

Sustainable follow-up use of recultivated surfaces

Evaluation of residual lakes and high dumps in the Rhenish lignite-mining area after the end of mining supervision

Nachhaltige Folgenutzung rekultivierter Flächen Evaluierung von Restseen und Hochkippen mit beendeter Bergaufsicht im Rheinischen Braunkohlenrevier

ROLF PETRI, WERNER STEIN, DIETER DAHMEN, KLAUS BUSCHHÜTER, Germany

The rehabilitation of the former operating surfaces of the opencast lignite pits in the Rhenish mining area has traditionally attracted great attention. A closely graduated hierarchy of approval procedures and the associated implementation guidelines of the supervisory authorities ensure that, even before initial mine development, the various extraction projects are thoroughly studied, planned and regulated all the way to rehabilitation. Hence, all phases of opencast-mine operations are already aligned toward sustainable and safe recultivation alongside the function of raw-material extraction. This recultivation is closely monitored by the mining-supervision authority and – in line with changes in underlying social, ecological and technical conditions – is adapted as needs require. This also includes a continuous response to the latest rules governing recultivation and soil stability to ensure sustainable rehabilitation at a high ecological, technical and safety level by way of regular updates. As regards stability issues, any technical questions regarding the further development of the regulatory framework are discussed in the permanent "Arbeitskreis Gebirgsmechanik im Rheinischen Braunkohlenbergbau" (Working Circle for Rock Mechanics in Rhenish Lignite Mining) initiated by the Arnsberg regional government. This body – comprising rep-

Die Wiedernutzbarmachung von ehemaligen Betriebsflächen der Braunkohlentagebaue im Rheinischen Revier hat zu allen Zeiten eine hohe Aufmerksamkeit erfahren. Über eine eng gestufte Genehmigungshierarchie sowie entsprechende Ausführungsrichtlinien der Aufsichtsbehörde wird gewährleistet, dass die einzelnen Abbauvorhaben noch vor ihrem Aufschluss bereits bis zur Wiedernutzbarmachung durchdacht, geplant und geregelt sind. Alle Phasen des Tagebaubetriebes sind neben der Rohstoffgewinnung damit bereits auf eine nachhaltige und sichere Rekultivierung ausgerichtet. Diese wird im Rahmen der Bergaufsicht eng überwacht und in Anlehnung an sich verändernde gesellschaftliche, ökologische und technische Rahmenbedingungen bedarfsweise angepasst. Hierzu gehört auch die kontinuierliche Befassung mit den aktuellen Regelwerken zur Rekultivierung und Standsicherheit, um durch regelmäßige Fortschreibungen eine nachhaltige Wiedernutzbarmachung auf hohem ökologischem, technischem und sicherheitlichem Niveau zu gewährleisten. Im Falle stand-sicherheitlicher Themen werden die fachlichen Fragestellungen zur Weiterentwicklung des Regelungsrahmens über den von der Bezirksregierung Arnsberg initiierten dauerhaften „Arbeitskreis Gebirgsmechanik im Rheinischen Braunkohlenbergbau“ diskutiert. Dieses mit Vertretern der Bergbehörde, des Geologischen Dienstes und des Bergbautreibenden besetzte sowie fallweise um Experten aus Wissenschaft und Forschung ergänzte Gremium hat sich in der Vergangenheit als ideales Instrument erwiesen, um das in dieser Disziplin bei den unterschiedlichen Einrichtungen vorhandene Spezialwissen zu bündeln.

Mit der Beendigung der Bergaufsicht endet für die rekultivierten Landschaften auch die Zuständigkeit der Bezirksregierung Arnsberg. Nach Durchführung des jeweils geltenden Abschlussbetriebsplanes unterliegen die rekultivierten ehemaligen Tagebauflächen der Überwachung durch die jeweils zuständigen Fachbehörden. Dies gilt auch für die im Rheinischen Revier angelegten Wasserflächen und Hochkippen. Da diese Rekultivierungsobjekte unter stand-sicherheitlichen Gesichtspunkte von besonderem Interesse sind, hat der Arbeitskreis Gebirgsmechanik im Rheinischen Braunkohlenbergbau hierzu eine breit angelegte Evaluierung durchgeführt. Im Ergebnis zeigt sich, dass lediglich in zwei Fällen Umbildungen im Böschungssystem zu verzeichnen waren, von denen aber weder eine Gefahr für Menschen noch für Sachgüter ausging. Der im Rheinischen Revier von allen Beteiligten verfolgte Grundsatz, Abbauvorhaben von Anfang an auf die Rekultivierung hin auszurichten, hat sich somit als erfolgreich erwiesen. Auch Planung und Betrieb der Tagebaue Ilden, Garzweiler und Hambach, in deren nach der Auskohlung

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@bezreg-arnsberg.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

Dr.-Ing. DIETER DAHMEN,
RWE Power AG, Abt. für Gebirgs- und Bodenmechanik,
Giersbergstraße, 50126 Bergheim, Germany
Tel. +49 (0) 2271-751-22780, Fax +49 (0) 2271-751-22122
e-mail: d.dahmen@rwe.com

Dipl.-Ing. KLAUS BUSCHHÜTER,
Geologischer Dienst NRW,
De-Greiff-Str. 195, 47803 Krefeld, Germany
Tel. +49 (0) 2151-897-243, Fax +49 (0) 2151-897-542
e-mail: klaus.buschhueter@gd.nrw.de

representatives of the mining authority, the Geological Service and the mining company, supplemented from case to case by experts from the worlds of science and research – has proved to be the ideal instrument hitherto for bundling the specialist knowledge in this discipline available at the various facilities.

With the end of mining supervision, jurisdiction for the recultivated landscapes of the Arnsberg regional government, too, comes to an end. After implementation of the currently applicable final-operating plan, the recultivated former opencast-mine areas are subject to the supervision of the technical authorities in charge. This is also true of the water surfaces and high dumps created in the Rhenish mining area. Since these recultivation features are of special interest on stability grounds, the Working Circle for Rock Mechanics in Rhenish Lignite Mining has undertaken a broad-based evaluation of this subject. The results show that deformations in the slope system have been noted in only two cases and that no danger emanated from them for people or for material goods. Hence, the principle pursued by all those involved in the Rhenish mining area, viz. aligning extraction projects, from the very start, toward recultivation, has proved to be a success. Planning and operation of the Inden, Garzweiler and Hambach opencast mines, too – where, within the scope of the recultivation process, lakes are provided for in the residual voids left after depletion – have been and are being managed along the lines of these principles. For the landscapes emerging in future, this means not only a broad potential for local recreation and ecology, but also high safety standards for the population and future users.

1 Introduction

The history of lignite mining in the Rhenish area dates back to the 18th century. At that time already, even before an extraction project started, a duty was imposed by the supervisory authority on the mining companies to adequately rehabilitate the land. Nor was this firm link between raw-material extraction and recultivation lost at the end of the 19th century when the development of lignite mining perceptibly accelerated.

To this day, opencast pits in the Rhenish mining area encroach on high-quality residential and commercial surfaces. Besides high-quality agricultural and forestry land, these also include transport routes, waterways and settlement areas. This being so, rehabilitation of the depleted mining surfaces has been geared ever since toward creating a new, sustainably usable landscape. The object is to do justice not only to a variety of interests in the region, but to offer development perspectives comparable with those that had originally attached to the land used for mining.

Meeting these objectives makes a crucial contribution toward public acceptance of lignite mining in the region, so that it is both an integral component in the planning and approval processes for opencast mines and in subsequent operations.

In North Rhine-Westphalia, the Arnsberg regional government, department for Mining and Energy in NRW, is responsible as mining authority for mining supervision. Among its tasks are both the examination and approval of operating plans under Germany's Federal Mining Act (BBergG) and the direct supervision of the mining companies. In the performance of this mandate, the authority's special focus is on protection of the environment from the impact of mining operations and on ensuring due and proper rehabilitation following raw-material extraction.

Sec. 4(4) BBergG dated 13 August 1980, in the version dated 31 July 2009, defines rehabilitation as "the due and proper shaping of the surfaces used for mining purposes, taking account of the public interest" [1].

The mining authority has a special commitment to this "taking account of the public interest". The commitment is ensured, on the one hand, by a comprehensive, transparent participation of public agencies within the scope of operating-plan procedures

entstehenden Restlöchern im Rahmen der Rekultivierung jeweils Seen vorgesehen sind, wurden und werden nach diesen Prinzipien geführt. Für die in Zukunft entstehenden Landschaften bedeutet dies nicht nur ein breites Potenzial für die Naherholung und die Ökologie, sondern gleichzeitig einen hohen Sicherheitsstandard für die Bevölkerung und die zukünftigen Nutzer.

1 Einführung

Die Geschichte des Braunkohlenbergbaus im Rheinischen Revier reicht bis in das 18. Jahrhundert zurück. Bereits zu dieser Zeit verpflichteten die Aufsichtsbehörden die Bergwerksbetreiber schon vor Beginn des Abbaivorhabens zu einer angemessenen Wiedernutzbarmachung des in Anspruch genommenen Geländes. Diese feste Verknüpfung von Rohstoffgewinnung und Rekultivierung ging auch im ausgehenden 19. Jahrhundert nicht verloren, als sich die Entwicklung des Braunkohlenbergbaus spürbar beschleunigte.

Bis heute nehmen die Tagebaue des Rheinischen Reviers hochwertige Flächen des Siedlungs- und Wirtschaftsraumes in Anspruch. Dabei handelt es sich neben hochwertigen land- und forstwirtschaftlichen Flächen auch um Verkehrswege, Gewässer und Siedlungsbereiche. Die Wiedernutzbarmachung der ausgekohnten Abbaufächen ist deshalb seit jeher darauf ausgerichtet, eine neue, nachhaltig nutzbare Landschaft zu schaffen. Diese soll nicht nur den vielfältigen unterschiedlichen Interessen in der Region gerecht werden, sondern mit dem in Anspruch genommenen Gelände vergleichbare Entwicklungsperspektiven bieten.

Die Erfüllung dieser Zielvorgabe trägt in hohem Maße zur Akzeptanz des Braunkohlenbergbaus in der Region bei. Sie ist daher gleichermaßen integraler Bestandteil der Planungs- und Genehmigungsprozesse der Tagebaue sowie der anschließenden betrieblichen Umsetzung.

In Nordrhein-Westfalen ist die Bezirksregierung Arnsberg, Abteilung Bergbau und Energie in NRW, als Bergbehörde für die Bergaufsicht zuständig. Zu ihren Aufgaben gehört sowohl die Prüfung und Zulassung von bergrechtlichen Betriebsplänen nach dem Bundesberggesetz als auch die unmittelbare Überwachung der Bergwerksbetriebe. In Erfüllung dieses Auftrages stehen der Schutz der Umwelt vor den Auswirkungen des Bergbaus und die Gewährleistung einer im Anschluss an die Rohstoffgewinnung durchzuführenden ordnungsgemäßen Wiedernutzbarmachung im besonderen Fokus der Behörde.

Gemäß § 4 Absatz 4 des Bundesberggesetzes (BBergG) vom 13. August 1980 in der Fassung vom 31. Juli 2009 wird die Wiedernutzbarmachung als „die ordnungsgemäße Gestaltung der vom Bergbau in Anspruch genommenen Oberfläche unter Beachtung des öffentlichen Interesses“ [1] definiert.

Dieser „Beachtung des öffentlichen Interesses“ ist die Bergbehörde in besonderer Weise verpflichtet. Sie wird zum einen durch eine umfangreiche, transparente Beteiligung der Träger öffentlicher Belange im Zuge bergrechtlicher Betriebsplanverfahren gewährleistet. Zum anderen wird sichergestellt, dass die Betriebspläne mit den landesplanerischen und kommunalen Zielvorgaben und Planungen in Einklang stehen.

Die „ordnungsgemäße Gestaltung“ zielt im Wesentlichen darauf ab, die Anforderungen des Natur-, Boden- und Artenschutzes zu erfüllen und gleichzeitig den Stand der Technik bezogen auf die Sicherheit des Vorhabens zu gewährleisten. [2]

Bezogen auf die Wiedernutzbarmachung ergibt sich hieraus ein komplexes Anforderungsprofil, das sowohl vom Bergbauunternehmer als auch von der Aufsichtsbehörde hohes Engagement, Fachkompetenz und Sorgfalt erfordert.

Die Komplexität der Anforderungen zeigt auch, dass ein nachhaltiges Rekultivierungskonzept nicht auf die Endphase eines Tagebaus beschränkt werden kann. Die erforderlichen Maßnahmen zur nachhaltigen Wiedernutzbarmachung begleiten das Vorhaben

under mining law and, on the other, by making sure that the operating plans harmonise with regional-planning and municipal objectives and planning.

The “due and proper shaping” aims mainly at meeting the requirements of nature, soil and species conservation, while adhering to the state of the art as regards the safety of the project [2].

As for rehabilitation, this means a complex requirement profile calling for high commitment, technical competence and care both from the mining company and from the supervisory authority.

The complexity of the requirements also shows that a sustainable recultivation concept cannot be confined to the final phase of an opencast mine. Instead, the requisite measures for sustainable rehabilitation must accompany a project across its entire life cycle, from planning, via development and operation, all the way to its conclusion.

2 Approval-law requirements of rehabilitation

Approval of opencast lignite mines follows a closely graduated hierarchy of regional-planning (lignite plan), mining-law (master-operating, main-operating and final-operating plan) and special-law (e.g. water law, nature, species and soil conservation, and forest law) procedures that address rehabilitation issues at all levels in varying degrees of detail. In this approval structure, the lignite plan – which, like the regional plans, defines objectives and principles – already specifies the rough structure of the shape to be given to the post-mining landscape, like relief features and regional-planning balance. In the master-operating plan procedure under the BBergG, the mining company specifies above all the land relief and land-area balances as well as the chronological sequence of rehabilitation. The main-operating plans required for ongoing operations chiefly describe the concrete precautionary measures of recultivation, eg the type and manner of dumping or the separate extraction of arable soils, incl interim dumping when needed. One crucial guiding rule during operational implementation here is found in the guidelines of the mining authority for the agricultural and forestry rehabilitation of opencast lignite mines [3]. In NRW, these are worked out by the mining authority with the involvement of expert third parties, like the Geological Service NRW or the NRW Chamber of Agriculture, and are continuously adapted to the state of the art. On the one hand, the guidelines define the technical and organisational stipulations for soil classification and soil selection on the extraction side (Figure 1).

On the other, concrete requirements are laid down for the production of the raw dump, for applying the arable soil layers and for working the young soil.

In a last step, the final-operating plans under mining law give concrete form to the surface uses and design principles defined in the lignite plans. Here, they build up on the extraction and dump routing illustrated in the master-operating plans and on the mass/recultivation and loess balances, although they reach a much higher degree of detail, which permits the character of the future landscape to be clearly recognised. The plans contain definitions of the inclination and height ratios of single surfaces as well as outlines of the breakdown of the surface shares by soil-utilisation type and the structuring of the landscape, eg with green spaces. A finalising land-readjustment procedure specifies the route network and surface layout on the basis of the requirements of the later users. The final-operating plan thus forms the foundation for discontinuing operations and/or specific part-operations. Its implementation is the prerequisite for the surfaces to be released from mining supervision, and for post-mining use.

A final-operating plan is usually not time-limited. Pursuant to sec. 69(2) BBergG, mining supervision ends either when the final-operating plan is implemented or pursuant to an order from the

vielmehr über seinen gesamten Lebenszyklus, von der Planung über Aufschluss- und Betriebsphase bis hin zu seinem Abschluss.

2 Genehmigungsrechtliche Anforderungen an die Wiedernutzbarmachung

Die Genehmigung von Braunkohlentagebauen folgt einer eng gestuften Planungshierarchie aus landesplanerischen (Braunkohlenplan), bergrechtlichen (Rahmen-, Haupt-, Abschlussbetriebspläne) und fachgesetzlichen Verfahren (z.B. Wasserrecht, Natur- und Artenschutz, Bodenschutz und Forstrecht), die die Wiedernutzbarmachung auf allen Ebenen in unterschiedlichem Detaillierungsgrad berücksichtigen. In dieser Genehmigungsstruktur gibt bereits der Braunkohlenplan, der den Regionalplänen vergleichbar Ziele und Grundsätze der Raumordnung vorgibt, die grobe Struktur der Gestaltung der Bergbaufolgelandschaft, wie z.B. das Relief und die Flächenbilanzen, vor. Im bergrechtlichen Rahmenbetriebsplanverfahren konkretisiert der Bergwerksunternehmer insbesondere die höhen- und flächenmäßige Gestaltung sowie die zeitliche Abfolge der Wiedernutzbarmachung. In den für den laufenden Betrieb erforderlichen Hauptbetriebsplänen werden im Wesentlichen die konkreten Vorsorgemaßnahmen der Rekultivierung, wie z.B. die Art und Weise der Verkipfung oder die gesonderte Gewinnung von kulturfähigen Substraten einschließlich der bedarfsweise erforderlichen Zwischendeponierung, beschrieben. Eine wesentliche Richtschnur bei der betrieblichen Umsetzung bilden dabei die Richtlinien der Bergbehörde für die land- und forstwirtschaftliche Wiedernutzbarmachung von Braunkohlentagebauen [3]. Diese werden in NRW von der Bergbehörde unter Beteiligung sachkundiger Dritter, wie z.B. des Geologischen Dienstes NRW oder der Landwirtschaftskammer NRW, erarbeitet und fortlaufend an den Stand der Technik angepasst. In den Richtlinien werden zum einen die technischen und organisatorischen Vorgaben zur Bodenansprache und -auswahl auf der Gewinnungsseite festgelegt (Abbildung 1).

Zum anderen werden konkrete Anforderungen zur Herstellung der Rohkippe, zur Aufbringung der kulturfähigen Bodenschichten und zur Bearbeitung des jungen Bodens definiert.

Die bergrechtlichen Abschlussbetriebspläne konkretisieren schließlich die in den Braunkohlenplänen festgesetzten Flächennutzungen und Gestaltungsgrundsätze. Sie bauen dabei auf den in den Rahmenbetriebsplänen dargestellten Abbau- und Kippenführungen sowie Massen-/Rekultivierungs- und Lössbilanzen auf, erreichen aber einen wesentlich höheren Detaillierungsgrad, der den Charakter der zukünftigen Landschaft bereits deutlich



Fig. 1: Guideline-compliant selective loess extraction at the Garzweiler pit

Abb. 1: Richtlinienkonforme selektive Lössgewinnung im Tagebau Garzweiler

mining authority at a point in time when – as shown by general experience – risks need no longer be expected to the life and health of third parties, other mining companies and deposits whose protection is in the public interest, or when other impacts harmful to the public may occur. Irrespective of this, any damage due to mining use must be settled by the entrepreneur or the legal successor at their expense, also after the end of mining supervision.

In parallel with mining law, a recultivated landscape is subject to the relevant special-law provisions. This is true in particular of the concerns of water and environmental law. The end of mining supervision is usually preceded by steps in line with the provisions of the above fields of law, incl an appropriate technical acceptance.

3 Land used for mining purposes and rehabilitation

In the course of nearly two centuries, lignite extraction in the Rhenish mining area has affected some 31,500 hectares (ha) of land (Figure 2). Reflecting the agricultural stamp of the Lower Rhine Basin, more than 65 % of the land formerly used for mining purposes is accounted for by farmland, 25 % by forests. The remaining 10 % mainly concerns settlement and industrial land, traffic routes and water surfaces. At present, the opencast pits in the Rhenish mining area, whose active operations affect a surface of about 9000 ha, use some 300 ha for mining purposes annually. Rehabilitation is roughly on the same scale.

In the early days of the Rhenish lignite industry, which was marked mainly by a multitude of small mining companies, the emphasis was largely on forestry and water-policy rehabilitation. After the

erkennen lässt. In den Plänen finden sich Festlegungen zu den Gefälle- und Höhenverhältnissen von Einzelflächen sowie Grundzüge der Aufteilung der Flächenanteile auf die Bodennutzungsarten und die Strukturierung der Landschaft, z.B. durch Grünzüge. Im abschließenden Flurbereinigungsverfahren erfolgt auf Basis der Anforderungen der späteren Nutzer eine Konkretisierung des Wegenetzes und Flächenzuschnitts. Der Abschlussbetriebsplan bildet somit die Grundlage für die Einstellung des Betriebes bzw. einzelner Betriebsteile. Seine Umsetzung ist Voraussetzung dafür, dass die Flächen aus der Bergaufsicht entlassen und einer Folgenutzung zugeführt werden können.

Ein Abschlussbetriebsplan unterliegt in der Regel keiner Befristung. Gemäß § 69 Absatz 2 BBergG endet die Bergaufsicht nach Durchführung des Abschlussbetriebsplanes oder entsprechend der Anordnung der Bergbehörde zu dem Zeitpunkt, in dem nach allgemeiner Erfahrung nicht mehr damit zu rechnen ist, dass Gefahren für Leben und Gesundheit Dritter, für andere Bergbaubetriebe und Lagerstätten, deren Schutz im öffentlichen Interesse liegt oder sonstige gemeinschädliche Einwirkungen eintreten werden. Unabhängig davon müssen Schäden, die auf die bergbauliche Nutzung zurückzuführen sind, vom Unternehmer bzw. seinem Rechtsnachfolger auch nach Beendigung der Bergaufsicht auf dessen Kosten reguliert werden.

Parallel zum Bergrecht unterliegt die rekultivierte Landschaft den einschlägigen fachgesetzlichen Vorschriften. Dies gilt insbesondere für die Belange des Wasser- und Umweltrechtes. Der Beendigung der Bergaufsicht geht die Einhaltung der Vorschriften der vorgenannten Rechtsbereiche einschließlich einer entsprechenden Abnahme daher in der Regel voraus.

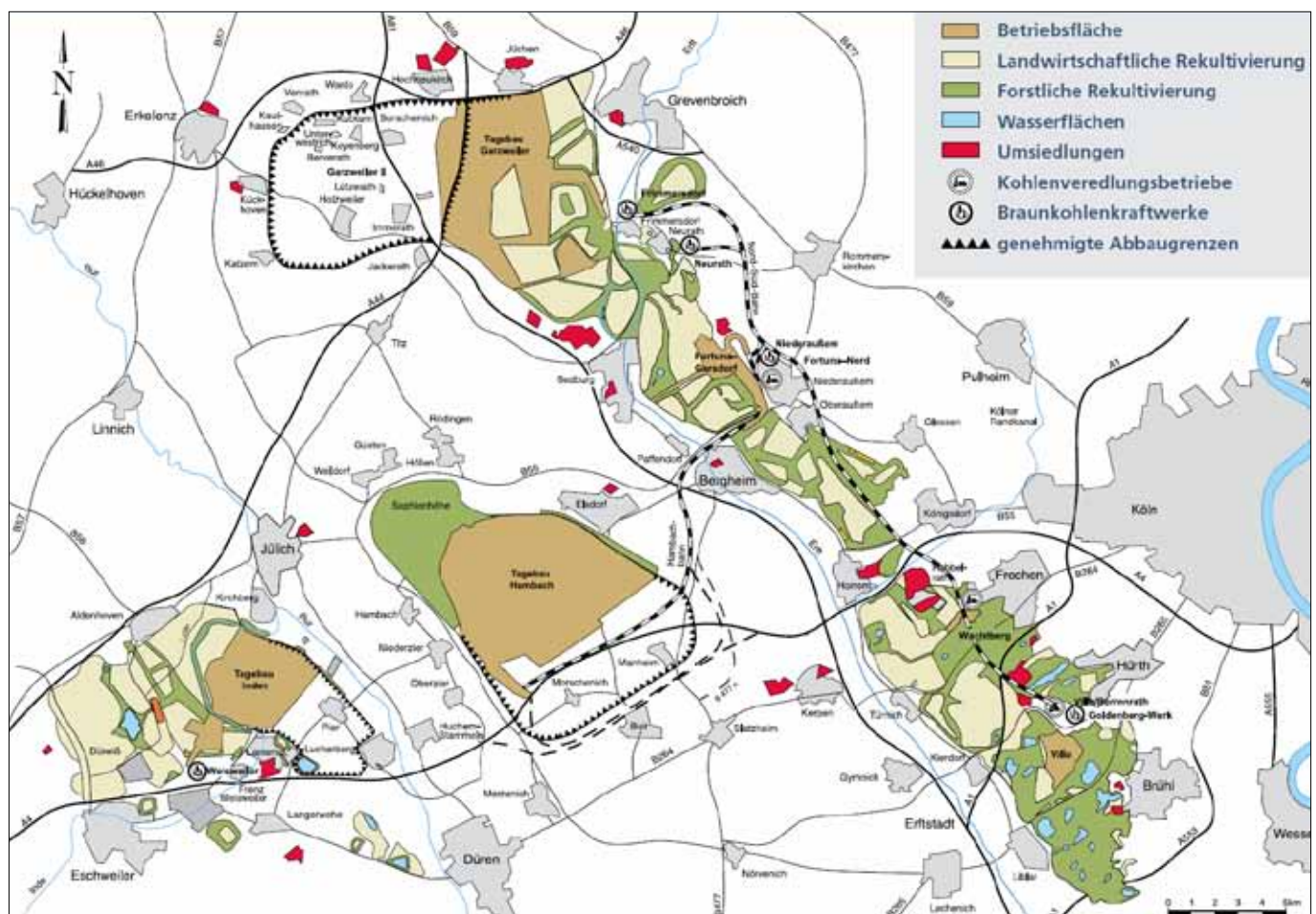


Fig. 2: Land use and rehabilitation in the Rhenish mining area

Abb. 2: Landinanspruchnahme und Wiedernutzbarmachung im Rheinischen Revier

techniques for forestry recultivation were steadily further developed and extended to include comprehensive knowledge of the restoration of high-quality arable land, the focus in recent decades – according to the land used – has been on agricultural rehabilitation. This also includes an offset scheme for re-usable material between the opencast mines with the aim of producing fertile arable land on the most comprehensive basis possible. Thus, in the approval of the Inden opencast mine in the 1950s, it was laid down that its first-development material had to be used to backfill depleted opencast mines in the Düren urban region, although those mines were operated by another mining company. Likewise, a soil excavation concept in connection with producing the lignite plans for the Bergheim and Hambach opencast mines – the so-called part-plans 4/4 and 12/1 – stipulated that use be made of the development material from the Bergheim opencast mine in backfilling the Frechen and Fortuna mines as well. Hambach material was then used to recultivate the Bergheim opencast mine and the residual Fortuna final void (Figure 3). Using the loess excess from the extremely rich deposit of the Garzweiler opencast mine, the above mine surfaces were then mainly recultivated for agricultural purposes. The basis for this was the regional-planning specification in the Garzweiler II lignite plan to the effect that loess excesses and shortfalls had to be offset throughout the mining area. Owing to this clear setting of priorities, of a total of 21,500 ha or so of recultivated surface, over 50 % was rehabilitated for agricultural purposes.

The mass material shifts between the various mines that this requires have various consequences for the mining area. On the one hand, it has been possible for numerous opencast mines to be completely backfilled, so that the creation of residual lakes was not necessary there. All the same, for reasons of ecology and local recreation, water surfaces of different sizes were created in addition to the forest areas. On the other, the mass material deficits associated with coal extraction add up and have a strong impact on the remaining mines. In line with the objectives in the existing lignite plans, therefore, extensive residual lakes will emerge in the Inden, Hambach and Garzweiler opencast mines after the end of operations.

Finally, some mines were not always able to pass on all of the overburden material produced in the first-development phase to depleted operating units. This meant that, in some areas, outer dumps and/or excessively high inner dumps had to be created, and these were integrated into the recultivation process: as a rule, the slopes were then recultivated for forestry purposes, while most of the plateaus saw agricultural recultivation.

On account of the slope areas, which remain as permanent landscape features, and the resulting high safety interests of follow-up

3 Landinanspruchnahme und Wiedernutzbarmachung

Im Laufe von nahezu zwei Jahrhunderten wurden durch den Braunkohlenbergbau im Rheinischen Revier rund 31 500 Hektar Landfläche in Anspruch genommen (Abbildung 2). Entsprechend der ackerbaulichen Prägung der niederrheinischen Bucht entfallen mehr als 65 % der bergbaulichen Inanspruchnahme auf landwirtschaftliche Flächen. Mit rund 25 % sind Waldflächen betroffen. Die verbleibenden 10 % verteilen sich im Wesentlichen auf Siedlungs- sowie Industrieflächen, Verkehrswege und Gewässer. Aktuell nehmen die Tagebaue im Rheinischen Revier, deren aktiver Betrieb eine Fläche von rund 9000 Hektar umfasst, rund 300 Hektar jährlich bergbaulich in Anspruch. Die Wiedernutzbarmachung umfasst etwa die gleiche Größenordnung.

In der Frühzeit der Rheinischen Braunkohlenindustrie, die im Wesentlichen durch eine Vielzahl kleiner Bergwerksbetriebe geprägt war, überwogen vor allem die forst- und die wasserwirtschaftliche Wiedernutzbarmachung. Nachdem die Techniken der forstwirtschaftlichen Rekultivierung zunehmend weiterentwickelt und um umfangreiche Kenntnisse bei der Wiederherstellung hochwertiger Ackerflächen erweitert wurden, lag der Schwerpunkt in den vergangenen Jahrzehnten – entsprechend der Inanspruchnahme – auf der landwirtschaftlichen Wiedernutzbarmachung. Diese beinhaltete auch den Ausgleich von rekultivierungsfähigem Material zwischen den Tagebauen mit dem Ziel einer möglichst umfassenden Herstellung von ertragreichen Ackerflächen. So wurde mit der Genehmigung des Tagebaus Inden in den 1950er-Jahren bereits geregelt, dass dessen Aufschlussmassen zur Verfüllung von ausgekohnten Tagebauen im Stadtgebiet Düren verwendet werden mussten, obwohl diese von einer anderen Bergwerksgesellschaft betrieben wurden. Ebenso wurde im Zusammenhang mit der Erarbeitung der Braunkohlenpläne für die Tagebaue Bergheim und Hambach, den sogenannten Teilplänen 4/4 und 12/1, in einem Massenkonzept festgelegt, die Aufschlussmassen aus dem Tagebau Bergheim auch für die Verfüllung der Tagebaue Frechen und Fortuna zu nutzen. Die Hambacher Massen dienten dann zur Rekultivierung des Tagebaues Bergheim sowie des verbliebenen Restraumes Fortuna (Abbildung 3). Mit dem aus der überaus ergiebigen Lagerstätte des Tagebaus Garzweiler resultierenden Lössüberschuss wurden die vorgenannten Abbauflächen dann überwiegend landwirtschaftlich rekultiviert. Grundlage hierzu war die im Braunkohlenplan Garzweiler II enthaltene landesplanerische Festlegung, dass Lössüberschüsse und -defizite revierweit auszugleichen sind. Aufgrund dieser klaren Schwerpunktsetzung wurden von den insgesamt rund 21 500 Hektar rekultivierter Fläche über 50 % landwirtschaftlich wieder nutzbar gemacht.

Aus den dafür erforderlichen Massenverschiebungen zwischen einzelnen Tagebauen ergeben sich für das Revier verschiedene Konsequenzen. Einerseits konnten zahlreiche Tagebaue vollständig verfüllt werden, so dass die Anlage von Restseen dort nicht erforderlich war. Allerdings wurden dort aus Gründen der Ökologie und der Naherholung neben den Forstbereichen, dennoch auch Wasserflächen unterschiedlicher Größe angelegt. Andererseits summieren sich die kohleentnahmebedingten Massendefizite und wirken sich in den verbleibenden Tagebauen stärker aus. Den Zielsetzungen der bestehenden Braunkohlenpläne entsprechend werden in den Tagebauen Inden, Hambach und Garzweiler nach Beendigung des Betriebes daher großflächige Restseen entstehen.

Schließlich konnten einige Tagebaue die in der Aufschlussphase anfallenden Abraummassen nicht immer vollständig an ausgekohnte Betriebe abgeben. Dies führte dazu, dass bereichsweise Außenkippen bzw. überhöhte Innenkippen geschaffen werden mussten, die in die Rekultivierung integriert wurden. Die Böschungsbereiche wurden dabei grundsätzlich forstwirtschaftlich, die Plateauflächen hingegen überwiegend landwirtschaftlich rekultiviert.



Fig. 3: Overburden transport from Hambach to Bergheim via long-distance conveyor belt

Abb. 3: Abraumtransport von Hambach nach Bergheim via Fernbandanlage

users, recultivation lakes, just like high dumps, call for an especially careful approach in their planning, approval and creation.

For many of the surfaces recultivated in this way in the Rhenish mining area over the last 100 years or so, this process is already completed, and mining supervision has ended. Some have been in in-depth post-mining use for decades already – which includes not only agriculture and forestry, but also local recreation, housing as well as industry and trade.

4 Rehabilitation of land and stability

In the rehabilitation process, it is of special importance to ensure the permanent stability of inclined dump surfaces, the so-called final slopes. This became strikingly obvious in the slope failure during the filling of the Central German Concordia lake in Nachterstedt in 2009 in which not only material goods, but also people, sustained damage. Three people have been missing ever since. The investigations into the causes of the event are ongoing. Further procedure on the remediation and future use is open.

In North Rhine-Westphalia, no such slope failures have occurred to date. Nor, in view of the predominant geology in the Rhenish mining area and the absence of comparable unfavourable factors need soil movements of such severity be expected. All the same, what matters for the Rhenish mining area, too, is that lessons be drawn from the events in Central Germany.

For more than three decades already, measuring the stability of opencast lignite mines has been subject to the Guideline for Stability Calculations (RfS) for the lignite mines operated as opencast pits, as issued by the Arnsberg regional government, formerly the NRW State Supreme Office of Mining. This Guideline creates the framework for evidencing and examining the stability of rim slopes and final slopes in Rhenish lignite mining.

In the implementation of the Guideline, a “6-eye principle”, involving the mining company, the Geological Service NRW and the mining authority, ensures a safety level that does justice to the importance of such slopes [6]. In this way, the company produces stability data for the slopes to be created with an adequate time run-up, and the resulting data are examined by the mining authority in mining technology and safety terms and – by order of the authority – by the Geological Service NRW in specialist technology terms. The bases for the company's evidence and calculations are the requirements of the RfS, which also specifies that account be taken of earthquakes, for example.

The stipulations set forth in the Guideline on the stability examination are not static, however. Technical and scientific progress in rock and soil mechanics means that the RfS must be constantly re-evaluated and adapted in line with current findings.

Aware of the importance of stability for the recultivation process in lignite mining, therefore, the Arnsberg regional government, in its function as mining authority, set up the Arbeitskreis Gebirgsmechanik im Rheinischen Braunkohlenbergbau (Working Circle for Rock Mechanics in Rhenish Lignite Mining) in 2010 as a permanent facility designed to make a contribution toward bundling the knowledge available in the Rhenish mining area and supplementing this knowledge with current findings from science and research. It comprises specialists from the mining authority, the Geological Service NRW and the mining company, and there is a brisk exchange of views with scientific bodies and experts from Germany's other lignite-mining areas. The findings compiled in this way constitute an important source for updating the mining authority's Stability Guideline for the Rhenish mining area.

5 Detailed consideration of residual lakes and high dumps

The first Guideline for Stability Calculations was produced in 1976, but even before that the Rhenish mining area had seen the crea-

Wegen ihrer als dauerhafter Landschaftsbestandteil verbleibenden Böschungsbereiche und des hiermit verbundenen hohen Sicherheitsinteresses der Nachfolgenutzer verlangen Rekultivierungsseen ebenso wie Hochkippen ein besonders sorgfältiges Vorgehen bei der Planung, der Genehmigung und der Herstellung.

Für viele der auf diese Weise in den letzten rund 100 Jahren im Rheinischen Revier rekultivierten Flächen ist dieser Prozess bereits abgeschlossen und die Bergaufsicht beendet. Sie unterliegen damit z.T. bereits seit Jahrzehnten einer intensiven Folgenutzung – die nicht nur die Land- und Forstwirtschaft umfasst, sondern auch Naherholung, Wohnen sowie Industrie und Gewerbe.

4 Wiedernutzbarmachung und Standsicherheit

Im Prozess der Wiedernutzbarmachung kommt der dauerhaften Gewährleistung der Standsicherheit von geeigneten Kippenflächen, sogenannten Endböschungen, eine besondere Bedeutung zu. Dies wurde bei dem Rutschungsereignis während der Befüllung des mitteldeutschen Concordia-Sees in Nachterstedt im Jahre 2009 besonders deutlich, bei dem nicht nur Sachgüter, sondern auch Menschen zu Schaden kamen. Drei Personen werden seitdem vermisst. Die Untersuchungen zu den Ursachen des Ereignisses dauern derzeit noch an. Das weitere Vorgehen zur Sanierung und zukünftigen Nutzung ist offen.

In Nordrhein-Westfalen hat es derartige Rutschungsereignisse bisher nicht gegeben. Aufgrund der im Rheinischen Revier vorherrschenden Geologie und des Fehlens vergleichbar ungünstiger Faktoren sind Bodenbewegungen in der vorgenannten Ausprägung auch nicht zu erwarten. Dennoch gilt es, auch für das Rheinische Revier Erkenntnisse aus den Ereignissen in Mitteldeutschland zu ziehen.

Bereits seit mehr als drei Jahrzehnten gilt zur Bemessung der Standsicherheit von Braunkohlentagebauen die Richtlinie für Standsicherheitsberechnungen (RfS) der im Tagebau betriebenen Braunkohlenbergwerke der Bezirksregierung Arnsberg, früher Landesoberbergamt NRW. Diese setzt den Rahmen für den Nachweis und die Prüfung der Standsicherheit von Rand- und Endböschungen im rheinischen Braunkohlenbergbau.

In der Umsetzung der Richtlinie wird durch ein „6-Augen-Prinzip“ unter Beteiligung von Bergwerksunternehmer, Geologischem Dienst NRW und Bergbehörde ein der Bedeutung solcher Böschungen angemessenes hohes Sicherheitsniveau gewährleistet [6]. So erstellt der Unternehmer für seine anzulegenden Böschungen im angemessenen zeitlichen Vorlauf Standsicherheitsnachweise, die von der Bergbehörde bergtechnisch-sicherheitslich und in deren Auftrag vom Geologischen Dienst NRW fachtechnisch geprüft werden. Grundlage der Nachweise und Berechnungen des Unternehmers sind die Anforderungen der RfS, die zum Beispiel auch die Berücksichtigung von Erdbeben verlangt.

Die in der Richtlinie fixierten Vorgaben zur Standsicherheitsuntersuchung sind jedoch nicht statisch. Der technische und wissenschaftliche Fortschritt auf dem Gebiet der Gebirgs- und Bodenmechanik erfordert es, die RfS stets zu evaluieren und an aktuelle Erkenntnisse anzupassen.

In dem Wissen um die Bedeutung der Standsicherheit für die Rekultivierungsprozesse im Braunkohlenbergbau hat die Bezirksregierung Arnsberg in ihrer Funktion als Bergbehörde daher im Jahr 2010 den Arbeitskreis Gebirgsmechanik im Rheinischen Braunkohlenbergbau als dauerhafte Einrichtung ins Leben gerufen, der dazu beitragen soll, das im Rheinischen Revier vorhandene Wissen zu bündeln und um aktuelle Erkenntnisse aus Wissenschaft und Forschung zu ergänzen. Er ist mit Fachleuten von Bergbehörde, Geologischem Dienst NRW und Bergbautreibendem besetzt und steht in regem Austausch mit wissenschaftlichen Einrichtungen sowie Experten aus den übrigen Braunkohlerevieren Deutschlands.

tion of lakes and high dumps (Figure 4). Against this background, the Working Circle for Rock Mechanics in Rhenish Lignite Mining carried out a systematic analysis and assessment and took stock of all existing lakes and dumps. The bases for the examination were the documents available in the various planning and approval agencies on such features. To obtain a holistic capture of data, this analysis also considered recent rehabilitation areas in addition to historical recultivation schemes.

Hence, the examination extended to all residual lakes located below the surrounding terrain level and to all high dumps created above the adjacent terrain level that were created in the course of the rehabilitation of the land used for lignite extraction in the Rhenish mining area. In the case of the high dumps, a distinction was also made between the outer dumps on unworked terrain (also referred to as Halde) and excessively high inner dumps inside the mining fields. Comparable objects that emerge as a result of extracting other raw materials in opencast mines, eg in the sand and gravel sector, were not taken into account.

A total of 18 high dumps were created in the Rhenish mining area between 1907 and 1970. They had dump heights of 17 m to 116 m above the surrounding terrain. All high dumps in the rim and slope areas are recultivated for forestry purposes and the central surfaces for agriculture.

In several cases, farms were settled in those agricultural areas whose land was used for lignite mining elsewhere. At none of the examined dumps in the Rhenish lignite mining area has any slope deformation occurred hitherto. Wherever buildings were erected or infrastructure was installed, these have remained damage-free in structural terms.

The terrain surrounding the examined high dumps was and is kept free of built-up areas at a safety distance relative to their overall height, in order to protect buildings and structures from flooding or erosion in the event of heavy rainfall.

In addition to the high dumps, a total of 57 lakes were analysed in the Rhenish mining area (Figure 5). The various water surfaces vary greatly in size. A total of 17 occupy a surface of over 20 ha. With a water surface of about 100 ha, Blausteinsee lake is the

Die auf diese Weise zusammengetragenen Erkenntnisse bilden eine wichtige Quelle für die Fortschreibung der bergbehördlichen Standsicherheitsrichtlinie für das Rheinische Revier.

5 Detailbetrachtung von Restseen und Hochkippen

Die erste Aufstellung der Richtlinie für Standsicherheitsberechnungen erfolgte im Jahr 1976. Allerdings wurden im Rheinischen Revier auch vor dieser Zeit Seen und Hochkippen angelegt (Abbildung 4). Vor diesem Hintergrund hat der Arbeitskreis Gebirgsmechanik im Rheinischen Braunkohlenbergbau eine systematische Betrachtung, Bewertung und Bestandsaufnahme aller vorhandenen Seen und Kippen durchgeführt. Grundlage der Untersuchung waren die bei unterschiedlichen Planungs- und Genehmigungs-trägern vorhandenen Dokumente über die Objekte. Im Sinne einer gesamtheitlichen Erfassung wurden bei dieser Analyse neben den historischen Rekultivierungen auch die jüngeren Bereiche der Wiedernutzbarmachung mitbetrachtet.

Die Untersuchung umfasste demnach alle unterhalb des umgebenden Geländeniveaus liegenden Restseen und alle über das benachbarte Geländeniveau hinaus angeschütteten Hochkippen, die im Rahmen der Wiedernutzbarmachung der Braunkohlengewinnung im Rheinischen Revier angelegt wurden. Bei den Hochkippen wurde zudem zwischen Außenkippen auf unverritztem Gelände (auch als Halden bezeichnet) und überhöhten Innenkippen innerhalb der Abbaufelder unterschieden. Vergleichbare Objekte, die als Folge von anderen Rohstoffgewinnungen im Tagebau, wie z.B. der Sand- und Kiesbranche, entstanden sind, wurden nicht berücksichtigt.

Insgesamt wurden im Rheinischen Revier zwischen 1907 und 1970 18 Hochkippen hergestellt, die Kippenhöhen von 17 m bis 116 m über dem umgebenden Gelände aufweisen. Alle Hochkippen sind in den Rand- und Böschungsbereichen forstwirtschaftlich, die zentralen Flächen landwirtschaftlich rekultiviert.

In mehreren Fällen wurden im Bereich dieser Agrarflächen landwirtschaftliche Betriebe angesiedelt, deren Flächen durch den Braunkohlenbergbau andernorts in Anspruch genommen wurden. An



Fig. 4: Creation of Kasterer See (lake) with Kasterer Höhe (heights) high dump in the background
 Abb. 4: Herstellung des Kasterer Sees mit dahinter liegender Hochkippe Kasterer Höhe



Fig. 5: Recultivated lakescape in the south of the Rhenish lignite-mining area

Abb. 5: Rekultivierte Seenlandschaft im Süden des Rheinischen Braunkohlereviers

largest of this type to date in the Rhenish mining area. All lakes examined have already reached their target-water level. The water quality of the various objects is mainly good, enabling a broad use spectrum which is, in fact, now implemented. From ecological and landscape focuses, all the way to leisure and bathing uses, the surface waters cover a wide range, reflecting the various local objectives. This is also true of Zieselsmaarsee lake, located in the southern section of the mining area. The acidification that has occurred there is being countered with a suitable package of measures, so that bathing goes on being possible on a good basis, and extensive use is, in fact, being made of this option. The control and monitoring of such processes is outside the mining authority's jurisdiction, however, and is performed by the maintenance agencies in charge and by the specialist authorities.

In stability terms, the examined lakes show no abnormalities. In two objects, there were minor slope deformations in the past. These concern the 13-ha Neurather See lake on whose shores a deformation surface measuring some 900 m² occurred in the wake of the 1992 Roermond earthquake. No remediation was necessary. Likewise, there was local deformation during the filling phase of the 85-ha Zülpicher See lake, which was remediated at short notice. At no point in time were material goods or people in danger from these two events.

Overall, the shores of the examined lakes were thus shown to be stable, as planned. In order to find out how the lake troughs profiled in dumping operations behave below the water surface, two exemplary sonar measurements were taken in the western mining area. Lakes Lucherberger See and Blausteinsee were selected as objects. With a surface measuring some 100 ha and a max depth of 41 m, Blausteinsee is the biggest and one of the youngest opencast-pit lakes in the Rhenish mining area.

Lucherberger See, by contrast – being some 70 years old, 65 ha in size and having a depth of max 25 m – is among the oldest water surfaces in the Rhenish mining area created for lignite-extraction reasons (Figure 6). In addition, it has the special feature that it will be emptied for the Inden opencast lignite mine after 2020, and some of its slopes removed. This circumstance will enable the Working Circle for Rock Mechanics in Rhenish Lignite Mining to make a visual check in due course of the slopes currently still below the water level. This can then yield further conclusions as to the efficacy of the techniques used today to ensure the highest possible stability of recultivated residual lake troughs.

keiner der untersuchten Kippen im Rheinischen Braunkohlerevier ist in der Vergangenheit eine Böschungsumbildung aufgetreten. Dort, wo eine Bebauung erfolgt ist oder Infrastrukturanlagen verlegt wurden, blieben diese auch bautechnisch schadensfrei.

Das die Hochkippen umgebende Gelände wurde und wird bei den untersuchten Kippen in einem im Verhältnis zur Gesamthöhe stehenden Sicherheitsabstand von einer Bebauung freigehalten, um Bauwerke und Gebäude im Falle von Starkregenereignissen vor möglicherweise entstehenden Überschwemmungen oder Erosionen zu schützen.

Neben den Hochkippen wurden im Rheinischen Revier insgesamt 57 Seen analysiert (Abbildung 5). Hinsichtlich der Größe differieren die einzelnen Gewässer stark. Insgesamt 17 nehmen eine Fläche von mehr als 20 Hektar ein. Mit rund 100 Hektar Wasserfläche ist der Blausteinsee das bisher größte Gewässer dieser Art im Rheinischen Revier. Alle untersuchten Seen haben den Zielwasserstand bereits erreicht. Die Wasserqualität der einzelnen Objekte ist überwiegend gut, so dass ein breites Nutzungsspektrum möglich ist und real umgesetzt wird. Von ökologischen bzw. landschaftlichen Schwerpunkten bis hin zur Freizeit- und Badenutzung wird von den Gewässern auf der Basis der jeweiligen örtlichen Zielsetzungen ein breites Spektrum abgedeckt. Dies gilt auch für den im südlichen Teil des Revieres gelegenen Zieselsmaarsee. Den hier aufgetretenen Versauerungen wird mit einem geeigneten Maßnahmenpaket begegnet, so dass die dortige Badenutzung weiterhin gut möglich ist und auch intensiv wahrgenommen wird. Die Steuerung und Überwachung derartiger Prozesse liegt allerdings außerhalb der Zuständigkeit der Bergbehörde und wird von den zuständigen Unterhaltungsträgern sowie Fachbehörden durchgeführt.

Unter standsicherheitlichen Gesichtspunkten zeigen die untersuchten Seen keine Auffälligkeiten. An zwei Objekten kam es in der Vergangenheit zu geringfügigen Böschungsumbildungen. Hierbei handelt es sich zum einen um den 13 Hektar großen Neurather See, in dessen Uferbereich sich als Folge des Roermonder Erdbebens von 1992 etwa 900 m² Umbildungsfläche ergeben haben. Eine Sanierung war nicht erforderlich. Ebenso gab es am 85 Hektar umfassenden Zülpicher See in der Befüllphase lokale Umbildungen, die kurzfristig saniert wurden. Eine Gefährdung von Sachgütern oder Personen ging von diesen beiden Ereignissen zu keinem Zeitpunkt aus.

Die Uferbereiche der untersuchten See stellten sich insgesamt somit als plangemäß standsicher dar. Um erkennen zu können, wie sich die im Verkippungsbetrieb profilierten Seemulden unterhalb der Wasseroberfläche verhalten, wurden im Westrevier zwei exemplarische Echolotvermessungen durchgeführt. Als Objekte wurden der Lucherberger See und der Blausteinsee ausgewählt. Mit rund 100 Hektar Fläche und einer maximalen Tiefe von 41 m ist der Blausteinsee der größte und einer der jüngeren Tagebauseen im Rheinischen Revier.

Der rund 70 Jahre alte, 62 Hektar große und maximal 25 m tiefe Lucherberger See zählt hingegen zu den ältesten braunkohlebedingt angelegten Gewässern im Rheinischen Revier (Abbildung 6). Darüber hinaus weist er die Besonderheit auf, dass er für den Braunkohletagebau Inden ab dem Jahr 2020 entleert und im Bereich der Böschungen teilweise abgebaut wird. Dieser Umstand ermöglicht dem Arbeitskreis Gebirgsmechanik im Rheinischen Braunkohlenbergbau zu gegebener Zeit eine Sichtprüfung der derzeit noch unterhalb des Wasserspiegels gelegenen Böschungen. Hieraus können sich dann weitere Rückschlüsse auf die Wirksamkeit der heute angewendeten Verfahren zur Gewährleistung einer möglichst hohen Standsicherheit rekultivierter Restseemulden ergeben.

Ein Abgleich der durchgeführten Echolotvermessungen mit den zugrunde liegenden Planungen sowie dem Risswerk nach Fertigstellung der Seemulden zeigt keine Auffälligkeiten (Abbildung 7). Geringe, im Bereich weniger Dezimeter liegende Veränderungen

A comparison of the sonar measurements with the underlying planning and the mapping system after completion of the lake troughs shows no abnormalities (Figure 7). Minor changes in the range of a few decimetres to the lake contour of Lucherberger See are mainly due to organic sedimentation at deep points, according to specialist interpretation of the measurement results. These phenomena are above all due to the lake's age and not unusual for standing waters.

6 Outlook

The evaluation of the high dumps and lakes in the Rhenish lignite-mining area has shown that these recultivation objects, too, were created sustainably and with long-term stability. The examinations to be carried out at regular intervals in future will further deepen the findings on the creation of standing waters in the Rhenish mining area. A particular contribution here can come from the emptying and use of Lucherberger See for mining purposes.

To make the examinations accessible for third parties as well, the Working Circle for Rock Mechanics in Rhenish Lignite Mining, under the direction of the Arnsberg regional government, has produced an overview in table form of the residual lakes and high dumps examined. In addition to general geometric ratios, various assessment criteria were added that enable a fundamental risk appraisal to be made. For this, the built-up areas in the immediate vicinity were recorded with a breakdown by type, use, size and distance, set relative to the lake depth and/or dump height, and the condition of the subsoil as well as the upcoming groundwater situation assessed. Based on these data, a fundamental risk assessment was made in traffic-light form.

In summary, the assessment concludes that – in respect of the residual lakes and high dumps created within the scope of rehabilitating the opencast-lignite pits in the Rhenish mining area – no risks to the life and health of third parties or indications of any impact harmful to the public, as defined in sec. 69(2) BbergG, are recognisable as things stand today. The documentation drawn up on this is made available by the mining authority to interested public agencies, eg under municipal-land development/land-use planning procedures. Here, the goal is to update the collected findings in future as well and to incorporate them in the mining authority's set of guidelines, where required.



Fig. 6: Lucherberger See – Residual lake of the Lucherberg opencast mine

Abb. 6: Der Lucherberger See – Restsee des Tagebaus Lucherberg

an der Seekontur des Lucherberger Sees sind nach fachlicher Interpretation der Messergebnisse vor allem auf organische Ablagerungen an Tiefpunkten zurückzuführen. Diese Phänomene sind vor allem auf das Alter des Sees zurückzuführen und für stehende Gewässer nicht ungewöhnlich.

6 Ausblick

Die Evaluierung der Hochkippen und Seen im Rheinischen Braunkohlenrevier im Rheinischen Revier hat gezeigt, dass auch diese Rekultivierungsobjekte nachhaltig und dauerhaft standsicher angelegt wurden. In angemessenen Zeitabständen in der Zukunft noch durchzuführende Untersuchungen werden die Erkenntnisse über die Herstellung von stehenden Gewässern im Rheinischen Revier weiter vertiefen. Hierzu können insbesondere die Entleerung und die bergbauliche Inanspruchnahme des Lucherberger Sees beitragen.

Um die Untersuchungen auch für Dritte nutzbar zu machen, wurde vom Arbeitskreis Gebirgsmechanik im Rheinischen Braunkohlenbergbau unter Federführung der Bezirksregierung Arnsberg eine tabellarische Zusammenstellung der betrachteten Restseen und Hochkippen erstellt. Neben allgemeinen geometrischen Kennwerten wurden verschiedene Beurteilungskriterien aufgenommen, die eine grundsätzliche Gefährdungsabschätzung ermöglichen. Hierzu wurden z.B. die Bebauung des unmittelbaren Umfeldes nach Art, Nutzung, Größe und Abstand erfasst, ins Verhältnis zur Seetiefe bzw. Kippenhöhe gesetzt und die Beschaffenheit des Untergrun-

References/Literatur

- [1] Bundesberggesetz (BbergG) vom 13. August 1980 (BGBl I Seite 1310), zuletzt geändert durch Artikel 15a des Gesetzes vom 31. Juli 2009 (BGBl I S. 2588). (Federal Mining

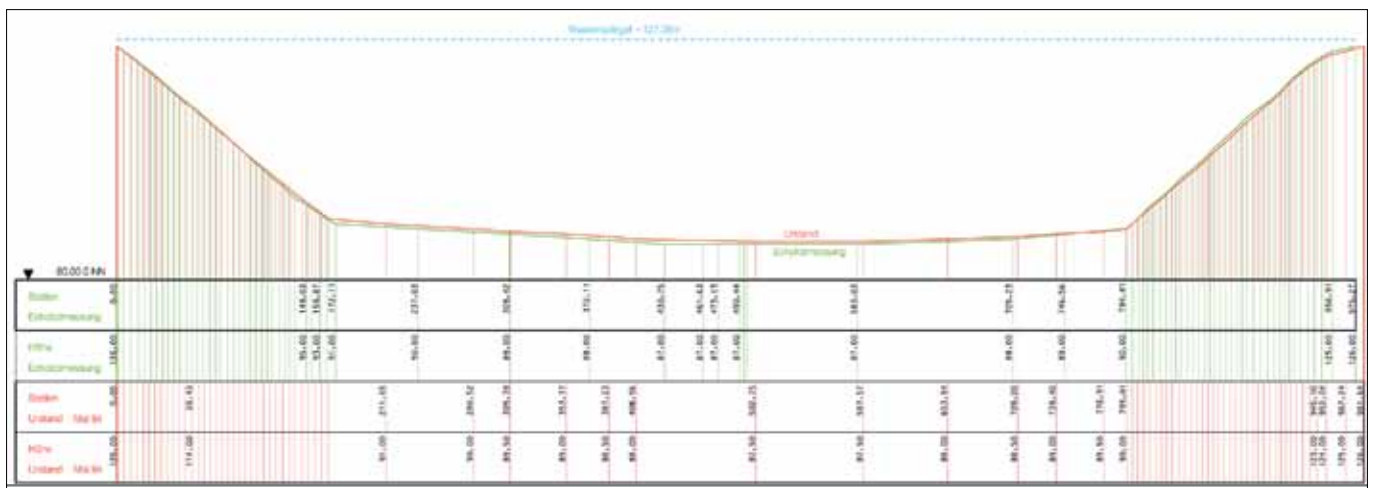


Fig. 7: Sonar measurement of Blausteinsee lake – Original state (red) and current state (green) compared

Abb. 7: Echolotvermessung des Blausteinsees – Urzustand (rot) und aktueller Stand (grün) im Vergleich

- Act (BBergG) dated 13 August 1980 (Federal Gazette I, p. 1310), most recently amended by sec. 15a of the Act dated 31 July 2009 (Federal Gazette I, p. 2588))
- [2] FREYTAG, K. (2009): Grundlage der Rekultivierung und Wiedernutzbarmachung, Land- und Forstwirtschaft, Naturschutz, Wasserwirtschaft, Erholung und Gewerbe. – In: Der Braunkohlentagebau – Bedeutung, Planung, Betrieb, Technik und Umwelt; Hrsg. Rolf-Dieter Stoll et al.; Springer-Verlag Berlin, Heidelberg. (Basis of recultivation and rehabilitation, agriculture, forestry, nature conservation, water management, recreation and trade), chapter 4.7 in the specialist work: Der Braunkohlentagebau – Bedeutung, Planung, Betrieb, Technik und Umwelt (Opencast lignite mining – Significance, planning, operation, technology and the environment)).
- [3] Richtlinien für die Land-/Forstwirtschaftliche Wiedernutzbarmachung der Bezirksregierung Arnsberg, Abteilung 6 Bergbau und Energie in NRW. (Guidelines for agricultural/forestry rehabilitation of the Arnsberg regional government, dept. 6, Mining and Energy in NRW).
- [4] RfS 1976 Richtlinien des Landesoberbergamtes Nordrhein-Westfalen für die Untersuchung der Standsicherheit von bleibenden Böschungen der im Tagebau betriebenen Braunkohlenbergwerke (Richtlinien für Standsicherheitsuntersuchungen – RfS) Fassung vom 04.03.1976.
- des sowie die anstehende Grundwassersituation bewertet. Auf Basis dieser Daten wurde in Form einer Ampeldarstellung auch eine grundsätzliche Gefährdungseinschätzung vorgenommen.
- Diese kommt zusammenfassend zu dem Ergebnis, dass für die im Rahmen der Wiedernutzbarmachung der Braunkohlentagebaue im Rheinischen Revier angelegten Restseen und Hochkippen nach den heute vorliegenden Erkenntnissen keine Gefahren für Leben und Gesundheit Dritter oder Anhaltspunkte für gemeinschädliche Einwirkungen im Sinne des § 69 Absatz 2 BBergG zu erkennen sind. Die hierzu erstellte Dokumentation wird interessierten Trägern öffentlicher Belange z.B. im Rahmen kommunaler Flächennutzungs-/ Bauleitplanverfahren von der Bergbehörde zur Verfügung gestellt. Dabei ist es das Ziel, die gesammelten Erkenntnisse auch zukünftig fortzuschreiben und bedarfsweise in das bergbehördliche Richtlinienwerk einfließen zu lassen.
-
- [5] RfS 2003 Richtlinie für die Untersuchung der Standsicherheit von Böschungen der im Tagebau betriebenen Braunkohlenbergwerke (Richtlinie für Standsicherheitsuntersuchungen – RfS), Neufassung vom 16.05.2003.
- [6] PETRI, R. & STEIN, W. (2012): Opencast mine slopes – stability of slopes in opencast lignite mines, North Rhine-Westfalia. – World of Mining – Surface and Underground **64**, 2: 114-125.