

**Auswirkungen von Geländehebungen im Zuge des
Grubenwasseranstiegs im Ruhrrevier -
ein Ansatz zur Bewertung der Risiken**

M. Heitfeld, P. Rosner, M. Mühlenkamp

14. Altbergbau-Kolloquium,
S. 41 - 60, 8 Abb., Gelsenkirchen (2014)

Auswirkungen von Geländehebungen im Zuge des Grubenwasseranstiegs im Ruhrrevier - ein Ansatz zur Bewertung der Risiken

Michael Heitfeld, Peter Rosner, Matthias Mühlenkamp

Ingenieurbüro Heitfeld-Schetelig GmbH, Aachen.

ZUSAMMENFASSUNG:

Im Rahmen des Grubenwasseranstiegs in Steinkohlenbergwerken kommt der Bewertung möglicher Risiken infolge ungleichmäßiger Bodenhebungen eine zunehmende Bedeutung zu. Schäden, wie sie bei dem Grubenwasseranstieg im Erkelenzer Revier in Wassenberg aufgetreten sind, sollen möglichst vermieden, Risikobereiche frühzeitig erkannt und ein geeignetes Monitoring durchgeführt werden.

Mit dem Forschungs- und Entwicklungsvorhaben „Monitoring im Altbergbaubereich“ (ABSMon) der RAG wurden erstmals umfassende Modellvorstellungen über Ursachen, Kinematik und Risikofaktoren von Bodenhebungen im Zuge eines Grubenwasseranstiegs in Steinkohlenbergwerken entwickelt. Grundlage war eine umfassende Auswertung von Bodenhebungen in stillgelegten Bergwerken.

Auf dieser Grundlage wurden die maßgeblichen bergbaulichen und geologisch-hydrogeologischen Kriterien zur Identifikation von Bereichen mit einem erhöhten Potenzial zur Ausbildung signifikanter Unstetigkeiten zusammengestellt und eine Bewertungsmatrix aufgestellt. Diese Bewertungsmatrix soll nun erstmals auch im Rahmen eines Betriebsplanverfahrens für einen geplanten Teilanstieg (Zentrale Wasserhaltung Ost) als Instrument zur Bewertung der Einwirkungspotenziale durch Bodenhebungen und Aufstellung eines gezielten Monitoringprogramms eingesetzt werden.

ABSTRACT:

The evaluation of possible risks resulting from uneven ground heave induced by flooding of abandoned hard coal mines is of increasing importance. Risky areas should be identified and an appropriate monitoring system should be installed.

By the research and development project „Monitoring of an abandoned hard coal district“ (ABSMon) of RAG (Ruhrkohle/Hard Coal AG) at a first time a comprehensive approach and adequate models were developed about the causes, kinematics and risk factors of the ground heave originating over flooded hard coal mines in Northrhine-Westphalia. On account of this base an evaluation matrix comprising substantial criteria of mining engineering, geology and hydrogeology was elaborated to identify areas with an increased potential for the formation of significant inhomogenities in ground heave. This matrix will now be used at a first time in scope of an operation plan procedure for a planned partial flooding as an instrument for the assessment of the impact potentials by ground heave and the planning of a goal-oriented surface monitoring programme.

1 Einführung

Im Rahmen des Grubenwasseranstiegs in Steinkohlenbergwerken treten Bodenhebungen zumeist großräumig und gleichmäßig innerhalb der abbaubedingten Bodensenkungsbereiche auf. In Abhängigkeit von den bergbaulichen und geologisch-hydrogeologischen Randbedingungen können aber auch ungleichmäßige Bodenhebungen entstehen; unter ungünstigen Randbedingungen können dort auch Bergschäden auftreten. Ein Überblick über die Literatur zum Phänomen von Bodenhebungen als Folge eines Grubenwasseranstiegs und den Kenntnisstand zu den Ursachen von Bodenhebungen wurde zuletzt in ROSNER et al. (2014) veröffentlicht.

Insbesondere die im Zusammenhang mit dem Grubenwasseranstieg im Erkelenzer Revier nach Einstellung der Wasserhaltung in 1997 aufgetretenen Schadensereignisse (Wassenberg) haben zu einer breiten öffentlichen Diskussion über die Risiken für die Geländeoberfläche infolge differenzierter Bodenhebungen auch für den Grubenwasseranstieg im Ruhrrevier geführt. Im Zusammenhang mit der geplanten Stilllegung des Steinkohlenbergbaus im Ruhrrevier 2018 wurde im Auftrag der Bergbehörde NRW ein Musterkatalog von Maßnahmen zur Überwachung der Auswirkungen des Grubenwasseranstiegs im Ruhrrevier erarbeitet und weiterer Forschungsbedarf aufgezeigt (s. GRIGO ET AL., 2007). Dabei wurde auch auf die Notwendigkeit zur Klärung der Ursachen von schadensrelevanten Bodenhebungsdifferenzen im Zuge des Grubenwasseranstiegs, einer Identifikation von Risikobereichen und eines angepassten Monitorings hingewiesen.

Zur Schaffung der Grundlagen für eine fachlich fundierte Risikobewertung hinsichtlich der potentiellen Einwirkungen solcher Bodenhebungen auf die Geländeoberfläche und den Aufbau eines optimierten Monitoringsystems wurde durch die RAG das Forschungs- und Entwicklungsvorhaben „Monitoring im Altbergbaubereich“ (ABSMon) initiiert. Die Forschungsinhalte umfassen einerseits die Umsetzung eines Messkonzeptes der RAG zur flächenhaften Erfassung von Bodenbewegungen mittels hochpräzisen satellitengestützten langzeit-statischen GPS-Messungen sowie radarinterferometrischen PSI-Auswertungen der TU Clausthal (SPRECKELS & MUSIEDLAK, 2010). In einem weiteren Arbeitspaket werden Ursachen und Risikofaktoren von Bodenhebungen als Folge eines Grubenwasseranstiegs in Steinkohlenbergwerken des Ruhrreviers erforscht. Im Rahmen dieser Risikoanalyse wurde zunächst eine Auswertung der vorliegenden Informationen zur Entwicklung von Bodenhebungen aus anderen Stilllegungsbereichen vorgenommen.

Ein besonderer Schwerpunkt der Bearbeitung lag dabei auf der Ermittlung der Faktoren, die zu den Bergschäden im Zuge des Grubenwasseranstiegs im Erkelenzer Reviers geführt haben und einem Vergleich mit anderen Stilllegungsbereichen, in denen keine Schäden aufgetreten sind. Auf der Grundlage dieser Auswertungen wurden die Charakteristika der Bewegungsabläufe und der Entwicklung von Bodenhebungen im Zuge des Grubenwasseranstiegs herausgearbeitet und Risikofaktoren für die Entwicklung von schadensrelevanten Hebungsdifferenzen formuliert.

In einem weiteren Arbeitsschritt wurden die Arbeitsergebnisse auf das Ruhrrevier übertragen und anhand von ausgewählten Stilllegungsbereichen verifiziert. Auf dieser Grundlage wurden eine Bewertungsmatrix zur Klassifizierung der Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von signifikanten Unstetigkeiten aufgestellt. Diese Bewertungsmatrix soll nun erstmals im Rahmen der Aufstellung eines Betriebsplanes zur Risikobewertung angewendet und als Grundlage für ein zielgerichtetes Monitoring herangezogen werden.

2 Kenntnisstand zur Entwicklung von Bodenhebungen

2.1 Ursachen und zeitliche Entwicklung von Bodenhebungen

Die Ursachen von Bodenhebungen im Zuge des Grubenwasseranstiegs können nach dem heutigen Kenntnisstand grundsätzlich wie folgt zusammengefasst werden:

- Bodenhebungen im Verlauf des Grubenwasseranstiegs resultieren im Wesentlichen aus Dehnungsvorgängen infolge des durch die Auftriebskräfte veränderten Spannungsfeldes im Gebirge.
- Solche Dehnungsvorgänge treten im Zuge des Grubenwasseranstiegs im bergbaulich aufgelockerten Steinkohlengebirge, aber auch bei Druckhöhenänderungen im Deckgebirge auf.

Die grundsätzliche Kinematik solcher Bodenbewegungen (Senkungen und Hebungen) infolge veränderter Druckhöhen im Deckgebirge ist u.a. aus den Sümpfungsbereichen der Braunkohlenabbau in der Niederrheinischen Bucht gut bekannt (ZIEGLER ET AL., 2007). Der zeitliche Ablauf und das Ausmaß der Hebungsbewegungen hängen im Wesentlichen von den mechanischen Eigenschaften und der Durchlässigkeit der betroffenen Schichten sowie dem Druckverlauf ab.

Auf der Grundlage der Arbeitsergebnisse wurde ein erster Ansatz für einen Leitfaden zur Bewertung von Bodenhebungen im Rahmen des Grubenwasseranstiegs aufgestellt. Folgende Charakteristika lassen sich festhalten:

- In der ersten Phase des Grubenwasseranstiegs im Niveau des Steinkohlengebirges sind im Allgemeinen zunächst keine signifikanten Bodenhebungen zu erwarten. In der Anfangsphase des Grubenwasseranstiegs müssen zunächst die Restsenkungen aus dem Abbau kompensiert und das aufgelockerte Gebirge verdichtet werden; es können auch zunächst zusätzliche Senkungen durch den Wiederanstieg induziert werden. Erst wenn sich ein entsprechender Druck im Gebirge aufgebaut hat, können sich die Dehnungsbewegungen bis zur Geländeoberfläche als Hebungen durchpausen. Dazu ist eine gewisse Einstauhöhe mit einem entsprechenden Dehnungsvolumen erforderlich, die in Abhängigkeit von der gebauten Tiefe und der Abbauintensität variiert.
- In Wiederanstiegsbereichen der Steinkohlenreviere in Nordrhein-Westfalen und Südlimburg (NL) mit mittleren Abbauteufen um 700 bis 1.000 m wurden erste Bodenhebungen nach Einstau eines Gebirgsvolumens von rd. 300 bis 400 m Höhe beobachtet.
- Die Bodenhebungen verlaufen nach der Anfangsphase etwa parallel zum Verlauf des Grubenwasseranstiegs; nach Abschluss eines Teilanstiegs kommen auch die Hebungsbewegungen wieder zur Ruhe.
- Wo es im Zuge des Grubenwasseranstiegs auch zu einem Anstieg der Druckhöhen im basalen Deckgebirgsaquifer kommt, überlagern sich die Dehnungsvorgänge im Steinkohlen- und im Deckgebirge; die Bodenhebungen werden dadurch verstärkt.
Dies kann auch dazu führen, dass mit dem Einstau der Deckgebirgsbasis die Bodenhebungen deutlich zunehmen.
- Insbesondere dort, wo im Zuge des Grubenwasseranstiegs auch die Druckhöhen in Deckgebirgsgrundwasserkörpern wieder steigen, können sich weiträumige Hebungsbereiche ausbilden.
- Die stärksten Hebungsbewegungen erfolgen in den Bereichen mit den stärksten Abbaueinwirkungen/Bodensenkungen. In den betrachteten Stilllegungsbereichen sind bisher in Summe maximale Hebungsbeträge zwischen rd. 0,2 und 0,3 m, in einer mittleren Größenordnung um 3 % der abbaubedingten Bodensenkungen aufgetreten.

2.2 Risikofaktoren im Hinblick auf schadensrelevante Unstetigkeiten

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

- Schadensrelevante Bodenhebungsdifferenzen im Zuge des Grubenwasseranstiegs in Steinkohlenbergwerken in NRW und den Niederlanden sind bisher nur im Erkelenzer Revier (Wasenberg-Hückelhoven) an dem durch ein tektonisches Großstörungssystem (Rurrand-System)

vorgezeichneten Rand einer der tektonischen Hauptschollen des tektonisch weiterhin aktiven Senkungsgebietes der Niederrheinischen Bucht, der Rurscholle, bekannt geworden.

In den anderen Stilllegungsbereichen wurden weder vergleichbare Schäden festgestellt noch vergleichbar signifikante Unstetigkeiten ermittelt.

- Dies zeigt, dass die Voraussetzungen für die Ausbildung einer schadensrelevanten Unstetigkeit im Rahmen des Grubenwasseranstiegs sehr spezifisch sind und die Auftrittswahrscheinlichkeit insgesamt gering ist.

Die Charakteristika der Schadensentwicklung am Rurrand im Erkelenzer Revier können wie folgt zusammengefasst werden:

- Die im Erkelenzer Revier aufgetretene Schadenslinie orientiert sich an einer im Grund- und Deckgebirge tektonisch vorgezeichneten Bewegungsbahn und nicht primär an den durch Abbaueinwirkungen entstandenen Unstetigkeiten/Schadensbereichen (z.B. an Abbaurändern).
- Die beim Abbau entstandenen Unstetigkeiten/Schadensbereiche außerhalb von tektonischen Störungszonen hinterlassen im Gebirge eine deutlich geringer ausgeprägte Bewegungsbahn. Weiterhin werden die beim Abbau entstandenen Unstetigkeiten vielfach im Zuge des weiteren Abbaus in größeren Teufenniveaus überprägt. Diese tektonisch nicht vorgezeichneten Bewegungsbahnen lassen sich offensichtlich im Zuge des Hebungsvorganges, der auch nur einen Bruchteil des Senkungsvorganges ausmacht, nicht reaktivieren.
- Die Besonderheit der im Erkelenzer Revier als Schadenslinie aktivierten Bewegungsbahn besteht darin, dass diese eine noch heute tektonisch aktive Zone darstellt (z.B. Beben von Roermond und Düren), an der die Karbonoberfläche um über 1.000 m versetzt ist und die das Gebirge bis in das Niveau der quartären Deckschichten als ein System von Trennfugen durchschlägt. Zugleich erleichtern die Tonbestege in dieser Störungszone die Aktivierung einer Bewegung.
- Eine derart scharf im Gebirge vorgezeichnete Bewegungsbahn bildet bei den im Zuge des Grubenwasseranstiegs auftretenden vergleichsweise begrenzten Hebungsbeträgen eine wesentliche Voraussetzung für die Ausbildung einer scharfen, schadensrelevanten Geländestufe (vgl. Abb. 1).

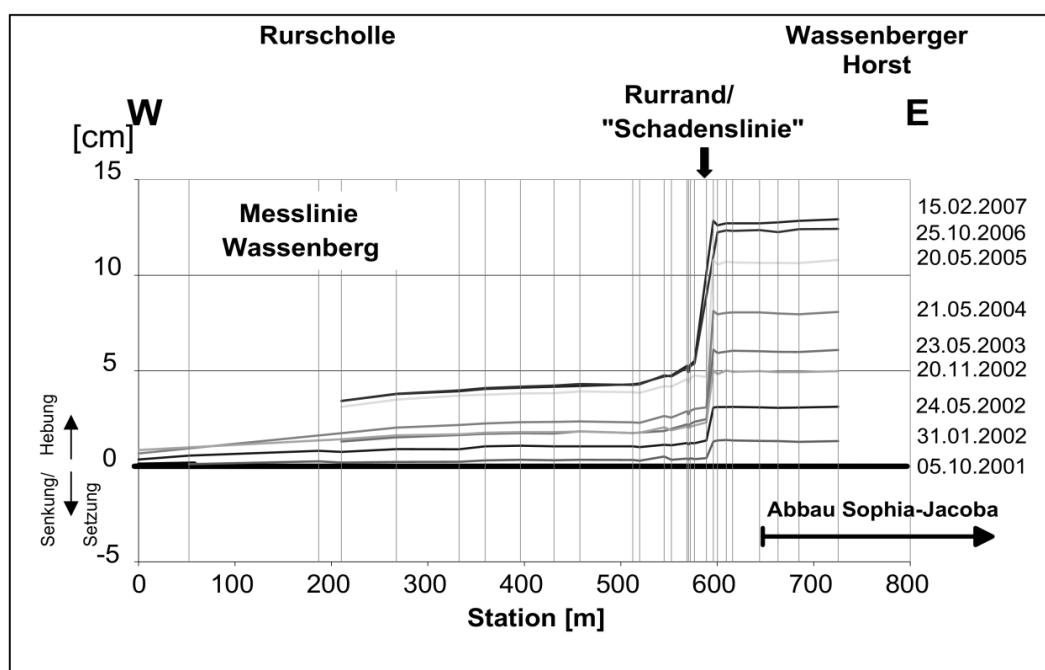


Abb.1 : Ausbildung des Geländesprunges an der Schadenslinie im Erkelenzer Revier (Zeitraum 2001 bis 2007)

- Das erhöhte Aktivierungspotenzial der Bewegungsbahn sowie die hydraulische Wirksamkeit dieser Störung sind zugleich eine wesentliche Voraussetzung dafür, dass die Hebungsbewegungen der bergbaulich beeinflussten tektonischen Scholle auf eine Seite der tektonischen Scholle begrenzt bleiben und dadurch an dieser Störungszone schadensrelevante Bodenbewegungsdifferenzen entstehen können.
- Die spezifischen Charakteristika des Grubenwasseranstiegs im Erkelenzer Revier lagen in dem vergleichsweise sehr schnellen Wasseranstieg und der frühzeitigen Einbeziehung des Deckgebirges in den Anstieg der Druckhöhen. Dadurch kam es einerseits zu einem verstärkten Bewegungsimpuls (Auftriebskräfte) sowie andererseits zu einer frühzeitigen Überlagerung mit Dehnungsvorgängen im Deckgebirge und damit insgesamt zu einer Verstärkung der Bodenbewegungen. Durch diese Überlagerung der Bewegungsvorgänge wurde die Aktivierung der im Gebirge vorgezeichneten Bewegungsbahn begünstigt.

Ein erhöhtes Schadensrisiko durch die Ausbildung von Geländesprüngen infolge unterschiedlicher Geländehebungen 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.

3 Erfahrungen aus aktuellen Stilllegungsbereichen im Ruhrrevier - Beispiel ehem. Bergwerk Königsborn

3.1 Übersicht

Das Ruhrrevier lässt sich heute gliedern in die verbliebenen aktiven Bergwerke Prosper-Haniel (PH) und Auguste Victoria (AV), die Stilllegungsbereiche der Zentralen Wasserhaltungen (Wasserhaltungsprovinzen) sowie die eigenständigen Stilllegungsbereiche im östlichen Randbereich des Reviers (Königsborn bis Westfalen, s. Abb. 2). In einigen Stilllegungsbereichen sind Teilanstiege erfolgt bzw. vorgesehen; bis 2018 werden auch die heute aktiven Bergwerke stillgelegt.

Die Anwendbarkeit der Erkenntnisse aus den oben beschriebenen Stilllegungsbereichen für eine Risikobewertung in den zukünftig im Ruhrrevier anstehenden Anstiegsbereichen war im Rahmen des Forschungsvorhabens anhand konkreter Fallbeispiele aus dem Ruhrrevier zu verifizieren. Dazu wurden u.a. die aktuellen Stilllegungsbereiche der ehemaligen Bergwerke Königsborn und Westfalen im östlichen Randbereich des Reviers ausgewählt. Hier ist der Grubenwasseranstieg bereits so weit fortgeschritten, dass eine Analyse der Bewegungsvorgänge sinnvoll ist. Im Folgenden sind beispielhaft die Arbeitsergebnisse für das ehemalige Bergwerk Königsborn zusammengefasst; eine weitergehende Beschreibung liefert ROSNER ET AL., 2014.

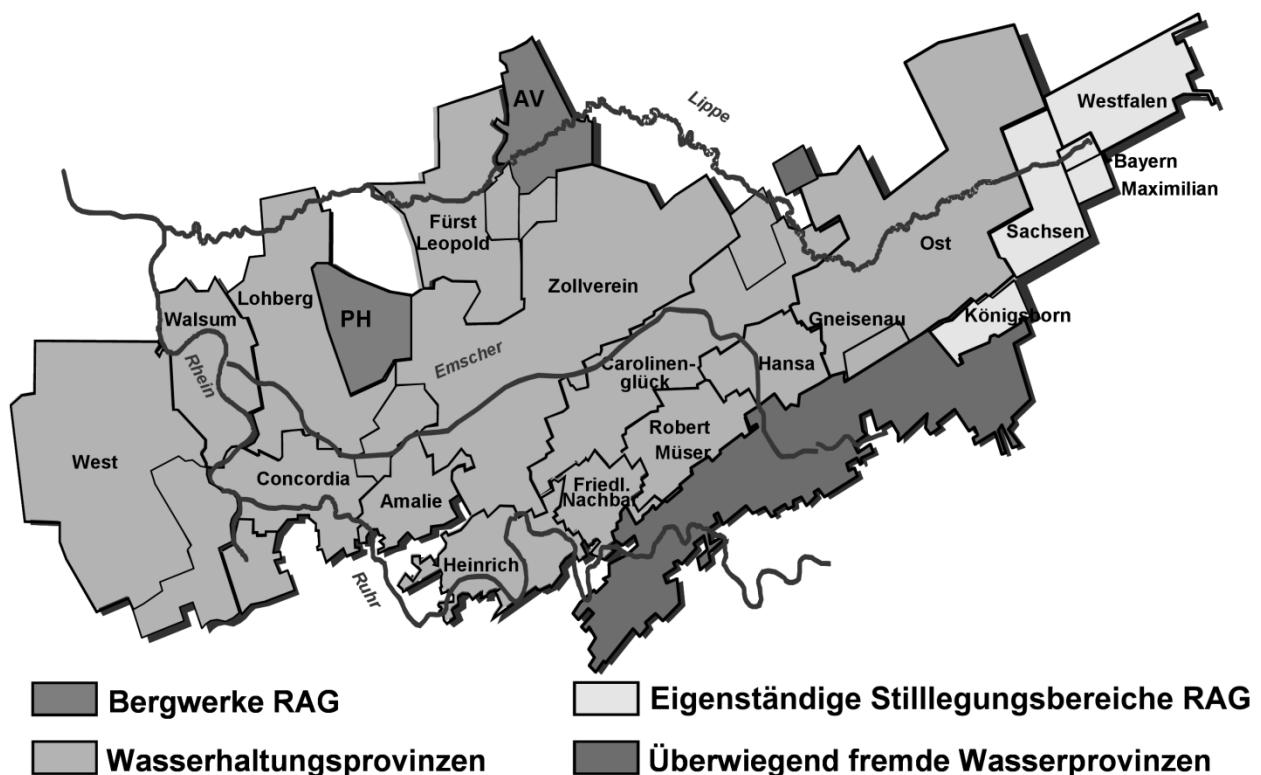


Abb.2 : Übersicht Ruhrrevier (Bergwerke RAG: PH - Prosper-Haniel, AV - Auguste Victoria; Quelle: RAG)

3.2 Lage und bergbauliche Verhältnisse

Das ehemalige Bergwerk Königsborn liegt im südöstlichen Randbereich des Ruhrreviers zwischen Unna und Bönen (Abb. 2). Die Abbaubereiche erstreckten sich über eine Grundfläche von rd. 12 km² und liegen nahezu in einer Insellage; nur im Südwesten schließen sich jenseits des Unnaer Sprungs die Abbaubereiche der bereits in 1925 stillgelegten Grube Massener Tiefbau an. Das Bergwerk Königsborn wurde 1981 stillgelegt; 1996 wurde die Wasserhaltung eingestellt.

Das Bergwerk Königsborn baute in der SW-NE-verlaufenden Königsborner Mulde, in deren Kern im Wesentlichen die Bochumer Schichten an der Karbonoberfläche ausbeissen (Abb. 3). Der Aufbau des gefalteten Steinkohlengebirges wird vor allem von den NW-SE-verlaufenden Querstörungen (Unnaer, Königsborner und Fliericher Sprung) überprägt. Der Abbauschwerpunkt lag im nordöstlichen Teil des Königsborner Grabens (Abbauteufen bis 1.000 m; abgebaute Gesamtmächtigkeit rd. 20 m); der Fliericher Sprung begrenzt die Lagerstätte im Nordosten.

Die Deckgebirgsmächtigkeit beträgt zwischen rd. 120 m im Südwesten bei Unna und 370 m im Nordosten bei Bönen. Das Deckgebirge wird aufgebaut von den Schichten der Oberkreide mit den Cenoman/Turon Kalksteinfolgen an der Basis und dem Emscher Mergel im Hangenden.

Die Schichten im Liegenden des Emscher Mergels bilden ein hydraulisch eigenständiges tiefes Grundwasserstockwerk, das mit dem Steinkohlengebirge hydraulisch kommuniziert. Die basalen Deckgebirgswässer sind stark mineralisiert. Die Wasserzuläufe in der Betriebsphase des Bergwerks Königsborn (rd. 3 bis 4 m³/min) waren sehr stark durch Deckgebirgswasserzuläufe geprägt; im Rahmen des Grubenwasseranstiegs war daher auch ein Wiederanstieg der Druckhöhen im basalen Deckgebirgsaquifer zu erwarten.

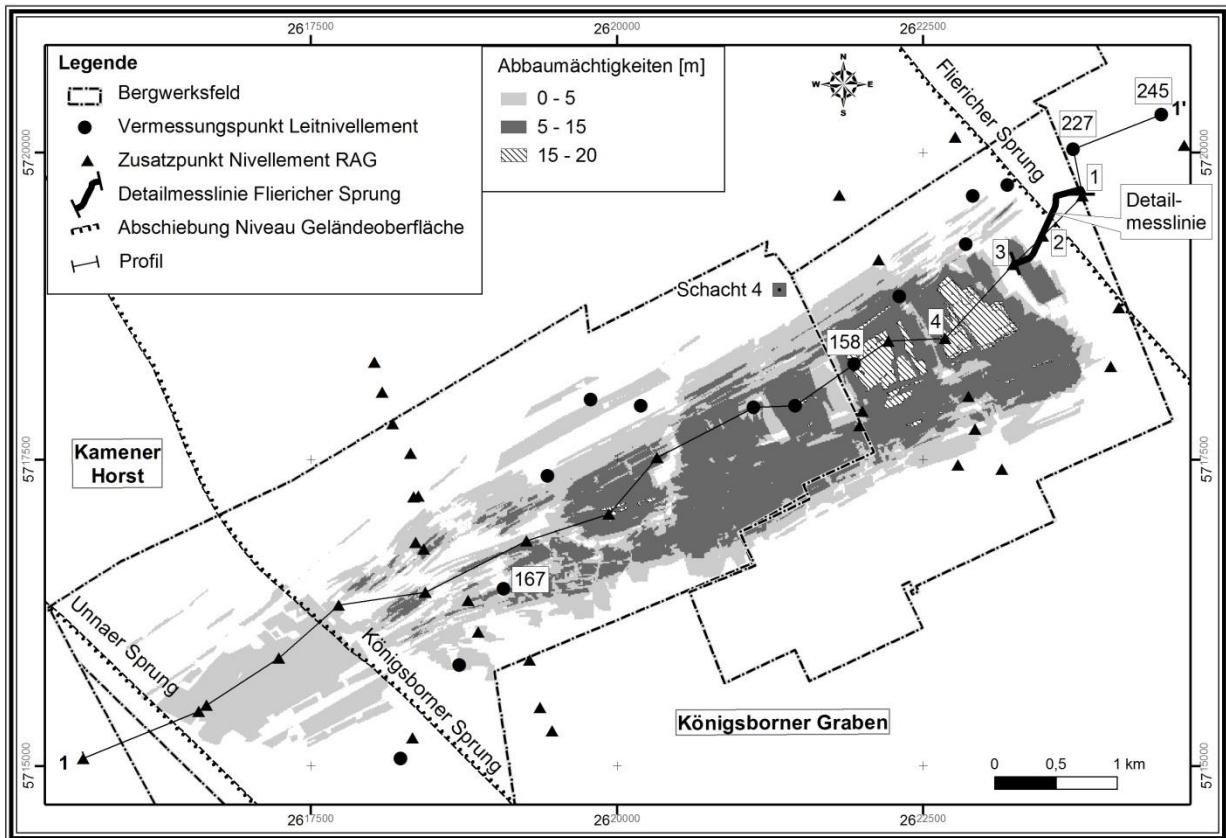


Abb.3 : Bergwerk Königsborn - Lage und Mächtigkeit der Abbaubereiche, tektonische Störungen, ausgewählte Festpunkte der geodätischen Vermessung

3.3 Grubenwasseranstieg und zeitliche Entwicklung der Bodenbewegungen

Im Zuge des Grubenwasseranstiegs stellte sich nach dem Einstau der 4. Sohle (rd. -500 mNHN) eine weitgehend konstante mittlere Anstiegsgeschwindigkeit von 30 bis 40 m/a ein (Phase 2, Abb. 4). Im Zusammenhang mit dem vollständigen Wiederanstieg im Karbon und dem sukzessiven Einstau der Deckgebirgsbasis war ab 2010 eine starke Zunahme der Anstiegsgeschwindigkeit des Druckniveaus bis auf rd. 94 m/a zu beobachten (Phase 3).

Dieser markante Anstieg des Druckniveaus geht zurück auf die Reduzierung des zu füllenden Hohlraumvolumens, zeigt aber zugleich die anhaltend gute hydraulische Wechselwirkung mit den überlagernden Kreideschichten und dem damit verbundenen Potenzial zum Druckausgleich. Nach der vollständigen Füllung des Karbonegebirges gehen die Wasserzuläufe aus dem Deckgebirge sukzessive zurück; dies führt gleichzeitig auch zu einem Anstieg der Druckhöhen im basalen Deckgebirgsaquifer.

Seit 2012 nimmt die Anstiegsgeschwindigkeit der Druckhöhen im Steinkohlengebirge sukzessive ab; hier machen sich nunmehr der langsame Druckausgleich mit den Druckhöhen im Deckgebirgsaquifer und das damit verbundene Auslaufen des Grubenwasseranstiegs bemerkbar (Phase 4).

Die Entwicklung der Bodenbewegungen zeigt eine deutliche Parallelität zum Verlauf des Grundwasseranstiegs. Der Hebungsbeginn lässt sich auf ein Zeitfenster von etwa vier bis fünf Jahren nach Einstellung der Wasserhaltung eingrenzen, zu einem Zeitpunkt, wo ein Anstieg des Standwasserniveaus von rd. 300 bis 400 m erreicht war. Die Gesamthebungen haben sich bis 2013 auf maximale Beträge um 0,2 m aufaddiert.

Markant ist die deutliche Zunahme der Bodenhebungen nach dem Einstau der Deckgebirgsbasis (Phase 3). Die Bewegungsverläufe an den in Abb. 4 dargestellten repräsentativen Festpunkten zei-

gen, dass sich der größte Anteil der bis 2013 insgesamt ermittelten Bodenhebungen erst nach dem Einstau der Deckgebirgsbasis (Phase 3) entwickelt hat. Dabei steht ein Anstieg des Standwasserniveaus um rd. 700 m in den Phasen 1 und 2 einem Druckhöhenanstieg um nur rd. 200 m in den Phasen 3 und 4 gegenüber. Diese Entwicklung deutet darauf hin, dass mit dem Anstieg der Druckhöhen im Deckgebirge die Dehnungsvorgänge im Steinkohlengebirge durch weitere Dehnungsvorgänge im Deckgebirge überlagert werden.

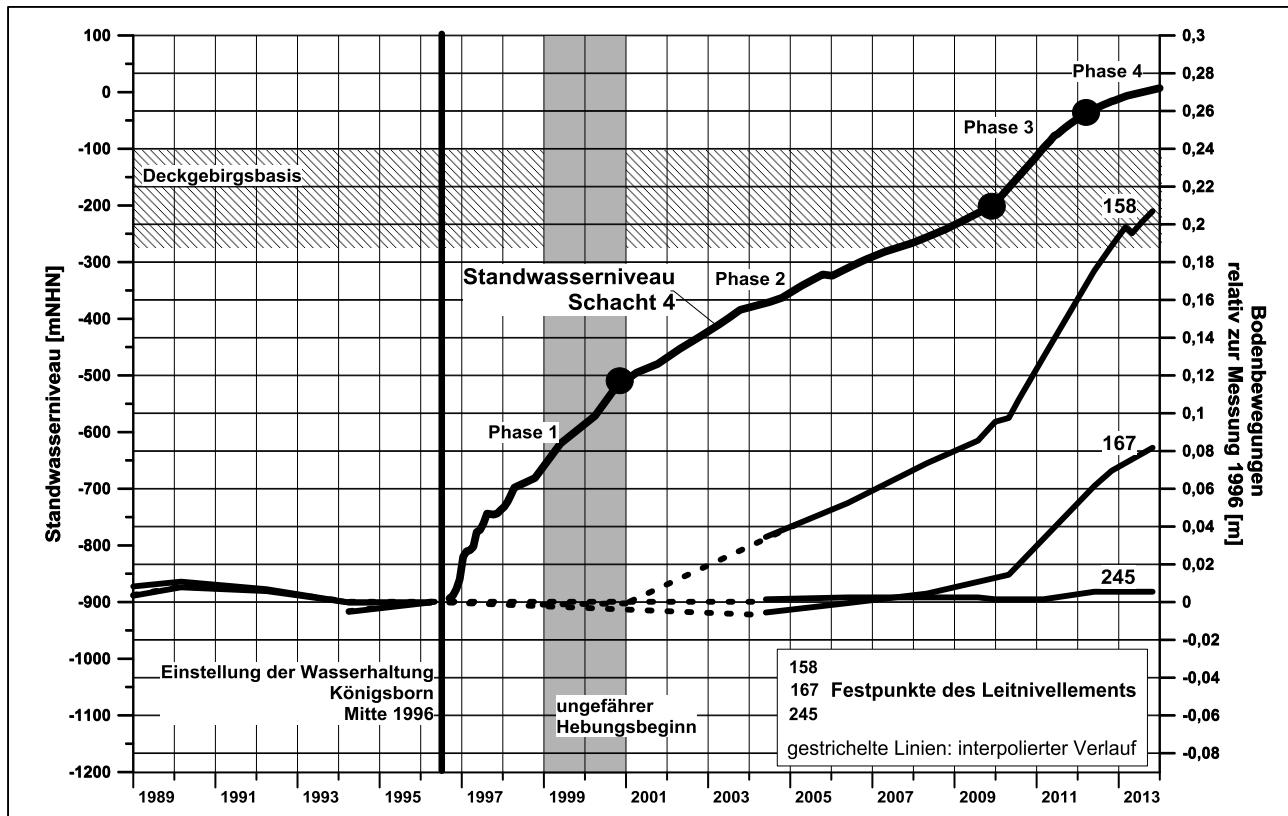


Abb.4 : Bergwerk Königsborn - zeitliche Entwicklung von Grubenwasseranstieg und Bodenhebungen am Beispiel repräsentativer Festpunkte (Lage der Festpunkte s. Abb. 3)

3.4 Räumliche Entwicklung der Bodenbewegungen

In 2012 wurden durch die RAG ein repräsentatives Längsprofil und mehrere Querprofile zur Erfassung der räumlichen Ausdehnung der Hebungsbereiche eingerichtet (Abb. 3). Die für den Zeitraum 10.2012 bis 10.2013 ermittelten Bodenbewegungen sind bezogen auf die Messung von 10.2012 in einem Längsprofil (1-1') in Abb. 5 dargestellt. Aufgrund der vergleichsweise geringen Gesamtbewegungen sind die Ergebnisse der einzelnen Messkampagnen untereinander im Rahmen der Messgenauigkeit deutlichen Schwankungen unterworfen. Die grundsätzliche Kinematik ist dennoch deutlich erkennbar.

Entlang der im Zentrum der Königsborner Mulde verlaufenden Messlinie (1-1', Abb. 5) nehmen die Hebungen mit der Zunahme der abgebauten Mächtigkeit von SW (Kamener Horst) nach NE (Königsborner Graben / Fliericher Sprung) sukzessive zu und erreichen im Zeitraum 10.2012 bis 10.2013 Beträge um rd. 0,02 m in dem im nordöstlichen Teil des Königsborner Grabens gelegenen Abbauschwerpunkt. Am nordöstlichen Abbaurand am Fliericher Sprung zeichnet sich eine markante Abnahme der Hebungen ab; die Hebungsbewegungen klingen wenige hundert Meter nordöstlich des Abbaurandes aus.

Die Querprofile zeigen einen typischen uhrglasförmigen zentralen Haupthebungsbereich, der im Wesentlichen auf die eigentliche Abbauzone konzentriert ist. Die nordwestlichen und südöstlichen Randbereiche zeigen aber eine deutlich asymmetrische Entwicklung in der Reichweite der Boden-

hebungen. Während der Hebungsbereich nach Südosten in einem mehrere hundert Meter breiten Streifen ausläuft, zeigt sich in nordwestlicher Richtung eine wesentlich breitere, über 1 km breite Übergangszone, in der im Beobachtungszeitraum noch leichte, aber signifikante Hebungen um 0,003 m auftraten (s. ROSNER ET AL., 2014). Diese breite Hebungszone im nordwestlichen Umfeld des Abbaubereichs deutet auf die Einwirkung des weiträumigen Druckanstiegs im basalen Deckgebirgsaquifer hin, die hier auch weit außerhalb des eigentlichen abbaubedingten Einwirkungsbereiches zu Dehnungsvorgängen im Deckgebirge führt.

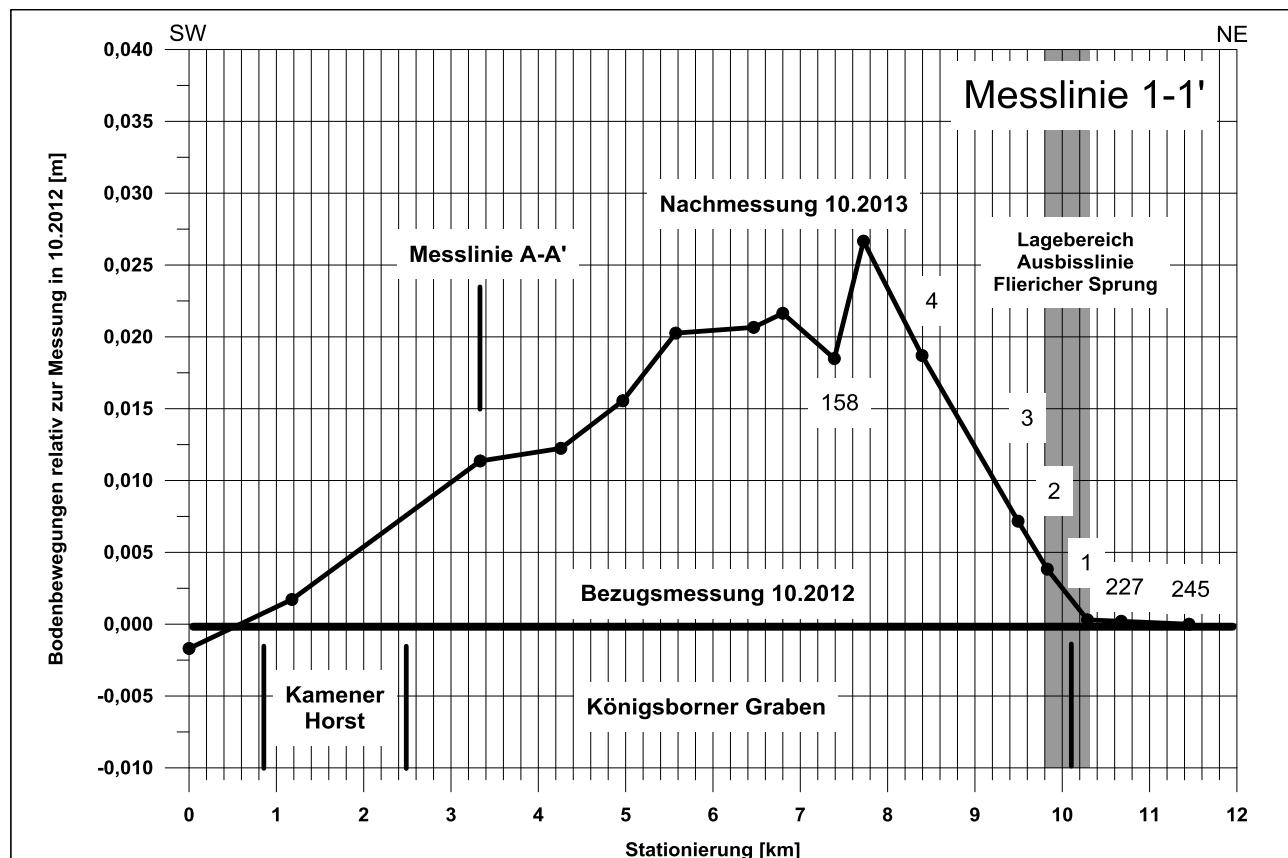


Abb.5 : Bergwerk Königsborn - Bodenbewegungen entlang der Messlinie 1-1' (SW-NE)
Zeitraum 10.2012 bis 10.2013

Diese Feststellungen zur räumlichen Entwicklung der Bodenhebungen basieren hier nur auf einem vergleichsweise kurzen Beobachtungszeitraum, korrelieren aber sehr gut mit den Erkenntnissen aus anderen Stilllegungsbereichen.

3.5 Identifikation von Risikobereichen

Auf der Grundlage der Untersuchungen wurde für den Bereich des Bergwerks Königsborn als primärer potenzieller Risikobereich der Fliericher Sprung identifiziert. Hier wird der Haupthebungsbe- reich an einer tektonischen Störungszone abrupt begrenzt, so dass hier einerseits mit den stärksten Bewegungsdifferenzen zu rechnen ist und andererseits eine tektonisch vorgezeichnete, markante Bewegungsbahn im Gebirge als potenzielle Scherfuge vorliegt.

Zur Erfassung einer potenziellen Unstetigkeit im Bereich der Störungszone Fliericher Sprung wurde das Festpunktnetz 2012 im Ausbissbereich der Störungszone durch die RAG auf einen Festpunktabstand von rd. 20 m verdichtet. Die relativen Höhenänderungen zwischen der Nullmessung in 10.2012 und der Nachmessung in 10.2013 sind in Abb. 6 dargestellt.

In diesem Detailmessprofil zeigt sich anhand der ersten Messergebnisse eine sukzessive Abnahme aus dem Abbaubereich bis an den Fliericher Sprung; die Ausbildung einer potenziell schadens-

relevanten Unstetigkeit ist hier nicht erkennbar. Etwa 460 m nordwestlich der Abbaugrenze klingen die Hebungsbewegungen aus. Im weiteren Verlauf der Messlinie schwanken die Messwerte im Rahmen der Messgenauigkeit (± 2 bis 3 mm) um die Nulllinie.

Die Entwicklung der Bodenbewegungen am Fliericher Sprung wird im Rahmen der weiteren Nachmessungen zu verifizieren sein.

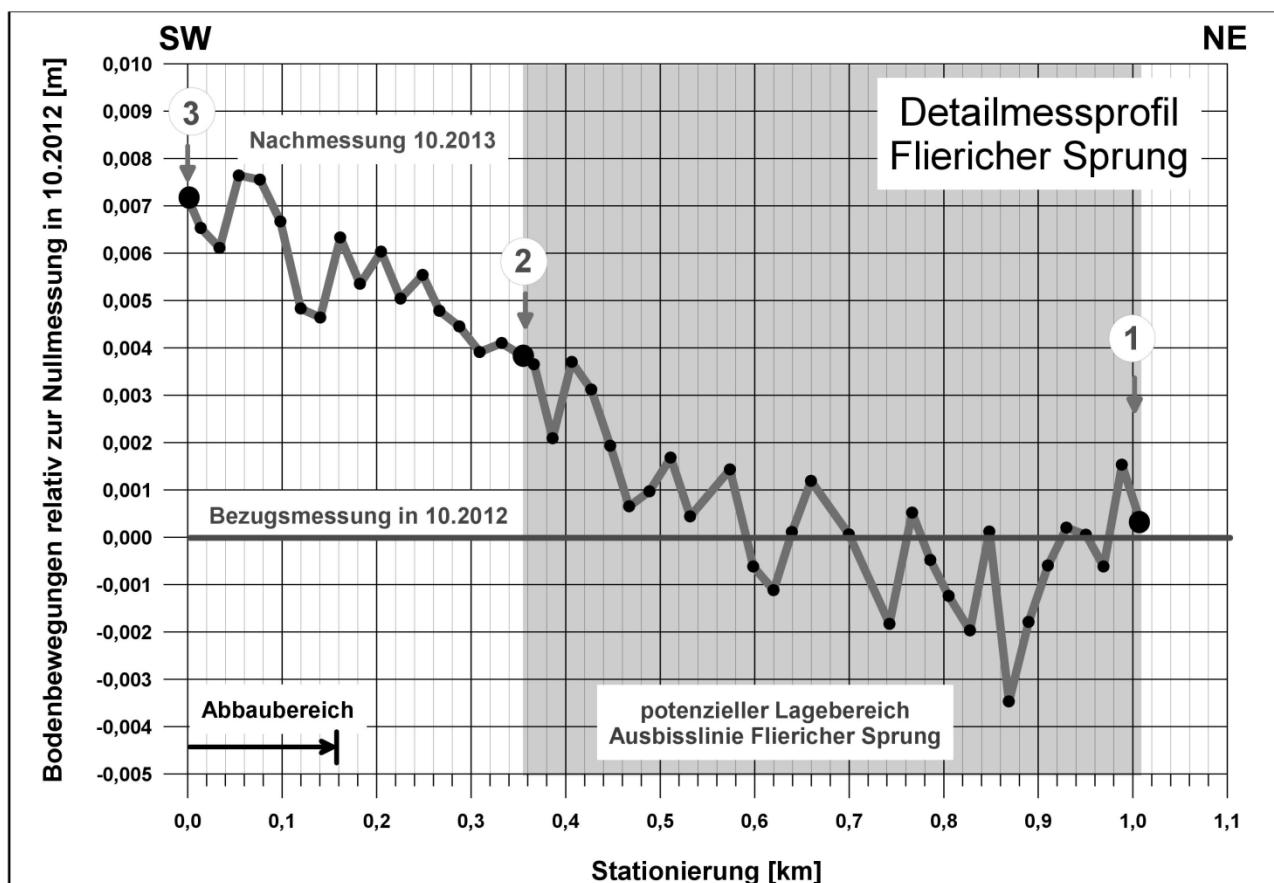


Abb.6 : Entwicklung der Bodenbewegungen am Fliericher Sprung im Zeitraum 10.2012 bis 10.2013 - Detailmessprofil

3.6 Folgerungen für die Risikoabschätzung

Die zeitliche und räumliche Entwicklung der Bodenhebungen im Bereich des Bergwerks Königsborn korreliert sehr gut mit den Erkenntnissen aus den Stilllegungsbereichen des Aachener und Südlimburger sowie des Erkelenzer Reviers. Auch die ersten Ergebnisse aus der Bearbeitung des Wiederanstiegs Bergwerk Westfalen liefern eine vergleichbare Kinematik der Hebungsabläufe. Dies zeigt, dass die aus den Erfahrungen in diesen Stilllegungsbereichen abgeleiteten Modellvorstellungen zu Ursachen, Kinematik und Risikofaktoren von Bodenhebungen vom Grundsatz her auf das Ruhrrevier übertragen werden können.

Der Grubenwasseranstieg ist im Bereich des Bergwerks Königsborn weit fortgeschritten; das Druckniveau wird mittelfristig das Druckniveau der Deckgebirgsaquifere erreichen (Druckausgleich). Nach dem bisherigen Verlauf der Bodenhebungen und den Erkenntnissen aus den anderen untersuchten Hebungsbereichen ist davon auszugehen, dass die Hebungsbewegungen in den nächsten Jahren abklingen. Bergschäden infolge differenzierter Bodenhebungen wurden im Bereich des Bergwerks Königsborn bisher nicht festgestellt.

Die bisherigen Erkenntnisse insbesondere aus dem Bereich Königsborn deuten darauf hin, dass das Risiko von Schäden an der Geländeoberfläche infolge differenzierter Bodenhebungen in den Bereichen mit Kreidedeckgebirge signifikant geringer ist, als in den tektonisch aktiven Tertiärsen-

ken der Niederrheinischen Bucht (Fallbeispiel Erkelenzer Revier, Wassenberg). Dies deckt sich mit den Erfahrungen aus den Kreidegebieten des Südlimburger Reviers.

Hinsichtlich der bisher identifizierten Risikofaktoren lässt sich die Situation am Fliericher Sprung wie folgt charakterisieren:

- Aufgrund des vergleichsweise geringen Versatzes der Grundwasser führenden Schichten ist keine signifikante hydraulische Wirksamkeit der Störungszone anzunehmen; im Zuge des Grubenwasseranstiegs sind daher auch keine deutlichen Druckhöhendifferenzen im basalen Deckgebirgsaquifer auf beiden Seiten der Störung zu erwarten.
- Die Scherfuge im Störungsbereich ist nicht durch Tonbestege „geschmiert“, wie das für die hydraulisch wirksamen Störungszonen der Niederrheinischen Bucht charakteristisch ist.
- Die Störung ist nicht aktiv und durchschlägt nicht das Quartär, so dass keine bis an die Geländeoberfläche durchgängig tektonisch vorgezeichnete Trennfuge vorliegt.

Dementsprechend weist auch die Ausbildung des Hebungsrandbereiches am Fliericher Sprung eine deutlich abweichende Entwicklung von den Verhältnissen an der im Erkelenzer Revier entstandenen „Schadenslinie“ auf (vgl. Abb. 1).

4 Ansatz für eine Klassifikation von Bodenhebungen als Folge eines Grubenwasseranstiegs

Auf der Grundlage der bisher vorliegenden Ergebnisse des Forschungs- und Entwicklungsvorhabens lassen sich qualitative Prognosen über die Entwicklung von Bodenhebungen als Folge eines Grubenwasseranstiegs im Ruhrrevier ableiten und Risikobereiche identifizieren.

Als Grundlage für eine grundsätzliche Differenzierung der Risiken aus Bodenhebungen im Zuge des Grubenwasseranstiegs in Bereichen des Steinkohlentiefbergbaus mit Deckgebirgsüberlagerung wurden Kriterien für die Aufstellung von Einwirkungsklassen mit unterschiedlicher Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von signifikanten Bodenhebungsdifferenzen / Unstetigkeiten zusammengestellt. Als grundlegender Faktor einer solchen Risikozone wird das Vorhandensein einer das Steinkohlen- sowie auch das Deckgebirge durchschlagenden tektonischen Störungszone angesehen. Darüber hinaus sind vor allem folgende Faktoren bei der Risikoanalyse zu bewerten:

- hydraulische Wirksamkeit der Störungszone
- mechanische Eigenschaften der Störungszone
- Ausmaß der hydraulischen Wechselwirkung zwischen Steinkohlengebirge und Deckgebirge im Umfeld der Störungszone
- Vorhandensein von Unstetigkeiten aus der Abbauphase
- räumliche Lage des Einstaubereiches zur Störungszone (einseitiger/beidseitiger Einstau)

Ein hohes Einwirkungspotenzial ist dort anzusetzen, wo entsprechend den Verhältnissen im Erkelenzer Revier (Wassenberg) bei einseitigem Wasseranstieg an einer hydraulisch wirksamen, das Steinkohlengebirge und das Deckgebirge bis an die Geländeoberfläche durchschlagenden tektonischen Störungszone ein signifikanter einseitiger Anstieg der Druckhöhen auch im basalen Deckgebirgsaquifer erfolgt. Dies ist das bisher einzige Szenario, bei dem schwere Bergschäden bekannt geworden sind.

Dort, wo unter den oben beschriebenen tektonischen Randbedingungen keine Wechselwirkung mit dem basalen Deckgebirgsaquifer erfolgt (z.B. bei überlagernden Tonschichten) ist aufgrund des geringeren Dehnungspotenzials im Gebirge auch ein geringeres Einwirkungspotenzial für die Geländeoberfläche anzusetzen.

Ein zusätzlicher Risikofaktor kann hierbei die Geschwindigkeit des Grubenwasseranstiegs sein, die möglicherweise einen auslösenden Impuls für die Reaktivierung einer vorgezeichneten Bewe-

gungsbahn im Gebirge bewirken kann. Auch sind bekannte Unstetigkeiten aus der Abbauphase an einer solchen Störungszone als zusätzlicher Risikofaktor zu bewerten, da sie auf eine „junge“ Reaktivierung der tektonisch vorgezeichneten Bewegungsbahn hindeuten. Daher ist die Bestandsaufnahme der aus der Abbauphase dokumentierten Unstetigkeiten („Unstetigkeitskataster“) eine wichtige Grundlage für die Risikoabschätzung.

Nach dem heutigen Kenntnistanstand ist das Auftreten signifikanter Bodenhebungen auch dort nicht auszuschließen, wo bei beidseitigem Wasseranstieg einer das Steinkohlengebirge und das Deckgebirge durchschlagenden tektonischen Störungszone in deren Ausbissverlauf an der Geländeoberfläche Unstetigkeiten aus der Abbauphase dokumentiert sind. Für solche Szenarien ist allerdings ein deutlich geringeres Einwirkungspotenzial anzusetzen.

4.1 *Definition von Einwirkungsklassen*

Im Ergebnis der Untersuchungen wurden folgende Einwirkungsklassen mit unterschiedlicher Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von signifikanten Bodenhebungsdifferenzen / Unstetigkeiten aufgestellt:

Einwirkungsklasse 1 (rote Zonen) - hohe Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von signifikanten Bodenhebungsdifferenzen:

- einseitiger Grubenwasseranstieg an einer hydraulisch wirksamen, das Steinkohlengebirge und das Deckgebirge durchschlagenden tektonischen Störungszone, mit signifikanter Einwirkung auf Druckhöhen im Deckgebirge (Bsp. Wassenberg)

Einwirkungsklasse 2 (gelbe Zonen) - mittlere Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von signifikanten Bodenhebungsdifferenzen

- einseitiger Grubenwasseranstieg an einer hydraulisch wirksamen, das Steinkohlengebirge und das Deckgebirge durchschlagenden tektonischen Störungszone, ohne signifikante Einwirkung auf Druckhöhen im Deckgebirge
- einseitiger Grubenwasseranstieg an einer das Steinkohlengebirge und das Deckgebirge durchschlagenden tektonischen Störungszone mit bekannten Unstetigkeiten

Einwirkungsklasse 3 (blaue Zonen) - geringe Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von signifikanten Bodenhebungsdifferenzen

- beidseitiger Grubenwasseranstieg einer das Steinkohlengebirge und das Deckgebirge durchschlagenden tektonischen Störungszone mit bekannten Unstetigkeiten
- einseitiger Grubenwasseranstieg an einer das Steinkohlengebirge und das Deckgebirge durchschlagenden tektonischen Störungszone ohne bekannte Unstetigkeiten

Nach diesen Einwirkungsklassen lassen sich potenzielle Unstetigkeitszonen im Zuge des Grubenwasseranstiegs ausweisen und differenzieren.

Die dreistufige Klassifikation nach Einwirkungsklassen mit unterschiedlicher Auftrittswahrscheinlichkeit eines „unerwünschten“ Ereignisses orientiert sich an der in Nordrhein-Westfalen einschlägigen Bewertungsmatrix zur Klassifikation des Tagesbruchrisikos in Bereichen des tagesnahen und oberflächennahem Bergbaus; eine entsprechende Bewertungsmatrix wurde dazu auch durch den AK 4.6 „Altbergbau“ der DGGT e.V. in Zusammenarbeit mit dem DMV e.V. erarbeitet.

Dabei handelt es sich vom Grundsatz her um eine relative Abstufung von Auftrittswahrscheinlichkeiten auf der Grundlage geotechnischer Faktoren, ohne dass eine konkrete, mathematisch oder empirisch ableitbare Auftrittswahrscheinlichkeit angegeben werden kann.

Im Falle der Einwirkungen aus tages- und oberflächennahem Bergbau lässt sich eine konkrete Auftrittswahrscheinlichkeit empirisch anhand der dokumentierten Tagesbruchereignisse abschätzen.

Schwere Bergschäden im Zuge der Stilllegung von Bergwerken in Nordrhein-Westfalen und Südlipburg (NL) sind bisher nur im Erkelenzer Revier unter den der Einwirkungsklasse 1 zugeordneten speziellen bergbaulichen-geotechnischen-hydrogeologischen Verhältnissen dokumentiert. Daher

besteht nach heutigem Kenntnisstand absolut betrachtet nur für die der Einwirkungsklasse 1 zuzuordnenden Bereiche eine signifikante Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von schadensrelevanten Unstetigkeiten.

Für die den Einwirkungsklassen 2 und 3 zuzuordnenden Untergrundverhältnissen liegen dagegen bisher keine Angaben zu tatsächlich aufgetretenen Schäden im Zuge von Bodenhebungen als Folge eines Grubenwasseranstiegs vor. Die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von schadensrelevanten Unstetigkeiten ist daher in diesen Bereichen nach dem heutigen Kenntnisstand absolut betrachtet als gering einzustufen. Das dennoch hier eine graduelle Zuordnung von Auftrittswahrscheinlichkeiten erfolgt, geschieht vorsorglich und trägt den noch begrenzten Erfahrungen Rechnung.

Die oben aufgeführten Einwirkungsklassen beziehen sich auf einen vollständigen Anstiegszyklus mit einem Anstieg des Grubenwasserspiegels bis in das natürliche Vorflutniveau. Bei Teilanstiegen innerhalb des Grubengebäudes ist die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von signifikanten Bodenhebungsdifferenzen deutlich geringer, da auch das Dehnungspotenzial des verbrochenen Steinkohlengebirges nur begrenzt aktiviert wird. Bei der Risikoabschätzung ist daher im Falle von Teilanstiegen auch das absolute Bodenhebungspotenzial zu berücksichtigen.

Die Bewertung der einwirkungsrelevanten Faktoren und die daraus abzuleitende Klassifizierung von signifikanten und damit potenziell auch schadensrelevanten Einwirkungsbereichen von Bodenhebungen als Folge eines Grubenwasseranstiegs ist auf der Grundlage des weiteren Erkenntnisgewinns bei der Auswertung solcher Anstiegsbereiche fortzuschreiben.

4.2 **Grundsätzliche Anmerkungen zum Schadensrisiko**

Die Zuordnung zu einer der oben aufgeführten Einwirkungsklassen erlaubt vom Grundsatz her keine Aussage zum Schadensrisiko bzw. der möglichen Schwere eines Schadens, da es sich lediglich um eine relative Zuordnung von Auftrittswahrscheinlichkeiten für das Ereignis „signifikante Bodenhebungsdifferenzen“ bzw. „Unstetigkeit“ handelt. Für die Bewertung des Schadensrisikos spielen darüber hinaus die Art der Bebauung und die konkrete Ausbildung der Unstetigkeit (z.B. absolute Versatzhöhe, Schiefstellung) eine Rolle.

5 **Anwendung der Bewertungsmatrix für den Bereich der Zentralen Wasserhaltung Ost (ZWH Ost)**

Die RAG plant für den Bereich der ZWH Ost eine stufenweise Einstellung der Wasserhaltung. Als Grundlage für eine Bewertung der Risiken für die Geländeoberfläche durch differentielle Bodenhebungen und die Aufstellung eines angepassten Monitorings wurden die möglichen Einwirkungen anhand der in Kap. 4 beschriebenen Bewertungskriterien abgeschätzt, potenzielle Einwirkungsbereiche ausgewiesen und ein Vorschlag für ein gezieltes Monitoring erarbeitet.

5.1 **Lage und geologisch-bergbauliche Verhältnisse**

Die ZWH Ost umfasst neben dem Betriebsbereich des in 2010 geschlossenen Bergwerks Ost den sich südwestlich anschließenden Stilllegungsbereich Gneisenau sowie den sich nördlich der ehemaligen Zeche Monopol anschließenden Stilllegungsbereich Werne (Abb. 7). Die der ZWH Ost zugehörigen Grubenfelder erstrecken sich zwischen Dortmund, Lünen und Hamm über eine Fläche von rd. 285 Quadratkilometern bei einer Ausdehnung von maximal rd. 30 km in SW-NE-Richtung sowie zwischen 7 und 20 km in SE-NW-Richtung.



Abb.7 : ZWH Ost - Übersicht Abbauflächen, tektonische Schollen, Wasserhaltungsbereiche, Standwasserniveaus (Stand 04.2013)

- Aufbau und tektonische Gliederung der Lagerstätte

Die ZWH Ost liegt im Bereich der Bochumer Hauptmulde. Der Abbaubereich wird im Norden begrenzt durch die auf der Südflanke der Wattenscheider Hauptsattels verlaufende Sultan-Überschiebung und im Süden durch eine Engfaltenzone mit einem System von Faltenstrukturen und

Überschiebungen (u.a. Scharnhorster Überschiebung). Der Abbau erfolgte in Teufen bis 1.200 m (Heinrich Robert) bzw. 1.500 m (Monopol).

Der Aufbau des gefalteten Steinkohlengebirges wird darüber hinaus vor allem von den NW-SE-verlaufenden Querstörungen überprägt. Die querschlägig in NW-SE-Richtung verlaufenden Hauptquerstörungen gliedern das Steinkohlengebirge von Südwesten nach Nordosten in ein System von tektonischen Horst- und Grabenstrukturen (s. Abb. 7). Die Sprunghöhen können im Karbon mehrere hundert Meter erreichen; der Versatz der Deckgebirgsbasis beträgt allerdings auch an diesen Großstörungen nur wenige Meter.

- Aufbau und hydrogeologische Gliederung des Deckgebirges

Die Deckgebirgsmächtigkeit beträgt entlang der südöstlichen Grenze der Abbaubereiche der ZWH Ost zwischen 70 und 80 m im Südwesten bei Dortmund-Scharnhorst (Scharnhorst) und rd. 500 m bei Hamm (Heinrich Robert) im Nordosten. Am nordwestlichen Rand der ZWH Ost liegt die Mächtigkeit des Deckgebirges im Bereich Lünen (Victoria 1-2) bei rd. 450 m und nimmt in nördlicher und nordöstlicher Richtung bis auf Beträge zwischen 700 und 800 m bei Cappenberg (Haus Aden Nord) und Bockum-Hövel (Radbold) zu.

Das Deckgebirge wird im Untersuchungsbereich aufgebaut von den Schichten der Oberkreide im Niveau zwischen dem Essener Grünsand (Cenoman) und den Sandstein- bzw. Sandmergelstein-Schichten des Campans. An der Deckgebirgsbasis treten die Schichten der Plänerkalk-Gruppe (Cenoman/Turon) mit dem basalen Essener Grünsand (Cenoman) auf. Die Schichten der Plänerkalk-Gruppe erreichen im Untersuchungsbereich eine mittlere Mächtigkeit um 150 m. Die im Hangenden folgenden Schichten des Emscher Mergels keilen im Untersuchungsbereich in südöstlicher Richtung sukzessive an der Quartärbasis aus. Erst am Nordrand der Grubenfelder Radbold und Werne sowie im Feld Haus Aden Nord setzen im Hangenden des Emscher Mergels jüngere Kreideschichten des Campans ein. Die Kreideschichten werden überlagert von geringmächtigen quartären Ablagerungen (im Wesentlichen Löss und Talsedimente).

Der Emscher Mergel gliedert das Deckgebirge in ein basales Grundwasserstockwerk und ein oberflächennahes Grundwasserstockwerk. Im Liegenden des gering durchlässigen Emscher Mergels ist ein hydraulisch eigenständiges tiefes Grundwasserstockwerk in den Kalksteinen und Kalkmergelsteinen des Cenoman/Turon (Plänerkalk-Gruppe) ausgebildet. Das tiefe Grundwasserstockwerk in den Cenoman/Turon-Schichten führt im Allgemeinen hoch mineralisierte Wässer und kann unter einem nahezu der Teufe entsprechenden hydrostatischen Druck stehen. In weiten Bereichen ist der Druckspiegel allerdings durch die bergbauliche Wasserhaltung abgesenkt.

5.2 Erfassung der bergbaulichen Randbedingungen

Wesentliche bergbauliche Grundlagen einer Bewertung der möglichen Einwirkungen flutungsbedingter Bodenhebungen auf die Geländeoberfläche sind die Erfassung

- der zeitlichen Entwicklung des Abbaus
- der Hauptsenkungsbereiche aus der Abbauzeit
- der bereits aus der Abbauphase dokumentierten Unstetigkeiten
- des aktuellen Bodenbewegungsstatus
- der hydraulischen Gliederung des Grubengebäudes (Boxen)
- der aktuellen Standwasserniveaus

Der Bereich der ZWH Ost gliedert sich hinsichtlich der zeitlichen Entwicklung des Abbaus in die schon seit den 1970/80er Jahren stillgelegten Bereiche Gneisenau und Werne und den bis zur endgültigen Stilllegung des Abbaus im Bereich Bergwerk Ost noch betriebenen Abbaufeldern.

Bis 1998 wurde die Steinkohle aus Teilbereichen der Zeche Gneisenau noch auf Haus Aden gefördert. Mit der Bildung des Verbundes Haus Aden/Monopol mit Heinrich Robert zu Bergwerk Ost wurden diese Baufelder aufgegeben. Auf den übrigen tektonischen Schollen wurde zwischen 1986 und 1998 insbesondere im Bereich der Boxen Haus Aden, Monopol N und Heinrich Robert weiträumig Abbau betrieben, während der Abbau im Bereich der Boxen Grillo und Radbod bereits auf kleinere Teilstücke des Grubenfeldes beschränkt war. Nach dem Verbund zu Bergwerk Ost wurden die Baufelder in den Bereichen Haus Aden und Grillo bis 2000 sukzessive stillgelegt. Ab 2001 wurde der Abbau im Feld Monopol von Heinrich Robert aus geführt. Bis zur Stilllegung in 2010 erfolgte der weitere Abbau im Bereich Monopol Nord und Heinrich Robert in einem Teufenniveau zwischen 1.000 und 1.500 m.

- Abbaubedingte Bodensenkungen

Über das Ausmaß und die Ausdehnung der abbaubedingten Bodensenkungen lassen sich auch die im Rahmen des Grubenwasseranstiegs zu erwartenden Hebungsbereiche und -beträge abschätzen. Dort wo keine umfassende Dokumentation des Abbaus vorliegt, müssen insbesondere die Gesamtsenkungsbeträge abgeschätzt werden. Dazu wurden für den Bereich der ZWH Ost verschiedene Ansätze gewählt:

- Dokumentation der gebauten Mächtigkeiten
- Auswertung der Höhenkoten aus historischen topographischen Karten
(Preußische Neuaufnahme von 1891 bis 1912)
- Vermessungsergebnisse des Leitnivelllements (im Wesentlichen ab den 1970er Jahren)

Danach ergeben sich für den Bereich der ZWH Ost in den zentralen Abbauschwerpunkten zwischen Lünen-Süd im Südwesten und Hamm im Nordosten maximale Gesamtsenkungsbeträge in einer Größenordnung zwischen 5 und 10 m.

- Unstetigkeiten

Angaben zu Unstetigkeiten aus der Abbauphase sind im Grubenbild dokumentiert. Als Informationsquelle wird seitens der Bergbehörde ein Unstetigkeitskataster aufgebaut.

Die bei der RAG aus der Abbauphase dokumentierten Unstetigkeiten im Bereich des Bergwerks Ost orientieren sich im Wesentlichen entlang der in NW-SE-Richtung verlaufenden Hauptstörungen (Unnaer Sprung, Königsborner Sprung und Fliericher Sprung) bzw. der dort verlaufenden Abbauränder. Über längere Strecken aushaltende, in SW-NE-Richtung verlaufende Unstetigkeitsverläufe sind nur im Bereich der Boxen Victoria 1-2 und Grillo entlang von Abbaurändern dokumentiert. Diese Bereiche sind auch in der Wiederanstiegsphase hinsichtlich der Ausbildung von Unstetigkeiten zu berücksichtigen.

- Hydraulische Gliederung, bergbauliche Wasserhaltung

Im Bereich der ZWH Ost wird zur Zeit noch eine Wasserhaltung (Haus Aden) betrieben; die zulaufenden Grubenwässer werden im Schacht 2 auf dem Niveau der 1.000 m-Sohle bei -940 mNHN gefasst und gehoben. Auf Heinrich Robert wurde die Wasserhaltung im Juni 2013 eingestellt.

Für den Bereich Bergwerk Ost kann ein mittleres Standwasserniveau zwischen -960 und -940 mNHN angesetzt werden; in den zuletzt abgebauten Bereichen (Monopol, Heinrich Robert) erfolgt allerdings derzeit noch die Flutung der tiefer gelegenen Unterwerksbaue. Für den Stilllegungsbereich Werne wird ein Standwasserniveau von -886 mNHN angenommen. Der Stilllegungsbereich Gneisenau ist stärker gegliedert. Hier liegen in den einzelnen hydraulischen Boxen Standwasserniveaus zwischen rd. -509 mNHN (Scharnhorst) und -940 mNHN (Victoria 1-2) vor.

Eine Sonderstellung nimmt die ehemalige Grube Kurl ein, wo der Grubenwasseranstieg bereits weit fortgeschritten und das Deckgebirgsniveau bereits eingestaut ist.

Im Hinblick auf die Wechselwirkungen mit dem Deckgebirge ist von Bedeutung, dass Wasserzuflüsse aus dem Deckgebirge im Wesentlichen im südlichen Teil des Stilllegungsbereiches Gneisenau auftreten. Dementsprechend ist hier im Rahmen des Grubenwasseranstiegs auch mit einem Druckanstieg im basalen Deckgebirgsaquifer zu rechnen.

- Aktueller Bodenbewegungsstatus

Der aktuelle Bodenbewegungsstatus und insbesondere die Erfassung bereits erfolgter Teilanstiege sind für die Abschätzung des Bodenbewegungspotenzials von Bedeutung. Der Bodenbewegungsstatus ist anhand der Messergebnisse des Leitnivellelements sowie zusätzlicher Messlinien der RAG abzuleiten. Darüber hinaus stehen für den Bereich der ZWH Ost auch Ergebnisse von Auswertungen radarinterferometrischer Satellitenmessungen zur Verfügung.

Im Bereich der bis 2010 betriebenen Abbaufelder Monopol und Heinrich Robert treten derzeit noch Restsenkungen in einer Größenordnung von bis zu mehreren Zentimetern pro Jahr auf.

In den bis 1986 stillgelegten südwestlichen Stilllegungsbereichen (Stilllegungsbereich Gneisenau) sind die abbaubedingten Bodensenkungen abgeklungen. Nach den für Teilbereiche vorliegenden Vermessungsdaten ist davon auszugehen, dass hier keine signifikanten Bodensenkungen mehr auftreten. In den übrigen, z.T. bis 2000 betriebenen Stilllegungsbereichen lasen sich flächenhaft Restsenkungstendenzen mit Bewegungsraten um 1 mm/a ableiten.

Eine Besonderheit bilden die südöstlichen Übergangsbereiche von Grillo nach Königsborn, wo bereits eindeutige Bodenhebungstendenzen erkennbar sind. Die Bodenhebungen sind hier im Zusammenhang mit Dehnungsbewegungen im Deckgebirge zu sehen, die auf einen Druckhöhenanstieg im basalen Deckgebirgsaquifer infolge des Wiederanstiegs in den Gruben Kurl und Königsborn zurückzuführen sind (vgl. Kap. 3).

5.3 Bewertung der Risikofaktoren und Ausweisung von potenziellen Einwirkungsbereichen

Die Risikofaktoren hinsichtlich der Entwicklung von signifikanten und möglicherweise schadensrelevanten Bodenhebungsdifferenzen lassen sich für den Bereich der ZWH Ost grundsätzlich wie folgt bewerten:

- Die primär als potenzielle Unstetigkeiten in Frage kommenden abbaubegrenzenden tektonischen Querstörungszonen im Kreidedeckgebirge sind im Bereich der ZWH Ost wie im Bereich Königsborn aufgrund der tektonischen und mechanischen Charakteristik der Störungszonen nicht als prioritäre Problemzonen entsprechend den Verhältnisse im Erkelenzer Revier zu bewerten.
- Signifikante hydraulische Wechselwirkungen zwischen Steinkohlengebirge und basalem Deckgebirgsaquifer sind im Wesentlichen auf den südlichen Teil des Stilllegungsbereiches Gneisenau begrenzt. Hier muss bei einem Einstau der Deckgebirgsbasis mit zusätzlichen Dehnungen auch aus dem Deckgebirge gerechnet werden.
Entsprechende Hebungsvorgänge treten im südlichen Übergangsbereich nach Königsborn, wo ein Druckanstieg im basalen Deckgebirge belegt ist, auch bereits auf.
- Die tektonischen Querstörungszonen zeigen im Niveau des basalen Deckgebirgsaquifers allerdings keine ausgeprägte hydraulische Wirksamkeit, die eine signifikant unterschiedliche Druckhöhenentwicklung auf den tektonischen Schollen zu beiden Seiten einer solchen Störungszone ermöglichen könnte. Das Potenzial für die Ausbildung unterschiedlich starker Dehnungen der Deckgebirgsschichten zu beiden Seiten einer dieser Querstörungszonen ist daher vergleichsweise gering.

Für den Bereich der ZWH Ost sind daher entsprechend den Verhältnissen im Bereich Königsborn zunächst keine prioritären Risikofaktoren erkennbar, die zu einem Schadenszenario entsprechend Rurrand (Erkelenzer Revier) führen könnten.

Vom Grundsatz her sind aber insbesondere die abbaubegrenzenden Hauptquerstörungszonen als Bereiche zu bewerten, wo nach heutigem Kenntnisstand die Entwicklung signifikanter Unstetigkeiten an der Geländeoberfläche infolge Bodenhebungsdifferenzen nicht grundsätzlich auszuschließen ist. Gemäß der in Kap. 4 beschriebenen Klassifikation zur Bewertung des Einwirkungspotenzials lassen sich für den Bereich der ZWH Ost folgende Faktoren identifizieren:

- Abbaurandlagen in den Bereichen Achenbach-Sprung, Unnaer Sprung
- aus der Abbauphase dokumentierte Unstetigkeiten im Umfeld der Querstörungszonen Unnaer Sprung, Königsborner Sprung und Fliericher Sprung

Anhand dieser Kriterien wurden die in Abb. 8 dargestellten potenziellen Einwirkungsbereiche der Einwirkungsklassen 2 und 3 ausgewiesen. Die Bewertung des Einwirkungspotenzials erfolgt bezogen auf einen vollständigen Wiederanstieg in der ZWH Ost. Im Zuge von Teilanstiegen wird in der Anfangsphase nur ein begrenztes Bodenhebungspotenzial aktiviert und die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von signifikanten Unstetigkeiten dadurch nochmals reduziert.

Die Differenz der Standwasserniveaus im Stilllegungsbereich Gneisenau, die insbesondere in der Anfangsphase des Grubenwasseranstiegs zu einer stärkeren räumlichen Differenzierung der Hebungsbereiche führen wird, ist an der maßgeblichen tektonischen Störungszone (Kurler Sprung) begrenzt (maximal 200 m) und stellt daher keinen signifikanten zusätzlichen Risikofaktor dar.

Ein vergleichbar markanter Abbaurand wie der Fliericher Sprung in Königsborn liegt im Bereich der ZWH Ost nicht vor. Dementsprechend ist entlang der ausgewiesenen potenziellen Einwirkungsbereiche nach heutigem Kenntnisstand auch keine im Hinblick auf die Ausbildung signifikanter Unstetigkeiten ungünstigere Entwicklung als dort zu erwarten.

5.4 Vorschlag für ein gezieltes Monitoringprogramm

Zur Beweissicherung und im Hinblick auf die Erweiterung der Kenntnisse über die Kinematik von Bodenhebungen als Folge eines Grubenwasseranstiegs sowie die Risikofaktoren zur Ausbildung signifikanter Unstetigkeiten ist ein entsprechendes Monitoring der Bodenbewegungen erforderlich. Die Ziele eines solchen Monitorings anhand der terrestrischen Vermessung von Höhenpunkten können vom Grundsatz her wie folgt formuliert werden:

- flächenhafte Erfassung der Bodenbewegungsbereiche
- gezielte Überwachung von potenziellen Einwirkungsbereichen / Unstetigkeitszonen
- Konzentration des Monitorings auf Flächen mit potenziellem Schadensrisiko (z.B. bebaute Flächen, Bahnlinien)

Dies impliziert im Zuge einer stufenweisen Flutung auch eine gestufte Anpassung des Monitorings hinsichtlich Messpunkttdichte und Messintervallen.

Hinsichtlich Messpunkttdichte und Messintervallen wird grundsätzlich unterschieden zwischen:

- Messlinien Kategorie I - Detailmesslinien in potenziellen Unstetigkeitszonen - und
- Messlinien Kategorie II - Übersichtsmesslinien zur Erfassung des gesamten Hebungsbereiches.

Für den Bereich der ZWH Ost werden zur Überwachung der ausgewiesenen potenziellen Unstetigkeitszonen 10 quer zu den Unstetigkeitszonen orientierte Detailmesslinien von jeweils rd. 1 km Länge vorgeschlagen (s. Abb. 8).

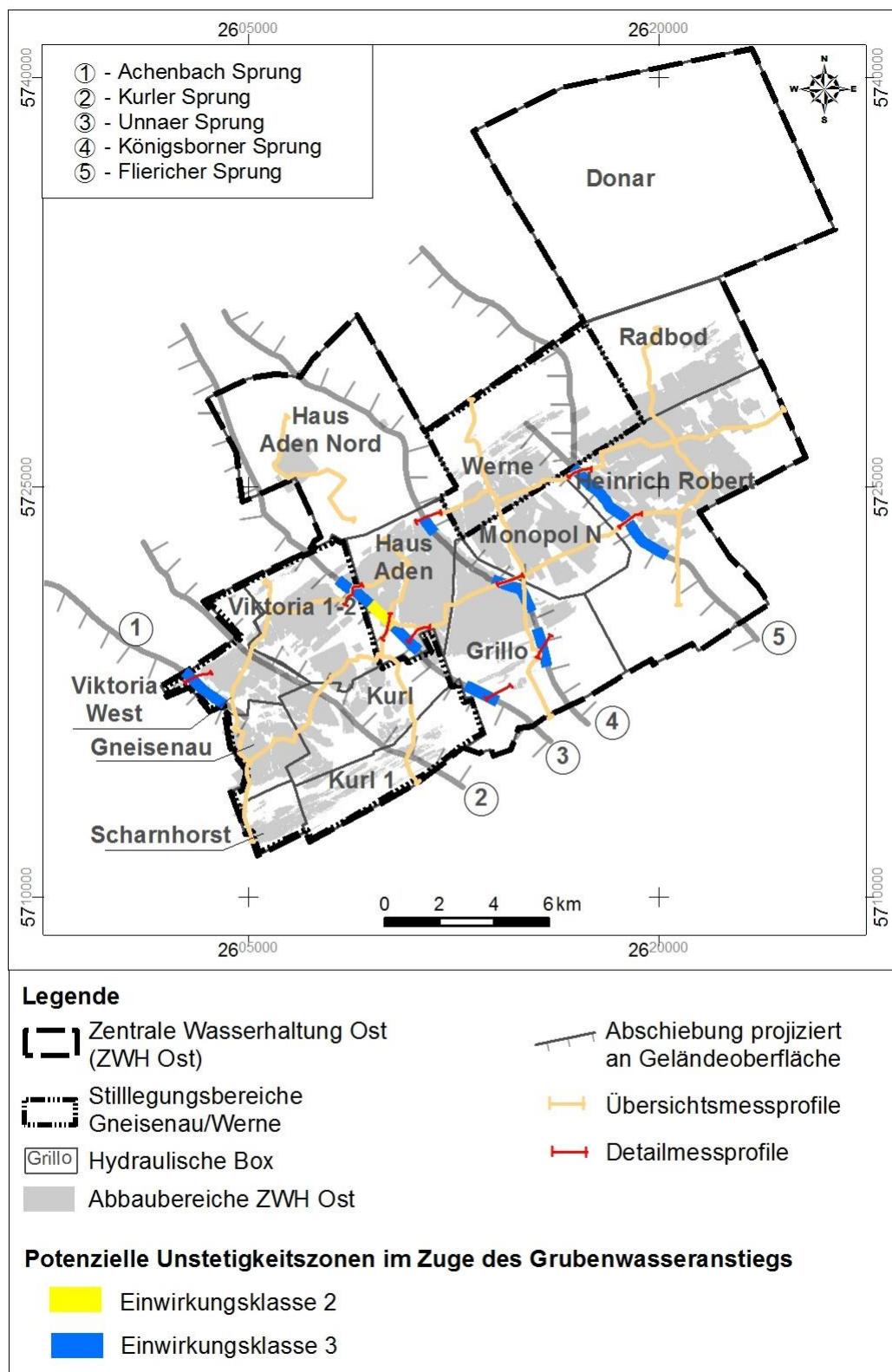


Abb.8 : ZWH Ost - potenzielle Einwirkungsbereiche und Vorschlag Messlinien für ein geodätisches Monitoring

Darüber hinaus werden im Hinblick auf die räumliche Erfassung der von Bodenhebungen im Zuge des Grubenwasseranstiegs betroffenen Bereiche für den Gesamtbereich der ZWH Ost vier N-S-verlaufende und zwei W-E-verlaufende Übersichtsmesslinien ausgewiesen, die gemäß den Anforderungen des Leitnivelllements eingerichtet werden sollen. Messpunktdichte und Messintervalle sind

auf der Grundlage der Monitoringergebnisse entsprechend der Entwicklung der Bodenbewegungen und bei Feststellung von Auffälligkeiten sukzessive anzupassen.

6 Fazit und Ausblick

Mit dem Forschungs- und Entwicklungsvorhaben „Monitoring im Altbergbaubereich“ (ABSMon) der RAG wurden erstmals umfassende Modellvorstellungen über Ursachen, Kinematik und Risikofaktoren von Bodenhebungen in den nordrhein-westfälischen Flutungsbereichen des Steinkohlenbergbaus entwickelt. Die Erkenntnisse bilden eine wesentliche Grundlage für das Risikomanagement im Rahmen der weiteren Stilllegung von Bergwerken im Ruhrrevier und dienen auch einer Versachlichung der Diskussion über mögliche Bergschäden.

Am Beispiel der Zentralen Wasserhaltung Ost werden nun erstmals die Forschungsergebnisse in die Planungen für einen Grubenwasseranstieg einbezogen. Auf der Grundlage der identifizierten Risikofaktoren wurden potenzielle Einwirkungsbereiche ausgewiesen; für diese Risikobereiche wird ein gezieltes Monitoringkonzept vorgeschlagen.

Die Untersuchungen im Rahmen des Forschungsvorhabens werden derzeit auf weitere Flutungsbereiche des Ruhrreviers ausgeweitet, um die empirischen Grundlagen für die Identifizierung der maßgeblichen Risikofaktoren sukzessive zu erweitern.

Darüber hinaus beschäftigen sich auch außerhalb des F&E-Vorhabens der RAG derzeit weitere Projekte mit den Auswirkungen von Bodenhebungen als Folge eines Grubenwasseranstiegs (Saarland und Südlimburg, NL). Insbesondere in Südlimburg (NL) sind auf Veranlassung des niederländischen Wirtschaftsministeriums umfangreiche Untersuchungen zur Erfassung der Risiken durch Bodenbewegungen als Folge eines Grubenwasseranstiegs vorgesehen. Damit soll der zunehmenden Sensibilisierung der Bevölkerung gegenüber möglichen Bergschäden infolge des Grubenwasseranstiegs Rechnung getragen werden (vgl. DE VENT ET AL., 2012).

Quellenangaben

- [1] GRIGO, W., HEITFELD, M., ROSNER, P. & WELZ, A. (2007): Ein Konzept zur Überwachung der Auswirkungen des Grubenwasseranstiegs im Ruhrgebiet.- 7. Altbergbau-Kolloquium, S. 250 - 269, 10 Abb.; Freiberg.
- [2] ROSNER, P., HEITFELD, M., SPRECKELS, V. & VOSEN, P. (2014): Auswirkungen von Geländehebungen im Zuge des Grubenwasseranstiegs im Ruhrrevier.- RuhrGeo Tag 2014, S. 153 - 177, 14 Abb.; Bochum.
- [3] SPRECKELS, V. & MUSIEDLAK, J. (2010): Messkonzept zur Überwachung der Tagesoberfläche mittels hochpräziser Satellitengeodäsie und Radarinterferometrie.- *Schriftenreihe des Instituts für Markscheidewesen und Geodäsie an der Technischen Universität Bergakademie Freiberg, Heft 2010-1. 11. Geokinetischer Tag, 6.–7. Mai 2010, Freiberg*, S. 259 - 271.
- [4] DE VENT, I. & ROEST, H. (2012): Neue Indizien für nachträgliche Einwirkungen des Steinkohlenabbaus in Südlimburg (NL)?- 12. Altbergbau-Kolloquium, S. 273 - 287, 6 Abb.; Goslar.
- [5] ZIEGLER, M., GIESE, S., SCHAEFER, W. & FORKEL, C. (2007): Prognose sümpfungsbedingter Bodenbewegungen im Rheinischen Braunkohlenrevier.- Geotechnik 30, Nr. 1, S. 48 - 54, 10 Abb.; Essen.