetigkeitszonen ausgewiesen und ein entsprechendes Monitoringkonzept erarbeitet.

Im Ergebnis wurde festgestellt, dass im Rahmen der Anhebung des Wasserhaltungsniveaus auf -600 mNHN kein signifikantes Potenzial zur Entwicklung schadensrelevanter Bodenhebungsdifferenzen zu erwarten ist.

Zur Bewertung des Einwirkungspotenzials von Bodenhebungen auf die Geländeoberfläche im Hinblick auf das Auftreten von Bergschäden mit einigem Gewicht im Zuge eines weiteren begrenzten Grubenwasseranstiegs von -600 mNHN auf -380 mNHN im Bereich der WP Haus Aden ergeben sich insbesondere folgende Bearbeitungserfordernisse:

- Anpassung des Betrachtungsraums (Erweiterung „Hansa“)
- Aktualisierung und Prüfung der bisherigen Bearbeitungsgrundlagen anhand aktualisierter Datengrundlagen der RAG AG und des GD NRW (Abbaubereiche, Tektonik)
- Bewertung der im Rahmen des bisherigen Grubenwasseranstiegs bereits erfolgten Bodenbewegungen
- Grundsätzliche Bewertung des Bodenbewegungspotenzials in den einzelnen Bereichen des Grubenwasseranstiegs im Hinblick auf den bereits erfolgten Teilanstieg des Standwasserniveaus, die Höhenlage der Abbaubereiche sowie die Höhe des weiteren Grubenwasseranstiegs und die Anstiegsgeschwindigkeit;
- Identifikation von potenziellen Einwirkungsbereichen im Hinblick auf die Bewertung des möglichen Auftretens von Bergschäden mit einigem Gewicht infolge ungleichmäßiger Bodenbewegungen im Rahmen des geplanten Anstiegs bis -380 mNHN.

Als potenzielle Einwirkungsbereiche werden dabei Zonen identifiziert, in denen es aufgrund der geologisch-hydrogeologisch-bergbaulichen Verhältnisse oder auch eines räumlich differenzierten Anstiegsverlaufs zu einem kleinräumigen Wechsel der Bodenbewegungscharakteristik kommen kann. Dies können z.B. tektonisch bedingte Abbaugrenzen sein oder auch aufgrund der Abbauhistorie entstandene, aneinandergrenzende Abbauzonen mit unterschiedlicher Abbaumächtigkeit und unterschiedlichem Verlauf des Grubenwasseranstiegs. Solche Zonen, an denen im Zuge des Grubenwasseranstiegs kleinräumig deutlich unterschiedliche Bodenhebungen stattfinden können, werden in der vorliegenden Bearbeitung als „Hebungsrandbereiche“ bezeichnet.

Die Fakten zu den Einflussfaktoren, die zur Identifizierung solcher Hebungsrandbereiche erforderlich sind, sind im Folgenden unter Berücksichtigung der in U1 dokumentierten Bearbeitung für den Bereich der ehemaligen ZWH Ost zusammengestellt und bewertet. Der Schwerpunkt bei der vorliegenden Bearbeitung lag dabei auf der Identifikation von besonders markanten Hebungsrandbereichen mit vergleichsweise erhöhtem Einwirkungspotenzial im Hinblick auf ein mögliches Auftreten von Bergschäden mit einigem Gewicht („potenzielle Unstetigkeitszonen“).

Darüber hinaus erfolgte eine Bewertung der bisher im Rahmen des bereits erfolgten Grubenwasseranstiegs beobachteten Bodenbewegungen. Auch hieraus ergeben sich Hinweise auf die Bodenbewegungscharakteristik insbesondere im Bereich der bereits in U1 ausgewiesenen potenziellen Unstetigkeitszonen.

4 Lage und geografische Verhältnisse

Der Betrachtungsraum der WP Haus Aden umfasst die Bereiche der ehemaligen Wasserhaltungen Ost und Hansa im Raum Dortmund-Lünen-Kamen-Werne-Hamm (s. Anl. 1). Die Gesamtfläche der WP Haus Aden umfasst rd. 323 km² bei einer maximalen SW-NE-Ausdehnung von rd. 32 km und einer maximalen NW-SE-Ausdehnung von rd. 16 km. Gegenüber der Bearbeitung für den Bereich der ehemaligen ZWH Ost gemäß U1 erweitert sich der Betrachtungsraum damit um rd. 9 km nach SW in Richtung Dortmund.

Die WP Haus Aden grenzt im Westen an die Bereiche der Wasserprovinzen Robert Müser und Carolinenglück an (Anl. 1). Südöstlich von Kamen grenzt der Stilllegungsbereich Königsborn (WP Königsborn) nach Südosten und im Bereich Hamm der Bereich des ehemaligen Bergwerks Sachsen (WP Sachsen) nach Osten an die WP Haus Aden an.

Wesentliche Flächenanteile der WP Haus Aden werden landwirtschaftlich genutzt (rd. 47 % der Gesamtfläche). Der Anteil bebauter Flächen ist mit rd. 40 % demgegenüber etwas geringer. Auf Wälder und naturnahe Flächen entfallen rd. 13 % der Gesamtfläche. Ein dichter Bebauungsgrad mit städtisch geprägten Flächen sowie Industrie- und Gewerbeflächen liegt vor allem im SW der WP Haus Aden vor; im östlichen und nördlichen Bereich der Wasserprovinz überwiegt außerhalb der städtischen Kernbereiche die landwirtschaftliche Flächennutzung.

Bei einer durchschnittlichen Geländehöhe von rd. 60 bis 80 mNHN liegt eine vergleichsweise flache Morphologie vor. Geländehöhen von mehr als 100 mNHN werden im Wesentlichen im nördlichen Bereich der WP Haus Aden in der Umgebung

von Cappenberg erreicht. Bei den sonstigen Erhebungen handelt es sich überwiegend um künstlich geschaffene Bergehalden und Deponien.

Der Fluss Lippe bildet im Bereich der WP Haus Aden die übergeordnete Vorflut. Lediglich die westlichen Bereiche um das Stadtzentrum Dortmund sowie die sich nördlich anschließenden Bereiche mit den Boxen Hansa, Tremonia sowie den westlichen Teilen von Minister Stein und Kaiserstuhl liegen im Einzugsgebiet der Em-scher.

5 Geologisch-tektonische Verhältnisse und Hydrogeologie

5.1 Übersicht

Der Untersuchungsraum befindet sich am Südrand des Münsterländer Kreidebeckens. Eine Übersicht über den Untergrundaufbau liefern die tektonische Karte in Anl. 2, die Karte der räumlichen Gliederung des Deckgebirges an der Quartärbasis in Anl. 3 sowie die beiden Übersichtsprofilschnitte in Anl. 4.

Der Untergrundaufbau kann stratigrafisch in drei Haupteinheiten untergliedert werden:

- Grundgebirge

Das flözführende, tektonisch gefaltete Grundgebirge wird von oberkarbonischen Ton- bis Sandsteinen aufgebaut. Die WP Haus Aden liegt dabei im Wesentlichen im Bereich der Bochumer Hauptmulde, in deren Kern die oberkarbonische Schichtenfolge bis in das Niveau der Horster Schichten (Westfal B) ausgebildet sind.

- Kretazisches Deckgebirge

Dem karbonischen Grundgebirge lagern diskordant oberkretazische Grünsandsteine und Mergelsteine im Niveau zwischen dem Essener Grünsand (Cenoman) und den Sandstein- bzw. Sandmergelstein-Schichten des Campans auf.

Die Deckgebirgsbasis fällt dabei mit rd. 2 bis 3° nach Norden ein und sinkt dabei von rd. 50 mNHN im SW (Tremonia) bis auf rd. -650 mNHN im NE (Radbod) ab.

- Quartärdecke

Eine zumeist geringmächtige Schicht quartärer Sedimente (Löss und Talsedimente) bildet den Abschluss der Schichtenfolge im Untersuchungsraum.

Die Mächtigkeit der Deckgebirgsschichten erreicht in den Abbaubereichen maximal rd. 700 m im NE (Radbod); am SW-Rand der WP Haus Aden streichen die karbonischen Schichten an der Quartärbasis aus (Tremonia).

Weitergehende Details zu den geologisch-hydrogeologischen Verhältnissen können U1 entnommen werden.

5.2 Bruchtektonik

- Grundgebirge

Das gefaltete Grundgebirge wird durch zahlreiche überwiegend NW-SE- verlaufende Querstörungen in eine Abfolge tektonischer Horst- und Grabenstrukturen gegliedert („Bruchschollentektonik“; Anl. 2). An diesen Querstörungen sind die Flözführenden Schichten vertikal versetzt. Sie bilden daher auch ein wesentliches Gliederungselement der Abbauzonen, was im Hinblick auf die Identifikation von potenziellen Hebungsrandbereichen von Bedeutung ist.

Die Karbonoberfläche wird durch diese Hauptquerstörungen überwiegend nur um wenige Meter bis Zehnermeter versetzt. Größere Versatzbeträge der Karbonoberfläche von lokal rd. 20 bis 30 m liegen nur am Kurler Sprung, am Unnaer Sprung und am Königsborner Sprung vor (Anl. 2).

- Deckgebirge

Für die weitergehende Betrachtung einer möglichen Ausbildung von un stetigen Bodenhebungen im Rahmen des Grubenwasseranstiegs sind insbesondere diejenigen den Abbau gliedernden Hauptstörungen des karbonischen Grundgebirges relevant, die sich durch das Deckgebirge bis an die Quartärbasis fortsetzen und so eine bevorzugte Bewegungsbahn darstellen.

Untersuchungen im nordwestlichen Ruhrgebiet lassen erkennen, dass sich an den im Grundgebirge alt angelegten Störungen im Zeitraum zwischen der variszischen Gebirgsbildung und dem Quartär wiederkehrend Bruchvorgänge ereignet haben (DÖLLING et al., 2020).

Solche Verwerfungen oberkretazischer Schichten lassen sich nach DÖLLING et al. (2020) im Untersuchungsraum u.a. am Quintus-Sprung, am Königsborner Sprung und am Fliericher Sprung nachweisen. Für das Kaiserstuhl-Blatt werden darüber hinaus quartärzeitliche Verwürfe vermutet (WREDE & JANSEN, 1993, zitiert nach DÖLLING et al., 2020). Zum Kurler Sprung und dem Unnaer Sprung liegen keine Informationen zum Versatz der kretazischen Schichten vor. Wegen der vergleichsweise großen Versatzbeträge an der Karbonoberfläche wird aber auch hier von postvariszischen Bewegungen ausgegangen.

Eine Übersicht über die für die vorliegende Betrachtung relevanten, sowohl das Grundgebirge als auch das kretazische Deckgebirge durchschlagenden tektonischen Störungszonen ist in Anl. 3 auf der Grundlage der aktuellen Integrierten Geologischen Landesaufnahme (IS GK 50) dargestellt. Gegenüber U1 ergeben sich damit lokal geringfügige Lageabweichungen der Störungsverläufe in Oberflächennähe;

einzelne Störungsabschnitte entfallen in Oberflächennähe. In U1 wurde auf der sicheren Seite liegend die Lage der Störungsverläufe an der Geländeoberfläche rein konstruktiv anhand der Störungsverläufe an der Karbonoberfläche ermittelt. Für die vorliegende Bearbeitung können die neueren Erkenntnisse des GD NRW zur Deckgebirgstektonik berücksichtigt werden.

Demnach werden im Weiteren die folgenden Hauptquerstörungen im Hinblick auf die mögliche Ausbildung von Unstetigkeiten im Zuge des Grubenwasseranstiegs betrachtet (vgl. U1):

- Quartus Sprung
- Kaiserstuhl-Blatt
- Quintus Sprung
- Kurler Sprung
- Kaiserau-Sprung
- Unnaer Sprung
- Königsborner Sprung
- Fliericher Sprung

Hinsichtlich der hydraulischen Wirksamkeit der tektonischen Deckgebirgsstörungen ist gemäß U1 für den Betrachtungsraum vom Grundsatz her davon auszugehen, dass keine grundsätzliche Behinderung der Grundwasserzirkulation zwischen den tektonischen Schollen erfolgt. Eine detaillierte Diskussion der Charakteristik der Störungszonen ist U1 zu entnehmen

5.3 Hydrogeologische Verhältnisse im Deckgebirge

Das Deckgebirge ist im Wesentlichen gegliedert in zwei Hauptgrundwasserstockwerke, die durch die gering durchlässigen Mergel des zentralen Schichtpakets der Emscher Formation getrennt werden (s. Profilschnitte in Anl. 4.1 und Anl. 4.2). Eine detaillierte Beschreibung des Deckgebirgsaufbaus ist U1 zu entnehmen.

In Bereichen mit einer Mächtigkeit $>$ rd. 100 m wird der Emscher-Mergel als hydraulische Barriere betrachtet. Die Mächtigkeit des Emscher Mergels nimmt mit dem Einfallen der Deckgebirgsbasis nach Norden sukzessive zu. Auf Höhe von Süd-Kamen erreicht der Emscher Mergel eine Mächtigkeit um 100 m (vgl. Anlage 4 in U1). Lediglich in den südwestlichen Boxen Tremonia, Kaiserstuhl, Scharnhorst und Kurl 1 sinkt die Mächtigkeit des Emscher Mergels auf unter 100 m ab. Das im Liegenden der Emscher-Formation in den Kalksteinen der Cenoman/Turon-Schichten ausgebildete Hauptgrundwasserstockwerk ist somit im Betrachtungsraums im Wesentlichen als hydraulisch eigenständig zu betrachten.

Wechselwirkungen zwischen dem Grubenwasser und dem Grundwasser im basalen Deckgebirgsaquifer können beim Anstieg bis -380 mNHN dort auftreten, wo das Druckniveau des Grubenwassers in den Abbaubereichen die Deckgebirgsbasis überstaut. Die Deckgebirgsbasis sinkt etwa auf Höhe des Schachtes Haus Aden 2 in Bergkamen nach Norden unter das Niveau von -380 mNHN ab (vgl. Anl. 2). Im nordwestlichen Teil der WP Haus Aden ist daher eine Beeinflussung der Druckhöhen im basalen Deckgebirgsaquifer durch den Grubenwasseranstieg nicht auszuschließen. Aufgrund der Barrierewirkung des Emscher Mergels in diesem Bereich ist davon auszugehen, dass Wechselwirkungen zwischen Grundwasserständen im

basalen Grundwasserstockwerk und dem Grubenwasseranstieg auf das basale Grundwasserstockwerk begrenzt sind.

Grundlage für die konkrete Bewertung der hydraulischen Wechselwirkungen zwischen Steinkohlengebirge und Deckgebirge bildet die Erfassung der Grundwasserstände insbesondere im basalen Deckgebirgsaquifer. Zur Erfassung der Grundwasserhältnisse im basalen Deckgebirgsgrundwasserstockwerk stehen die Tiefpegel Ost 2.1 bis Ost 4.2 im Bereich Grillo/Königsborn zur Verfügung (Lage s. Anl. 3). Daneben wurde 2009 unmittelbar südlich der WP Haus Aden (Kurl 1), in Kamen-Wasserkurl, ein Tiefpegel in den Schichten der Plänerkalk-Gruppe eingerichtet (Tiefpegel BK 6neu „Wasserkurl“, ELWAS-Nr. 091112400).

Die vorliegenden Grundwasserstandsdaten sind für den Zeitraum 2003 bis 2012 und 2017 bis 2023 in Ganglinienform in Abb. 1 dargestellt; als Referenz für die Wechselwirkung mit dem Karbon ist der Anstieg des Grubenwassers im Bereich der ehemaligen Grube Königsborn mit dargestellt.

Die im südwestlichen Teil der Box Grillo gelegenen Tiefpegel Ost 3.1 und Ost 4.2 zeigen im Zusammenhang mit dem Grubenwasseranstieg in der südlich angrenzenden Grube Königsborn im Zeitraum 2004 bis 2012 einen Anstieg der Druckniveaus um rd. 20 m. Zwischenzeitlich ist der Grubenwasseranstieg im Bereich Königsborn weitgehend abgeschlossen (vgl. Kap. 8.3.5). Dadurch haben sich auch die Druckniveaus in den Tiefpegeln Ost 3.1 und Ost 4.2 mindestens seit 2017 auf einem konstanten Niveau eingestellt.

In den südlich der Abbaubereiche von Königsborn gelegenen, bereits oberflächennah verfilterten Messstellen Ost 2.1 und Ost 2.2 (s. Anl. 3) zeigt sich demgegenüber

kein Einfluss des Grubenwasseranstiegs. Auch in der am Südrand der Box Kurl 1 gelegenen Messstelle 091112400 - BK 6neu „Wasserkurl“ liegen stagnierende Grundwasserdruckhöhen um 20 mNHN vor. Die Druckhöhen liegen etwa im Niveau der Druckhöhen des Tiefpegels Ost 3.1, zeigen aber erheblich größere Schwankungen von +/-10 m. Der Pegel wurde 2009 eingerichtet; seither zeigt sich keine Veränderung der Gangliniencharakteristik.

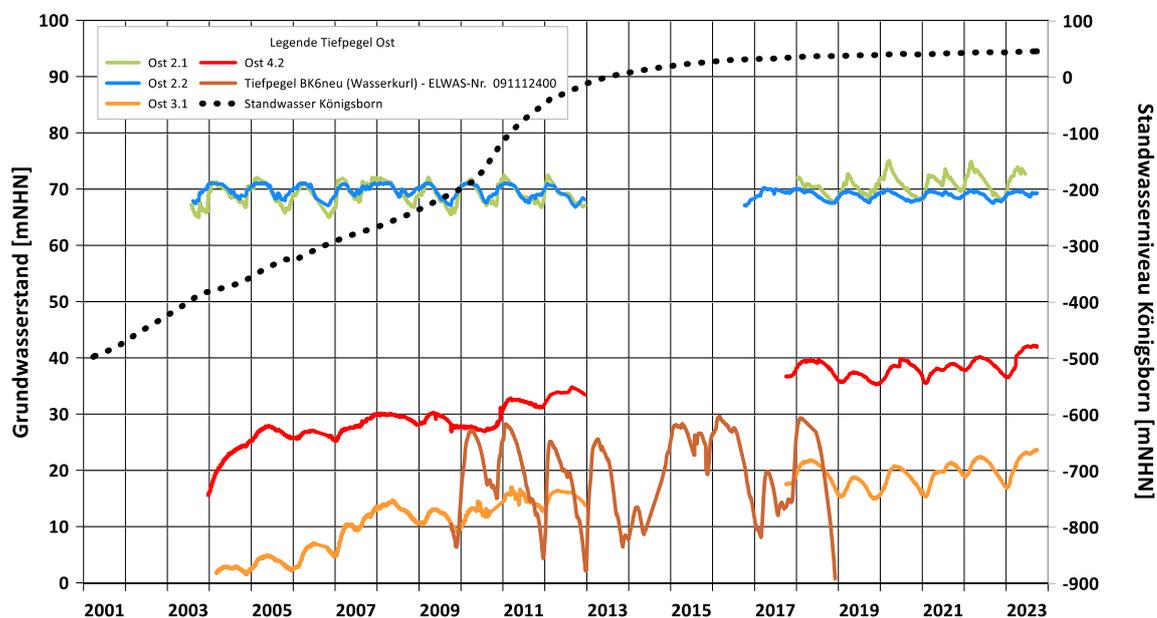


Abb. 1: Grundwasserstandshöhen in den „Tiefpegeln Ost“ und „Wasserkurl“

Die Entwicklung der Grundwasserstandshöhen bzw. Druckniveaus in den Tiefpegel Ost 3.1 und Ost 4.2 zeigt beispielhaft die hydraulischen Wechselwirkungen zwischen Karbon und Kreidedeckgebirge im Ruhrrevier. Der Anstieg der Grundwasserstände im basalen Deckgebirgsstockwerk im nördlichen Umfeld des Grubenwasseranstiegsbereiches Königsborn ist bei der Interpretation von Bodenbewegungen im südöstlichen Teil der WP Haus Aden zu berücksichtigen (vgl. Kap. 8.3.1).

6 Abbauverhältnisse

Das flözführende Steinkohlengebirge im Untersuchungsraum wird in das Oberkarbon (Namur C bis Westfal A) gestellt. Die Schichtenfolge erreicht im Untersuchungsraum sowie in dem nördlich daran anschließenden Münsterland eine Mächtigkeit von bis zu rd. 3.000 m und enthält rd. 200 unterschiedliche Flöze, deren Mächtigkeit zwischen wenigen Zentimetern und rd. 5 bis 6 m schwankt (DRIESEN et al., 1990). Abbauwürdige Flöze sind mindestens rd. 1 m mächtig. Aufgrund günstiger tektonischer und petrografischer Verhältnisse liegt der Abbau-schwerpunkt im Bereich der Bochumer Hauptmulde, reicht aber auch in die angrenzenden Hauptmulden hinein (s. Anl. 2).

6.1 Lage der Abbaubereiche

Die Umhüllende der Abbaubereiche im Untersuchungsraum ist im Lageplan in Anl. 2 dargestellt. Der Abbau erfolgte im Wesentlichen im Bereich der Bochumer Hauptmulde. Wegen der vergleichsweise flachen Lagerung der Flöze im Bereich der Bochumer Hauptmulde erscheinen die Abbaubereiche hier großflächiger als im Bereich der nördlich und südlich daran anschließenden Hauptsättel.

Während sich die Abbaufelder im Bereich der Bochumer Hauptmulde im Wesentlichen über die gesamte SW-NE-Ausdehnung des Untersuchungsraums erstrecken, sind die Abbaufelder im Bereich des Stockumer Hauptsattels im Wesentlichen auf den südwestlichen Bereich beschränkt (Boxen Tremonia, Kaiserstuhl, Scharnhorst, Kurl 1 und Grillo). Im Bereich des Wattenscheider Hauptsattels hat Abbau dagegen nur sehr lokal stattgefunden (Boxen Victoria 3/4, Victoria 1/2, Werne und Radbod).

Einzelne, isolierte Abbaufelder liegen im Bereich der Essener Hauptmulde (Box Haus Aden Nord).

In der räumlichen Verteilung der Abbaubereiche zeigt sich auch die markante Gliederung der Abbaufelder durch die Hauptquerstörungszonen (vgl. Kap. 5.2).

6.2 Zeitliche Entwicklung der Abbaubereiche

Für die Bewertung der aktuellen Bodenbewegungsverhältnisse ist auch von Bedeutung, inwieweit Senkungen aus der Abbautätigkeit bereits abgeschlossen sind. Dazu wurde eine Übersicht über die Einstellung der Abbautätigkeiten innerhalb des ehemaligen Bergwerks Ost und der angrenzenden Bereiche in U1 (Anlage 6 in U1) gegeben.

Danach wurde der Abbau in den nordwestlichen und südöstlichen Randbereichen der Bochumer Hauptmulde sowie vollflächig im Bereich südwestlich des Kurler Sprunges bereits vor 1986 eingestellt; dies gilt auch für die Abbaubereiche der ehemaligen Wasserprovinz Hansa. Mit Beginn der 1970er Jahre nahm die Abbautätigkeit in den südwestlichen Abbaubereichen allmählich ab, womit sich die Abbau-schwerpunkte auf die Bereiche nordöstlich des Unnaer Sprungs verlagerten. Nachdem die Abbautätigkeit im Bereich der Box Tremonia bereits eingestellt war, wurde die Abbautätigkeit im Bereich der Box Kaiserstuhl ab Mitte der 1960er Jahre eingestellt.

Mit der schrittweisen Stilllegung weiterer Abbaubereiche in den 1990er waren in den 2000er Jahren schließlich nur noch tiefe Abbaubereiche im nordöstlichen Un-

tersuchungsraum (Boxen Monopol Nord und Heinrich Robert) aktiv. Bis zur Stilllegung in 2010 erfolgte der weitere Abbau im Bereich Monopol Nord dann in einem Teufenniveau zwischen 1.400 und 1.500 m. Im Bereich Heinrich Robert erfolgte der Abbau nach 2001 in einem Teufenniveau zwischen 1.000 und 1.200 m auf Flöz Luise und Flöz Sonnenschein.

Aufgrund der zeitlichen Entwicklung der Abbaubereiche und der Stilllegung bis 2010 ist davon auszugehen, dass im Bereich der WP Haus Aden abbaubedingte Bodensenkungen insgesamt weitgehend abgeklungen sind.

6.3 Erreichte Abbauteufen und gebaute Gesamtmächtigkeit

- Abbauteufen

Als Grundlage für eine Bewertung der in den einzelnen Phasen des Grubenwasseranstiegs eingestauten Abbaufelder sind in Anl. 5 für die gesamte Abbauzone die jeweils tiefsten Abbaufelder dargestellt. Als Bezugsgröße wurde dabei für jedes einzelne Abbaufeld die jeweils mittlere Teufenlage zugrunde gelegt.

Die Abbauteufen folgen im Wesentlichen dem generellen Abtauchen der Bochumer Hauptmulde nach NE. Dabei kann der Bereich zwischen Kurler Sprung und Unnaer Sprung als Übergangsbereich zwischen einem insgesamt flacheren Abbau mit tiefsten Abbauniveaus überwiegend um -600 bis -800 mNHN im SW und einem insgesamt tieferen Abbau mit tiefsten Abbauniveaus vielfach unterhalb -1.000 mNHN im NE angesetzt werden.

Zur Verdeutlichung der teufenmäßigen Verteilung der Abbaubereiche sind in den Abbildungen Abb. 1 und Abb. 2 für ausgewählte Boxen in den Bereichen südwestlich und nordöstlich des Unnaer Sprunges die jeweils aufsummierten Abbauflächen gegen die jeweilige Teufenlage aufgetragen. Die Boxen Tremonia, Kaiserstuhl, Scharnhorst und Kurl 1 sind dabei unberücksichtigt, da hier im Wesentlichen steilstehende Flöze abgebaut wurden, deren Abbauflächen in der Horizontalprojektion unterschätzt werden.

In den Bereichen südwestlich des Unnaer Sprungs dominiert der Abbau in vergleichsweise geringeren Teufen oberhalb -600 mNHN (Abb. 2; vgl. Anl. 5).

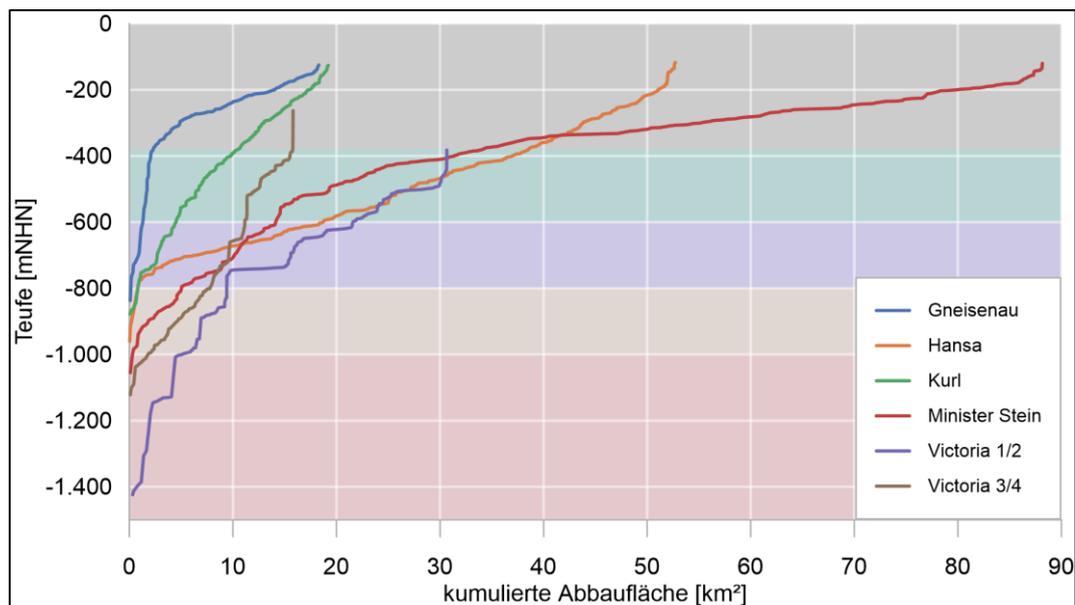


Abb. 2: Abbauteufen für ausgewählte Boxen im Bereich südwestlich des Unnaer Sprungs

In der Box Minister Stein mit der insgesamt größten aufsummierten Abbaufäche (rd. 87 km²) liegen wesentliche Flächenanteile (rd. 61 %) in einem Teuffenniveau

oberhalb -380 mNHN; in der Box Gneisenu liegen rd. 82 % der insgesamt 17 km² Abbaufäche oberhalb -380 mNHN.

In den Übergangsbereichen der Boxen Victoria 1/2 und Victoria 3/4 nimmt der Anteil der Abbaufelder in größeren Teufenniveaus unterhalb -600 mNHN bereits deutlich zu. In der Box Victoria 1/2 treten bereits signifikante Abbaufächenanteile in einem Teufenniveau unterhalb -1.000 mNHN auf.

Im Bereich nordöstlich des Unnaer Sprungs erfolgte der Abbau demgegenüber im Wesentlichen unterhalb eines Teufenniveaus von -600mNHN (Abb. 3; vgl. Anl. 5).

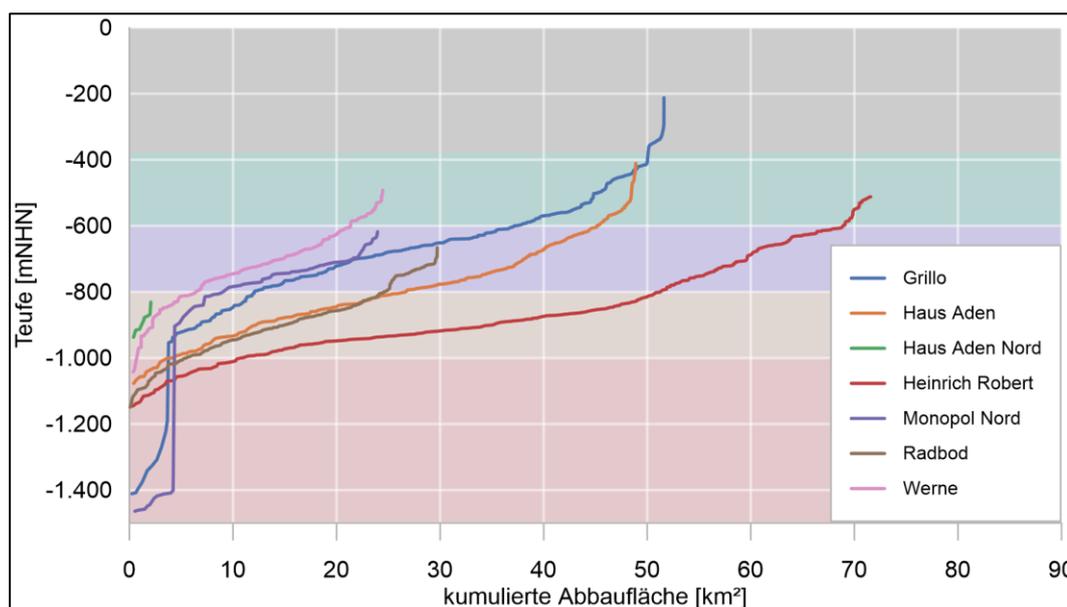


Abb. 3: Abbauteufen für ausgewählte Boxen im Bereich nordöstlich des Unnaer Sprungs

Lediglich in der Box Grillo, wo der Abbau auch noch südöstlich der Scharnhorst-Überschiebung auf dem Stockumer Hauptsattel erfolgte, treten im südlichen Bereich noch signifikante Flächenanteile mit einem Abbau oberhalb -600 mNHN auf.

Im Übrigen verteilen sich die Abbauflächen im Bereich nordöstlich des Unnaer Sprungs vergleichsweise einheitlich über die abgebauten Teufenniveaus. Dabei erfolgte der Abbau überwiegend oberhalb -1.000 mNHN bei maximalen Teufenniveaus bis um -1.100 mNHN. Nur in den Boxen Grillo und Monopol Nord erreichte der Abbau lokal größere Teufenniveaus zwischen rd. -1.300 und -1.500 mNHN. Die Box mit der insgesamt größten aufsummierten Abbaufläche stellt nordöstlich des Unnaer Sprungs die Box Heinrich Robert dar. Von den rd. 72 km² Abbaufläche liegen hier rd. 50 % unterhalb eines Niveaus von rd. -900 mNHN.

- Gebaute Gesamtmächtigkeit

Angaben zur mittleren Abbaumächtigkeit der einzelnen Abbaufelder wurden im Bereich der WP Haus Aden durch die RAG bereitgestellt. Einen entsprechenden Überblick über die aufsummierten gebauten Flözmächtigkeiten für den Untersuchungsbereich liefert Anl. 6. Danach treten im Bereich der Bochumer Hauptmulde weiträumig aufsummierte abgebaute Mächtigkeiten um 7,5 bis 10 m auf. Die Abbauschwerpunkte im Bereich der Boxen Hansa, Minister Stein, Haus Aden, Grillo, Heinrich Robert und Radbod sind gekennzeichnet durch flächenhaft größere aufsummierte Abbaumächtigkeiten um 15 m bis zu maximal rd. 35 m (Hansa).

Deutlich Sprünge in der Höhe der abgebauten Mächtigkeit treten dabei im Betrachtungsraum an den Hauptquerstörungen insbesondere am S-Rand der Box Hansa am Kaiserstuhl-Blatt, am W-Rand der Box Minister Stein am Quintus-Sprung sowie am NE-Rand der Box Grillo am Königsborner Sprung auf. Auffällig ist weiterhin ein abrupter Wechsel der gebauten Mächtigkeit innerhalb der Box Heinrich Robert, ohne dass hier eine tektonische Störungszone dokumentiert ist.

7 Hydraulische Gliederung und Grubenwasseranstieg bis auf ein Niveau von -600 mNHN

Das Box-Modell der DMT gliedert die WP Haus Aden in 17 hydraulisch eigenständige Boxen; die Lage und Ausdehnung dieser Boxen sind in den anliegenden Lageplänen dargestellt. Die Boxen sind untereinander in verschiedenen Teufenniveaus über Verbindungsstrecken miteinander verbunden, so dass sich im Rahmen des Grubenwasseranstiegs zunächst mehrere Bereiche mit unterschiedlichem Standwasserniveau und unterschiedlicher Anstiegsgeschwindigkeit ausbilden. Mit Erreichen der jeweiligen Übertrittsniveaus zu angrenzenden Boxen schließen sich die zunächst hydraulisch eigenständigen Teilbereiche sukzessive zu größeren hydraulischen Einheiten mit einheitlichem Standwasserniveau und Anstiegsgeschwindigkeit zusammen. Die Lage der verschiedenen hydraulischen Teilbereiche innerhalb der WP Haus Aden und die Teufenniveaus der hydraulisch maßgeblichen Verbindungsstrecken sind im Lageplan in Anl. 7 dargestellt.

Der maßgebliche Wasserhaltungsstandort für die WP Haus Aden ist der Schacht Haus Aden 2. Hier wurde bis September 2019 die untertägige Wasserhaltung von der 1.000 m-Sohle (-940 mNHN) betrieben. Seither steigt das Grubenwasser in der WP Haus Aden an. Derzeit wird der Schacht Haus Aden 2 für eine Brunnenwasserhaltung umgebaut. Die Wasserhaltung soll hier mit dem Erreichen des genehmigten Grubenwasserstandes von -600 mNHN wiederaufgenommen werden.

Das Niveau von -600 mNHN wird nach den Prognosen der RAG AG etwa in 05/2026 erreicht werden (s. Kap. 7.2). Das gehobene Grubenwasser soll auch künftig wieder in die Lippe eingeleitet werden.

7.1 Hydraulische Gliederung und aktuelle Standwasserniveaus

Die WP Haus Aden lässt sich grob in zwei hydraulische Teilprovinzen (TP) unterteilen (s. Anl. 7):

- TP 1 mit den Boxen der ehemaligen Zentralen Wasserhaltung Ost im zentralen und nordöstlichen Teil der WP Haus Aden und
- TP 2 mit den Boxen der ehemaligen Zentralen Wasserhaltung Hansa im südöstlichen Teil der WP Haus Aden. Die Wasserhaltung Hansa wurde in 2014 eingestellt.

Die Entwicklung der Grubenwasserstände in den verfügbaren Lotungsstellen für diesen Bereich sind auf der Grundlage der von der RAG AG zur Verfügung gestellten Daten in Abb. 4 für den Zeitraum 2013 bis 2023 zusammengestellt. Eine Übersichtsdarstellung des langfristigen Grubenwasseranstiegsverlaufs einschließlich der Prognosen für den Anstieg bis -380 mNHN zeigt Abb. 26 in Kap. 9.2.

- TP 1 - Betriebsbereiche Gneisenau, Haus Aden und Heinrich Robert

Die Boxen der Betriebsbereiche Haus Aden und Heinrich Robert haben sich nach Einstellung der Wasserhaltung in 2019 im Rahmen des Grubenwasseranstiegs ab 2021 zu einer hydraulisch verbundenen Teilprovinz TP1a mit einheitlichem Standwasserniveau zusammengeschlossen. In 06.2023 lag das Standwasserniveau in diesem Bereich um -795 mNHN. Nur im Bereich der TP 1a findet innerhalb der WP Haus Aden aktuell ein Grubenwasseranstieg statt.

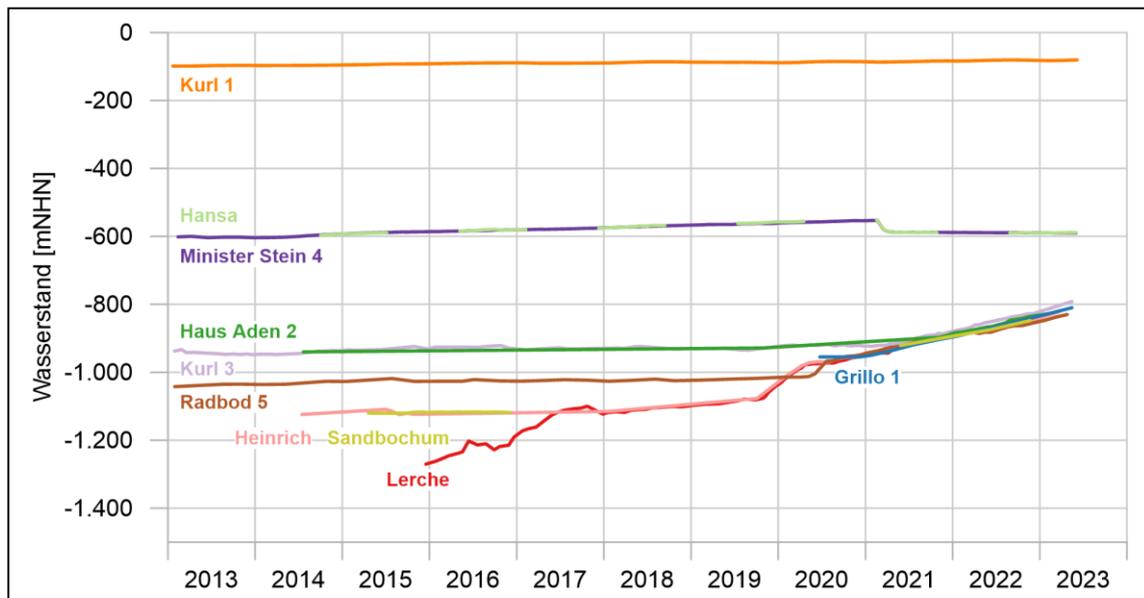


Abb. 4: Grubenwasserstände an den einzelnen Lotungsstellen für den Zeitraum 2013 bis 2023

Der östlich sich anschließende Betriebsbereich Gneisenau ist über eine hydraulische Verbindung zwischen den Boxen Victoria 3/4 und Victoria 1/2 im Niveau -695 mNHN - oberhalb des aktuellen Standwasserniveaus der TP 1a - an die TP 1a angebunden. Hier hat sich in den Boxen Victoria 3/4, Gneisenau und Kurl bereits seit 2014 ein konstantes Standwasserniveau um -694 mNHN eingestellt (TP 1b); die Grubenwässer strömen der TP 1a zu.

Die Box Scharnhorst ist erst in einem höheren Niveau von -509 mNHN an die TP 1b angeschlossen.

Die Box Kurl 1 bildet am Südrand des Betriebsbereiches Gneisenau einen hydraulisch eigenständigen Bereich, in dem schon seit über 20 Jahren ein deutlich höheres

konstantes Standwasserniveau um -114 mNHN vorliegt. Die vorhandenen hydraulischen Verbindungen sind offensichtlich nur eingeschränkt durchlässig.

- TP 2 - ehemalige Zentrale Wasserhaltung Hansa

Im Bereich der ehemaligen Zentralen Wasserhaltung Hansa wurde die Wasserhaltung 2014 auf einem Niveau um -600 mNHN eingestellt. Nach einem zwischenzeitlichen Anstieg des Standwasserniveaus in den Boxen Hansa und Minister Stein bis auf rd. -552 mNHN erfolgt seit 2021 über eine hydraulische Verbindung zwischen den Boxen Minister Stein und Gneisenau im Niveau -583 mNHN der Übertritt in die TP 1b. In diesem als TP 2a bezeichneten Bassin hat sich ein Standwasserniveau um -590 mNHN eingestellt (Abb. 4).

Die ebenfalls der ehemaligen Zentralen Wasserhaltung Hansa zugerechneten Boxen Kaiserstuhl und Tremonia haben keine direkte hydraulische Verbindung zur TP 2a; die Box Kaiserstuhl war ehemals über einen Wasserlösungsquerschlag im Niveau -835 mNHN mit der Box Minister Stein verbunden. Die Box Kaiserstuhl ist bei dem derzeitigen Standwasserniveau um -497 mNHN über eine Verbindung im Niveau -497 mNHN an die Box Scharnhorst des ehemaligen Betriebsbereiches Gneisenau hydraulisch angeschlossen. Die beiden Boxen bilden somit einen hydraulisch eigenständigen Bereich, die TP 2b, der über Scharnhorst nach Gneisenau in die TP 1b entwässert. Das Standwasserniveau liegt hier nach Angaben der RAG AG seit über 30 Jahren um -500 mNHN).

Die hydraulisch eigenständige Box Tremonia entwässert in einem konstanten bereits hohen Niveau von -235 mNHN in die TP 2b (vgl. Anl. 7 und Abb. 26).

7.2 Weiterer Verlauf des Grubenwasseranstiegs bis -600 mNHN

Die Prognose der RAG AG für den weiteren Verlauf des Grubenwasseranstiegs erwartet einen Anstieg des Grubenwassers in der TP 1a von aktuell -795 mNHN bis auf das Niveau der TP 1b bei -694 mNHN bis zum Februar 2025; die Anstiegsgeschwindigkeit bleibt dabei mit rd. 60 m/a gegenüber den aktuellen Verhältnissen unverändert (s. Abb. 26). Im Niveau -694 mNHN wird der Bereich der TP 1b in den Anstieg einbezogen.

Der weitere Anstieg erfolgt dann in der gesamten TP 1 auf einem einheitlichen Niveau mit einer deutlich erhöhten Geschwindigkeit von rd. 97 m/a bis zum Erreichen des aktuell genehmigten Wasserhaltungsniveaus um -600 mNHN in 05.2026. Damit wird dann auch das aktuelle Standwasserniveau der TP 2a (-590 mNHN) eingestaut.

Im Rahmen des weiteren Grubenwasseranstiegs in der TP 1 bis -600 mNHN wird somit in der TP 2 kein weiterer Anstieg erfolgen. Die Boxen Kurl 1 und Tremonia sind aufgrund des deutlich höheren Standwasserniveaus ebenfalls nicht vom weiteren Grubenwasseranstieg beeinflusst.

Einen Überblick über die bereits aktuell eingestauten Grubenbaue und die im Verlauf des Grubenwasseranstiegs bis -600 mNHN zusätzlich eingestauten Abbaufelder liefert Anl. 8. Im Rahmen des bisherigen Grubenwasseranstiegs erfolgte danach in der in Anl. 5 dargestellten Abbauzone ein weitflächiger Einstau von Grubenbauen. Im Zuge des weiteren Grubenwasseranstiegs bis -600 mNHN werden innerhalb der TP1 schwerpunktmäßig Abbaubereiche unmittelbar südöstlich der Sutan-

Überschiebung sowie im Bereich des Wattenscheider Hauptsattels (Box Werne) sowie Abbaufelder in der Box Grillo und im östlichen Teil der Box Heinrich Robert zusätzlich eingestaut.

Die für diese Einstaubereiche im Hinblick auf das Bodenbewegungspotenzial relevanten Einstauhöhen beim Grubenwasseranstieg bis -600 mNHN sind in Anl. 9 dargestellt. Danach konzentrieren sich die Abbaubereiche mit signifikanten Einstauhöhen > 300 m auf den Kern der Bochumer Hauptmulde. In diesem Kernbereich werden beim Anstieg bis -600 mNHN in der TP 1a flächenhaft Einstauhöhen zwischen 300 und 500 m erreicht. In den tiefsten Abbaubereichen der Boxen Victoria 1/2, Grillo und Monopol Nord können die Einstauhöhen Beträge zwischen 800 und 900 m erreichen. Dabei wird die Deckgebirgsbasis nur in den nördlichen Abbaufeldern der Boxen Haus Aden Nord, Radbod und Heinrich Robert eingestaut.

In den Bereichen der TP 1b sowie der TP 2 sind die Einstauhöhen unter Ansatz der bereits erzielten Anstiegshöhen oberhalb -600 mNHN (TP 2 und Box Kurl 1) bzw. im Rahmen des weiteren Anstiegs bis -600 mNHN (TP 1b) flächenhaft noch vergleichsweise gering. Hier werden nur lokal, insbesondere im Bereich Minister Stein, Einstauhöhen um 300 bis 400 m erreicht.

Für die aktuelle Anstiegssituation (06.2023) sind gegenüber der Darstellung in Anl. 9 für die TP 1a um rd. 200 m und für die TP 1b rd. 100 m geringere Einstauhöhen zu berücksichtigen.

8 Übersicht zu den bisherigen Bodenbewegungen

8.1 Abbaubedingte Bodensenkungen

Informationen über die im Zuge der Abbautätigkeit entstandenen Bodensenkungen liegen einerseits seitens der RAG AG anhand einer rechnerischen Ermittlung auf der Grundlage der abgebauten Flözmächtigkeiten gemäß Anl. 6 vor (Anl. 10.1). Andererseits wurden die aus dem Flözabbau resultierenden Bodensenkungen zunächst durch HARNISCHMACHER (2012) und später in einer weitergehenden Bearbeitung durch Geobasis NRW (2021) analytisch anhand einer Auswertung der Höhenangaben historischer Topographischer Karten (TK) der Preußischen Neuaufnahme (1891-1912) im Maßstab 1:25.000 näherungsweise ermittelt. Für die vorliegende Bearbeitung wird die aktuelle Bearbeitung von Geobasis NRW zugrunde gelegt. (Anl. 10.2).

- Rechnerisch ermittelte Bodensenkungen (Anl. 10.1)

Die räumliche Verteilung der Bodensenkungsbereiche spiegelt naturgemäß die räumliche Verteilung der Abbaubereiche und der erzielten abgebauten Mächtigkeiten wider. Danach liegen die Senkungsschwerpunkte mit Senkungsbeträgen zwischen 5 und 15 m entlang der Achse der Bochumer Hauptmulde in einem rd. 4 km breiten Streifen im Bereich der Boxen Hansa, Minister Stein, Haus Aden und Heinrich Robert. Die größten Senkungen mit Beträgen zwischen 15 und 20 m traten dabei in den Boxen Hansa und Minister Stein auf. Darüber hinaus werden Senkungsbeträge zwischen 5 und 15 m für einen schmalen Streifen entlang der Abbaubereiche auf dem Stockumer Hauptsattel in den Boxen Kaiserstuhl und Scharnhorst angegeben.

- Analytisch ermittelte Bodensenkungen nach Geobasis NRW (2021; Anl. 10.2)

Zur den Grundlagen des durch Geobasis NRW bereitgestellten Kartenwerks „Ruhrgebiet, Höhenänderungen seit ca. 1900“ werden seitens Geobasis NRW folgende Hinweise gegeben (vgl.: <https://www.grubenwasser-steinkohle-nrw.de/infos-bodenbewegungen>, besucht am 27.09.2023):

Die dargestellten Kacheln visualisieren flächenhafte Höhendifferenzen zwischen einem ursprünglichen und dem aktuellen Höhenniveau. Die zugrundeliegenden Werte der beiden Zeitpunkte wurden mit grundverschiedenen Messverfahren ermittelt.

Das Ausgangsniveau basiert auf Höhenangaben (Höhenlinien) historischer Topographischer Karten (TK) der Preußischen Neuaufnahme (1891-1912) im Maßstab 1:25000. Aus den gescannten und georeferenzierten TKs wurden die Höhenlinien manuell digitalisiert und in ein Höhenraster überführt. Hierbei wirken sich mehrere Faktoren limitierend auf die jeweilige Genauigkeit aus:

- *Höhengenauigkeit: zur Ableitung der Höhenwerte wurden bei der damaligen Aufnahme Messtisch und Kippregel eingesetzt und trigonometrische Höhenübertragungen vorgenommen. Vergleiche in stabilen Gebieten liefern eine Höhengenaugigkeit von ca. 1 bis 3 m.*
- *Lagegenauigkeit: der Verlauf der Höhenlinien wurde durch Interpolation zwischen Messpunkten festgelegt. Deren Lagegenauigkeit ist durch die damaligen Messmethoden begrenzt und enthält zusätzliche Ungenauigkeiten durch eine begrenzte Genauigkeit der Georeferenzierung des Scans und der Digitalisierung der Höhenlinien. Lagefehler von 10 m sind zu erwarten.*

Das aktuelle Niveau wurde aus dem digitalen Geländemodell (DGM) ermittelt. Die genauigkeitsbestimmenden Faktoren fallen hier wie folgt aus:

- *Höhengenauigkeit: Das eingesetzte Verfahren des flugzeuggestützten Laserscannings liefert Höhengenaugigkeiten besser als 10 cm.*
- *Lagegenauigkeit: Das verwendete DGM 10 hat eine Kachelgröße von 10 x 10 m, was die Lagegenauigkeit entsprechend begrenzt.*

Aufgrund der hohen qualitativen Unterschiede der Ausgangsdaten ist nur mit einer begrenzten Genauigkeit der abgeleiteten Höhenänderung zu rechnen. Diesem Umstand

wird in der Darstellung durch die Wahl von 250 Meter-Kacheln und weit gefasster Werteklassen Rechnung getragen. Bei der Nutzung der Kacheldarstellung ist folgendes zu beachten:

- *Kachel stellen generalisiert eine Flächeneinheit dar, die nur teilweise die zugrundeliegende Höhenänderung wiedergibt.*
- *Einzelne Kacheln in bebauten Gebieten können abweichend zu ihren Nachbarkacheln starke Hebungen aufzeigen. Der Grund hierfür liegt wahrscheinlicher in Bautätigkeiten (Neubaugebiete, Verkehrswege, Halden), als in großräumigen Hebungserscheinungen.*
- *Die Kacheldarstellung sollte nicht mit großmaßstäbigen Karten gebäude- oder flurstücksscharf verschnitten werden.*

Insgesamt liefert dieses Kartenwerk damit die aktuell am detailliertesten ausgearbeitete und wissenschaftlich vertrauenswürdigste Basis einer analytischen Ermittlung der bergbaulich bedingten Bodensenkungen im Ruhrgebiet.

Inhaltlich stimmen die durch Geobasis NRW ermittelten Bodensenkungsbeträge im Rahmen der hier vorgenommen großräumigen Betrachtung weitgehend mit den Darstellungen nach HARNISCHMACHER (2012) und RAG AG (Anl. 10.1) überein. Die räumliche Ausdehnung der Senkungsschwerpunkte und die hier ermittelten Senkungsbeträge stimmen größenordnungsmäßig gut überein.

Es ergeben sich keine Hinweise auf zusätzliche markante Bodensenkungsränder oder Senkungsschwerpunkte, die für die vorliegende Betrachtung relevant wären.

8.2 Unstetigkeiten

Neben den flächenhaften Bodensenkungen sind im Zuge des Steinkohlenabbaus an der Geländeoberfläche aufgrund spezieller Abbausituationen und Gebirgsverhält-

nisse auch Geländesprünge, sogenannte Unstetigkeiten, entstanden. Derartige Unstetigkeiten haben in bebauten Gebieten auch zu Schäden an der Bausubstanz geführt. Solche Unstetigkeitsszonen geben Hinweise auf Bewegungsbahnen im Untergrund, die auch im Rahmen der vorliegenden Betrachtung im Hinblick auf die mögliche Ausbildung von ungleichmäßigen Bodenhebungen bzw. auch potenziell schadensrelevanten sprunghaften Bodenhebungsdifferenzen zu bewerten sind.

Die bei der RAG AG im Grubenbild dokumentierten Unstetigkeiten sind u.a. in Anl. 10.1 bis 10.2 dargestellt. Grundlage der Kartendarstellungen bildet der bei der RAG AG dokumentierte Datensatz „Erdspalten“, „Bruchspalten“, „Abtreppungen“ und „Flexuren“ aus den Zeiten des aktiven Bergbaus der einzelnen Bergwerke (so weit vorhanden). Die dokumentierten Unstetigkeiten konzentrieren sich auf die westlichen und östlichen Ränder der Abbaubereiche auf dem Kamener Horst entlang der Randstörungen Unnaer Sprung und Königsborner Sprung, wo die erfassten Bodensenkungen in den Abbaubereichen Beträge zwischen 5 und 15 m erreichen. Am Westrand des Abbaubereiches in der Box Heinrich Robert finden sich einige kleinere Unstetigkeiten parallel zum Fliericher Sprung. Weiterhin sind innerhalb des Abbaubereiches im Feld Monopol Nord an den Grenzen einiger Abbaufelder einzelne Unstetigkeiten dokumentiert.

Grundsätzlich muss auch in anderen Bereichen insbesondere an tektonisch bedingten Abbaurändern mit dem Vorhandensein von entsprechenden Unstetigkeiten ausgegangen werden.

8.3 Zeitliche und räumliche Entwicklung der Bodenbewegungen nach Einstellung des Abbaus

Als Grundlage für die Bewertung der zukünftig zu erwartenden Bodenbewegungen wurde in U1 bereits eine Bestandsaufnahme der Bodenbewegungsentwicklung an der Geländeoberfläche anhand der Messdaten des Leitnivelements (bis 2012) vorgenommen. Dabei wurde die Charakteristik der Bodenbewegungen für die einzelnen hydraulischen Boxen im Bereich der ZWH Ost anhand ausgewählter Höhenpunkte des Leitnivelements dargestellt.

Dabei zeigte sich, dass in den bis 2010 betriebenen Abbaufeldern bis 2012 im Bereich der Boxen Monopol N und Heinrich Robert und randlich bis in die Box Werne hinein weiterhin signifikante Bodensenkungen in einer Größenordnung von bis zu mehreren Zentimetern pro Jahr stattfanden. In den bis 1986 stillgelegten östlichen Abbaubereichen Victoria West, Gneisenau, Scharnhorst Kurl, Kurl 1 waren die abbaubedingten Bodensenkungen bereits abgeklungen. Entsprechendes ist auch für den hier zusätzlich betrachteten Bereich der ehemaligen Wasserprovinz Hansa anzunehmen. In den übrigen, z.T. bis 2000 betriebenen Stilllegungsbereichen wurden flächenhaft leichte Restsenkungstendenzen mit Bewegungsraten im Bereich von 1 mm/a festgestellt.

Im Rahmen der vorliegenden Bearbeitung wurde zur Charakterisierung der aktuellen Bodenbewegungsverhältnisse und insbesondere im Hinblick auf die Bewertung erster Hebungstendenzen im Zuge des laufenden Grubenwasseranstiegs (vgl. Kap. 7.2) eine ergänzende Auswertung der langjährigen Höhendatenreihen des Leitni-

vellements bis 2022 vorgenommen. Weiterhin wurden die im Rahmen des Grubenwassermonitorings der RAG AG durchgeführten geodätischen Vermessungen an ausgewählten Messlinien des Leitnivellements und Detailmesslinien im Bereich von potenziellen Unstetigkeiten ausgewertet.

Darüber hinaus wurde eine Auswertung der über TIM-online im Juli 2023 online gestellten Daten des Bodenbewegungskatasters NRW vorgenommen (s. Anl. 11). Das Bodenbewegungskataster NRW liefert aktuell die Vermessungsergebnisse für den Zeitraum 12.2014 bis 12.2021 und damit eine detaillierte Auskunft über die aktuelle Bodenbewegungsentwicklung.

8.3.1 Langjähriges Leitnivellement

Zur Bewertung der Entwicklung der Bodenbewegungen in den verschiedenen Bereichen der WP Haus Aden wurden die Leitnivellement-Messungen im Detail ausgewertet und repräsentative Festpunkte für die einzelnen Boxen ausgewählt. Für die Auswahl der repräsentativen Festpunkte wurden auch Ergebnisse des Bodenbewegungskatasters NRW sowie die abgebaute Mächtigkeit (Anl. 6) und die bereits erzielte Einstauhöhe (Anl. 9) berücksichtigt. Dabei wurden Punkte ausgewählt für die eine ausreichende Zeitreihe bis zur aktuellen Messung im Jahr 2022 vorhanden ist.

Die Entwicklung der Bodenbewegungen ist in Diagrammen dargestellt. Der Nullpunkt wurde dabei jeweils für einen Zeitpunkt gewählt, ab dem sich weitgehend stabile Verhältnisse nach den stärkeren Einflüssen des Abbaus eingestellt haben. Die Lage der repräsentativen Höhenfestpunkte ist in Anl. 6 dargestellt.

8.3.1.1 Radbod und Heinrich Robert

In dem am nordöstlichen Rand des Untersuchungsbereichs gelegenen Abbaubereich Radbod erfolgte die Einstellung des Abbaus bereits 1990. In dem sich südöstlich anschließenden Bereich Heinrich Robert wurde der Abbau dagegen erst im Jahr 2010 eingestellt. Für das Feld Radbod sind die im Zeitraum 2008 bis zur aktuellen Messung im Jahr 2022 verbleibenden relativen Bodenbewegungen in Abb. 5 dargestellt. Die relativen Bewegungen im Feld Heinrich Robert sind in Abb. 6 dargestellt.

Im Feld Radbod wurden bis 2016 bei der überwiegenden Anzahl der Festpunkte geringe weitere Bodensenkungen gemessen. Die Festpunkte 4312900173 und 4312900178 zeigen dann bis zur Messung im Jahr 2022, dass die Bewegungen weitgehend zum Stillstand gekommen.

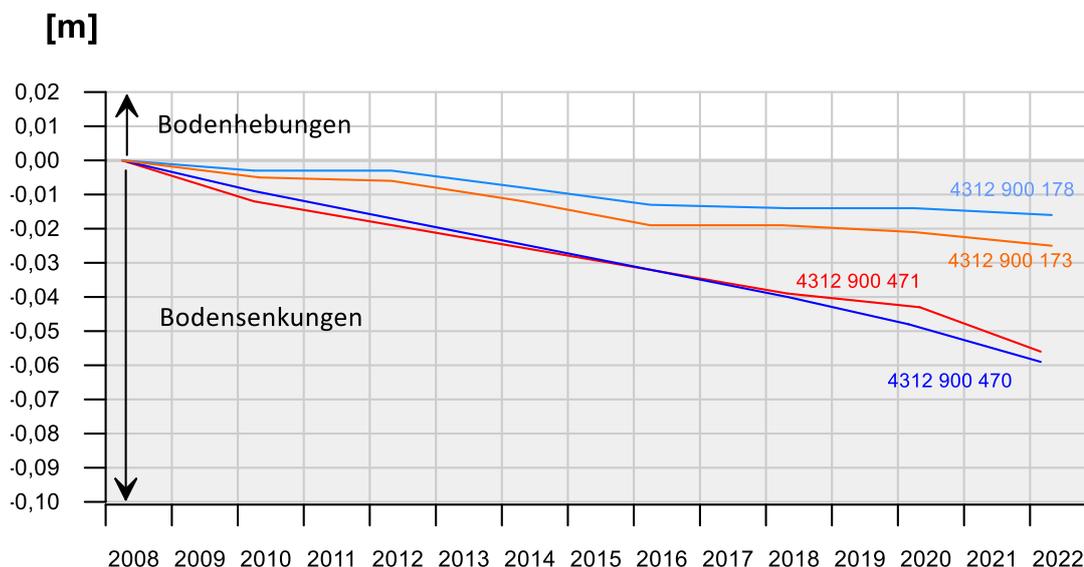


Abb. 5: Relative Bodenbewegungen Box Radbod

Nur die im südwestlichen Bereich des Feldes Radbod liegenden Festpunkte 4312900470 und 4312900471 zeigen länger anhaltende Bodensenkungen mit einer mittleren Bodensenkungsgeschwindigkeit von 0,004 m/a. Im Zeitraum 2008 bis 2022 wurden hier Bodensenkungen von rd. 0,06 m gemessen. Dies ist wahrscheinlich auf Einwirkungen aus dem angrenzenden Abbau in Heinrich Robert zurückzuführen.

Im Feld Heinrich Robert, das sich südöstlich an das Feld Radbod anschließt, wurde der Abbau erst 2010 eingestellt. Entsprechend den Ergebnissen des Bodenbewegungskatasters treten die stärksten Bewegungen in dem bis 2010 aktiven zentralen Abbaubereich auf. Der unmittelbar nördlich des Abbauschwerpunktes liegende Festpunkt 4312900365 weist eine gesamte Bodensenkung von 0,08 m auf. Die größten Bodensenkungen treten bei den Festpunkten 4312900374 und 4312900473 auf. Im Zeitraum 2010 bis 2022 wurde eine gesamte Bodensenkung von 0,22 m gemessen, entsprechend einer Bewegungsgeschwindigkeiten rd. 0,018 m/a.

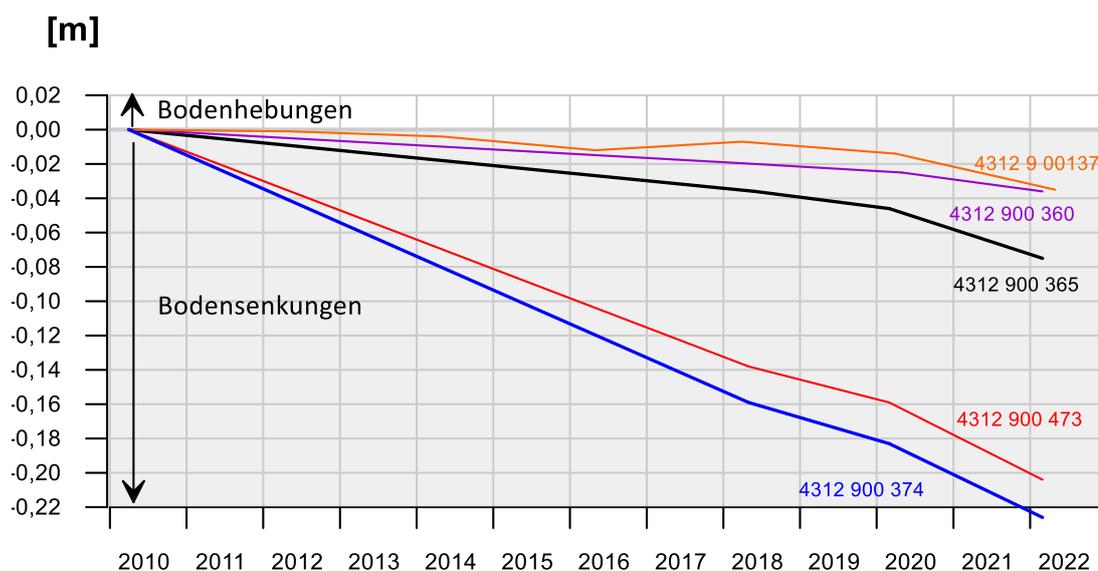


Abb. 6: Relative Bodenbewegungen Box Heinrich Robert

Die ebenfalls in Abbaurandbereichen gelegenen Festpunkte 4312900137 und 4312900360 weisen noch geringe Bodensenkungen auf. Im Zeitraum 2010 bis 2022 wurden gesamte Bodensenkungen von rd. 0,04 m gemessen.

Entsprechend den Ergebnissen des Bodenbewegungskatasters treten im Umfeld der Abbaubereiche Heinrich Robert noch weiterhin signifikante Bodensenkungen auf. Auffällig ist dabei insbesondere, dass nach einem leichten Abflachen der Bodensenkungen in den Jahren 2018 bis 2020 ab 2020 wieder eine leichte Beschleunigung der Senkungsbewegung erkennbar wird. Dies deutet auf die zu erwartenden Sättigungssetzungen im Zusammenhang mit dem einsetzenden Grubenwasseranstieg hin (vgl. Abb. 4).

8.3.1.2 Werne

Der Abbaubereich in der Box Werne ist gekennzeichnet durch ein im Wesentlichen schon seit den 1970er Jahren anhaltendes langsames Ausklingen der Bodensenkungen. Die in Abb. 7 dargestellten Bodenbewegungsverläufe an repräsentativen Festpunkten zeigen lokal geringe Bodensenkungen mit Bodensenkungsgeschwindigkeiten von 0,001 bis 0,003 m/a.

Punktuell treten offensichtlich noch etwas deutlichere Bodensenkungen auf. Am Festpunkt 4311900140 trat im Zeitraum 2000 bis 2022 eine gesamte Bodensenkung von 0,17 m auf. Die Senkungsgeschwindigkeit weist hier einen mittleren Wert von 0,008 m/a auf; die Bewegung hält noch an. Möglicherweise zeigt sich auch hier ein erster Einfluss des Grubenwasseranstiegs (Sättigungssetzung).

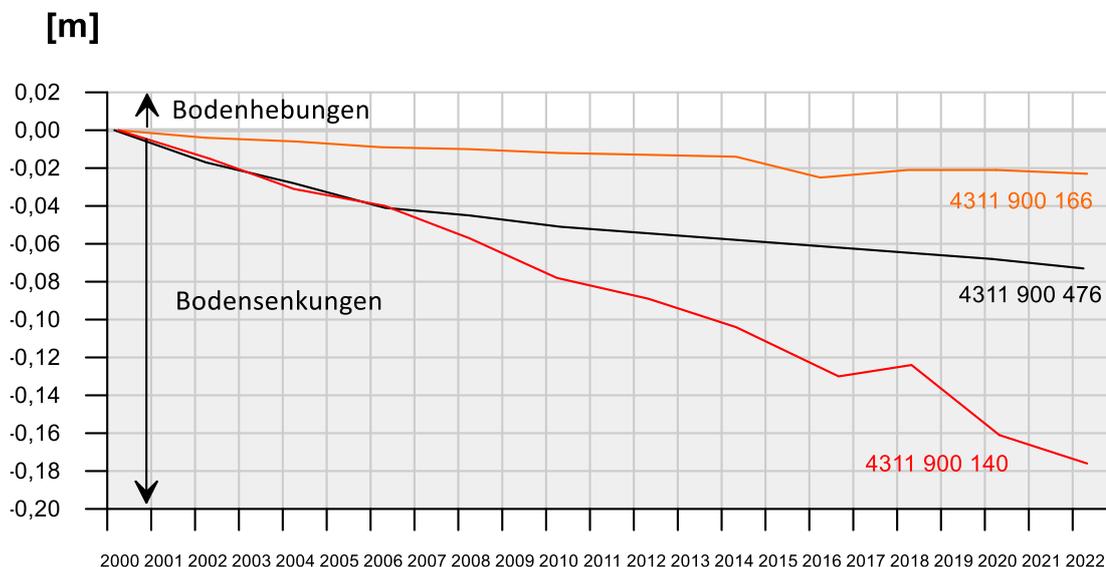


Abb. 7: Relative Bodenbewegungen Box Werne

8.3.1.3 Monopol Nord und Grillo

Im Bereich Monopol Nord wurde noch bis 2010 abgebaut; auf Grillo wurde der Abbau bereits vor 2000 eingestellt. Die Bodenbewegungen sind in beiden Boxen weitgehend abgeklungen; die aktuellen Bodenbewegungen sind in beiden Feldern vergleichbar.

Im Feld Monopol Nord stagnierten die Bodenbewegungen an den in Abb. 8 dargestellten Festpunkten im Zeitraum 2016 bis 2020 weitgehend. Ab 2020 deutet sich insbesondere am Festpunkt 4311900119 eine leichte Zunahme der Senkungsgeschwindigkeit an - möglicherweise ein Hinweis auf den Einfluss des Grubenwasseranstiegs (s.o.).

Auch in der Box Grillo liegen nur geringe Bodenbewegungen vor (s. Abb. 9).

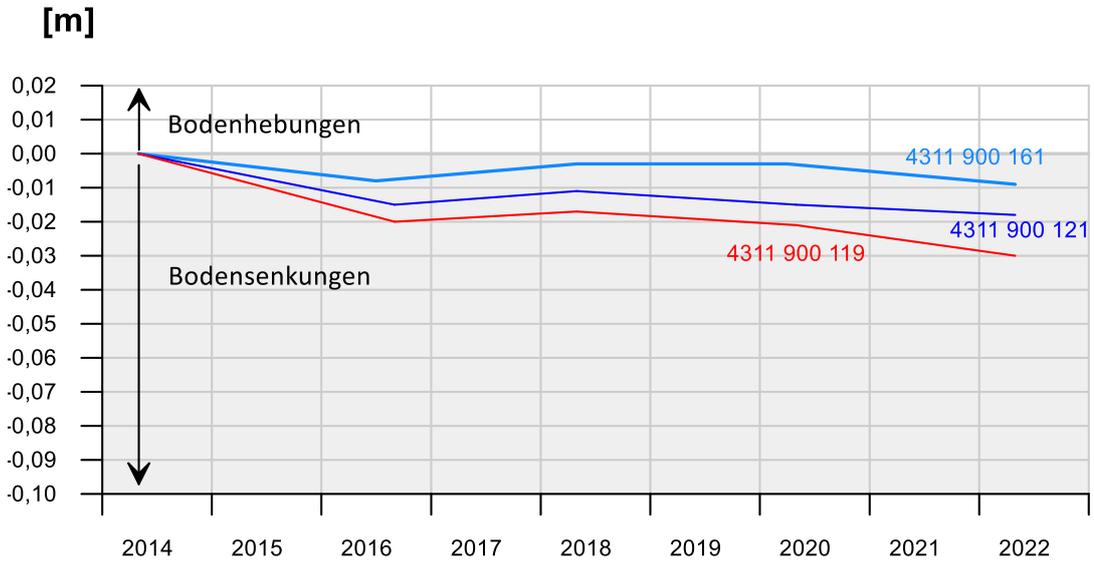


Abb. 8: Relative Bodenbewegungen im Box Monopol Nord

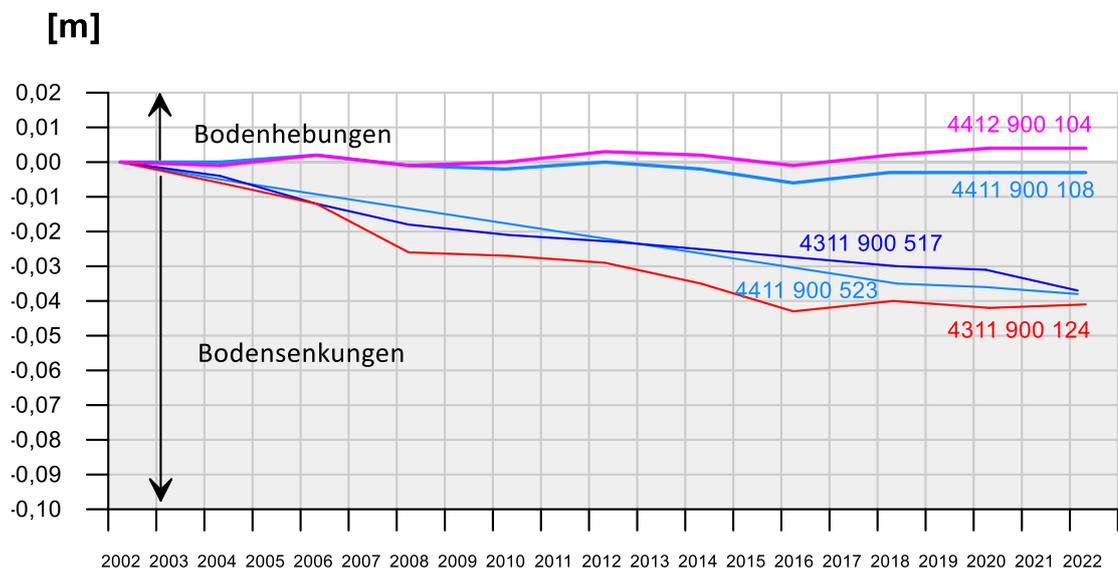


Abb. 9: Relative Bodenbewegungen im Box Grillo

Insbesondere die im Abbauschwerpunkt gelegenen Festpunkte 4311900517 und 4411900523 zeigen noch geringe anhaltende Senkungsbewegungen in einer Größenordnung um 0,002 m/a. Am Festpunkt 4311900517 deutet sich seit 2020 eine geringe Zunahme der Senkungsgeschwindigkeit an, was auch ein erster Hinweis auf Einwirkungen des Grubenwasseranstiegs sein kann.

Am Südrand der Box Grillo deuten sich am Festpunkt 4412900104 eine geringe Bodenhebung an, die auf die Einwirkung des Grubenwasseranstiegs im Feld Königsborn zurückgeführt werden kann (s. Kap. 8.3.5).

8.3.1.4 Haus Aden Nord und Haus Aden

In den Boxen Haus Aden Nord und Haus Aden sind die abbaubedingten Absenkungen nach Einstellung der Abbautätigkeit in den Jahren 1998 bis 2000 auch in den zentralen Abbaubereichen weitgehend abgeklungen.

Im Abbaufeld von Haus Aden Nord zeigt der Festpunkt 4311900539 im Zeitraum 2002 bis 2022 eine kontinuierliche Restsenkung bei einer Gesamtsenkung von 0,03 m (s. Abb. 10).

In der Box Haus Aden sind die Bewegungsgeschwindigkeiten auf vergleichbare Werte zurückgegangen (s. Abb. 11). Lediglich der Festpunkt 4311900391 zeigte anhaltende Bodensenkungen mit Bodensenkungsgeschwindigkeiten von 0,001 bis 0,004 m/a. Im Zeitraum 2000 bis 2022 lag eine gesamte Bodensenkung von 0,08 m vor. Auch hier zeigte sich nach 2020 eine leichte Zunahme der Senkungsgeschwindigkeit.

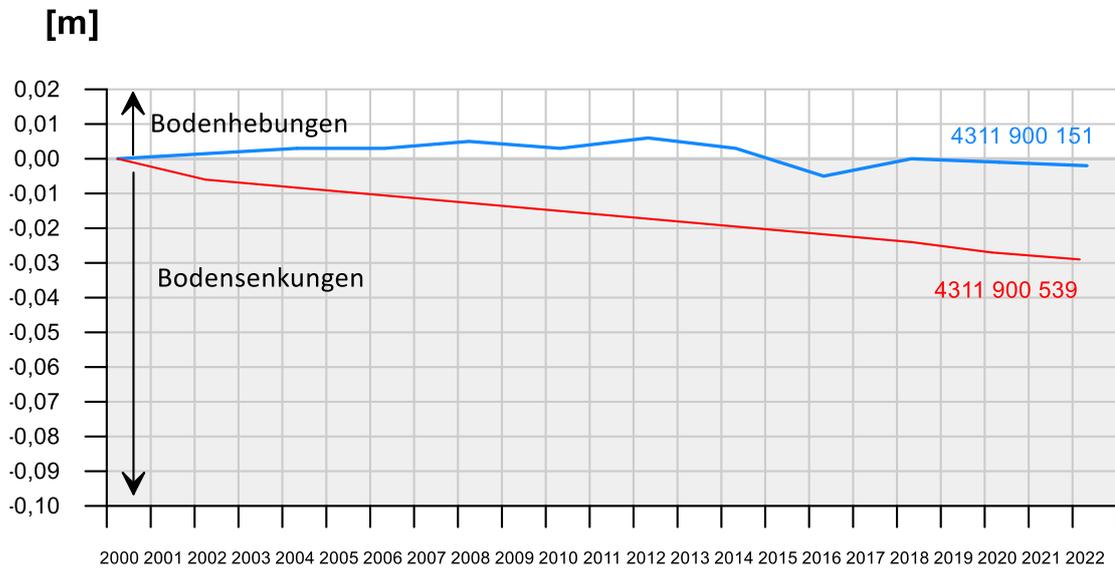


Abb. 10: Relative Bodenbewegungen Box Haus Aden Nord

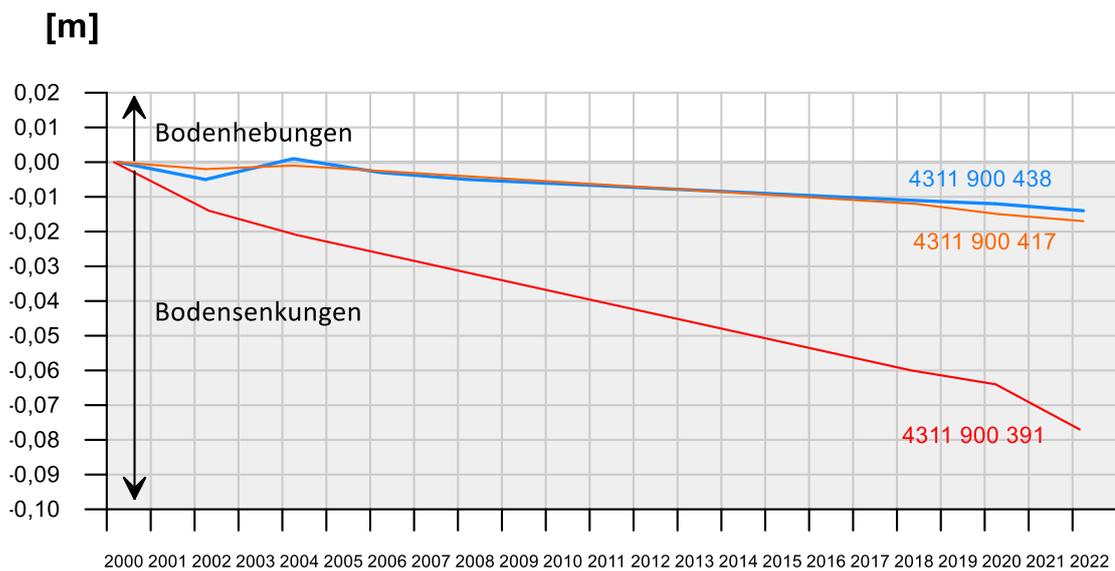


Abb. 11: Relative Bodenbewegungen Box Haus Aden

8.3.1.5 Victoria 1/2

In der Box Victoria 1/2, die sich westlich von Haus Aden anschließt, wurde die Abbautätigkeit ebenfalls vor 2000 eingestellt. Die in Abb. 12 dargestellte zeitliche Entwicklung der Bodenbewegungen an zwei repräsentativen Festpunkten im Bereich des nördlichen Abbauschwerpunktes zeigt geringe aber anhaltende Bodensenkungen ab 2002. Die mittlere Bodensenkungsgeschwindigkeit erreicht am Festpunkt 4311900432 einen Betrag um 0,003 m/a. Im weiteren Umfeld dieses Abbauschwerpunktes treten keine signifikanten Bewegungen auf.

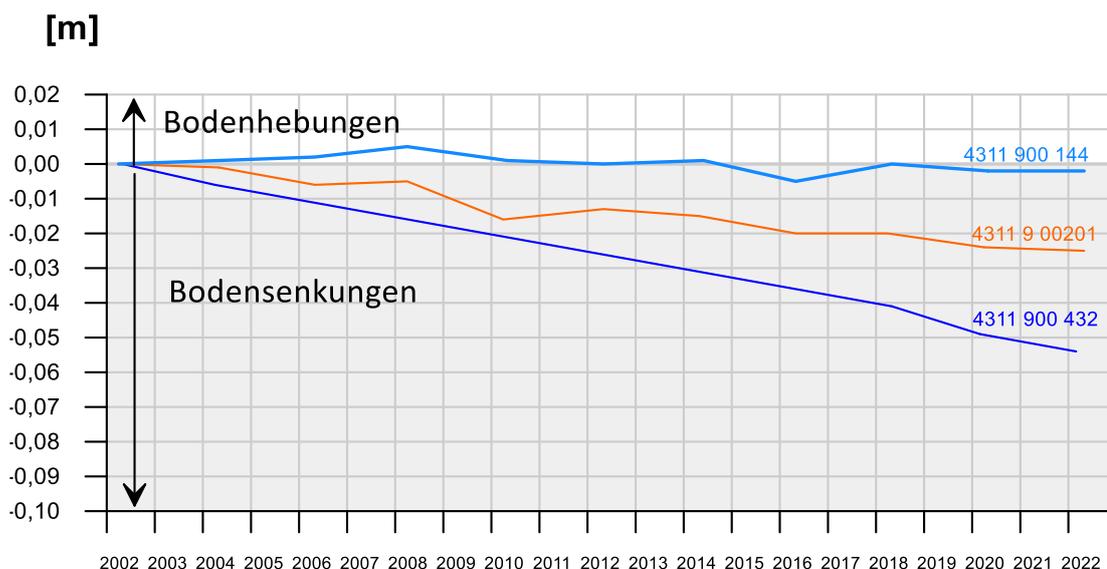


Abb. 12: Relative Bodenbewegungen Box Victoria 1/2

8.3.1.6 Victoria 3/4, Gneisenau und Scharnhorst, Kurl und Kurl 1

Für die Boxen Victoria 3/4, Gneisenau und Scharnhorst liegen keine aussagekräftigen Vermessungsdaten an Festpunkten des Leitnivelements vor. Hier wurde der

Abbau bereits vor 1986 eingestellt, so dass aktuell keine signifikanten Bodenbewegungen zu erwarten sind.

In der Box Kurl zeigen sich ebenfalls nur geringe Bodenbewegungen bei einer allerdings kontinuierlich anhaltenden Senkungstendenz. Für den Zeitraum 2000 bis 2022 wurden hier am Festpunkt 4411900200 Senkungen bis um 0,05 m ermittelt (Abb. 13); die mittlere Bodensenkungsgeschwindigkeit ergibt sich daraus zu 0,002 m/a. Für die Boxen Victoria 3/4 und Gneisenau sind vergleichbare Verhältnisse zu erwarten.

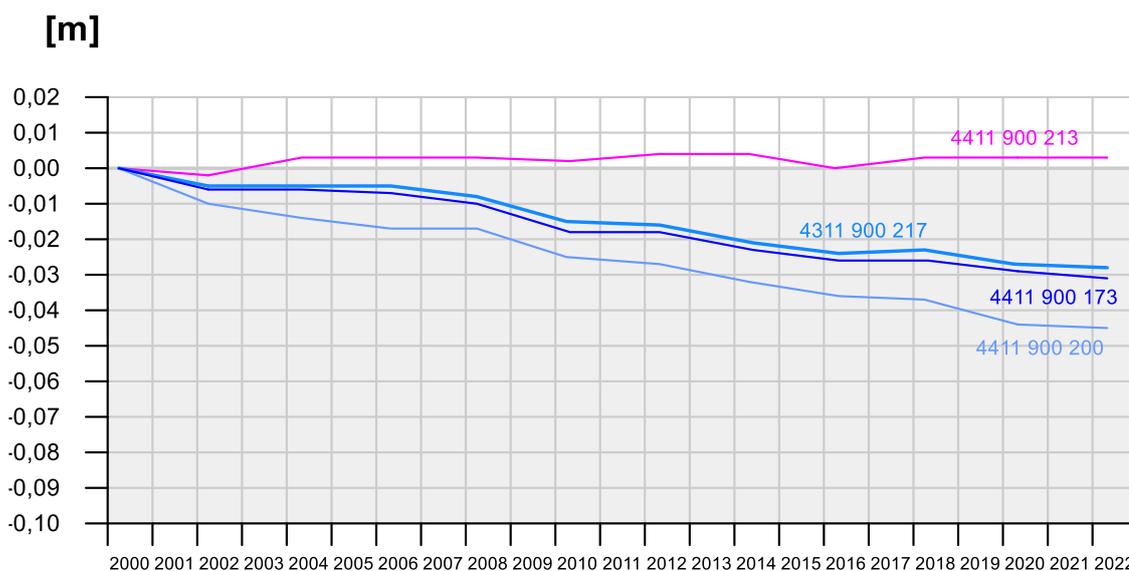


Abb. 13: Relative Bodenbewegungen Boxen Kurl und Kurl 1

In der sich südlich anschließenden Box Kurl 1 sind keine signifikanten Bodenbewegungstendenzen erkennbar (s. Festpunkt 4411900213 in Abb. 13); aufgrund des bereits deutlich weiter fortgeschrittenen Grubenwasseranstiegs ist aber davon auszugehen, dass hier zumindest lokal bereits erste geringe Hebungstendenzen aufgetreten sind.

8.3.1.7 Minister Stein und Hansa

In den Boxen Minister Stein und Hansa wurde der Abbau vor 1986 eingestellt. Die Leitnivelement-Messungen im Feld Minister Stein zeigen in den Abbaubereichen geringe kontinuierliche Bodensenkungen; dabei werden Senkungsgeschwindigkeiten von rd. 0,002 bis 0,003 m/a erreicht (s. Abb. 14).

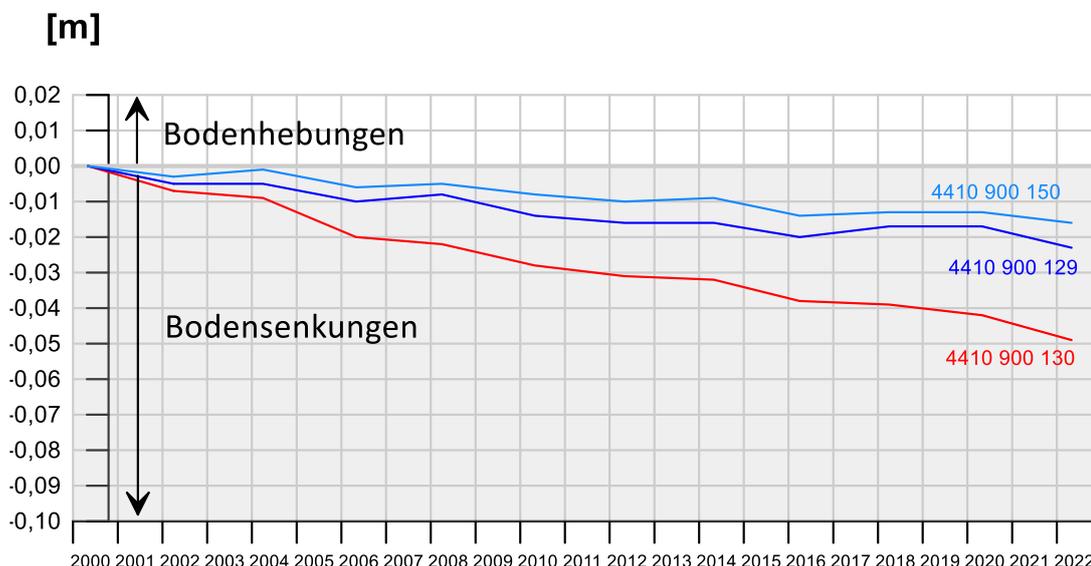


Abb. 14: Relative Bodenbewegungen Box Minister Stein

Für den Bereich der Box Hansa liegen keine entsprechend aussagekräftigen Festpunktdaten vor. Es ist aber mit einer vergleichbaren Bodenbewegungscharakteristik wie im Bereich der Box Minister Stein zu rechnen.

8.3.1.8 Kaiserstuhl und Tremonia

Die Boxen Kaiserstuhl und Tremonia liegen am SW-Rand der ehemaligen Wasserprovinz Hansa. Aussagekräftige Festpunktdaten liegen hier für die Abbaubereiche auf dem Stockumer Hauptsattel vor (vgl. Anl. 6).

In der Box Kaiserstuhl treten demnach keine signifikanten Bodenbewegungen auf (s. Abb. 15); die Messwerte schwanken im Rahmen der Messgenauigkeit, überwiegend mit einer schwachen Bodensenkungstendenz (Senkungsgeschwindigkeit $< 0,001$ m/a).

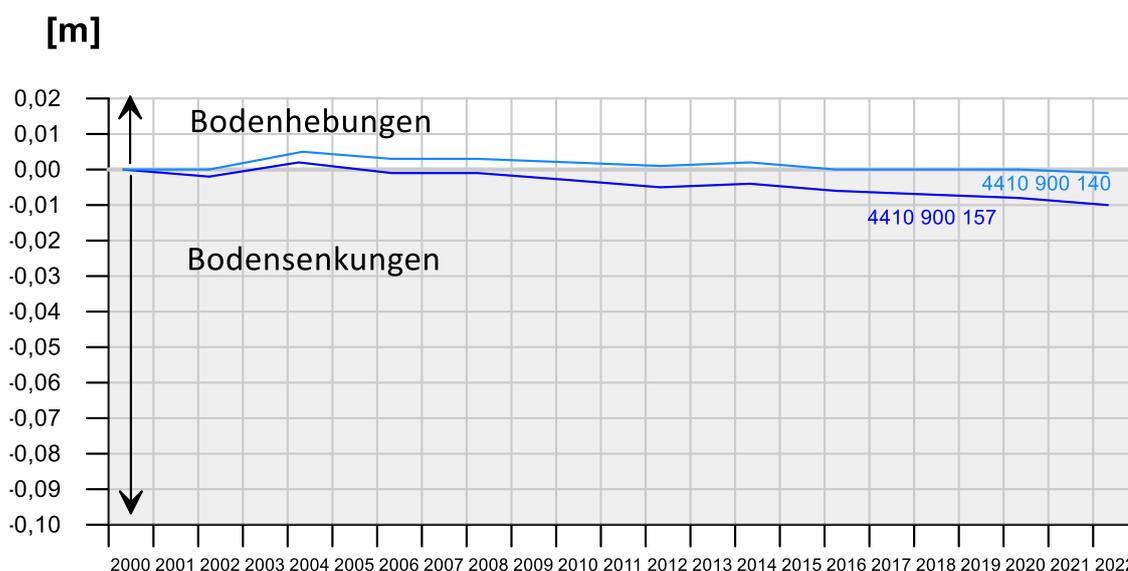


Abb. 15: Relative Bodenbewegungen im Box Kaiserstuhl

Im Feld Tremonia im südwestlichen Untersuchungsbereich steht nur der Festpunkt 4510900136 (HFP 2. Ordnung) zur Verfügung. Die Höhenmessungen des Festpunktes zeigen ein auffällig abweichendes Verhalten gegenüber den Festpunkten der nordöstlich liegenden Felder. Nach einer kontinuierlichen Bodensenkung kam

es ab etwa 1996 zu deutlichen Bodenhebungen, die mit leicht abnehmender Hebungsgeschwindigkeit bis zur Messung im Jahr 2022 andauerten. Seit 1996 ergibt sich hier eine Gesamthebung von 0,025 m. Die Bodenhebungsgeschwindigkeit beträgt rd. 0,001 m/a (s. Abb. 16).

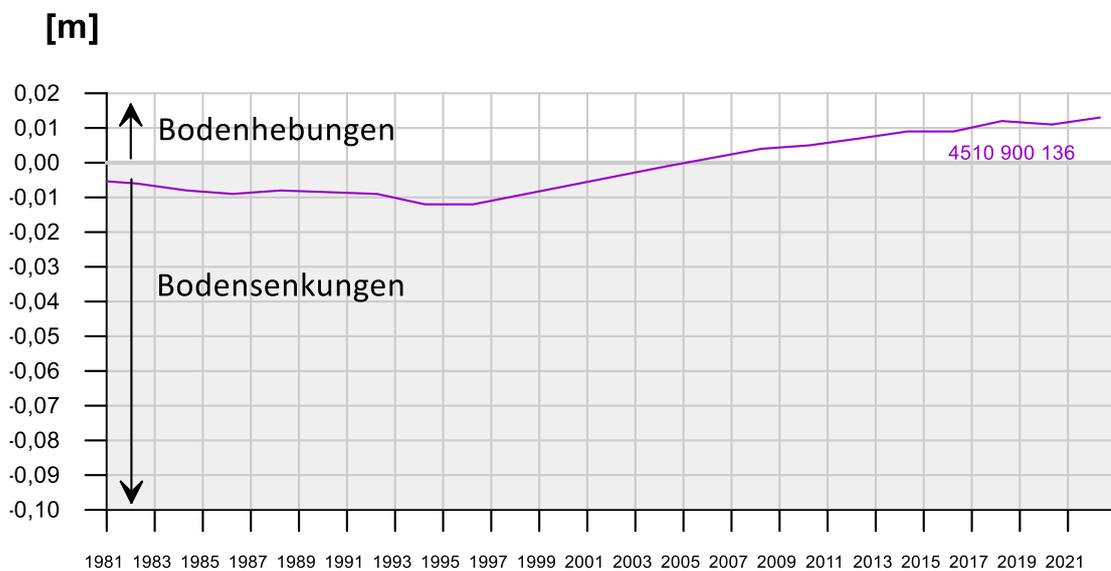


Abb. 16: Relative Bodenbewegungen im Feld Tremonia

Die Hebungsbewegungen sind auf den in der Box Tremonia bereits weiter fortgeschrittenen Grubenwasseranstieg zurückzuführen (vgl. Kurl 1 in Abb. 13).

8.3.1.9 Zusammenfassende Bewertung der Bewegungen

Die Ergebnisse der aktuellen Leitnivelement-Messungen bis 2022 können wie folgt zusammengefasst werden:

- Weiträumig treten keine signifikanten Bodenbewegungen auf. In den ehemaligen Abbauschwerpunkten treten vielfach geringe Restsenkungstendenzen mit Geschwindigkeiten um 0,001 bis 0,003 m/a vor.
- Deutlich erhöhte Restsenkungen treten im Bereich der Box Heinrich Robert auf. Im zentralen Abbaubereich wurden anhaltende deutliche Bodensenkungen mit Senkungsgeschwindigkeiten von rd. 0,018 m/a gemessen.
- Bodenhebungstendenzen in der Größenordnung der Messgenauigkeit deuten sich in den südlichen Bereichen der Box Grillo an, wahrscheinlich beeinflusst durch den Hebungsbereich Königsborn (vgl. Kap. 8.3.5).
Eindeutige Bodenhebungen traten im Feld Tremonia auf. Im Jahr 1996 wurden die Bodensenkungen durch Bodenhebungen abgelöst. Bis zur aktuellen Messung im Jahr 2022 ergab sich eine Gesamthebung von 0,025 m.
- Im Übrigen wurden bisher im Bereich der WP Haus Aden keine durch den Grubenwasseranstieg hervorgerufenen Hebungstendenzen festgestellt.
- An einzelnen Festpunkten im Bereich Heinrich Robert und Monopol Nord deutet sich nach 2020 eine Zunahme der Senkungen an. Dies könnte auf Sättigungssetzungen infolge des Einstaus der Grubenbaue nach Einstellung der Wasserhaltung in 2019 hindeuten (vgl. auch Kap. 8.3.3). Diese Interpretation kann aber anhand der Daten des Bodenbewegungskatasters nicht bestätigt werden (s. Kap. 8.3.2).

Die Bodenbewegungscharakteristiken für die einzelnen Boxen sind auf der Grundlage der Ergebnisse des Leitnivellements in Tab. 1 zusammengefasst.

Tab. 1: Zusammenfassung der Ergebnisse des Leitnivellements in den einzelnen Boxen der WP Haus Aden

Radbod	im überwiegenden Teil des Feldes stabile Verhältnisse; im südwestlichen Feldesteil Bodensenkungen mit einer Senkungsgeschwindigkeit von max. 0,004 m/a
Heinrich Robert	stabile Verhältnisse im nordöstlichen Bereich des Feldes; im westlichen Feld flächenhaft verbreitete Bodensenkungen mit Senkungsgeschwindigkeit rd. 0,010 bis 0,015 m/a; im zentralen Abbaubereich Bodensenkungen mit einer Senkungsgeschwindigkeit von rd.0,020 m/a
Werne	stabile Verhältnisse, bereichsweise schwache Bodensenkungen mit Senkungsgeschwindigkeiten von rd. 0,001 bis 0,003 m/a; lokale Senkungsgeschwindigkeit von 0,008 m/a
Monopol	stabile Verhältnisse mit geringen Schwankungen
Grillo	stabile Verhältnisse mit geringen Schwankungen; im südlichen Bereich Bodenhebungstendenzen infolge Einwirkung aus Königsborn
Haus Aden Nord	weitgehend stabile Verhältnisse oder schwache Bodensenkungen mit einer Senkungsgeschwindigkeit rd. 0,001 m/a
Haus Aden	kontinuierliche Bodensenkungen, Senkungsgeschwindigkeit bis max. 0,004 m/a
Victoria 1/2	stabile Verhältnisse im nördlichen Bereich; im südlichen Feldesteil geringe Bodensenkungen mit Senkungsgeschwindigkeiten bis max. 0,003 m/a
Victoria 3/4	keine aussagekräftigen Festpunkte; geringe Restsenkungstendenzen erwartet
Kurl	weitgehend stabile Verhältnisse oder schwache Bodensenkung Senkungsgeschwindigkeit (rd. 0,002 m/a)
Kurl 1	stabile Verhältnisse mit geringen Schwankungen; erste Hebungstendenzen im Rahmen des bisherigen Grubenwasseranstiegs anzunehmen
Gneisenau	keine aussagekräftigen Festpunkte; geringe Restsenkungstendenzen erwartet
Scharnhorst	keine aussagekräftigen Festpunkte; geringe Restsenkungstendenzen erwartet
Kaiserstuhl	nur lokal schwache Bodensenkungstendenzen < 0,001 m/a
Minister Stein	geringe Bodensenkungen; Senkungsgeschwindigkeit 0,002 bis 0,003 m/a
Hansa	keine aussagekräftigen Festpunkte; geringe Restsenkungstendenzen erwartet
Tremonia	Anhaltende Bodenhebungen seit 1996; Hebungsgeschwindigkeit rd. 0,001 m/a

8.3.2 Bodenbewegungen im Zeitraum 2014 bis 2022 gemäß Bodenbewegungskataster NRW

Das Bodenbewegungskataster NRW stellt basierend auf der satellitengestützten Radarinterferometrie vertikale Bodenbewegungen für Nordrhein-Westfalen dar. Die Ableitung von Bodenbewegungen kann ab einer Bewegungsgeschwindigkeit von 3 mm/a (Grenzwert) erfolgen.

Die in Anl. 11 dargestellte Auswertung für den Zeitraum 12.2014 bis 12.2021 zeigt, dass die Bodenbewegungen flächenhaft überwiegend im Rahmen der Messgenauigkeit liegen ("grüne" Polygone in Anl. 11). Signifikante Bodenbewegungen sind in dem Auswertzeitraum nur im zentralen Abbaubereich Heinrich Robert zwischen Fliericher Sprung und Ostsprung ermittelt worden. Für den 7-jährigen Betrachtungszeitraum wurden hier Bodensenkungsgeschwindigkeiten von mehr als 10 mm/a ermittelt.

Der Verlauf der Bodenbewegungen für den Messzeitraum 12.2014 bis 12.2021 ist exemplarisch für die Messpolygone 413500_5723250 und 412500_5725000 in Abb. 17 dargestellt; die Lage der Messpolygone zeigt Anl. 11. Es zeigt sich eine kontinuierliche Bodensenkung mit geringen Schwankungen. In dem 7-jährigen Zeitraum ist es am Messpolygon 413500_5723250 zu einer gesamten Bodensenkung von rd. 86 mm gekommen. Daraus ergibt sich eine mittlere Bodensenkungsgeschwindigkeit von 12,42 mm/a. Das im nördlichen Randbereich von Heinrich Robert gelegene Messpolygon 412500_5725000 zeigt geringe, aber dennoch auch kontinuierliche Bodensenkungen, die sich über den Betrachtungszeitraum auf rd. 25 mm aufsummieren (mittlere Bodensenkungs-

geschwindigkeit von 3,57 mm/a). Bei beiden Messpolygonen zeichnet sich allerdings die in den nahegelegenen Festpunkten des Leitnivelements (4312900471 bzw. 4312900473) andeutende Zunahme der Bodensenkungen nach 2020 nicht ab (vgl. Kap. 8.3.1.1).

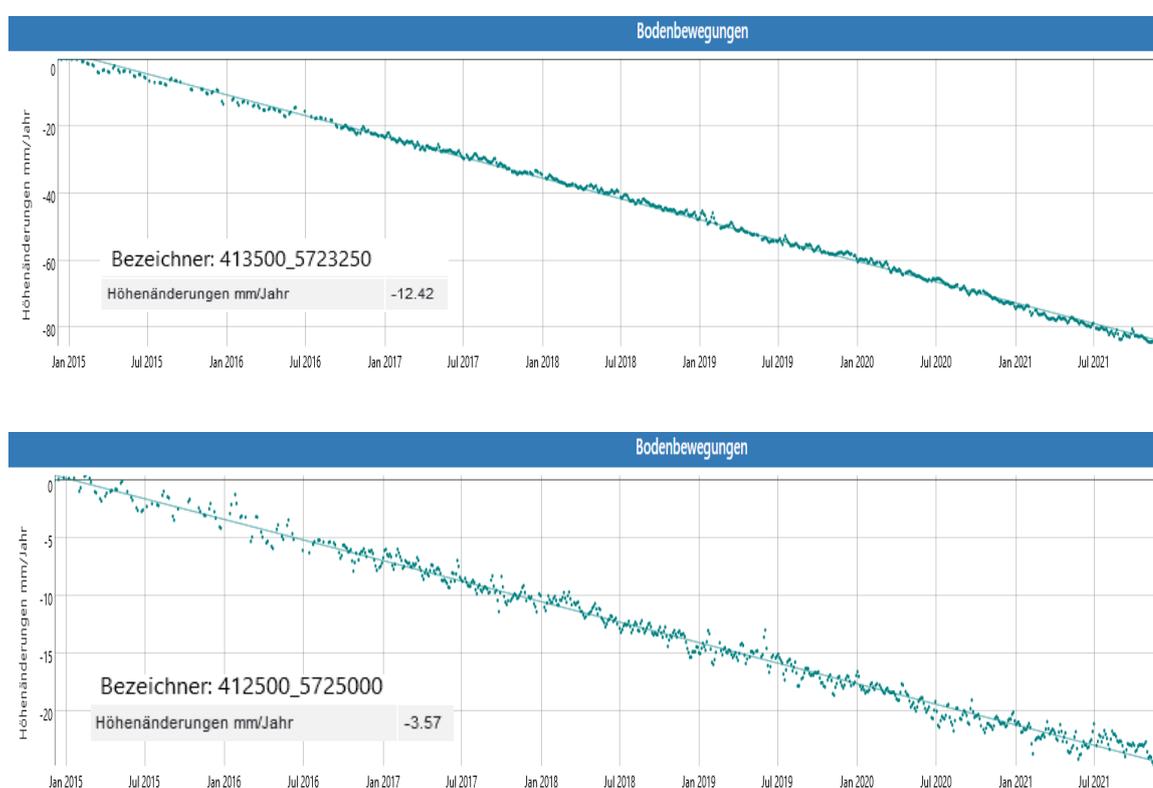


Abb. 17: Relative Bodenbewegungen im Bereich Box Heinrich Robert, Messpolygone 413500_5723250 und 412500_5725000 (Bodenbewegungskataster NRW)

Entsprechendes gilt auch für die Entwicklung der Bodenbewegungen im Abbau-schwerpunkt von Monopol Nord. Die hier am Festpunkt 431190019 sich andeu-tende Zunahme der Bodensenkungen nach 2020 kann anhand des entsprechende Messpolygons des Bodenbewegungskatasters NRW (406750_5720875, s. Abb. 18) nicht nachvollzogen werden.

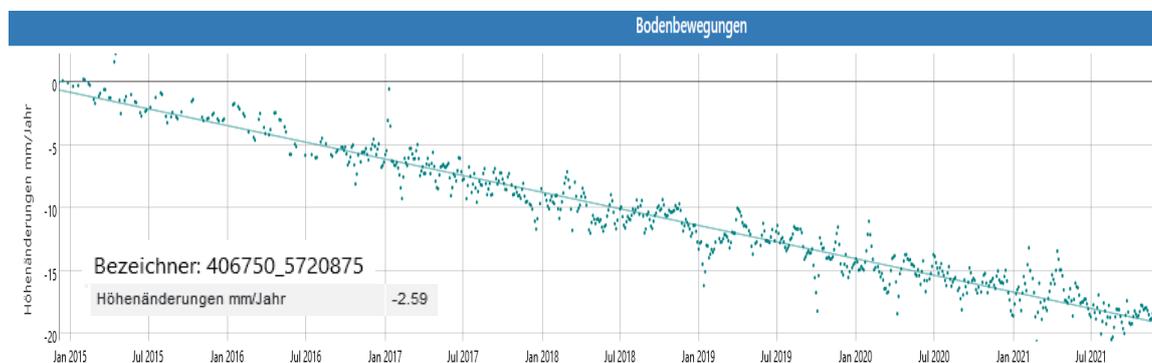


Abb. 18: Relative Bodenbewegungen im Bereich Box Monopol Nord, Messpolygon 406750_5720875 (Bodenbewegungskataster NRW)

In den sich in südwestlicher Richtung anschließenden Feldern traten deutlich geringere Bodenbewegungen auf. Hier überwiegen stagnierende Verhältnisse mit maximalen Senkungsgeschwindigkeiten bis etwa 5 mm/a.

Darüber hinaus liegen insgesamt nur geringe Bodenbewegungenstendenzen oberhalb der Messgenauigkeit vor, wobei Senkungstendenzen überwiegen. Beispielfhaft zeigt Abb. 19 den Verlauf der Bodenbewegungen im Feld Hansa (Lage des Messpolygons s. Anl. 11). Die gesamte Bodensenkung beträgt hier 25 mm; es ergibt sich hier eine mittlere Bodensenkungsgeschwindigkeit von 3,33 mm/a.

Geringe Bodenhebungstendenzen sind entlang der südöstlichen Grenze des Untersuchungsbereichs im Feld Heinrich Robert und Grillo festzustellen. Diese sind im Zusammenhang mit den Bodenhebungen infolge des Grubenwasseranstiegs in der südlich angrenzenden WP Königsborn zu sehen (vgl. Kap. 8.3.5). Das Bodenbewegungskataster NRW zeigt entsprechend deutliche Bodenhebungen für den Bereich des ehemaligen Bergwerks südwestlich des Fliericher Sprungs (vgl. Anl. 11).

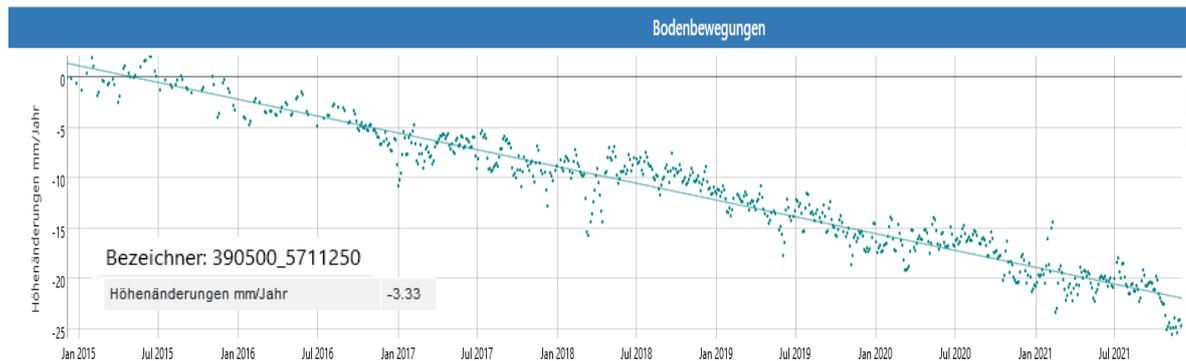


Abb. 19: Relative Bodenbewegungen im Feld Hansa (Bodenbewegungskataster NRW)

Weiterhin sind auch im Feld Tremonia örtlich leichte Hebungstendenzen in der Größenordnung der Messgenauigkeit erkennbar, mit Hebungsgeschwindigkeiten von rd. 1 bis 2 mm/a auf. Beispielhaft zeigt Abb. 20 Bodenhebungen von rd. 7 mm im Feld Tremonia im Messzeitraum 12.2014 bis 12.2021 (Lage des Messpolygons siehe Anl. 11).

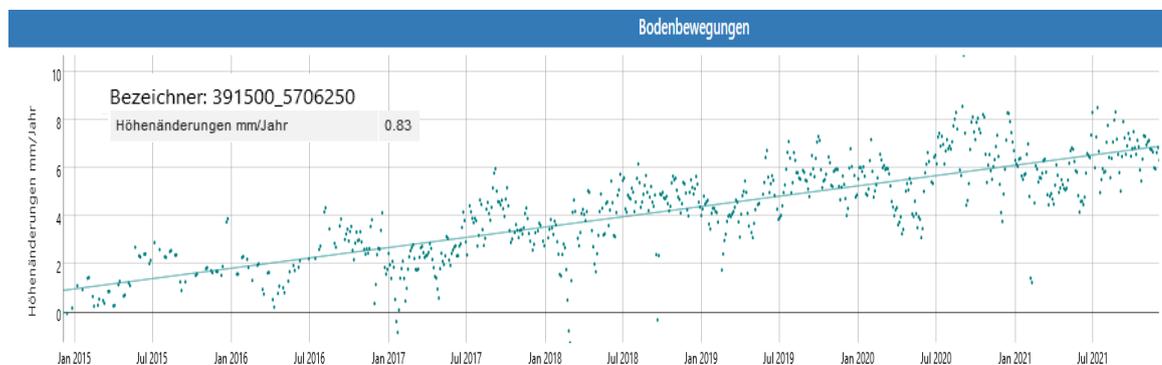


Abb. 20: Relative Bodenbewegungen im Feld Tremonia (Bodenbewegungskataster NRW)

Die Daten des Bodenbewegungskatasters bestätigen die anhand der Leitnivele-
mentdaten ermittelten Bodenbewegungscharakteristik in den verschiedenen Berei-
chen der WP Haus Aden.

Die anhand der Leitnivelementdaten vermutete Zunahme der Bodensenkungen in den Bereichen Heinrich Robert und Monopol Nord im Zuge des sukzessiven Einbaus der Abbaubereiche ab 2020 (Kap. 8.3.1) zeigt sich in den Bodenbewegungsdaten des Bodenbewegungskatasters allerdings nicht.

8.3.3 Bodenbewegungsmonitoring der RAG AG

Zur Bewertung der Einwirkungen des Grubenwasseranstiegs auf die Geländeoberfläche werden seitens der RAG AG für den Grubenwasseranstiegsbereich der ehemaligen Wasserhaltung Ost Daten und Auswertungen von repräsentativen Messlinien des Leitnivelements herangezogen; die Lage der Messlinien ist in Anl. 12 dargestellt. Die Referenzmessung wurde in 2018 durchgeführt. Es liegen zwei Folgemessungen aus 2020 und 2022 vor.

Die Ergebnisse der Vermessung zeigen für den Zeitraum 2018 bis 2022 ebenfalls anhaltende Restsenkungen insbesondere in den Abbauschwerpunkten von Heinrich Robert (Profil 1) und Haus Aden (Profil 3) sowie eine weitgehende Stagnation der Bodenbewegungen im Umfeld der Abbauschwerpunkte.

Die im Bereich Heinrich Robert entlang von Profil 1 vermessenen Festpunkte verdeutlichen dabei eine signifikante Zunahme der Senkungsgeschwindigkeit vom Messzeitraum 2018 bis 2020 zum Messzeitraum 2020 bis 2022 (s. Abb. 21), wie es für einzelne dieser Festpunkte bereits in Kap. 8.3.1.1 anhand des langjährigen Bodenbewegungsverlaufes beschrieben wurde (vgl. Abb. 6). Eine konkretere Bewertung möglicher Einwirkungen des Grubenwasseranstiegs wird erst anhand von Folgemessungen möglich sein.

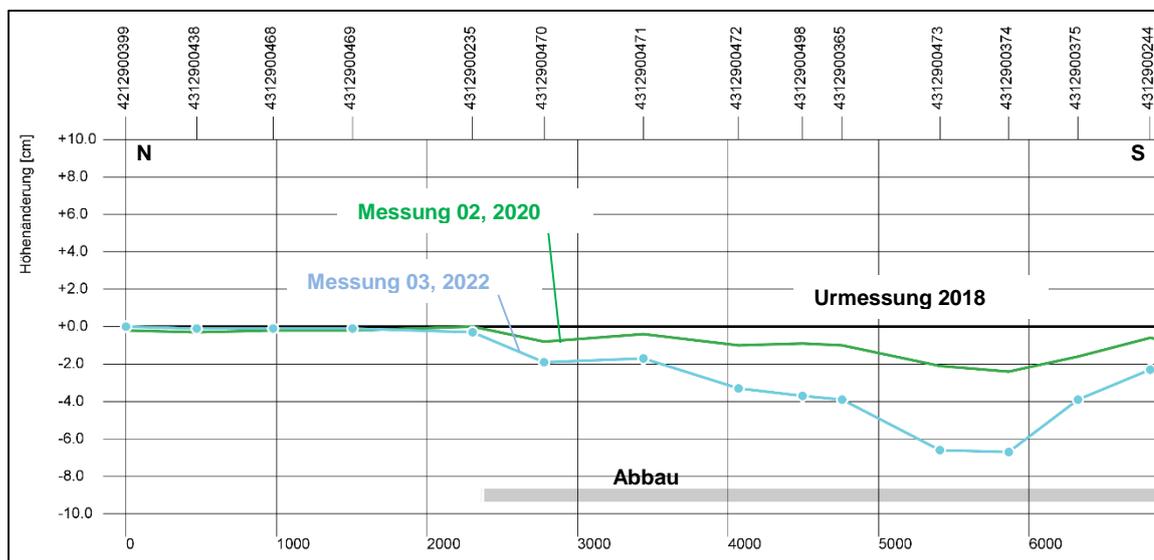


Abb. 21: Bodenbewegungen entlang der Messlinie 1 (Ausschnitt nördlicher Teil) im Bereich Heinrich Robert, Messzeitraum 2018 bis 2022 (Quelle: RAG AG)

8.3.4 Detailmonitoring der RAG AG in Hebungsrandbereichen gemäß U1

Im Rahmen der Bewertung der Einwirkungen des Grubenwasseranstiegs auf die Geländeoberfläche wurden in U1 potenzielle Unstetigkeitszonen als „Hebungsrandbereiche“ im Bereich von

- Achenbach-Sprung
- Unnaer Sprung
- Königsborner Sprung
- Fliericher Sprung

ausgewiesen (Anl. 12) und entsprechende Detailmesslinien zur Erfassung der Bodenbewegungen in diesen repräsentativen Zonen vorgeschlagen. Auf dieser Grundlage wurden seitens der RAG AG 12 Detailmesslinien angelegt (s. Anl. 12); die Urmessung fand im Mai 2018 statt.

Die Ergebnisse dieser Vermessungen ergaben im Verlauf der Detailmessprofile für den Zeitraum 2018 bis 2022 im Wesentlichen nur geringe einheitliche Bewegungen im Rahmen der Messgenauigkeit. Bei den ermittelten Bodenbewegungen handelt es sich durchgehend um Restsenkungen mit maximalen Senkungsbeträgen in einer Größenordnung um 1 bis 2 cm für den Zeitraum 2018 bis 2022. Lediglich im Detailprofil 2 zeichnen sich die deutlichen anhaltenden Bodensenkungen im Bereich Heinrich Robert ab (Abb. 22).

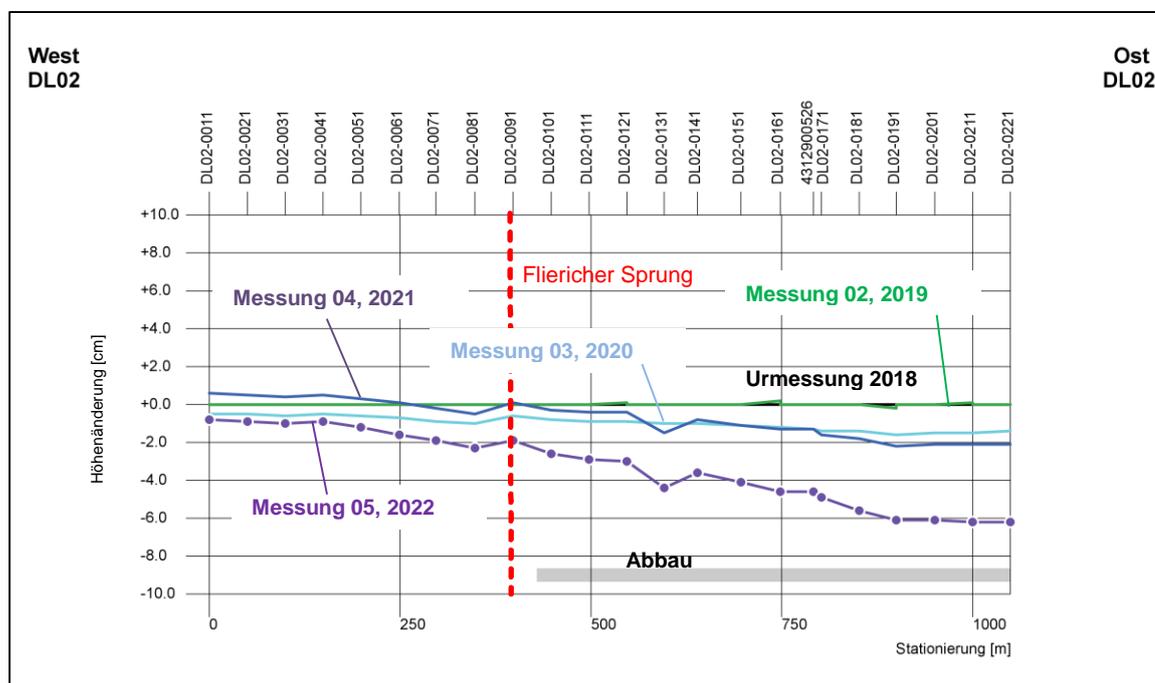


Abb. 22: Bodenbewegungen entlang des Detailprofils 2 im Bereich Heinrich Robert, Messzeitraum 2018 bis 2022 (Quelle: RAG AG)

Die Bodensenkungen nehmen vom Abbaurand in die Abbauzone hinein von West nach Ost sukzessive zu und erreichen am Ostrand des Profils Beträge bis rd. 0,06 m (Festpunkt DL02-0221 in Abb. 22). Dabei zeigen sich auch im Verlauf des Fliericher Sprunges keine sprunghaften Veränderungen der Bodenbewegungen.

8.3.5 Bodenbewegungen am Fliericher Sprung im Grubenwasseranstiegsbereich Bergwerk Königsborn

Das Bergwerk Königsborn wurde bereits im Jahre 1978 stillgelegt; die Wasserhaltung wurde 1996 eingestellt. Die Verhältnisse im Bereich des Bergwerks Königsborn sind insbesondere im Hinblick auf die Entwicklung der Bodenbewegungen im Bereich der tektonischen Störungszone Fliericher Sprung von Bedeutung. Hier liegen erstmals detaillierte Messergebnisse über die zeitliche Entwicklung der Bodenbewegungen an einer markanten, den Abbau begrenzenden tektonischen Hauptstörung des Ruhrreviers vor.

Die Karbonoberfläche liegt im Bereich des Bergwerks Königsborn vergleichsweise hoch, in einem Höhenniveau zwischen -40 und -270 mNHN. Die Deckgebirgsmächtigkeit beträgt zwischen rd. 120 und 370 m. Der Abbau erreichte Teufen bis etwa -940 mNHN im Bereich des Fliericher Sprunges; die aufsummierte gebaute Mächtigkeit erreicht im Abbautiefsten des durch den Fliericher Sprung begrenzten Baufeldes unmittelbar westlich des Fliericher Sprunges bis zu rd. 21 m (Abb. 23).

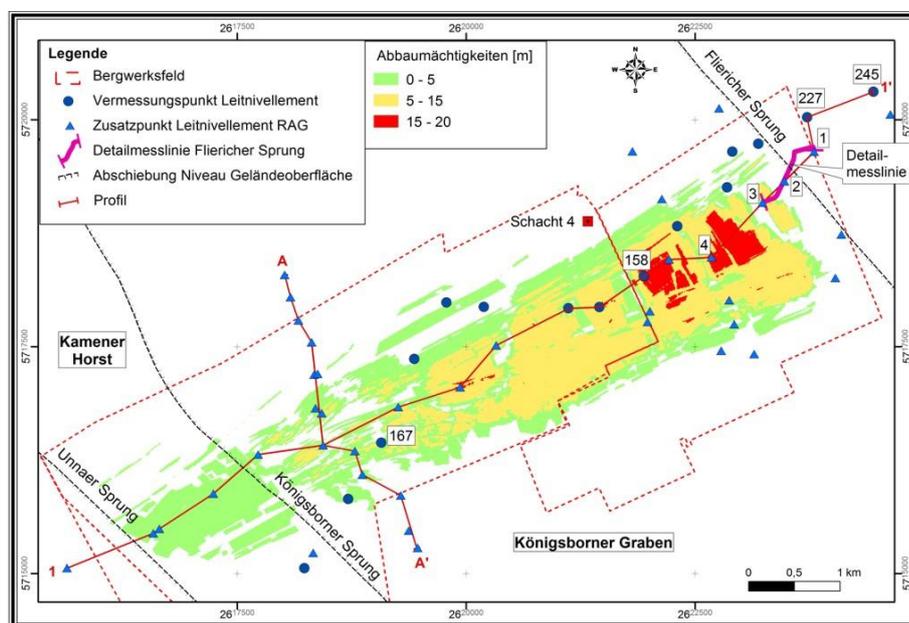


Abb. 23: Ehemaliges Bergwerk Königsborn - Lage und Mächtigkeit der Abbaubereiche, tektonische Störungen, geodätische Festpunkte und Messlinien (aus ROSNER ET AL., 2014)

Bis 2011 ist der Grubenwasserspiegel bereits weitflächig bis in das Deckgebirgsniveau angestiegen; dabei ist auch mit einem Anstieg der Grundwasserspiegellhöhen im Deckgebirge zu rechnen. Bis 2017 wurde ein Standwasserniveau von rd. 30 mNHN erreicht; zwischenzeitlich ist das Standwasserniveau bis auf rd. 46 mNHN angestiegen (Stand 09.2023); der Grubenwasseranstieg ist hier weitgehend abgeschlossen.

Die zeitliche Entwicklung der Bodenbewegungen ist anhand repräsentativer Festpunkte in Abb. 24 dargestellt. Geländehebungen traten im Bereich der Grube Königsborn mit einer zeitlichen Verzögerung zur Einstellung der Wasserhaltung von rd. 4 Jahren etwa ab dem Jahr 2000 auf. Nach dem Einstau des Deckgebirgsniveaus war seit 2010 eine deutliche Zunahme der Hebungsgeschwindigkeiten zu beobachten. Zwischenzeitlich klingen die Bodenhebungen mit dem zunehmend abklingenden Grubenwasseranstieg langsam aus.

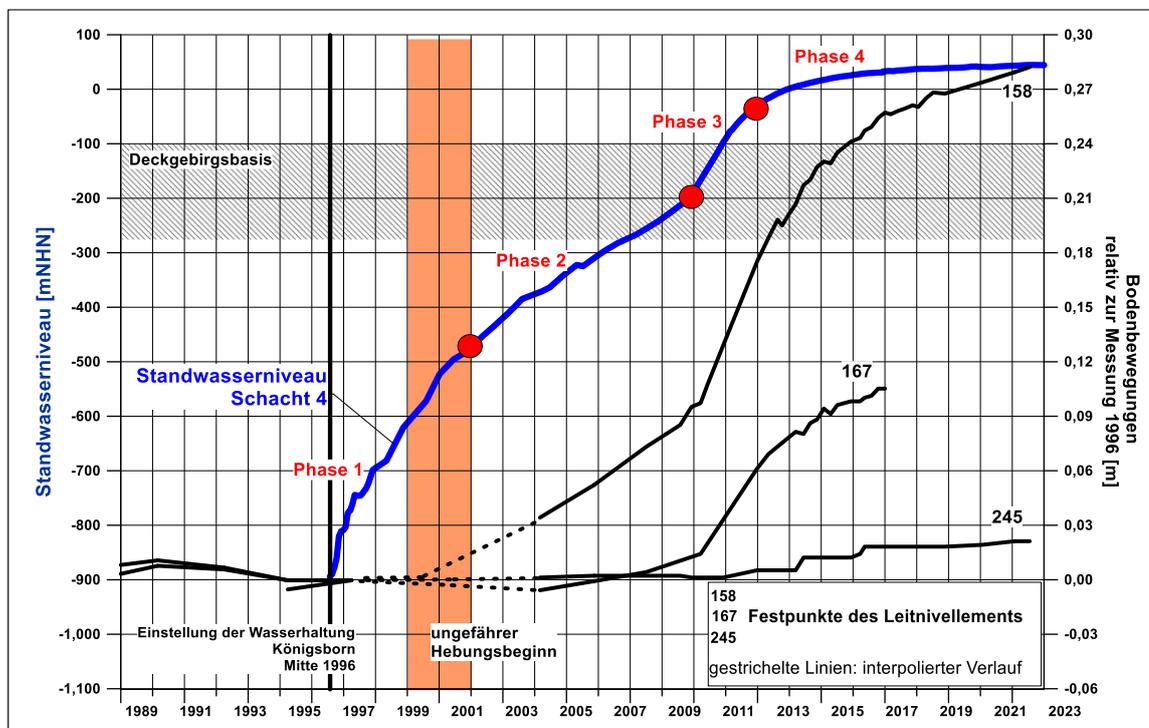


Abb. 24: Ehemaliges Bergwerk Königsborn - zeitliche Entwicklung von Grubenwasseranstieg und Bodenhebungen am Beispiel repräsentativer Festpunkte (Lage der Festpunkte s. Abb. 24; nach ROSNER ET AL. (2014), aktualisiert)

Bis 2022 sind im Bereich des ehemaligen Abbauschwerpunktes am Fliericher Sprung bei maximalen Einstauhöhen um 1.000 m Bodenhebungen bis zu rd. 0,28 m aufgetreten (1,4 % der abbaubedingten Bodensenkungen). Unter Berücksichtigung des Verlaufs des Grubenwasseranstiegs - der Grubenwasseranstieg klingt langsam aus - ist damit zu rechnen, dass die Hebungsbeträge 0,3 m nicht überschreiten werden. Damit werden die maximalen Hebungsbeträge im ehemaligen Abbauschwerpunkt voraussichtlich nicht 2 % der abbaubedingten Bodensenkungen erreichen.

Zur Erfassung der Bodenbewegungen an der als potenzielle Unstetigkeitszone im Rahmen des Grubenwasseranstiegs identifizierten Störungszone Fliericher Sprung

wurde seitens der RAG hier 2012 eine Detailmesslinie angelegt (s. Abb. 23). Die Ergebnisse ausgewählter Folgemessungen bis 09.2022 sind in Abb. 25 dargestellt.

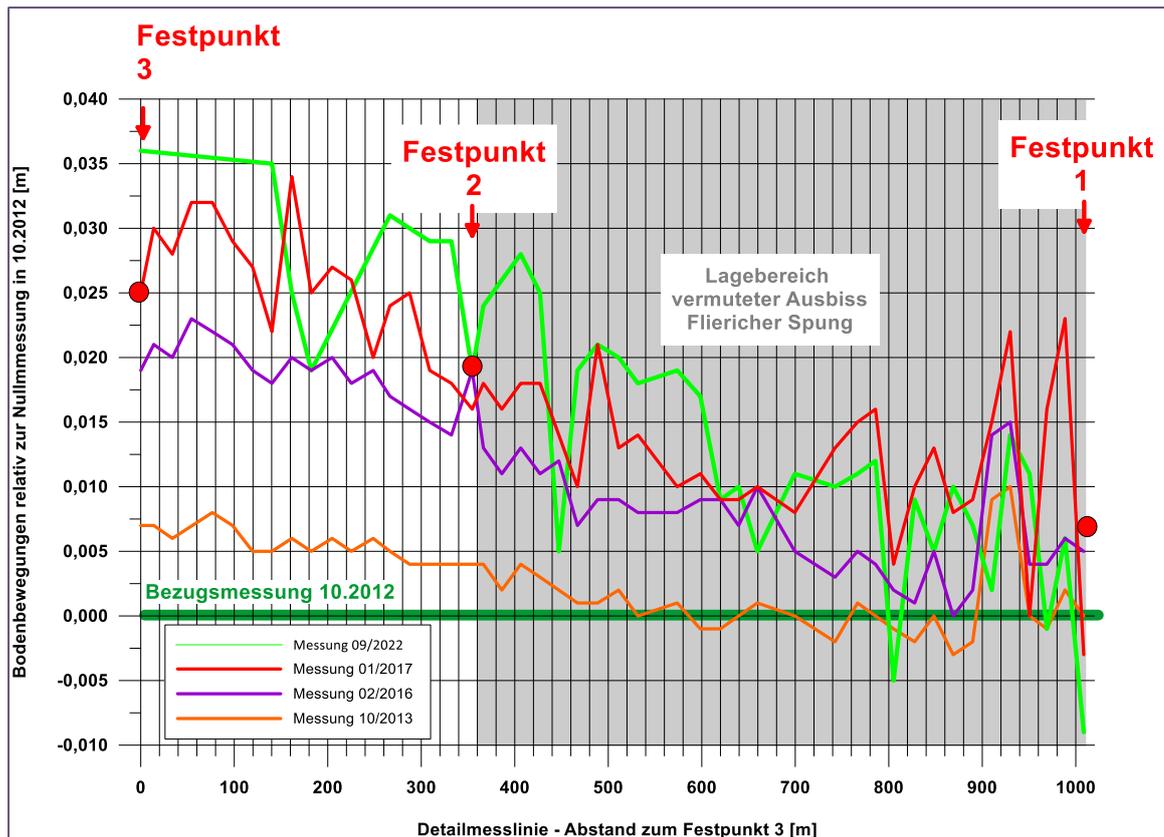


Abb. 25: Ehemaliges Bergwerk Königsborn - Detailmesslinie Fliericher Sprung

Die Ergebnisse zeigen, dass das Risiko von Schäden an der Geländeoberfläche infolge differenzieller Bodenhebungen in den Bereichen mit Kreidedeckgebirge selbst an einer derart markanten abbaubegrenzenden tektonischen Störungszone wie dem Fliericher Sprung geringer ist und nicht mit den Verhältnissen in der tektonisch aktiven Tertiärsenke der Niederrheinischen Bucht (Fallbeispiel Erkelenzer Revier, Wassenberg) verglichen werden kann. Dies deckt sich auch mit den Erfahrungen aus den Kreidegebieten des Südlimburger Reviers (GSZL, 2016).

9 Räumliche und zeitliche Entwicklung des Grubenwasseranstiegs bis auf -380 mNHN

Nach Erreichen des aktuell zugelassenen Standwasserniveaus von -600 mNHN soll das Grubenwasser nach den Planungen der RAG AG ohne weitere Wasserhaltungsphase bis auf das Niveau von -380 mNHN ansteigen. Auf der Grundlage der den aktuellen Planungen zugrundeliegenden Prognosen zum Verlauf des Grubenwasseranstiegs sind im Folgenden der beim Anstieg bis -380 mNHN zu erwartende Einstau von Grubenbauen beschrieben und daraus potenzielle Bereiche identifiziert an denen gegebenenfalls signifikante differentielle Bodenbewegungen auftreten können.

9.1 Anstiegsszenario

Eine Gesamtübersicht über den Verlauf des bisherigen Grubenwasseranstiegs sowie den prognostizierten Verlauf bis zu einem Niveau von -380 mNHN zeigt Abb. 26. Der besseren Übersichtlichkeit halber ist der aktuelle Verlauf des Grubenwasseranstiegs in 2023 mit den Prognosen für den Zeitraum bis 2029 in Abb. 27 dargestellt.

Mit dem Anstieg des Grubenwassers über das Niveau von -590 mNHN werden auch die Boxen Hansa und Minister Stein im Bereich der ehemaligen WP Hansa in den Grubenwasseranstiegsbereich einbezogen. Der Grubenwasserspiegel wird dabei in der TP 1 sowie im Bereich der TP 2a in einem Zeitraum von 32 Monaten zwischen 04.2026 und 12.2028 mit einer mittleren Geschwindigkeit um 83 m/a um insgesamt rd. 220 m (bzw. 210 m in der TP 2a) ansteigen.

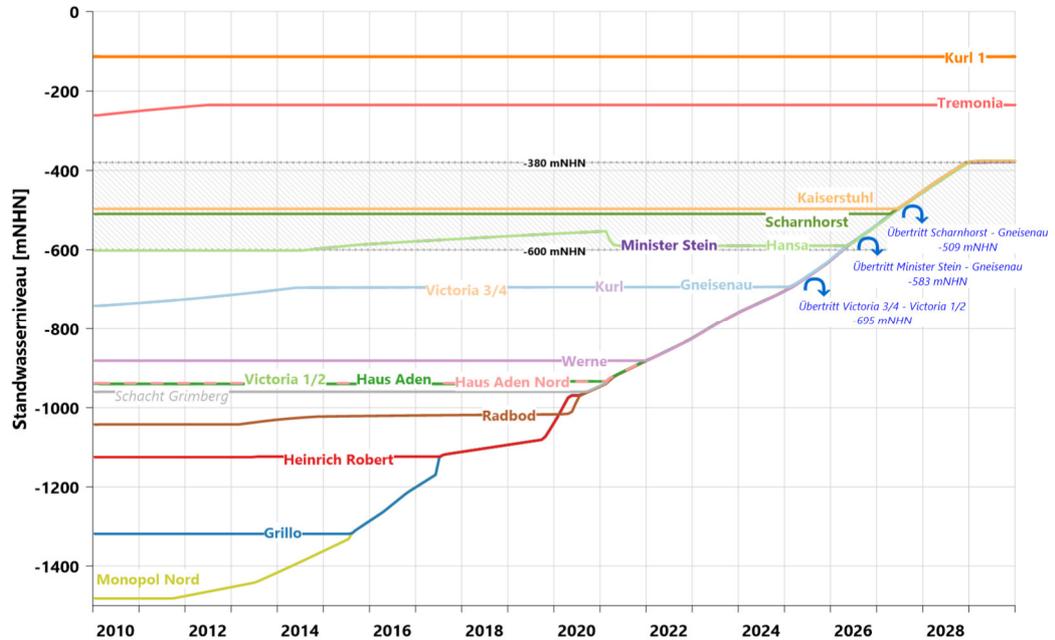


Abb. 26: Prognosen zum Verlauf des Grubenwasseranstiegs bis -380 mNHN in der WP Haus Aden - Betrachtungszeitraum 2010 bis 2029 (Datenquelle: RAG AG)

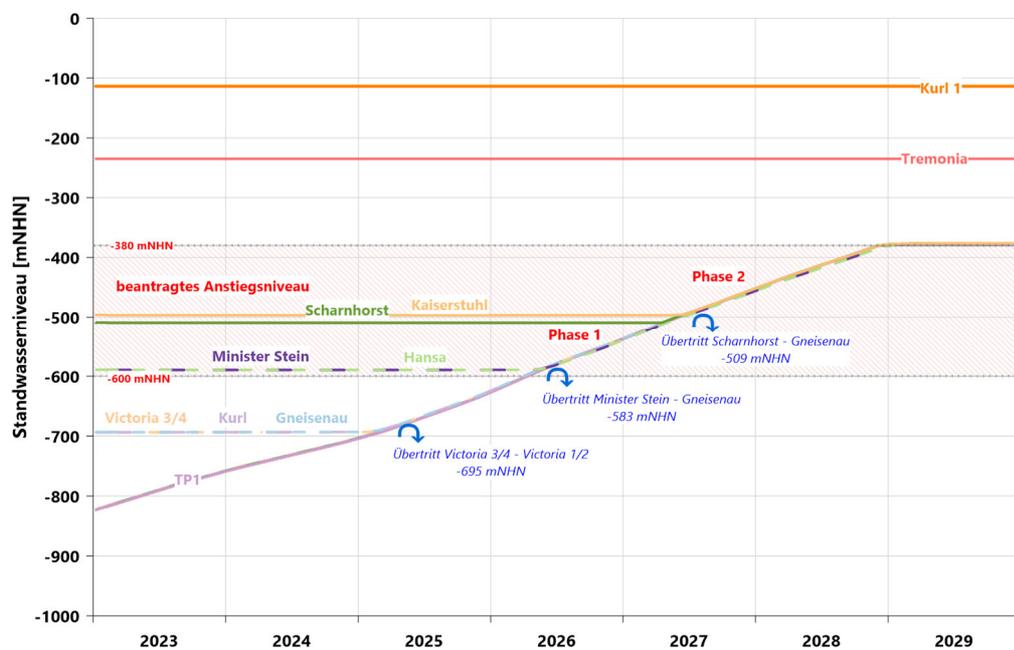


Abb. 27: Prognosen zum Verlauf des Grubenwasseranstiegs bis -380 mNHN in der WP Haus Aden - Betrachtungszeitraum 2023 bis 2029 (Datenquelle: RAG AG)

In der räumlichen Betrachtung lässt sich der Grubenwasseranstieg von -600 mNHN auf -380 mNHN in zwei Phasen gliedern (vgl. Abb. 27 und Anl. 7):

Phase 1 - in einer ersten Anstiegsphase erweitert sich der Anstiegsbereich TP 1 um den Bereich der TP 2a. In dieser Phase steigt das Standwasserniveau in den Teilprovinzen TP1 und TP2a innerhalb von 13 Monaten mit einer mittleren Geschwindigkeit um 90 m/a um rd. 100 m bis auf ein Niveau um -500 mNHN an.

Phase 2 - in der zweiten Anstiegsphase werden dann bei einem Standwasserniveau um -500 mNHN auch die Boxen Scharnhorst und Kaiserstuhl am SW-Rand der WP Haus Aden (TP 2b) in den Anstieg einbezogen. In dieser Phase steigt das Standwasserniveau im gesamten Anstiegsbereich der WP Haus Aden großflächig innerhalb von rd. 20 Monaten mit einer mittleren Geschwindigkeit um 76 m/a um rd. 120 m bis auf ein Niveau um -380 mNHN an.

Die Anstiegsgeschwindigkeit geht damit gegenüber der Phase 1 nur geringfügig zurück.

Die Boxen Tremonia und Kurl 1 sind aufgrund des höheren Standwasserniveaus nicht vom Grubenwasseranstieg bis -380 mNHN betroffen.

9.2 Eingestaute Abbaubereiche

Eine Übersicht über die im Zuge des Grubenwasseranstiegs bis -600 mNHN bereits eingestauten sowie den im Zuge des weiteren Grubenwasseranstiegs zwischen -600 mNHN und -380 mNHN zusätzlich eingestauten Abbaufeldern liefert Anl. 13.

Die zusätzlich in den Grubenwasseranstieg einbezogenen Grubenbaue liegen im Wesentlichen in den nördlichen und südlichen Randbereichen der Bochumer Hauptmulde sowie im Bereich der ehemaligen Wasserprovinz Hansa (TP2).

In den Abbauschwerpunkten im Zentrum der Bochumer Hauptmulde (Victoria 3/4, Victoria 1/2, Haus Aden, Grillo, Monopol Nord, Heinrich Robert, Radbod) sind bereits überwiegend alle Abbaufelder eingestaut; dies gilt auch für die Box Haus Aden Nord. Hier werden in den höheren Niveaus oberhalb -600 mNHN keine zusätzlichen Abbaubereiche eingestaut.

In den bereits beim Grubenwasseranstieg bis -600 mNHN eingestauten Grubenbauen werden die Einstauhöhen im Bereich TP1 und TP2a insgesamt um rd. 220 m, im Bereich der TP 2b um rd. 120 m ansteigen.

Eine Übersicht über die beim Grubenwasseranstieg bis -380 mNHN sich einstellenden Gesamteinstauhöhen liefert Anl. 14. Danach werden in den Abbauschwerpunkten im Zentrum der Bochumer Hauptmulde in den Boxen Victoria 1/2, Grillo und Monopol Nord die größten Einstauhöhen mit Beträgen zwischen 900 und 1.100 m auftreten, während in den Boxen Victoria 3/4, Heinrich Robert und Radbod Einstauhöhen zwischen 700 und 900 m sowie in der Box Haus Aden Einstauhöhen um 600 bis 700 m zu erwarten sind.

In den übrigen Boxen bleiben die Einstauhöhen im Wesentlichen unterhalb 500 m bzw. erreichen an einigen Stellen bis 700 m (Haus Aden Nord, Minister Stein).

Insbesondere in den Boxen Kaiserstuhl, Scharnhorst und Kurl am SW-Rand der WP Haus Aden sind die Einstauhöhen insgesamt gering und erreichen nur sehr lokal begrenzt Beträge zwischen 300 und 500 m.

Auf eine differenzierte Betrachtung der in Kap. 9.1 beschriebenen Anstiegsphasen wurde aufgrund der geringen Gesamteinstauhöhen im Zuge des zusätzlichen Grubenwasseranstiegs in der Zone TP 2b (Phase 2) verzichtet.

9.3 Eingestaute Deckgebirgsbereiche

Beim Grubenwasseranstieg bis -380 mNHN wird das Druckniveau in den Grubenbauen sukzessive von Norden her über das Niveau der Deckgebirgsbasis ansteigen. Zusätzlich zu den beim Grubenwasseranstieg bis -600 mNHN bereits eingestauten Deckgebirgsbereichen am Nordrand der Boxen Haus Aden Nord sowie in der Box Radbod wird das Druckniveau dann auch in den Abbauschwerpunkten der Boxen Heinrich Robert, Monopol Nord und Haus Aden bis über das Niveau der Deckgebirgsbasis ansteigen. Dabei wird das Druckniveau in den Grubenbauen in der Box Radbod ein Niveau um rd. 400 m oberhalb der Deckgebirgsbasis erreichen.

Das Ausmaß der Wechselwirkungen mit dem basalen Grundwasserstockwerk ist abhängig von den Gebirgsdurchlässigkeiten im Grenzbereich zwischen Karbon- und Deckgebirge. Gemäß U1 waren im Bereich der TP1 keine verstärkten Wasserzutritte aus dem Deckgebirge bekannt, die auf eine erhöhte Durchlässigkeit hinweisen. Da konkrete Erkenntnisse fehlen, wird im Rahmen der vorliegenden Betrachtungen auch ein Druckanstieg in den basalen Deckgebirgsschichten berücksichtigt (vgl. Tiefpegel Ost in Kap. 5.3).

9.4 Identifikation von markanten Hebungsrandbereichen

Markante Hebungsrandbereiche gemäß der in Kap. 3 aufgeführten Definition sind zunächst dort zu erwarten, wo im Rahmen des Abbaus an Abbaugrenzen markante Senkungsränder entstanden sind (vgl. Kap. 8.1) und im Rahmen des Grubenwasseranstiegs Einstauhöhen von mindestens 300 bis 600 m zu erwarten sind. Dort, wo der Grubenwasseranstieg räumlich und zeitlich differenziert erfolgt, können im Verlauf des Grubenwasseranstiegs aber nicht nur an den äußeren Abbaurändern des Betrachtungsraums sondern auch innerhalb des Betrachtungsraums Bereiche mit unterschiedlichem Verlauf des Grubenwasseranstiegs und daraus resultierendem Potenzial für die Entwicklung von Bodenhebungsdifferenzen aneinander grenzen. Auch diese sind grundsätzlich im Hinblick auf eine ungleichmäßige Entwicklung der Bodenbewegungen zu bewerten.

Im Bereich der WP Haus Aden erfolgt der Grubenwasseranstieg zwischen -600 mNHN und -380 mNHN im Wesentlichen großflächig einheitlich. Nur in den südwestlichen Boxen Kaiserstuhl und Scharnhorst (TP 2b) erfolgt der Anstieg verzögert. (vgl. Kap. 7 und Anl. 7). Im Grenzbereich zwischen den Teilprovinzen TP2a und TP 1b bzw. TP 2a und TP 2b sind aber keine markanten Abbauränder mit signifikanten Einstauhöhen vorhanden, so dass das Bodenhebungspotenzial gering ist. Auch sind hier keine in SW-NE-Richtung verlaufende tektonischen Störungen ausgebildet, an denen sich gegebenenfalls ungleichmäßige Bodenhebungen entwickeln könnten. Der verzögerte Anstiegsverlauf ist daher hier im Hinblick auf die Ausbildung von signifikanten Hebungsrandbereichen nicht von Bedeutung.

Im Rahmen des Grubenwasseranstiegs bis -600 mNHN wurden in U1 die in Anl. 12 dargestellten potenziellen Unstetigkeitszonen im Hinblick auf potenziellen Einwirkungen durch ungleichmäßige Bodenbewegungen ausgewiesen.

1. Achenbach-Sprung im Bereich Brechten - Lünen-Süd
2. Unnaer Sprung bei Beckinghausen, Oberaden, Weddinghofen und Kamen
3. Königsborner Sprung bei Werne, in Bergkamen und in Kamen
4. Fliericher Sprung zwischen Lerche und Sandbochum

Für die vorliegende Bearbeitung lagen zusätzliche Angaben zur Teufenlage der einzelnen Abbaufelder (s. Anl. 5) sowie zur Charakteristik der tektonischen Störungszonen im Hinblick auf die Ausbildung im Deckgebirge (s. Anl. 3) vor.

Daraus ergibt sich, dass im Bereich der in U1

- am Achenbach-Sprung im Bereich Brechten - Lünen-Süd
(vgl. Detaillinie 10 in Anl. 12),
- am Unnaer Sprung in Weddinghofen und Kamen
(vgl. Detaillinien 6 und 7 in Anl. 12) sowie
- am Königsborner Sprung in Kamen (vgl. Detaillinie 5 in Anl. 12)

beim Grubenwasseranstiegs bis -380 mNHN kein signifikanter Einstau von Grubenbauen erfolgt (vgl. Anl. 14) und es somit auch nicht zur Ausbildung signifikanter Hebungsrandbereiche kommen kann. Diese in U1 ausgewiesenen potenziellen Unstetigkeitszonen brauchen daher für die vorliegende Betrachtung nicht weiter berücksichtigt werden.

Die übrigen in U1 ausgewiesenen potenziellen Untertigkeitszonen sind demgegenüber auch im Rahmen der vorliegenden Betrachtung für den Grubenwasseranstieg zwischen -600 mNHN und -380 mNHN zu berücksichtigen.

Im Hinblick auf die Bewertung möglicher Bergschäden mit einigem Gewicht im Rahmen des Grubenwasseranstiegs bis rd. -380 mNHN werden hier zunächst die markantesten Hebungsrandbereiche bewertet. Unter Berücksichtigung der in Anl. 10.1 und Anl. 10.2 dargestellten Senkungsbereiche, der Lage der Einstaubereiche einschließlich der Einstauhöhen (Anl. 14) sowie der zeitlichen Entwicklung des Grubenwasseranstiegs lassen sich die folgenden markantesten Hebungsrandbereiche mit höchstem Einwirkungspotenzial im Hinblick auf die Ausbildung von Unstetigkeitszonen im Betrachtungsraum identifizieren (Anl. 15):

- **A:** TP 1a - Box Haus Aden,
Unnaer Sprung bei Beckinghausen, Oberaden

südwestlicher Abbaurand des Abbauswerpunktes in der Box Haus Aden;
„überwiegend“ einseitiger Einstau am Unnaer-Sprung um rd. 200 m in der Box Haus Aden;
Gesamteinstauhöhe unter Berücksichtigung des bis 2023 bereits erfolgten Teilanstiegs rd. 600 m.

- **B1:** TP 1a - Box Grillo, Königsborner Sprung in Bergkamen-Südost
nordöstlicher Abbaurand des zentralen Abbaubereiches der Box Grillo;
Einstau am Königsborner Sprung um rd. 200 m; Gesamteinstauhöhe unter Berücksichtigung des bis 2023 bereits erfolgten Teilanstiegs bis rd. 900 m südwestlich der Störungszone.

- **B2:** TP 1a - Box Haus Aden, Königsborner-Sprung in Bergkamen Nordost nordöstlicher Abbaurand der Box Haus Aden;
einseitiger Einstau am Königsborner Sprung um rd. 200 m; Gesamteinstauhöhe unter Berücksichtigung des bis 2023 bereits erfolgten Teilanstiegs einseitig max. rd. 500 m.

- **C:** TP 1a - Box Heinrich Robert,
Fliericher Sprung zwischen Lerche und Sandbochum südwestlicher Abbaurand der Box Heinrich Robert;
Einstau am Fliericher Sprung um rd. 200 m; Gesamteinstauhöhe unter Berücksichtigung des bis 2023 bereits erfolgten Teilanstiegs einseitig max. rd. 500 bis 700 m.

Ein weiterer markanter Hebungsrandbereich ist am NE-Rand der Box Heinrich Robert am Ostsprung ausgebildet. Dieser ist aber für die vorliegende Betrachtung nicht relevant, da der Ostrand sich nicht in das Deckgebirge hinein fortsetzt (vgl. Höhenlage Karbonoberfläche in Anl. 2).

Zu den benachbarten Wasserprovinzen der WP Haus Aden bestehen keine weiteren signifikanten Hebungsrandbereiche entlang von Querstörungszonen, die im Hinblick auf Bergschäden mit einigem Gewicht von Bedeutung sein könnten.

10 Bewertung des zusätzlichen Einwirkungspotenzials beim Grubenwasseranstieg von -600 mNHN auf -380 mNHN

10.1 Bewertungskriterien

Als Grundlage für eine differenzierte Betrachtung des Einwirkungspotenzials aus Bodenhebungen im Zuge des Grubenwasseranstiegs in Bereichen des Steinkohlentiefbergbaus mit Deckgebirgsüberlagerung wurde für das Ruhrrevier eine dreistufige Klassifikation durch Aufstellung von Einwirkungsklassen (EK) mit unterschiedlicher Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von möglicherweise schadensrelevanten Bodenhebungsdifferenzen erarbeitet (U1; HEITFELD ET AL., 2014):

EK 1 (rot) - hohe Wahrscheinlichkeit,

EK 2 (gelb) - mittlere Wahrscheinlichkeit,

EK 3 (blau) - geringe Wahrscheinlichkeit

für das Auftreten von schadensrelevanten Bodenhebungsdifferenzen.

Ein wesentlicher Aspekt dieser Klassifikation ist die überregionale Vergleichbarkeit des Einwirkungspotenzials anhand einheitlicher geologisch-hydrogeologischer und bergbaulicher Kriterien. Dies ist insbesondere im Hinblick auf die Bewertung des Einwirkungspotenzials im Vergleich zu den Verhältnissen im Erkelenzer Revier (Wassenberg) von Bedeutung, wo bisher erstmalig öffentlichkeitswirksame Bergschäden von einigem Gewicht durch un stetige Bodenhebungen infolge des Grubenwasseranstiegs aufgetreten sind.

Die für den Bereich der WP Ost eingeführte und auch bereits für weitere Wasserprovinzen des Ruhrreviers angesetzte Klassifikation wird nachfolgend auch für den

hier behandelten Betrachtungsraum der ehemaligen WP Ost mit der WP Hansa übernommen.

Die geologisch-hydrogeologischen und bergbaulichen Verhältnisse am Rurrand im Erkelenzer Revier werden als Referenz für die Einwirkungsklasse 1 angesehen. Eine Detailbeschreibung der maßgeblichen Kriterien für die Klassifikation in die Einwirkungsklassen 1 bis 3 für den Bereich der WP Ost wurde in U1 vorgelegt.

Neben den Kriterien, die vom Untergrundaufbau (geologisch-hydrogeologische Kriterien) und der räumlichen Verteilung der Abbaubereiche abhängen, sind auch Kriterien relevant, die das Niveau des Grubenwasseranstiegs, die Anstiegshöhe und die Anstiegsgeschwindigkeit betreffen. Auch hierzu liegen neben Erfahrungen aus anderen Steinkohlenrevieren auch Erfahrungen insbesondere aus den Bereichen Königsborn und Westfalen vor, die als Referenz für die Bewertung des Einwirkungspotenzials herangezogen werden können (vgl. Kap. 8.3.5).

So zeigen Erfahrungen aus dem Bereich des Bergwerks Westfalen, dass in der Anfangsphase des Grubenwasseranstiegs gegebenenfalls zunächst mit neu einsetzenden Bodensenkungen zu rechnen ist und zur Aktivierung von ersten Bodenhebungen Mindestinstauhöhen der Abbaue zwischen 300 und 600 m erforderlich sind. Dies wird durch entsprechende Beobachtungen aus anderen Bereichen des Grubenwasseranstiegs in Nordrhein-Westfalen und aus dem Raum Südlimburg (NL) bestätigt. Auch die bisherigen Ergebnisse der Beobachtung von Bodenbewegungen beim Grubenwasseranstieg in der WP Haus Aden (vgl. Kap. 8.3) sowie im Bereich Königsborn (s. Abb. 24) bestätigen dies.

10.2 Einflussfaktoren

- Geologisch-hydrogeologische Kriterien

Die tektonischen Störungszonen im Bereich der WP Haus Aden stellen keine noch heute aktiven Störungsbahnen (im Vergleich zu Störungszonen der Niederrheinischen Bucht) dar. Bei den Störungsbahnen handelt es sich um breite Gesteinsbruchzonen, mit einer Schar von Bewegungsbahnen. Eine scharfe, mit Tonbelägen „geschmierte“ singuläre Trennfuge als potenzielle Hauptgleitfuge mit entsprechend reduzierter Scherfestigkeit, auf die sich durch einseitige Hebungsbewegungen hervorgerufene Scherbewegungen konzentrieren könnten (vergleichbar dem Rurrand im Erkelenzer Revier), ist hier nicht ausgebildet. Solche Bewegungsbahnen treten bevorzugt in einem von Lockergesteinen aufgebauten Deckgebirge mit Tonschichten auf. Derartige Verhältnisse liegen innerhalb des Betrachtungsraums nicht vor.

Die bisherigen Erfahrungen aus dem Ruhrrevier weisen darauf hin, dass an den tektonisch bedingten Abbaurandbereichen in Bereichen mit mächtigem Kreidedeckgebirge die Hebungsbewegungen kontinuierlich, ohne Ausbildung von Unstetigkeiten abnehmen (s. Königsborn, Fliericher Sprung - Kap. 8.3.5). Dies ist auch darauf zurückzuführen, dass diese Störungen in dem basalen Deckgebirgsgrundwasserleiter keine signifikante hydraulische Barriere bilden, an denen es zu einem einseitigen Anstieg des Druckniveaus im Deckgebirge kommen könnte. Insofern stellt der Einstau des Deckgebirges hier keinen zusätzlichen Risikofaktor im Hinblick auf die Ausbildung ungleichmäßiger Bodenhebung dar, auch wenn das Gesamthebungspotenzial beim Deckgebirgseinstau durch zusätzliche Dehnungsbewegungen im Deckgebirge vergrößert werden kann. Die Entwicklung der Bodenbewegungen in

den Hauptquerstörungsbereichen weicht damit hier grundsätzlich von der schadensrelevanten Entwicklung am Rurrand im Erkelenzer Revier ab.

Aus der Betriebsphase sind gemäß den Angaben der RAG Unstetigkeiten insbesondere an Abbaurändern im Bereich der tektonischen Hauptstörungszonen aufgetreten; diese sind hinsichtlich der Bewertung potenzieller Einwirkungsbereiche zu berücksichtigen.

- Anstiegsgeschwindigkeit

Ein schneller Anstieg des Grubenwasserspiegels kann einen zusätzlichen Impuls zur Aktivierung einer tektonisch vorgeprägten Bewegungsbahn geben und so die Ausbildung von Hebungsdifferenzen an einer scharf begrenzten Bewegungsbahn begünstigen. Zum Vergleich sind die Anstiegskurven anderer Bereiche des Grubenwasseranstiegs im Steinkohlenbergbau in Nordrhein-Westfalen und Südl Limburg (NL) zusammen mit einer Anstiegskurve für die WP Haus Aden in Abb. 28 dargestellt.

Für den Bereich der WP Haus Aden ist nach den Prognosen des Grubenwasseranstiegs der RAG AG mit einer mittleren Anstiegsgeschwindigkeit von rd. 83 m/a zu rechnen. Der Anstiegsverlauf in der WP Haus Aden kennzeichnet einen Bereich mit einer mittleren Anstiegsgeschwindigkeit - ähnlich den Verhältnissen in Königsborn, aber auf einem deutlich tieferen Niveau. Der trotz insgesamt geringer Wasserzuläufe in den Bereichen der TP 1 vergleichsweise schnelle Anstieg (vgl. Westfalen, Minister Stein, Ickern in Abb. 28) ist bedingt durch verstärkte Wasserzuläufe aus anderen Bereichen der WP Haus Aden mit lokal verstärkten Wasserzutritten aus dem Deckgebirge (Gneisenau, vgl. U1).

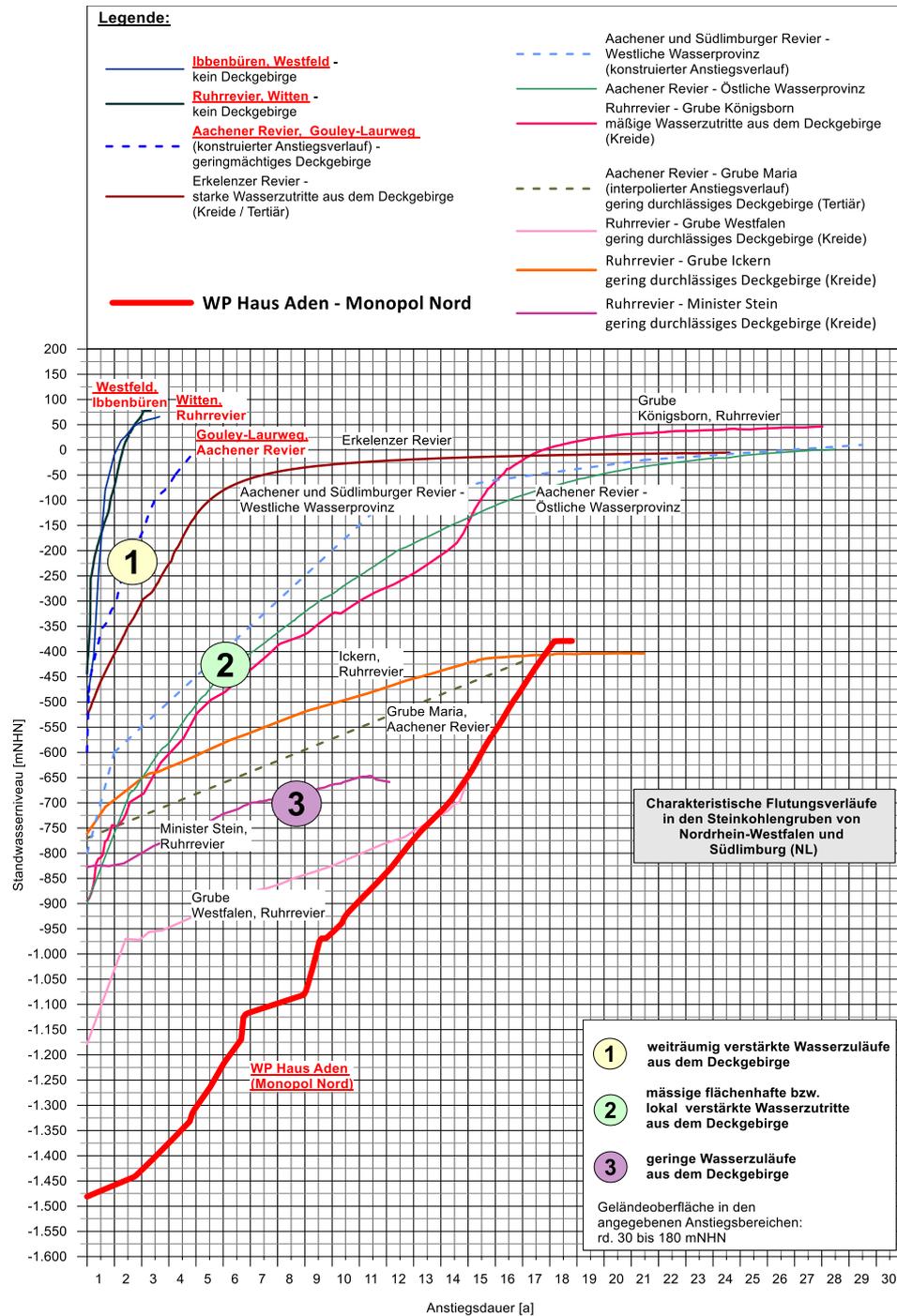


Abb. 28: Vergleichende Gegenüberstellung von Grubenwasseranstiegsverläufen in verschiedenen Steinkohlengruben/-revieren in NRW und Südlimburg (NL) mit Prognose für den Anstieg im Betrachtungsraum bis rd. -380 mNHN (verändert nach ROSNER, 2011)

Die Anstiegsgeschwindigkeit ist aber insgesamt auf dem vergleichsweise tiefen Anstiegsniveau nicht als primärer Einflussfaktor zur Klassifizierung des Einwirkungspotenzials zu bewerten.

- Unstetigkeiten

Die Ausbildung von Unstetigkeiten in der Abbauphase ist grundsätzlich als Hinweis auf das Vorhandensein einer das Deckgebirge durchschlagenden Bewegungsbahn zu bewerten. Dokumentierte Unstetigkeiten (vgl. Anl. 10.1) sind daher als zusätzlicher Einflussfaktor im Hinblick auf die mögliche Ausbildung von Unstetigkeitszonen beim Grubenwasseranstieg mit zu berücksichtigen.

Bei der Bewertung ist aber auch zu berücksichtigen, dass insbesondere in den älteren Stilllegungsbereichen die Dokumentation von Unstetigkeiten unvollständig sein kann.

10.3 Bodenhebungspotenzial

Das Gesamthebungspotenzial eines vollständigen Grubenwasseranstiegs lässt sich unter Berücksichtigung der Erkenntnisse aus dem Bereich Königsborn sowie aus anderen Stilllegungsbereichen (z.B. Aachener Revier) und den speziellen geologisch-hydrogeologisch-bergbaulichen Verhältnissen des Betrachtungsraums für die Hauptsenkungsbereiche des ehemaligen Abbaus überschlägig in einer Größenordnung um maximal rd. 0,2 bis 0,4 m abschätzen (rd. 2 % der abbaubedingten Bodensenkungen). Dabei können sich geringe Bodenhebungen auch über die Grenzen der beim Abbau festgestellten Bergsenkungsbereiche hinaus entwickeln.

Im Rahmen des Teilanstiegs auf ein Teufenniveau von rd. -380 mNHN wird erfahrungsgemäß allerdings nur ein Teil dieses Gesamthebungspotenzials aktiviert. Das Ausmaß der Bodenhebungen ist abhängig u.a. von der in Anl. 14 dargestellten Einstauhöhe der Abbaufelder. Auf der Grundlage von langjährigen empirischen Erfahrungen aus anderen Grubenwasseranstiegsbereichen des Steinkohlenbergbaus in NRW lassen sich den Einstauhöhen der Abbaufelder Bodenhebungspotenziale zuordnen. Diese geben die Bodenhebungsbeträge an, die infolge des konkreten Einstaus der einzelnen Abbaufelder im unmittelbaren Bereich dieser Abbaufelder zu erwarten sind. Eine entsprechende Darstellung des beim Grubenwasseranstieg in der WP Haus Aden bis -380 mNHN erwarteten Gesamthebungspotenzials für die einzelnen Abbaubereiche zeigt basierend auf Anl. 14 der Lageplan in Anl. 15.

Im Umfeld der dargestellten Abbaufelder ist jeweils mit einem „Hebungssaum“ zu rechnen, in dessen Bereich die Hebungen sukzessive ausklingen. Dieser „Hebungssaum“ ist aufgrund der Prognoseungenauigkeit bei den insgesamt geringen Bodenhebungsbeträgen nicht dargestellt. Tatsächlich werden aber im Rahmen des Bodenbewegungsmonitorings auch entsprechend geringere Bodenhebungen um die in den Kartenblättern dargestellten Abbaufelder herum festgestellt werden. Insgesamt führt dies zu einer großflächigen Vergleichmäßigung der Bodenhebungen an der Tagesoberfläche. Diese Bodenhebungen können in den Randbereichen der Wasserprovinzen auch über die Grenzen der Wasserprovinzen hinausgehen.

In Bereichen, in denen die Gesamteinstauhöhen von Abbaufeldern auf Beträge unter 300 m begrenzt sind, werden nach den bisherigen Erkenntnissen keine Bodenhebungen erwartet. Diese Abbaubereiche sind daher der Übersichtlichkeit halber in Anl. 15 ausgeblendet.

In Bereichen, in denen das Grubenwasser die Grubenbaue vollständig auffüllt und der Druckspiegel über das Niveau der Deckgebirgsbasis ansteigt, muss auch mit einem Anstieg von Druckhöhen in dem basalen Deckgebirgsgrundwasserleiter (Cenoman/Turon-Schichten) gerechnet werden. Dies betrifft Bereiche des Grubenwasseranstiegs im nördlichen Teil der WP Haus Aden; diese Bereiche sind durch eine blaue Schraffur gesondert gekennzeichnet. Bei einem Druckanstieg in den basalen Deckgebirgsschichten kann es hier infolge von Dehnungsvorgängen in diesen Schichten zu zusätzlichen Bodenhebungen an der Geländeoberfläche kommen. Für die innerhalb der so gekennzeichneten Flächen gelegenen Abbaufelder wird ein zusätzliches Hebungspotenzial von maximal 3 cm berücksichtigt. Die Hebungssäume um die einzelnen Abbaufelder erreichen in diesen Bereichen eine vergleichsweise größere flächenhafte Ausdehnung. Auch innerhalb der so gekennzeichneten Flächen konzentrieren sich die Bodenhebungen aber auf die Abbaufelder.

In der Summe werden so für den vom Anstieg bis -380 mNHN in der WP Haus Aden betroffenen Abbaubereichen maximale Bodenhebungen in den Abbauschwerpunkten der Boxen Victoria 1/2, Grillo, Monopol Nord und Heinrich Robert um 9 bis 12 cm erwartet. An den in Kap. 9.4 ausgewiesenen Hebungsrandbereichen A bis C sind demnach maximale Bodenhebungen um 5 bis 9 cm zu erwarten (Anl. 15).

Flächenhaft sind die größeren Hebungsbewegungen mit rd. 5 bis 10 cm, bzw. maximal <12 cm im zentralen und nordöstlichen Teil der WP Haus Aden zu erwarten. Im südwestlichen Bereich - ehemalige WP Hansa - werden demgegenüber flächenhaft deutlich geringere Hebungsbeträge < 5 cm erwartet. In den Anstiegsbereichen Kaiserstuhl, Scharnhorst und Kurl sind keine signifikanten Bodenhebungen zu erwarten.

10.4 Erkenntnisse zu ungleichmäßigen Bodenhebungen aus dem bisherigen Grubenwasseranstieg

Im Rahmen des bisherigen Grubenwasseranstiegs bis etwa -795 mNHN in der TP1 wurden auch an den in U1 ausgewiesenen potenziellen Unstetigkeiten erwartungsgemäß bisher keine signifikanten Bodenhebungen festgestellt (s. Kap. 8.3.4). Am Fliericher Sprung treten infolge Restsenkungen im Abbauschwerpunkt der Box Heinrich Robert weiterhin Senkungsbewegungen auf, die aber auch über den Fliericher Sprung gleichmäßig ohne Hinweis auf unstetige Bodenbewegungen ausgebildet sind.

Auch die Erfahrungen aus dem Bereich Königsborn zeigen, dass selbst bei vollständigem Grubenwasseranstieg an dem den Abbauschwerpunkt der ehemaligen Grube Königsborn begrenzenden Fliericher Sprung es mit zunehmendem Abstand zum Abbaubereich über die tektonische Störungszone hinweg zu einem kontinuierlichen Abklingen der Bodenhebungen kommt, ohne Hinweise auf Unstetigkeiten (s. Kap. 8.3.5).

Grundsätzlich ergeben sich daher auch anhand der bisherigen Erfahrungen im Bereich der WP Haus Aden und deren unmittelbaren Umfeld keinerlei Hinweise auf die Ausbildung von potenziell schadensrelevanten Unstetigkeiten an ehemaligen Abbaurändern.

10.5 Einwirkungspotenziale an markanten Hebungsrandbereichen

Als Referenz für die Charakterisierung des Einwirkungspotenzials im Hinblick auf die Ausbildung von potenziell schadensrelevanten Unstetigkeitszonen wurden in Kap. 9.4 die unter Berücksichtigung der Abbauverhältnisse und der zeitlichen Entwicklung des Grubenwasseranstiegs markantesten Hebungsrandbereiche ausgewiesen (Anl. 15). Diese sind im Folgenden unter Berücksichtigung der zuvor aufgeführten bergbaulich-hydrogeologisch-geotechnisch relevanten Einflussfaktoren, des erwarteten Gesamthebungspotenzials sowie der Erkenntnisse zur Entwicklung der Bodenhebungen an tektonisch vorgezeichneten Abbaurändern im Hinblick auf die Ausbildung von Bergschäden mit einigem Gewicht bewertet.

- **Potenzielle Unstetigkeitszone A, Unnaer Sprung bei Beckinghausen, Oberaden**
Einwirkungsklasse 3 (blauer Bereich)
 - Einstau an einer das Steinkohlengebirge und das Deckgebirge durchschlagenden tektonischen Störungszone;
 - Unstetigkeiten dokumentiert;
 - Gesamthebungspotenzial < 5 cm

Bewertung:

Aufgrund des begrenzten Gesamthebungspotenzials von < 5 cm und dem auch südwestlich der Störungszone - zwar z.T. in einer Entfernung - zu erwartenden Hebungsbewegungen (Box Victoria 1/2) erfolgt eine Einteilung in die Einwirkungsklasse 3. Die Entwicklung einer Unstetigkeitszone ist hier nicht grundsätzlich auszuschließen, aber nach allen bisherigen Erkenntnissen nicht zu erwarten. Ein Potenzial für die Ausbildung von Bergschäden mit einigem Gewicht ist aber

aufgrund des begrenzten Gesamthebungspotenzials und des beidseitigen Einstaus beim Teilanstieg bis rd. -380 mNHN nicht vorhanden.

- **Potenzielle Unstetigkeitszone B1**, Königsborner Sprung in Bergkamen-Südost
Einwirkungsklasse 3 (blauer Bereich)
 - Einstau an einer das Steinkohlengebirge und das Deckgebirge durchschlagenden tektonischen Störungszone;
 - Unstetigkeiten dokumentiert;
 - Gesamthebungspotenzial < 9 cm

Bewertung:

Aufgrund des beidseitigen Einstaus der Störungszone (Box Grillo und Monopol Nord) erfolgt eine Einteilung in die Einwirkungsklasse 3. Die Entwicklung einer Unstetigkeitszone ist unter Berücksichtigung des einseitig deutlich erhöhten Gesamthebungspotenzials < 9 cm nicht grundsätzlich auszuschließen, aber nach allen bisherigen Erkenntnissen nicht zu erwarten.

Ein Potenzial für die Ausbildung von Bergschäden mit einigem Gewicht ist aber aufgrund des begrenzten Gesamthebungspotenzials und des beidseitigen Einstaus beim Teilanstieg bis rd. -380 mNHN nicht vorhanden.

- **Potenzielle Unstetigkeitszone B2**, Königsborner-Sprung in Bergkamen Nordost
Einwirkungsklasse 3 (blauer Bereich)
 - Einstau an einer das Steinkohlengebirge und das Deckgebirge durchschlagenden tektonischen Störungszone;
 - Unstetigkeiten dokumentiert;
 - Gesamthebungspotenzial < 6 cm

Bewertung:

Aufgrund des begrenzten einseitigen Gesamthebungspotenzials von < 3 cm und dem auch nordöstlich der Störungszone - zwar z.T. in einiger Entfernung - zu erwartenden Hebungsbewegungen innerhalb der Box Haus Aden erfolgt eine Einteilung in die Einwirkungsklasse 3. Das zusätzlich zu berücksichtigende Hebungspotenzial aus dem Druckanstieg im Deckgebirge von rd. 3 cm ist beidseitig der Störung zu berücksichtigen und daher für die potenzielle Ausbildung einer Unstetigkeitszone nicht relevant.

Die Entwicklung einer Unstetigkeitszone ist hier nicht grundsätzlich auszuschließen, aber nach allen bisherigen Erkenntnissen nicht zu erwarten.

Ein Potenzial für die Ausbildung von Bergschäden mit einigem Gewicht ist aber aufgrund des begrenzten Gesamthebungspotenzials und des beidseitigen Einstaus beim Teilanstieg bis rd. -380 mNHN nicht vorhanden.

- **Potenzielle Unstetigkeitszone C**, Fliericher Sprung zwischen Lerche und Sandbochum

Einwirkungsklasse 3 (blauer Bereich)

- Einstau an einer das Steinkohlengebirge und das Deckgebirge durchschlagenden tektonischen Störungszone;
- Unstetigkeiten dokumentiert;
- Gesamthebungspotenzial < 8 cm

Bewertung:

Aufgrund der bisher noch anhaltenden Bodensenkungen und dem - zwar in einiger Entfernung - auch südwestlich der Störung in der Box Monopol Nord statt-

findenden Einstau der Grubenbaue sowie einem einseitigen Gesamthebungspotenzial unmittelbar an der Störung von < 5 cm ist die Entwicklung einer Unstetigkeitszone nicht grundsätzlich auszuschließen, aber nach allen bisherigen Erkenntnissen nicht zu erwarten. Das zusätzlich zu berücksichtigende Hebungspotenzial aus dem Druckanstieg im Deckgebirge von rd. 3 cm ist beidseitig der Störung zu berücksichtigen und daher für die potenzielle Ausbildung einer Unstetigkeitszone nicht relevant.

Ein Potenzial für die Ausbildung von Bergschäden mit einigem Gewicht ist aber aufgrund des begrenzten Gesamthebungspotenzials und des beidseitigen Einstaus beim Teilanstieg bis rd. -380 mNHN nicht vorhanden.

Vom Grundsatz her sind die hier für die Risikobetrachtung aufgeführten markantesten Hebungsrandbereiche innerhalb der WP Haus Aden auch unter Ansatz ungünstiger Randbedingungen als potenzielle Unstetigkeitszonen der Einwirkungsklasse 3 gemäß Kap. 10.1 zuzuordnen. An entsprechenden potenziellen Unstetigkeitszonen wurden in anderen Grubenwasseranstiegsbereichen des Steinkohlenbergbaus in Nordrhein-Westfalen und Südlomburg (NL) auch bei vollständigem Einstau der Grubenbaue bisher keine Bergschäden beobachtet.

10.6 Zusammenfassende Bewertung

Hinsichtlich der Gesamtbewertung des Einwirkungspotenzials von Bodenbewegungen im Rahmen des Grubenwasseranstiegs ist zunächst festzuhalten, dass im Zuge der Bodenhebungen infolge des Grubenwasseranstiegs nur ein Bruchteil der abbaubedingten Bodenbewegungen (Senkungen lokal bis rd. 20 m) auf die Geländeober-

fläche einwirken und das Schadenspotenzial, solcher durch den Grubenwasseranstieg hervorgerufenen Bodenhebungen, damit schon vom Grundsatz her um Größenordnungen geringer ist.

Bei dem hier dargelegten Teilanstieg bis rd. -380 mNHN wird darüber hinaus nur ein Teil des Gesamthebungspotenzials aktiviert. In den Bereichen mit den höchsten Gesamteinstauhöhen um 1.000 m im Bereich der Bochumer Hauptmulde werden maximale Hebungen um 9 bis 12 cm erwartet.

In der Anfangsphase des Grubenwasseranstiegs klingen abbaubedingte Bodensenkungen aus. Dort, wo die abbaubedingten Bodensenkungen bereits abgeschlossen waren, können sich kurzzeitig zusätzliche Senkungen in einer Größenordnung von wenigen Zentimetern entwickeln, die insgesamt als unschädlich angesehen werden können.

Außerhalb von tektonisch vorgezeichneten Hebungsrandbereichen, wo die Bodenhebungen großflächig und gleichmäßig erfolgen, sind keine schadensrelevanten Einwirkungen auf die Geländeoberfläche zu besorgen. In solchen Bereichen ist auch keine Reaktivierung von Unstetigkeitszonen aus der Abbauphase zu besorgen.

Die in diesen Bereichen auftretenden Schiefstellungen sind bei den hier betrachteten Hebungsbeträgen aus bautechnischer Sicht irrelevant und erfahrungsgemäß deutlich kleiner 1:10.000. Aus geotechnischer Sicht und im Hinblick auf die Bodenstruktur sind Zerrungen daher als unbedeutend zu bewerten.

Innerhalb des Betrachtungsraums treten lokal tektonisch vorgezeichnete Hebungsrandbereiche auf, an denen die Ausbildung von ungleichmäßigen Bodenhebungen

nicht grundsätzlich auszuschließen ist. Für diese sind aber keine prioritären bergbaulich-hydrogeologisch-geotechnischen Einflussfaktoren erkennbar, die selbst im Zuge eines vollständigen Grubenwasseranstiegs eine Einstufung in die Einwirkungsklasse 1 entsprechend den Verhältnissen im Erkelenzer Revier erfordern würde, wo bisher erstmalig öffentlichkeitswirksame Bergschäden von einigem Gewicht durch unstetige Bodenhebungen infolge des Grubenwasseranstiegs aufgetreten sind. Auch in diesen Bereichen ist daher im Zuge des Grubenwasseranstiegs bis ca. -380 mNHN erfahrungsgemäß nicht mit dem Auftreten von Schiefstellungen größer als 1:2.000 zu rechnen.

Somit ist für den Bereich der Wasserprovinz Haus Aden festzuhalten, dass das Bodenhebungspotenzial im Rahmen des hier betrachteten Grubenwasseranstiegs bis rd. -380 mNHN insgesamt auf wenige Zentimeter begrenzt ist und maximale Hebungen < 12 cm erwartet werden. Markante Einflussfaktoren für die Ausbildung von Unstetigkeiten an tektonisch vorgezeichneten Hebungsrandbereichen fehlen. Eine Aktivierung solcher Bewegungsbahnen an Hebungsrandbereichen ist daher für diesen Teilanstieg nicht vollständig auszuschließen, aber als sehr unwahrscheinlich zu bewerten. Ein Auftreten von Bergschäden mit einigem Gewicht ist nicht zu besorgen.

Dies wird auch durch die Erfahrungen aus anderen Grubenwasseranstiegsbereichen des Ruhrreviers bestätigt, wo bisher keine Bergschäden infolge ungleichmäßiger Bodenhebungen festgestellt wurden (insbesondere Königsborn).

Die im Rahmen des Grubenwasseranstiegs zu erwartenden Bodenbewegungen sind durch ein geeignetes Monitoring zu überwachen (s. Kap. 11).

11 Vorschlag für ein angepasstes Monitoringprogramm

Das im Rahmen des aktuellen Grubenwasseranstiegs seitens der RAG AG auf der Grundlage der zugehörigen Abschlussbetriebsplanzulassung für den Grubenwasseranstieg bis -600 mNHN durchgeführte Messprogramm ist in Anl. 12 dargestellt (vgl. Kap 8.3.3 und Kap. 8.3.4).

Danach werden zur flächenhaften Erfassung der auftretenden Bodenbewegungen Messdaten des in einem 2-jährigen Messrhythmus durchgeführten Leitnivellements von zwei SW-NE-orientierten Längsprofilen (Linie A und Linie B) sowie insgesamt vier Querprofilen (Linie 1 bis Linie 4) seitens der RAG AG ausgewertet; die Nullmessung wurde 2018 durchgeführt.

Zur Überwachung der in U1 ausgewiesenen Unstetigkeitszonen werden seitens der RAG AG insgesamt 10 Detaillinien (DL01 bis DL10) eingemessen (Anl. 12). Darüber hinaus werden zwei Detaillinien in Bereichen mit sensibler Nutzung am Kurler Sprung überwacht (DL11 - Datteln-Hamm Kanal, DL12 - Deponie Dortmund Nordost). Die Nullmessung erfolgte in 2018; die Messungen werden jährlich wiederholt.

Das bisherige Messprogramm (Übersichtsmesslinien und Detailmesslinien) ist vom Grundsatz her auch für das Monitoring der erweiterten Anstiegsphase von -600 mNHN auf -380 mNHN geeignet. Folgende Anpassungen sind im Hinblick auf den erweiterten Betrachtungsraum und die aktuellen Erkenntnisse zu den zu berücksichtigenden potenziellen Unstetigkeitszonen sinnvoll:

- Erweiterung der Messlinie B nach SW über die Abbauschwerpunkte Minister Stein und Hansa bis an den SW-Rand der Box Hansa.

- Ergänzung von zwei Querprofilen (Übersichtsmesslinien 5 und 6) in den Abbau-schwerpunkten der Boxen Hansa und Minister Stein.
- Die Detailmesslinien DL05, DL06, DL07 und DL10 können nach Erreichen des Anstiegsniveaus von -600 mNHN und einer abschließenden Bewertung entfal-len, soweit keine Auffälligkeiten festgestellt werden.

Darüber hinaus sollte im Rahmen der Auswertung der Übersichtsmessungen eine Plausibilitätsprüfung anhand der jeweils aktuellen Daten des Bodenbewegungskatasters NRW erfolgen.

Im Rahmen des weiteren Übersichtsmonitorings wird eine stärkere Berücksichti-gung der flächenhaft vorliegenden Ergebnisse von radarinterferometrischen Mes-sungen empfohlen. Dadurch könnte ein anschaulicheres und detaillierteres Bild der Veränderungen der Geländeoberfläche im Zuge des Grubenwasseranstiegs geschaf-fen werden. Die Intervalle für die terrestrische geodätische Vermessung der Über-sichtsprofile könnten dann verlängert werden. Die terrestrische geodätische Vermessung von Detaillinien muss davon unberührt aufrechterhalten werden.

12 Zusammenfassung

Im Bereich der WP Haus Aden ist aktuell ein Grubenwasseranstieg bis auf ein Niveau von -600 mNHN genehmigt. Gemäß den aktuellen Prognosen soll dieses Niveau in 05.2026 erreicht werden. Anschließend ist die Annahme der zulaufenden Grubenwässer am Standort der zentralen Wasserhaltung Schacht Haus Aden 2 und die Ableitung in die Lippe vorgesehen. Im Zuge einer Optimierung des Annahmenniveaus am Schacht Haus Aden 2 plant die RAG AG die weitere Anhebung der Standwasserniveaus auf -380 mNHN. Im Rahmen dieses Anstiegs sind zusätzliche Bodenhebungen zu erwarten.

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen wurde untersucht, ob beim weiteren Anstieg bis -380 mNHN ungleichmäßige Bodenbewegungen auftreten können, infolge derer Bergschäden mit einigem Gewicht an der Geländeoberfläche zu besorgen sind. Dabei wurde auch auf frühere Untersuchungen des IHS zur Bewertung der möglichen Einwirkungen von Bodenhebungen beim Anstieg bis -600 mNHN zurückgegriffen (U1).

Im Rahmen der Bearbeitung wurden die wesentlichen Bewertungsgrundlagen zu den geologisch-hydrogeologischen Randbedingungen sowie der räumlichen Verteilung der Abbaubereiche und der durch den Abbau erfolgten Bodensenkungen zusammengestellt. Weiterhin wurden die zeitliche und räumliche Entwicklung des bisherigen sowie des weiteren geplanten Grubenwasseranstiegs und die daraus resultierenden Bodenbewegungen analysiert. Dabei wurden insbesondere auch das laufende Monitoring für den Grubenwasseranstieg bis -600 mNHN sowie die Erkenntnisse aus dem südöstlich angrenzenden Anstiegsbereich der ehemaligen Grube Königsborn ausgewertet.

Auf dieser Grundlage wurden einerseits eine Abschätzung der zu erwartenden Bodenhebungsbeträge vorgenommen sowie andererseits diejenigen Zonen identifiziert, an denen das größte Potenzial für die Ausbildung von ungleichmäßigen Bodenhebungen erwartet wird. Für diese repräsentativen Zonen (als „Hebungsrandbereiche“ bezeichnet) wurde eine Bewertung des Einwirkungspotenzials im Hinblick auf das Auftreten von Bergschäden mit einigem Gewicht vorgenommen.

Das Standwasserniveau wird im Zuge des hier betrachteten Grubenwasseranstiegs um weitere maximal rd. 220 m angehoben. Die resultierenden Gesamteinstauhöhen des Grubengebäudes erreichen in den Hauptabbaubereichen der Bochumer Hauptmulde flächenhaft um 400 bis 700 m, lokal bis 1.000 m. Das Deckgebirgsniveau wird dabei nur im nordöstlichen Teil der Abbauzone erreicht, wo gering durchlässige Kreideablagerungen dem Karbon auflagern.

In den südwestlichen Bereichen der WP Haus Aden - Bereich ehemalige WP Hansa sowie Boxen Scharnhorst, Gneisenau und Kurl - ist bei Gesamteinstauhöhen von im Allgemein < 500 m bei der hier vorliegenden Tiefenlage der Abbaubereiche nicht mit der Ausbildung von signifikanten Bodenhebungen zu rechnen (Prognose < 3 cm). Das Bodenhebungspotenzial reicht im Rahmen eines solchen Teilanstiegs auch nicht aus, um Unstetigkeitszonen zu entwickeln, an denen Bergschäden mit einigem Gewicht entstehen könnten; es ist vielmehr überwiegend mit Restsenkungen im Zentimeterbereich zu rechnen.

In den zentralen und nordöstlichen Bereichen der WP Haus Aden werden bei flächenhaften Einstauhöhen um 500 bis 700 m und Einstauhöhen um 900 bis 1.000 m in den Abbauschwerpunkten auch unter Berücksichtigung des Deckgebirgseinstaus

im nördlichen Teil der WP Haus Aden flächenhaft Bodenhebungen in einer Größenordnung um 4 bis 8 cm sowie in den Abbauschwerpunkten lokal Bodenhebungen in einer Größenordnung < 12 cm prognostiziert.

Die Analyse der im Rahmen des hier betrachteten Grubenwasseranstiegs zu erwartenden Bodenbewegungen und der Vergleich mit vergleichbaren Bereichen des Grubenwasseranstiegs in Nordrhein-Westfalen zeigt, dass im Betrachtungsraum auch an den markantesten Hebungsrandbereichen mit dem vergleichsweise höchsten Einwirkungspotenzial im Hinblick auf die Entwicklung von Unstetigkeiten ein Auftreten von Bergschäden mit einigem Gewicht nicht zu besorgen ist. Insbesondere liegen hier keine vergleichbaren einwirkungsrelevanten geologisch-bergbaulichen Randbedingungen wie im Erkelenzer Revier vor, wo bisher erstmalig öffentlichkeitswirksame Bergschäden von einigem Gewicht durch un stetige Bodenhebungen infolge des Grubenwasseranstiegs aufgetreten sind.

Auch sind infolge des Grubenwasseranstiegs in der WP Haus Aden keine Wechselwirkungen mit den benachbarten Wasserprovinzen zu erwarten, die an den Grenzen der Wasserprovinzen oder in diesen selbst zu un stetigen Bodenhebungen führen könnten.

Unabhängig von der vorliegenden Betrachtung ist das Auftreten von Unstetigkeitszonen mit begrenztem Schadenspotenzial im Zuge des hier betrachteten Grubenwasseranstiegs in der WP Haus Aden lokal nicht vollständig auszuschließen, aber unwahrscheinlich.

Die im Rahmen des Grubenwasseranstiegs zu erwartenden Bodenbewegungen sind durch ein geeignetes Monitoring zu überwachen. Dazu werden aufbauend auf dem

aktuell laufenden Bodenbewegungsmonitoring Vorschläge für eine Anpassung
bzw. Ergänzung der Messlinien vorgelegt.

Aachen, den 6. Oktober 2023


(Dr. P. Rosner)


(Dr.-Ing. M. Heitfeld)