

Old Goltsteingrube lignite mine – The impact of the former mine on the ground surface in the border zone of the Inden opencast mine

Braunkohlen-Altbergbau Goltsteingrube – Einwirkungen des Altbergbaus auf die Tagesoberfläche im Randbereich des Tagebaus Inden

DR.-ING. MICHAEL HEITFELD

DIPL.-ING. ASS. D. BERGF. KURT KRINGS

DIPL.-ING. ASS. D. MARKSCHEIDF. WERNER SCHAEFER



Sonderdruck
aus

Surface
World of Mining
Underground

61. Jahrgang, Nummer 6
November/Dezember 2009

Old Goltsteingrube lignite mine – The impact of the former mine on the ground surface in the border zone of the Inden opencast mine

Braunkohlen-Altbergbau Goltsteingrube – Einwirkungen des Altbergbaus auf die Tagesoberfläche im Randbereich des Tagebaus Inden

MICHAEL HEITFELD, KURT KRINGS, WERNER SCHAEFER, Germany

1 Introduction

The federal state of North Rhine-Westphalia looks back on a long history of mining. For many centuries, hard coal, lignite, and ores had been extracted by surface and underground mining throughout the entire state. Well worth noting is the fact that most of the residues from underground extraction are no longer visible today; often, knowledge of the extent and condition of these underground mining areas is either only sparsely available or has been forgotten completely. However, the consequences of these mining activities can still be noticed at many places again and again. Extraction cavities from near-surface mining which collapse or fill columns which cave in due to insufficiently secured shafts frequently damage the ground surface; sometimes even with spectacular consequences [1].

In order to explore and secure those old mining areas which face the potential threat of collapsing near-surface cavities, the federal state of North Rhine-Westphalia launched a preventative program in 2000 which is designed to run for several years. Within the scope of this program, the mining authority has been provided with the financial resources to identify potential danger zones, on the one hand; and, on the other hand, to launch the appropriate protective measures in unusually hazardous areas where the mine owners are no longer accessible.

The former Goltsteingrube mine is located in the municipality of Inden, in the Lucherberg district north of Düren (Figure 1); here,

Dr.-Ing. MICHAEL HEITFELD,
Ingenieurbüro Heitfeld-Schetelig GmbH, Preusweg 74,
52074 Aachen, Germany
Tel. +49 (0) 241-70516-0, Fax +49 (0) 241-70516-20
e-mail: info@ihs-online.de

Dipl.-Ing. Ass. d. Bergf. KURT KRINGS,
Bezirksregierung Arnsberg, Abt. Bergbau und Energie,
Goebenstraße 25, 44135 Dortmund, Germany
Tel. +49 (0) 2421-9440-35, Fax +49 (0) 2421-4045-35
e-mail: kurt.krings@bra.nrw.de

Dipl.-Ing., Ass. d. Markscheidef. WERNER SCHAEFER,
RWE Power Aktiengesellschaft, Stüttgenweg 2, 50935 Köln,
Germany
Tel. +49 (0) 221-480-22327, Fax +49 (0) 221-480-20770
e-mail: werner.schaefer@rwe.com

1 Einleitung

Das Land Nordrhein-Westfalen hat eine lange Bergbaugeschichte. Steinkohle, Braunkohle und Erze wurden seit vielen Jahrhunderten im gesamten Land über- und untertägig abgebaut. Insbesondere die Hinterlassenschaften des untertägigen Abbaus sind heute vielfach nicht mehr erkennbar; Erkenntnisse über Ausdehnung und Zustand dieser untertägigen Abbaubereiche liegen oft nur spärlich vor oder sind ganz in Vergessenheit geraten. Die Auswirkungen dieser Bergbautätigkeit sind aber auch heute noch vielerorts immer wieder spürbar. Der Einbruch tagesnaher Abbauhohlräume oder der Abgang der Füllsäulen von unzureichend gesicherten Schächten führen häufig zu Schäden an der Tagesoberfläche, manchmal mit spektakulären Auswirkungen [1].

Zur Erkundung und Sicherung tagesbruchgefährdeter Bereiche des Altbergbaus wurde im Jahr 2000 durch das Land Nordrhein-Westfalen ein Präventivprogramm mit einer Laufzeit von mehreren Jahren aufgelegt. Damit stehen der Bergbehörde finanzielle Mittel zur Verfügung, um einerseits Risikobereiche auszuweisen und andererseits auch Sicherungsmaßnahmen in potenziell gefährdeten Bereichen durchzuführen [2].

Bei der Umsetzung des Präventivprogramms standen zunächst Untersuchungen im Bereich des alten Steinkohlenbergbaus und Erzbergbaus im Vordergrund. Nachdem in den Jahren 2001 bis 2005 geeignete Untersuchungs- und Bewertungsgrundlagen entwickelt worden waren, beauftragte die Bergbehörde 2006 erstmals eine Bestandsaufnahme und Erstbewertung des Einwirkungspotenzials der Tagesoberfläche im Bereich eines Braunkohlentiefbaus. Als besonders geeignet für die Untersuchungen erschien der im Westen des Rheinischen Braunkohlenrevieres liegende Braunkohlentiefbau „Goltsteingrube“ [3]. Die ehemalige Goltsteingrube liegt in der Gemeinde Inden, im Bereich der Ortslage Lucherberg, nördlich von Düren (Abbildung 1); hier wurden Braunkohlenflöze bis in das 20. Jahrhundert hinein im Tagebau und Tiefbergbau abgebaut.

Die Vorgehensweise und die Ergebnisse der Untersuchungen sind im vorliegenden Beitrag dargestellt.

2 Aufbau der Lagerstätte, Hydrogeologie

Die Ortslage Lucherberg liegt im südwestlichen Randbereich der Niederrheinischen Bucht; die tertiären Braunkohlenschichten stehen hier unter geringmächtiger Überdeckung an. Im westlichen

lignite seams had been extracted through surface and underground mining well into the 20th century [3].

In order to identify the potential hazards for the ground surface which result from old mining residues, the mining authority commissioned a survey and an initial evaluation of the potential impact within the scope of the preventative program [2].

The procedure and the results of the surveys will be presented in this article.

2 Structure of the deposit, hydrogeology

The Lucherberg site is located on the southwestern edge of the Lower Rhine Basin; here, the tertiary lignites are covered by thin, overlapping strata. On the western edge of the municipality of Lucherberg, the lignite-bearing layers of the top seam group (Miocene) along with the so-called top seam (horizon [7B] as depicted in Figure 2) are deposited below an overlying strata of quaternary bench gravels (horizon [16]) and loess loams having an average thickness of 6 m to 12 m. Within the area that was under closer examination, the top seam [7B] reaches thicknesses of approx. 5 m to 10 m; in some places even up to 15 m. At the foot of the top seam group, they are followed by Miocene deposits of the main seam group (horizons [6A] to [6E] as depicted in Figure 2) which are deposited as alternating layers of sand and clay in the surveyed area.

The natural morphology and the bedrock in the surveyed area have been changed considerably through lignite extraction, stacking, and recultivation measures.

The overburden bulk material in the former opencast mining zones and the quaternary deposits in the hanging layers of the top seam in the surveyed area create a near-surface groundwater level that has a low water content. The general natural groundwater runoff is in a northwesterly direction towards the Inden opencast mine; today, Lake Lucherberg is located in the southeastern inflow zone (see Figure 1).

In the course of draining measures carried out in the Inden opencast mine, the deeper groundwater-bearing horizons were dewatered at a large scale. According to forecasts made by the RWE Power AG, no significant changes in the groundwater level are anticipated until the decommissioning of the opencast mine Inden (approx. in 2030).

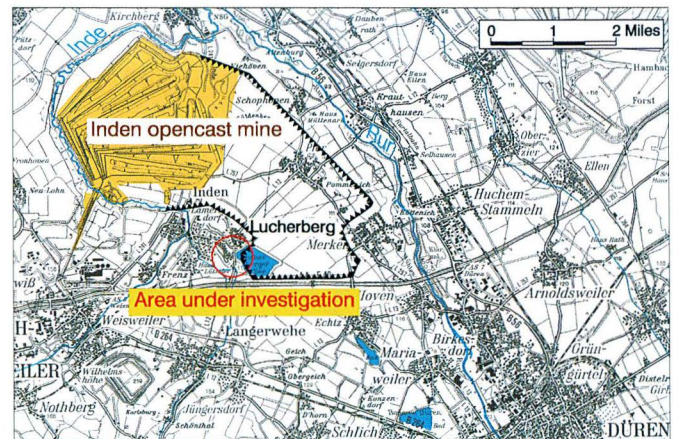


Fig. 1: Site plan of the surveyed area

Abb. 1: Lageplan Untersuchungsgebiet

Randbereich der Ortschaft Lucherberg treten die Braunkohle führenden Schichten der Oberflözgruppe (Miozän) mit dem so genannten Oberflöz (Horizont [7B] in Abbildung 2) unter einer im Mittel 6 bis 12 m mächtigen Überlagerung aus quartären Terrassenkiesen (Horizont [16]) und Lösslehm auf. Das Oberflöz [7B] erreicht im engeren Untersuchungsgebiet eine Mächtigkeit zwischen rd. 5 und 10 m, lokal bis 15 m. Im Liegenden der Oberflözgruppe folgen die miozänen Ablagerungen der Hauptflözgruppe (Horizonte [6A] bis [6E] in Abbildung 2), die im Untersuchungsgebiet von einer Wechselfolge aus Sanden und Tonen aufgebaut werden. Die natürliche Morphologie und der Untergrund sind im Untersuchungsgebiet nachhaltig durch Braunkohlenabbau, Aufhaltungen und Rekultivierungsmaßnahmen überprägt.

Im Untersuchungsgebiet bilden die quartären Ablagerungen im Hangenden des Oberflözes zusammen mit den Abraummassen in den ehemaligen Tagebaubereichen ein gering wassererfülltes oberflächennahes Grundwasserstockwerk. Der generelle natürliche Grundwasserabstrom erfolgt in nordwestlicher Richtung zum Tagebau Inden; im südöstlichen Anstrombereich liegt heute der Lucherberger See (siehe Abbildung 1).

Die darunter liegenden grundwasserführenden Horizonte sind im Zuge der Sumpfungsmaßnahmen für den Tagebau Inden weitgehend entwässert. Bis zum Ende des Tagebaus Inden (ca. 2030) werden gemäß den Prognosen der RWE Power AG keine

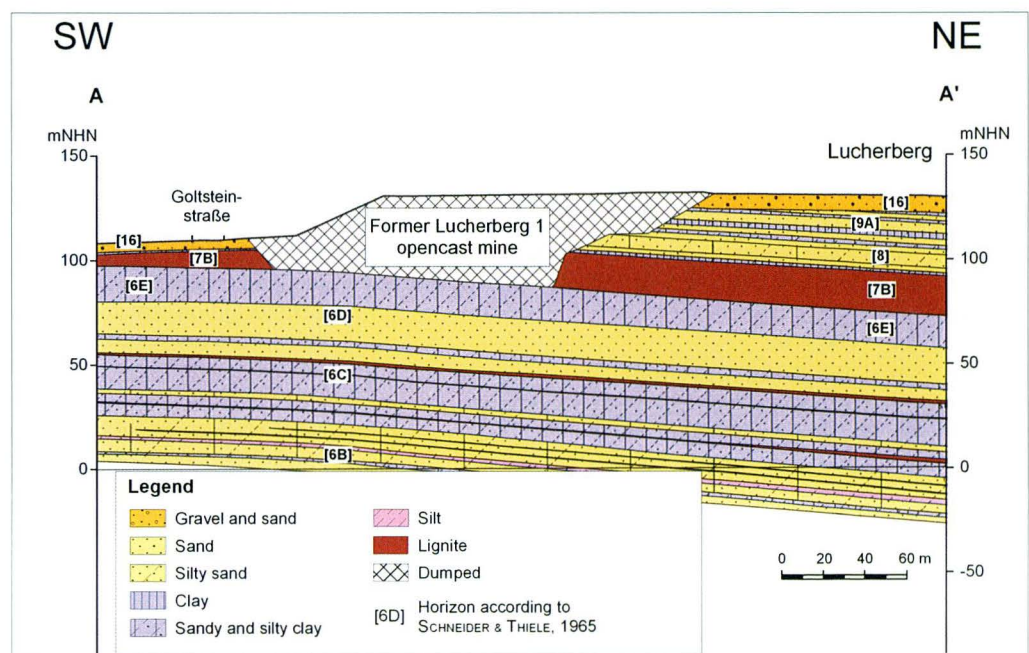


Fig. 2: Geological profile

Abb. 2: Geologisches Profil

3 Survey of mining activities

The first traces of lignite mining in the Goltsteingrube district were already documented in the 14th century [4]. The first concession was granted to the Baron von Goltstein in 1821; at that time, the mining claim encompassed a total surface area of approx. 2.5 km². Today, the Goltsteingrube mine belongs to the zone for which RWE Power AG has been granted a mining concession.

An evaluation of the mine layout and historical topographical maps revealed that there are some indications of early excavations and opencast mines from the 18th and 19th century on the western and southwestern edge of Lucherberg's former village center. Lignite had only been excavated at an "industrial" scale in the Lucherberg region as recently as the 19th century, initially through underground mining and later also through surface mining.

Between 1899 and 1901, lignite was extracted on the southwestern edge of the former Lucherberg site through underground mining in three separate mining fields. The extraction levels of the mining fields, which each have a base area ranging between 1000 m² and 4500 m² in size, are located at a depth of 15 m to 20 m. At that time, underground mining was generally carried out with the "room-and-pillar caving" method; in order to support the topwall, coal pillars were initially left standing and then extracted at a later time. This caused the overburden to fall as debris in the excavation area which, in turn, resulted in loosening the hanging overburden.

The mining fields were developed through a "haulage tunnel" which was approx. 500 m long and had been driven to the lignite seam at about the extraction levels (Figure 3). The haulage tunnel is located at a depth of approx. 20 m; the tunnel's cross section is estimated to be approx. 2.0 m × 2.5 m. Two shafts are documented on the northeastern edge of the central mining field (see Figure 3).

Between 1901 and 1929, lignite was extracted at a fairly large scale in three opencast mines which were located to the west, southwest, and south of Lucherberg (opencast mines Lucherberg 1, 2, and 3, see Figure 3). That is why sections of the previous underground mine were dismantled. The Lucherberg 2 opencast mine dismantled

signifikanten Grundwasserstandsänderungen gegenüber den heutigen Verhältnissen erwartet.

3 Bergbauliche Bestandsaufnahme

Erste Spuren des Braunkohlenabbaus sind im Bereich der Goltsteingrube bereits aus dem 14. Jahrhundert dokumentiert [4]. Die erste Konzession wurde 1821 an den Freiherrn von Goltstein vergeben; das Grubenfeld umfasste damals eine Fläche von rd. 2,5 km². Heute gehört die Goltsteingrube zum Konzessionsgebiet der RWE Power AG.

Im Rahmen der Auswertung der Grubenbilder und historischer topographischer Karten ergaben sich Hinweise auf frühe Grabungen und Tagebaue aus dem 18. und 19. Jahrhundert im westlichen und südwestlichen Randbereich des ehemaligen Ortskerns von Lucherberg. In „industriellem“ Umfang wurde im Umfeld von Lucherberg erst seit dem Ende des 19. Jahrhunderts zunächst ein untertägiger und dann auch ein überflächiger Abbau der Braunkohle betrieben.

In der Zeit zwischen 1899 und 1901 wurde die Braunkohle am SW-Rand der damaligen Ortslage Lucherberg unterflächig in drei räumlich getrennten Abbaufeldern abgebaut. Die Abbausohlen der auf einer Grundfläche zwischen 1000 und 4500 m² aufgefahrenen Abbaufelder liegen in einer Teufe zwischen 15 und 20 m. Der unterflächige Abbau erfolgte zu jener Zeit im Allgemeinen im „Pfeilerbruchbau“; zur Stützung des Hangenden ließ man zunächst Kohlepfeiler stehen, die dann aber nachträglich gewonnen wurden. Das Deckgebirge verstrückte dabei in den Abbaubereich, was zu einer Auflockerung des hangenden Deckgebirges bzw. lokal auch zu Geländesenkungen führte.

Die Abbaufelder waren durch einen im Braunkohleflöz etwa im Niveau der Abbausohlen aufgefahrenen, rd. 500 m langen „Förderstollen“ erschlossen (Abbildung 3). Der Förderstollen liegt in einer Teufe von ca. 20 m; der Stollenquerschnitt wird mit rd. 2,0 m × 2,5 m angenommen. Am NE-Rand des mittleren Abbaufeldes sind zwei Schächte dokumentiert (siehe Abbildung 3).

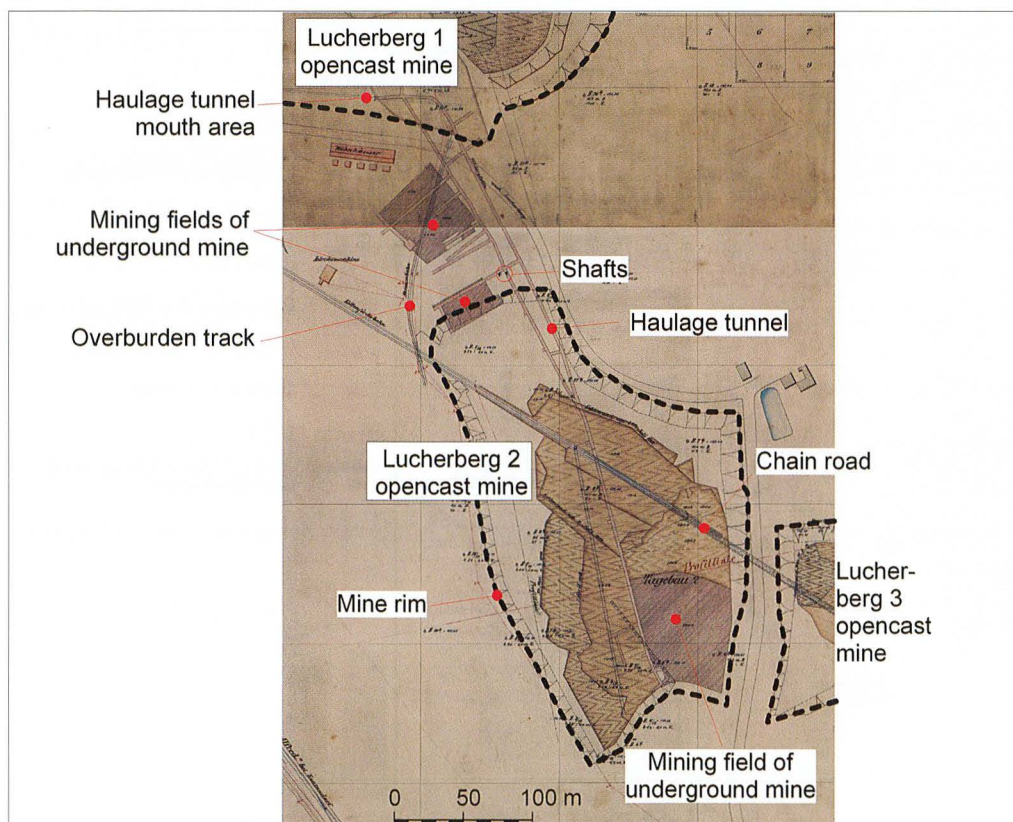


Fig. 3:
Underground mining and subsequent opencast mining in the Lucherberg district (layout of the Goltsteingrube mine from 1903, original scale: 1:1000, updated until 1929)

Abb. 3:
Tiefbergbau und nachfolgender Tagebau im Bereich Lucherberg (Grubenbild Goltsteingrube von 1903, Originalmaßstab 1:1000, nachgetragen bis 1929)

the southern section of the haulage tunnel and probably also swept away the southern mining field of the underground mine in order to extract the remaining coal in this location.

The Lucherberg 1 opencast mine was built in the mouth area of the haulage tunnel so that here also older roads in the haulage tunnel and the adjacent excavations no longer exist today. It is, thus, assumed that today, the road system in the underground mines only includes the mostly parallel main roads of the haulage tunnel which are approx. 270 m long and are located between the northern mining field and the northern coal rim of the former Lucherberg 2 opencast mine as well as the associated crosscuts. The loose rocks above the tunnel roofs are estimated to have a thickness of around 9 m to a maximum of 15 m.

The opencast mines Lucherberg 1 and 2 were separated by coal pillars having a width of approx. 50 m but were connected by a 100 m long "tunnel for the chain road" (see Figure 3). The tunnel's overlying strata below the road has a thickness of approx. 19 m while the tunnel's cross section is 3.0 m × 3.5 m; no information on its support structure was found. In the opencast mine Lucherberg 2, the tunnel was partially dismantled and, subsequently, filled at the time when the residual opencast mining hole was filled. In the opencast mine Lucherberg 3, the tunnel level is now below the water level of the residual void, Lake Lucherberg. No information is available on any protective measures that might have been carried out on the tunnel structure.

Another flat tunnel connection supposedly existed between the opencast mines Lucherberg 1 and 2 where the "overburden track" of the Lucherberg 1 opencast mine crosses a road (see Figure 3). However, no concrete information was found on the exterior formation of this intersection zone; even an above-ground route cannot be ruled out.

After lignite excavation had come to an end, the opencast mines Lucherberg 1 and 2 were backfilled; the Lucherberg 3 opencast mine was flooded and forms "Lake Lucherberg" today. Within the scope of the recultivation measures of the Lucherberg 2 opencast mine which began in the mid-1950s, the area was prepared for a housing project, an athletic field, and small gardens. The cur-

Zwischen 1901 und 1929 erfolgte der Braunkohlenabbau dann großflächig in drei im Westen, Südwesten und Süden von Lucherberg angelegten Tagebauen (siehe Abbildung 3: Tagebaue Lucherberg 1, 2 und 3). In diesem Zusammenhang wurden Teilbereiche des vorangegangenen Tiefbergbaus zurückgebaut. Mit dem Tagebau Lucherberg 2 wurde der südliche Abschnitt des Förderstollens zurückgebaut und möglicherweise auch das südliche Abbaufeld des Tiefbergbaus überfahren, um hier die Restkohle zu gewinnen.

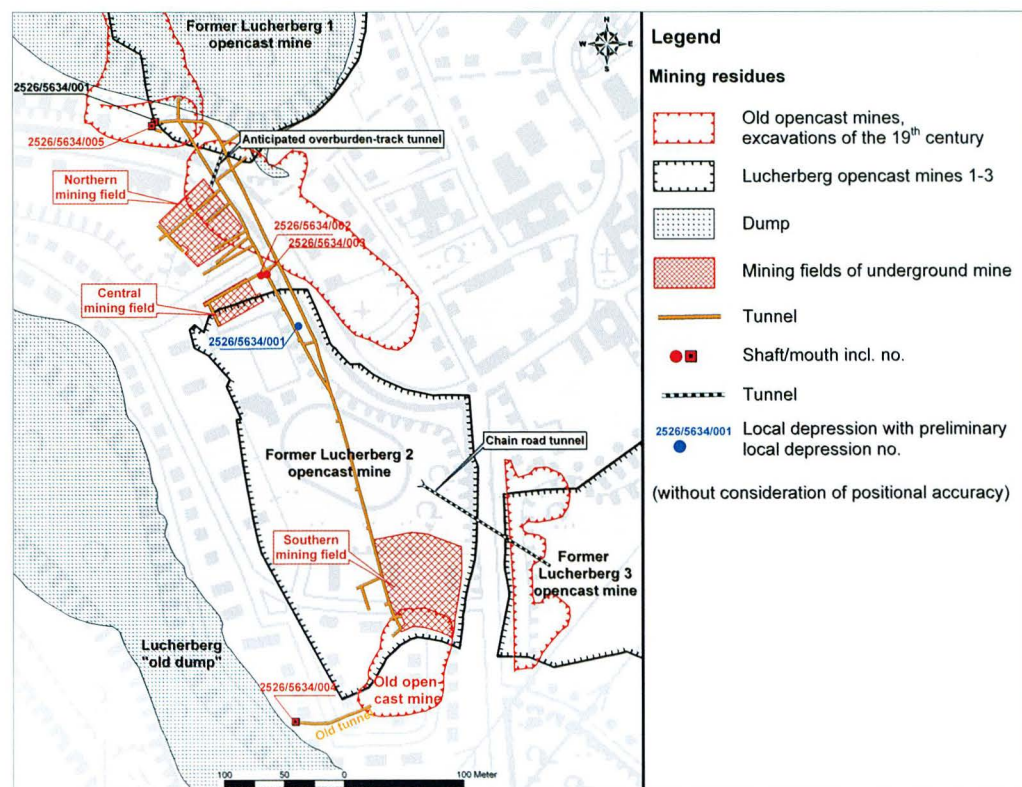
Der Tagebau Lucherberg 1 erfasste den Mundlochbereich des Förderstollens, so dass auch ältere Strecken des Förderstollens sowie der benachbarten Grabungen heute nicht mehr vorhanden sind. Somit umfasst das Streckensystem des Tiefbergbaus heute wahrscheinlich noch die rd. 270 m langen weitgehend parallelen Hauptstrecken des Förderstollens zwischen dem nördlichen Abbaufeld und dem nördlichen Kohlenrand des ehemaligen Tagebaus Lucherberg 2 sowie die zugehörigen Querschläge. Die Lockergesteinsüberlagerung der Stollenfirste wird mit rd. 9 bis maximal 15 m angenommen.

Die durch eine rd. 50 m breite Kohlefeste getrennten Tagebaue Lucherberg 2 und 3 waren durch den rd. 100 m langen „Tunnel für die Kettenförderstrecke“ verbunden (siehe Abbildung 3). Die Überdeckung des Tunnels beträgt unterhalb der Straße rd. 19 m bei einem Tunnelquerschnitt von 3,0 m × 3,5 m; Angaben zum Ausbau lagen nicht vor. Im Tagebau Lucherberg 2 wurde der Tunnel teilweise zurückgebaut und anschließend im Zuge der Verfüllung des Tagebaurestloches überkippt. Das Tunnelniveau liegt heute unterhalb des Wasserspiegels des Lucherberger Sees. Über gegebenenfalls durchgeführte Sicherungsmaßnahmen an dem Tunnelbauwerk lagen keine Erkenntnisse vor.

Eine weitere flache Tunnelverbindung war zwischen den Tagebauen Lucherberg 1 und 2 zu vermuten, wo die „Abraumbahn“ des Tagebau Lucherberg 1 eine Straße quert (siehe Abbildung 3). Zur Ausbildung dieses Querungsbereiches lagen allerdings keine konkreten Angaben vor; auch eine übermäßige Trassenführung war nicht auszuschließen.

Die Tagebaue Lucherberg 1 und 2 wurden nach Beendigung des Braunkohlenabbaus verkippt; der Tagebau Lucherberg 3 wurde

Fig. 4:
Current surface use of the former
Goltsteingrube mining area
Abb. 4:
Heutige Flächennutzung im
Altbergbaubereich der Goltstein-
grube



rent situation of the old mining district with its mining residues is depicted in Figure 4.

4 Basic technical principles of risk assessment

Where near-surface residual cavities of former mine structures can still have an impact on the ground surface today, a certain "risk" for the ground surface cannot be ruled out entirely. Recommendations for the analysis and assessment of such risks were prepared by the Work Group 4.6 of the Engineering Geology Chapter of the German Geotechnical Society (DGGT) [5]. According to these recommendations, the extent of the risk is assessed in a scientific-technical sense as a product of the probability of it occurring and the anticipated extent of the resultant damage in case such an undesired incident were to occur.

Generally speaking, the assessment of such risks can only be based on the relative probability of such an event actually occurring because, for example, determining the exact time of such an undesirable incident (e.g. the collapse of a residual underground cavity) is normally not possible. That is why the probability of such an undesirable incident actually occurring and its dimension is ascertained in relation to the size and depth of the residual cavity, the soil-mechanical and/or rock-mechanical properties of the hanging layers as well as the groundwater situation. Various empirical, analytical and numerical procedures are available for such an estimation [6, 7]. For the evaluation of old mining districts, a classification system based on four impact categories ranked according to the probability of their occurrence has become firmly established in North Rhine-Westphalia as a basis for assessing the potential impact of mining residues on the ground surface ("impact potential") (Table 1).

Table 1: Impact categories (IC) used to assess the potential impact of old mining residues in North Rhine-Westphalia

IC 1	High risk of local depression or subsidence/settling (concrete mining or development work in impact-relevant area)
IC 2	Probable risk of local depression or subsidence/settling (presumed mining or development work in impact-relevant area)
IC 3	Risk of local depression or subsidence/settling improbable (mining work in impact-relevant area cannot be ruled out)
	Secured areas and areas with proven stability

However, the classification criteria which assign the mining residues to the various impact categories have to be redefined for each old mining area on the basis of the local mining, geological, and hydrogeological data and circumstances. The location of the zones affected by ascertained mining residues found in the old mining districts are recorded on the maps according to the above mentioned impact categories.

The extent of the damage depends primarily on current and/or future land utilization and the extent of the anticipated ground movement. The risk assessment has to be made separately for the respective assets that need to be protected (e.g. persons, traffic, technical facilities, buildings). As a general principle, a higher risk has to be assumed for near-surface residual cavities and shafts of old mines which are found in densely cultivated zones and traffic areas.

5 Potential impact zones resulting from the mining residues of the Goltsteingrube mine

Today, there is a potential threat to the ground surface of the Goltsteingrube district which is primarily due to the residues of underground lignite extraction as well as the underground operational roads of the subsequent opencast mines.

geflutet und bildet heute den „Lucherberger See“. Mitte der 50er-Jahre begann man im Rahmen der Rekultivierung des Tagebaus Lucherberg 2 mit der Herrichtung der Flächen für den Bau einer Siedlung, eines Sportplatzes und einer Kleingarten-Kolonie. Die heutige Situation des Altbergbaubereiches mit den bergbaulichen Hinterlassenschaften zeigt Abbildung 4.

4 Fachtechnische Grundlagen der Risikobewertung

Dort, wo noch heute tagesnahe Resthohlräume ehemaliger Grubenbaue auf die Geländeoberfläche einwirken können, ist ein Risiko für die Tagesoberfläche gegeben. Empfehlungen für die Analyse und Bewertung solcher Risiken wurden durch den Arbeitskreis 4.6 der Fachsektion Ingenieurgeologie der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik (DGGT) erarbeitet [5]. Die Größe des Risikos bemisst sich danach im wissenschaftlich-technischen Sinne als Produkt von Eintrittswahrscheinlichkeit und dem zu erwartenden Schadensausmaß eines unerwünschten Ereignisses.

Für die Bewertung des Risikos können in der Regel nur relative Eintrittswahrscheinlichkeiten zugrunde gelegt werden, da z.B. die konkrete Bestimmung des Zeitpunktes eines unerwünschten Ereignisses (z.B. Verbruch eines untertägigen Resthohlraums) in der Regel nicht möglich ist. Die Eintrittswahrscheinlichkeit eines unerwünschten Ereignisses und deren Größenordnung wird dazu u.a. in Abhängigkeit von der Größe und der Tiefe des Resthohlraums, den ingenieurgeologisch-hydrogeologischen Verhältnissen sowie den boden- bzw. felsmechanischen Eigenschaften der Hangendschichten festgelegt. Für eine entsprechende Abschätzung stehen verschiedene empirische, analytische und numerische Verfahren zur Verfügung (u.a. [6], [7]). In Nordrhein-Westfalen hat sich bei der Bearbeitung von Altbergbaubereichen als Grundlage für die Bewertung der möglichen Einwirkungen aus bergbaulichen Hinterlassenschaften auf die Tagesoberfläche („Einwirkungspotenzial“) eine nach Eintrittswahrscheinlichkeiten gestufte Klassifizierung in vier Einwirkungsklassen etabliert (Tabelle 1).

Tab. 1: Einwirkungsklassen (EK) zur Bewertung des Einwirkungspotenzials von Hinterlassenschaften des Altbergbaus in Nordrhein-Westfalen

EK 1	Tagesbruch-, Senkungs-/Setzungsgefährdung mit hoher Wahrscheinlichkeit vorhanden (konkreter Abbau bzw. Aufschlüsse im einwirkungsrelevanten Bereich)
EK 2	Tagesbruch-, Senkungs-/Setzungsgefährdung wahrscheinlich vorhanden (vermuteter Abbau im einwirkungsrelevanten Bereich)
EK 3	Tagesbruch-, Senkungs-/Setzungsgefährdung mit nur geringer Wahrscheinlichkeit vorhanden (nicht auszuschließen der Abbau im einwirkungsrelevanten Bereich)
	Gesicherte Flächen bzw. Flächen mit nachgewiesener Standsicherheit

Dabei müssen die Zuordnungskriterien für die Einstufung der bergbaulichen Hinterlassenschaften zu den einzelnen Einwirkungsklassen für jeden Altbergbaubereich auf der Grundlage der lokalen bergbaulichen, geologischen und hydrogeologischen Gegebenheiten jeweils neu definiert werden. Die für einen Altbergbaubereich ermittelten Einwirkungsbereiche bergbaulicher Hinterlassenschaften werden entsprechend ihrer Zuordnung zu den oben beschriebenen Einwirkungsklassen in Karten dargestellt. Dabei sind jeweils auch die Lagegenauigkeiten zu berücksichtigen, die sich aus der Auswertung des Grubenbildes ergeben.

Das Schadensausmaß ist im Wesentlichen abhängig von der heutigen bzw. zukünftigen Flächennutzung und dem Ausmaß der zu erwartenden Bodenbewegungen. Die Bewertung des Risikos muss im Einzelfall für die jeweiligen Schutzgüter (z.B. Personen, Verkehr, technische Einrichtungen, Gebäude) erfolgen. Ein höheres

As to the applied extraction method (the "room-and-pillar caving" method) for the underground mining fields, it was presumed that the former extraction cavities have all essentially caved in, and that the overlying overburden is quite loose. The excavation history makes it unlikely that any impact-relevant residual cavities existed; however, it was not possible to rule them out entirely. Based on the evaluation of the mine layout, the impact zones of the underground mining fields were, therefore, classified as impact category 3.

For the near-surface tunnel roads of the late 19th century, which had generally been built with wood, it has to be assumed on the basis of general experience that they have probably all caved in due to their long stand-up time in the loose material. However, it cannot be ruled out entirely that some local tunnel sections are still intact and that, thus, impact-relevant residual cavities probably still exist underground. Based on the evaluation of the mine layout, the tunnel roads of underground mines outside the mining fields were, therefore, classified as impact category 2. A lower impact potential was calculated for the road sections of the haulage tunnel located in the later Lucherberg 1 opencast mine and its crosscuts because these road sections had most likely been dismantled in the opencast mining zone (impact category 3).

Due to the estimated large volume of the primary cavity and despite the comparably extensive overlying strata, it was not possible to rule out an impact for the ground surface in the area of the overpass for the "chain road" tunnel. Since no concrete findings were available on its support structure or any other protective measures, this tunnel was initially classified as impact category 1. A similar assessment was also made for the "overburden track" tunnel which is assumed to be much flatter. It is also assumed that a similar, increased impact potential exists for the shafts.

An increased risk had to be assumed for those areas which affect public roads; namely, the tunnel roads of the chain road and overburden track as well as the two shafts on the haulage tunnel.

For these three areas, additional on-site studies were carried out in order to ascertain their concrete impact potential.

6 On-site explorations

The exploration of the tunnel roads (chain road, overburden track) was carried out in three separate steps:

1. Applying pressure soundings in accordance with DIN 4094 to localize the position of anticipated tunnel roads.
2. Applying core drillings for detailed exploration of the road condition in conspicuous areas.
3. Camera inspection of established boreholes where cavities had been identified.

The pressure soundings were carried out up to a drilling depth of 19 m. The shafts were localized through small-scale percussion drilling in accordance with DIN 4021 up to a drilling depth of 13 m.

6.1 "Chain road"

The position of the tunnel on the chain road was localized with three pressure soundings, and the general condition as well as the course of the tunnel were subsequently explored with 6 core drillings along the tunnel axis. The chain road was localized without any significant deviations in its position as depicted in the mine layout at a depth of approx. 19 m and a height of 3.0 m to 3.5 m in the lower section of the lignite seam. The tunnel road was filled mostly with broken bricks; and the camera inspection of two boreholes revealed a sort of bulky pile of building rubble (broken bricks) in the tunnel's cross section. Residual cavities with a clear height of approx. 1 m were ascertained at the tunnel's roof level. The groundwater level was encountered above the tunnel roof at a depth of approx. 15 m below the top ground surface. The

Risiko ist grundsätzlich für die in dicht bebauten Bereichen und Verkehrsflächen vorhandenen tagesnahen Resthohlräume und Schächte des Altbergbaus anzusetzen.

5 Potenzielle Einwirkungsbereiche bergbaulicher Hinterlassenschaften der Goltsteingrube auf die Tagesoberfläche

Im Bereich der Goltsteingrube können Einwirkungen auf die Tagesoberfläche heute im Wesentlichen noch von den Hinterlassenschaften des untertägigen Braunkohlenabbaus sowie der untertägigen Betriebsstrecken der späteren Tagebaue ausgehen.

Für die untertägigen Abbaufelder war es unter Berücksichtigung der angewendeten Abbaumethode („Pfeilerbruchbau“) als wahrscheinlich anzunehmen, dass die ehemaligen Abbauhohlräume weitgehend verbrochen sind und das überlagernde Deckgebirge stark aufgelockert ist. Das Vorhandensein einwirkungsrelevanter Resthohlräume war hier aufgrund der Abbauhistorie unwahrscheinlich, aber nicht völlig auszuschließen. Auf der Grundlage der Grubenbilddauswertung wurden die Einwirkungsbereiche der Abbaufelder des Tiefbergbaus daher der Einwirkungsklasse 3 zugeordnet.

Die oberflächennahen, im Allgemeinen mit Holz ausgebauten Stollenstrecken des späten 19. Jahrhunderts sind nach allgemeiner Erfahrung aufgrund der langen Standzeiten im Lockermaterial weitgehend verbrochen. Allerdings ist nicht auszuschließen, dass lokal Stollenabschnitte noch intakt und damit durchaus noch einwirkungsrelevante Resthohlräume im Untergrund vorhanden sind. Auf der Grundlage der Grubenbilddauswertung wurden die Stollenstrecken des Tiefbergbaus außerhalb der Abbaufelder daher der Einwirkungsklasse 2 zugeordnet. Für die im späteren Tagebau Lucherberg 1 gelegenen Streckenabschnitte des Förderstollens und seine Querschläge war ein geringeres Einwirkungspotenzial anzusetzen, da diese Streckenabschnitte im Tagebaubereich wahrscheinlich zurückgebaut wurden (Einwirkungsklasse 3).

Für den Tunnel der „Kettenförderstrecke“ konnten aufgrund des anzunehmenden großen Primärhohlraumvolumens trotz der vergleichsweise großen Überlagerung Einwirkungen auf die Tagesoberfläche im Bereich der Hochstraße nicht ausgeschlossen werden. Da keine konkreten Erkenntnisse über den Ausbau oder Sicherungsmaßnahmen vorlagen, wurde dieser Tunnel zunächst der Einwirkungsklasse 1 zugeordnet. Eine entsprechende Bewertung wurde auch für den wesentlich flacher zu vermutenden Tunnel der „Abraumbahn“ vorgenommen. Ein erhöhtes Einwirkungspotenzial war darüber hinaus auch für die Schächte anzusetzen.

Ein erhöhtes Risiko war für die Bereiche anzunehmen, in denen die Einwirkungsklasse 1 Verkehrsflächen betrifft; hierbei handelt es sich um die Tunnelstrecken von Kettenförderstrecke und Abraumbahn sowie die beiden Schächte auf dem Förderstollen.

Für diese drei Bereiche wurden weitergehende vor Ort-Untersuchungen zur Klärung des konkreten Einwirkungspotenzials durchgeführt.

6 Erkundungsuntersuchungen vor Ort

Die Erkundung der Tunnelstrecken (Kettenförderstrecke, Abraumbahn) wurde stufenweise in drei Arbeitsschritten ausgeführt:

1. Abteufen von Drucksondierungen nach DIN 4094 zur Erkundung der Lage der vermuteten Tunnelstrecken,
2. Abteufen von Kernbohrungen zur Detailerkundung des Streckenzustandes in auffälligen Bereichen,
3. Kamerabefahrung in ausgebauten Bohrlöchern, bei denen Hohlräume angetroffen wurden.

findings of the drilling indicate that the tunnel had been filled with building rubble after 1945 and that only residual cavities at the tunnel's roof level remain today. With the drilling, it was possible to determine that the tunnel road has a length of ≤ 60 m.

6.2 "Overburden track" tunnel

The upper rim of the lignite seam was encountered at a depth of approx. 5 m to 7 m in the area where a possible tunnel section of the overburden track had been anticipated; here, the lignite seam has a thickness of approx. 14 m. No indications of a potential overburden track tunnel were found during the on-site surveys. A total of 23 pressure soundings were applied up to a depth of 17 m. As a result, it can be assumed that the overburden track had most likely been built aboveground.

6.3 Haulage road

During the exploration for a potential overburden track tunnel, a collapsed haulage road, which had originally been built from wood, was detected at a depth of approx. 9 m at the level of the lignite seam. The remains of the wooden construction were clearly identified during the camera inspection (Figure 5); the height of the residual cavity at the tunnel's roof level was estimated to be around 1 m.



Fig. 5: Camera inspection of the exploratory drilling BK4 – broken wooden construction in a residual cavity of the former tunnel's cross section

Abb. 5: Kamerabefahrung der Erkundungsbohrung BK4 – verbrochener Holzausbau in einem Resthohlraum des ehemaligen Stollenquerschnittes

This tunnel road was thought to be part of the "haulage tunnel." The results of the survey revealed that in this section local residual cavities can be expected at the tunnel road level in the former underground lignite mine.

6.4 Shafts

The potential location of the two shafts of the underground lignite mine was explored through small scale percussion drillings to the level of the former tunnel floor. It was discovered that the shafts are located in an area where a local excavation might have been carried out along the northern edge of the Lucherberg 2 open-cast mine in conjunction with its operation. In the course of these excavations, the shafts had been dismantled to a large extent; there is, therefore, no longer the threat of an impact on the ground surface at this location today.

Bei den Drucksondierungen ergaben sich Bohrtiefen von bis zu 19 m. Die Aufsuchung der Schächte erfolgte mittels Kleinrammbohrungen nach DIN 4021 bei Bohrteufen bis 13 m.

6.1 „Kettenförderstrecke“

Die Lage des Tunnels der Kettenförderstrecke wurde durch drei Drucksondierungen ermittelt und der Zustand sowie der Verlauf des Tunnels anschließend mit sechs Kernbohrungen entlang der Tunnelachse erkundet. Die Kettenförderstrecke wurde entsprechend den Darstellungen im Grubenbild ohne signifikante Lageabweichung in einer Teufe von rd. 19 m und mit einer Höhe von 3,0 bis 3,5 m im unteren Abschnitt des Braunkohleflözes angetroffen. Gemäß den Ergebnissen der Kamerabefahrung von zwei Bohrlöchern liegt im Tunnelquerschnitt eine Art grobe Blockhalde von Bauschutt (Ziegelbruch) vor. Im Niveau der Tunnelfirste wurden Resthohlräume mit einer lichten Höhe von rd. 1 m festgestellt. Der Grundwasserspiegel wurde oberhalb der Tunnelfirste, in einer Teufe von rd. 15 m angetroffen. Die Bohrergergebnisse deuten darauf hin, dass der Tunnel nach 1945 mit Bauschutt verfüllt wurde und heute nur noch Resthohlräume im Niveau der Tunnelfirste vorhanden sind.

6.2 Tunnel der „Abraumbahn“

In dem potenziellen Lagebereich einer möglichen Tunnelstrecke der Abraumbahn wurde die Oberkante des Braunkohleflözes in einer Teufe zwischen rd. 5 und 7 m angetroffen; die Mächtigkeit des Braunkohleflözes beträgt hier rd. 14 m. Im Rahmen der Vor-Ort-Untersuchungen wurden keine Hinweise auf einen möglichen Tunnel der Abraumbahn festgestellt. Insgesamt 23 Drucksondierungen wurden hier bis in 17 m Teufe abgeteuft; der potenzielle Lagebereich wurde vollständig erkundet. Im Ergebnis war daher davon auszugehen, dass die Abraumbahn übertäglich angelegt war.

6.3 Förderstollen

Im Rahmen der Erkundung des möglichen Tunnels der Abraumbahn wurde in rd. 9 m Teufe im Niveau des Braunkohleflözes eine ehemals mit Holz ausgebaute verbrochene Förderstrecke angetroffen. Die Reste des Holzausbaus waren im Rahmen der Kamerabefahrung gut zu erkennen (Abbildung 5); die Höhe des Resthohlraums im Niveau der Stollenfirste wurde mit rd. 1 m abgeschätzt.

Diese Stollenstrecke wurde als Teil des „Förderstollens“ interpretiert. Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass in diesem Bereich lokal mit dem Vorhandensein von einwirkungsrelevanten Resthohlräumen im Niveau der Stollenstrecken des ehemaligen Braunkohletiefbergbaus gerechnet werden muss.

6.4 Schächte

Die potenzielle Lage der beiden Schächte des Braunkohletiefbergbaus wurde durch Kleinrammbohrungen bis in das Niveau der ehemaligen Stollensohle erkundet. Dabei wurde festgestellt, dass die Schächte im Bereich einer lokalen Abgrabung liegen, die möglicherweise im Zusammenhang mit dem Betrieb des Tagebaus Lucherberg 2 an dessen N-Rand angelegt wurde. Die Schächte wurden im Zuge dieser Abgrabung zurückgebaut, so dass hier heute keine Einwirkungen auf die Tagesoberfläche mehr zu erwarten sind.

7 Risikobewertung auf der Grundlage der Vor-Ort-Untersuchungen

Die Bestandsaufnahme und die nachfolgend durchgeführten Vor-Ort-Untersuchungen [3] haben gezeigt, dass im Untersuchungsgebiet lokal mit dem Vorhandensein von einwirkungsrelevanten Resthohlräumen bzw. Auflockerungszonen eines ehemaligen untertägigen Abbaus von Braunkohle bzw. untertägigen Strecken

7 Risk assessment based on on-site examinations

The survey of the actual status and the subsequent on-site examinations [3] have clearly demonstrated that impact-relevant residual cavities and/or loosening bulking zones resulting from the former underground lignite extraction and/or underground roads of the subsequent opencast mining operation actually do exist and can be expected at specific locations in the surveyed area. Compared to the preliminary tests, it was actually possible to reduce the extent of the impact zones in the explored areas. In some specific sections, no evidence was found for a possible impact resulting from the mining operations. Figure 6 provides an overview of the impact zones resulting from mining residues in the Goltsteingrube district which were ascertained with the help of the exploration measures.

On the basis of on-site surveys, a significantly lower impact potential was ascertained for the chain road tunnel than expected with respect to the evaluation status of the mine layout because the former cross section of the tunnel had been filled almost completely. Considering the overburden structure, however, impacts on the ground surface cannot be ruled out completely because it was discovered that the residual cavities in the roof zone of the tunnel have an approximate height of 1 m. This area was, thus, classified as impact category 2. The same applies to the impact potential of the roads in the haulage tunnel as indicated by the findings of the drilling; the impact potential that had been assessed during the preliminary examinations was confirmed.

Potential ground movement in these sections will, if at all, generally appear as flat settlement craters due to the prevailing underground conditions.

For those sectors of the investigated zone which have to be assigned a comparably higher risk due to the utilization of the land, the following recommendations for action were made:

- At the intersection of underground tunnel tracks and roads, even slight ground depressions in the road zones can impair road safety. The concerns for an increased risk can be met through regular observations.

des nachfolgenden Tagebaubetriebs zu rechnen ist. In den erkundeten Bereichen konnten die Einwirkungsbereiche gegenüber den Voruntersuchungen entsprechend verkleinert werden. Für einzelne Bereiche hat sich der Verdacht auf mögliche bergbauliche Einwirkungen nicht bestätigt. Einen Überblick über die auf der Grundlage der Ergebnisse der Erkundungsmaßnahmen ermittelten Einwirkungsbereiche der bergbaulichen Hinterlassenschaften im Bereich der Goltsteingrube gibt Abbildung 6.

Für den Tunnel der Kettenförderstrecke konnte auf der Grundlage der Vor-Ort-Untersuchungen gegenüber dem Stand der Grubenbilddauswertung aufgrund der weitgehenden Verfüllung des ehemaligen Tunnelquerschnittes ein deutlich geringeres Einwirkungspotenzial angesetzt werden. Unter Berücksichtigung des Untergrundaufbaus, der zukünftigen Tagebauentwicklung und der damit einhergehenden hydrologischen Situation sind bei den ermittelten Resthohlraumvolumina von rd. 1 m Höhe Einwirkungen auf die Tagesoberfläche jedoch nicht auszuschließen. Für diesen Bereich erfolgte daher eine Einstufung in die Einwirkungsklasse 2. Entsprechend ist auch das Einwirkungspotenzial der Strecken des Förderstollens nach den Bohrergebnissen anzusetzen; hier hat sich die Bewertung des Einwirkungspotenzials aus den Voruntersuchungen bestätigt.

Mögliche Bodenbewegungen in diesen Bereichen werden sich bei den vorliegenden Untergrundverhältnissen allenfalls in Form von flachen Senkungsmulden äußern.

Für Bereiche innerhalb des Untersuchungsgebietes, denen aufgrund der Flächennutzung ein vergleichsweise erhöhtes Risiko zuzuordnen ist, wurden folgende Handlungsempfehlungen erarbeitet:

- Für die Querungsbereiche von untertägigen Stollen-/Tunnelstrecken und Straßen können auch leichte Bodensenkungen im Straßenbereich zu einer Beeinträchtigung der Verkehrssicherheit führen. Dem erhöhten Risiko kann durch eine regelmäßige Beobachtung Rechnung getragen werden.
- Im Hinblick auf den Tagebau Inden wird eine Verfüllung der in der Kettenförderstrecke angetroffenen Hohlräume mittels hydraulisch abbindendem Material empfohlen.
- Bei Neubaumaßnahmen auf altbergbaulich beeinflussten Flächen sind die Gründungen an die aufgelockerten Untergrundverhältnisse anzupassen.

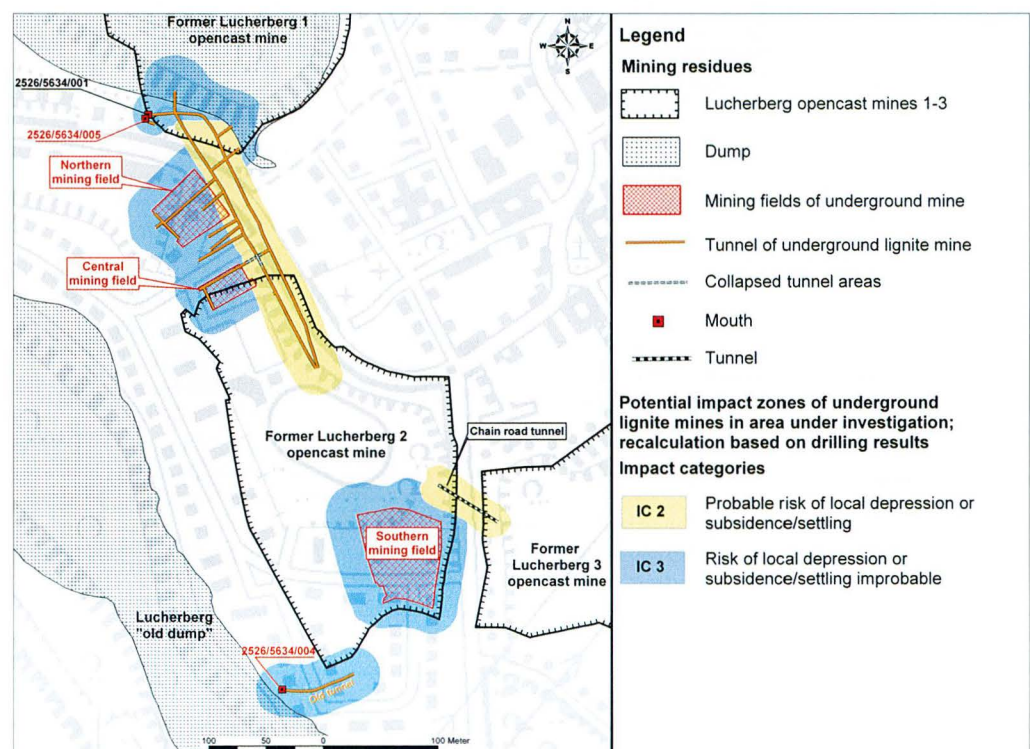


Fig. 6:
Evaluation of the impact potential
of mining residues according to
impact categories

Abb. 6:
Bewertung des Einwirkungs-
potenzials der bergbaulichen
Hinterlassenschaften anhand von
Einwirkungsklassen

- With regard to the Inden opencast mine, it is recommended that the cavities identified on the chain road are filled with hydraulic sealants.
- When new structures are built on areas affected by old mines, the foundations have to be adjusted to the loose underground conditions.

8 Outlook/Next steps

The surveys which were undertaken to explore and assess the impact potential of residues from old lignite mining in the "Goltsteingrube" district were carried out in close conjunction with the mining authority, the affected municipality, and the mine owner. By ascertaining the concrete risk, it was possible to establish a solid basis for reliable long-term planning in the Inden opencast mine with regard to an exact assessment of the old mine. In addition, a concrete basis for the evaluation of the land development plan is now available for the municipality of Inden. It is, thus, possible to rule out any potential hazards for the ground surface. RWE Power has filled the cavities in the chain road in line with the recommendations for action.

References / Literatur

- [1] JÄGERSBERG, K. (2001): Handlungsfelder der Bergbehörden bei der Bewältigung der Altbergbau-Problematik nach dem Tagesbruch in Bochum-Höntrop am 2. Januar 2000. – Tagungsband anlässlich des 1. Altbergbau-Kolloquiums am 8. und 9. November 2001 in Freiberg/Sa.: S. 18-21, 3 Abb.; Essen (Verlag Glückauf).
- [2] WELZ, A. (2001): Vorgehensweise bei der Grundlagenerarbeitung für die Untersuchung und Sicherung der Tagesoberfläche in Altbergbaugebieten am Beispiel „Bochum-Höntrop“ – Tagungsband anlässlich des 1. Altbergbau-Kolloquiums am 8. und 9. November 2001 in Freiberg/Sa.: S. 58-62; Essen (Verlag Glückauf).
- [3] Ingenieurbüro Heitfeld-Schetelig GmbH (12. März 2008): Gesamtbericht zu den Ergebnissen der Bestandsaufnahme und der vor Ort-Erkundung der altbergbaulichen Hinterlassenschaften im Bereich der ehemaligen Braunkohlengrube „Goltstein“ in Lucherberg, Kreis Düren. – Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag der Bezirksregierung Arnsberg: 17 S., 1 Abb., 3 Anl.; Aachen.
- [4] WUTZLER, B. (1989): Zur Entwicklung des Braunkohlenbergbaus am Nordrand der Eifel – Braunkohle, Heft 10, S. 358-363, 7 Abb.; Clausthal-Zellerfeld.
- [5] Arbeitskreis 4.6 der Fachsektion Ingenieurgeologie der DGGT (2004): Empfehlung „Geotechnisch-markscheiderische Untersuchung und Bewertung von Altbergbau“. – Anhang zum Tagungsband anlässlich des 4. Altbergbau-Kolloquiums vom 4. bis 6. November 2004 in Leoben (Österreich): 23 S., 3 Abb., 7 Tab.; Essen (Verlag Glückauf).
- [6] MAINZ, M. (2007): Geotechnische Modellvorstellungen zur Abschätzung von Gefährdungsbereichen des Altbergbaus und Schachtschutzbereichen im Aachener Steinkohlenrevier. Dissertation an der RWTH Aachen: 158 S., 55 Abb., 8 Tab.; 2 Anl.; Aachen.
- [7] MEIER, G. (2001): Numerische Abschätzung von Tagesbruchgefährdungen in Altbergbaugebieten. – 13. Nationale Tagung für Ingenieurgeologie, Sonderband Geotechnik: S. 95-100, 1 Abb., 1 Tab.; Karlsruhe.

8 Ausblick/Weiteres Vorgehen

Die Untersuchungen zur Erkundung und Bewertung des Einwirkungspotenzials von Hinterlassenschaften des Altbergbaus auf Braunkohle im Bereich der „Goltsteingrube“ wurden im Zeitraum 2006 bis 2008 durchgeführt; die Arbeiten erfolgten in enger Abstimmung zwischen der Bergbehörde, der betroffenen Gemeinde und der RWE Power AG. Mit der Konkretisierung des möglichen Risikos wurde für den Tagebau Inden hinsichtlich der Bewertung des Altbergbaus Planungssicherheit geschaffen. Auch für die Gemeinde Inden liegt nunmehr eine konkrete Bewertungsgrundlage für die Bebauungsplanung vor. RWE Power AG hat mittlerweile den Handlungsempfehlungen entsprechend die Verfüllung der Hohlräume vorgenommen; weiterhin wird eine regelmäßige Beobachtung durchgeführt.