

Opencast mine slopes – Stability of slopes in opencast lignite mines, North Rhine-Westphalia

Tagebauböschungen – Standsicherheit von Böschungen der Braunkohlentagebaue in Nordrhein-Westfalen

ROLF PETRI, WERNER STEIN, Germany

1 Preliminary remark/Slope types in opencast mines

In North Rhine-Westphalia (NRW), the authority in charge of mining supervision (Office of Mining) is the Arnsberg regional government's Department of Mining and Energy in NRW. Its specific tasks include the implementation of the operating-plan procedure in accordance with Germany's Federal Mining Act (BBergG) and the direct supervision of mine operators. High priority is accorded here to protection of the environment from the effects of mining, all the way to rehabilitation of the land affected by mining.

Among its supervisory activities, the Office of Mining regulates and monitors the safe design of opencast mine slopes. Here it has the technical support of the NRW Geological Service, which has acquired comprehensive knowledge from its long experience in calculating and assessing stability issues, specifically in opencast lignite mines.

Depending on slope type, a distinction is made between operational slopes, mine-rim slopes and final slopes (Figure 1). Operational slopes, also referred to as working slopes, are found solely in the mine's demarcated operating area, which is off limits to the public. These slopes are of no importance in safety terms for the environs and surroundings of an opencast mine. However, their stability is crucial for the personal safety of the people working in the mine and for the safe and economic operation of machinery and equipment. In the operational slopes, a further distinction is made between the digging slopes produced by the bucket wheel excavator in the ("grown") unconsolidated rock being worked and the dumping slopes made by the stacker spreading overburden.

It is a matter of principle that the mine operator must build stable slopes. Dumps must be built up systematically to permit interbedding with layers of different materials (gravels, sands, silts and clays), which generates the necessary stability.

Of importance for the public are slopes created along the boundaries of an opencast mine (mine-rim slopes) and slopes that are

1 Vorbemerkung/Böschungstypen im Tagebau

In Nordrhein-Westfalen ist die Bezirksregierung Arnsberg, Abteilung Bergbau und Energie in NRW, als Bergbehörde für die Bergaufsicht zuständig. Zu ihren Aufgaben gehören insbesondere die Durchführung der Betriebsplanverfahren nach dem Bundesberggesetz sowie die unmittelbare Überwachung der Bergwerksbetriebe. Der Schutz der Umwelt vor den Auswirkungen des Bergbaus bis hin zur Wiedernutzbarmachung der vom Bergbau in Anspruch genommenen Flächen hat dabei einen wesentlichen Stellenwert.

Im Rahmen der bergaufsichtlichen Tätigkeit regelt und überwacht die Bergbehörde u.a. die sichere Gestaltung der Tagebauböschungen. Sie wird dabei fachlich unterstützt durch den Geologischen Dienst NRW, der aufgrund seiner langjährigen Mitwirkung bei der Berechnung und Beurteilung der Standsicherheit speziell für Braunkohlentagebaue umfangreiche Erfahrungen besitzt.

Je nach Art der Böschungen unterscheiden sich Betriebs-, Rand- und Endböschungen (Abbildung 1). Betriebsböschungen, die auch als Arbeitsböschungen bezeichnet werden, befinden sich ausschließlich im abgegrenzten Betriebsbereich des Tagebaus, der für die Öffentlichkeit gesperrt ist. Ihnen kommt für die Umgebung und Nachbarschaft eines Tagebaus keine sicherheitliche Bedeutung zu. Die Gewährleistung ihrer Standsicherheit ist vielmehr entscheidend für die persönliche Sicherheit der im Tagebau beschäftigten Personen sowie für den sicheren und wirtschaftlichen Betrieb der Einrichtungen und Anlagen. Bei den Betriebsböschungen werden die mit dem Schaufelradbagger hergestellten Gewinnungsböschungen im anstehenden („gewachsenen“) Lockergebirge von den mit dem Absetzer durch Aufschüttung von Abraum hergestellten Verkipfungsböschungen unterschieden.

Der Bergbauunternehmer hat grundsätzlich alle Böschungen standsicher herzustellen. Kippen sind gezielt so aufzubauen, dass eine Wechsellagerung aus verschiedenen Materialien (Kiese, Sande, Schluffe und Tone) hergestellt wird, durch welche die erforderliche Stabilität erzeugt wird.

Für die Öffentlichkeit von Bedeutung sind Böschungen, die entlang der Abbaugrenze des Tagebaus angelegt werden (Randböschungen), sowie Böschungen, die auf Dauer bestehen bleiben (Endböschungen). Sie stellen das Verbindungsglied zwischen Tagebaubetrieb und öffentlicher Umgebung dar.

In den drei Tagebauen des Rheinischen Reviers werden jährlich folgende Böschungen (durchschnittliche Länge bezogen auf eine übliche Einzelböschungshöhe von maximal 40 m) hergestellt:

Ltd. Bergdirektor Dipl.-Ing. ROLF WILHELM PETRI,
Bezirksregierung Arnsberg, Bergverwaltung Düren/Dez. 61,
Josef-Schregel-Str. 21, 52349 Düren, Germany
Tel. +49 (0) 2421-9440-12
e-mail: rolf.petri@bra.nrw.de

Bergdirektor Dipl.-Ing. WERNER STEIN,
Bezirksregierung Arnsberg, Bergverwaltung Düren/Dez. 61,
Josef-Schregel-Str. 21, 52349 Düren, Germany
Tel. +49 (0) 2421-9440-29
e-mail: werner.stein@bezreg-arnsberg.nrw.de

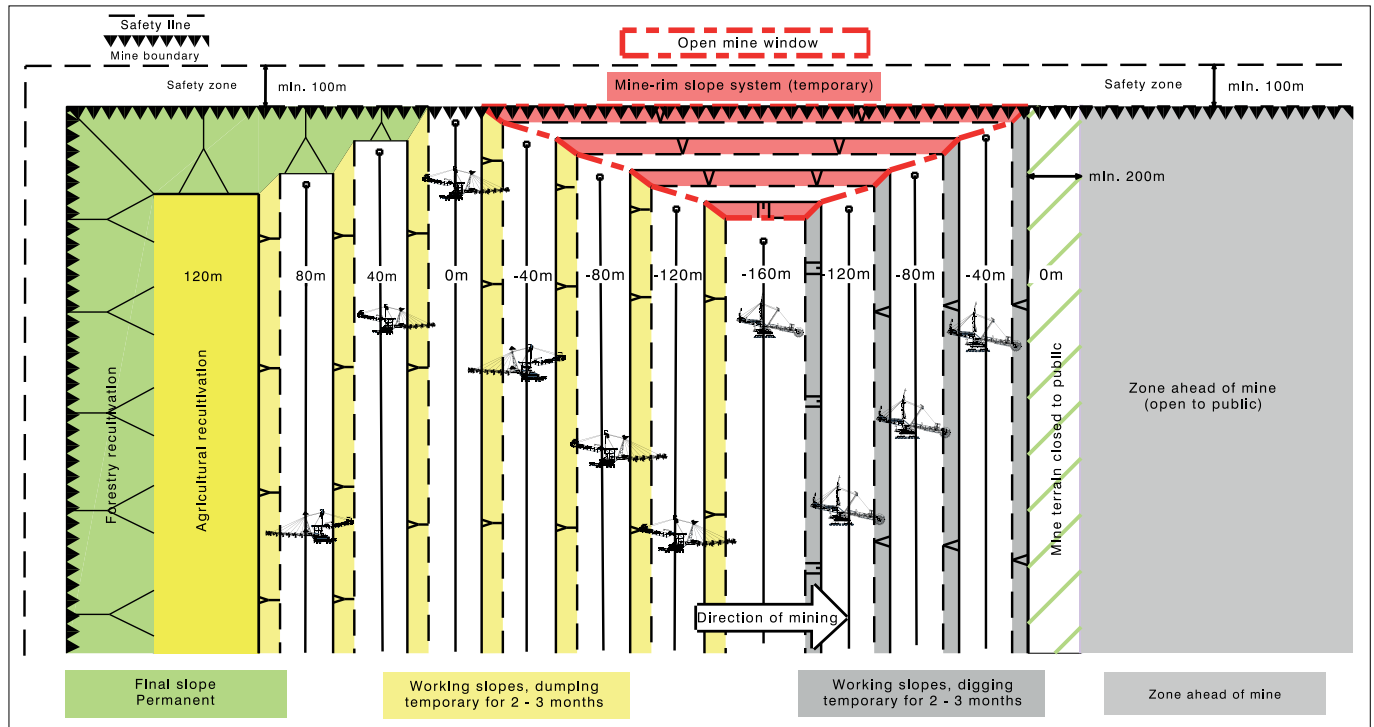


Fig. 1: Diagram showing opencast mine slopes

Abb. 1: Schematisches Bild für Tagebauböschungen

a permanent fixture (final slopes). They are the connecting link between opencast mine and the public environs.

In the three opencast mines of the Rhenish mining area, every year sees the production of the following slopes (average length relative to the usual single slope height of max 40 m):

- mine-rim slopes up to 12 km and
- operational slopes up to 700 km, incl.
 - digging slopes some 400 km,
 - dumping slopes some 300 km.

While operational slopes usually have a useful life of a mere three to four months or so and are then excavated or dumped over as the overall opencast mine progresses, mine-rim slopes have a much longer useful life and, in the case of final slopes, this life is unlimited. At present, the Rhenish mining area produces only few final-slope areas; this will change in future with the production of the planned slope systems for the residual lakes.

2 Special features and importance of mine-rim slopes and final slopes

A mine-rim slope is a slope system that develops as the opencast mine progresses and is dumped over again by tipping material in the wake of the mining. With extraction taking place on individual benches and with berm-wise dumping, the result is a "stepped" system for a mine-rim slope (cf. Figure 1) with its greatest longitudinal extension at surface level and the shortest free length on the mine floor, due to the fact that dumping directly follows extraction (Figure 2). This produces the nearly trapezoidal, so-called open mine window shown here which, at the mine floor, has only a low opening width.

The mine-rim slopes in the Rhenish mining area have the following mine depths:

- Garzweiler, current depth: 155 m; in future: 210 m,
- Inden, current depth: 160 m; in future: 210 m,
- Hambach, current depth: 370 m; in future: up to 470 m.

The general incline of a mine-rim slope is the ratio of depth to horizontal distance between the top and bottom of a mine-rim

- Randböschungen bis zu 12 km und
- Betriebsböschungen bis zu 700 km, davon
 - Gewinnungsböschungen rd. 400 km,
 - Verkipfungsböschungen rd. 300 km.

Während die Betriebsböschungen in der Regel nur eine Nutzungsdauer von etwa drei bis vier Monaten aufweisen und danach mit dem insgesamt fortschreitenden Tagebau wieder überbaggert bzw. überkippt werden, besitzen die Randböschungen eine deutlich längere Nutzungsdauer. Für Endböschungen ist diese Nutzungsdauer dagegen unbegrenzt. Derzeit werden im Rheinischen Revier nur in geringem Umfang Endböschungsbereiche hergestellt; dies wird sich mit der Erstellung der geplanten Restsee-Böschungssysteme zukünftig ändern.

2 Besonderheiten und Bedeutung von Rand- und Endböschungen

Unter einer Randböschung ist ein Böschungssystem zu verstehen, das sich mit dem fortschreitenden Tagebau entwickelt und das mit der dem Abbau folgenden Verkipfung wieder überkippt wird. Aufgrund der Gewinnung auf einzelnen Sohlen und der strossenweisen Verkipfung ergibt sich an der Randböschung ein „abgetrepptes“ System (vgl. Abbildung 1), das seine größte Längserstreckung an der Rasensohle besitzt und im Tagebautiefsten aufgrund der unmittelbar der Gewinnung folgenden Verkipfung (Abbildung 2) die kleinste freie Länge aufweist. Somit entsteht das dargestellte, näherungsweise trapezförmige, sogenannte offene Tagebaufenster, das im Tagebautiefsten nur eine geringe Öffnungsweite besitzt.

Die Randböschungen der drei Tagebaue im Rheinischen Revier sind durch folgende Tagebauteufen gekennzeichnet:

- Garzweiler: Teufe aktuell 155 m, zukünftig 210m,
- Inden: Teufe aktuell 160 m, zukünftig 210 m,
- Hambach: Teufe aktuell 370 m, zukünftig bis 470 m.

Die Generalneigung einer Randböschung beschreibt das Verhältnis zwischen Teufe und horizontalem Abstand zwischen



Fig. 2: Mine-rim slope system, Hambach mine
 Abb. 2: Randböschungssystem Tagebau Hambach

slope. For a given opencast-mine extraction area, this has a direct impact on the ratio of overburden to coal and, hence, on the mine's economic efficiency. This being so, a mine operator will strive to obtain the steepest possible general slope incline while maintaining stability. Of course, this is also a demand of deposit protection in the sense of a sparing use of resources [1].

In view of these safety considerations and of the commercial and economic need to dimension mine-rim slopes as precisely as possible, much greater outlays in the way of studies and monitoring are sensible and necessary than is the case in the construction sector, say, and the applicable rules and regulations do, in fact, take this into account.

As a special safety measure, opencast mine-rim slopes have a safety zone in which the permanent presence of people for residential purposes is not permissible. The width of this safety zone is drawn into the Lignite Plans and geared to mining safety criteria. In the Rhenish mining area, under the circumstances prevailing there, the width is equivalent to one half to the full depth of the opencast mine at the point concerned, but at least 100 m.

Mine-rim slopes may be used for several years, but are still temporary in nature since they are eventually excavated or dumped over (Figure 3). They differ from permanent final slopes which are retained as long-term landscape features (example: permanent slopes of the Sophienhöhe outside dump, Figure 4). The slopes of residual lakes, too, are permanent final slopes. The safe design and correct dimensioning of mine-rim slopes and final slopes requires that the mine operator take account of extensive rules and regulations, adherence to which is subject to official control.

Randböschungsoberkante und -unterkante; sie besitzt für ein gegebenes Tagebaufeld direkten Einfluss auf das Verhältnis von Abraum zu Kohle und damit auf die Wirtschaftlichkeit des Tagebaus. Ziel des Bergbauunternehmers ist daher eine möglichst steile Generalböschungsneigung bei gleichzeitiger Gewährleistung der Standsicherheit. Dies gebietet aber auch der Lagerstättenschutz im Sinne des sparsamen Umgangs mit Ressourcen [1].

Aufgrund dieser sicherheitlichen und sowohl betriebs- als auch volkswirtschaftlichen Maßgaben einer möglichst exakten Bemessung von Randböschungen ist ein im Vergleich beispielsweise zum Bauwesen deutlich größerer Aufwand für Untersuchungen und Überwachungen sinnvoll und erforderlich; dies ist auch in den geltenden Regelwerken so berücksichtigt.

Als besonderes Sicherheitsmerkmal ist bei Tagebaurandböschungen eine Sicherheitszone vorhanden, in der ein dauerhafter Aufenthalt von Personen zu Wohnzwecken nicht zulässig ist. Die Breite dieser Sicherheitszone ist in den Braunkohlenplänen zeichnerisch dargestellt, orientiert sich an bergsicherheitlichen Kriterien und entspricht im Rheinischen Revier unter den dortigen Verhältnissen der halben bis ganzen Tagebauteufe an der jeweiligen Stelle, mindestens aber 100 m.

Randböschungen können über mehrere Jahre genutzt werden, sind aber von temporärer Natur, da sie wieder überkippt oder überbaggert werden (Abbildung 3). Sie unterscheiden sich von bleibenden Endböschungen, die als Landschaftsbestandteil auf Dauer erhalten bleiben (Beispiel: bleibende Böschungen der Außenkippe Sophienhöhe, Abbildung 4). Auch die Böschungen



Fig. 3: Mine-rim slope system supported between digging and dumping slopes, Hambach mine
 Abb. 3: Zwischen Gewinnungs- und Verkipfungsböschungen eingespanntes Randböschungssystem im Tagebau Hambach



Fig. 4: Sophienhöhe outside dump: example of a final slope
 Abb. 4: Endböschung am Beispiel der Außenkippe Sophienhöhe



Fig. 5: Hambach mine: dumping follows extraction directly in the mine floor

Abb. 5: Beispiel Tagebau Hambach: Verkippung folgt der Gewinnung im Tagebautiefsten unmittelbar

The mine-rim mine slopes in the Rhenish mining area have special features that distinguish them from slopes in construction and foundation engineering: owing to constant change due to the bench-by-bench progress of digging and dumping, both the (useful) life and the specific free slope surface and length are limited.

The progressing extraction benches and dumping levels located before the mine-rim slope support the latter, and the slope surface – which may be affected by erosion or redepositions – is confined to the moving “open mine window”. To support the mine-rim slope, overburden is spread on the dump side in the mine floor immediately after the lignite is extracted by bucket wheel excavator (Figure 5).

For these reasons, we have differentiated thinking on safety as laid down in a separate set of rules [1]: “Opencast-mine slopes must be designed to be stable for their lifetime”.

From this follows that permanent final slopes must be dimensioned “for eternity”, whereas mine-rim slopes can be designed for their limited useful lives only. This being so, deformations of the mine-rim slopes during their lifetimes are in fact permissible, but it must be ensured that these deformations do not lead to hazards or damage to structures or jeopardize stability. To rule out such consequences, observation of the slope's deformation behaviour is necessary, and options for maintaining or increasing stability must be provided.

3 Legal and normative stipulations, approval steps

The stipulations of Germany's Federal Mining Act (BBergG, [2]), in conjunction with sec. 14 of the country's General Federal Mining Ordinance (ABergV), require that workplaces in above-ground exploration and extraction be planned, equipped and operated in ways that take account of natural features and circumstances. The height and incline of the slope system must be adapted to the stability of the rock strata and suit the extraction method [3]. As set forth in sec. 37 of Germany's Mining Ordinance for Lignite Mines (BVOBr), evidence of the stability of mine-rim slope systems must be provided. Any deformations of these systems must be monitored. If monitoring reveals signs of any emergence of dangerous rock and soil movements, appropriate measures must be taken to avert risks [4].

Hence, temporarily used mine-rim slopes and permanent final slopes or residual-lake slopes are subject to a special, multi-stage safety concept.

As early as the Lignite Plan stage, which is obligatory for each opencast lignite mine in the Rhenish mining area, the above safety

von Restseen sind solche dauerhaften Endböschungen. Für die sichere Gestaltung und korrekte Dimensionierung von Rand- und Endböschungen sind vom Bergbauunternehmer umfangreiche Regelwerke zu berücksichtigen; ihre Einhaltung steht unter behördlicher Kontrolle.

Die Tagebaurandböschungen im Rheinischen Revier besitzen einige Besonderheiten, die sie von den Böschungen im Bauwesen/Grundbau unterscheiden. Durch die ständige Veränderung infolge des sohlenweisen Voranschreitens von Gewinnung und Verkippung sind sowohl Lebens- bzw. Nutzungsdauer als auch jeweils freie Böschungfläche und -länge begrenzt.

Durch die vor der Randböschung befindlichen fortschreitenden Gewinnungssohlen und Verkippungsstrossen wird diese gestützt, und die eventuell von Erosionen oder Umlagerungen betroffene Böschungfläche wird auf das wandernde „offene Tagebaufenster“ begrenzt. Zur Stützung der Randböschung wird im Tagebautiefsten unmittelbar nach der Hereingewinnung der Braunkohle mit dem Schaufelradbagger auf der Kippenseite Abraum verstürzt (Abbildung 5).

Aus diesen Gründen ergibt sich ein differenzierter Sicherheitsgedanke, der in einem eigenen Regelwerk [1] festgelegt ist: „Tagebauböschungen sind für die Dauer ihrer Nutzung standsicher zu gestalten“.

Daraus folgt, dass dauerhafte Endböschungen „für die Ewigkeit“ zu dimensionieren sind, während bei Randböschungen auf die begrenzte Nutzungsdauer abgestellt werden kann. Damit sind auch Verformungen an Randböschungen während ihrer Lebensdauer zulässig. Es ist allerdings sicherzustellen, dass diese Verformungen nicht zu Gefährdungen oder Schäden an baulichen Anlagen führen oder die Standsicherheit gefährden. Um solche Folgen ausschließen zu können, ist die Beobachtung des Verformungsverhaltens der Böschung erforderlich. Es sind Möglichkeiten zur Erhaltung und Erhöhung der Standsicherheit vorzusehen.

3 Rechtliche und normative Vorgaben, Genehmigungsschritte

Nach den Vorgaben des Bundesberggesetzes (BBergG, [2]) i.V. mit § 14 der Allgemeinen Bundesbergverordnung (ABergV) sind Arbeitsstätten der übertägigen Aufsuchung und Gewinnung in Abhängigkeit der natürlichen Gegebenheiten zu planen, einzurichten und zu betreiben. Höhe und Neigung des Böschungssystemen müssen der Standfestigkeit der Gebirgsschichten sowie dem Abbauverfahren angepasst sein [3]. Entsprechend § 37 der Bergverordnung für Braunkohlenbergwerke (BVOBr) ist die Standsicherheit von Randböschungssystemen nachzuweisen. Die Verformungen von Randböschungssystemen müssen überwacht werden. Ergeben sich aufgrund der Überwachung Hinweise auf eine mögliche Entstehung von gefahrbringenden Gebirgs- und Bodenbewegungen, so sind die erforderlichen Maßnahmen zur Gefahrenabwehr zu treffen [4].

Temporär genutzte Randböschungen sowie die auf Dauer bestehenden Endböschungen bzw. Restseeböschungen unterliegen damit einem besonderen mehrstufigen Sicherheitskonzept.

Bereits im Braunkohlenplan, der für jeden Braunkohlentagebau im Rheinischen Revier obligatorisch ist, wird auf regionalplanerischer Ebene durch Festlegung von Sicherheitslinie und Abbaugrenze die o. g. Sicherheitszone festgelegt, innerhalb derer unmittelbare Auswirkungen der Abbau- oder Verkippungsmaßnahmen auf die Geländeoberfläche nicht ausgeschlossen werden können. Insbesondere in der Sicherheitszone können – falls erforderlich – Maßnahmen zur Sicherung gegen Gefahren und sonstige den Bergbau begleitende Maßnahmen getroffen werden. In der Sicherheitszone werden auch möglichst die den Braunkohlentagebau begleitenden betrieblichen Anlagen wie Immissionsschutzeinrichtungen, Brunnen und Wege konzentriert.

zone, where a direct impact of the extraction or dumping measures on the terrain's surface cannot be ruled out, is determined at regional-planning level by establishing the safety line and mine boundary. Especially in the safety zone, measures can be taken – where required – to counter risks, and other action can be taken to support mining operations. Wherever possible, the safety zone also hosts the concentrated operating facilities required in lignite mining, like noise and dust control equipment, wells and roads.

In approving the Master Operating Plan under mining law, the Office of Mining makes the safety zone and the mining boundary legally binding on the mine operator.

In the second stage of the safety concept, sec. 37(1) BVOBr requires that the mine operator demonstrate the stability of slope systems. In the approval of the Master Operating Plan for an opencast mine already, and regularly in the approval of the Main Operating Plan, the Office of Mining calls upon the mining company to submit Special Operating Plans for all relevant mine-rim slope and final slope systems, along with proof of stability in each individual case. As a general rule, the proofs of stability are phased, i.e. drawn up and submitted on specified dates, taking account of a mine's progress, current mine planning and updated deposit findings.

In the case of the Inden residual lake, the Office of Mining first checked in principle the geomechanical feasibility in advance of, or in parallel to, a Lignite Plan revision procedure. For the other opencast mines in the Rhenish mining area, the Office of Mining checked in principle the geomechanical feasibility of the envisaged mine-rim-slope and final-slope systems in the Master Operating Plan procedure, e.g. in the case of the Garzweiler II opencast mine. For the Hambach residual lake, the Office of Mining checked in principle the geomechanical feasibility already in advance of the procedure for the 3rd Master Operating Plan covering the period 2020 until 2030.

The stability of slope systems planned in a particular case must be evidenced by the mining company in the Special Operating Plan procedure using geological sections defined in advance by the Office of Mining.

In this respect, the provisions of the Guideline for the Examination of the Stability of Slopes in Opencast Lignite Mines (RfS), most recently amended on 16.05.2003, must be observed. They apply to the examination and assessment of the stability of mine-rim slopes and permanent slopes in opencast lignite mines and related outside dumps and residual voids, though not to operational slopes.

This Guideline does justice to the special concerns and marginal conditions of mining, so that it differs from, e.g., Germany's DIN 1054 (Subsoil – Verification of the safety of earthworks and foundations) for the construction sector [9].

Specifically, it regulates in great detail the requirements to be met for the protection of employees, equipment and third parties by the stability of slopes, depending on existing conditions (properties to be protected, geo-technical conditions, disused mines, etc.), and covers the procedure for evidencing the stability and the monitoring of mine-rim slopes.

It also describes the requirements for the calculation method to be applied. Stability calculations in line with the RfS are based on recognized calculation methods and standards, so that they reflect the state of the art.

In the case of permanent slopes, the RfS calls for adequate consideration of possible impact from earthquakes. It also contains further stipulations on the submission and content of operating plans and their examination. In setting the safety level (minimum safety levels), the RfS takes account of the above special conditions in lignite mining (great depths, deposit protection, detailed scope of investigation, temporary character and limited surface of mine-rim slopes).

Mit der Zulassung des jeweiligen bergrechtlichen Rahmenbetriebsplans macht die Bergbehörde Sicherheitszone und Abbaugrenze für den Bergbautreibenden rechtlich verbindlich.

In der zweiten Stufe der Sicherheitskonzeption ist nach § 37 Abs. 1 der BVOBr die Standsicherheit von Böschungssystemen vom Bergbautreibenden nachzuweisen. Bereits mit Zulassung des Rahmenbetriebsplans eines Tagebaus und regelmäßig mit Zulassung des Hauptbetriebsplans verlangt die Bergbehörde vom Bergbauunternehmer für alle relevanten Rand- und endgültigen Böschungssysteme die Vorlage von Sonderbetriebsplänen mit einem auf den Einzelfall abgestimmten Standsicherheitsnachweis. Im Allgemeinen sind die Standsicherheitsnachweise zeitlich gestaffelt, d.h. unter Berücksichtigung des Tagebaufortschritts, der aktuellen Tagebauplanung und der aktuellen Lagerstättenkenntnisse, nach Terminvorgaben aufzustellen und vorzulegen.

Beim Restsee Inden erfolgte erstmals eine bergbehördliche Prüfung der grundsätzlichen gebirgsmechanischen Machbarkeit bereits vorlaufend oder parallel zu einem Braunkohlenplan-Änderungsverfahren. Für die übrigen Tagebaue des Rheinischen Reviers erfolgte die bergbehördliche Prüfung der grundsätzlichen gebirgsmechanischen Machbarkeit von vorgesehenen Rand- und Endböschungssystemen im Rahmenbetriebsplanverfahren, so z.B. beim Tagebau Garzweiler II. Für den Restsee Hambach erfolgte die bergbehördliche Prüfung der grundsätzlichen gebirgsmechanischen Machbarkeit bereits vorlaufend zum Verfahren zum 3. Rahmenbetriebsplan für den Zeitraum 2020 bis 2030.

Die Standsicherheit konkret geplanter Böschungssysteme ist im Sonderbetriebsplanverfahren anhand vorher von der Bergbehörde bestimmter geologischer Schnittlagen vom Bergbauunternehmer nachzuweisen.

Dabei ist die Richtlinie für die Untersuchung der Standsicherheit von Böschungen der im Tagebau betriebenen Braunkohlenbergwerke (RfS), zuletzt neu gefasst am 16. Mai 2003, anzuwenden, die für die Untersuchung und Beurteilung der Standsicherheit von Randböschungen und bleibenden Böschungen der Braunkohlentagebaue und zugehörigen Außenkippen sowie der Restlöcher, nicht aber für Betriebsböschungen, gilt.

Die Richtlinie trägt den besonderen Belangen und Randbedingungen des Bergbaues Rechnung und grenzt sich damit beispielsweise gegenüber der DIN 1054 (Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau) für das Bauwesen ab [9].

Konkret regelt sie mit Blick auf den Schutz von Beschäftigten, Anlagen und Dritten sehr detailliert die Anforderungen an die Standsicherheit von Böschungen in Abhängigkeit der vorliegenden Randbedingungen (zu schützende Objekte, geotechnische Verhältnisse, Altbergbau usw.), das Vorgehen zum Nachweis der Standsicherheit sowie die Überwachung der Randböschungen.

Sie beschreibt auch die Anforderungen an die anzuwendenden Berechnungsverfahren. Standsicherheitsberechnungen entsprechend der RfS basieren auf anerkannten Berechnungsverfahren und Normen; sie entsprechen somit dem Stand der Technik.

Die RfS fordert bei bleibenden Böschungen eine angemessene Berücksichtigung von möglichen Erdbebeneinwirkungen. Sie enthält darüber hinaus auch weitere Vorgaben zu Vorlage und Inhalt von Betriebsplänen zur Standsicherheit sowie zu deren Prüfung. Die RfS berücksichtigt bei der Festlegung des Sicherheitsniveaus (Mindestsicherheiten) die genannten besonderen Randbedingungen im Braunkohlentagebau (große Teufen, Lagerstättenchutz, detaillierter Untersuchungsumfang, temporärer Charakter und begrenzte Fläche von Randböschungen).

DIN 1054 regelt allgemein in Deutschland die Standsicherheit von geotechnischen Bauwerken, sie gilt explizit nicht für Braunkohlentagebaue, „da hier durch andere geologische und geotechnische Erkundungen, Voruntersuchungen und Überwachungen andere Sicherheitsbedingungen vorliegen“ [5].

DIN 1054 in Germany regulates the stability of geotechnical structures in general; it explicitly does not apply to opencast lignite mines since, as it states, other safety conditions exist here owing to different geological and geotechnical explorations, preliminary studies and monitoring [5].

This being so, permanent slopes (final slopes) in opencast lignite mines, too, are not covered by the scope of DIN 1054 which, in its final version of December 2010, applies as supplementary regulation to the European standard Eurocode 7 [6].

4 Evidence and examination of stability

4.1 Procedure in accordance with the RfS

In the examination and approval procedure for the stability of mine-rim slopes and final slopes in line with the RfS in North Rhine-Westphalia, checks are made according to what may be referred to as the "six-eyes principle":

Pursuant to the provisions of statute, and taking account of the stipulations of the Office of Mining, the mining company evidences the stability of planned slopes under a Special Operating Plan and submits this evidence to the Office of Mining.

In a preliminary examination, the Office of Mining establishes whether the Special Operating Plan is in line with the RfS; if this is the case, it charges the NRW Geological Service with making a geotechnical check; the RfS states that this check may also be made by another expert or expert office named by the Arnsberg regional government. The NRW Geological Service starts out by calculating again the sliding bodies examined by the mine operator. In addition, further sliding bodies and various failure mechanisms are examined. All input variables and results are checked for plausibility and assessed for the planned use of the slope. Moreover, already completed slope areas are also inspected. The outcome is that the NRW Geological Service produces an expert's opinion for the Office of Mining. This contains an assessment of the stability as well as remarks and recommendations for the building and monitoring of the slopes or for further examination of certain geological horizons.

The Office of Mining examines whether, inter alia, necessary precautions have been taken against risks to life and health and for the protection of material goods, employees and third parties in the mine operation, whether the requisite mining-technology and mining-safety aspects have been taken into account and, hence, whether the approval conditions are in place pursuant to the BBergG in conjunction with the above mining ordinances and the RfS. If all conditions are met, the Office must approve the Special Operating Plan. The approval may be subject to conditions and stipulations; the remarks and recommendations contained in the opinion of the Geological Service NRW flow into the approval statement.

Even if the RfS does not apply to operational slopes, the procedure employed is nevertheless placed on this basis if the Office of Mining demands such evidence for so-called long-life operational slopes.

4.2 Evidence of stability

For the sake of effective prevention, the general rule is that the stability of a slope system must be evidenced in the planning phase already, i.e. in good time prior to execution, and that the Special Operating Plan must be approved by the Office of Mining. Evidence of stability is provided specifically by

- geotechnical studies (geological, hydrogeological and geomechanical investigations);
- mine surveying records;
- calculations of stability;
- assessments of stability;
- results of observation measures.

Die bleibenden Böschungen (Endböschungen) der Braunkohlentagebaue fallen somit ebenfalls nicht in den Anwendungsbereich der DIN 1054, die in ihrer Endfassung von Dezember 2010 als ergänzende Regelung der europäischen Norm Eurocode 7 gilt [6].

4 Nachweis und Prüfung der Standsicherheit

4.1 Vorgehen entsprechend der RfS

Beim Prüf- und Zulassungsverfahren der Standsicherheit von Rand- und Endböschungen entsprechend der RfS erfolgt in Nordrhein-Westfalen eine Prüfung, die als „Sechs-Augen-Prinzip“ bezeichnet werden kann:

Der Bergbauunternehmer weist gemäß den gesetzlichen Bestimmungen und unter Berücksichtigung bergbehördlicher Vorgaben die Standsicherheit von geplanten Böschungen im Rahmen eines Sonderbetriebsplanes nach und legt diesen der Bergbehörde vor.

Die Bergbehörde stellt in einer Vorprüfung fest, ob der Sonderbetriebsplan den Vorgaben der RfS entspricht; ist dies der Fall, erteilt sie dem Geologischen Dienst NRW einen Auftrag zur geotechnischen Prüfung; die Prüfung durch einen sonstigen, von der Bezirksregierung Arnsberg benannten Sachverständigen oder eine sachverständige Stelle ist nach der RfS ebenfalls möglich. Beim Geologischen Dienst NRW erfolgt zunächst eine Nachrechnung der vom Unternehmer untersuchten Bruchkörper. Zusätzlich werden weitere Bruchkörper und verschiedene Bruchmechanismen untersucht. Sämtliche Eingangsgrößen und Ergebnisse werden auf Plausibilität geprüft und im Hinblick auf die geplante Nutzung der Böschung bewertet. Zudem werden auch Befahrungen bereits erstellter Böschungsbereiche durchgeführt. Im Ergebnis fertigt der Geologische Dienst NRW eine Stellungnahme für die Bergbehörde an. Diese enthält eine Beurteilung der Standsicherheit und zudem Hinweise und Empfehlungen zur Herstellung und Überwachung der Böschungen oder zu weiteren Untersuchungen bestimmter geologischer Horizonte.

Die Bergbehörde prüft, ob u.a. die erforderliche Vorsorge gegen Gefahren für Leben, Gesundheit und zum Schutz von Sachgütern, Beschäftigter und Dritter im Betrieb getroffen wurde und die notwendigen bergbautechnischen und bergsicherheitlichen Aspekte berücksichtigt wurden und damit die Zulassungsvoraussetzungen gemäß dem BBergG i.V. mit den o.a. Bergverordnungen und der RfS vorliegen. Wenn alle Voraussetzungen erfüllt sind, so hat sie die Zulassung des Sonderbetriebsplans zu erteilen. Die Zulassung kann mit Bedingungen und Auflagen versehen sein; die Hinweise und Empfehlungen aus der Stellungnahme des Geologischen Dienstes NRW fließen in den Zulassungsbescheid ein.

Auch wenn die RfS auf Betriebsböschungen keine Anwendung findet, wird danach verfahren, wenn bei sogenannten langlebigen Betriebsböschungen von der Bergbehörde ein derartiger Nachweis gefordert wird.

4.2 Nachweis der Standsicherheit

Im Sinne einer wirkungsvollen Prävention ist es Grundsatz, dass für ein Böschungssystem die Standsicherheit bereits in der Planungsphase, also rechtzeitig vor Ausführung, nachgewiesen und der Sonderbetriebsplan von der Bergbehörde zugelassen sein muss. Zum Nachweis der Standsicherheit dienen konkret

- geotechnische Untersuchungen (geologische, hydrogeologische und geomechanische Untersuchungen),
- markscheiderische Unterlagen,
- Berechnungen der Standsicherheit,
- Beurteilungen der Standsicherheit,
- Ergebnisse von Beobachtungsmaßnahmen.

Standsicherheitsuntersuchungen sind dabei eine wesentliche Beurteilungsgrundlage für den Nachweis der Standsicherheit. Sie

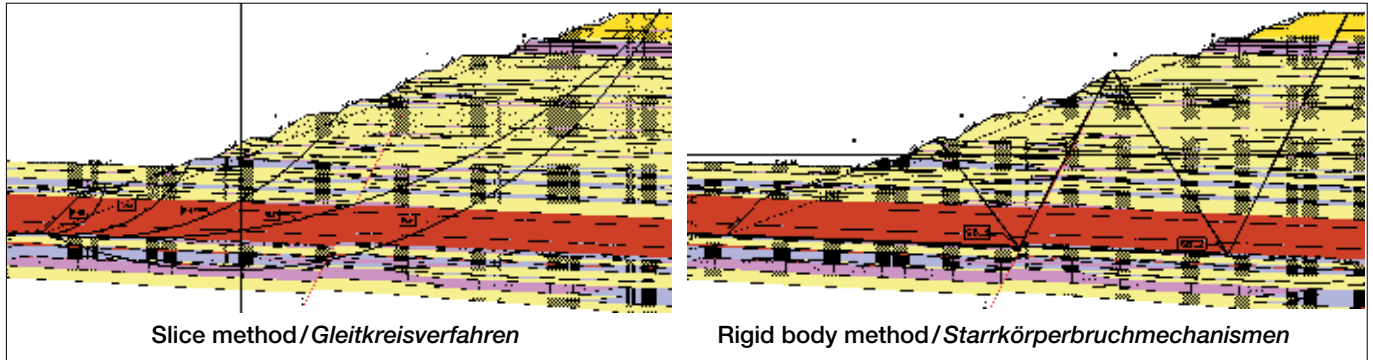


Fig. 6: Examples of different failure mechanisms according to approved processes of the RfS
 Abb. 6: Beispiele unterschiedlicher Bruchmechanismen nach den zugelassenen Verfahren der RfS

Stability studies are a crucial assessment basis for proving stability. They must be performed using the results of geotechnical investigations according to methods that are suitable for the given circumstances and reflect the state of the art. Explicitly named in the RfS are the slice method and the rigid body method (composed failure mechanism with straight slip lines); these methods (Figure 6) are also described in DIN 4084, Soil – Calculation of embankment failure and overall stability of retaining structures [7].

Stability calculations usually require the following records [8]:

- geological records:
 structure of the strata (geological horizons, types of material) and tectonics;
- hydrogeological records:
 groundwater and residual water levels in the slope and in the footwall;
- geomechanical records.

The bases of stability calculations are always soil-mechanical field and laboratory examinations. RWE Power AG, as mining company, has for decades been operating a Geomechanical Test Laboratory (Figure 7), which was certified on 28.02.2006 already under DIN EN ISO/IEC 17025 (General requirements for the competence of testing and calibration laboratories), so that it is subject to regular independent auditing by the national "Deutsche Akkreditierungsstelle" (DAkkS, accreditation body). This confirms the laboratory's technical competence and ensures the independence of its test results. A direct organizational link-up between the Geomechanical department, which examines stability, and the segment management, which is superior to the various mine operations, also ensures independence from mine interests and a dialogue between operation and technical department "at eye level".



Fig. 7: Triaxial test bench of the Geomechanical Test Lab, RWE Power AG, Bergheim

Abb. 7: Triaxialprüfstand des Gebirgs- und Bodenmechanischen Prüflabors der RWE Power AG am Standort Bergheim

sind unter Verwendung der Ergebnisse geotechnischer Untersuchungen nach Verfahren durchzuführen, die für die vorliegenden Gegebenheiten geeignet sind und dem Stand der Technik entsprechen. Explizit genannt sind in der RfS das Lamellenverfahren und die Starrkörpermethode (zusammengesetzte Bruchmechanismen mit geraden Gleitlinien); diese Verfahren (Abbildung 6) werden auch in der DIN 4084, Baugrund – Geländebruchberechnungen [7] beschrieben.

Für die Standsicherheitsberechnungen sind i.d.R. folgende Unterlagen erforderlich [8]:

- geologische Unterlagen:
 Schichtenaufbau (Geologische Horizonte, Materialarten) und Tektonik,
- hydrogeologische Unterlagen:
 Grund- und Restwasserstände in der Böschung und im Liegenden,
- geomechanische Unterlagen.

Grundlage von Standsicherheitsberechnungen sind stets bodenmechanische Feld- und Laboruntersuchungen. Die RWE Power AG als Bergbauunternehmer betreibt seit Jahrzehnten ein Gebirgs- und Bodenmechanisches Prüflabor (Abbildung 7), das bereits seit dem 28. Februar 2006 nach DIN EN ISO/IEC 17025 (Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien) akkreditiert ist und damit einer regelmäßigen unabhängigen Prüfung durch die nationale „Deutsche Akkreditierungsstelle“ (DAkkS) unterliegt. Damit ist die Fachkompetenz des Labors nachgewiesen und die Unabhängigkeit seiner Prüfergebnisse gewährleistet. Die organisatorische Anbindung der die Standsicherheit untersuchenden Abteilung Gebirgs- und Bodenmechanik unmittelbar an die den einzelnen Tagebaubetrieben übergeordnete Spartenleitung gewährleistet zudem eine Unabhängigkeit von Tagebauinteressen und einen Dialog zwischen Betrieb und Fachabteilung „auf Augenhöhe“.

Sofern sich neue Erkenntnisse zu den geologischen, hydrologischen oder geomechanischen Randbedingungen ergeben oder die geplante Böschungsgeometrie geändert wird, ist entsprechend den Zulassungsbestimmungen eine Änderung oder Ergänzung der jeweiligen Sonderbetriebspläne und gegebenenfalls eine erneute Prüfung erforderlich.

5 Böschungsherstellung und -überwachung

Die Vorgaben zur Böschungsherstellung müssen von den Betrieben bei der Erstellung der Geräteinsatzpläne und deren betrieblicher Ausführung streng eingehalten werden. Der Unternehmer lässt die Anlage der Böschungen dabei durch Markscheider vermessungstechnisch erfassen, die zwar Beschäftigte des Bergbauunternehmens, aber weisungsfrei in Bezug auf die Anwendung ihrer Fachkunde sind und unter besonderer Aufsicht

Wherever there are new findings on the geological, hydrological or geomechanics conditions or if the planned slope geometry is changed, an amendment or supplement to the various Special Operating Plans is necessary in line with the approval provisions. A renewed examination, too, may be required.

5 Building and monitoring the slopes

The operations must strictly adhere to the stipulations on building slopes when they draw up their equipment-deployment plans and when it comes to their operational implementation. In this respect, the mine operator has the building of a slope surveyed by mine surveyors who, although they are employed by the mining company, do not take instructions when it comes to employing their expertise, and are subject to special supervision by the Office of Mining. Using the set of maps drawn up by the mine surveyors, the Office can check whether a slope has been built according to plan.

Going beyond the requirements of sec. 37(2) BVOBr on monitoring any deformations of mine-rim slope systems, a monitoring concept must be drawn up pursuant to the RfS, item 5, to identify warning or alarm limits and define information and alerting routes.

To monitor slopes, the mine operator uses manual measurement procedures as well as automated measurement systems with alarm trigger. To be named here as automated measurement processes are, e.g., the GeoRobot system (electro-optical distance measurements), the GPS-based Online Control and Alarm (GOCA) system, or geotechnical measurements in special bore

der Bergbehörde stehen. Anhand der von den Markscheidern erstellten Kartenwerke kann die Bergbehörde kontrollieren, ob eine Böschung planmäßig erstellt worden ist.

Über die Forderung nach § 37 Abs. 2 der BVOBr zur Überwachung der Verformungen von Randböschungssystemen hinaus ist entsprechend der RfS, Ziffer 5, ein Überwachungskonzept aufzustellen, in dem Warn- bzw. Alarmgrenzen festgelegt sind und das die Informations- und Alarmierungswege festlegt.

Zur Böschungsüberwachung setzt der Bergbautreibende manuelle Messverfahren und darüber hinaus automatisierte Messsysteme mit Alarmgebung ein. Als automatisierte Messverfahren sind hier z.B. das GeoRobot-System (elektro-optische Distanzmessungen), das GOCA-System (GPS-based Online Control and Alarmsystem) oder Neigungsmessungen in speziellen Bohrlöchern (Vertikal-Inklinometer) zu nennen (Abbildungen 8 und 9). Letzteres Verfahren erlaubt, die Ermittlung der Ursachen von Verformungen durch Messung im Inneren von Böschungen. Damit ist auch eine Rückkopplung zu den Standsicherheitsuntersuchungen möglich.

Verformungen treten beim Freischneiden oder Verkippen von Böschungen infolge der damit verbundenen Spannungsänderungen physikalisch bedingt auf. Sofern sich über diese natürlichen Vorgänge hinaus signifikant erhöhte Geschwindigkeiten oder gleichgroße Gebirgsverformungen an mehreren Messpunkten eines Böschungsbereiches einstellen, können diese erste Anzeichen für eine sich abzeichnende Bruchverformung sein; Gleiches gilt bei Lokalisation von Verformungen im Gebirge auf einer sich



Fig. 8: Monitoring the mine-rim slopes in the opencast lignite mines of RWE Power AG (GeoRobot/GOCA systems)
 Abb. 8: Überwachung der Randböschungen in den Braunkohlentagebauen der RWE Power AG (Systeme GeoRobot/GOKA)

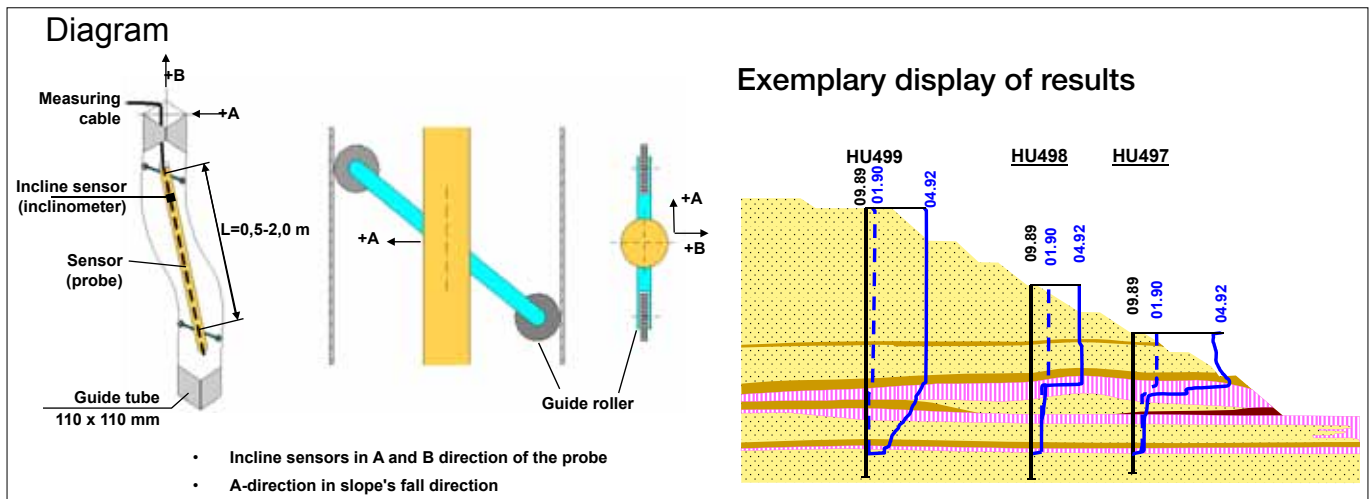


Fig. 9: Incliner measurement
 Abb. 9: Inklinometermessung

holes (vertical inclinometer) (Figures 8 and 9). The latter permits the causes of deformations to be established by measuring inside slopes, and this also provides feedback for the stability studies.

Deformations occur on physical grounds when slopes are cut free or dumped due to the associated changes in tension. Wherever, beyond such natural occurrences, significantly higher speeds or unconsolidated rock deformations of the same size are identified at several measurement points in a slope area, these may be the first signs of an upcoming disjunctive deformation; the same is true where deformations in the unconsolidated rock on a nascent sliding surface are located using inclinometer measurements. Automated measurement systems in this case sound an alarm immediately, and this is sent to a competent staffer who must be available at all times. Appropriate measures are then taken without delay to secure the slope system and, if necessary, to avert danger; in addition, the Office of Mining is to be notified.

The mine operator must regularly report to the Office on the deployment of the measurement systems and the results. During inspection trips, the Office additionally checks the use of the measurement systems and regularly inspects the measurement data from the monitoring and the actual/target comparison of the slope geometry.

Beyond this metrological monitoring of the deformation, the mine operator regularly monitors/checks further parameters of relevance for stability:

- Surveying of the geology after cutting free
 - regular geological surveying at the slope cut free;
 - where required, taking samples of unconsolidated rock from the slope cut free for further examination by the Geomechanical Test Laboratory;
- Monitoring of hydrology
 - monitoring of groundwater levels and comparison with groundwater forecasts in the stability calculations;
 - updating of dewatering forecasts and the actual water levels within the scope of the mine operator's regular water-management planning meetings; information for the Office of Mining via water-management reports.

5.1 Upkeep of slopes/groundwater and surface water

Mine-rim slopes must be maintained during their lifetimes. Surface water is pinpointedly collected and discharged; where required, if groundwater is leaking, the slope is protected by dry packing or by drainage measures against regressive erosion.

Local erosion cannot be completely avoided, but impairment of the stability of mine-rim slopes or final slopes from heavy rainfall need not be feared. Although heavy rainfall does lead to increased surface-water discharge in an opencast mine, this has no effect on the groundwater level with relevance for safety.

5.2 Measures to maintain/increase stability

Since mine-rim slopes (unlike permanent slopes) are "living" systems, (local) dewatering measures may be supplemented by further measures involving large equipment to increase or maintain the stability in ongoing opencast-mine operations. The aim is to limit the exposed area of a mine-rim slope – the open mine window – and to shorten the slope's life [9]. Among the options are:

- immediate backfilling after exhaustion in the mine floor;
- operation of narrow dump and/or extraction berms in the area in front of the mine-rim slope (Figure 10);
- leaving extraction blocks in front of the mine-rim slope;
- installing additional dump blocks in front of the mine-rim slope. In case of danger, bulk material can also be dumped directly before the mine-rim slope, abandoning the coal if need be ("shutting" the open window in the mine floor).

auszubildenden Gleitfläche mittels Inclinometermessungen. Die automatisierten Messsysteme geben in diesem Fall sofort Alarm, der an eine ständig erreichbare fachkundige Person gesendet wird. Darauf werden unverzüglich geeignete Maßnahmen zur Sicherung des Böschungssystems und erforderlichenfalls zur Abwehr von Gefahren eingeleitet; zudem wird die Bergbehörde unterrichtet.

Der Unternehmer hat der Bergbehörde über den Einsatz der Messsysteme und die Ergebnisse regelmäßig zu berichten. Die Bergbehörde prüft zusätzlich bei Kontrollbefahrungen vor Ort den Einsatz der Messsysteme und nimmt regelmäßig Einsicht in die Messdaten der Überwachung sowie den Soll-Ist-Vergleich der Böschungsgeometrie.

Über diese messtechnische Überwachung der Verformung hinaus erfolgt durch den Unternehmer eine regelmäßige Überwachung/Überprüfung weiterer für die Standsicherheit relevanter Parameter:

- Aufnahme der Geologie nach dem Freischneiden
 - Regelmäßige geologische Aufnahmen an der freigeschnittenen Böschung
 - Bedarfsweise Entnahme von Lockergesteinsproben aus der freigeschnittenen Böschung zur weiteren Untersuchung im Gebirgs- und Bodenmechanischen Prüflabor,
- Überwachung Hydrologie
 - Überwachung der Grundwasserstände und Vergleich mit den Grundwasserprognosen in den Standsicherheitsberechnungen,
 - Aktualisierung der Entwässerungsprognosen und Ist-Wasserstände im Rahmen regelmäßiger wasserwirtschaftlicher Planungsgespräche des Bergbauunternehmers; Information der Bergbehörde mittels wasserwirtschaftlicher Berichte.

5.1 Unterhaltung von Böschungen/Grund- und Oberflächenwasser

Die Randböschungen sind während ihrer Lebensdauer zu unterhalten. Oberflächenwässer werden gezielt gefasst und abgeführt, bei Bedarf wird die Böschung bei austretendem Grundwasser durch Sickerpackungen oder Drainagemaßnahmen vor rückschreitender Erosion geschützt.

Lokale Erosionen lassen sich nicht vollständig verhindern, eine Beeinträchtigung der Standsicherheit von Rand- oder Endböschungen durch Starkregen ist jedoch nicht zu besorgen. Solche Starkregenereignisse führen zwar kurzzeitig zu einem erhöhten Oberflächenwasserabfluss im Tagebau, die Grundwasserspiegel werden dadurch aber nicht sicherheitsrelevant beeinflusst.

5.2 Maßnahmen zur Erhaltung/Erhöhung der Standsicherheit

Da es sich bei den Randböschungen (im Gegensatz zu bleibenden Böschungen) um „lebende“ Systeme handelt, sind neben der Durchführung (lokaler) Entwässerungsmaßnahmen weitere großgerätetechnische Maßnahmen zur Erhöhung oder Erhaltung der Standsicherheit im laufenden Tagebaubetrieb möglich. Ziel ist die Begrenzung der offen liegenden Fläche einer Randböschung – des Tagebaufensters – und die Verminderung der Böschungsstandzeit [9]. Möglich sind:

- unmittelbares Nachführen der Verkippung nach Auskohlung im Tagebautiefsten,
- enges Führen der Kippstrossen und/oder Gewinnungssohlen im Bereich vor der Randböschung (Abbildung 10),
- Anbau von Gewinnungsblöcken vor der Randböschung,
- Versturz zusätzlicher Kippenblöcke vor der Randböschung. Im Gefahrenfall kann auch eine Verkippung von Massen unmittelbar vor der Randböschung, notfalls unter Aufgabe von Kohle, erfolgen („Schließen“ des offenen Fensters im Tagebautiefsten).



Fig. 10: Operation of narrow berms along the mine-rim slope, taking the Hambach mine as example

Abb. 10: Enges Führen der Gewinnungsstrossen vor der Randböschung am Beispiel des Tagebaus Hambach

In the case of confined local deformations going beyond what is normal, local support filling can be provided at the foot of partslopes or relief possibly provided at the slope crest concerned. If such measures are taken, possible interaction with the entire mine-rim slope system must be taken into account.

In a supplement to the statutory reporting duty under sec. 74 BBergG, if an anomaly occurs in a slope (deformation, transformation, slides), an assessment of the occurrence is made using a clearly structured matrix, and the information routes within the company and in the direction of the Office of Mining and the public are defined.

6 Geomechanics Working Group in the Rhenish Lignite-mining Area

Within the scope of further technical training, regular joint technical talks (so-called stability colloquia) are held for those involved with experts and scientists with a view to seeking an exchange on operating experience and new technical developments in the field of stability investigations and monitoring technology. As a further development in this technical exchange, November 2009 saw the setting up in NRW – under the auspices of the Office of Mining, together with the NRW Geological Service and the mining company RWE Power AG – of a permanent Working Group as a firm institution for “Geomechanics in the Rhenish Lignite-mining Area” to deal systematically with the further development of the state of the art in this field [10]. This is to ensure that the slopes of the opencast lignite mines in the Rhenish mining area continue to be planned, examined, approved, safely designed and maintained according to the latest scientific findings.

The Working Group consists of a so-called Core Working Group and a higher-ranking Coordination Group (Figure 11). The Core Working Group works in a structured manner using a regularly updated list of “geomechanical issues” and addresses a complex of themes:

- stability of slopes;
- monitoring of slopes;
- calculation methods;
- geomechanical aspects of hydrology;
- dump slopes and construction on dumps;
- geomechanical aspects of residual lakes;
- laboratory tests and
- disused mines.

Im Falle von lokal begrenzten Verformungen, die über das normale Maß hinausgehen, können lokale Stützsüttungen am Fuß von Teilböschungen eingebracht werden, oder es erfolgt ggf. eine Entlastung am jeweiligen Böschungskopf. Bei solchen Maßnahmen sind jeweils mögliche Wechselwirkungen auf das gesamte Randböschungssystem zu beachten.

Sofern es zu einer Besonderheit an einer Böschung kommt (Verformung, Umbildung, Rutschung), erfolgen in Ergänzung zur gesetzlichen Meldepflicht nach § 74 Bundesberggesetz eine Bewertung des Ereignisses anhand einer klar strukturierten Matrix sowie die Festlegung von Informationswegen innerhalb des Unternehmens und in Richtung Bergbehörde und Öffentlichkeit.

6 Arbeitskreis Gebirgsmechanik im Rheinischen Braunkohlenbergbau

Im Zuge der fachlichen Fortbildung finden regelmäßig gemeinsame Fachgespräche (sog. Standsicherheitliche Kolloquien) der Beteiligten mit Sachverständigen und Wissenschaftlern statt, um sich über die betrieblichen Erfahrungen sowie über neue technische Entwicklungen auf dem Gebiet der Standsicherheitsuntersuchungen und der Überwachungstechnik auszutauschen. In Fortentwicklung dieses Fachaustausches wurde für NRW im November 2009 unter Federführung der Bergbehörde zusammen mit dem Geologischen Dienst NRW und dem Bergbauunternehmen RWE Power AG ein ständiger Arbeitskreis als feste Institution für „Gebirgsmechanik im Rheinischen Braunkohlenbergbau“ gegründet, der sich systematisch mit der Fortentwicklung des Standes der Technik auf diesem Gebiet befasst [10]. Damit soll auch in Zukunft gewährleistet werden, dass die Böschungen der Braunkohlentagebaue im Rheinischen Revier nach neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen geplant, geprüft, genehmigt, sicher ausgestaltet und unterhalten werden.

Der Arbeitskreis gliedert sich in einen sog. Kernarbeitskreis und einen übergeordneten Koordinierungskreis (Abbildung 11). Der Kernarbeitskreis arbeitet anhand einer regelmäßig aktualisierten Themenliste gebirgsmechanische Fragestellungen zu den Themenkomplexen

- Standsicherheit von Böschungen,
- Überwachung von Böschungen,
- Berechnungsverfahren,
- gebirgsmechanische Aspekte der Hydrologie,
- Kippenböschungen und Bebauung von Kippen,
- gebirgsmechanische Aspekte der Restseen,
- Laboruntersuchungen und
- Altbergbau

strukturiert ab. Damit ist sichergestellt, dass alle mit der Bergbauaktivität verbundenen gebirgsmechanisch und standsicherheitlich relevanten Prozesse vollumfänglich erfasst werden. Auch die Richtlinie für Standsicherheitsuntersuchungen selbst wird fortlaufend hinsichtlich Aktualität und sachlichem Umfang vor dem Hintergrund neuer wissenschaftlicher und technischer Erkenntnisse überprüft.

Über die Ergebnisse des Kernarbeitskreises wird regelmäßig dem Koordinierungskreis berichtet, der sich mit übergeordneten Fragen (Priorisierung der Aufgaben, Bearbeitungskapazitäten und ggf. externe Unterstützung, Ziele, Kommunikation von Ergebnissen) befasst. In beiden Arbeitskreisen findet sich das in der RfS fixierte Sechs-Augen-Prinzip wieder, d.h. unter der Federführung der Bezirksregierung Arnsberg sind sowohl der Geologische Dienst NRW als auch der Bergbauunternehmer vertreten. Beide Arbeitskreise verstehen sich als dauerhafte Einrichtung.

Zu speziellen, begrenzten Fragestellungen werden darüber hinaus temporär sogenannte Themen-Arbeitskreise unter Hinzuziehung auch externer Stellen (z.B. Fachgutachter, Hochschulen, Forschungseinrichtungen, DEBRIV) gebildet. Der Kernarbeitskreis

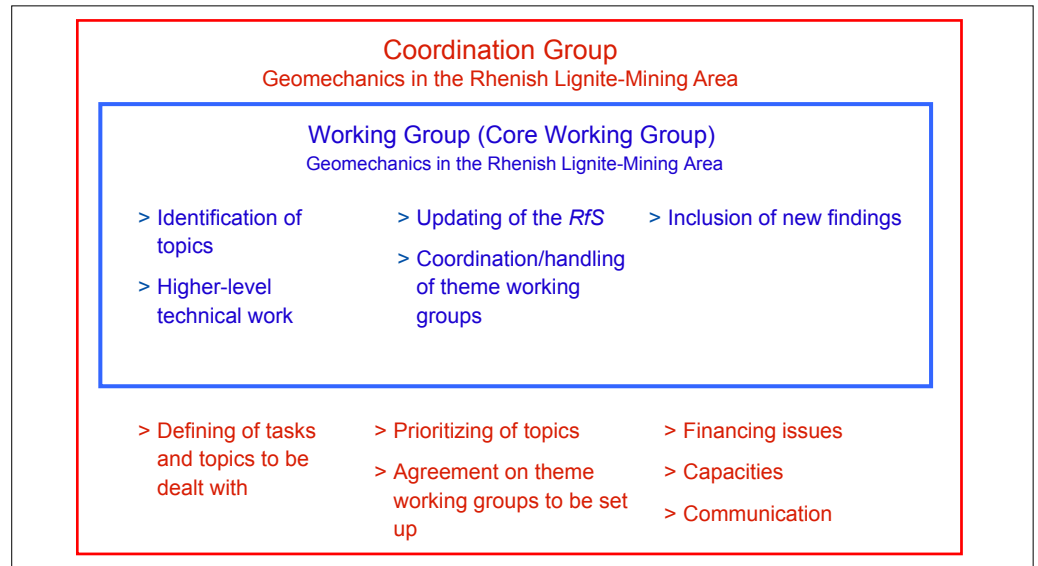


Fig. 11: Geomechanics Working Group – organization chart and tasks

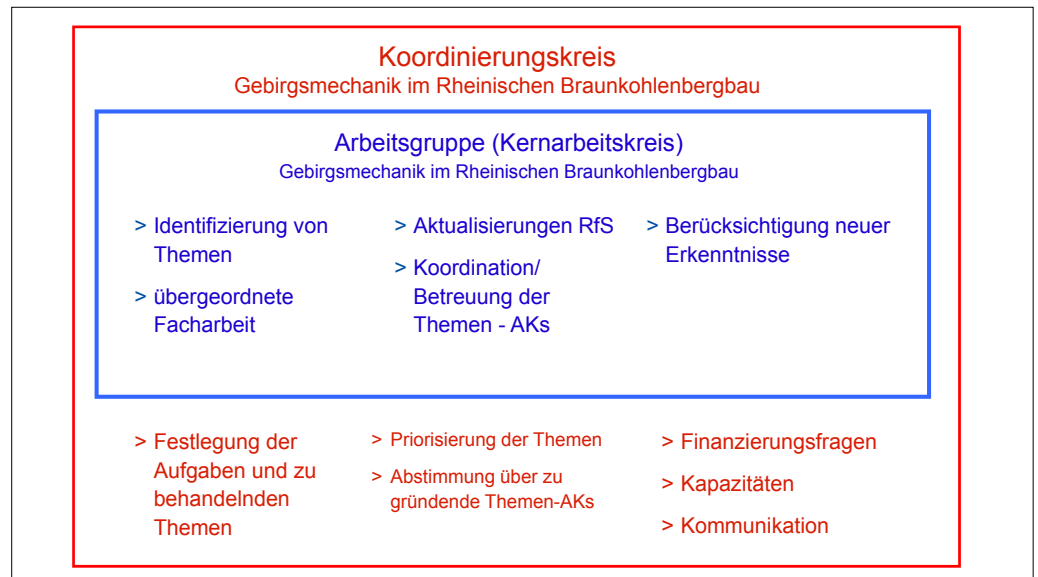


Abb. 11: Arbeitskreis Gebirgsmechanik – Organigramm und Aufgaben

This ensures that all processes of relevance for geomechanics and stability associated with mining activities are captured in full. The Guideline for Stability Examinations (RfS) itself, too, is continuously checked for content and updated against the background of new scientific and technical findings.

The results of the Core Working Group are regularly reported to the Coordination Group which deals with higher-ranking issues (prioritizing of tasks, processing capacities and any external support, goals, communication of results). In both working groups, we find the six-eyes principle again as laid down in the RfS, i.e. both the NRW Geological Service and the mining company are represented under the auspices of the Arnsberg regional government. Both working groups view themselves as permanent institutions.

In addition, for specific, limited issues, so-called theme working groups are temporarily formed, also with the involvement of external bodies (e.g. technical experts, universities, research facilities, the German Lignite Industry Association (DEBRIV)). The Core Working Group handles the organization and coordination of these theme working groups and works in them itself.

For the Rhenish mining area, for instance, the Working Group has, since 2009, subjected all existing residual lakes, elevated dumps and outside dumps from former lignite-mining activities to a uniform stability assessment within the scope of a screening. In the event, no risk potentials were established.

übernimmt die Organisation und Koordination dieser Themen-Arbeitskreise und arbeitet auch selbst mit.

Seit 2009 wurden durch den Arbeitskreis für das Rheinische Revier beispielsweise alle aufgrund von ehemaligen Braunkohleaktivitäten vorhandenen Restseen, Hochkippen und Außenhalden im Rahmen eines Screenings einer einheitlichen standsicherheitslichen Bewertung unterzogen. Im Ergebnis wurden dabei keine Gefahrenpotenziale festgestellt.

Im Zuge der Überprüfung bzw. Weiterentwicklung der RfS erfolgt aktuell vor der geplanten verbindlichen Präzisierung der Forderungen zur Berücksichtigung von Erdbebeneinwirkungen bei Standsicherheitsberechnungen eine wissenschaftliche Prüfung des entwickelten und eingesetzten Verfahrens. Dazu ist in speziell eingerichteten Themen-Arbeitskreisen seitens der Bezirksregierung Arnsberg neben den Seismologen des Geologischen Dienstes NRW und den als Gutachter des Bergbauunternehmens tätigen Erdbebenfachleuten der Universität zu Köln (Erdbebenstation Bensberg) mit der TU Karlsruhe (KIT) auch ein weiterer externer Gutachter eingebunden worden.

Über die Ergebnisse der Untersuchungen im Zuge der Tätigkeit des Arbeitskreises Gebirgsmechanik wird im Rahmen der o.g. Standsicherheitslichen Kolloquien regelmäßig auch in größerem überregionalem Fachkreis berichtet; darüber hinaus sind begleitende Veröffentlichungen in Fachzeitschriften vorgesehen.

In the course of the re-examination or further development of the RfS, ahead of the planned binding precision of the demands for inclusion of the effects of earthquakes in stability calculations, a scientific check is being made of the procedure as developed and deployed. For this, theme working groups specially set up on the part of the Arnsberg regional government include a further external expert, the Karlsruhe Technical University (KIT), in addition to the seismologists of the NRW Geological Service and the Cologne University's earthquake specialists (Bensberg earthquake observatory), the latter working as the mining company's experts.

The results of the studies during the activities of the Geomechanics Working Group are reported regularly as well in the larger supra-regional circle of experts within the scope of the above stability-safety colloquia; in addition, planning calls for related publications in the trade literature.

7 Summary

The stability of temporary mine-rim slopes and permanent final slopes is ensured in NRW by the systematic application of the Guideline for Stability Examinations (RfS) subject to the supervision of the Office of Mining. The Guideline provides for a so-called "six-eyes principle" throughout in which the mine operator evidences the stability in a Special Operating Plan; the NRW Geological Service as competent technical institution performs a geo-technical examination of the stability; and the Office of Mining, taking specific account of technical and safety aspects, issues its operating-plan approval and carries out official supervision.

This principle of the RfS can likewise be found in the Geomechanics Working Group in the Rhenish Lignite-mining Area, set up in 2009, which views itself as a permanent institution and has important geomechanical topics processed by the specialists involved. Organizationally, it consists of a core working group and a coordination group. Its activities ensure structured and comprehensive processing of all issues of relevance in geomechanics for opencast lignite mines in NRW.

Acknowledgements

The two authors – Rolf Petri, deputy head of the Geomechanics Coordination Group in the Rhenish Lignite-mining Area, and Werner Stein, head of the Geomechanics Core Working Group in the Rhenish Lignite-mining area – are employed by the Arnsberg regional government, department 6 Mining and Energy in NRW, which is responsible for the two Working Groups. This article is the joint result of the Working Groups' activities. The technical work in the Core Working Group was performed by Dr.-Ing. Dieter Dahmen and Dr.-Ing. Markus Kosma (both from RWE Power AG), Dipl.-Ing. Klaus Buschhüter (Geological Service NRW), Dipl.-Ing. Jens Hey and Dipl.-Ing. Werner Stein (both from the Arnsberg regional government).

References/Literatur

- [1] Richtlinie für die Untersuchung der Standsicherheit von Böschungen der im Tagebau betriebenen Braunkohlenbergwerke (Richtlinie für Standsicherheitsuntersuchungen – RfS – Neufassung vom 16.05.2003 – 86.19.2-2-1) der Bezirksregierung Arnsberg, Abteilung Bergbau und Energie in NRW.
- [2] Bundesberggesetz (BBergG) vom 13. August 1980 (BGBl. I S. 1310), zuletzt geändert durch Artikel 15a des Gesetzes vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585).
- [3] Allgemeine Bundesbergverordnung (ABergV) vom 23.10.1995 BGBl. I S. 1466; zuletzt geändert durch Artikel 22 des Gesetzes vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585).

7 Zusammenfassung

Die Gewährleistung der Standsicherheit von temporären Rand- und dauerhaften Endböschungen erfolgt in NRW durch die konsequente Anwendung der Richtlinie für Standsicherheitsuntersuchungen (RfS) unter bergbehördlicher Aufsicht. Diese sieht durchgängig ein sog. „Sechs-Augen-Prinzip“ vor, bei dem der Bergbauunternehmer die Standsicherheit in einem Sonderbetriebsplan nachweist, der Geologische Dienst NRW als sachverständige Fachinstitution die Standsicherheit geotechnisch prüft und die Bergbehörde unter Berücksichtigung insbesondere technischer und sicherheitlicher Gesichtspunkte die Betriebsplanzulassung erteilt sowie die behördliche Überwachung durchführt.

Dieses Prinzip der RfS findet sich ebenfalls wieder in dem seit 2009 bestehenden Arbeitskreis Gebirgsmechanik im Rheinischen Braunkohlenbergbau, der sich als feste Institution versteht und wichtige gebirgsmechanische Themen von den beteiligten Fachleuten bearbeiten lässt. Er besteht organisatorisch aus einem Kernarbeitskreis und einem Koordinierungskreis. Durch seine Tätigkeit ist eine strukturierte und umfängliche Bearbeitung aller gebirgsmechanisch relevanten Fragen der Braunkohlentagebaue in NRW sichergestellt.

Danksagung

Die beiden Autoren, Rolf Petri, stellv. Leiter des Koordinierungskreises Gebirgsmechanik im Rheinischen Braunkohlenbergbau, und Werner Stein, Leiter des Kernarbeitskreises Gebirgsmechanik im Rheinischen Braunkohlenbergbau, sind Bedienstete der Bezirksregierung Arnsberg, Abteilung 6 Bergbau und Energie in NRW; diese hat die Federführung der beiden Arbeitskreise. Der Artikel stellt ein gemeinsames Ergebnis der Tätigkeit der Arbeitskreise dar. Die Sacharbeit wurde im Kernarbeitskreis von Dr.-Ing. Dieter Dahmen und Dr.-Ing. Markus Kosma (beide RWE Power AG), Dipl.-Ing. Klaus Buschhüter (Geologischer Dienst NRW), Dipl.-Ing. Jens Hey und Dipl.-Ing. Werner Stein (beide Bezirksregierung Arnsberg) geleistet.

- [4] Bergverordnung für Braunkohlenbergwerke (BVOBr) vom 5. Februar 1998 in der Fassung vom 1. Mai 2001.
- [5] DIN 1054:2010-12: Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zur DIN EN 1997-1.
- [6] DIN EN 1997-1:2009-09: Eurocode (EC) 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln einschließlich DIN EN 1997-1/NA:2010-12 Nationaler Anhang.
- [7] DIN 4084:2009-01: Baugrund – Geländebruchberechnungen.
- [8] DAHMEN, D., WAGNER, K. & SANDNER, W. (2009): Angewandte Bodenmechanik im Tagebau. – Kapitel 2.5 im Fachbuch Der Braunkohlentagebau – Bedeutung, Planung, Betrieb, Technik, Umwelt, Hrsg: Stoll Rolf Dieter et al. (Springer Verlag, Berlin, Heidelberg).
- [9] HARTUNG, M. & DAHMEN, D. (2003): Bedeutung der Geotechnik für den Tagebaubetrieb bei RWE Power. – Surface Mining **55**, Heft 4: 302 ff.
- [10] PETRI, R. (2009): Tagebauböschungen – Standsicherheit von Rand- und Endböschungen von Braunkohlentagebaue. – Jahresbericht 2009 der Bergbehörden des Landes NRW.