

Gutachten

zu den Bodenbewegungen im Rahmen des
stufenweisen Grubenwasseranstiegs im Bereich
der Wasserprovinzen Zollverein und Amalie

- Bewertung des Einwirkungspotenzials,
Betrachtungsniveau bis ca. -525 mNHN -

erstattet von

INGENIEURBÜRO HEITFELD - SCHETELIG GMBH

BEARBEITER:

DR.-ING. M. HEITFELD

DR. P. ROSNER

M. SC. S. PIETRALLA

M. SC. D. ROSIN

im Auftrag der
RAG Aktiengesellschaft, Herne

Aachen, den 28. September 2018
mit Vorbemerkungen vom 27. September 2019

Dieser Bericht besteht aus 60 Seiten, 1 Anh. und 13 Anl.

WP Zollverein / WP Amalie - Einwirkungspotenzial von Bodenbewegungen
im Rahmen des Grubenwasseranstiegs - Betrachtungsniveau bis ca. -525 mNHN

Vorbemerkungen zu den Randbedingungen der Bearbeitung

Die Planung der RAG Aktiengesellschaft sieht für die betrachteten Wasserprovinzen der Großprovinz Lohberg einen Grubenwasseranstieg bis zum Niveau -600 mNHN vor. In einigen Teilprovinzen in denen bereits ein höherer Wasserstand besteht, wird durch dieses Niveau kein weiterer Grubenwasseranstieg erwartet.

Das Anstiegsniveau -600 mNHN ist als Zielgröße für die Großprovinz Lohberg vorgegeben; zusätzlich werden seitens des Auftraggebers auch Sicherungsmaßnahmen vorgesehen. Um im Falle verbleibender Restrisiken derartige Maßnahmen planen zu können, wurde abgeschätzt, ob bei höheren Grubenwasserständen negative Einflüsse durch Bodenbewegungen auftreten können.

Es sollte im Rahmen des Gutachtens daher einbezogen werden, ob auch bei einem höheren Anstieg Gefahrenpotentiale bestehen. Die finalen Aussagen und Berechnungen des vorliegenden Gutachtens beziehen sich aus diesem Grund auf einen maximalen, wenn auch unplanmäßigen, Grubenwasseranstieg bis auf das Niveau von -525 mNHN innerhalb der Großprovinz Lohberg.

Im Hinblick auf die Bewertung möglicher Einwirkungen des Grubenwasseranstiegs auf die Geländeoberfläche durch ungleichmäßige Bodenbewegungen im Bereich der Wasserprovinzen Zollverein und Amalie stellt die im vorliegenden Gutachten vorgenommene Betrachtung eines potenziell höheren Anstiegsniveaus einen ungünstigeren Zustand dar. Dabei wird hier unter Berücksichtigung der Wirksamkeit der hydraulischen Verbindung zur westlich angrenzenden Wasserprovinz Prosper-Haniel ein um rd. 75 m höheres Anstiegsniveau betrachtet. Die

WP Zollverein / WP Amalie - Einwirkungspotenzial von Bodenbewegungen
im Rahmen des Grubenwasseranstiegs - Betrachtungsniveau bis ca. -525 mNHN

daraus resultierende größere Gesamteinstauhöhe der Grubenbaue resultiert in einem höheren Einwirkungspotenzial im Hinblick auf die zu erwartenden Bodenhebungen.

Die somit im vorliegenden Gutachten unter Berücksichtigung eines unplanmäßigen höheren Zielniveaus von -525 mNHN vorgenommene Bewertung des Einwirkungspotenzials der zu erwartenden Bodenbewegungen kann somit als „ungünstiger Ansatz“ voll umfänglich auch für den geplanten Zustand eines Anstiegs bis maximal -600 mNHN zugrunde gelegt werden.

Aachen, den 27. September 2019


(Dr. P. Rosner)


(Dr.-Ing. M. Heitfeld)

Inhaltsverzeichnis

	Hinweis der RAG AG	0
1	Veranlassung	1
2	Grundsätzliche Anmerkungen zur Bearbeitung	3
3	Problemstellung und Bearbeitungsgrundlagen	5
4	Übersicht Untergrundverhältnisse und Abbaubereiche	11
4.1	Lage des Betrachtungsraums	11
4.2	Geologischer Rahmen	12
4.3	Abbauverhältnisse	18
5	Hydraulische Gliederung der Wasserprovinzen	23
5.1	Wasserprovinz Amalie	24
5.2	Wasserprovinz Zollverein	25
5.3	Bisheriger Verlauf des Grubenwasseranstiegs	26
5.4	Bereits eingestaute Abbaubereiche	29
6	Übersicht Bodenbewegungen	31
6.1	Abbaubedingte Bodensenkungen	31
6.2	Unstetigkeiten	33
6.3	Zeitliche und räumliche Entwicklung der Bodenbewegungen nach Einstellung des Abbaus/aktuelle Bodenbewegungssituation	34
7	Räumliche und zeitliche Entwicklung des geplanten Grubenwasseranstiegs	38
7.1	Langfristiges Wasserhaltungskonzept der RAG	38
7.2	Anstiegsszenario	39
7.3	Identifikation von markanten Hebungsrandbereichen	44
8	Bewertung des Einwirkungspotenzials	47
8.1	Bewertungskriterien	47
8.2	Einflussfaktoren	48

8.3	Einwirkungspotenziale an markanten Hebungsrandbereichen	53
8.4	Zusammenfassende Bewertung	55
9	Zusammenfassung	58

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Schematisches Deckgebirgsprofil für den Betrachtungsraum (ohne Zechstein und Buntsandstein) nach MÜLLER (1982, rechts) und stratigraphische Gliederung des Deckgebirges nach ABELS ET AL. (2010, links)	14
Abb. 2:	Verlauf der Standwasserniveaus im Bereich der WP Zollverein zwischen 1998 und 2017	27
Abb. 3:	Bodenbewegungsdifferenzen an Höhenfestpunkten im Bereich der Wasserprovinzen Amalie und Zollverein - Zeitraum 2000 bis 2016	35
Abb. 4:	Grobprognose des Grubenwasseranstiegs in den Wasserprovinzen Amalie und Zollverein nach Angaben RAG mit Gliederung in Teilanstiegsphasen (TA)	39
Abb. 5:	Vergleichende Gegenüberstellung von Grubenwasseranstiegsverläufen in verschiedenen Steinkohlengruben/-revieren in NRW und Südlimburg (NL) mit Prognose für den Anstieg im Betrachtungsraum bis rd. -525 mNHN (verändert nach ROSNER, 2011)	51

Anhangverzeichnis

Anh. 1:	Verzeichnis der verwendeten Unterlagen
---------	--

Anlagenverzeichnis

- Anl. 1: Übersichtlageplan Betrachtungsraum, Maßstab 1:150.000
(Zeichnungs-Nr. 181-09-001)
- Anl. 2: Tektonik und Abbaubereiche, Maßstab 1:150.000
(Zeichnungs-Nr. 181-09-002)
- Anl. 3: Räumliche Gliederung des Deckgebirges, Maßstab 1:150.000
(Zeichnungs-Nr. 181-09-003)
- Anl. 4: Geologisch-bergbauliches Querprofil (NW-SE) durch den
Betrachtungsraum, Maßstab der Länge 1:100.000, Maßstab der
Höhe 1:10.000
(Zeichnungs-Nr. 181-09-004)
- Anl. 5: Zeitliche Entwicklung des Abbaus, Maßstab 1:150.000
(Zeichnungs-Nr. 181-09-005)
- Anl. 6: Räumliche Verteilung der Abbauteufen, Maßstab 1:150.000
(Zeichnungs-Nr. 181-09-006)
- Anl. 7: Gebaute Mächtigkeiten, Maßstab 1:100.000
(Zeichnungs-Nr. 181-09-007)
- Anl. 8: Hydraulische Gliederung, Maßstab 1:150.000
(Zeichnungs-Nr. 181-09-008)
- Anl. 9: Anstiegsbereiche des Grubenwassers (Ist-Zustand),
Maßstab 1:150.000
(Zeichnungs-Nr. 181-09-009)
- Anl. 10.1: Bergbaulich bedingte Bodensenkungen und Unstetigkeiten gemäß
RAG, Maßstab 1:150.000
(Zeichnungs-Nr. 181-09-010.1)
- Anl. 10.2: Bodensenkungen seit Beginn des Bergbaus gemäß Emscherge-
nossenschaft (2014), Maßstab 1:150.000
(Zeichnungs-Nr. 181-09-010.2)

- Anl. 10.3: Veränderungen der Geländehöhen im Ruhrgebiet seit 1892 nach
HARNISCHMACHER (2012), Maßstab 1:150.000
(Zeichnungs-Nr. 181-09-010.3)
- Anl. 11: Übersicht zeitlich-räumliche Entwicklung des Grubenwasseran-
stiegs, Maßstab 1:150.000
(Zeichnungs-Nr. 181-09-011)
- Anl. 12: Einstauhöhen der Abbaubereiche bei einem Betrachtungsniveau
bis -525 mNHN, Maßstab 1:150.000
(Zeichnungs-Nr. 181-09-012)
- Anl. 13: Hebungsrandbereiche mit höchstem Einwirkungspotenzial,
Maßstab 1:150.000
(Zeichnungs-Nr. 181-09-013)

Hinweis der RAG AG

Durch den Grubenwasseranstieg sind Auswirkungen auf die Tagesoberfläche durch Bodenbewegungen, diffuse Ausgasung und im Hinblick auf den Altbergbau möglich. Die Bezirksregierung Arnsberg hat die RAG AG aufgefordert, für den Fall des Versagens des Wasserweges C455 die Auswirkungen des Grubenwasseranstiegs auf die Tagesoberfläche vorsorglich auch bis in das Niveau der nächsten Übertrittsstelle untersuchen zu lassen. Ein nächst höherer Übertritt liegt im Niveau -550 mNN; hier fließt das Wasser über die 4. Sohle über einen Blindschacht auf der 4. Sohle, 3. westl. Abt. Norden des ehem. Bergwerks Rheinbaben der 5. Sohle, 3. Westl. Abt. Norden zu. Von dort kann das Wasser dann über die 5. Sohle, Richtstrecke Westen des ehem. Bergwerks Rheinbaben der Erkundungsstrecke C455 der Bergwerks Prosper-Haniel zufließen.

Das vorliegende Gutachten untersucht deshalb die Auswirkungen eines möglichen Grubenwasseranstieg bis auf -525 mNHN. Dieses Niveau berücksichtigt einen ausreichenden Abstand zum Trinkwasservorkommen.

1 Veranlassung

Das Konzept der RAG AG zur Optimierung der Wasserhaltungen nach Stilllegung des Steinkohlenbergbaus im Ruhrgebiet Ende 2018 sieht für das mittlere Ruhrgebiet die Einstellung der Wasserhaltungen an Emscher und Lippe und die Einrichtung eines zentralen Grubenwasserhebungsstandortes Lohberg vor. Das Grubenwasser soll dadurch in der neu geschaffenen Großprovinz (GP) Lohberg am Standort Lohberg angenommen und dort direkt in den Rhein eingeleitet werden.

Die Wasserhaltungen Zollverein und Amalie sollen in 07.2021 bzw. 10.2021 eingestellt werden. Parallel dazu sollen zwischen Ende 2018 und 07.2021 die angrenzenden Wasserhaltungen Auguste-Victoria, Prosper-Haniel und Carolinenglück eingestellt werden. Im Zusammenhang mit der Stilllegung wird das Grubenwasser in den Wasserprovinzen Zollverein und Amalie bis etwa 2040 auf ein konstantes Endniveau ansteigen. Mit Erreichen dieses Standwasserniveaus sollen dann alle Grubenwasserzuläufe über die Wasserprovinz Zollverein nach Prosper-Haniel und von dort weiter dem dann noch verbleibenden zentralen Wasserhaltungsstandort Lohberg zulaufen.

Mit dem Anstieg des Grubenwassers sind Bodenbewegungen verbunden. Im Verlauf des Grubenwasseranstiegs treten vornehmlich geringe, stetige Bodenbewegungen auf, die sich weiträumig gleichmäßig über einen längeren Zeitraum ausbilden. In Ausnahmefällen können lokal, vornehmlich bei geologischen bzw. lagerstättenbezogenen Besonderheiten auch unstetige Bodenbewegungen auftreten.

Im Rahmen des für die Stilllegung der Wasserhaltungen einzureichenden Abschlussbetriebsplans soll eine Bewertung des durch den beantragten Grubenwas-

seranstieg hervorgerufenen Einwirkungspotenzials von un stetigen Bodenbewegungen auf die Geländeoberfläche und der daraus resultierenden Wahrscheinlichkeit für ein Auftreten von Bergschäden mit einigem Gewicht vorgenommen werden.

Das Ingenieurbüro Heitfeld-Schetelig GmbH, Aachen (im Folgenden als IHS bezeichnet), wurde von der RAG mit Schreiben vom 21.07.2017 (Bestellnummer 5331987/B23/DA) mit der Bearbeitung eines entsprechenden Gutachtens beauftragt.

Das vorliegende Gutachten enthält die grundsätzliche Bewertung des Einwirkungspotenzials von Bodenbewegungen auf die Geländeoberfläche und der Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Bergschäden mit einigem Gewicht im Rahmen des geplanten Grubenwasseranstiegs in den Wasserprovinzen Zollverein und Amalie bis in ein Betrachtungsniveau von ca. -525 mNHN.

2 Grundsätzliche Anmerkungen zur Bearbeitung

Das vorliegende Gutachten betrachtet den Anstieg des Grubenwassers bis auf das Pumpniveau der zukünftigen Wasserhaltung Lohberg bei -630 mNHN. Nach den vorliegenden Prognosen wird dabei das Grubenwasser in den Wasserprovinzen Zollverein und Amalie auf ein mittleres Niveau von ca. -525 mNHN ansteigen. In einzelnen Boxen können allerdings aufgrund eingeschränkter hydraulischer Verbindungen auch höhere Anstiegsniveaus erreicht werden (s. Kap. 7).

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.

Begriffsdefinitionen:

- 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.

- KVB-Modell

Bei dem KVB-Modell - dem **KohlenVorratsBerechnung-Modell** - handelt es sich um ein digitales dreidimensionales Strukturmodell der Steinkohlelagerstätte im Ruhrrevier. Das KVB-Modell wurde durch den GD NRW bis 1988 zur Quantifizierung der Kohlenmengen im Ruhrgebiet erstellt und wird bis heute aktualisiert.

3 Problemstellung und Bearbeitungsgrundlagen

Im Zuge des Grubenwasseranstiegs kommt es mit einer gewissen zeitlichen Verzögerung zu Bodenhebungen. Diese resultieren im Wesentlichen aus Dehnungsvorgängen infolge des durch die Auftriebskräfte veränderten Spannungsfeldes im Gebirge. Solche Dehnungsvorgänge treten im Zuge des Grubenwasseranstiegs im bergbaulich aufgelockerten Steinkohlegebirge, aber auch bei Druckhöhenänderungen im überlagernden Deckgebirge auf. Die Auswirkungen der durch den Grubenwasseranstieg hervorgerufenen Bodenhebungen können aber in Abhängigkeit von den mechanischen Eigenschaften der betroffenen Schichten verschieden sein.

In der Anfangsphase des Grubenwasseranstiegs müssen zunächst die Restsenkungen aus dem Abbau kompensiert und das aufgelockerte Gebirge verdichtet werden, bevor sich Bodenhebungen an der Geländeoberfläche zeigen können. Dazu ist eine gewisse Einstauhöhe mit einem entsprechenden Dehnungspotenzial erforderlich, das in Abhängigkeit von der gebauten Teufe und der Abbauintensität variiert. Wenn die abbaubedingten Bodensenkungen bei Einstellung der Wasserhaltung bereits weitgehend abgeklungen sind, kann der Grubenwasseranstieg eine kurzfristige erneute Zunahme von Bodensenkungen bewirken bevor sich dann Bodenhebungen entwickeln. Eine solche Anfangssetzung kann auf eine Sättigungssetzung zurückgeführt werden, bei der die Scherfestigkeit des Gebirges infolge der Wasserbenetzung der Korngrenzen reduziert wird. Die dabei auftretenden flächenhaften Bodensenkungen betragen aber nur wenige Zentimeter und sind insgesamt unschädlich.

Die sich im Zuge des Grubenwasseranstiegs sukzessive entwickelnden Bodenhebungen erfolgen in der Regel großflächig und vergleichsweise gleichmäßig. Der-

artige Bodenhebungen haben keine schadensrelevanten Auswirkungen an der Geländeoberfläche. In Abhängigkeit von den Untergrundverhältnissen und der Abbausituation können aber an gewissen tektonischen Störungszonen auch ungleichmäßige Bodenhebungen auftreten; diese können im Extremfall auch zu Schäden an Gebäuden führen.

Entsprechende Erfahrungen über die räumliche Verteilung, die zeitliche Entwicklung und das Ausmaß der Bodenhebungen liegen zwischenzeitlich aus verschiedenen Bereichen des Steinkohlenbergbaus u.a. in Deutschland und den Niederlanden vor. Zur Schaffung der Grundlagen für eine fachlich fundierte Bewertung der möglichen Einwirkungen durch ungleichmäßige Bodenhebungen und den Aufbau eines entsprechend optimierten Monitoringsystems wurde seitens der RAG ein F & E-Vorhaben initiiert. Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens („Monitoring im Altbergbau“ - ABSMon) wurde durch das IHS eine differenzierte Auswertung und Bewertung der Entwicklung von Bodenhebungen und Bodenhebungsdifferenzen in den Stilllegungsbereichen des Erkelenzer Reviers sowie des Aachener und Südlimburger Reviers und in ausgewählten Stilllegungsbereichen des Ruhrreviers vorgenommen. Auf der Grundlage dieser Auswertungen 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 Hebungsdifferenzen 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 Entwick-

lung der Bodenhebungen im Saarrevier und im Südlimburger Revier (NL) verifiziert (HEITFELD ET AL., 2015/2016, Projectgroup GS-ZL, 2016).

Auf dieser Grundlage wurden entsprechende Bewertungen der zu erwartenden Einwirkungen aus Bodenhebungen auf die Geländeoberfläche zuletzt für den Grubenwasseranstieg in den Wasserprovinzen (WP) Lippe und Auguste Victoria vorgenommen (U11).

- Einflussfaktoren im Hinblick auf die Ausbildung potenziell schadensrelevanter Einwirkungsbereiche/Unstetigkeiten

Hinsichtlich des Auftretens von potenziell schadensrelevanten Bodenhebungsdifferenzen sind zunächst folgende grundsätzliche Feststellungen zu berücksichtigen:

- Schadensrelevante Bodenhebungsdifferenzen im Zuge des Grubenwasseranstiegs in einer Steinkohlengrube sind in Nordrhein-Westfalen bisher nur aus dem Bereich der tektonischen Störungszone Rurrand im Erkelenzer Revier (Wassenberg-Hückelhoven) bekannt geworden.
- In den anderen Stilllegungsbereichen wurden weder entsprechende Schäden festgestellt noch vergleichbare Unstetigkeiten ermittelt.
- Dies zeigt, dass die Voraussetzungen für die Ausbildung einer schadensrelevanten Unstetigkeit im Rahmen des Grubenwasseranstiegs sehr spezifisch sind und die Eintrittswahrscheinlichkeit insgesamt gering ist.

Die Analyse der verschiedenen Grubenwasseranstiegsbereiche führt zu folgender Beschreibung von grundsätzlich relevanten bergbaulich-hydrogeologisch-geotechnischen Einflussfaktoren:

Eine erhöhte Wahrscheinlichkeit für die Ausbildung von auch potenziell schadensrelevanten Unstetigkeiten infolge unterschiedlicher Bodenhebungen muss an hydraulisch wirksamen tektonischen Störungszonen dort angenommen werden, wo

- der Abbau nur auf einer Seite der hydraulisch wirksamen Störung erfolgte

und

- infolge des Grubenwasseranstiegs auch ein einseitiger Anstieg von Grundwasserständen/Druckhöhen im Deckgebirge erfolgt bzw. zu beiden Seiten der Störungszone aus anderen Gründen eine gegenläufige Entwicklung der Grundwasserstände im Deckgebirge vorliegt.

Darüber hinaus sind das spezifische Spannungs-/Verformungsverhalten der von einem Druckhöhenanstieg betroffenen Deckgebirgsschichten sowie die Scherfestigkeit der potenziellen Bewegungsbahn zu bewerten.

- Arbeitsschritte zur Identifikation von potenziellen Einwirkungsbereichen/Unstetigkeiten

Zur Bewertung des Einwirkungspotenzials von Bodenhebungen auf die Geländeoberfläche im Hinblick auf das Auftreten von Bergschäden mit einigem Gewicht im Zuge eines begrenzten Grubenwasseranstiegs im Bereich der Wasserprovinzen Zollverein und Amalie ergeben sich für den Betrachtungsraum folgende Arbeitsschritte:

1. Repräsentative Erfassung der Bewegungsvorgänge
2. Ausweisung von Zonen mit erhöhtem Potenzial für das Auftreten von signifikanten Bodenhebungsdifferenzen.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass der hier betrachtete Grubenwasseranstieg bis in das Niveau von rd. -525 mNHN innerhalb des Betrachtungsraumes nicht einheitlich in der gesamten Abbaufäche erfolgt. In einigen älteren Stilllegungsbereichen ist das Standwasserniveau bereits teilweise angehoben worden. Dies führt zu einem räumlich differenzierten Bodenbewegungsbild im Verlauf des Grubenwasseranstiegs, was bei der Bewertung der möglichen Einwirkungen auf die Geländeoberfläche zu berücksichtigen ist.

Für die vorliegende Bearbeitung ergeben sich daraus für den Betrachtungsraum folgende Handlungserfordernisse:

- Erfassung der maßgeblichen Abbaubereiche und der abbaubedingten Bodensenkungen;
- Erfassung der aus dem Abbau bekannten Unstetigkeiten;
- Erfassung der den Abbau begrenzenden tektonischen Störungszonen an der Geländeoberfläche;
- Bewertung der mechanischen Eigenschaften der den Abbau begrenzenden tektonischen Hauptstörungszonen im Steinkohlengebirge und im Deckgebirge;
- Abgrenzung von Bereichen mit unterschiedlicher Bodenbewegungscharakteristik aufgrund von Abbauhistorie und Verlauf des Grubenwasseranstiegs;
- 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.

Als potenzielle Einwirkungsbereiche werden dabei Zonen recherchiert, 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, aneinander grenzende Abbauzonen mit unterschiedlicher Abbaumächtigkeit und unterschiedlichen Verlauf des Grubenwasseranstiegs. Solche Zonen, an denen im Zuge des Grubenwasseranstiegs kleinräumig 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 zusammengestellt und bewertet. Der Schwerpunkt bei der vorliegenden Bearbeitung lag dabei auf der Identifikation von besonders markanten Unstetigkeitszonen mit vergleichsweise erhöhtem Einwirkungspotenzial im Hinblick auf ein mögliches Auftreten von Bergschäden mit einigem Gewicht.

4 Übersicht Untergrundverhältnisse und Abbaubereiche

4.1 Lage des Betrachtungsraums

Der Betrachtungsraum umfasst die Abbaubereiche in den Wasserprovinzen Amalie und Zollverein mit einer Gesamtfläche von rd. 490 km² im Bereich der Städte/Kommunen Mülheim an der Ruhr, Essen, Gelsenkirchen, Bottrop, Gladbeck, Herten und Recklinghausen (Anl. 1).

Der Betrachtungsraum ist weitgehend flächenhaft dicht besiedelt. Nur im nordöstlichen Teil erfolgte der Abbau auch unter flächenhaft unbebauten Gebieten („Die Haard“).

Der Betrachtungsraum liegt zentral im Einzugsgebiet der Emscher, die den Betrachtungsraum zwischen Castrop-Rauxel und Bottrop quert. Am nordöstlichen Rand verläuft die Lippe bei Datteln-Haltern durch den Betrachtungsraum. Am südwestlichen Rand des Betrachtungsraums, in Essen, grenzt der Betrachtungsraum an das Tal der Ruhr.

Die Geländeoberfläche liegt am Westrand des Betrachtungsraums im Bereich der Emscher und am Nordwestrand im Bereich der Lippe bei Haltern auf einem tiefsten Niveau um rd. 40 mNHN. Zwischen den Vorflutern steigt die Geländeoberfläche im Bereich Die Haard, Oberhausen und Mülheim-Essen auf Niveaus um 90 bis 100 mNHN an.

4.2 Geologischer Rahmen

- Tektonische Gliederung des Steinkohlegebirges

Die Abbaubereiche der Wasserprovinzen Amalie und Zollverein erstrecken sich im Wesentlichen über die Emscher-Hauptmulde sowie die Essener Hauptmulde, die von dem Auguste-Victoria Hauptsattel im Nordwesten und dem Wattenscheider Hauptsattel im Südosten eingerahmt werden (Anl. 2). Im südwestlichen Randbereich des Betrachtungsraums sowie am Nordwestrand, im Bereich des Auguste-Victoria Hauptsattels sind die Schichten z.T. intensiv gefaltet. Darüber hinaus wird die Struktur des Steinkohlegebirges im Bereich der Wasserprovinzen Amalie und Zollverein vor allem von den NW-SE-verlaufenden Querstörungszonen geprägt.

Die Lage der Störungszonen an der Karbonoberfläche ist auf Grundlage der Daten der integrierten geologischen Landesaufnahme (IGL) des GD NRW dargestellt. Im nördlichen Untersuchungsbereich, außerhalb des IGL-Projektgebietes Ruhrgebiet, wurden die IGL-Daten um ebenfalls vom GD NRW zur Verfügung gestellte digitalisierte Daten ergänzt, die im Wesentlichen auf der Geologischen Karte des Ruhrkarbons 1:100.000 (GD, 1982) basieren. Einen Überblick über den Aufbau des Untergrundes im Betrachtungsraum liefert der NW-SE-verlaufende Profilschnitt in Anl. 4; die Lage der Profillinie ist in Anl. 3 dargestellt.

Die tektonischen Hauptquerstörungen Concordia-Sprung, Oberhausener Sprung, Kölner Bergwerksverein-Sprung, Graf-Moltke-Wilhelmine-Viktoria Sprung, Sekundus-Sprung, Tertius-Sprung und Halterner Sprung gliedern das Steinkohlegebirge im Untersuchungsbereich in ein System von tektonischen Horst- und Gra-

benstrukturen. Als im Untersuchungsgebiet bedeutsame Horst- und Grabenstrukturen sind von Südwesten nach Nordosten der Kirchheller Graben, Dorstener Horst, Marler Graben und der Recklinghäuser Horst (s. Anl. 2) zu nennen. Das Einfallen der Querstörungen kann im Niveau des Steinkohlengebirges im Mittel um 70° angesetzt werden.

Darüber hinaus sind zahlreiche kleinere Quer- und Diagonalstörungen sowie Blattverschiebungen ausgebildet, die insbesondere als Baugrenzen im Niveau des Steinkohlengebirges in Erscheinung treten (z.B. Dattelner Sprung).

- Aufbau des Deckgebirges

Im südlichen Randbereich der Wasserprovinzen Amalie und Zollverein - im Bereich Mülheim - Bochum-Höntrop - tritt das Karbongebirge unter geringmächtiger Quartärüberdeckung zutage. Die Karbonoberfläche liegt hier auf einem höchsten Niveau um rd. 100 mNHN (Anl. 2). Von hier aus sinkt die Karbonoberfläche vergleichsweise gleichmäßig mit einer mittleren Neigung von 2 bis 3° in nördlicher Richtung ab.

Bis an den Nordrand des Bergwerks Amalie sinkt die Karbonoberfläche auf ein Niveau von rd. -150 mNHN ab; weiter nach Norden sinkt die Karbonoberfläche bis in den Grenzbereich zur Wasserprovinz AV-Lippe auf ein Niveau von -300 mNHN ab. Das Deckgebirge erreicht hier eine Mächtigkeit um 350 bis 400 m.

Entlang der Nordgrenze der Wasserprovinz Zollverein sinkt die Karbonoberfläche dann weiter ab und erreicht ihr tiefstes Niveau im nordöstlichen Randbereich der

Wasserprovinz Zollverein, am Waltroper Sprung an der Lippe bei Ahsen mit rd. - 850 mNHN; die Deckgebirgsmächtigkeit steigt dabei bis auf rd. 900 m an.

Das Deckgebirge wird im Untersuchungsbereich im Wesentlichen von den Schichten der Oberkreide im Niveau zwischen dem Essener Grünsand (Cenoman) und der Haltern-Formation (Santon) aufgebaut (Abb. 1).

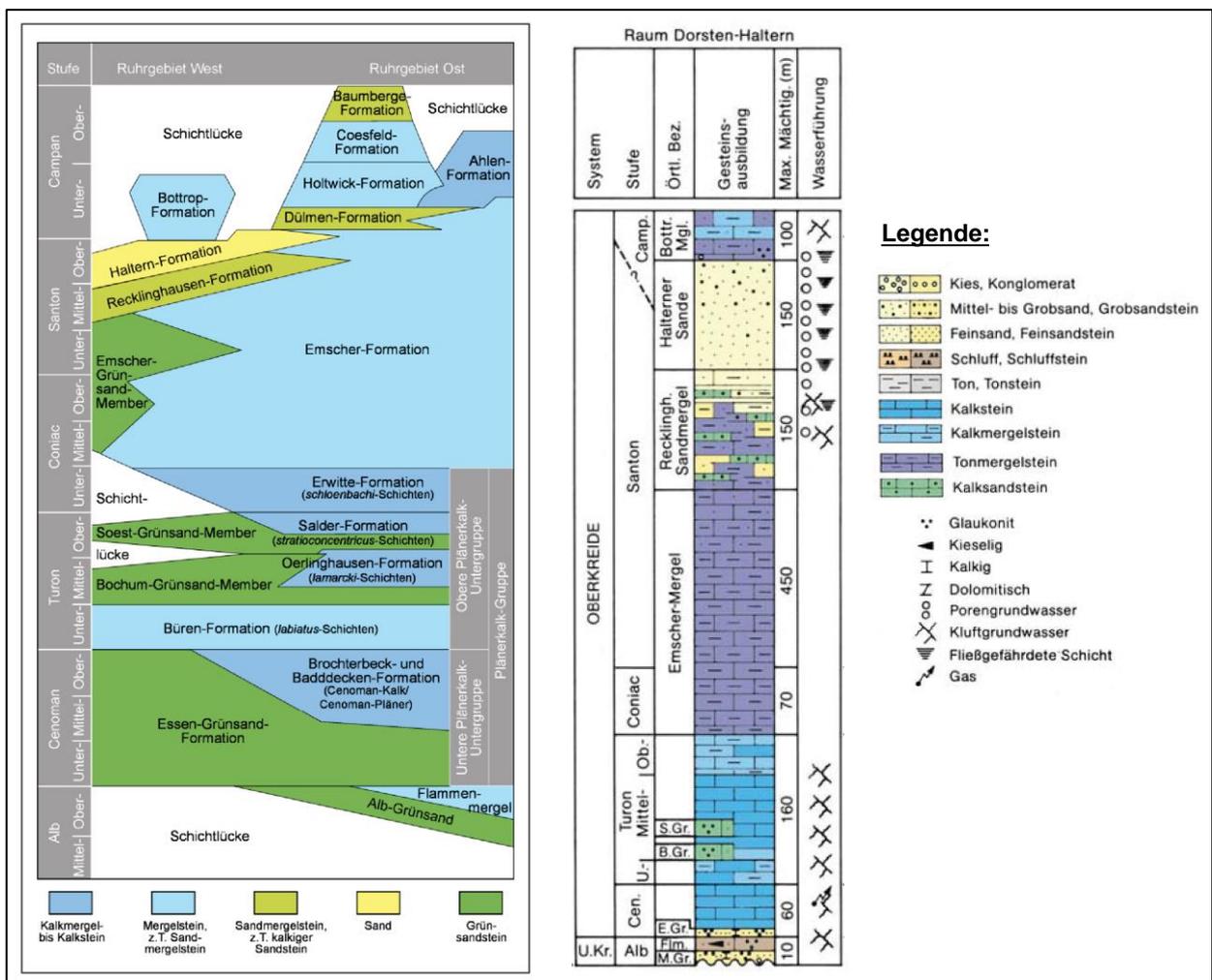


Abb. 1: Schematisches Deckgebirgsprofil für den Betrachtungsraum (ohne Zechstein und Buntsandstein) nach MÜLLER (1982, rechts) und stratigraphische Gliederung des Deckgebirges nach ABELS ET AL. (2010, links)

Die Ausbildung der Kreideschichten an der Quartärbasis sowie das Verbreitungsgebiet der Zechsteinablagerungen an der Karbonoberfläche sind in Anl. 3 dargestellt. Einen Überblick über die Struktur und den Aufbau des Deckgebirges gibt das Querprofil in Anl. 4.

- Hydrogeologie

Wesentliches Charakteristikum des Deckgebirgsaufbaus ist aus hydrogeologischer Sicht die Dreiteilung in:

- ein oberflächennahes Grundwasserstockwerk im Niveau der Quartär- und Oberkreideschichten (i.W. Haltener Sande)
- einen mächtigen Grundwasserstauer im Niveau des Emscher Mergels und
- ein basales tiefes Grundwasserstockwerk im Niveau der Kalksteine und Kalkmergelsteinen des Cenoman/Turon (Plänerkalk-Gruppe).

Das tiefe Grundwasserstockwerk in den Cenoman/Turon-Schichten führt im Allgemeinen hoch mineralisierte Wässer und kann natürlicherweise unter einem nahezu der Teufe entsprechenden hydrostatischen Druck stehen.

Die im zentralen Bereich der Wasserprovinz Zollverein entlang einer etwa N-S verlaufenden Linie angeordneten, in den Cenoman/Turon-Schichten verfilterten Tiefpegel der RAG im Bereich Recklinghausen/Herne (Landwehr 1, 2, Stuckenbusch 1, 2, Brg. Schacht 7 und Herne Baukau 1.1, 1.2; s. Anl. 3) zeigen, dass die Druckhöhen hier durch die bergbauliche Wasserhaltung stark abgesenkt sind (U10).

- Deckgebirgstektonik

Für den Untersuchungsbereich wird im Rahmen der vorliegenden Bearbeitung davon ausgegangen, dass sich die Hauptquerstörungen aus dem Karbon in das Deckgebirge hinein fortsetzen und hier auch zu einem Versatz der Deckgebirgsschichten führen. Der Versatz an der Karbonoberfläche ist dabei unterschiedlich stark ausgebildet.

Im Bereich der Hauptquerstörungen Concordia-Sprung, Oberhausener Sprung, Victoria Mathias-Sprung, Graf-Moltke-Wilhelmine-Viktoria-Sprung, Sekundus-Sprung und Halterner Sprung überschreitet der Versatz der Karbonoberfläche in der Regel 40 bis 50 m nicht. Im Bereich des Marler Grabens treten dagegen am Tertius-Sprung größere Versatzhöhen der Karbonoberfläche bis zu rd. 100 m auf.

Die Versätze der Karbonoberfläche an den Querstörungen sind im Vergleich zur Mächtigkeit des basalen Grundwasserstockwerks in der Regel gering. Daher ist hier auch keine signifikante Verengung des hydraulisch wirksamen Querschnitts im Niveau des tiefen Grundwasserstockwerks an den Hauptstörungszonen zu erwarten.

Hinsichtlich der hydraulischen Eigenschaften der Störungszonen gehen COLDEWEY & WESCHE (2017) davon aus, dass auch im Niveau der Cenoman/Turon-Schichten infolge "clay smear" die Durchlässigkeit der Störungsflächen herabgesetzt ist. Vom Grundsatz her ist aber hinsichtlich der hydraulischen Wirksamkeit der tektonischen Deckgebirgsstörungen für den Untersuchungsbe- reich davon auszugehen, dass keine grundsätzliche Behinderung der horizontalen

Grundwasserzirkulation zwischen den tektonischen Schollen durch gering durchlässige Störungsflächen erfolgt.

Für die vorliegenden Betrachtungen ist maßgeblich, dass die Hauptquerstörungen mit markantem Versatz an der Karbonoberfläche als durchgehende Trennflächen anzunehmen sind, die sich aus dem Steinkohlengebirge heraus in die Deckgebirgsschichten fortsetzen. Diese Trennflächen sind damit auch im Rahmen des Grubenwasseranstiegs als bevorzugte Bewegungsbahnen für mögliche differenzielle Bodenbewegungen verschiedener Deckgebirgsschollen zu betrachten. Dabei ist allerdings auch zu berücksichtigen, dass die Deckgebirgsstörungen unterhalb der Quartärbasis ausbeißen und nicht bis zur Geländeoberfläche aushalten.

Auch ist die Ausbildung von in bodenmechanischer Hinsicht signifikanten Tonbelägen in der Störungszone im Sinne einer die Scherfestigkeit der Störungsbahn herabsetzenden „clay smears“, wie sie insbesondere aus den Bereichen der Niederrheinischen Bucht bekannt sind, im Niveau des basalen Kreide-Aquifers eher unwahrscheinlich, da die Cenoman/Turon-Schichten überwiegend von Kalk- und Kalkmergelsteinen aufgebaut werden.

In jedem Fall ist daher für diese tektonisch vorgezeichneten Elemente eine wesentlich markantere Ausprägung einer Bewegungsbahn mit sehr viel deutlich herabgesetzter Scherfestigkeit anzunehmen, als für die im Zuge des Abbaus entstandenen, sehr kurzzeitig aktiven Bewegungszonen jenseits der tektonischen Störungszonen (z.B. an Abbaurändern). Damit muss für die tektonischen Störungszonen auch eine vergleichsweise leichtere Reaktivierung im Zuge des Grubenwasseranstiegs bei vergleichsweise geringen Gesamtbewegungsbeträgen zugrunde gelegt werden.

4.3 Abbauverhältnisse

Für die WP Zollverein liegt eine detaillierte Bestandsaufnahme zur Raumlage und Mächtigkeit der Abbauflächen in digitaler Form vor; für den Bereich der WP Amalie wurde seitens der RAG eine entsprechende Bestandsaufnahme nicht durchgeführt. Für den Bereich der WP Amalie wurde daher auf die Daten des KVB-Modells zurückgegriffen, die ebenfalls von der RAG zur Verfügung gestellt wurden. Diese Daten geben die Lage der abgebauten Flöze in weniger detaillierter, für die vorliegende Betrachtung aber in ausreichender Form wieder.

- Lage der Abbaubereiche (Anl. 2)

Die Lage der Abbaubereiche wird durch die im Untersuchungsbereich auftretenden tektonischen Strukturen geprägt (Anl. 2).

Die Abbaubereiche der Wasserprovinz Zollverein liegen im Wesentlichen in der Emscher-Hauptmulde. Im südwestlichen Randbereich erstrecken sie sich bis in die Essener Hauptmulde und den Wattenscheider Hauptsattel hinein; im nordöstlichen Teil des Untersuchungsbereiches erstrecken sich die Abbaubereiche bis in die Lüdinghauser Hauptmulde hinein. Die Wasserprovinz Zollverein setzt sich aus vielen ehemaligen Kleinzechen zusammen, die im Laufe der Abbaugeschichte im Betrachtungsraum oftmals vereinigt und umbenannt wurden. Im Box-Modell der DMT wird die Wasserprovinz Zollverein in 30 hydraulische Boxen gegliedert.

Die Abbaubereiche der Wasserprovinz Amalie schließen sich südwestlich der Wasserprovinz Zollverein im Bereich des Gelsenkirchener Hauptsattels und der Essener Hauptmulde an (Anl. 2). Die Wasserprovinz Amalie umfasst zahlreiche

ehemalige Kleinzechen, welche im Box-Modell der DMT in sechs hydraulischen Boxen (Vereinigte Rosenblumendelle, Vereinigte Kronprinz, Neu-Wesel, Vereinigte Hagenbeck, Helene Ost und Sälzer Amalie) gegliedert sind.

Im zentralen und südwestlichen Teil des Untersuchungsbereiches erstrecken sich die Abbauflächen nahezu flächendeckend über die gesamte Wasserprovinz. Im nordöstlichen Teil, nordöstlich des Marler Grabens, sind die Abbauflächen durch den Blumenthaler Hauptsattel und den Auguste-Victoria Hauptsattel stärker gegliedert und von abbaufreien Zonen unterbrochen.

Lokal wurden im Betrachtungsraum im Bereich von Querstörungszonen auch Erzgänge erkundet (z.B. „Klara-Gang“ am Graf-Moltke-Wilhelmine-Viktoria-Sprung, Box 16). Ein Abbau hat aber hier nicht stattgefunden.

- Zeitliche Entwicklung der Abbaubereiche (Anl. 5)

Im Bereich der Wasserprovinz Amalie begann die Steinkohlenförderung um die Mitte des 19. Jahrhunderts. Mit dem Betriebsende der Zeche Sälzer-Amalie im Jahr 1966 endete der Abbau in diesem Bereich.

Im Bereich der Wasserprovinz Zollverein wurde seit Mitte des 19. Jahrhunderts Steinkohle gefördert. Bis zum Ende des 19. Jahrhunderts beschränkte sich der Abbau im Wesentlichen auf den Gelsenkirchener Hauptsattel und die Essener Hauptmulde im südlichen Betrachtungsraum. Anschließend wurden im größeren Umfang auch Abbaubereiche in der Emscher-Hauptmulde erschlossen. In den 1960er und 1970er Jahren wurde auch im Bereich der Wasserprovinz Zollverein ein Großteil der Zechen im Betrachtungsraum stillgelegt oder mit benachbarten Zechen zu Verbundbergwerken zusammengeschlossen.

In den 1990er Jahren wurde Abbau im Wesentlichen noch im Kern der Emscher-Hauptmulde und auf der NW-Flanke des Blumenthaler Hauptsattels betrieben (s. Anl. 5). Im Jahr 2000 wurden mit dem Verbundbergwerk Ewald/Hugo die letzten Abbaubereiche in der Emscher-Hauptmulde stillgelegt. Zu dieser Zeit wurden nur noch einzelne Abbaubereiche in den Bergwerksfeldern General Blumenthal (bis Ende 2000) und An der Haard (bis Mitte 2001) betrieben.

In 2001 wurde das Bergwerk General Blumenthal/Haard mit der Zeche Auguste Victoria zum Verbundbergwerk Bergwerk Auguste Victoria/Blumenthal zusammengelegt; der Standort General Blumenthal/Haard wurde dabei aufgegeben. Einen entsprechenden Überblick über die zeitliche Entwicklung der Abbaubereiche im Betrachtungsraum liefert Anl. 5. Große Flächen des Untersuchungsgebietes waren somit bereits 1990 nicht mehr in Betrieb.

Zum Schutz der nordwestlich der Wasserprovinz Zollverein verbliebenen Bergwerke (u.a. Lippe und AV) wurde die Wasserhaltung in den Wasserprovinzen Amalie und Zollverein aufrechterhalten.

- Abbauteufen (Anl. 6)

Der Abbau erreichte in den tektonischen Hauptmulden flächenhaft Teufenniveaus unterhalb -860 mNHN. In den Kernbereichen reicht der Abbau lokal auch unter -1.000 mNHN. Die tiefsten Abbaubereiche in der Wasserprovinz Zollverein befinden sich in den Abbaufeldern Ewald und Ewald Ost mit einem Teufenniveau um -1.200 mNHN; hier erreichte der Abbau auch größerflächig Teufenniveaus unterhalb -1.000 mNHN. In den tektonischen Hauptsattelzonen erreichte der Abbau zumeist nur Teufenniveaus bis -860 mNHN; in größeren Bereichen ist der

Abbau hier auch auf Teufenniveaus oberhalb -560 mNHN beschränkt. Dies betrifft insbesondere Abbaubereiche im südwestlichen Teil der Wasserprovinz Amalie sowie die südöstlichen und nordwestlichen Randbereiche der WP Zollverein (u.a. Box 7 - Katharina, Box 21 - Zweckel-Scholven, Box 32 - König Ludwig).

Markante abrupte Wechsel der erzielten Abbauteufen zeigen sich dabei insbesondere im Bereich des Victoria Mathias-Sprunges an der Grenze zwischen den Wasserprovinzen Amalie und Zollverein (Grenze Boxen 6 und 14) in Essen-Vogelheim sowie am Quintus-Sprung in Recklinghausen (Box 31).

- Abbaumächtigkeiten (Anl. 7)

Angaben zu den über die abgebauten Teufenniveaus aufsummierten abgebauten Mächtigkeiten wurden seitens der RAG für den Bereich der Wasserprovinz Zollverein bereitgestellt. Für die Wasserprovinz Amalie wurden solche aufsummierten abgebauten Mächtigkeiten seitens des IHS aus dem von der RAG zur Verfügung gestellten Datensatz zum KVB-Modell abgeleitet; diese Daten geben nur einen generellen Überblick. Einen entsprechenden Überblick über die aufsummierten gebauten Flözmächtigkeiten für den Untersuchungsbereich liefert Anl. 7.

Danach werden in den Abbauschwerpunkten innerhalb der Emscher-Hauptmulde und der Essener Hauptmulde abgebaute Mächtigkeiten von über 20 m erreicht (max. bis 24 m dokumentiert). Ein Abbauschwerpunkt liegt im Kern der Essener Hauptmulde in den Baufeldern Königin Elisabeth, Victoria Mathias, Bonifacius, Holland und Zollverein. Weitere Abbauschwerpunkte liegen in Baufeldern (u.a. Emil-Fritz, Mathias/Stinnes, Nordstern-Horst, Hugo und Bismarck) in der Emscher-Hauptmulde sowie im Baufeld Consolidation im Übergangsbereich zum

Gelsenkirchener Hauptsattel. Insgesamt nimmt die abgebaute Mächtigkeit zu den Muldenrändern hin ab. Außerhalb der Abbauschwerpunkte liegen die abgebauten Mächtigkeiten flächenhaft unter 12,5 m.

Die geringsten aufsummierten Abbaumächtigkeiten wurden in den Muldenrandbereichen, entlang der Achsen des Gelsenkirchener Sattels (Box 13, Zollverein III) und des Wattenscheider Sattels (Box 7, Katharina) sowie in den vergleichsweise spät erschlossenen und tief gelegenen Baufeldern Blumenthal C (Box 33) und An der Haard (Box 34) erreicht. Hier liegen die abgebauten Mächtigkeiten in der Regel unter 5 m bzw. erreichen zumeist nur maximal 7,5 m.

Auch in der Wasserprovinz Amalie sind die überschlägig ermittelten abgebauten Mächtigkeiten in der Regel auf Beträge unter 10 m begrenzt. Abrupte Änderungen der abgebauten Mächtigkeiten zeigen sich anhand der Daten des KVB-Modells insbesondere am Victoria-Mathias-Sprung im Grenzbereich zur Wasserprovinz Zollverein. Seitens der RAG wurde darauf hingewiesen, dass der Abbau in diesem Bereich tatsächlich grenzüberschreitend erfolgte und der abrupte Mächtigkeitswechsel durch die Unschärfe des KVB-Modells bedingt ist. Dies wird auch durch die räumliche Verteilung der abbaubedingten Bodensenkungen bestätigt (vgl. Kap. 6.1).

5 Hydraulische Gliederung der Wasserprovinzen

Der Betrachtungsraum gliedert sich wasserwirtschaftlich in die Wasserprovinzen WP Amalie und WP Zollverein. Die Wasserhaltung in der Wasserprovinz Amalie erfolgt aktuell an den Schächten Amalie und Marie im Niveau der 9. Sohle (rd. -920 mNHN). In der Wasserprovinz Zollverein erfolgt die Zentrale Wasserhaltung aktuell am Standort Zollverein 2/12 im Niveau der 14. Sohle (-950 mNHN).

Die beiden Wasserprovinzen Amalie und Zollverein sind im Niveau -738 mNHN im Bereich Helene Ost - Zollverein (Boxen 5 und 12) hydraulisch verbunden. Weitere für die vorliegende Betrachtung relevante hydraulische Verbindungen zu benachbarten Wasserprovinzen innerhalb der Großprovinz Lohberg bestehen:

- zur Wasserprovinz AV/Lippe im Niveau -598 mNHN im Bereich Schlägel & Eisen/Nordfeld Süd (Box 27);
- zur Wasserprovinz Prosper-Haniel im Niveau -726 mNHN im Bereich Möller-Rheinbaben (Box 20); die hydraulische Verbindung ist nur eingeschränkt wirksam;
- zur Wasserprovinz Carolinenglück im Niveau -675 mNHN im Bereich Holland (Box 11).

Derzeit bestehen in diesen drei angrenzenden Wasserprovinzen noch eigenständige Wasserhaltungen, so dass bisher noch keine Übertritte von dort erfolgen. Nur aus der WP Prosper-Haniel laufen Standwässer aus dem Stilllegungsbereich Prosper Alt nach Mathias Stinnes (Box 15) über.

In den südlich angrenzenden Wasserprovinzen Heinrich und Friedlicher Nachbar wird das Standwasserniveau durch eigenständige Wasserhaltungen auf einem konstanten Niveau gehalten. Diese Wasserhaltungen sind Bestandteil des langfristigen Grubenwasserkonzeptes der RAG.

5.1 Wasserprovinz Amalie

Die WP Amalie umfasst zahlreiche ehemalige Kleinzechen; im Box-Modell der DMT werden sechs hydraulische Boxen unterschieden. Die Standwasserniveaus haben sich im Niveau der Übertrittsstellen zu den benachbarten Boxen eingestellt und laufen insgesamt der Wasserhaltung in der Box 6 - Sälzer Amalie zu.

Anhand der Standwasserniveaus lassen sich in der WP Amalie 2 Teilprovinzen (TP) unterscheiden (s. Anl. 8):

- die nordöstliche TP A1 mit einem tiefen Wasserhaltungsniveau bei -920 mNHN (Boxen Sälzer Amalie und Helene Ost) und
- die südwestliche TP A2 mit bereits hohen Standwasserniveaus zwischen -514 mNHN und -266 mNHN.

Lotungsschächte sind in der Wasserprovinz Amalie nicht vorhanden. Da die Bergwerke hier bereits in den 1960er Jahren stillgelegt wurden, ist davon auszugehen, dass die Standwasserniveaus hier seit Jahrzehnten weitgehend konstant sind.

5.2 Wasserprovinz Zollverein

Im Box-Modell der DMT werden für die WP Zollverein 30 hydraulische Boxen unterschieden. Die Grubenwässer laufen im Wesentlichen der zentralen Wasserhaltung am Standort Zollverein (Box 12) zu. In einigen nordöstlichen Boxen erfolgt aktuell ein Grubenwasseranstieg. Auf der Grundlage der für die Prognosen für 08.2018 zugrunde gelegten aktuellen Standwasserniveaus („Ist-Zustand“) lassen sich anhand der aktuellen Grubenwasserströmungen für die WP Zollverein drei Teilprovinzen (TP) unterscheiden (s. Anl. 8):

TP Z1: die südwestliche TP Z1, in der alle derzeit zutretenden Grubenwässer im Niveau der jeweiligen Verbindungsstrecken dem zentralen Wasserhaltungsstandort Zollverein zulaufen.

Aufgrund der unterschiedlichen Standwasserniveaus lassen sich hier drei Zonen unterscheiden (s. Anl. 8):

- eine zentrale Zone mit tiefem Wasserhaltungsniveau unterhalb -930 mNHN,
- umliegende Randzonen mit intermediären Standwasserniveaus zwischen -719 und -886 mNHN,
- der südöstliche Randbereich mit der Box 7 - Katharina mit einem bereits hohen Standwasserniveau von -532 mNHN.

TP Z2: die sich nordöstlich anschließende TP Z2 mit den Boxen 31 - General Blumenthal und 33 - Blumenthal C.

Hier findet in der Box 31 aktuell ein Anstieg des Standwasserniveaus statt (Standwasserniveau bei -974 mNHN; Stand: 08.2018). Die Box 33 ist über Strecken im Niveau -690 mNHN und -689 mNHN mit den Boxen 31 und 34

(TP Z3) verbunden. Die Grubenwässer der Box 33 laufen aktuell bei einem Standwasserniveau von -748 mNHN zur Box 31 über.

Bei -696 mNHN besteht in der Box 31 eine Übertrittsstelle zur TP Z1.

TP Z3: der nordöstliche Randbereich der WP Zollverein mit den Boxen 32 - König Ludwig, 34 - An der Haard, 35 - Emscher Lippe und 36 - Ewald Fortsetzung.

Hier findet in den Boxen 34 bis 36 aktuell ein Anstieg des Standwasserniveaus statt (Standwasserniveau bei -760 mNHN; Stand: 08.2018). Die Box 32 entwässert über eine Strecke im Niveau -723 mNHN in den Anstiegsbereich. Der Anstiegsbereich ist im Niveau -689 mNHN mit der TP Z2 verbunden.

5.3 Bisheriger Verlauf des Grubenwasseranstiegs

Die Erfassung der Standwasserniveaus erfolgt derzeit über acht Lotungsstellen in den drei Teilprovinzen (s. Anl. 8). Darüber hinaus sind in der WP Zollverein weitere Lotungsstellen vorhanden, für die in den letzten Jahren keine Messwerte vorliegen, weil sie keine zusätzlichen Erkenntnisse oder keine verlässlichen Angaben liefern. Die zeitliche Entwicklung der Standwasserniveaus an den Lotungsstellen in der WP Zollverein ist in Abb. 2 für den Zeitraum bis 2017 dargestellt.

- Standwasserniveaus TP Z1

In der TP Z1 sind in den zentralen tiefen Wasserhaltungsbereichen als Lotungsstandorte die Schächte Consolidation 6 (Box 22) und Ewald 6 (Box 29) vorhanden. Die Randbereiche werden durch die Schächte Zweckel 1 (Box 21), Matthias Stinnes 5 (Box 15) sowie Schlägel & Eisen 4 (Box 27) erfasst.

Im Bereich der TP Z1 erfolgte nach Stilllegung der letzten Bergwerke in 2000 und 2001 ein flächenhafter Anstieg des Standwasserniveaus. Dabei wurde bis etwa 2009 in allen Boxen das Niveau der aktuellen Wasserhaltung erreicht; seither stagnieren die Standwasserniveaus.

Im südöstlichen Randbereich der Essener Hauptmulde - Boxen 7 bis 10 - sind keine Lotungsschächte vorhanden. Hier werden die Standwasserniveaus entsprechend den Niveaus der maßgeblichen hydraulischen Verbindungsstrecken angenommen.

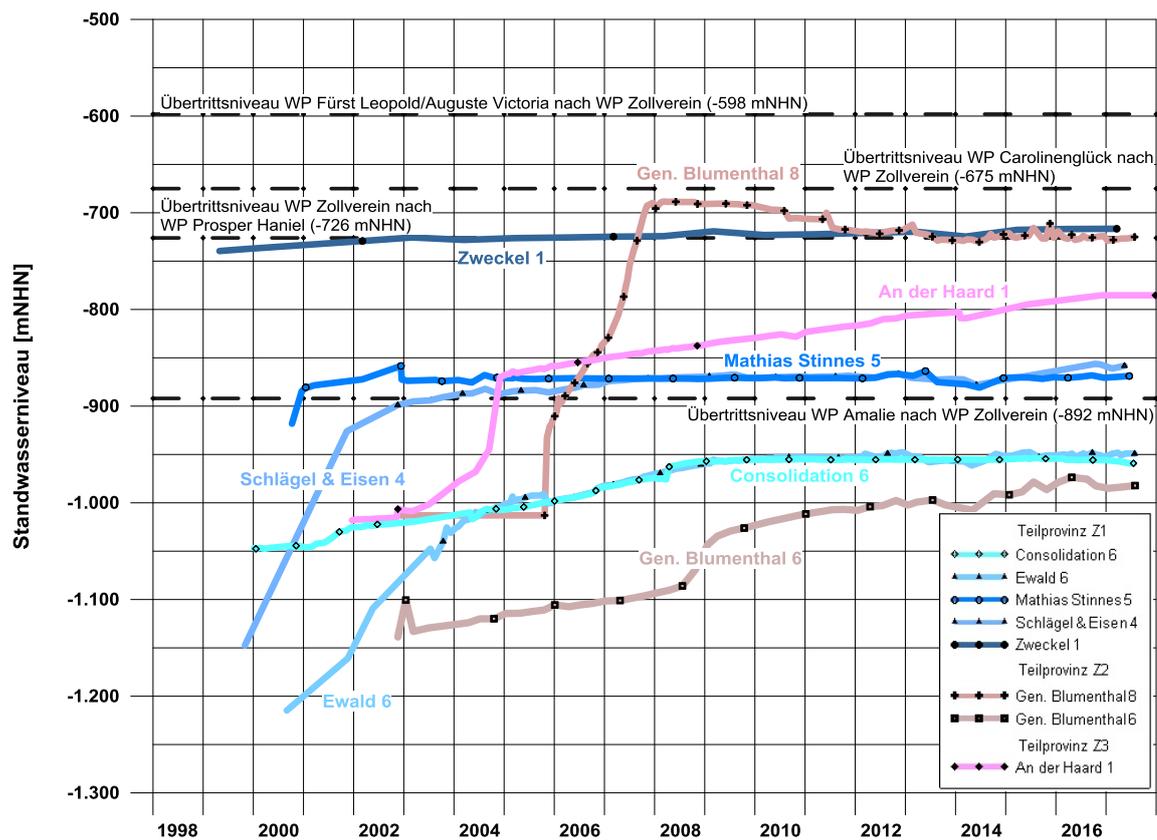


Abb. 2: Verlauf der Standwasserniveaus im Bereich der WP Zollverein zwischen 1998 und 2017

- Standwasserniveaus TP Z2

Für die TP Z2 liegen Lotungsdaten von den Standorten Gen. Blumenthal 8 (Box 33) und Gen. Blumenthal 6 (Box 31) vor. In der Box 33 erfolgte zwischen 10.2005 und 11.2007 zunächst ein rascher Anstieg des Grubenwassers mit einer Geschwindigkeit von rd. 150 m/a auf ein Niveau um -690 mNHN (Übertrittsniveau zur Box 31); anschließend stagnierte der Grubenwasserstand bis 07.2009 auf diesem Niveau und sank bis 28.07.2017 auf -725 mNHN.

Am Lotungsstandort Gen. Blumenthal 6 erfolgte zwischen 2003 und Mitte 2008 ein stetiger Grubenwasseranstieg mit einer mittleren Geschwindigkeit von rd. 8 m/a. Mit dem Überlauf der Grubenwässer aus der Box 33 ist zwischen 07.2008 und 07.2009 ein zwischenzeitlicher Anstieg der Anstiegsgeschwindigkeit erkennbar. Anschließend setzte sich der Anstieg des Grubenwassers aber wieder mit einer geringeren mittleren Geschwindigkeit von rd. 6 m/a fort und erreichte bis zum 31.07.2017 ein Niveau von -982 mNHN.

- Standwasserniveaus TP Z3

Für die Anstiegsbereiche in der TP Z3 wird das im Schacht An der Haard 1 gemessene Standwasserniveau als repräsentativ angesehen. Seit 2003 steigt das Standwasser hier an. Bis Ende 2005 erfolgte zunächst ein rascher Anstieg des Grubenwassers von rd. -1.000 mNHN bis auf ein Niveau von rd. -870 mNHN; auf diesem Niveau sind die drei nordöstlichen Boxen hydraulisch verbunden.

Im Folgenden setzte sich der Grubenwasseranstieg mit einer weitgehend konstanten mittleren Geschwindigkeit von rd. 7 m/a in den drei nordöstlichen Boxen auf

einem einheitlichen Niveau fort. Bis 12.2017 wurde im Schacht An der Haard 1 ein Standwasserniveau von -785 mNHN erreicht.

Über den Anstiegsverlauf in Box 32 - König Ludwig liegen keine Angaben vor. Seitens der RAG wird davon ausgegangen, dass sich die Box König-Ludwig ähnlich wie die östlich angrenzende Box 36 - Ewald Fortsetzung entwickelt.

5.4 Bereits eingestaute Abbaubereiche

Gemäß der oben beschriebenen Dokumentation des Grubenwasseranstiegs ist das Standwasserniveau in den verschiedenen Bereichen des Betrachtungsraums um maximal rd. 300 m (vgl. Abb. 2) angestiegen; in einigen Bereichen setzt sich der Anstieg noch fort. Im Rahmen dieses Grubenwasseranstiegs wurden die tiefsten Abbaubereiche bereits eingestaut. Die räumliche Verteilung der bereits eingestauten Grubenbaue und die maximal erreichten Einstauhöhen sind in Anl. 9 dargestellt; als Referenzhöhen für das aktuelle Standwasserniveau („Ist-Zustand“) sind die in Kap. 5.3 dargestellten Grubenwasserstandsdaten zugrunde gelegt.

Danach wurden in den tiefsten Abbaubereichen der TP Z1 - im zentralen Bereich der Emscher-Hauptmulde (Boxen Ewald (29) und Ewald Ost (30)) sowie im Bereich der Essener Hauptmulde (Boxen Katharina (7), Victoria Mathias (9) und Bonifacius (10)) - maximale Einstauhöhen um 200 bis 300 m erreicht. Die höchsten Einstauhöhen bis zu 449 m liegen in einem lokal begrenzten Abbaubereich am SW-Rand der Wasserprovinz Zollverein in der Box Victoria Mathias (9) vor.

Weitere Abbaubereiche mit signifikanten Einstauhöhen um 200 bis 300 m treten lokal in den Teilprovinzen TP Z2 und TP Z3 - insbesondere im Bereich der Boxen

Emscher Lippe (35) und Ewald Fortsetzung (36) - auf. In den übrigen Flächen bleibt die Einstauhöhe der bereits in den Grubenwasseranstieg einbezogenen Abbaue zumeist unter 100 m.

Für die WP Amalie ist aufgrund der begrenzten Abbaudaten keine nach Boxen differenzierte Ermittlung der bereits erfolgten Einstauhöhe möglich. Daher erfolgt hier nur eine überschlägige Abschätzung anhand der in Anl. 6 dargestellten Teufenlage der Abbaubereiche. Danach ist im gesamten Bereich der WP Amalie mit maximalen Einstauhöhen um 100 bis 300 m zu rechnen.

6 Übersicht Bodenbewegungen

6.1 Abbaubedingte Bodensenkungen

Das Ausmaß der im Zuge des Grubenwasseranstiegs zu erwartenden Bodenhebungen korreliert mit den abbaubedingten Bodensenkungen. Für die Bewertung des Gesamtbodenhebungspotenzials im Rahmen eines theoretischen vollständigen Einstaus des Grubengebäudes stellt somit die Übersicht über die Summe der abbaubedingten Bodensenkungen eine erste Grundlage dar. Zu den abbaubedingten Bodenbewegungen liegen verschiedene Auswertungen vor:

- quantitative Analyse auf der Grundlage der Abbaudaten für die Wasserprovinz Zollverein (Anl. 10.1); die Auswertung kann lokal dort unvollständig sein, wo nicht alle Grubenbaue erfasst wurden bzw. dokumentiert sind; eine entsprechende Auswertung ist für die WP Amalie aufgrund der fehlenden Abbaudaten nicht möglich;
- Auswertung zu bergbaulich bedingten Bodensenkungen durch die Emschergenossenschaft für das Verbandsgebiet (EMSCHERGENOSSENSCHAFT, 2014; Anl. 10.2);
- Auswertung historischer Höhendaten (Preußische Landesaufnahme) für das Ruhrgebiet von HARNISCHMACHER (2012, Anl. 10.3).

Die Darstellung der für die WP Zollverein quantitativ ermittelten Bodensenkungen in Anl. 10.1 spiegelt naturgemäß die Verteilung der abgebauten Mächtigkeiten (Anl. 7) wider. Die stärksten Bodensenkungen treten flächenhaft in den Bereichen von Emscher und Essener Hauptmulde auf.

In den Abbauschwerpunkten der Essener Hauptmulde treten flächenhaft Bodensenkungen über 15 m auf; in den Boxen Bonifacius (10) und Zollverein (12) wurden Bodensenkungen über 20 m, bis maximal 24 m ermittelt. In der Emscher-Hauptmulde treten in den Abbauschwerpunkten lokal begrenzt Bodensenkungen über 15 m auf - z.B. in den Boxen Consolidation (22) und Bismarck (25). Außerhalb der Hauptmulde betragen die Bodensenkungen flächenhaft unter 5 m.

Der Vergleich mit der Darstellung der Bodensenkungen gemäß EMSCHERGENOSSENSCHAFT (2014) in Anl. 10.2 und nach HARNISCHMACHER (2012) in Anl. 10.3 zeigt insgesamt ein vergleichbares Bild. Signifikante Unterschiede zeigen sich im Bereich der Boxen Recklinghausen (26) und Ewald (29), wo nach EMSCHERGENOSSENSCHAFT und HARNISCHMACHER insgesamt größere Bodensenkungsbeträge festgestellt wurden. Hier zeichnet sich am Sekundusprung ein signifikanter Sprung in den Bodensenkungsbeträgen ab.

Für die WP Amalie kann auf der Grundlage der Auswertung der Emschergenossenschaft (EMSCHERGENOSSENSCHAFT, 2014) im südwestlichen Teil (TP A2) von maximalen Bodensenkungen bis 5 m ausgegangen werden (Anl. 10.2); HARNISCHMACHER (2012) weist hier auch Absenkungen der Geländehöhen über 5 m aus (Anl. 10.3). Im nordöstlichen Teil der WP Amalie (TP A1) erreichen die Bodensenkungen gemäß EMSCHERGENOSSENSCHAFT (2014) lokal höhere Beträge um 10 bis 15 m; auch HARNISCHMACHER (2012) weist hier Absenkungen der Geländehöhen in entsprechender Größenordnung aus.

Für die vorliegende Betrachtung ergeben die vorliegenden Daten zu den abbaubedingten Bodensenkungen auch für den Bereich der Wasserprovinz Amalie ein ausreichend schlüssiges Bild.

Für die vorliegende Betrachtung signifikante Senkungsrandbereiche, wo ein markanter Wechsel der Senkungsbeträge zu erkennen ist, treten innerhalb des Betrachtungsraums insbesondere an den Abbaurändern entlang folgender Hauptquerstörungen (von SW nach NE) auf:

- Victoria Mathias-Sprung und Mathias-Sprung (Boxen 6 - Sälzer Amalie und 14 - Emil-Fritz),
- Sekundus-Sprung (Boxen 26 - Recklinghausen, 27 - Schlägel & Eisen/Nordfeld Süd und 29 - Ewald),
- Quintus-Sprung (Box 31, Gen. Blumenthal), Haard-Sprung (Box 33 - Blumenthal C) und Halterner Sprung (Box 35, Emscher Lippe).

Zu den angrenzenden Wasserprovinzen treten keine entsprechend markanten Wechsel in der Bodensenkungscharakteristik auf (vgl. Anl. 10. 2 und Anl. 10.3).

6.2 Unstetigkeiten

Die bei der RAG dokumentierten Unstetigkeiten sind in Anl. 10.1 dargestellt. Der Datensatz umfasst Unstetigkeiten mit Datumsangaben für den Zeitraum 1906 bis 1990.

Danach treten SW-NE-streichende Unstetigkeitszonen in den Randbereichen der Abbauzentren der Emscher-Hauptmulde im Übergangsbereich zum Gelsenkirchener Sattel (Box Emil-Fritz, 14) sowie parallel zum Streichen des Blumenthaler Hauptsattels (und in dessen südwestlicher Verlängerung entlang des Südlichen Westerholter Sattels) in den Boxen Hugo (24), Schlägel & Eisen/Nordfeld Nord (28), Ewald (29) und Blumenthal C (33) auf.

Weitere markante Unstetigkeitszonen sind entlang der NW-SE- orientierten Querstörungszonen innerhalb der Emscher-Hauptmulde im Bereich des Kirchheller Grabens (u.a. Boxen Mathias Stinnes (15), Graf Moltke (16) und Nordstern-Horst (19)), am Ewald-Hannibal-Sprung (Box Bismarck (25)), am Tertius-Sprung (Box General Blumenthal (31)) sowie am Dattelner Sprung (Box Ewald Fortsetzung (36)).

Im zentralen Abbaubereich der Essener Hauptmulde treten Unstetigkeiten insbesondere an einer zentralen, in der Box Zollverein (12) verlaufenden, NW-SE-orientierten Querstörung auf.

6.3 Zeitliche und räumliche Entwicklung der Bodenbewegungen nach Einstellung des Abbaus/aktuelle Bodenbewegungssituation

Eine wesentliche Grundlage zur Bewertung der im Rahmen des Grubenwasseranstiegs zu erwartenden Bodenbewegungen ist eine Bestandsaufnahme der aktuellen Bodenbewegungsverhältnisse. Die zeitliche Entwicklung der Bodenhebungen im Zuge des Grubenwasseranstiegs ist insbesondere davon abhängig, ob die abbaubedingten Senkungen abgeschlossen sind, noch Restsenkungen stattfinden oder bereits erste Hebungen stattgefunden haben.

Da der Abbau überwiegend bereits bis 1990 stillgelegt und der letzte Betrieb 2001 eingestellt wurde (s. Anl. 5) ist davon auszugehen, dass die durch den Abbau bedingten Bodensenkungen im Wesentlichen abgeschlossen sind. In Teilbereichen hat bereits ein Grubenwasseranstieg stattgefunden bzw. findet noch statt (TP Z2, TP Z3).

Zur Veranschaulichung der Grundzüge der aktuellen Bodenbewegungssituation im Betrachtungsraum wurden entsprechend der hydraulischen Gliederung des Betrachtungsraums sowie der zeitlichen Entwicklung des Abbaus repräsentative Vermessungspunkte des Leitnivelements ausgewählt und die zugehörigen Vermessungsdaten für die einzelnen Teilprovinzen in Diagrammform dargestellt (Abb. 3).

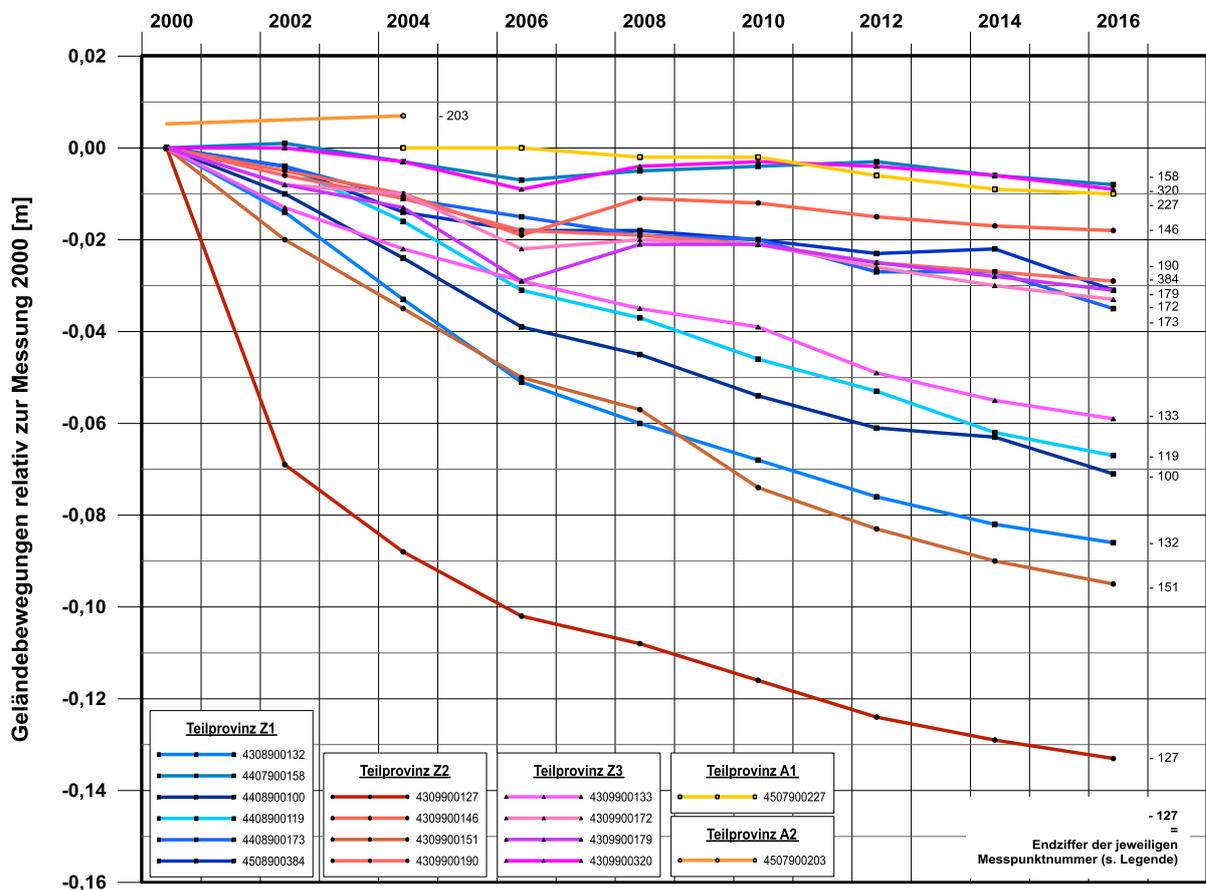


Abb. 3: Bodenbewegungsdifferenzen an Höhenfestpunkten im Bereich der Wasserprovinzen Amalie und Zollverein - Zeitraum 2000 bis 2016

Bei der Auswahl wurden solche Vermessungspunkte berücksichtigt, für die kontinuierlich Messdaten aus dem Zeitraum ab 2000 bis 2016 vorliegen. Die Lage die-

ser repräsentativen Höhenpunkte ist in Anl. 5 und Anl. 9 dargestellt. Da für die WP Amalie nur ein den Kriterien entsprechender Festpunkt in der TP A1 vorhanden war, wurde ein weiterer Festpunkt für die TP A2 hinzugezogen, für den Messdaten von 1988 und 2004 vorliegen (Festpunkt 4507900203).

Die wesentlichen Charakteristika der Bodenbewegungen nach 2000 sind für die einzelnen Teilprovinzen im Folgenden zusammenfassend erläutert.

- WP Zollverein

In den bereits vor 1990 stillgelegten Abbaubereichen, in denen bisher kein signifikanter Grubenwasseranstieg stattgefunden hat, treten seit 2000 nur geringfügige Bewegungen $< 0,01$ m im Rahmen der Messgenauigkeit auf (vgl. Festpunkte 4407900158, Box 16, 4309900320, Box 32).

In denjenigen Bereichen, in denen bereits ein signifikanter Teilanstieg des Grubenwassers stattgefunden hat (vgl. Anl. 9), traten insgesamt höhere Bodensenkungen auf. Die stärksten Restsenkungen in einer Größenordnung von 0,05 bis 0,13 m wurden an den Festpunkten beobachtet, in deren Bereich nach 1990 noch in großen Teufen abgebaut wurde (4408900119 und 4408900100 - Box 22, 4308900132 - Box 29, 4309900127 - Box 31, 4308900151 - Box 33, 4308900133 - Box 34; s. Abb. 3). Die Hauptsenkungen traten hier bis etwa 2006 auf, in der Zeit, in der der wesentliche Teilanstieg des Grubenwassers in der WP Zollverein erfolgte.

Geringere, aber ebenfalls signifikante Senkungsbeträge um 0,02 bis 0,04 m zeigen die übrigen Festpunkte, in deren Bereich nach 1990 nicht mehr abgebaut wurde und die bereits erzielten Einstauhöhen im Zuge des Grubenwasserteilanstiegs geringer sind.

Insgesamt weist dieser grobe Überblick darauf hin, dass auch über 15 Jahre nach Stilllegung des Abbaus auch im Zuge des bereits erfolgten Grubenwasseranstiegs in der WP Zollverein noch signifikante Restsenkungen aufgetreten sind und diese Bewegungstendenz generell auch noch anhält.

Bodenhebungen wurden auch in den Bereichen, in denen derzeit noch ein Grubenwasseranstieg erfolgt, bisher nicht festgestellt. Dies ist nach den bisherigen Erfahrungen aus anderen Anstiegsbereichen des Ruhrreviers bei den bisher erfolgten maximalen Einstauhöhen von zumeist unter 300 m (vgl. Anl. 9) auch plausibel.

- WP Amalie

Für die Wasserprovinz Amalie liegen nur zwei Festpunkte vor, die einen Hinweis auf die Bewegungscharakteristika geben. Danach ist davon auszugehen, dass hier derzeit keine signifikanten Bodenbewegungen stattfinden.

Dies ist insofern plausibel, als die Stilllegung über 60 Jahre zurückliegt und auch der anschließend erfolgte Teilanstieg hier seit langem abgeschlossen sein muss.

7 Räumliche und zeitliche Entwicklung des geplanten Grubenwasseranstiegs

7.1 Langfristiges Wasserhaltungskonzept der RAG

Das Wasserhaltungskonzept der RAG sieht die Einstellung der Wasserhaltung der WP Zollverein in 07.2021 sowie der WP Amalie in 10.2021 vor. Beide Wasserprovinzen sind in einem Niveau von -738 mNHN hydraulisch miteinander verbunden.

Die im Bereich der Wasserprovinzen Amalie und Zollverein zulaufenden Grubenwässer sollen - zusammen mit den aus den Wasserprovinzen AV/Lippe und Carolinenglück nach WP Zollverein übertretenden Grubenwässern - über eine hydraulische Verbindung im Bereich der Box Möller-Rheinbaben (20) im Niveau -726 mNHN in die Wasserprovinz Prosper-Haniel (Box Prosper Nord) übertreten.

Über eine Verbindung auf der 6. Sohle Prosper (-908 mNHN) zur 4. Sohle Lohberg (-805 mNHN) werden die Grubenwässer weiter in die Wasserprovinz Lohberg übertreten. Dort ist die langfristige Hebung der in der Großprovinz Lohberg zuströmenden Grubenwässer am Standort Lohberg 1/2 auf -630 mNHN vorgesehen; das gehobene Grubenwasser wird in den Rhein eingeleitet.

In Abhängigkeit von der Qualität der hydraulischen Verbindungen zum Wasserhaltungsstandort Lohberg werden sich in den angeschlossenen Wasserprovinzen/Boxen entsprechend höhere Standwasserniveaus mit ausreichend hydraulischem Gefälle zum Wasserhaltungsstandort einstellen. Für die WP Zollverein wird ein mittleres Standwasserniveau von ca. -525 mNHN betrachtet.

7.2 Anstiegsszenario

Auf der Grundlage der von der RAG zur Verfügung gestellten Prognosedaten für den Grubenwasseranstieg in der Großprovinz Lohberg sind die Anstiegsverläufe für die einzelnen Boxen der Wasserprovinzen Zollverein und Amalie zusammen mit den Anstiegsverläufen in den angrenzenden Wasserprovinzen Carolinenglück, AV/Lippe und Prosper-Haniel in Abb. 4 dargestellt.

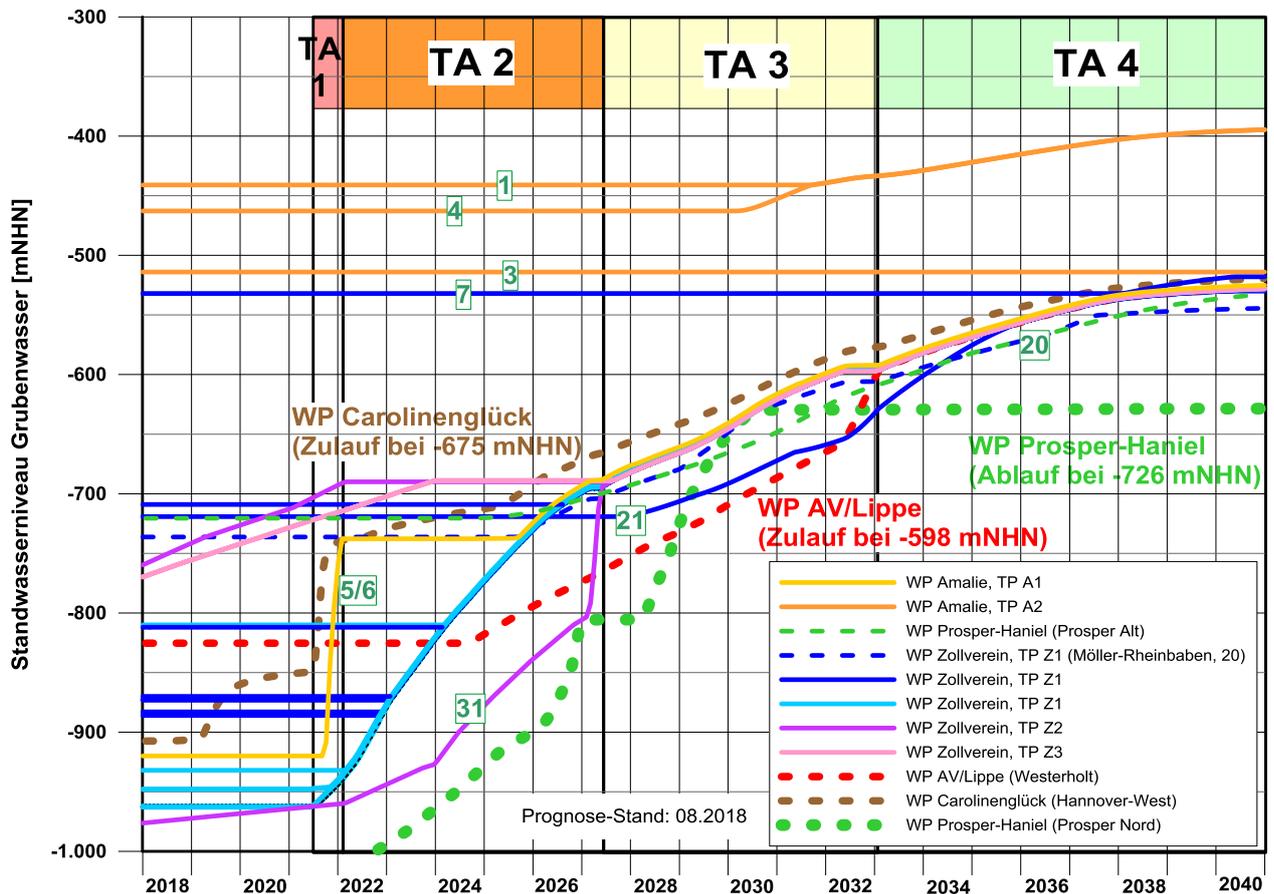


Abb. 4: Grobprognose des Grubenwasseranstiegs in den Wasserprovinzen Amalie und Zollverein nach Angaben RAG mit Gliederung in Teilanstiegsphasen (TA)

Die Gesamtdauer des Grubenwasseranstiegs bis zum Erreichen des betrachteten Standwasserniveaus in der Wasserprovinz Zollverein von rd. -525 mNHN ist demnach mit einer Dauer von rd. 20 Jahren prognostiziert. In einigen Boxen klingt der Grubenwasseranstieg erst nach 2040 langsam aus, so dass das Zielniveau wenige Meter oberhalb des Prognosewertes für 2040 liegen kann. Im Hinblick auf die Bewertung der zeitlich und räumlich veränderlichen Bodenbewegungsentwicklung kann der Gesamtverlauf des Grubenwasseranstiegs für die Prognosephase bis 2040 in vier Teilanstiegsphasen TA1 bis TA4 gegliedert werden:

- Teilanstiegsphase TA1 (Dauer 7 Monate, 07.2021 bis 02.2022)

Nachdem in 07.2021 die Einstellung der Wasserhaltung am Standort Zollverein erfolgt ist, soll drei Monate später, in 10.2021, auch die Wasserhaltung Amalie eingestellt werden. Bis 02.2022 soll das Standwasserniveau in Amalie dann sehr schnell bis auf das Niveau der hydraulischen Verbindung zur WP Zollverein bei -738 mNHN ansteigen (Anstiegsgeschwindigkeit rd. 540 m/a) und im Weiteren in die WP Zollverein überlaufen.

In der WP Zollverein findet in dieser Phase in der TP Z1 im Wesentlichen nur ein Auffüllen der tiefsten Wasserhaltungsbereiche unterhalb -930 mNHN statt (hellblaue Teilflächen in Anl. 8); hier steigt das Standwasserniveau nur um wenige zehner Meter an. Bei der Darstellung der räumlichen Verteilung der Anstiegsbereiche in Anl. 11 wird daher für diese Bereiche für die Teilanstiegsphase TA1 „kein“ Anstieg angesetzt. In den Randbereichen der TP Z1, wo das Standwasserniveau aktuell bereits deutlich höher steht (dunkelblaue Teilflächen in Anl. 8) erfolgt in dieser Phase noch kein Grubenwasseranstieg.

In den Teilprovinzen TP Z2 und TP Z3 setzen sich die lokalen langsamen Grubenwasseranstiege weiter fort, bei ebenfalls geringen Anstiegshöhen. Bei der Darstellung der räumlichen Verteilung der Anstiegsbereiche in Anl. 11 wird daher für diese Bereiche für die Teilanstiegsphase TA1 ebenfalls „kein“ Anstieg angesetzt.

- Teilanstiegsphase TA2 (Dauer 5,3 Jahre, 02.2022 bis 06.2027)

In der Teilanstiegsphase TA2 werden sukzessive alle Boxen der WP Zollverein auf ein einheitliches Standwasserniveau aufgefüllt. Bis 06.2027 stellt sich ein Standwasserniveau von rd. -690 mNHN ein. Nur in der Box 21 (Zweckel-Scholven) stagniert das Standwasserniveau in dieser Phase aufgrund einer eingeschränkten hydraulischen Anbindung noch bei -719 mNHN.

In dieser Phase steigt das Standwasserniveau in der Teilprovinz TP Z1 mit einer mittleren Geschwindigkeit von rd. 50 m/a um maximal 260 m an. Mit dem Anstieg des Standwasserniveaus in der Box 20 (Möller-Rheinbablen) ab 2026 erfolgen dann auch erste Wasserübertritte in die WP Prosper-Haniel.

In den Teilprovinzen TP Z2 und TP Z3 stagniert das Standwasserniveau in dieser Phase bei rd. -688 mNHN. Nur in der Box 31 (Gen. Blumenthal) findet parallel zum Grubenwasseranstieg in der TP Z1 ebenfalls ein deutlicher Anstieg des Standwasserniveaus statt. Der Anstieg erfolgt hier zunächst mit einer mittleren Geschwindigkeit von rd. 30 m/a bis auf ein Niveau von rd. -800 mNHN. Ab Anfang 2027 treten dann Grubenwässer aus der TP Z1 zu. Die Anstiegsgeschwindigkeit nimmt dadurch stark zu (rd. 330 m/a). Über einen Zeitraum von etwa 4 Monaten steigt das Grubenwasser hier sehr schnell um rd. 110 m an. Zum Ende

der TA 2 bildet sich in TP Z1 und TP Z2 ein einheitliches Standwasserniveau von rd. -690 mNHN aus.

In der Teilprovinz TP A1 der Wasserprovinz Amalie stagniert das Standwasserniveau in dieser Phase ebenfalls zunächst bei rd. -738 mNHN. In 10.2025 erreicht das Standwasserniveau der WP Zollverein das Niveau der Übertrittsstelle zur WP Amalie; damit wird die TP A1 dann in den weiteren Grubenwasseranstieg der WP Zollverein einbezogen.

Im zweiten Teil der TA 2 erfolgen dann auch Wasserzutritte aus der WP Carolinenglück in die WP Zollverein.

- Teilanstiegsphase TA3 (Dauer 5,8 Jahre, 06.2027 bis 02.2033)

In der Teilanstiegsphase TA3 setzt sich der Grubenwasseranstieg in den Wasserprovinzen Zollverein und Amalie auf einem weitgehend einheitlichen Niveau fort. Das Grubenwasser steigt in dieser Phase mit einer mittleren Geschwindigkeit von etwa 15 m/a um rd. 80 m bis auf ein Niveau um rd. -590 mNHN an.

In der Box 21 (Zweckel-Scholven) setzt zu Beginn der TA 3 ebenfalls ein Anstieg des Standwasserniveaus ein. Der Anstieg erfolgt etwa parallel zu den übrigen Boxen der WP Zollverein auf einem rd. 100 m tieferen Niveau.

Auch in den Boxen 1 und 4 in der TP A2 der WP Amalie setzt in der TA 3 ein Anstieg der hier bereits wesentlich höher gelegenen Standwasserniveaus (-444 bzw. -462 mNHN) ein. Es stellt sich ein neues hydraulisches Gleichgewicht zu den angrenzenden Anstiegsbereichen der TP A1 ein. Die Anstiegshöhe beträgt aber in der TA 3 nur wenige Zehner Meter.

Am Ende der TA3, in 2032, tritt das Grubenwasser der WP Zollverein im Niveau rd. -598 mNHN kurzzeitig in die WP AV/Lippe über. Nachdem dann auch in der WP AV/Lippe das Grubenwasser bis auf das Niveau der Übertrittsstelle angestiegen ist, erfolgt der weitere Anstieg dann in beiden Wasserprovinzen auf einem einheitlichen Niveau (TA 4).

In der südöstlich angrenzenden WP Carolinenglück erfolgt der Grubenwasseranstieg in dieser Phase parallel zur Entwicklung in der WP Zollverein auf einem wenige Zehner Meter höheren Niveau.

In der Wasserprovinz Prosper-Haniel stellt sich das Standwasserniveau in der Teilanstiegsphase TA 3 bereits auf einem Niveau von rd. -629 mNHN ein. In der WP Zollverein steigt das Grubenwasser aufgrund der eingeschränkten hydraulischen Wirksamkeit der Verbindung aber weiter über das Standwasserniveau der WP Proper-Haniel an.

- Teilanstiegsphase TA4 (Dauer 7,8 Jahre, 02.2033 bis 12.2040)

Mit Erreichen eines Standwasserniveaus von rd. -590 mNHN setzt sich der Grubenwasseranstieg in der TA 4 in den Wasserprovinzen Zollverein, Amalie, Carolinenglück und AV/Lippe auf einem weitgehend einheitlichen Niveau mit sukzessive abnehmender Anstiegsgeschwindigkeit fort. Auch die Druckhöhendifferenz zur Box 21 (Zweckel-Scholven) baut sich bis 2035 sukzessive ab.

Bis 2040 wird so für den betrachteten Grubenwasseranstieg in den Wasserprovinzen Zollverein und Amalie sowie den angrenzenden Boxen der Wasserprovinzen Carolinenglück und AV/Lippe ein Standwasserniveau zwischen etwa -544

und -520 mNHN erwartet. Die Anstiegsgeschwindigkeit ist in dieser Phase mit wenigen Metern pro Jahr gering.

Auch in den Boxen 1 und 4 in der TP A2 der WP Amalie setzt sich der Grubenwasseranstieg in der TA 4 parallel zur Entwicklung in den angrenzenden Anstiegsbereichen auf einem rd. 130 m höheren Niveau fort. Bis 2040 wird ein Anstiegsniveau von rd. -394 mNHN erwartet. Die Anstiegshöhe bleibt dabei begrenzt und summiert sich in den Teilanstiegsphasen TA 3 und TA 4 auf unter 70 m auf. Für die vorliegende Betrachtung ist diese Anstiegshöhe nicht signifikant; diese Boxen sind daher in Anl. 11 nicht als Anstiegsbereiche gekennzeichnet.

Die in der WP Zollverein zusammen laufenden Grubenwässer treten dann über die Box 20 (Möller-Rheinbaben) zur WP Prosper-Haniel (Box Prosper Nord) über. Das Standwasserniveau der WP Zollverein stellt sich bei der vorliegenden Betrachtung etwa 100 m oberhalb des Niveaus der WP Prosper-Haniel (rd. -629 mNHN) ein.

7.3 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. 6.1). Da der Grubenwasseranstieg im Betrachtungsraum räumlich und zeitlich differenziert erfolgt, werden im Verlauf des Grubenwasseranstiegs aber nicht nur an den äußeren Abbaurändern des Betrachtungsraums sondern auch innerhalb des Betrachtungsraums Bereiche mit un-

terschiedlichem Verlauf des Grubenwasseranstiegs und daraus resultierendem Bodenbewegungspotenzial aneinander grenzen.

Im Hinblick auf die Bewertung möglicher Bergschäden mit einigem Gewicht im Rahmen des betrachteten Grubenwasseranstiegs bis etwa -525 mNHN werden hier zunächst die markantesten solcher Randbereiche bewertet. Unter Berücksichtigung der in den Anl. 10.1 bis Anl. 10.3 dargestellten Senkungsbereiche, der Lage der Einstaubereiche einschließlich der Einstauhöhen (Anl. 12) 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. 13):

WP Amalie, TP A1

- A: Victoria-Mathias-Sprung, Grenzbereich zwischen den Boxen 6 (Sälzer Amalie) und 14 (Emil-Fritz) ;
nordöstlicher Abbaurand Amalie gegen WP Zollverein,
einseitiger Einstau um rd. 180 m in TP A1 in Teilanstiegsphase TA 1;
danach Stagnation des Standwasserniveaus in der TP A1 und sukzessiver einseitiger Einstau in der Box 14 (TP Z1) bis zum Ausgleich der Standwasserniveaus in Teilanstiegsphase TA 2; dadurch wieder gewisser Ausgleich möglicher Bewegungsdifferenzen.

- B: Mathias-Sprung, Grenzbereich zwischen den Boxen 6 (Sälzer Amalie) und 9 (Victoria Mathias);
südöstlicher Abbaurand Amalie gegen WP Zollverein;
einseitiger Einstau um rd. 180 m in TP A1 in Teilanstiegsphase TA 1;
anschließend in der TP A2 weitgehende Stagnation des Standwasserniveaus in

beiden Bereiche; in der TA3 dann paralleler Grubenwasseranstieg auf einheitlichem Niveau.

WP Zollverein, TP Z2

- C: Quintus-Sprung, Box 31 Gen. Blumenthal;
nordöstlicher Abbaurand (kleinere Baufelder auch noch nordöstlich der Störung); schneller, überwiegend einseitiger Einstau um insgesamt rd. 280 m, beginnend in der Teilanstiegsphase TA 2, mit großer Anstiegsgeschwindigkeit dann gegen Ende der TA 2;
nachfolgend in TA 4 und TA 5 weiterer überwiegend einseitiger Anstieg um rd. 160 m.

Zu den benachbarten Wasserprovinzen der Großprovinz Lohberg bestehen keine im Hinblick auf Bergschäden mit einigem Gewicht signifikante Hebungsrandbereiche, da einerseits der Abbau und die daraus resultierenden Bodensenkungen ohne signifikanten Bruch über die Provinzgrenzen hinaus erfolgt sind und andererseits auch in den benachbarten Provinzen ein paralleler Grubenwasseranstieg erfolgt.

An den Grenzbereichen zu den im Südwesten und Süden angrenzenden Wasserprovinzen Concordia und Heinrich erfolgt in den Wasserprovinzen Zollverein und Amalie im Wesentlichen kein signifikanter Grubenwasseranstieg, so dass auch hier keine Wechselwirkungen zu besorgen sind.

8 Bewertung des Einwirkungspotenzials

8.1 Bewertungskriterien

Als Grundlage für eine differenzierte Betrachtung des Einwirkungspotenzials aus Bodenhebungen im Zuge des Grubenwasseranstiegs in Bereichen des Steinkohlen-tiefbaus 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 (WP Ost; 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 die WP AV/Lippe angesetzte Klassifikation kann aufgrund der grundsätzlichen Vergleichbarkeit der geologisch-hydrogeologischen und bergbaulichen Verhältnisse von der Struktur der Zuordnungskriterien her für den hier behandelten Betrachtungs-

tungsraum übernommen werden. Die geologisch-hydrogeologischen und bergbaulichen Verhältnisse am Rurrand im Erkelenzer Revier werden als Referenz für die Einwirkungsklasse 1 angesehen.

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 (U4, U6, U11) vor, die als Referenz für die Bewertung des Einwirkungspotenzials herangezogen werden können.

So zeigen Erfahrungen aus dem Bereich des Bergwerks Westfalen, dass in der Anfangsphase des Grubenwasseranstiegs zunächst Bodensenkungen neu einsetzen können und zur Aktivierung von ersten Bodenhebungen eine Mindesteinstauhöhe zwischen 300 und 600 m erforderlich ist. Dies wird auch durch entsprechende Beobachtungen aus anderen Bereichen des Grubenwasseranstiegs in Nordrhein-Westfalen und aus dem Raum Südlimburg (NL) bestätigt.

8.2 Einflussfaktoren

- Geologisch-hydrogeologische Kriterien

Die tektonischen Störungszonen im Bereich der WP Zollverein und WP Amalie 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 Kreide- deckgebirge die Hebungsbewegungen kontinuierlich, ohne Ausbildung von Unstetigkeiten abnehmen (Königsborn, Fliericher Sprung; U4, U11). Dies ist auch darauf zurückzuführen, dass diese Störungen nur begrenzt im Deckgebirge aushalten und hier in den basalen Deckgebirgsgrundwasserleiter keine signifikante hydraulische Barriere bilden, an denen es zu einem einseitigen Anstieg des Druckniveaus im Deckgebirge kommen könnte. Die Entwicklung der Bodenbewegungen in den Hauptquerstörungsbereichen weicht damit hier grundsätzlich von der schadensrelevanten Entwicklung am Rurrand im Erkelenzer Revier ab.

Für den Betrachtungsraum ist weiterhin zu berücksichtigen, dass das Standwasserniveau nur im äußersten Nordosten die Deckgebirgsbasis erreicht und so kein zusätzliches Einwirkungspotenzial aus Dehnungsbewegungen im Deckgebirge zu erwarten ist. Aus der Betriebsphase sind gemäß den Angaben der RAG Unstetigkeiten an Abbaurändern im Bereich der tektonischen Hauptstörungszonen nur lokal aufgetreten; auch diese sind aber hinsichtlich der Bewertung potenzieller Einwirkungsbereiche zu berücksichtigen.

- Anstiegsgeschwindigkeit

Ein schneller Anstieg des Grubenwasserspiegels kann möglicherweise einen zusätzlichen Impuls zur Aktivierung einer tektonisch vorgeprägten Bewegungsbahn geben und so die Ausbildung von Hebungs differenzen an einer scharf begrenzten Bewegungsbahn begünstigen. Zum Vergleich sind die Anstiegskurven anderer Bereiche des Grubenwasseranstiegs im Steinkohlenbergbau in Nordrhein-Westfalen und Südl imburg (NL) zusammen mit repräsentativen Anstiegskurven für die WP Zollverein und die WP Amalie in Abb. 5 dargestellt.

Für den Bereich der WP Zollverein und der WP Amalie ist nach den Prognosen des Grubenwasseranstiegs der RAG mit zwischenzeitlich erhöhten Anstiegsgeschwindigkeiten um 540 m/a (WP Amalie) bzw. 330 m/a WP Zollverein (Box 31) zu rechnen. Insgesamt erfolgt der Grubenwasseranstieg bis zum Erreichen des betrachteten Zielniveaus von rd. -525 mNHN aber vergleichsweise langsam.

Die prognostizierten Anstiegsverläufe für die WP Zollverein und die WP Amalie ähneln im Gesamtverlauf der Entwicklung im Bereich des Bergwerks Westfalen, erfolgen nur auf einem etwas höheren Niveau. Eine verstärkte Anstiegsgeschwindigkeit im Rahmen der Auffüllung der tiefen, zumeist weniger intensiv durchbauten Abbauniveaus ist durchaus charakteristisch.

Insgesamt kennzeichnet der Anstiegsverlauf einen Bereich mit vergleichsweise geringen Wasserzuläufen und dadurch bedingt einer vergleichsweise geringen Anstiegsgeschwindigkeit. Die Anstiegsgeschwindigkeit ist daher nicht als primärer Einflussfaktor zur Klassifizierung des Einwirkungspotenzials zu bewerten.

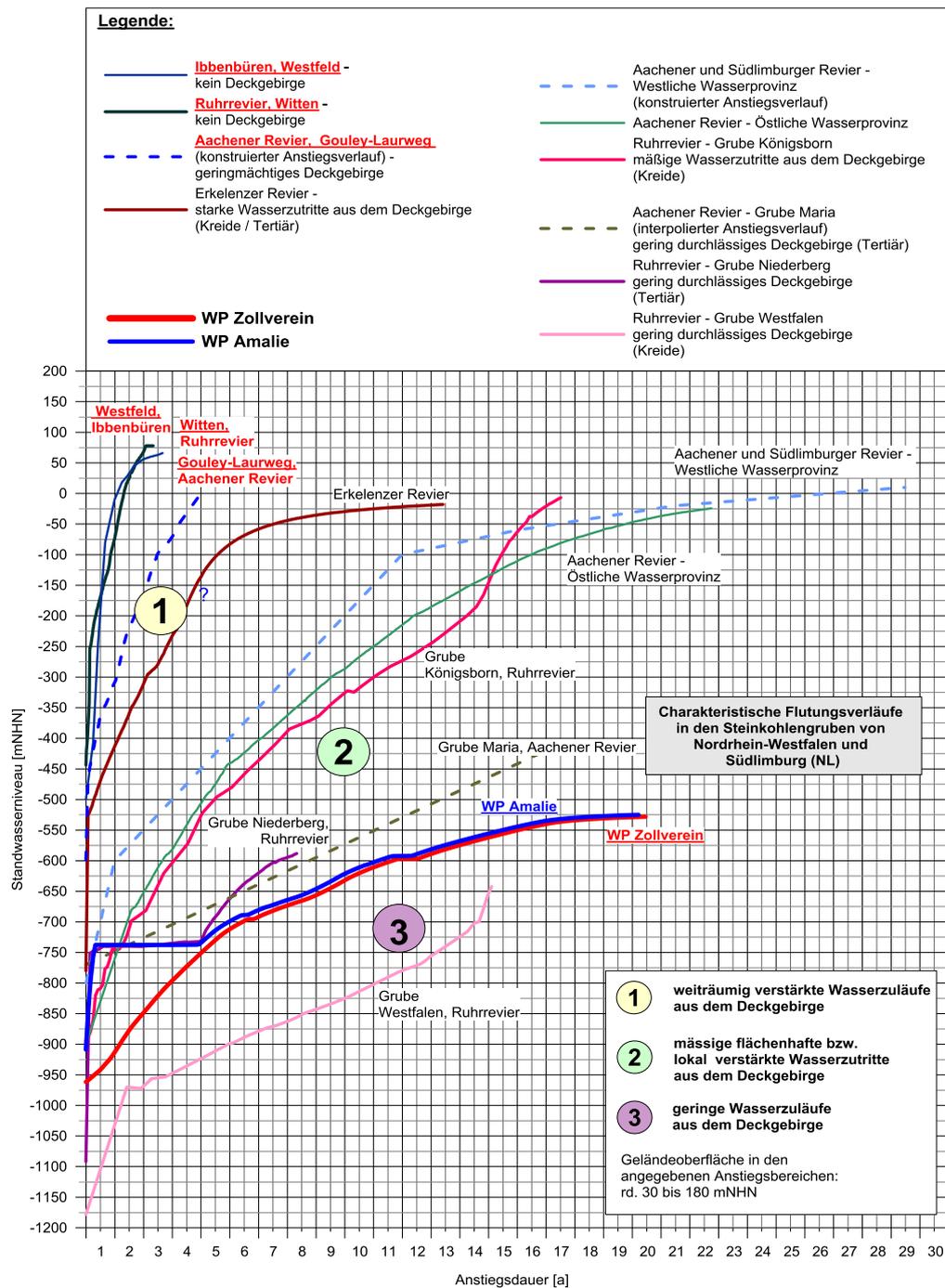


Abb. 5: Vergleichende Gegenüberstellung von Grubenwasseranstiegsverläufen in verschiedenen Steinkohlengruben/-revieren in NRW und Südlimburg (NL) mit Prognose für den Anstieg im Betrachtungsraum bis rd. -525 mNHN (verändert nach ROSNER, 2011)

- 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 einem vergleichsweise tiefen Teufenniveau bis ca. -525 mNHN, ohne signifikanten Einstau in das Deckgebirge, wird erfahrungsgemäß allerdings nur ein Bruchteil dieses Gesamthebungspotenzials aktiviert.

Im Betrachtungsraum verbleiben die in der Summe erzielten Einstauhöhen der Abbaubereiche in der Gesamtfläche der Abbaubereiche überwiegend unter 500 m (Anl. 12), ohne dass das Deckgebirge erreicht wird. In diesen Bereichen ist nach den bisherigen Erfahrungen noch nicht mit signifikanten Bodenhebungen zu rechnen. Vielmehr können in der Anfangsphase Bodensetzungen im Zentimeterbereich auftreten bzw. noch vorhandene Bodensenkungen sich fortsetzen (vgl. Kap. 6.3).

In den zentralen Abbaubereichen von Emscher-Hauptmulde und Essener Hauptmulde, werden Einstauhöhen um 500 bis 700 m erreicht. Hier ist mit der Ausbildung erster Bodenhebungen zu rechnen. Nach den bisherigen Erfahrungen werden diese aber in einer Größenordnung $< 0,10$ m liegen. In den nordöstlichen Randbereichen der WP Zollverein, wo der Druckspiegel des Standwasserniveaus

bis zu rd. 300 m in das Deckgebirge ansteigt, sind ebenfalls erste Bodenhebungen von wenigen Zentimetern nicht auszuschließen.

8.3 Einwirkungspotenziale an markanten Hebungsrandbereichen

Als Referenz für die Charakterisierung des Einwirkungspotenzials im Hinblick auf die Ausbildung von potenziell schadensrelevanten Unstetigkeitszonen wurden in Kap. 7.3 die unter Berücksichtigung der Abbauverhältnisse und der zeitlichen Entwicklung des Grubenwasseranstiegs markantesten Hebungsrandbereiche ausgewiesen (Anl. 13). Diese sind im Folgenden unter Berücksichtigung der zuvor aufgeführten bergbaulich-hydrogeologisch-geotechnisch relevanten Einflussfaktoren im Hinblick auf die Ausbildung von Bergschäden bewertet.

- Potenzielle Unstetigkeitszone A

Wo: WP Amalie, TP A1, Victoria-Mathias-Sprung, Grenzbereich zwischen den Boxen 6 (Sälzer Amalie) und 14 (Emil-Fritz);

Wie: Im Zuge des Anstiegs in der Teilanstiegsphase TA 1 entwickelt sich ein einseitiger Überstau westlich der Störungszone von rd. 180 m (Box 6). Danach setzt in der Teilanstiegsphase TA 2 auch östlich der Störungszone (Box 14) der Anstieg ein; die Differenzen im Bodenbewegungspotenzial werden dabei wieder abgebaut.

Was: Vergleichsweise geringe abgebaute Mächtigkeit in Box 6, begrenzter einseitiger Überdruck in tiefem Niveau und nur über einen begrenzten Zeitraum ⇒

Entwicklung ungleichmäßiger Bodenhebungen zu beiden Seiten der Störungszone ist in dieser Anstiegsphase nicht grundsätzlich auszu-

schließen; Ausbildung einer Unstetigkeitszone ist aufgrund des begrenzten Hebungspotenzials unwahrscheinlich; Potenzial für die Ausbildung von Bergschäden mit einigem Gewicht ist daher nicht vorhanden.

- Potenzielle Unstetigkeitszone B

Wo: WP Amalie, TP A1, Mathias-Sprung, Grenzbereich zwischen den Boxen 6 (Sälzer Amalie) und 9 (Victoria Mathias);

Wie: Im Zuge des Anstiegs in der Teilanstiegsphase TA 1 entwickelt sich ein einseitiger Überstau westlich der Störungszone von rd. 180 m.

In der TA 2 stagniert das Standwasserniveau in beiden Boxen, bevor dann in der TA 3 der weitere Anstieg auf etwa einheitlichem Niveau erfolgt.

Was: begrenzter einseitiger Überdruck in tiefem Niveau und nur über einen begrenzten Zeitraum ⇒

Entwicklung ungleichmäßiger Bodenhebungen zu beiden Seiten der Störungszone ist in dieser Anstiegsphase nicht grundsätzlich auszuschließen; Ausbildung einer Unstetigkeitszone ist aufgrund des begrenzten Hebungspotenzials unwahrscheinlich; Potenzial für die Ausbildung von Bergschäden mit einigem Gewicht ist nicht vorhanden.

- Potenzielle Unstetigkeitszone C

Wo: WP Zollverein, TP Z2, Quintus-Sprung, Box 31 Gen. Blumenthal;

Wie: schneller, überwiegend einseitiger Einstau um rd. 280 m in den Teilanstiegsphasen TA 2 und TA 3.

Was: da auch nordöstlich der Störung in geringem Umfang Steinkohle abgebaut wurde, wird der Effekt des einseitigen Einstaus abgemildert; markanter Abbaurand, aber Gesamteinstauhöhe unter 500 m. Damit insgesamt geringes Bodenhebungspotenzial ⇒
Entwicklung ungleichmäßiger Bodenhebungen zu beiden Seiten der Störungszone ist nicht grundsätzlich auszuschließen; Ausbildung einer Unstetigkeitszone ist aufgrund des begrenzten Hebungspotenzials unwahrscheinlich; Potenzial für die Ausbildung von Bergschäden mit einigem Gewicht ist nicht vorhanden.

Vom Grundsatz her sind die hier aufgeführten markanten Hebungsrandbereiche den Einwirkungsklassen 2 und 3 zuzuordnen, bei denen in anderen Grubenwasseranstiegsbereichen des Steinkohlenbergbaus in Nordrhein-Westfalen und Südlinburg (NL) bisher keine Bergschäden beobachtet wurden.

8.4 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 Geländeoberfläche 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 ca. -525 mNHN wird darüber hinaus nur ein Teil des Gesamthebungspotenzials aktiviert. Flächenhaft kann sich daher im Zuge dieses Teilanstiegs nur ein geringes Bodenhebungspotenzial entwickeln. In den Bereichen mit den höchsten Einstauhöhen um 500 bis 700 m in den zentralen Bereichen von Emscher-Hauptmulde und Essener Hauptmulde werden maximale Hebungen im Zentimeterbereich erwartet ($< 0,10$ m).

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 berg-

baulich-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. -525 mNHN erfahrungsgemäß nicht mit dem Auftreten von Schiefstellungen größer als 1:2.000 zu rechnen.

Somit ist für den Bereich der Wasserprovinzen Zollverein und Amalie festzuhalten, dass das Bodenhebungspotenzial im Rahmen des hier betrachteten Grubenwasseranstiegs bis -525 mNHN insgesamt auf wenige Zentimeter begrenzt ist und markante Einflussfaktoren für die Ausbildung von Unstetigkeiten an tektonisch vorgezeichneten Hebungsrandbereichen fehlen. Eine Aktivierung solcher Bewegungsbahnen an Hebungsrandbereichen ist daher für diesen Teilanstieg nicht auszuschließen, aber als 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.

Die im Rahmen des Grubenwasseranstiegs zu erwartenden Bodenbewegungen sind durch ein geeignetes Monitoring zu überwachen

9 Zusammenfassung

Im Rahmen der Optimierung der Wasserhaltungen nach Stilllegung des Steinkohlenbergbaus im Ruhrgebiet Ende 2018 plant die RAG die Einstellung der Wasserhaltungen in den Wasserprovinzen Zollverein und Amalie in 07.2021 und 10.2021.

Die in diesem Bereich zulaufenden Grubenwässer sollen über eine Verbindungsstrecke im Niveau -726 mNHN der Wasserprovinz Prosper-Haniel zutreten und schließlich am Standort Lohberg im Niveau -630 mNHN gehoben werden. Parallel dazu erfolgt der Grubenwasseranstieg in den benachbarten Wasserprovinzen AV/Lippe und Carolinenglück. Die hier zusitzenden Grubenwässer laufen nach Erreichen der Übertrittsstellen der Wasserprovinz Zollverein zu.

Im Zuge des Grubenwasseranstiegs ist mit dem Auftreten von Bodenbewegungen zu rechnen. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen wurde untersucht, ob dabei ungleichmäßige Bodenbewegungen auftreten können, infolge derer Bergschäden mit einigem Gewicht an der Geländeoberfläche zu besorgen sind. Dabei wurde unter Ansatz ungünstiger hydraulischer Randbedingungen betrachtet, welche Einwirkungen zu erwarten wären, wenn das Standwasserniveau in den Wasserprovinzen Zollverein und Amalie über einen Zeitraum von rd. 20 Jahren weiträumig bis in ein Niveau von rd. -525 mNHN ansteigen würde.

Im Rahmen dieser Untersuchungen wurden die wesentlichen Bewertungsgrundlagen zu den geologisch-hydrogeologischen Randbedingungen sowie der räumlichen Verteilung der Abbaubereiche und der durch den Abbau erfolgten Boden-

senkungen zusammengestellt. Weiterhin wurde die zeitliche und räumliche Entwicklung des Grubenwasseranstiegs analysiert.

Auf dieser Grundlage wurden 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 maximal rd. 460 m angehoben; die resultierenden Gesamteinstauhöhen des Grubengebäudes erreichen flächenhaft Beträge < 500 m, lokal Beträge zwischen 500 und 700 m. Das Deckgebirgsniveau wird dabei nur im äußersten Nordosten des Betrachtungsraums eingestaut. Bei Einstauhöhen unter 500 m wird bei der hier vorliegenden Tiefenlage der Abbaubereiche nicht mit der Ausbildung von signifikanten Bodenhebungen gerechnet.

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 Bereichen mit höheren Einstauhöhen ist lokal mit dem Auftreten von Bodenhebungen in einer Größenordnung < 0,10 m zu rechnen.

Die Analyse der im Rahmen eines Grubenwasseranstiegs bis rd. -525 mNHN zu erwartenden Bodenbewegungen und der Vergleich mit vergleichbaren Bereichen des Grubenwasseranstiegs in Nordrhein-Westfalen zeigt, dass im Betrachtungs-

raum 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 den Wasserprovinzen Zollverein und Amalie keine Wechselwirkungen mit den benachbarten Wasserprovinzen (Prosper-Haniel, AV/Lippe, Carolinenglück, Concordia, Heinrich) 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 eines Grubenwasseranstiegs in den Wasserprovinzen Zollverein und Amalie bis ca. -525 mNHN lokal nicht vollständig auszuschließen.

Die im Rahmen des Grubenwasseranstiegs zu erwartenden Bodenbewegungen sind durch ein geeignetes Monitoring zu überwachen.

Aachen, den 28. September 2018

(Dr. P. Rosner)

(Dr.-Ing. M. Heitfeld)