

Gutachten

zu den Bodenbewegungen im Rahmen des
Grubenwasseranstiegs im Bereich
der Wasserprovinz Concordia

- Bewertung des Einwirkungspotenzials,
Anstiegsphase bis ca. -675 mNHN mit
Variantenbetrachtung eines Anstiegs bis -535 mNHN -

erstattet von

INGENIEURBÜRO HEITFELD - SCHETELIG GMBH

BEARBEITER:

DR.-ING. M. HEITFELD

DR. P. ROSNER

M. SC. S. PIETRALLA

im Auftrag der
RAG Aktiengesellschaft, Herne

Aachen, den 5. November 2019

Dieser Bericht besteht aus 59 Seiten, 1 Anh. und 12 Anl.

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung	1
2	Grundsätzliche Anmerkungen zur Bearbeitung	3
3	Problemstellung und Bearbeitungsgrundlagen	4
4	Übersicht Untergrundverhältnisse	10
4.1	Lage des Betrachtungsraums	10
4.2	Tektonische Gliederung des Steinkohlegebirges	10
4.3	Aufbau des Deckgebirges	12
5	Abbauverhältnisse und Abbaueinwirkungen	19
5.1	Grundlagen der Bearbeitung	19
5.2	Lage der Abbaubereiche (Anl. 2)	21
5.3	Zeitliche Entwicklung der Abbaubereiche	22
5.4	Abbauteufen (Anl. 5)	23
5.5	Abbaumächtigkeiten (Anl. 6)	25
5.6	Abbaubedingte Bodensenkungen	27
5.7	Unstetigkeiten	30
6	Hydraulische Gliederung der Wasserprovinz	32
6.1	Hydraulische Verbindungen und Standwasserniveaus	32
6.2	Bisheriger Verlauf des Grubenwasseranstiegs	33
6.3	Bereits eingestaute Abbaubereiche	35
7	Zeitliche und räumliche Entwicklung der Bodenbewegungen nach Einstellung des Abbaus / aktuelle Bodenbewegungssituation	37

8	Räumliche und zeitliche Entwicklung des geplanten Grubenwasseranstiegs	41
8.1	Langfristiges Wasserhaltungskonzept der RAG	41
8.2	Anstiegszenario	42
8.3	Identifikation von markanten Hebungsrandbereichen	44
9	Bewertung des Einwirkungspotenzials	47
9.1	Bewertungskriterien	47
9.2	Einflussfaktoren	48
9.3	Zusammenfassende Bewertung	53
10	Zusammenfassung	56

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:	Entwicklung der Standwasserniveaus in den Boxen der WP Concordia seit 1988	34
Abb. 3:	Bodenbewegungsdifferenzen an Höhenfestpunkten und Grubenwasserstand in den Abbaufeldern der TP Co1 (Boxen Thyssen 2, Neumühl-S und Concordia) - Zeitraum 2000 bis 2018	38
Abb. 4:	Bodenbewegungsdifferenzen an Höhenfestpunkten und Grubenwasserstand in den Abbaufeldern der TP Co2 (Boxen Beeckerwerth/Westende und Roland/Concordia) - Zeitraum 2000 bis 2018	39
Abb. 5:	Grobprognose des Grubenwasseranstiegs in der Wasserprovinz Concordia nach Angaben der RAG	42
Abb. 6:	Vergleichende Gegenüberstellung von Grubenwasseranstiegsverläufen in verschiedenen Steinkohlengruben/-revieren in NRW und Südlimburg (NL) mit Prognose für den Anstieg im Betrachtungsraum bis rd. -675 mNHN (verändert nach ROSNER, 2011)	51

Anhangverzeichnis

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

Anlagenverzeichnis

- Anl. 1: Übersichtslageplan Betrachtungsraum, Maßstab 1:50.000
(Zeichnungs-Nr. 181-14-001)
- Anl. 2: Tektonik und Abbaubereiche, Maßstab 1:50.000
(Zeichnungs-Nr. 181-14-002)
- Anl. 3: Räumliche Gliederung des Deckgebirges, Maßstab 1:50.000
(Zeichnungs-Nr. 181-14-003)
- Anl. 4: Geologisch-bergbaulicher Längsschnitt durch den Betrachtungsraum, Maßstab der Länge 1:50.000, Maßstab der Höhe 1:10.000
(Zeichnungs-Nr. 181-14-004)
- Anl. 5: Räumliche Verteilung der Abbauteufen, Maßstab 1:50.000
(Zeichnungs-Nr. 181-14-005)
- Anl. 6: Gebaute Mächtigkeiten, Maßstab 1:50.000
(Zeichnungs-Nr. 181-14-006)
- Anl. 7: Veränderungen der Geländehöhen im Ruhrgebiet seit 1892 nach HARNISCHMACHER (2012), Maßstab 1:50.000
(Zeichnungs-Nr. 181-14-007)
- Anl. 8: Hydraulische Gliederung, Maßstab 1:50.000
(Zeichnungs-Nr. 181-14-008)
- Anl. 9: Anstiegsbereiche des Grubenwassers (IST-Zustand),
Maßstab 1:50.000
(Zeichnungs-Nr. 181-14-009)
- Anl. 10: Übersicht zeitlich-räumliche Entwicklung des Grubenwasseranstiegs, Maßstab 1:50.000
(Zeichnungs-Nr. 181-14-010)

- Anl. 11: Einstauhöhen der Abbaubereiche beim Grubenwasseranstieg bis
ca. -675 mNHN, Maßstab 1:50.000
(Zeichnungs-Nr. 181-14-011)
- Anl. 12: Einstauhöhen der Abbaubereiche beim Grubenwasseranstieg bis
ca. -535 mNHN, Maßstab 1:50.000
(Zeichnungs-Nr. 181-14-012)

1 **Veranlassung**

Das Konzept der RAG AG zur Optimierung der Wasserhaltungen nach Stilllegung des Steinkohlenbergbaus im Ruhrgebiet Ende 2018 sieht eine Reduzierung der Pumpstandorte im Ruhrgebiet vor. Nach Umsetzung des Grubenwasserkonzeptes soll das Grubenwasser langfristig an insgesamt sechs zentralen Standorten („Ewigkeitsstandorte“) angenommen und gehoben werden (U10). Auch für die Wasserprovinz Concordia ist die Einstellung der Wasserhaltung vorgesehen.

Im Zusammenhang mit der Einstellung der Wasserhaltung wird das Grubenwasser in der Wasserprovinz Concordia soweit ansteigen, dass dann die Grubenwässer zu der als Ewigkeitsstandort vorgesehenen ZWH Walsum übertreten. Dort wird das zuströmende Grubenwasser langfristig im Niveau -750 mNHN gehoben und in den Rhein eingeleitet.

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 das geplante Wasserhaltungsniveau im Bereich der Wasserprovinz Concordia einzureichenden Abschlussbetriebsplans soll eine Bewertung des durch den beantragten Grubenwasseranstieg hervorgerufenen Einwirkungspotenzials von unstetigen 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 02.07.2019 (Bestellnummer 5403130/A17/DE) 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 der Wasserprovinz Concordia bis ca. -675 mNHN. Als Variante für den Fall eines Versagens der hydraulischen Verbindung zur Wasserprovinz Walsum wird zusätzlich ein möglicher Anstieg bis in das Übertrittsniveau von -535 mNHN in die WP Lohberg betrachtet.

2 Grundsätzliche Anmerkungen zur Bearbeitung

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

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 zunächst wieder geringe Bodensenkungen auslösen, 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 (U2 bis U5) 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 Entwicklung der Bodenhebungen im Saarrevier (U7) 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 bereits für verschiedene aktuelle Stilllegungsbereiche des Ruhrreviers vorgenommen (Bergwerk Ost, Großprovinz Lohberg; U6, U8, U9).

- 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 Wasserprovinz Concordia 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. -675 mNHN (bzw. -535 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 Ausbisslinien 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 Grubenwasseranstiegs.

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 unterschiedlichem 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

4.1 Lage des Betrachtungsraums

Der Betrachtungsraum umfasst die Umhüllende der Abbaubereiche in der Wasserprovinz Concordia und befindet sich im Wesentlichen auf dem Stadtgebiet von Duisburg, Oberhausen und Mühlheim an der Ruhr. Die Gesamtfläche der Wasserprovinz beträgt rd. 88 km². Der Betrachtungsraum ist flächenhaft dicht besiedelt (Anl. 1).

Im Westen wird der Betrachtungsraum durch den Rhein begrenzt. Der Rhein-Herne-Kanal verläuft zwischen Duisburg und Oberhausen von Nordost nach Südwest in Richtung des Duisburger Hafens und mündet bei Duisburg-Ruhrort in den Rhein. Die Ruhr durchfließt den südlichen Betrachtungsraum, verläuft im Duisburger Hafen parallel zum Rhein-Herne-Kanal und mündet wie dieser bei Duisburg-Ruhrort in den Rhein.

Die Geländeoberfläche liegt am Nordwestrand des Betrachtungsraums, in der Rheinaue Binsheim, auf einem tiefsten Niveau um rd. 24 mNHN. Am südlichen Rand des Betrachtungsraums steigt die Geländeoberfläche in Mülheim an der Ruhr im Stadtteil Speldorf auf ein Niveau um 85 mNHN an.

4.2 Tektonische Gliederung des Steinkohlengebirges

Die Abbaubereiche der Wasserprovinz Concordia erstrecken sich im nördlichen Betrachtungsraum im Wesentlichen über die NE-Flanke des Gladbecker Sattels

und die sich nach Nordwesten anschließende Südostflanke der Lippe-Hauptmulde. Die Abbaubereiche im zentralen und südlichen Bereich der Wasserprovinz Concordia liegen auf der SE-Seite des Gladbecker Sattels in der südwestlichen Verlängerung der Emscher Hauptmulde. Die südwestliche Verlängerung der Emscher Hauptmulde gliedert sich im Untersuchungsbereich in die Emscher Mulde und die Westender Mulde, die auf der Höhe von Duisburg-Meiderich durch den Westender Sattel getrennt werden.

Auf der Südostflanke der Westender Mulde läuft der Abbau im westlichen Teil des Betrachtungsraums auf der Höhe der Alstadener Überschiebung aus. Im zentralen und östlichen Teil des Betrachtungsraums setzt sich der Abbau in der Alstadener Mulde noch etwas weiter nach Südosten fort (Anl. 2). Mit Annäherung an den Neu-Weseler Sattel (Verlängerung des Gelsenkirchener Hauptsattels) streichen die abbauwürdigen Karbonschichten nach Südosten sukzessive an der Karbonoberfläche aus. Nach Nordwesten setzt sich der Abbau in der Lippe-Hauptmulde im Bereich der Bergwerke Walsum und Lohberg fort.

Weiterhin wird die Struktur des Steinkohlengebirges im Bereich der Wasserprovinz Concordia 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. Einen Überblick über den Aufbau des Untergrundes im Betrachtungsraum liefert der NE-SW-verlaufende Profilschnitt in Anl. 4; die Lage der Profillinie ist in Anl. 3 dargestellt.

Der zentrale und südliche Teil des Betrachtungsraums im Bereich der Emscher Hauptmulde ist geprägt durch ein Staffelbruchsystem von NW-SE-orientierten

Querstörungen. Die tektonischen Hauptquerstörungen Ruhrwehr-Sprung, Westender Sprung und Neumühl-Sprung gliedern diesen Bereich in die westliche Bornheimer Staffel und die zentrale Alstadener Staffel. Nach Nordwesten geht die Alstadener Staffel in der Lippe-Hauptmulde in den Dinslakener Graben über, die Bornheimer Staffel in den Walsumer Horst.

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

Das Einfallen der Querstörungen kann im Niveau des Steinkohlengebirges im Mittel um 70° angesetzt werden.

4.3 Aufbau des Deckgebirges

Im südlichen Randbereich der Wasserprovinz Concordia - im Bereich Mülheim-Speldorf - tritt das Karbongebirge unter geringmächtiger Quartärüberdeckung zutage. Die Karbonoberfläche liegt hier auf einem höchsten Niveau um rd. 50 mNHN (Anl. 2). Von hier aus sinkt die Karbonoberfläche vergleichsweise gleichmäßig mit einer mittleren Neigung von 1 bis 2° in nördlicher Richtung ab. Im zentralen Bereich des Betrachtungsraum, zwischen Westender Sattel und Gladbecker Sattel liegt die Karbonoberfläche in einem Niveau zwischen rd. -100 mNHN und -150 mNHN. Entlang der nördlichen Grenze des Betrachtungsraums sinkt die Karbonoberfläche bis in Teuffenniveaus um -200 mNHN bis -250 mNHN ab.

Im Bereich der Hauptquerstörungen ist die Karbonoberfläche im Zehnermeter-Bereich versetzt; am Neumühl-Sprung erreicht die Versatzhöhe rd. 100 m.

Die Mächtigkeit des Deckgebirges nimmt entsprechend dem Einfallen der Karbonoberfläche in nördlicher Richtung zu und erreicht dabei Beträge um 270 m am Rhein bei Baerl bzw. 250 m im Bereich Oberhausen-Biefang.

Das Deckgebirge wird im Untersuchungsbereich im Wesentlichen von den tertiären Schichten der Rupel- und Grafenberg-Formation sowie von Oberkreideschichten im Niveau zwischen dem Essener Grünsand (Cenoman) und der Haltern-Formation (Untercampan) aufgebaut (Abb. 1). Im äußersten Nordwesten des Betrachtungsraums treten darüber hinaus noch Ablagerungen des Zechstein und Buntsandstein an der Deckgebirgsbasis auf.

Im westlichen Betrachtungsraum werden die Oberkreideschichten von den tertiären Rupel-Schichten diskordant überlagert (s. Anl. 4). Im Duisburger Osten keilen die Kreideschichten an der Karbonoberfläche in der Linie Neumühl - Meiderich - Ruhrort aus; westlich davon liegen die Tertiärschichten der Karbonoberfläche unmittelbar auf.

Die Ausbildung der Deckschichten im Niveau 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

Im Hinblick auf das räumliche Auftreten der Deckgebirgsschichten ist aus hydrogeologischer Sicht zwischen dem westlichen Bereich mit tertiärer Grundgebirgsüberlagerung und dem östlichen Betrachtungsraum mit überlagernden Kreideschichten zu unterscheiden.

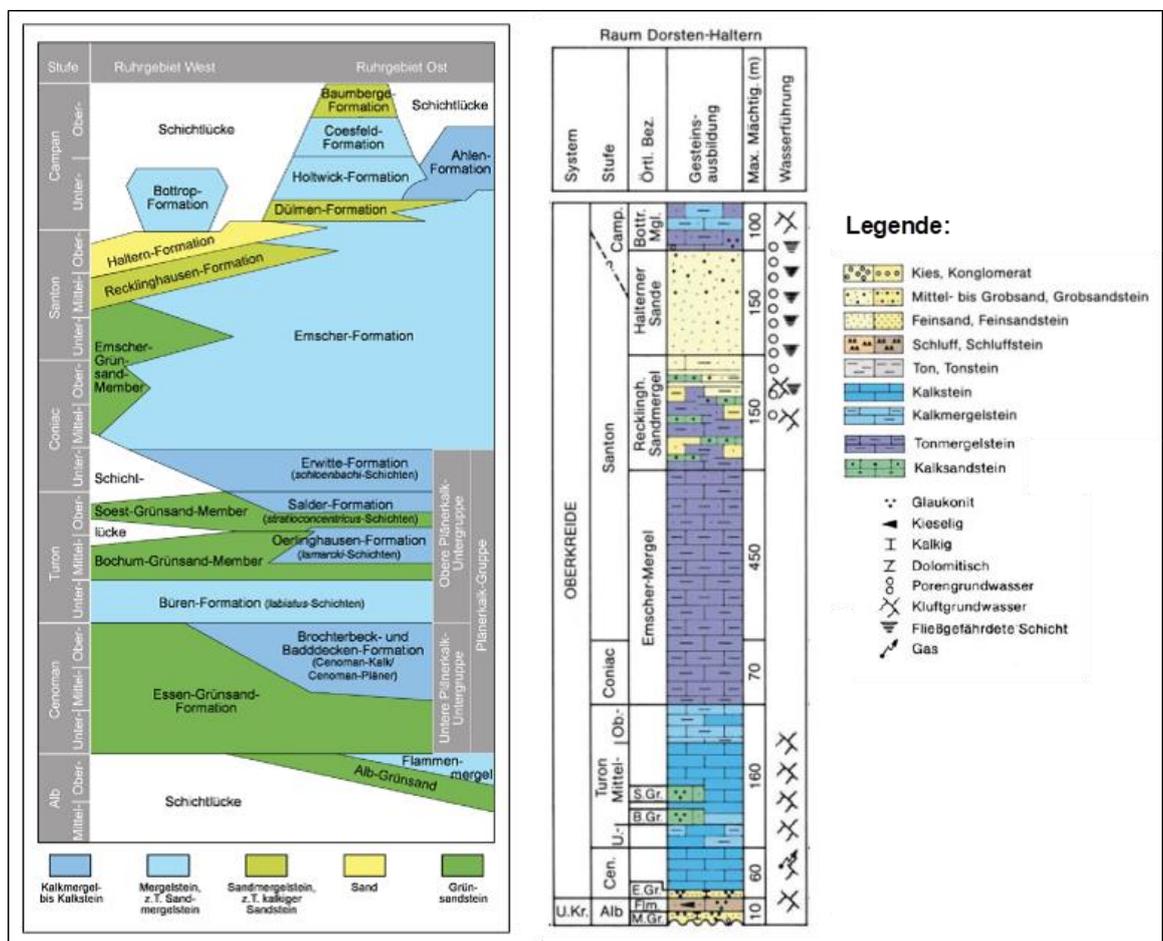


Abb. 1: Schematisches Deckgebirgsprofil für den Betrachtungsraum (ohne Zechstein und Buntsandstein) nach MÜLLER (1982, rechts) und stratigraphische Gliederung des Deckgebirges nach ABELS ET AL. (2010, links)

Für den Deckgebirgsaufbau im westlichen Betrachtungsraum mit tertiärer Überlagerung auf dem Grundgebirge ist aus hydrogeologischer Sicht die folgende Einteilung charakteristisch:

- ein oberflächennahes Grundwasserstockwerk im Niveau der Quartärschichten
- ein Grundwasserstauer im Niveau der Tertiärschichten (i. W. Rupel-Formation)

Wesentliches Charakteristikum des Deckgebirgsaufbaus im östlichen Betrachtungsraum mit kretazischer Grundgebirgsüberlagerung ist aus hydrogeologischer Sicht die Dreiteilung in:

- ein oberflächennahes Grundwasserstockwerk im Niveau der Quartär- und Oberkreideschichten (Haltern- und Recklinghausen-Formation)
- einen mächtigen Grundwasserstauer im Niveau des Emscher Mergels und
- ein basales tiefes Grundwasserstockwerk im Niveau der Kalksteine und Kalkmergelsteine des Cenoman/Turon (Plänerkalk-Gruppe)

Das obere Grundwasserstockwerk in den Quartärschichten sowie in den Oberkreideschichten (Haltern- und Recklinghausen-Formation) ist mit freier Grundwasser-oberfläche ausgebildet.

Im östlichen Betrachtungsraum folgen im Liegenden des oberen Grundwasserstockwerks die mächtigen Grundwasser stauenden Schichten im Niveau des Emscher Mergels. In Teufen > rd. 50 m unterhalb der Hangendgrenze gilt der Emscher-Mergel als grundwasserfrei, in Bereichen mit einer Mächtigkeit > rd. 100 m wird der Emscher-Mergel als hydraulische Barriere betrachtet; dies gilt langfristig

auch unter Bergbaueinfluss (U1). Die Durchlässigkeit dieser Grundwasser stauenden Schichten wird von RUDOLPH ET AL. (2008) mit einem mittleren k_f - Wert von $1 \cdot 10^{-10}$ m/s angegeben.

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

Im Liegenden der kretazischen Sedimente treten entlang des Westrandes des Betrachtungsraums bei Duisburg-Baerl Sedimente des Buntsandsteins auf. In diesem Bereich wurden Schichten des Unteren Buntsandsteins (Untere Niederrhein-Folge) abgelagert, die aus zum Teil verfestigtem Fein- und Mittelsand mit eingeschalteten Tonen besteht; die Mächtigkeit des Buntsandsteins im Betrachtungsraum beträgt weniger als 50 m.

An der Deckgebirgsbasis sind im Liegenden der Buntsandsteinschichten im nordwestlichen Teil des Betrachtungsraums darüber hinaus Sedimente des Zechsteins von maximal etwa 120 m Mächtigkeit ausgebildet (Zechstein-Folgen 1-4). Dabei handelt es sich mit Ablagerungen von im Wesentlichen Tonen- und Tonstein, Mergel, Dolomit und Anhydrit um Sedimente der südlichen Randfazies des Niederrheinischen Zechstein-Beckens.

Die Schichten des Buntsandsteins und Zechsteins im Liegenden des kretazischen Hauptgrundwasserstockwerks werden insgesamt als gering durchlässige Grundwasserstauer betrachtet.

- 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 Beeckerwerther Sprung, Westender Sprung, Alstadener Sprung, Concordia-Sprung und Roland-Sprung überschreitet der Versatz der Karbonoberfläche in der Regel 50 m nicht. Am Neumühl-Sprung, welcher die westliche Begrenzung eines tektonischen Grabens bildet, werden Versatzbeiträge bis etwa 100 m erreicht.

Die Versatzbeiträge der Karbonoberfläche an den Querstörungen sind im Vergleich zur Mächtigkeit des basalen Grundwasserstockwerks bereichsweise groß. Daher sind die tektonischen Hauptquerstörungen bereichsweise als hydraulisch wirksame Grenzzonen im Niveau des tiefen Grundwasserstockwerks zu betrachten. 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.

Für die vorliegenden Betrachtungen ist maßgeblich, dass die Hauptquerstörungen mit markantem Versatz an der Karbonoberfläche als durchgehende Trennflächen anzunehmen sind, die sich aus dem Steinkohlegebirge 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.

5 Abbauverhältnisse und Abbaueinwirkungen

5.1 Grundlagen der Bearbeitung

Für den Bereich der WP Concordia liegt keine umfassende aktuelle Bestandsaufnahme der Abbaubereiche vor. Daher wurde für die vorliegende Bearbeitung auf ältere Bestandsaufnahmen der RAG und weitere Kartengrundlagen zurückgegriffen (vgl. Anl. 2):

- „Brungs-Flächen“:

Es handelt sich um eine Bestandsaufnahme von Abbaubereichen durch die RAG. Der Datensatz wurde 2016 durch die RAG überarbeitet und beinhaltet Angaben zu Abbauteufen und zur gebauten Flözmächtigkeit. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die „Brungs-Flächen“ nicht alle Abbaubereiche im Betrachtungsraum beinhalten (v.a. Box Roland/Concordia).

- „Dude-Hohlraumberechnung“:

Ein weiterer Datensatz der RAG umfasst Abbauflächen, die im Rahmen einer Resthohlraumberechnung betrachtet wurden. Der Datensatz basiert offensichtlich auf den „Brungs-Flächen“, daher überlappen sich die Darstellungsbereiche weitgehend. Zusätzliche Angaben zu Abbaubereichen liefert der Dude-Datensatz allerdings für die Box Roland/Concordia. Im Rahmen der vorliegenden Bearbeitung wurden die Dude-Flächen daher nur für den Bereich der Box Roland/Concordia in die weitere Auswertung einbezogen.

Der Dude-Datensatz enthält Angaben zur räumlichen Lage der Abbaufelder. Eine Verknüpfung von Daten zur Lage und zu Flözmächtigkeiten liegt nicht vor.

- Wasserhebungskarte (WHK) WP Concordia:

In den östlichen Teilen der WP Concordia (Boxen Concordia und Roland/Concordia) wurde auf der Grundlage von Streckenverläufen und vereinzelt Angaben zu Flözlagen in der Wasserhebungskarte Concordia eine überschlägige Abgrenzung von Bereichen vorgenommen, innerhalb derer mit weiteren Abbaubereichen zu rechnen ist. Diese Angaben wurden abgeglichen mit den Angaben zu Geländeänderungen von HARNISCHMACHER (2012).

- Angaben zu bergbaulich bedingten Bodensenkungen gemäß HARNISCHMACHER (2012)

Anhand einer Auswertung historischer Höhendaten (Preußische Landesaufnahme) für das Ruhrgebiet wurden von HARNISCHMACHER die in der Bergbauzeit erfolgten Geländeänderungen analysiert. Diese geben wichtige Hinweise auf die räumliche Verteilung und Intensität von Abbaueinwirkungen an der Geländeoberfläche (Anl. 7). Eine ergänzende Auswertung einer von der EMSCHERGENOSSENSCHAFT (2014) vorgenommenen Auswertung zu bergbaulich bedingten Bodensenkungen im Verbandsgebiet lieferte für die vorliegende Betrachtung keine zusätzlichen Erkenntnisse.

Im Wesentlichen wurden in den hydraulischen Boxen Concordia und Roland/Concordia dort Bereiche mit zusätzlichen potenziellen Abbaubereichen ausgewiesen, wo HARNISCHMACHER Flächen mit signifikanten Geländesenkungen von mindestens 2 m ausweist. Für diese Bereiche wird davon ausgegangen, dass es sich im Wesentlichen um abbaubedingte Bodensenkungen handelt. In den zentralen Bereichen der beiden Boxen sind nordöstlich des Neumühl-Sprunges nur fleckenartig entsprechende Senkungsbereiche dokumentiert. Hier wurde eine Umhüllende als potenzielle Abbaufäche berücksichtigt.

Lokal zeichnen sich auch Baumaßnahmen ab (Duisburger Hafen, Rhein-Herne-Kanal), die dann nicht berücksichtigt wurden.

Auch wenn die vorliegenden Daten zu den Abbaubereichen unvollständig oder in Details ungenau sind, können sie insbesondere durch den Abgleich mit den durch HARNISCHMACHER (2012) dargestellten Geländeänderungen im Zuge des Steinkohleabbaus als hinreichende Datengrundlage für die vorliegende Betrachtung zugrunde gelegt werden. Im Hinblick auf die im Weiteren aus diesen Daten abgeleiteten Bewertungen sind die Unsicherheiten in der Datenlage durch entsprechend ungünstige Annahmen zu kompensieren.

5.2 Lage der Abbaubereiche (Anl. 2)

Die Lage der Abbaubereiche wird durch die im Untersuchungsbereich auftretenden tektonischen Strukturen geprägt. Die Wasserprovinz Concordia 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 Concordia in sieben hydraulische Boxen gegliedert (Anl. 2).

Die Abbaubereiche der Wasserprovinz Concordia erstrecken sich im Bereich der Lippe-Hauptmulde und der Emscher Hauptmulde (Emscher Mulde und Westender Mulde) weitgehend flächendeckend über den nördlichen und zentralen Bereich der WP Concordia.

Nach Südosten sind die Abbaubereiche im Bereich der Bornheimer Staffel durch die Alstadener Überschiebung begrenzt. Im Bereich der Alstadener Staffel sowie

nordöstlich des Neumühl-Sprunges reichen die Abbaubereiche in der Alstadener Mulde etwas weiter nach Südosten, enden aber auch hier deutlich nordwestlich des Neu-Weseler Sattels in der Verlängerung des Gelsenkirchener Hauptsattels.

Für den Bereich der Box Concordia sowie den nördlichen und zentralen Bereich der Box Roland/Concordia ist unter Berücksichtigung der Darstellungen in der Wasserhebungskarte und bei HARNISCHMACHER (2012) sowie der Verteilung der Abbauflächen, die im Streichen der Lagerstätte in den entsprechenden geologischen Strukturen in den angrenzenden Boxen dokumentiert sind, ebenfalls von einer weiträumigen Verbreitung von Abbauflächen auszugehen. Ein weiteres kleineres Abbaufeld ist im südöstlichen Randbereich der Box Roland/Concordia um den Roland-Sprung anzunehmen.

Im südlichen Teil der WP Concordia (Box Alstaden) ist südlich der Alstadener Mulde im Umfeld des Neu-Weseler Sattels nach den vorliegenden Unterlagen kein signifikanter Abbau dokumentiert.

5.3 Zeitliche Entwicklung der Abbaubereiche

Im Bereich der Wasserprovinz Concordia wurde ab Mitte des 19. Jahrhunderts Steinkohle gefördert. Die in den vorliegenden Daten ältesten dokumentierten Abbaubereiche aus den 1870er Jahren liegen im Bergwerksfeld Westende in der Südostflanke der Emscher-Mulde (Bornheimer Staffel) sowie im Westender Sattel und der Westender Mulde zwischen dem Westender Sprung im Südwesten und dem Duisburg-Nord-Sprung im Nordosten.

Die größte räumliche Ausweitung des Abbaus im Bereich der WP Concordia erfolgte in den 1920er bis 1940er Jahren. Danach wurden neue Abbaubereiche im Umfeld des Gladbecker Sattels und in der Emscher Mulde nur noch in geringem Umfang erschlossen. Bis in die 1960er erfolgten größere Erweiterungen der Abbauflächen im nordwestlichen Betrachtungsraum, im Umfeld des Moerser Sattels, sowie im Bereich der Bornheimer Staffel südwestlich der Alstadener Blattverschiebung.

Mit der Stilllegung der Zechen Neumühl (1962), Beeckerwerth (1963), Westende und Concordia (beide 1968) wurde der Steinkohlenbergbau im Betrachtungsraum in großen Bereichen bereits in den 1960er Jahren eingestellt. Bis Mitte der 1970er Jahre folgte mit dem Betriebsende der Zechen Alstaden (1972) und Friedrich Thyssen (1976), deren Schachtanlagen teilweise von der Zeche Walsum übernommen wurden, die Einstellung des Steinkohlenbergbaus im Betrachtungsraum.

Für die vorliegende Betrachtung ist maßgeblich, dass im Betrachtungsraum seit über 40 Jahren kein Abbau mehr stattgefunden hat und sämtliche Abbaueinwirkungen damit lange abgeklungen sind.

5.4 Abbauteufen (Anl. 5)

Angaben zur Teufenlage der Abbauflächen sind in den Datensätzen „Brungsflächen“ und „Dude-Hohlraumberechnung“ enthalten. Für den östlichen Betrachtungsraum (v. a. Boxen Concordia und Roland/Concordia) wurden überschlägige Abbauteufen anhand der in der Wasserhebungskarte Concordia verzeichneten Angaben zu den Sohlniveaus berücksichtigt.

Im Betrachtungsraum lassen sich Bergwerksfelder mit Abbaubereichen in vergleichsweise tiefen Abbauniveaus und mit Abbaubereichen in deutlich höher gelegenen Abbauniveaus, oberhalb der hier betrachteten Anstiegsniveaus (bis -675 mNHN bzw. -535 mNHN), unterscheiden.

In den Abbaubereichen der Alstadener Staffel sowie den sich östlich anschließenden Abbaubereichen wurden flächenhaft Abbauteufen unterhalb -600 mNHN erreicht; dies gilt auch für den nördlichen Teil der Box Roland/Concordia. In den Boxen Concordia und Neumühl-S sind lokal auch Abbaubereiche im Teufenniveau zwischen -800 und -1.000 mNHN vorhanden. Für die Box Concordia liegen dazu keine vollständigen Daten vor, allerdings sind für den östlichen Bereich um Schacht 2 in der Wasserhebungskarte Concordia Abbaue im Niveau der 9. Sohle (-923 mNHN) dokumentiert. Am Nordrand der WP Concordia, in der Box Neumühl-N, reichen die Abbaue lokal auch bis in Teufen von geringfügig unterhalb -1.000 mNHN.

Im Bereich der Bornheimer Staffel wurden entsprechend tiefe Abbauniveaus unterhalb -600 mNHN im Wesentlichen nur im Umfeld des Gladbecker Sattels in der Box Thyssen 2 erreicht. Südöstlich des Gladbecker Sattels liegen die Abbaubereiche in der Box Beeckerwerth/Westende im Wesentlichen oberhalb -400 mNHN. Nur im Bereich nördlich des Alstadener Blattes wurden hier in der Box Beeckerwerth/Westende flächenhaft auch Abbauteufen zwischen -400 und -600 mNHN erreicht. Entsprechend große Abbauteufen liegen in der Box Beeckerwerth/Westende flächenhaft auch nordwestlich des Gladbecker Sattels vor.

Markante Wechsel der erzielten Abbauteufen zeigen sich dabei insbesondere am Rönsberghofer Sprung, im westlichen Randbereich der Box Thyssen 2, sowie an den Randstörungen der Alstadener Mulde in der Box Alstaden.

5.5 Abbaumächtigkeiten (Anl. 6)

Angaben zu den über die abgebauten Teufenniveaus aufsummierten abgebauten Mächtigkeiten wurden seitens des IHS auf Grundlage der „Brungs-Flächen“ für den Bereich der Wasserprovinz Concordia berechnet. Einen entsprechenden Überblick über die aufsummierten gebauten Flözmächtigkeiten für den Untersuchungsbereich liefert Anl. 6.

Danach liegen markante Abbauschwerpunkte in einem Streifen im Zentrum der Emscher-Mulde. Die Abbauschwerpunkte konzentrieren sich dabei auf die Box Thyssen 2, wo die höchsten abgebauten Mächtigkeiten von über 12,5 m erreicht wurden (maximal bis etwa 14,8 m). Auch in der Box Beeckerwerth/Westende werden im Zentrum der Emscher Mulde abgebaute Mächtigkeiten von über 12 m erreicht. Nach Nordosten nehmen die abgebauten Mächtigkeiten im Zentrum der Emscher Mulde dann in der Box Concordia bis zum Neumühl-Sprung bereits deutlich ab.

In der Box Concordia wurden auf der SE-Flanke der Emscher Mulde bis in den Bereich des Westender Sattels weiterhin vergleichsweise hohe abgebaute Mächtigkeiten zwischen 10 und 12,5 m erreicht.

Weitere Bereiche mit entsprechend hohen abgebauten Mächtigkeiten bis über 10 m treten lokal nördlich des Gladbecker Sattels zwischen Orsoyer-Sprung und

Rönsberghofer Sprung (Boxen Thyssen 2 und Beeckerwerth/Westende) sowie westlich des Neumühl-Sprunges (Box Neumühl-S und Neumühl-N) und östlich des Röttgersbach-Sprunges (Box Neumühl-S) auf.

Im nordwestlichen Teil der Box Beeckerwerth/Westende liegen die abgebauten Mächtigkeiten weiträumig in einer Größenordnung um 5 m. Dies gilt auch für die Boxen Neumühl-S und Neumühl-N außerhalb der oben beschriebenen Bereiche mit größeren abgebauten Mächtigkeiten über 10 m.

In den zentral gelegenen Abbaubereichen im Umfeld der Westender Mulde und der Alstadener Mulde sind die abgebauten Mächtigkeiten flächenhaft auf Beträge bis maximal 5 m begrenzt. In der Alstadener Mulde werden lokal abgebaute Mächtigkeiten bis um 8,0 m erreicht.

Signifikante Änderungen in der räumlichen Erstreckung der abgebauten Mächtigkeiten liegen insbesondere vor

- am Westender Sprung im Bereich der Westender Mulde und
- am Neumühl-Sprung am Nordostrand der Alstadener Mulde.

Die in Anl. 6 dargestellten aufsummierten Abbaumächtigkeiten geben einen guten Überblick über die Verteilung der Abbauintensitäten in den ausgewerteten Bereichen. Aufgrund der Unvollständigkeit der zugrunde liegenden Abbaudaten ist aber bereichsweise auch mit höheren abgebauten Mächtigkeiten zu rechnen.

Für die vorliegende Betrachtung ist allerdings neben der absoluten Höhe insbesondere auch die Identifikation von markanten Abbaurändern von Bedeutung. Für eine Gesamtbewertung der räumlichen Verteilung der Abbauintensitäten wurden daher zusätzlich die Angaben zu Geländeänderungen von HARNISCHMACHER

(2012) heran gezogen (s. Kap. 5.6). Dies betrifft insbesondere die Bereiche, für die keine bzw. nur sehr unvollständige Abbaudaten vorliegen (Boxen Concordia und Roland/Concordia).

5.6 Abbaubedingte Bodensenkungen

Das Ausmaß der im Zuge des Grubenwasseranstiegs zu erwartenden Bodenhebungen korreliert in genereller Form 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 wichtige Grundlage dar. Für den Betrachtungsraum liegen aufgrund unvollständiger Abbaudaten keine Berechnungen der RAG zu den abbaubedingten Bodenbewegungen vor. Es wurden daher zusätzlich die Unterlagen zu bergbaulich bedingten Geländeänderungen von HARNISCHMACHER (2012) zugrunde gelegt. Zugleich bilden die Angaben zu den bergbaulich bedingten Geländeänderungen eine wichtige Datengrundlage zur Identifikation von Abbaubereichen (vgl. Kap. 5.2).

Die Auswertung von HARNISCHMACHER (2012) zeigt zunächst, dass insbesondere im südöstlichen Teil des Betrachtungsraums (südliche Bereich der Boxen Alstaden und Roland/Concordia) weitflächig keine signifikanten Bodensenkungen aufgetreten sind. Weiterhin sind nach HARNISCHMACHER entlang des Rheins sowie auch im Umfeld der Ruhr bei Speldorf großflächige Aufschüttungsflächen zu erkennen, die im Zusammenhang mit der Einrichtung von Industrie- bzw. Gewerbeflächen stehen. Insbesondere im Bereich der Box Beeckerwerth/Westende wurden

die bergbaulich bedingten Bodensenkungen so weiträumig durch Aufschüttungen ausgeglichen.

Weiterhin ist es im südlichen Duisburger Stadtgebiet durch die Vergrößerung und Vertiefung der Hafenbecken des Duisburger Hafens lokal zu Absenkungen der Geländehöhen (Hafenbecken) zwischen 10 und 15 m gekommen. Entsprechend große Geländesenkungen sind auch am südwestlichen Rand der Box Alstaden lokal dokumentiert; diese sind im Digitalen Geländemodell (WMS NW DGM-SCHUMMERUNG) jedoch als im Rahmen von Baumaßnahmen erfolgte Abtragungen der Geländeoberfläche zu erkennen und somit nicht abbaubedingt.

Im Hinblick auf die räumliche Erstreckung der Abbaubereiche und der Korrelation zwischen Bodensenkungen (Anl. 7) und der in Anl. 6 dargestellten Verteilung der aufsummierten abgebauten Mächtigkeiten ergibt sich für die Bereiche mit Angaben aus dem Datensatz „Brungs-Flächen“ eine gute Übereinstimmung (vgl. Kap. 5.1). Die Senkungsschwerpunkte im Verlauf der Emscher Mulde sowie in den Boxen Neumühl-S und Neumühl-N mit Senkungsbeträgen zwischen 5 und 10 m stimmen gut mit der Lage der Abbauschwerpunkte in Anl. 6 überein.

In der Box Beeckerwerth/Westende sind die bergbaulich bedingten Bodensenkungen entlang des Rheins zumeist von Aufschüttungen überlagert und daher bei HARNISCHMACHER nicht ablesbar; hier sind die Angaben zur abgebauten Mächtigkeit aus den „Brungs-Flächen“ (Anl. 6) für die Bewertung des Hebungspotenzials zugrunde zu legen.

Im Bereich der Alstadener Staffel sowie insbesondere auch im Bereich der Alstadener Mulde stimmt die Verteilung der Bodensenkungen bei HARNISCHMACHER ebenfalls gut mit der Verteilung der abgebauten Mächtigkeiten nach den „Brungs-

Flächen“ überein. Es werden flächenhaft Bodensenkungen zwischen 2 und 5 m ermittelt; lokal treten Senkungsmaxima um 5 bis 10 m auf.

Zusätzliche Informationen ergeben sich aus HARNISCHMACHER insbesondere für die Bereiche Concordia und Roland/Concordia. Im nordöstlichen Teil der Box Concordia zeichnet sich im Bereich der Westender Mulde ein weiterer Abbau-schwerpunkt mit Bodensenkungen zwischen 5 und 10 m ab. Die übrigen Bereiche der Box Concordia zeigen flächenhaft Senkungen unterhalb 5 m, was aber auch für diesen Bereich auf einen weitgehend flächenhaften Abbau hindeutet.

Der nördliche Teil der Box Roland/Concordia ist bis auf Höhe des Rhein-Herne-Kanals ebenfalls gekennzeichnet durch einen intensiven flächenhaften Abbau mit Senkungen zwischen 2 und 5 m sowie lokalen Abbauschwerpunkten mit Senkungen um 5 bis 10 m. Insbesondere am NE-Rand der Box Roland/Concordia ist im Umfeld der BAB A42 ein großräumiger Abbauschwerpunkt mit entsprechend großen Senkungsbeträgen ausgebildet.

Südlich des Rhein-Herne Kanals sind demgegenüber nur sehr lokal isolierte Flächen mit signifikanten Bodensenkungen dokumentiert. Im zentralen und südöstlichen Teil der Box Roland/Concordia ist daher der Abbau offensichtlich in deutlich geringerem Umfang umgegangen. Die am äußersten SE-Rand der Box Roland/Concordia östlich des Roland-Sprunges dokumentierten lokalen Senkungsbereiche stimmen gut mit den in diesem Bereich vermuteten Abbaubereichen überein (vgl. Anl. 2); auch hier ist offensichtlich nur untergeordnet Abbau umgegangen.

Insgesamt geben die verfügbaren Daten zu den abbaubedingten Bodensenkungen zusammen mit den verfügbaren Abbaudaten ein für die vorliegende Bearbeitung ausreichend schlüssiges Bild.

Für die vorliegende Betrachtung signifikanteste Senkungsrandbereiche sind demnach insbesondere an den Abbaurändern entlang folgender Hauptquerstörungen zu berücksichtigen (vgl. Anl. 6):

- Westender Sprung auf der NW-Flanke des Westender Sattels im Grenzbereich der Boxen Beeckerwerth/Westende / Concordia;
- Westender Sprung im nordwestlichen Teil der Box Alstaden (Alstadener Mulde);
- Neumühl-Sprung im nordöstlichen Teil der Box Alstaden (Alstadener Mulde) sowie im südöstlichen Teil der Box Concordia (SE-Flanke Westender Mulde);
- Ruhrwehr-Sprung im südwestlichen Teil der Box Beeckerwerth/Westende (Westender Mulde).

5.7 Unstetigkeiten

Die bei der RAG dokumentierten Unstetigkeiten sind in Anl. 7 dargestellt. Der für die vorliegende Bearbeitung zur Verfügung gestellte Datensatz umfasst Unstetigkeiten mit Datumsangaben im Zeitraum 1930 bis 2004. In den vorliegenden Daten werden die Unstetigkeiten in die Kategorien „sicher“ (dunkelrot) und „unsicher“ (hellrot) eingeteilt. Im Hinblick auf die Bewertung des Einwirkungspotenzials (Kap. 9) ist davon auszugehen, dass die Zusammenstellung unvollständig ist.

Innerhalb des Betrachtungsraumes wurden am westlichen Rand der hydraulischen Box Beeckerwerth/Westende im Rahmen der Abbautätigkeit im Bergwerk Walsum als „sicher“ eingestufte Unstetigkeiten in den Jahren 1974/75 dokumentiert. Weiterhin wurden in der Box Neumühl-S als „unsicher“ eingestufte Unstetigkeiten ohne Datumsangabe erfasst.

Die für den Betrachtungsraum dokumentierten Unstetigkeiten konzentrieren sich auf die Hauptzerrungszonen im Umfeld des im Gladbecker Sattel in der Box Neumühl-S umgegangenen Abbaus sowie auf den Grenzbereich zur WP Walsum im Bereich der Box Neumühl-S sowie am NW-Rand der Box Beeckerwerth/Westende.

Entlang der Hauptquerstörungen sind Unstetigkeiten nur im Bereich des Concordia-Sprunges am Nordostrand des Abbaus im Gladbecker Sattel dokumentiert.

6 Hydraulische Gliederung der Wasserprovinz

Die Hauptwasserhaltung in der Wasserprovinz Concordia erfolgt aktuell über die Schächte Concordia 2 und Concordia 6 im Niveau zwischen der 8. Sohle (-757 mNHN) und der 9. Sohle (-923 mNHN) bei ca. -790 mNHN. Der Wasserzufluss zur Wasserhaltung beträgt im Mittel rd. 4 m³/min.

Für die vorliegende Betrachtung relevante hydraulische Verbindungen zu benachbarten Wasserprovinzen innerhalb der Wasserprovinz Concordia bestehen (Anl. 8):

- zur Wasserprovinz Walsum im Niveau -675 mNHN über die Box Neumühl-S
- zur Wasserprovinz Lohberg im Niveau -535 mNHN über die Box Roland/Concordia

Bisher erfolgen zwischen den Wasserprovinzen noch keine Wasserübertritte über diese hydraulischen Verbindungen.

6.1 Hydraulische Verbindungen und Standwasserniveaus

Im Box-Modell der DMT werden für die WP Concordia sieben hydraulische Boxen unterschieden. Die Grubenwässer laufen der Hauptwasserhaltung am Schacht Concordia 2 zu. Anhand der aktuellen Grubenwasserströmungen lassen sich für die WP Concordia zwei Teilprovinzen (TP) unterscheiden (s. Anl. 8):

TP Co1 - in der alle derzeit zutretenden Grubenwässer im Niveau der jeweiligen Verbindungsstrecken dem Wasserhaltungsschacht Concordia 2 zulaufen.

In der Teilprovinz liegt das Standwasserniveau in den Boxen Thyssen 2, Neu-

mühl-N, Neumühl-S und Concordia auf einem weitgehend einheitlichen Niveau zwischen rd. -777 und -790 mNHN.

TP Co2 - in der das Grubenwasser entsprechend den Niveaus der hydraulischen Verbindung zur TP Co1 bereits ein höheres Standwasserniveau erreicht hat:

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

- TP Co2a -

südöstlicher und östlicher Bereich der WP Concordia - Boxen Alstaden und Roland/Concordia - mit einem Standwasserniveau zwischen rd. -605 mNHN (7. Sohle Roland) und -612 mNHN (6. Sohle Alstaden).

- TP Co2b -

westlicher Bereich der WP Concordia - Box Beeckerwerth/Westende - mit einem Standwasserniveau von -528 mNHN (6. Sohle Beeckerwerth und Westende).

Da der Abbau in der WP Concordia bereits bis zu den 1970er Jahren stillgelegt wurde, ist davon auszugehen, dass sich die Standwasserniveaus hier schon seit langem auf einem weitgehend konstanten Niveau eingestellt haben (s. Kap. 6.2).

6.2 Bisheriger Verlauf des Grubenwasseranstiegs

Nach Stilllegung des Abbaus in der Wasserprovinz Concordia bis in die 1960/70er Jahre wurde 1969 die Wasserhaltung von der 9. Sohle (-923 mNHN) auf die 8. Sohle (-757 mNHN) verlegt und das Standwasserniveau auf -825 mNHN hochgezogen; 2008 wurde das Standwasser aus betrieblichen Gründen geringfügig

weiter auf -790 mNHN hochgezogen. Konkrete Lotungsdaten über den Verlauf des Grubenwasseranstiegs in den einzelnen Bergwerken der Wasserprovinz Concordia lagen im Rahmen der Bearbeitung nicht vor. Die Entwicklung der Standwasserniveaus seit 1988 zeigt Abb. 2. Danach liegen seit 1988 in allen Bereich praktisch konstante Standwasserniveaus vor.

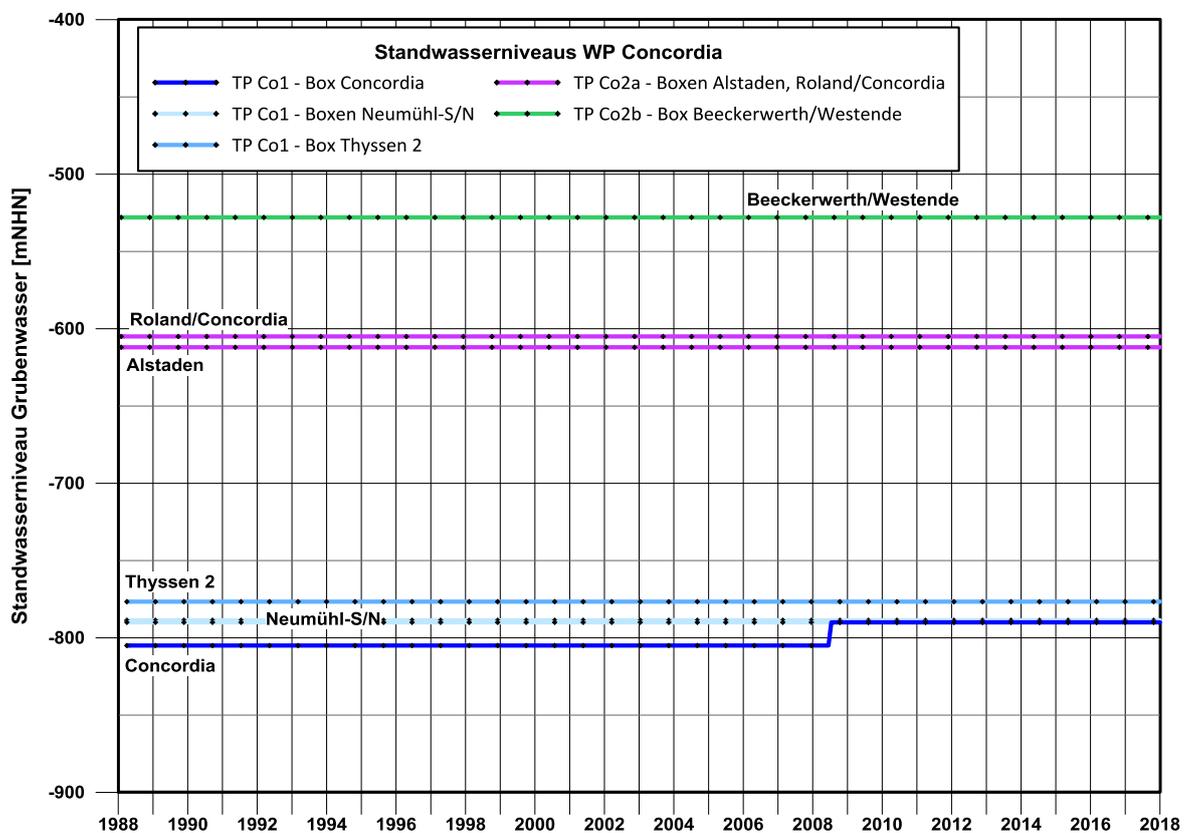


Abb. 2: Entwicklung der Standwasserniveaus in den Boxen der WP Concordia seit 1988

6.3 Bereits eingestaute Abbaubereiche

Nach Stilllegung der Wasserhaltungen in den einzelnen Bergwerken sind die tiefen Abbaubereiche bereits eingestaut worden. Die räumliche Verteilung der bereits eingestauten Grubenbaue und die maximal erreichten Einstauhöhen sind in Anl. 9 dargestellt.

Danach sind in der TP Co1 bisher nur die tiefsten Abbaubereiche mit Grubenwasser erfüllt; die Anstiegshöhen liegen dabei im Wesentlichen unter 100 m. In einzelnen Abbaubereichen in den Boxen Neumühl-N und Neumühl-S werden maximale Anstiegshöhen zwischen 100 und 200 m erreicht. Im Übergangsbereich zur Wasserprovinz Walsum (Feld Wehofen) wurden in den 1970er Jahren vom Bergwerk Walsum tiefer gelegene Abbaubereiche aufgefahren; in diesen Bereichen werden lokal Anstiegshöhen zwischen 200 und 300 m erreicht.

In der Box Concordia ist mit einem Einstau der Abbaubereiche auf der 9. Sohle sowie der Unterwerksbaue zu rechnen; die Einstauhöhen werden aber auch hier lokal 200 m nicht übersteigen.

In der TP Co2 befinden sich größere Anstiegsbereiche in der Box Alstaden (Alstadener Mulde) sowie in der Box Roland/Concordia (Westender Sattel). In diesen Bereichen werden maximale Anstiegshöhen zwischen 100 und 200 m erreicht.

Im Bereich der Box Beeckerwerth/Westende liegen die in einzelnen Abbaubereichen bisher erreichten Anstiegshöhen im Wesentlichen unterhalb von 100 m; die Entwässerung zur TP Co1 erfolgt im Niveau der tiefsten Hauptfördersohle (6. Sohle: -525 mNHN), so dass bisher nur Unterwerksbaue eingestaut wurden.

Maximale Anstiegshöhen zwischen 200 und 300 m wurden in einem Abbaubereich an der Grenze zur Wasserprovinz Walsum erreicht; dieser Abbaubereich wurde zwischen 1986 und 1988 vom Bergwerk Walsum aus aufgefahren.

7 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.

Für den gesamten Bereich der WP Concordia, in welcher der Abbau spätestens in den 1960/70er Jahren stillgelegt wurde, ist davon auszugehen, dass die durch den Abbau bedingten Bodensenkungen abgeschlossen sind. In der WP Concordia liegen die Standwasserniveaus mit unbedeutenden Veränderungen seit mindestens 30 Jahren auf dem heutigen Niveau (vgl. Abb. 2).

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 und Abb. 4).

Die wesentlichen Charakteristika der Bodenbewegungen nach 2000 sind für die einzelnen Teilprovinzen im Folgenden zusammenfassend erläutert. Bei der Auswahl wurden solche Vermessungspunkte berücksichtigt, für die kontinuierlich

Messdaten aus dem Zeitraum ab 2000 bis 2018 vorliegen. Die Lage dieser repräsentativen Höhenpunkte ist in Anl. 9 dargestellt.

- TP Co1

An den ausgewählten Festpunkten 4506900057, 450900067 und 4506900178 wurden im Bereich der TP Co1 seit 2000 nur geringfügige Bodensenkungen <0,005 m festgestellt (s. Abb. 3).

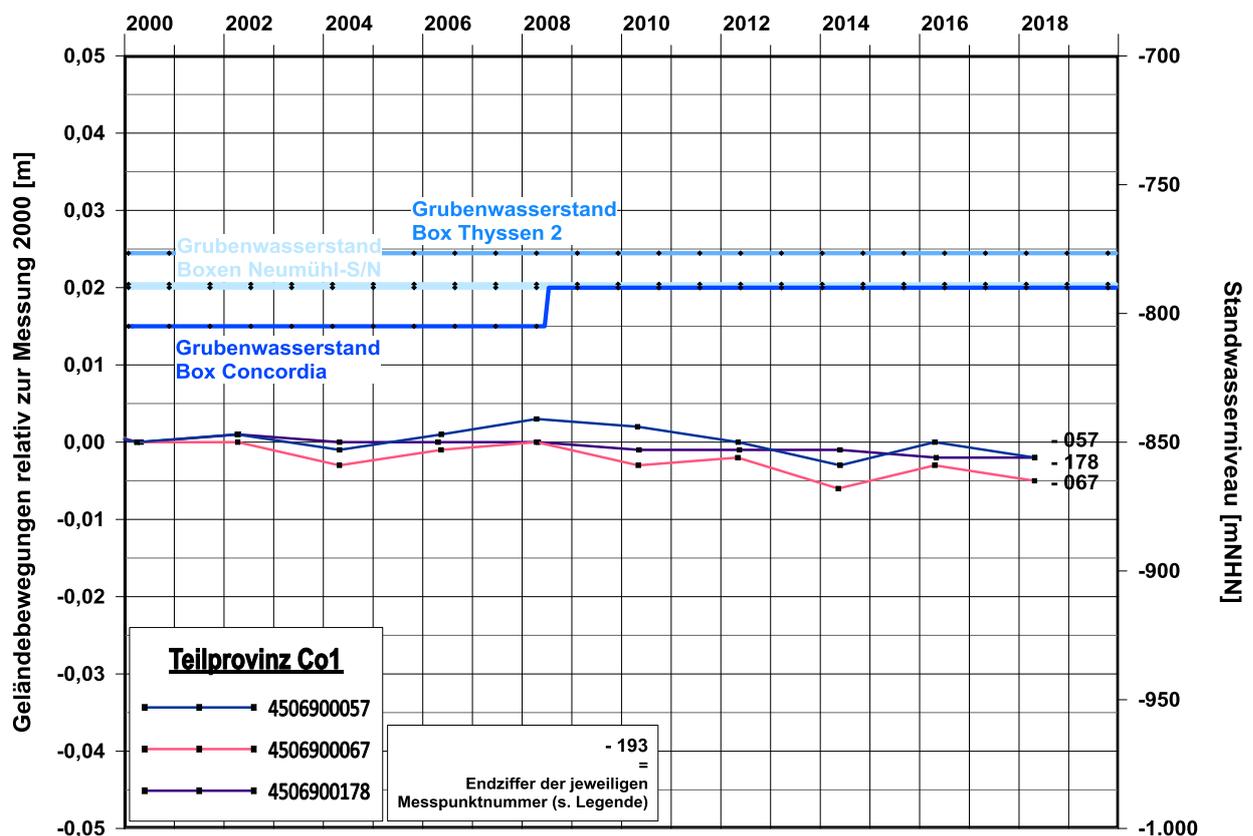


Abb. 3: Bodenbewegungsdifferenzen an Höhenfestpunkten und Grubenwasserstand in den Abbaufeldern der TP Co1 (Boxen Thyssen 2, Neumühl-S und Concordia) - Zeitraum 2000 bis 2018

- TP Co2

Auch in den Stilllegungsbereichen der TP Co2 sind für den Zeitraum 2000 bis 2018 nur sehr geringe Bodenbewegungen dokumentiert (Abb. 4).

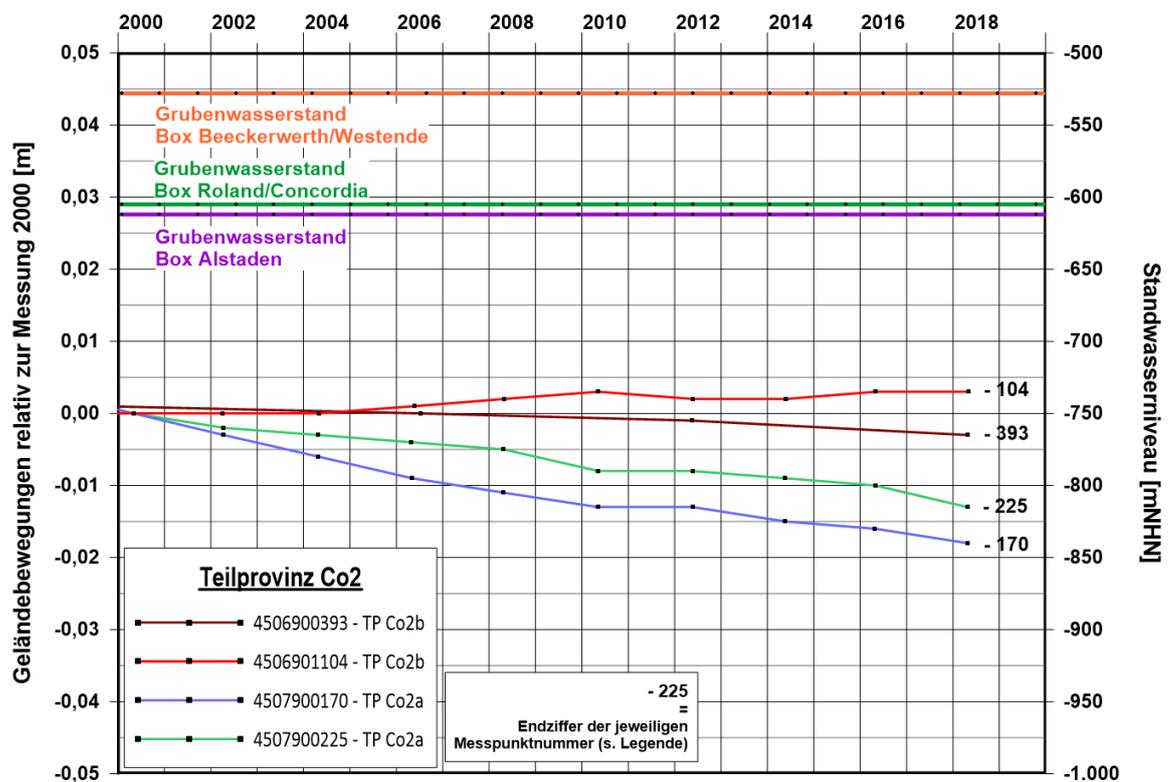


Abb. 4: Bodenbewegungsdifferenzen an Höhenfestpunkten und Grubenwasserstand in den Abbaufeldern der TP Co2 (Boxen Beeckerwerth/Westende und Roland/Concordia) - Zeitraum 2000 bis 2018

Im Bereich der Box Roland/Concordia wurden an den Festpunkten 4507900170 und 4507900225 geringe Bodensenkungen von weniger als 0,02 m gemessen. Im südöstlichen Teil der Box Beckerwerth/Westende wurden an den ausgewerteten Höhenfestpunkten 4506900393 und 4506901104 im Beobachtungszeitraum 2000 bis 2018 keine signifikanten Bodenbewegungen ermittelt.

Insgesamt weist dieser grobe Überblick darauf hin, dass im Bereich der WP Concordia die abbaubedingten Bodensenkungen abgeschlossen sind und nur noch lokal geringe Restsenkungen in der Größenordnung der Messgenauigkeit stattfinden.

8 Räumliche und zeitliche Entwicklung des geplanten Grubenwasseranstiegs

8.1 Langfristiges Wasserhaltungskonzept der RAG

Das Konzept der RAG AG zur Optimierung der Wasserhaltungen nach Stilllegung des Steinkohlenbergbaus im Ruhrgebiet Ende 2018 sieht eine Reduzierung der Pumpstandorte im Ruhrgebiet vor. Nach Umsetzung des Grubenwasserkonzeptes soll das Grubenwasser langfristig an insgesamt sechs zentralen Standorten („Ewigkeitsstandorte“) angenommen und gehoben werden. Auch für die Wasserprovinz Concordia ist eine vollständige Einstellung der Wasserhaltung vorgesehen.

Das anfallende Grubenwasser wird aktuell am Schacht Concordia 2 gehoben und über eine Grubenwasserleitung in die Emscher geleitet. Derzeit erfolgt in der Wasserprovinz Concordia kein Anstieg des Grubenwassers. Die Einstellung der Wasserhaltung in der Wasserprovinz Concordia ist Ende 2021 geplant. Nach Einstellung der Wasserhaltung soll das Grubenwasser über eine Übertrittsstelle im Niveau von ca. -675 mNHN der Wasserprovinz Walsum (Box Wehofen) zuströmen. Die ZWH Walsum ist im Grubenwasserkonzept als Ewigkeitsstandort vorgesehen; hier erfolgt die langfristige Hebung der Grubenwässer im Niveau -750 mNHN. Das gehobene Grubenwasser wird in den Rhein eingeleitet.

Sofern sich die hydraulische Verbindung zur WP Walsum als unwirksam herausstellen sollte, wird ein Übertritt des Grubenwassers zur WP Lohberg erwartet. In diesem Falle könnte das Standwasserniveau bis auf das Niveau der tiefsten hydraulischen Verbindung zur WP Lohberg bei etwa -535 mNHN ansteigen. In der

WP Lohberg ist eine langfristige Wasserhaltung im Niveau von -630 mNHN am Standort Lohberg vorgesehen.

8.2 Anstiegszenario

Auf der Grundlage der von der RAG zur Verfügung gestellten Prognosedaten für den Grubenwasseranstieg in der Wasserprovinz Concordia (Stand 07.2019) sind die Anstiegsverläufe für die einzelnen Boxen der Wasserprovinz Concordia für das Szenario eines Anstiegs bis -675 mNHN zusammen in Abb. 5 dargestellt.

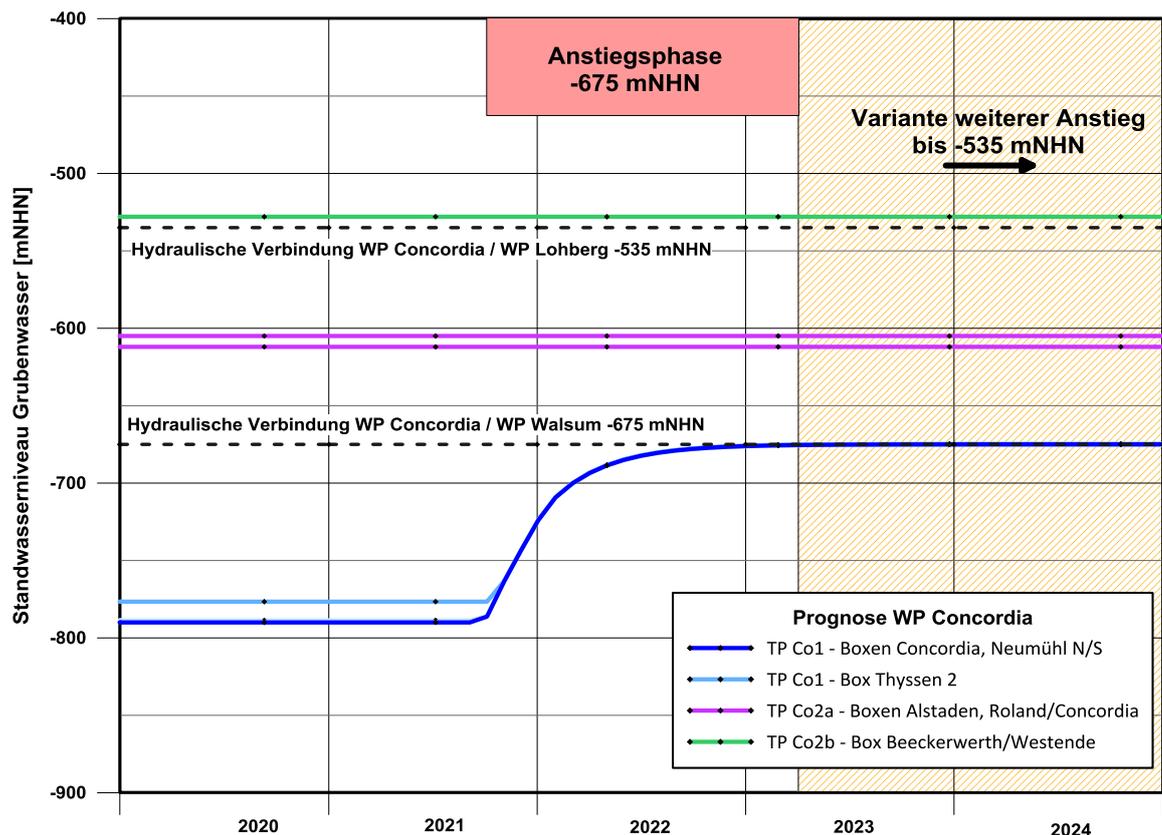


Abb. 5: Grobprognose des Grubenwasseranstiegs in der Wasserprovinz Concordia nach Angaben der RAG

Einen räumlichen Überblick über die Lage der in den Grubenwasseranstieg einbezogenen Boxen liefert Anl. 10.

- Übertritt in die WP Walsum (ca. -675 mNHN)

Gemäß Prognose erfolgt die Einstellung der Wasserhaltung in 10.2021. Bis 04.2023 steigt das Standwasser in den Boxen der TP Co1 (Boxen Neumühl-S/N, Thyssen 2 und Concordia) dann kontinuierlich bis auf ein Niveau um -675 mNHN an. Im Weiteren erfolgt nur noch ein sehr langsamer geringfügiger Restanstieg im Dezimeterbereich. Für diese Anstiegsphase kann so eine Zeitdauer von rd. 18 Monaten angesetzt werden.

Gemäß der Prognose der RAG erfolgt der Grubenwasseranstieg mit einer vergleichsweise schnellen mittleren Anstiegsgeschwindigkeit von rd. 75 m/a. Kurzzeitig wird im Zeitraum zwischen Oktober 2021 und Februar 2022 eine maximale Anstiegsgeschwindigkeit von rd. 20 m je Monat (bzw. extrapoliert auf ein Jahr rd. 230 m/a) erreicht.

In der Teilprovinz TP Co2 (Boxen Beeckerwerth/Westende, Alstaden und Roland/Concordia) erfolgt bei einem Übertritt der Grubenwässer von der TP Co1 in die WP Walsum kein weiter Anstieg des Standwasserniveaus (vgl. Abb. 5)

- Variante Übertritt in die WP Lohberg (ca. -535 mNHN)

Zu dieser Variante liegt keine Prognose des Grubenwasseranstiegs vor. Der Verlauf wird sehr stark davon abhängen, in welchem Maße die hydraulische Verbindung zur WP Walsum wirksam wird und in welchem Maße zumindest ein Teilabstrom zur WP Walsum erfolgt. Für die vorliegende Bewertung wird zugrunde ge-

legt, dass die Verbindung zur WP Walsum unwirksam ist und der weitere Anstieg in der WP Concordia sich vergleichsweise schnell weiter fortsetzt.

Bei einem Übertritt des Grubenwassers in die WP Lohberg werden die Boxen Alstaden und Roland/Concordia der TP Co2 in den Anstieg einbezogen. Die Übertrittsstelle in die WP Lohberg befindet sich in der hydraulischen Box Roland/Concordia im Niveau -535 mNHN. Damit steigt das Standwasserniveau in der TP Co2 in das Niveau der Abbaubereiche oberhalb der 7. Sohle Roland/Concordia bzw. der 6. Sohle Alstaden (Sohniveaus bei rd. -610 mNHN) an.

8.3 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. 5.6). Dort, wo der Grubenwasseranstieg 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 unterschiedlichem Verlauf des Grubenwasseranstiegs und daraus resultierendem Potenzial für die Entwicklung von Bodenhebungsdifferenzen aneinander grenzen. Auch diese sind im Hinblick auf eine ungleichmäßige Entwicklung der Bodenbewegungen zu bewerten.

- Anstieg bis -675 mNHN

Gemäß der vorliegenden Prognose der RAG zum Grubenwasseranstieg (Übertritt in die WP Walsum im Niveau -675 mNHN) im Betrachtungsraum erfolgt ein ver-

gleichsweise schneller Anstieg mit vergleichsweise geringen Anstiegshöhen räumlich begrenzt in den hydraulischen Boxen der Teilprovinz TP Co1.

Dadurch ergeben sich lokal folgende potentielle Hebungsrandbereiche (vgl. Anl. 11)

- A: TP Co1 - Box Neumühl-S, Neumühl-Sprung
östlicher Rand des Einstaubereiches im NW-Teil der Box Neumühl-S,
einseitiger Einstau auf der W-Seite des Neumühl-Sprunges um max. rd. 300 m.
- B: TP Co1 - Box Neumühl-S, Concordia-Sprung
östlicher Rand des Einstaubereiches im NE-Teil der Box Neumühl-S,
einseitiger Einstau auf der W-Seite des Concordia-Sprunges bis max. rd. 125 m.
- C: TP Co1 - Box Concordia, Neumühl-Sprung,
möglicherweise östlicher Rand des Einstaubereiches in der Box Concordia
beim Anstieg bis -675 mNHN, einseitiger Einstau auf der W-Seite des Neumühl-Sprunges bis max. rd. 200 m; dabei wird ungünstigerweise angesetzt,
dass östlich des Neumühl Sprunges aufgrund der Höhenlage der Abbaubereiche
(vgl. Anl. 5) in dieser Anstiegsphase noch kein Einstau erfolgt.

Zu den benachbarten Wasserprovinzen der WP Concordia bestehen keine weiteren signifikanten Hebungsrandbereiche entlang von Querstörungszonen.

- Variante Anstieg bis -535 mNHN

Bei einem weiteren Anstieg des Standwasserniveaus bis -535 mNHN werden verstärkt flächenhaft Abbaubereiche in den Einstau einbezogen. Die lokalen potentiellen Hebungsrandbereiche am Neumühl-Sprung aus der 1. Anstiegsphase

bis -675mNHN (Hebungsrandbereich A und C in Anl. 11) bilden sich zurück, da sukzessive Abbaue auf beiden Seiten der Störungszone in den Anstieg einbezogen werden. Eine verstärkte Ausbildung des Hebungsrandbereiches erfolgt am Concordia-Sprung im NE-Teil der Box Neumühl-S (Hebungsrandbereich B, vgl. Anl. 12). Die Höhe des einseitigen Einstaus steigt hier auf rd. 260 m an. Zusätzliche potenzielle Hebungsrandbereiche entwickeln sich in der Box Alstaden (s. Anl. 12):

- D: TP Co2a - Box Alstaden, Westender Sprung,
westlicher Rand des Einstaubereiches im Alstadener Sattel,
einseitiger Einstau auf der NE-Seite des Westender Sprunges um max.
rd. 140 m.
- E: TP Co2a - Box Alstaden, Neumühl-Sprung,
östlicher Rand des Einstaubereiches im Alstadener Sattel,
einseitiger Einstau auf der SW-Seite des Neumühl-Sprunges um max.
rd. 140 m.

Auch in dieser Anstiegsphase bestehen zu den benachbarten Wasserprovinzen der WP Concordia keine weiteren signifikanten Hebungsrandbereiche entlang von Querstörungszonen.

9 Bewertung des Einwirkungspotenzials

9.1 Bewertungskriterien

Als Grundlage für eine differenzierte Betrachtung des Einwirkungspotenzials aus Bodenhebungen im Zuge des Grubenwasseranstiegs in Bereichen des Steinkohlentiefbaus 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 unetige Bodenhebungen infolge des Grubenwasseranstiegs aufgetreten sind.

Die für den Bereich der WP Ost eingeführte und auch bereits für die Wasserprovinzen der Großprovinz Lohberg angesetzte Klassifikation kann aufgrund der grundsätzlichen Vergleichbarkeit der geologisch-hydrogeologischen und bergbaulichen Verhältnisse von der Struktur der Zuordnungskriterien her für den hier be-

handelten Betrachtungsraum 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 gegebenenfalls zunächst mit neu einsetzenden Bodensenkungen zu rechnen ist und zur Aktivierung von ersten Bodenhebungen Mindestinstauhöhen zwischen 300 und 600 m erforderlich sind. Dies wird auch durch entsprechende Beobachtungen aus anderen Bereichen des Grubenwasseranstiegs in Nordrhein-Westfalen und aus dem Raum Südl Limburg (NL) bestätigt.

9.2 Einflussfaktoren

- Geologisch-hydrogeologische Kriterien

Die tektonischen Störungszonen im Bereich der WP Concordia stellen keine noch heute aktiven Störungsbahnen (im Vergleich zu Störungszonen der Niederrheinischen Bucht) dar. Bei den Störungsbahnen handelt es sich um breite Gesteins-

bruchzonen, 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 dem basalen Deckgebirgsgrundwasserleiter keine signifikante hydraulische Barriere bilden, an der 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 die Deckgebirgsbasis nicht erreicht und so kein zusätzliches Einwirkungspotenzial aus Dehnungsbewegungen im Deckgebirge zu erwarten ist.

- 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 Concordia in Abb. 6 dargestellt.

Für den Bereich der WP Concordia ist nach den Prognosen des Grubenwasseranstiegs der RAG mit einer vergleichsweise großen mittleren Anstiegsgeschwindigkeit von rd. 75 m/a zu rechnen. Zwischen Oktober 2021 und Februar 2022 wird kurzzeitig eine maximale Anstiegsgeschwindigkeit von rd. 20 m pro Monat (bzw. theoretisch rd. 230 m/a) erreicht.

Insgesamt kennzeichnet der Anstiegsverlauf einen Bereich mit einer hohen mittleren Anstiegsgeschwindigkeit. Allerdings ist die Anstiegsdauer auf etwa 1,5 Jahre und die Anstiegshöhe auf rd. 115 m begrenzt, was das Risikopotenzial des schnellen Anstiegs begrenzt.

Bei einem theoretischen weiteren Anstieg bis -535 mNHN ist aufgrund der Vergrößerung des Anstiegsbereiches mit einer deutlichen Abnahme der Anstiegsgeschwindigkeit zu rechnen.

Die Anstiegsgeschwindigkeit ist daher insgesamt nicht als primärer Einflussfaktor zur Klassifizierung des Einwirkungspotenzials im Betrachtungsraum zu bewerten.

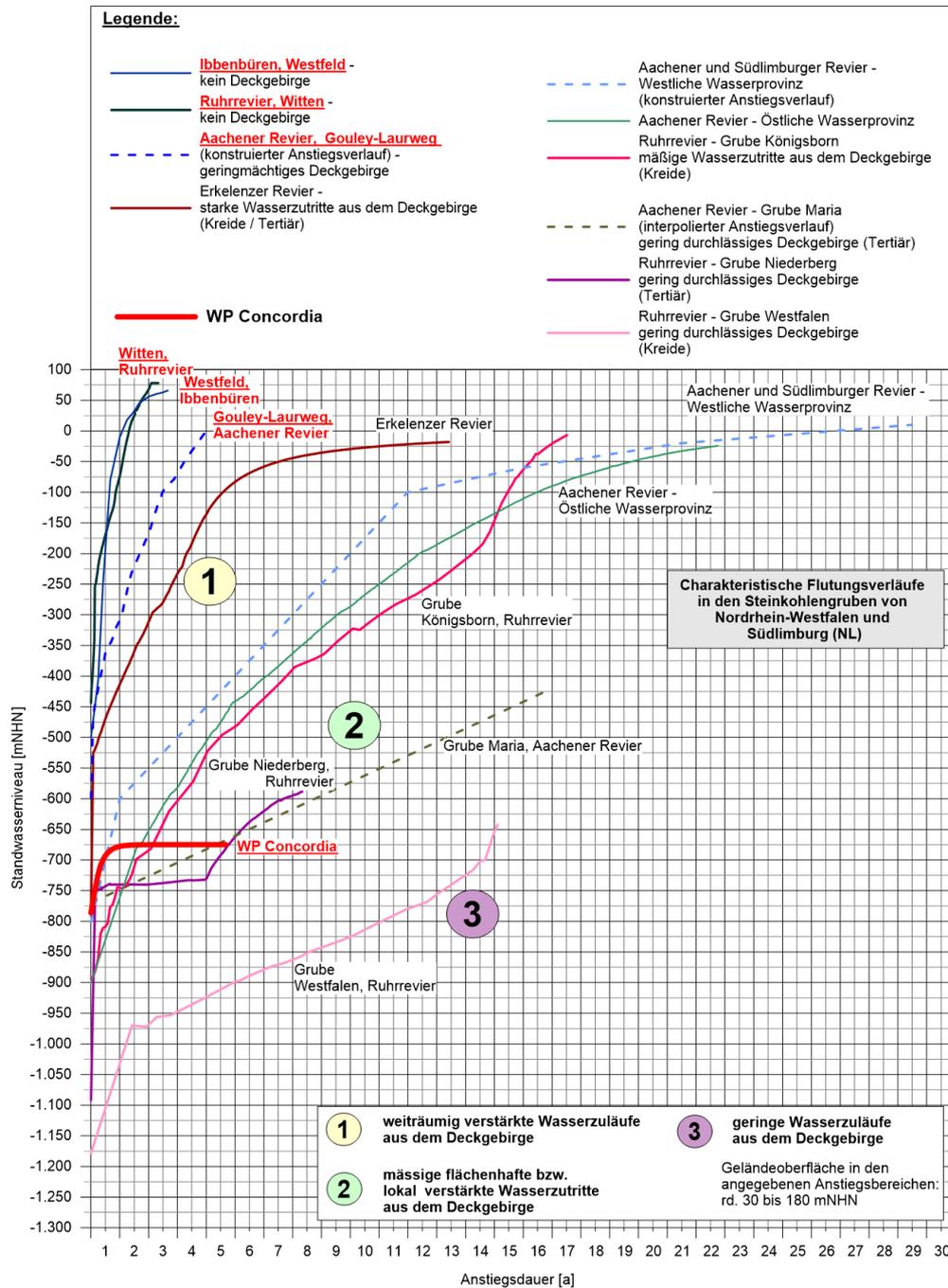


Abb. 6: Vergleichende Gegenüberstellung von Grubenwasseranstiegsverläufen in verschiedenen Steinkohlengruben/-revieren in NRW und Südlimburg (NL) mit Prognose für den Anstieg im Betrachtungsraum bis rd. -675 mNHN (verändert nach ROSNER, 2011)

- 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 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 rd. -675 mNHN, ohne Einstau in das Deckgebirge, wird erfahrungsgemäß allerdings nur ein Bruchteil dieses Gesamthebungspotenzials aktiviert. Dies gilt auch für einen theoretischen weiteren Anstieg bis -535 mNHN.

Im Betrachtungsraum verbleiben die in der Summe erzielten Einstauhöhen der Abbaubereiche großflächig unter 300 m (Anl. 12). In diesen Bereichen ist nach den bisherigen Erfahrungen noch nicht mit signifikanten Bodenhebungen zu rechnen. Vielmehr ist damit zu rechnen, dass in der Anfangsphase geringe Bodensenkungen im Zentimeterbereich auftreten.

Das höchste Bodenhebungspotenzial im Betrachtungsraum ist für die Abbaubereiche im NW-Teil der Box Neumühl-N im Übergangsbereich zur WP Walsum anzusetzen. Beim Anstieg bis rd. -675 mNHN können hier Einstauhöhen um 300 bis 400 m auftreten. Auch in diesen Abbaubereichen ist aber das Bodenhebungspotenzial insgesamt als gering zu bewerten.

Daran ändert sich auch bei einem theoretischen weiteren Anstieg um rd. 140 m bis -535 mNHN nichts grundsätzlich. Auch bei sich dabei einstellenden maximalen Einstauhöhen zwischen 500 und 600 m bleibt das Hebungspotenzial noch vergleichsweise gering. In den entsprechenden Bereichen mit maximalem Einstau ist mit ersten Bodenhebungen im Zentimeterbereich zu rechnen (< 5 cm).

9.3 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. 15 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 betrachteten Teilanstieg bis rd. -675 mNHN (Übertritt WP Walsum) wird darüber hinaus nur ein vergleichsweise geringer Teil des Gesamthebungspotenzials aktiviert. Die Einstauhöhen bleiben weiträumig auf unter 300 m begrenzt. Nach Erfahrungen aus anderen Anstiegsbereichen des Ruhrreviers ist bei einem solchen begrenzten Einstau von Grubenbauen nicht mit signifikanten Bodenhebungen zu rechnen. Dementsprechend ist auch an potenziellen Hebungsrandbereichen (vgl. Kap. 8.3) nicht mit der Ausbildung von un stetigen Bodenhebungen zu rechnen.

Auch bei einem höheren Anstieg des Standwasserniveaus bis in das Niveau der Übertrittsstelle zur WP Lohberg bei -535 mNHN wäre nur in den Bereichen mit den höchsten Einstauhöhen im Dinslakener Graben (max. Einstauhöhen um 500 bis 600 m) lokal mit der Ausbildung von ersten Bodenhebungen im Zentimeterbereich (< 5 cm) zu rechnen.

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.

Markante Hebungsrandbereiche gemäß den in Kap. 3 ausgearbeiteten Kriterien, an denen Potenzial für die Ausbildung von ungleichmäßigen Bodenhebungen erwartet wird, konnten für den Betrachtungsraum nicht ausgewiesen werden. Dieser Sachverhalt ist vor allem auf den räumlich einheitlichen Anstiegsbereich und die begrenzten erwarteten Anstiegshöhen zurückzuführen.

Somit ist für den Bereich der Wasserprovinz Concordia festzuhalten, dass im Rahmen des hier betrachteten Grubenwasseranstiegs bis rd. -675 mNHN (Übertritt WP Walsum) insgesamt noch keine signifikanten Bodenhebungen zu erwarten sind. Die Ausbildung von unstetigen Bodenhebungen kann somit weitgehend ausgeschlossen werden. Ein Auftreten von Bergschäden mit einigem Gewicht ist dem entsprechend nicht zu besorgen.

Bei einem weiteren Anstieg des Standwasserniveaus bis rd. -535 mNHN (Übertritt WP Lohberg) können lokal erste Bodenhebungen auftreten. Allerdings ist auch bei

diesem Szenario das Bodenhebungspotenzial so gering, dass ein Auftreten von Bergschäden mit einigem Gewicht infolge ungleichmäßiger Bodenhebungen nicht zu besorgen ist.

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.

10 Zusammenfassung

Das Konzept der RAG AG zur Optimierung der Wasserhaltungen nach Stilllegung des Steinkohlenbergbaus im Ruhrgebiet Ende 2018 sieht eine Reduzierung der Pumpstandorte im Ruhrgebiet vor. Nach Umsetzung des Grubenwasserkonzeptes soll das Grubenwasser langfristig an insgesamt sechs zentralen Standorten („Ewigkeitsstandorte“) angenommen und gehoben werden. Auch für die Wasserprovinz Concordia ist die vollständige Einstellung der Wasserhaltung vorgesehen.

Nach Einstellung der Wasserhaltung Concordia wird erwartet, dass das Grubenwasser in der Wasserprovinz Concordia bis auf ein Niveau von rd. -675 mNHN ansteigt und in diesem Niveau der Wasserprovinz Walsum zuläuft. In der Wasserprovinz Walsum wird das zuströmende Grubenwasser auf einem Niveau von -746 mNHN an der als Ewigkeitsstandort vorgesehenen ZWH Walsum gehoben und in den Rhein eingeleitet.

Im Zuge des Grubenwasseranstiegs ist mit dem Auftreten von Bodenbewegungen zu rechnen. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen wurde betrachtet, ob bei dem geplanten Anstieg bis auf das Niveau der Übertrittsstelle zur Wasserprovinz Walsum bei rd. -675 mNHN ungleichmäßige Bodenbewegungen auftreten können, infolge derer Bergschäden mit einigem Gewicht an der Geländeoberfläche zu besorgen sind. Darüber hinaus wurde als Variante auch der Fall betrachtet, dass bei einem Versagen der Übertrittsstelle zur Wasserprovinz Walsum der Grubenwasseranstieg in der Wasserprovinz Concordia bis auf das höhere Niveau einer Übertrittsstelle zur Wasserprovinz Lohberg bei -535 mNHN ansteigt.

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen wurden die wesentlichen Bewertungsgrundlagen zu den geologisch-hydrogeologischen Randbedingungen sowie der räumlichen Verteilung der Abbaubereiche und der durch den Abbau erfolgten Bodensenkungen zusammengestellt. Weiterhin wurde die zeitliche und räumliche Entwicklung des Grubenwasseranstiegs analysiert.

Das Standwasserniveau wird bei dem geplanten Anstieg bis rd. -675 mNHN nur in einem zentralen Teilbereich der Wasserprovinz Concordia (Boxen Concordia, Thyssen 2, Neumühl-S und Neumühl-N) um maximal rd. 115 m angehoben (aktuelles Wasserhaltungsniveau -790 mNHN). Die resultierenden Gesamteinstauhöhen der betroffenen Abbaubereiche erreichen dabei flächenhaft Beträge < 300 m.

Bei der betrachteten Variante eines weitergehenden Grubenwasseranstiegs bis rd. -535 mNHN würde das Standwasserniveau insgesamt um maximal 255 m angehoben. Die Boxen Roland/Concordia und Alstaden würden zusätzlich in den Grubenwasseranstieg einbezogen (Anstiegshöhe hier max. rd. 77 m). Bei dieser Variante würden die Abbaubereiche ebenfalls flächenhaft zumeist bis maximal 300 m eingestaut werden. Nur lokal werden in den Bereichen Concordia, Neumühl-S und Neumühl-N auch Einstauhöhen zwischen 300 und 400 m erreicht; Einstauhöhen um 500 bis 600 m werden nur in einem Abbaufeld am Westrand der Box Neumühl-N erreicht.

Das Deckgebirgsniveau wird bei den betrachteten Anstiegsszenarien nicht erreicht.

Für die betrachteten Szenarien des Grubenwasseranstiegs wurden potenzielle Hebungsrandbereiche ausgewiesen, in deren Bereich ein einseitiger Einstau von potenziell einwirkungsrelevanten tektonischen Störungszonen erfolgt.

Die Bewertung des Bodenhebungspotenzials ergab allerdings, dass im Rahmen der betrachteten Grubenwasseranstiegsszenarien bei flächenhaft zu erwartenden maximalen Einstauhöhen von weniger als 300 m keine signifikanten Bodenhebungen zu erwarten sind. Auch unter Berücksichtigung der Unsicherheiten hinsichtlich der Dokumentation der Abbaubereiche ist nur sehr lokal in Bereichen mit Einstauhöhen um 400 bis 600 m mit der Ausbildung erster Bodenhebungstendenzen im Zentimeterbereich (< 5 cm) zu rechnen. Das Bodenhebungspotenzial reicht im Rahmen der betrachteten Teilanstiegsszenarien nicht aus, um Unstetigkeitszonen zu entwickeln, an denen Bergschäden mit einigem Gewicht entstehen könnten; es ist vielmehr überwiegend mit Restsenkungen im Zentimeterbereich zu rechnen.

Auch sind infolge des Grubenwasseranstiegs in der Wasserprovinz Concordia keine Wechselwirkungen mit den benachbarten Wasserprovinzen (Bergwerk West, Walsum, Lohberg und Amalie) 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 Wasserprovinz Concordia lokal nicht vollständig auszuschließen.

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

Aachen, den 5. November 2019


(Dr. P. Rosner)


(Dr.-Ing. M. Heitfeld)