

## Zusammenfassung

Ausgehend von den stratigraphischen, lithofaziellen und lagerstättentypischen Bedingungen des Untersuchungsraumes wird festgestellt, daß es mit der Beherrschung bzw. Bewirtschaftung des Grund- und Oberflächenwassers möglich ist, rationelle Mehrfachnutzungen auf Dauer zu realisieren. Neben dem extrem langsam verlaufenden Wiederanstieg des Grundwassers aus dem natürlichen Dargebot sind die auf Alterungsvorgänge zurückzuführenden Vernässungserscheinungen der bindigen Mischbodenkippen für fast alle Nachnutzungsarten einschränkende Faktoren. Weiterhin wird demonstriert, daß besonders an den Böschungen die öffentliche Ordnung und Sicherheit nur schwierig zu gewährleisten ist. Es wird vorgeschlagen, Tagebaurestlochbereiche bei Eignung vorwiegend speicherwirtschaftlich oder zur geordneten Deponie zu nutzen.

## Summary

*On the problems of subsequent beneficial use of the open mine residual pit areas in the district southwest of the Halle and Rötha disturbance*

Starting from the stratigraphic and lithofacial conditions as well as from those typical of deposits in the explored area it is pointed out that by means of control and management respectively of the subsoil and surface water it is possible to realize efficient multiple beneficial use in the long run. In addition to the ground water increase occurring extremely slowly from the natural resource the wetting phenomena of the mixed soil dumping, which originate in ageing processes are restricting factors for almost all ways of subsequent use. Moreover it is demonstrated that especially at the slopes it is difficult to guarantee public order and safety. The use of open mine residual pit areas (if they are suitable) mainly for economic storage or for ordered deposition is suggested.

<sup>1</sup> Auszug aus einer der Fakultät für Naturwissenschaften des Wissenschaftlichen Rates der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg genehmigten Dissertation (Referent: Prof. (em.) Dr. R. HOHL); zugleich Beitrag aus dem Institut für Wasserwirtschaft Berlin.

# Zur Problematik der Nachnutzung der Tagebaurestlochbereiche im Raum südwestlich der Halleschen und Röthaer Störung<sup>1</sup>

*Mit 4 Abbildungen und 2 Tabellen im Text*

*Autor:*

Dr. BARBARA GABRIEL  
Institut für Wasserwirtschaft Berlin  
Außenstelle Erfurt  
5087 Erfurt  
Haarbergstraße 37

---

Hall. Jb. f. Geowiss. Bd. 7  
Seite 51...66  
VEB H. Haack Gotha 1982

*К проблематике последующего  
использования цон остаточных скважин  
карьеров в районе юго-западнее  
Талльского и Рётского нарушения*

Исходя из стратиграфических, литофациальных и типичных месторождениям условий района исследования установлено, что с освоением, вернее с обработкой грунтовых и поверхностных вод с целью их улучшения становится возможным рациональное многократное использование на длительное время. Наряду с крайне медленно происходящим подъёмом грунтовых вод естественным путём явления мокроты связных смешанных вскоков дугой, которые объясняются процессами старения, являются почти для всех видов использования ограничивающими факторами. В дальнейшем демонстрируется, что особенно на откосах очень трудно обеспечить общественный порядок и безопасность. Предлагается использовать зоны остаточных скважин карьеров преимущественно аккумулирующе или же как свалки мусора, расположенные в соответствии с предписаниями по охране окружающей среды.

## Einleitung

Die sinnvolle Nutzung von Tagebaurestlöchern und Kippengelände wird in der DDR gesetzlich gefordert und ist Bestandteil der sozialistischen Landeskultur. Ein Hauptanliegen des Landeskulturgesetzes ist es, daß trotz der durch die Industrie in immer stärkerem Maße in Anspruch genommenen Naturreichtümer die Erhaltung und Verschönerung der natürlichen Umwelt der Menschen gewährleistet wird.

In den letzten Jahren sind im Einzugsgebiet der Saale und der Weißen Elster, d. h. im Ballungsgebiet Halle—Leipzig (BRENDDEL, HÄNDEL, HOHL und SCHWAB 1972) rund 70 Restlöcher unterschiedlicher Größe entstanden, und weitere werden noch entstehen.

Im allgemeinen verbleiben nach dem Abbau der Braunkohle Hohlräume (Tagebaurestlöcher) sowie Kippen und Halden, die oft morphologische Erhebungen darstellen. Zusammenfassend sollte von Tagebaurestlochbereichen gesprochen werden.

Im Berggesetz (1969) und dem Landeskulturgesetz (1970) wird gefordert, für solche Tagebaurestlochbereiche in kürzester Frist eine zweckmäßige Nachnutzung zu planen, einzurichten und durchzuführen. Restlöcher können allgemein wasserwirtschaftlich (Erholung, Fischzucht, Brauchwasserversorgung in kleinerem Maßstab) oder speicherwirtschaftlich genutzt werden. Besonders in Ballungsgebieten werden die Restlöcher auch zur Beseitigung von Siedlungsabfällen und Industrierückständen dienen müssen. Kippen und Halden werden zumeist land- oder forstwirtschaftlich genutzt; in vielen Fällen sind sie jedoch so gelegen, daß sie mit Verkehrs- oder Industrieanlagen, stellenweise auch mit Wohnungen bebaut werden müssen.

Die Entscheidung über die Art der Nachnutzung bzw. über kombinierte Mehrfachnutzungen eines bestimmten Tagebaurestlochbereiches wird nach dessen Bedeutung in den örtlichen Organen oder auf Bezirksebene gefällt. Als Entscheidungsgrundlage dienen die Auslaufprojekte, die von den Braunkohlenkombinaten zu erarbeiten und von der Bergbehörde und der Wasserwirtschaft zu bestätigen sind.

Diese Regelung war notwendig, weil sich durch die Kohlegewinnung Landschafts- und Wasserhaushalt eines Gebietes stark verändern und Faktoren auftreten können, die die festgelegte Nachnutzungsform beschränken oder sogar ausschließen. Insbesondere rationelle Mehrfachnutzungen erfordern es jedoch, die Nutzungen selbst sowie die öffentliche Ordnung und Sicherheit auf Dauer zu gewährleisten. Das Ergebnis der Arbeit soll dazu dienen, einige der beim Anstieg des Grundwassers zu erwartenden Schwierigkeiten zu erkennen und zu planen.

2.

## Zur Geologie der Braunkohlenlagerstätten südwestlich der Halleschen und Röthaer Störung

Die Braunkohlen des Geiseltales lagern auf der Merseburger Buntsandsteinplatte dem Mittleren und Oberen Buntsandstein auf und sind entstanden durch Subrosion in Verbindung mit saxonischer Bruchbildung (KRUMBIEGEL, KÖCKE und SCHMIDT 1970). Deshalb besitzt die Lagerstätte nur eine verhältnismäßig geringe Ausdehnung (ca. 50 km<sup>2</sup>) bei großen Kohlenmächtigkeiten. Die Schichtenfolge beginnt mit der „Liegenden tertiären Stufe“, die in das Obere Untereozän gestellt wird; es folgen Unterkohle, Mittelkohle und Oberkohle, die jeweils durch sandig-schluffige Mittel voneinander getrennt sind. Diskordant überlagert die obereozäne „Hangende tertiäre Stufe“ die Oberkohle, auf die ebenfalls diskordant das Pleistozän übergreift. Der elsterkaltzeitliche Geschiebemergel beginnt mit dem Dehlitzer Bänderton, der obere Geschiebemergel ist saaleglazial (2. Vorstoß). Mehrere mittelpleistozäne Phasen mit Schichtlücken vertreten die typischen Körbisdorfer Schotter. Die Löss sind der Warthe- und Weichselkaltzeit zuzuordnen (KRUMBIEGEL und SCHMIDT 1968).

Das Geiseltalbecken und das isolierte Roßbacher Becken streichen allgemein flach herzynisch. Die gleichen Streichrichtungen weisen die geologischen Spezialstrukturen, die Becken und Kessel innerhalb der Lagerstätten auf.

Ähnlich wie das Geiseltal aufgebaut oder doch zumindest auch durch Salzwanderung oder -auslaugung genetisch begründet sind die Lagerstätten Nordostthüringens, die Vorkommen Nachterstädt und Oberröblingen und des Subherzynen Beckens, die Lagerstätten der Egelner Nord- und Südmulde sowie der Helmstedter Mulde.

Mit der Halleschen Störung grenzt das Hallesche Vulkanitgebiet an die Merseburger Buntsandsteinplatte. Hier lagert das braunkohleführende Alttertiär unmittelbar dem Rotliegenden auf. Die Lagerstätten sind tektonischer Natur und an kleine abgesunkene Schollen gebunden. Im Raum Halle können die Flöze Wallendorf, Bruckdorf, Schkeuditz, Lochau, Dieskau und Gröbers unterschieden werden.

Im Gebiet von Lützen (Lützener Tiefscholle nach EISSMANN 1968) geht die Merseburger Buntsandsteinplatte in das Weißelsterbecken über, das durch die herzynisch streichende Röthaer Störung in zwei geotektonische Einheiten gegliedert wird. Während auf der Nordwestsächsischen Hochscholle Präkambrium und Permosiles das Untere Tafelstockwerk bilden, sind im Süden, auf der Nordwestsächsischen Tiefscholle und der Lützener Tiefscholle die bis zu 200 m mächtigen Abfolgen des Zechsteins und Buntsandsteins von der intra-tertiären Abtragung verschont geblieben.

Die tertiäre Sedimentation begann im Oberen Eozän im Süden des Weißelsterbeckens und verlagerte sich bis zum Unteren Miozän bis in den Raum nördlich von Leipzig (EISSMANN 1968). Die Schichtenfolge beginnt in der Regel mit dem obereozänen Liegendkieskomplex, der vom Flöz I (Thüringisches Unterflöz) überlagert wird. Im Hangenden folgen die vor allem westlich verbreiteten Flußsande. In sie eingeschaltet bzw. verzahnt mit ihnen sind die Hauptflöze II und III. Die Zeitzer Flußsande wurden durch RAUER (1961), WAGENBRETH (1962) und BELLMANN (1967) als limnisch bis fluviatil erkannt und in das Obere Eozän gestellt. Über den Flußsanden und stellenweise mit diesen verzahnt tritt der Haselbacher Ton auf. Er wird überlagert durch das Flöz IV (Böhlener Oberflöz). Die mitteloligozäne Abfolge schließt mit der Grünsandfolge im Nordteil bzw. den Jüngeren Flußsanden (Pödelwitzer Sande) im Süden des Weißelsterbeckens. Sie wird diskordant überlagert durch den elsterglazialen Bänderton und Geschiebemergel. Im Hangenden schließen

Typ	Begrenzung	Lagerstättentyp	Hydrogeologische Verhältnisse	Vorkommen
I	lokal	nichtepirogenetisch (muldenförmig und tektonisch)	verschiedenartig, mögliche Beeinflussung aus dem Prätertiär, schwierig	Hallesches Revier (Lochau) Geiseltal (Großkayna)
II	regional	epirogenetisch und nichtepirogenetisch (gestört durch Kesselbildung, Einmündung, Erosion)	mehrere Grundwasserstockwerke, oft gespannte Liegendensedimente, schwierig	Weißelsterbecken (Phönix-Nord, Schleenhain, Borna)
III	regional	epirogenetisch	durch pleistozäne Erosion unterschiedlich reduziertes Tertiärprofil stark bis sehr stark wasserführendes, meist fluviatiles Pleistozän, einfach	Lausitzer Urstromtal, Bitterfelder Raum
IV	regional	epirogenetisch	wie III, nur unterschiedlich wasserdurchlässiges bis wasserundurchlässiges Pleistozän, einfach	nördlicher Teil der Lausitzer Warthestadialen Hochfläche (Schlabendorf)
V	regional	epirogenetisch	weitgehend erhaltenes Tertiärprofil, Pleistozän wie IV, einfach	wie IV – südlicher Teil
VI	regional und lokal	epirogenetisch und nichtepirogenetisch	stark glazigen gestörtes Deckgebirge, unübersichtlich, sehr schwierig	Tagebaue im Bereich Muskauer Faltenbogen (Tagebau Berzdorf)

Tabelle 1  
Hydrogeologische Typengliederung von Braunkohlenlagerstätten; zusammengestellt nach MILDE, ARNHOLD (1963) und WAGENBRETH (1958)

sich oft Kiese oder Geschiebesande an. Der saaleglaziale Bänderton unterlagert die beiden oberen Geschiebemergeldecken, die stellenweise Geschiebesande enthalten. Die pleistozäne Abfolge wird bedeckt durch Löß, Elsterschotter oder Auebildungen.

Mit der geologischen Übersicht ist für die zu behandelnde Problematik belegt, daß im Untersuchungsraum Faziesdifferenzierungen und stark schwankende Mächtigkeiten typisch sind. Allgemein überwiegt der Anteil feinklastischer Sedimente in den Schichtenfolgen.

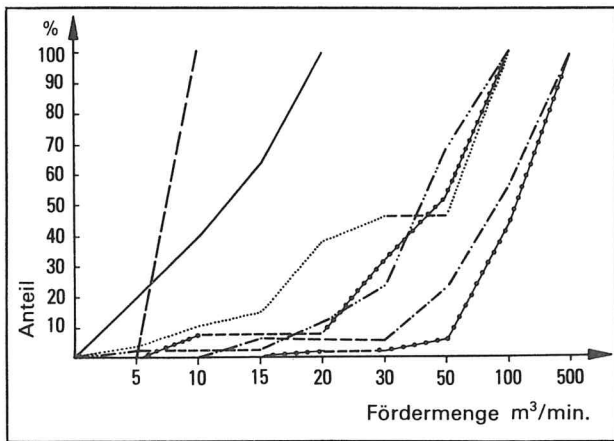
#### *Lagerungsverhältnisse*

Südwestlich der Halleschen und der Röthaer Störung lagert das Obere Tafelstockwerk dem Mittlerem auf; Subrosionserscheinungen, vor allem in Zusammenhang mit dem Zechsteinsalinaren, beeinflussen die Lagerungsverhältnisse der tertiären Schichtenfolgen. Auf der Lützener Tiefscholle und mehr noch auf der Nordwestsäch-

sichen Tiefscholle sind subrosionsbedingte Lagerungsstörungen zu beobachten. Mächtigkeitsanschwellungen in Form von „Kesseln“ entstehen bei syngenetischer Absenkung vor allen im Oberen Eozän, „Löcher“ durch postgenetische Deformation besonders an der Wende Mitteloligozän/Oberoligozän. Die einzelnen Braunkohlenlagerstätten sind im Untersuchungsraum nach ihrem Grobbau (Tabelle 1) in die Typen „epirogenetisch“, „muldenförmig“ und „gestört“ zu gliedern (Abbildung 1).

#### *Die Untersuchungen*

Als Untersuchungsobjekte wurden das Tagebaurestloch Phönix-Nord, eine gestörte Lagerstätte im Bereich der Nordwestsächsischen Tiefscholle, und das Tagebaurestloch Großkayna, eine muldenförmige Lagerstätte im Geiseltal ausgewählt. Die Innenkippen Lochau und Großkayna sowie der Kippendrehpunkt Schleenhain wurden in die Untersuchungen mit einbezogen.



- Typ I
- ..... Typ II
- +— Typ III<sub>A</sub>
- +— Typ III<sub>B</sub>
- Typ IV
- Typ V
- Typ VI

Abbildung 1  
Summen der prozentualen Anteile der Wasserförderung an den Mengengruppen innerhalb eines hydrogeologischen Typs der Braunkohlenlagerstätten

Mit Hilfe hydrogeologischer Profilschnitte – jeweils senkrecht zu den Tagebaurestloch- bzw. Kippenböschungen – wurden die Schichtenfolgen und ihre Lagerung, der Grundwasseranstieg, Böschungsveränderungen und typischer Bewuchs untersucht und zueinander in Beziehung gesetzt. Als Arbeitsmethoden dienten neben herkömmlichen Techniken (Grundwasserstandsmessungen in GWBR) geophysikalische und markscheiderische Verfahren.

3.

### Zum Aufbau der bindigen Mischbodenkippen im Untersuchungsraum

Durch den Tagebaubetrieb wird die natürliche Deckgebirgsabfolge zerstört, die nach MATSCHAK (1974) im Raum Halle–Leipzig etwa 50 %, in der Lausitz aber etwa 84 % nichtbindiges Material enthält; für Phönix-Nord beträgt der Anteil 38 %.

In den meisten Fällen ist es gerätetechnisch beim Abbau nicht möglich, stratigraphische und boden-

physikalische Einheiten auszuhalten. Weiterhin werden Absetzer und Förderbrücken vielfach von mehreren Baggerschnitten, oftmals auch aus verschiedenen Tagebauen gleichzeitig beschickt, so daß im Untersuchungsraum bei der Verkipfung in der Regel bindige Mischbodenkippen wechselnder Zusammensetzung entstehen.

Dem Material aller Mischbodenkippen ist jedoch gemeinsam:

1. Es wird aus der natürlichen Lagerung gelöst, entlastet, mechanisch beansprucht und dynamischen Einflüssen ausgesetzt (FÖRSTER, 1974). Seine Festigkeit wird gemindert durch den Transport und Konsistenzänderungen infolge Feuchtaufnahme.

2. Mischböden entmischen sich bei der Verkipfung. Der Entmischungsgrad nimmt zu mit dem wachsenden Anteil gröberer Materials. Vor allem in Form „bindiger Brocken“, den sog. Pseudokornanteilen, begünstigt auch bindiges Material den Entmischungsvorgang. In gleicher Weise wirken steigende Abwurf- und Schütthöhen sowie steilere Böschungswinkel. Das verkippte Material rollt an der Böschung unterschiedlich ab; gröbere Bestandteile und „bindige Brocken“ reichern sich dabei in bestimmten Zonen an.

Es entsteht ein anthropogenes Lockergestein, welches gegenüber seinen Ausgangsgesteinen völlig abweichende Eigenschaften besitzt.

3. Der Schüttkörper besteht aus unterschiedlich verdichteten Zonen, den Aufschlag- und Abrollbereichen (MATSCHAK 1969). Später bilden sich (KUBIČNAK 1967) in der Einzelkippe drei Zonen unterschiedlicher Dichte: die destruktive Zone, die Zone der hohen Kompression und die aufgelockerte Zone.

Das bestimmende Merkmal der aufgelockerten Zonen sind die Makroporenräume zwischen den gröbereren Komponenten, vor allem Tonbrocken. Nach der Verkipfung sind diese Makroporen mit Luft gefüllt; später sammelt sich hier versickerndes Oberflächen- und zufließendes Grundwasser.

4. Die durchgeführten Untersuchungen belegen, daß in den bindigen Mischbodenkippen des Untersuchungsraumes in vertikaler Richtung die Kornverteilung, Porenvolumina, Durchlässigkeiten, natürlichen Wassergehalte, Feuchtrohdichten, scheinbaren spezifischen Widerstände, Porenwasserdrücke und pH-Werte schwanken. Bei einer Schüttungshöhe von mehr als 20 m sind



Ermittelt nach	Durchlässigkeit ( $m \cdot s^{-1}$ )		Bemerkungen
Berechnung nach BEYER (1964) aus Kornverteilungskurven	$1 \cdot 10^{-5}$ $1 \dots 8 \cdot 10^{-6}$ $1 \cdot 10^{-7}$	mittlere Westböschung	Maximum aus 5 Kornverteilungskurven gemittelt Minimum
Berechnung über die Aktivitäten an der Böschung austretenden Grundwassers, nachdem am Meßpunkt 2 radioaktiv geimpft worden war	$2 \cdot 10^{-5}$ $1 \cdot 10^{-6}$	mittlere Westböschung	wahrscheinlich beeinflusst durch hypodermischen Abfluß
Berechnung über Tracermessung am Meßpunkt 2	$5 \cdot 10^{-6}$	mittlere Westböschung	Zone III
Berechnung über Tracermessung am Meßpunkt 1	$6 \cdot 10^{-6}$ $5,2 \cdot 10^{-6}$ $4,3 \cdot 10^{-6}$ $4,3 \cdot 10^{-6}$	Innenkippe im Bereich des P 242/66	Zone II Zone II Zone III Zone IV
Berechnung des Grundwasseranstiegs nach Ausschöpfen der Rohre	$5 \cdot 10^{-3} \dots 1 \cdot 10^{-2}$ $5 \cdot 10^{-5} \dots 5 \cdot 10^{-6}$ $1 \dots 8 \cdot 10^{-9}$	Gesamte Innenkippe	Anstieg nach 30' (gespanntes Wasser!) Maximum Anstieg nach 10 Tagen Anstieg nach 1,5 Monaten (z. T. auch Absinken um diesen Betrag!) Minimum

Tabelle 2  
Die Durchlässigkeiten im bindigen Mischboden der Innenkippe Lochau

3...6 Zonen nachzuweisen, die im Folgenden mit I...VI vom Hangenden zum Liegenden bezeichnet werden.

5. Die Durchlässigkeiten der bindigen Mischbodenkippen sind gegenüber denen der Ausgangsgesteine grundsätzlich vermindert, obwohl infolge der stark wechselnden Kornzusammensetzung größere Unterschiede bestehen.

Für die Innenkippe Lochau sind bei der Bearbeitung (Tabelle 2) Werte zwischen  $2 \cdot 10^5$  bis  $1 \cdot 10^9 m \cdot s^{-1}$  ermittelt worden. Dieser Meßwertbereich besitzt für eine praktische Anwendung zu differenzierende Bedeutung, da die Werte nicht gemittelt werden können.

Als maßgeblich werden für den Untersuchungsraum Durchlässigkeiten von  $5 \cdot 10^{-5}$  bis  $5 \cdot 10^{-7} m \cdot s^{-1}$  ermittelt, für die Zonen, in denen sich periodisch oder ständig Grundwasser bewegt, und Werte um  $5 \cdot 10^{-8} m \cdot s^{-1}$  in den Stauhorizonten.

6. Besteht das Kippengelände aus zwei oder mehr Einzelkippen geringerer Schütthöhe, so wird von „zusammengesetzten Massiven“ gesprochen. Alle Fußbereiche der einzelnen Kippenscheiben besitzen infolge der Entmischungsvorgänge an-

fangs wasseraufnehmenden und später wasserstauenden Charakter, oberhalb derselben vermag sich jeweils eine grundwasserführende Zone aufzubauen.

4.

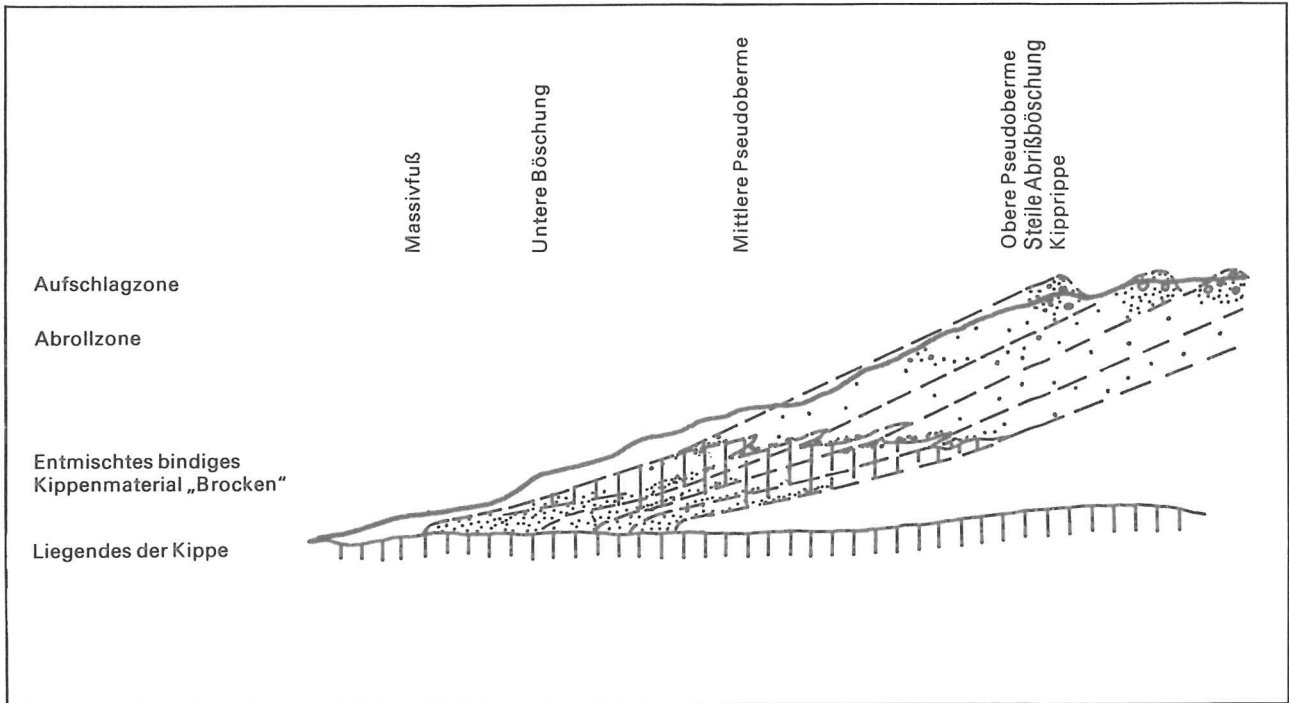
## Problematik der optimalen Nachnutzung der Restlöcher

4.1.

### *Allgemein wasserwirtschaftliche Nutzung*

Ist eine „allgemein wasserwirtschaftliche Nutzung“ eines Restloches geplant, so sind verschiedene Bedürfnisse miteinander in Verbindung zu bringen, z. B. dürfen Betriebe, die aus dem Restlochbereich Brauchwasser entnehmen, keinesfalls Abwasser in das Restloch abgeben (Abbildung 2 und 3).

Voraussetzungen für die allgemein wasserwirtschaftliche Nachnutzung sind:

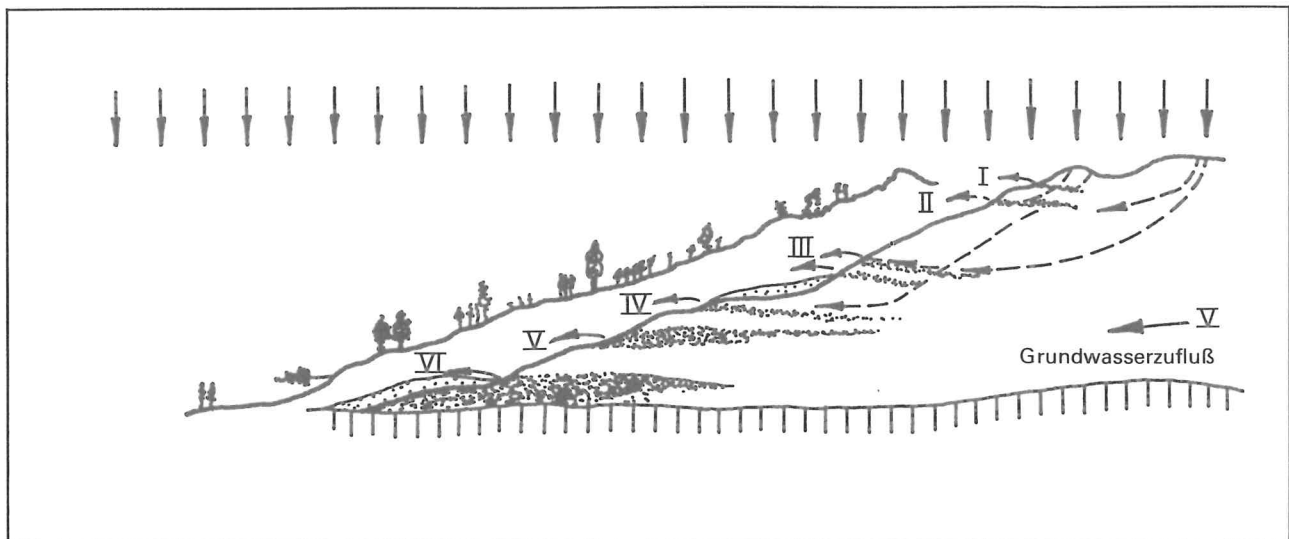


Die Böschungskontur der Innenkippe Großkayna (Westböschung)

— — Böschungskontur unmittelbar nach der Verkippung

— — Photogrammetrisch aufgenommene Böschungskontur nach etwa 5 Jahren Liegezeit der Kippe

- Aufschlagverdichtungszone
- Abrollzone
- Entmischtes Material (Brocken)
- Gleitmassen



Bewuchs und Wasseraustritte an der Westböschung der Innenkippe Großkayna

- wasserstauende Zonen
- Sickerwasserströmung

- Grundwasseraustritte
- Bewuchs mit feuchtigkeitsanzeigenden Pflanzen
- Schwemmkegel

Abbildung 2  
Der Aufbau bindiger Mischbodenkippen

1. Das Restloch muß in vertretbarem Zeitraum soweit aufgefüllt sein, daß die Nutzung gewährleistet ist.

2. Die Qualität des Beckenwassers muß den Erfordernissen entsprechen.

3. Die Böschungen haben die notwendigen Sicherheiten aufzuweisen.

Im Lausitzer Urstromtal geht im Gegensatz zum Untersuchungsraum der Grundwasseranstieg rasch vonstatten, und somit füllen sich die Tagebaurestlöcher auch ohne natürlichen oder künstlichen Oberflächenwasserzufluß ebenfalls verhältnismäßig schnell. Im Rahmen vorliegender Untersuchungen konnte ermittelt werden, daß in den muldenförmigen und gestörten Lagerstätten des Untersuchungsraumes mit den nur geringen Grundwasserzuflüssen das Grundwasser durchschnittlich nur 0,5...1,0 m pro Jahr ansteigt. Noch geringere Werte sind an den Flanken der Entwässerungstrichter zu messen. Auf Grund des komplizierten Aufbaues der Lagerstätten wirkt sich die unmittelbare Lage eines Beobachtungsrohres entscheidend auf die meßbaren Anstiegsbeträge aus. Am Tagebaurestloch Phönix-Nord verläuft der Grundwasseranstieg entsprechend dem Lagerstättentyp sehr vielgestaltig; größere Anstiegsbeträge werden in „Kessel- und Muldenstrukturen“ gemessen. Noch langsamer geht der Grundwasseranstieg am muldenförmigen Tagebaurestloch Großkayna mit einem kleinen oberirdischen Einzugsgebiet vor sich. Die bei der Verspülung von Abraum und Industrierückständen in das Restloch eingebrachten Wassermengen verursachen nur unmittelbar im Böschungskörper Anstiegsbeträge bis 10 m im Jahr.

Zu den Ursachen für die langen Füllungszeiten der Restlöcher aus dem natürlichen Grundwasserangebot:

Als ursächlich maßgebend für den langandauernden Anstiegsprozeß der Beckenwässer werden folgende Faktoren betrachtet:

1. Durch die vergrößerte und stärker gegliederte Oberfläche sowie die offenen Wasserflächen erhöht sich die Gebietsverdunstung.

2. Die Grundwasserdynamik bleibt gegenüber dem Ausgangszustand verändert, z. B. sind ehemals getrennte Grundwasserleiter durch das Restloch oder über „Mischpegel“ hydraulisch miteinander verbunden.

3. Folgeerscheinungen von Entwässerungsmaßnahmen sowie Böschungsbewegungen vermindern den nutzbaren Porenraumanteil sowohl durch Kornumlagerungen als auch durch Oxydations- und Ausfällungsprozesse bleibend.

4. Für den Anstieg des Grundwassers bzw. die Füllung der Restlöcher steht auf Grund des ständig steigenden Wasserbedarfes allgemein nicht der gesamte unterirdische Abfluß des Einzugsgebietes zur Verfügung.

#### *Schlußfolgerungen*

Um einerseits den landeskulturellen Erfordernissen des Ballungsgebietes Folge zu leisten, andererseits der Kohlenindustrie den Rechtsträgerwechsel in vertretbaren Zeiträumen zu ermöglichen, wird vorgeschlagen, eine  $\frac{2}{3}$ -Füllung eines Restloches (bezogen auf seine Böschungshöhe) aus dem natürlichen Grundwasserangebot als „Garantie“ für eine allgemein wasserwirtschaftliche Mehrfachnutzung anzuerkennen.

Wichtig ist, daß die Kohleböschungen überstaut oder abgedeckt sind, damit es nicht zu den lästigen Kohlebränden kommen kann. Weiterhin ist seitens der Braunkohlenindustrie dafür zu sorgen, daß kein Abfluß aus dem Restloch in Grundwasserleiter erfolgen kann (z. B. durch Druckverluste infolge von Grundwasserentnahmen).

#### *Zur Qualität der Beckenwässer*

Im Gegensatz zu den Verhältnissen in der Lausitz (sehr niedrige pH-Werte) besitzen im Untersuchungsraum die Beckenwässer aus der Grundwasserfüllung gute Qualität. BARTHEL (1962) ermittelte für 16 Tagebaurestlöcher des Zeit-Weißenseer Revieres pH-Werte vom Neutralpunkt bis in den leicht alkalischen Bereich.

Im Wasser des Restloches Phönix-Nord wurden pH-Werte zwischen 6,3 und 6,5 °dH gemessen. Dabei unterschieden sich aber die pH-Werte der einzelnen Zuflüsse. Sickerwässer aus Löß und Geschiebemergel z. B. aus Hangendgräben zeigten pH -7,4 °dH in Phönix-Nord und 7,6 °dH in Miltitz. Grundwasseraustritte aus den präpleistozänen und elsterglazialen Kiesen in Phönix-Nord erreichten nur pH -6,9 °dH, und aus den oligozänen Pödelwitzer Sanden treten Wässer mit pH -5,9 °dH aus.

Die vergleichsweise hohen pH-Werte der Hangendwässer werden durch den Kalkgehalt von Löß und Geschiebemergel hervorgerufen, der bei der



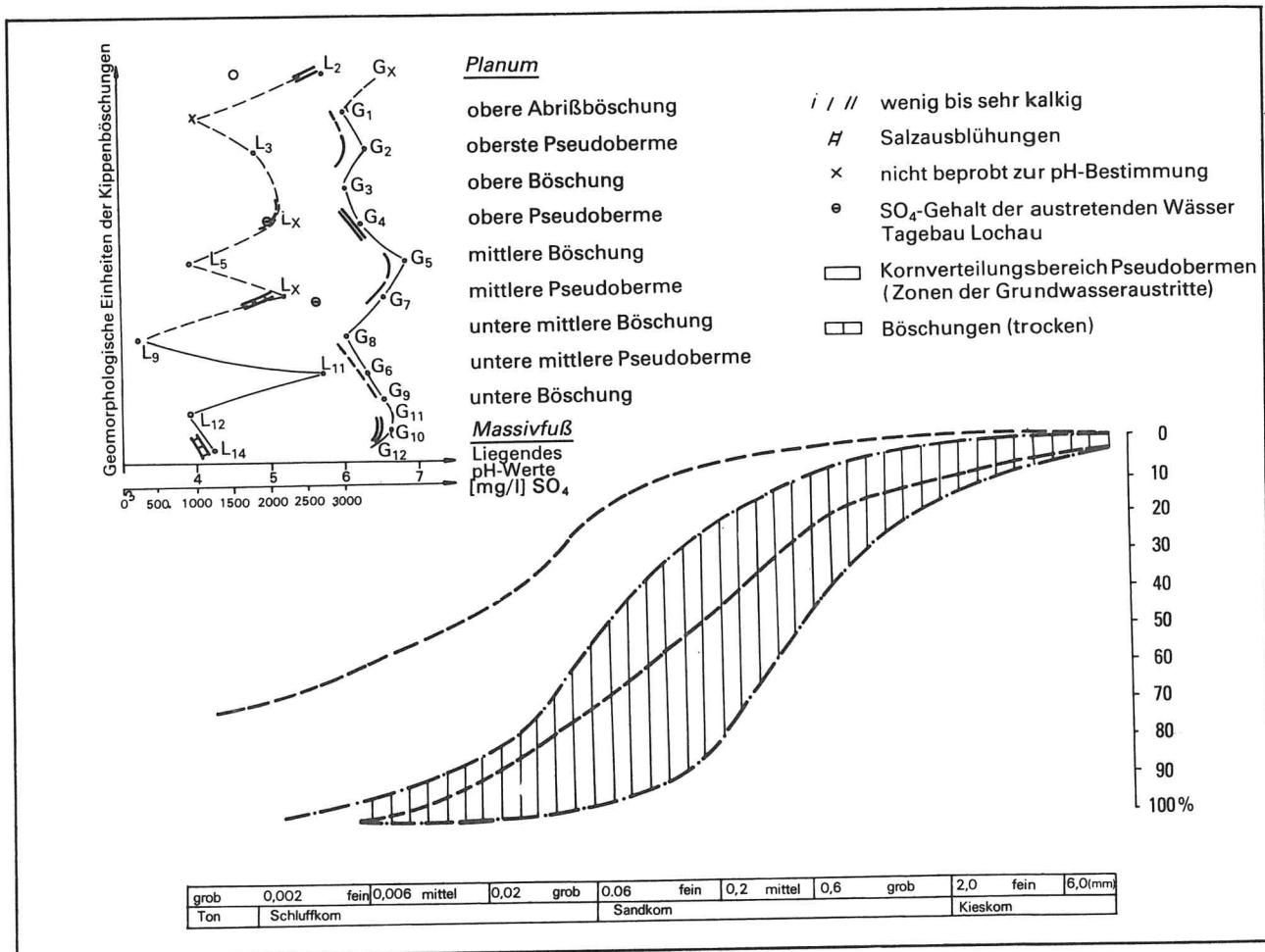


Abbildung 3  
Kornverteilung und pH-Werte an bindigen Mischbodenkippen,  
Tagebaurestloch Großkayna (Kippendamm) (G...)  
Tagebaurestloch Lochau (Innenkippe) (L...)

Durchsickerung in geringen Mengen gelöst wird. Umgekehrt wirkt sich der in den Pödelwitzer Sanden vorhandene Glaukonitgehalt aus; die Sulfate setzen die pH-Werte herab.

### Schlußfolgerungen

Diese Ergebnisse erlauben die Aussage, daß auch in Zukunft die pH-Werte der Tagebauseen nicht absinken werden. Dabei ist für die Beckenwasserqualität wichtig, daß die geringen Sickerwassermengen aus Löß und Geschiebemergel in das Restloch gelangen. Obwohl sie für die Füllung der Restlöcher hinsichtlich ihrer Menge allgemein kaum Bedeutung besitzen, beeinflussen sie doch die Qualität entscheidend. Auf Möglichkeiten ihrer Fassung und Einleitung sind PEUKERT und RECHENBERGER (1972) eingegangen.

Industrielle oder kommunale Abwässer dürfen weder während der Auffüllung noch bei der Nach-

nutzung in die Restlöcher eingeleitet werden, wenn eine allgemein wasserwirtschaftliche Nachnutzung geplant ist, weil Zu- und Abflüsse aus dem Grundwasser sowohl bei den muldenförmigen als auch bei den gestörten Lagerstättentypen zu gering sind. Oberflächliche Zu- und Abflüsse bewirken allgemein auch keine ausreichende Belüftung und Verdünnung. Solche Restlöcher sind stark eutrophierungsgefährdet.

### 4.2.

### Speicherwirtschaftliche Nachnutzung

Besser und vor allem schneller sind viele Restlöcher des Untersuchungsraumes speicherwirtschaftlich

zu nutzen. Werden sie über geeignete Bauwerke durch die fließende Welle gefüllt, können sie dem Hochwasserschutz und der Wasserversorgung dienen. EISSMANN, MANHENKE und WÜNSCHE (1974) haben darauf hingewiesen, daß Restlöcher keinesfalls durch stark verunreinigte Flußwässer gefüllt werden dürfen, weil dann ebenfalls die Gefahr der Eutrophierung besteht.

Es ist geplant, speicherwirtschaftlich genutzte Restlöcher zusätzlich für eine Mehrfachnutzung auszubauen und als Naherholungsgebiete zu erschließen. Damit wird es erforderlich, wesentliche Maßnahmen zur Sicherung z. B. der Böschungen zu ergreifen.

Mit dieser Bewirtschaftung können Wasserhaushalt und Wasserversorgung im Territorium wesentlich verbessert werden, und es wird vorgeschlagen, zur Versorgung z. B. der Landwirtschaft weitere, auch kleinere Restlöcher speicherwirtschaftlich zu nutzen.

4.3.

### *Die Nachnutzung der Restlöcher zur geordneten Deponie*

Im Ballungsgebiet Halle–Leipzig ist es erforderlich, große Mengen von Industrierückständen, aber auch kommunale Abfälle zu beseitigen. Zur Durchführung der geordneten Deponie geben GLANDER und LANGE (1974) verschiedene Verfahren an. Aus mehreren Gründen ist es vorteilhaft, natürliche oder künstliche Geländevertiefungen zu verwenden.

Es bieten sich hierzu vor allem die Tagebaurestlöcher des Untersuchungsraumes an, die infolge ihrer geographischen Situation und ihres geologischen Aufbaues geringe Zuflüsse aus Grund- und Oberflächenwasser erhalten, deren Auffüllzeiten aus dem natürlichen Grundwasserdargebot mehr als 50 Jahre betragen und für die auf Grund ihrer Lage bzw. der Qualität des vorhandenen Flußwassers auch eine speicherwirtschaftliche Nutzung ausscheidet.

Dazu ist es erforderlich, daß alle im Böschungsbereich angeschnittenen oder unmittelbar im Liegenden vorhandenen Lockergesteine nur gering

durchlässig sind. Von GLANDER und LANGE (1974) werden Grenzwerte der Durchlässigkeiten  $k = 10^{-7} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  angegeben. Da bereits Verfahren zur Abdichtung von Grundwasserleitern und Kippen existieren (PEUKERT und RECHENBERGER 1971), andererseits bei flachen Böschungsneigungen die gefährdeten Höhen abgedeckt werden können, sind Schädigungen des Grundwassers weitgehend auszuschließen.

Es wäre zu untersuchen, mit welchen Materialien, nach Möglichkeit unschädlichen Abfallprodukten z. B. der chemischen Industrie, die Böschungen, das Liegende und das Hangende abgedichtet werden können, und mit welchen Methoden (Verkippen, Planieren, Spülen, Spritzen) dabei gearbeitet werden muß. Beim Tagebaurestlochbereich Großkayna sind die Anforderungen für eine Nachnutzung zur geordneten Deponie erfüllt. Zwei Drittel der Randbereiche werden durch bindige Mischbodenkippen mit Durchlässigkeiten zwischen  $5 \cdot 10^{-6} \dots 1 \cdot 10^{-9} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  aufgebaut. Der Südrand ist mit mitteloligozänen Liegendtonen ausgekleidet und damit abgedichtet. Anfangs wurden Abraummassen, vor allem Geschiebemergel aus dem Tagebau Kayna-Süd verspült und mit ihnen das Liegende abgedichtet. Die Verteilung der Spülmassen wurde durch regelmäßiges Abloten der Tagebausohle durch das BKW Geiseltal kontrolliert. Anschließend wurde das Restloch zur Verspülung von Industrierückständen des VEB Leuna-Werke „Walter Ulbricht“ freigegeben, wobei auch Schadstoffe in das Restloch miteingeleitet werden können.

Etwa bis zum Jahr 2000 sind in diesem Restloch Schadstoffe und Rückstände geordnet zu deponieren, wobei die notwendigen Spülwässer im Kreislauf gefahren werden. Ist die Einspülung beendet, wird oberflächlich abgedichtet, um die Qualität der Grundwässer in den pleistozänen Kiesen nicht zu gefährden. Nach Bedeckung mit kulturfrendlichen Massen, z. B. Geschiebemergel, ist der Tagebau land- oder forstwirtschaftlich nachzunutzen.

Günstig ist auch die kombinatinterne Nutzung zahlreicher kleinerer Restlöcher, wie z. B. Beuna im Geiseltal. Diese Verspülung mit Asche und Kohleschlamm besitzt allgemein keine negativen Einflüsse auf die Grundwasserqualität. Ist ein solches Restloch gefüllt, werden die Flächen durch Erstansaat oder Bepflanzung rekultiviert.

5.

## Zu den Problemen bei der Nachnutzung der Kippen und Halden

Kippen werden im Einzugsgebiet eines Tagebaues oder Restloches angelegt. Sie sind dann allen Bedingungen dieses Einzugsgebietes unterworfen, z. B. dem Wiederanstieg des Grundwassers, dem eventuellen Anstau des Restloches, erneutem Grundwasserentzug bei Inbetriebnahme eines Nachbartagebaues.

Andererseits wirken die bindigen Mischbodenkippen auch auf das Einzugsgebiet ein, wie die Arbeitsergebnisse belegen. Sie setzen den Durchlässigkeitsgrad des Gebietes insgesamt herab und können infolge ihres hohen Wasseraufnahmevermögens und hohen Porenvolumens verhältnismäßig große Wassermengen speichern. So steigt in den bindigen Mischbodenkippen in den meisten Fällen das Grundwasser höher an als vorher im unverritzten Zustand. Oft bilden sich periodisch oder ständig grundwasserführende Zonen 1...2 m unter den Planumsflächen bzw. unter Gelände.

Aus den Ergebnissen über den Aufbau, die Grundwasserführung und die Böschungsveränderung geht hervor, daß Alterungs- und Umbildungsvorgänge an bindigen Mischbodenkippen nicht mit beendeter Setzung des Kippenmaterials abgeschlossen sind und auch dann nicht, wenn in den GWBR kein Grundwasseranstieg mehr meßbar ist. Diese Tatsache ist künftig bei entsprechenden Untersuchungen zu beachten.

5.1.

### *Folgende Probleme können auftreten*

1. Land- und forstwirtschaftliche Nachnutzung Planierungsarbeiten verändern möglicherweise den Wasserhaushalt der Kippe grundsätzlich; denn gemessene Grundwasserstände sind nur solange stabil, wie die aktuelle Grundwasserdynamik erhalten bleibt. Versumpfung schränkt eine solche Nutzung stark ein.

2. Nutzung zur Naherholung

Bei dieser Nutzungsform ist zu unterscheiden zwischen:

- der Anlage von Sportstätten und Grünflächen mit Gärten und Gaststätten (z. B. Halde Vesta westlich Kayna im Geiseltal) und
- der Nutzung von Kippengelände im Randbereich angestauter Restlöcher durch Badebetrieb, Wassersport u. a.

Eine Nachnutzung des meist bergigen Geländes als „grüne Lunge“ im Ballungszentrum bietet sich förmlich an, wobei vor allem die Böschungsbereiche aufgeforstet werden können. Auf die Sicherheiten an den Böschungen wird in folgenden Abschnitt eingegangen.

3. Bebauung mit Industrie- oder Verkehrsanlagen

Bei einer geplanten Bebauung sind neben möglicher Vernässung vor allem die langandauernden Kriechbewegungen des bindigen Kippenmaterials zu beachten. Solche Kriechbewegungen können Setzungsvorgänge vortäuschen.

Bei der Ausführung sind die Bauwerke durch geeignete Technologien zu schützen.

5.2.

### *Maßnahmen zur Realisierung von Dauernutzungen auf bindigen Mischbodenkippen*

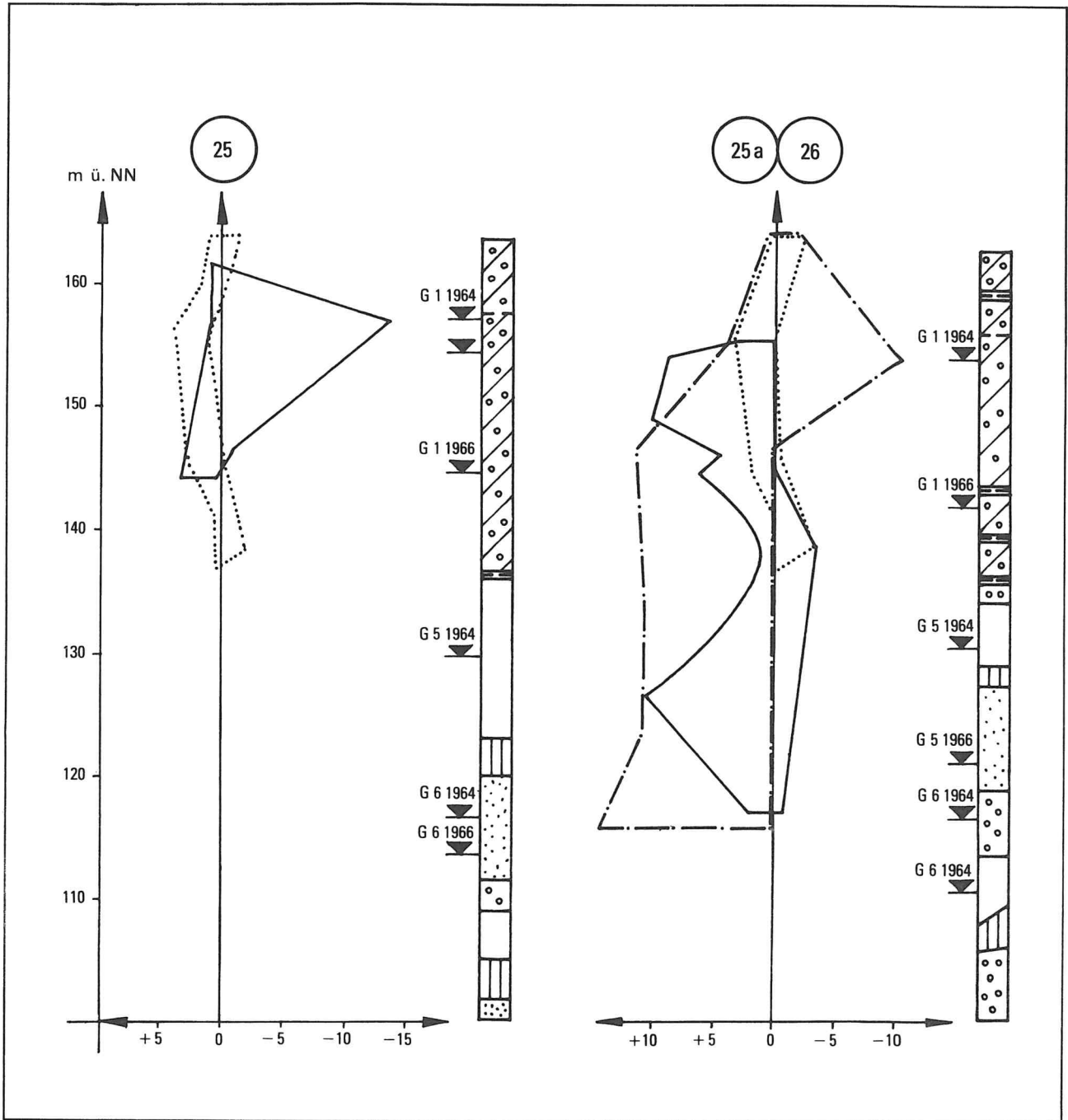
Oft ist es auf Dauer erforderlich, das Wasser von einer bindigen Mischbodenkippe fernzuhalten.







1. Das kann einmal durch teilweise Abriegelung der Zuflüsse aus dem Grundwasser des Hinterlandes geschehen, d. h. Filterbrunnengalerien sind zu betreiben, und durch komplexe territoriale Planung sind diese Wassermengen zu nutzen.

2. Der Zutritt von Oberflächenwasser ist zu begrenzen. Das kann durch entsprechende Gestaltung der Planumsflächen geschehen; z. B. begünstigen auf ehemalige Arbeitsebenen aufgebrauchte Kiese und Sande den Wasserzutritt zum Kippenmassiv. Ähnlich verhält es sich mit den sich bildenden flachen Setzungsmulden.

3. Es kann versucht werden, die Kippe zu entwässern. Welche Schwierigkeiten dabei auftreten können, wurde besonders auf der Innenkippe Lochau untersucht.

Mit den auf der Kippe gebohrten und betriebenen Filterbrunnengalerien konnte nur aus den



-  Geschiebemergel
-  Bänderton
-  Kohle
-  Ton
-  Sand
-  Kies

- G 1 Elsterglaziale Kiese
- G 4 Zeitzer Flußsande
- G 5 Ältere Flußsandfolge
- G 6 Liegendsandkomplex



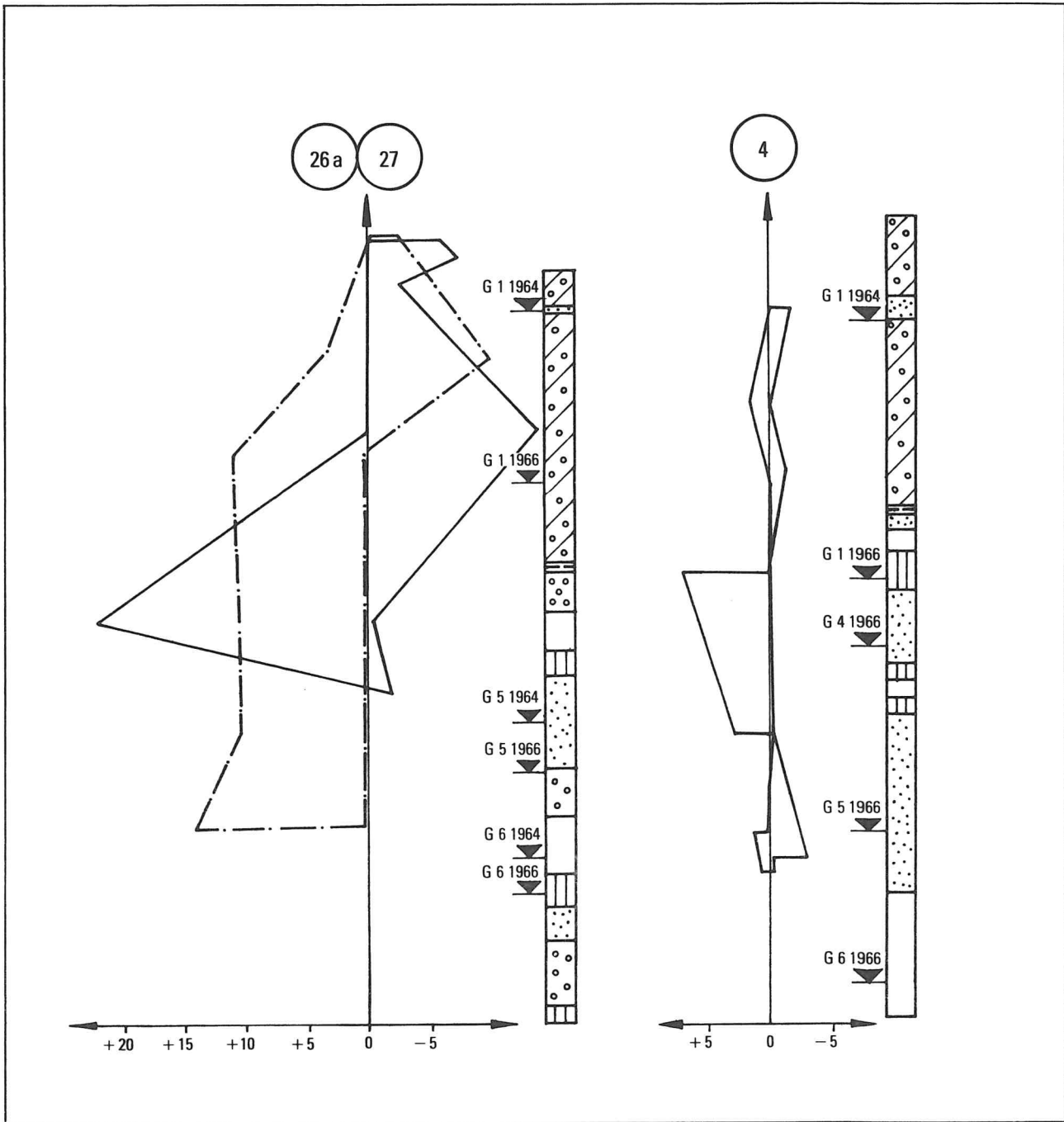
-  Veränderungen der Böschungskonturen
- + 5; - 5 Positive oder negative Böschungsveränderungen
-  Profilschnitte senkrecht zur Böschung

Abbildung 4  
 Böschungsveränderung und Grundwasserführung an  
 der nördlichen Standböschung des Tagebaues Phönix-Nord  
 beim Tagebaubetrieb;  
 die Säulenprofile geben die Schichtenfolge im Bereich  
 des Böschungskörpers mit den zugehörigen Grundwasserdaten an



Zonen I...IV, die aus Niederschlags- und Oberflächenwasser gespeist werden, Grundwasser in geringer Menge entnommen werden.

Die plastifizierten Zonen im unteren Bereich entziehen sich jeder Entwässerung. Relativ gute Erfahrungen gibt es mit kombinierten Anlagen, z.B. auf der Kippe Schleenhain. Schluckbrunnen aus dem Kippenmaterial in unterlagernde Grobklastika (Flußsandfolge), kombiniert mit Entnahmen aus diesem Horizont, sorgen für eine günstige Grundwasserdynamik.

6.

### Zur öffentlichen Sicherheit an den Böschungen der Tagebaurestlochbereiche

Böschungsveränderungen können Menschenleben, Anlagen und Einrichtungen gefährden. Neben anderen Ursachen sind es vor allem hydrodynamische und hydrostatische Belastungsänderungen, die zu Rutschungen, Abrissen und Erosionsschä-



den führen. Die Dauerstandfestigkeit der Böschungen wird zum einen gefährdet, weil Grundwasseraustritte und abfließendes Oberflächenwasser immer wieder Erosionsformen erzeugen, die schwer zu beherrschen sind. Andererseits ruft der unkontrollierte Austritt des Grundwassers durch eine nicht gesicherte natürliche Vorflut, z. B. weil halbzerstörte Gräben vorhanden sind oder grundwasserführende Horizonte oder Zonen an der Böschung abgedichtet wurden, Strömungsdrücke hervor, die auf die Böschung gerichtet sind. Rest- und Oberflächenwässern z. B. aus Schmelzwasser-sanden kommt dabei große Bedeutung zu, insbesondere, wenn zumindest lokal ein Einfallen der Schichtenfolge zum Tagebau-(restloch) vorhanden ist.

6.1.

### *Zur Sicherheit an Standböschungen*

An der nördlichen Standböschung des Tagebaurestloches Phönix-Nord ist dieser Zusammenhang zwischen der hydrodynamischen und der hydrostatischen Belastung der Böschung und ihrer Deformation eindrucksvoll zu belegen (Abbildung 4). Von der Tagebauoberkante bis zum Beckenwasserspiegel sind hier bis zu drei pleistozäne und zwei tertiäre Grundwasserleiter angeschnitten, aber nur stellenweise tritt an der Böschung Wasser aus. Überall dort, wo Abrisse, Ausbrüche oder Rutschungen auftreten, ist das freie Wasser zumindest periodisch vorhanden.

Die größte Bedeutung für die an der nördlichen Standböschung meßbaren Böschungsveränderungen im Zeitraum 1963...1970 haben die geringen Neubildungs- und Restwassermengen aus den Schmelzwasser-sanden; denn in Höhen oberhalb 135 m ü. NN verlagerte sich die Böschung um 20 m zurück. Grundwasseraustritte aus den präglazialen und elsterglazialen Kiesen führten nur zu Böschungsveränderungen um +3 bzw. -3 m. Besondere Bedeutung kommt auch den unteroligozänen Flußsanden zu. Eine weitere hydrodynamische Belastung bildet die innere Erosion im Sinne von ZIEMS (1967). Sie tritt besonders bei den oligozänen Schluffen und Feinsanden auf. Nahe der Böschungskante können sich auf den Bermen Böschungsdeformationen, die zu Abrissen und

Rutschungen führen, mit „Lochreihen“ ankündigen. Einsickerndes bzw. versinkendes Oberflächenwasser ruft einen Materialtransport hervor. Beim Aufstau entsteht ein Wasser/Sand- bzw. Wasser/Schluffgemisch, aus dem an der Böschung das Wasser ausgepreßt wird. Durch die Wirkung der scheinbaren Kohäsion als Folge der Durchnässung entstehen schalenförmige Ausbrüche bis 5 m Breite um die Quellnische, die sich stellenweise zu größeren Deformationen ausweiten können.

6.2.

### *Zur Sicherheit der Böschungen bindiger Mischbodenkippen*

Es steht außer Zweifel, daß die bergmännische Bodenmechanik wesentlich zur Kenntnis dieser Probleme beigetragen hat. Dennoch kommt es häufig vor, daß Böschungen vor allem der bindigen Mischbodenkippen trotz sorgfältiger bodenmechanischer Untersuchungen und der dementsprechenden Gestaltung der Böschung, z. B. der Neigung, die erwartete Standsicherheit nicht besitzen.

Neben anderen Ursachen, z. B. der Heterogenität des Kippenmaterials, spielen hier Fehleinschätzungen der hydrogeologischen Situation und der Alterungsprozesse eine besondere Rolle.

Zur Berechnung der Dauerstandfestigkeit bindiger Mischbodenkippen ist es erforderlich, Schergleit- und Scherbruchfestigkeiten der Sohl-schicht der grundwasserführenden Zonen zu ermitteln, weil diese Horizonte als vorgegebene Gleitflächen bei Tiefkriechen und Gleitbewegungen fungieren. Weiterhin ist der Austritt des Grundwassers zu gewährleisten.

6.3.

### *Maßnahmen zur Sicherung der Böschungen und Bermen*

PEUKERT und RECHENBERGER (1972) schlagen zur Böschungsstabilisierung die verschiedensten Möglichkeiten der Entwässerung vor. Es kann verallgemeinert werden, daß bei der allgemein wasserwirtschaftlichen Nachnutzung der Ta-

gebaurestlochbereiche im Untersuchungsraum alle Wasserentnahmen zweckmäßiger aus dem Grundwasser erfolgen sollten als aus den Beckenwasser. Als günstige Standorte für Filterbrunnen empfehlen sich die böschungsnahen Bereiche im Hinterland sowie spezielle Kessel- und Muldenstrukturen.

Obwohl mit einer Wasserentnahme aus dem Böschungskörper zunächst höhere Investitionen erforderlich sind, bestehen folgende Vorteile:

- Keine Gefährdung durch Böschungsbewegungen,
- verbesserte Qualität,
- Sicherheit der Entnahme durch Pufferwirkung des Beckenwassers,
- erhöhte Sicherheiten für die Böschungen des Restloches und damit Mehrfachnutzung möglich (Badebetrieb u. a.).

Es ist nicht sinnvoll, Böschungen in Mischbodenkippen, an denen sich bereits die typische Terrassierung mit Grundwasseraustritt gebildet hat, wieder einheitlich geneigt zu „sanieren“. Mit solchen Arbeiten können Wässer gestaut werden, die durch Strömungsdruck gefährlich werden. Alle Maßnahmen zur Sicherung solcher Böschungen müssen in der Sammlung und Ableitung sich sammelnder Oberflächen- und austretender Grundwässer bestehen.

Kann mit den genannten Maßnahmen keine Sicherung erzielt werden, so wäre die Trümmerschuttkippung oder starkes Abflachen möglich.

Nicht ausreichend zu sichernde Böschungsteile sind von allgemein wasserwirtschaftlicher, land- und forstwirtschaftlicher Nutzung auszuschließen. Die rein speicherwirtschaftliche Nachnutzung wird vor allem durch die Flutwelle gefährdet, die durch größere Böschungsbewegungen ausgelöst werden kann.

Es wird in vielen Fällen notwendig sein, für einen ganzen Restlochbereich eine andere Nachnutzung, z. B. geordnete Deponie, festzulegen.

## Literatur

ARNHOLD, W.:

Beiträge zur Klassifizierung der Braunkohlenlagerstätten der DDR. – Vortrag: Ehrenkolloquium der BTG. – Freiberg: 1963.

BARTHEL, H.:

Braunkohlenbergbau und Landschaftsdynamik. – Gotha; Leipzig: VEB Hermann Haack 1962.

BELLMANN, H.-J.Y

Zur Tertiärquarzitbildung im Weißelsterbecken. – In: Zeitschr. angew. Geol. – Berlin. – 13 (1967), S. 155...157.

BRENDEL, K., D. HÄNDEL, R. HOHL und M. SCHWAB:

Zu einigen geologischen Fragen der Umwelt-Mensch-Beziehung im industriellen Ballungsgebiet Halle–Leipzig. – In: Geologie. – Berlin. – 21 (1972), S. 608...622.

EISSMANN, L.:

Überblick über die Entwicklung des Tertiärs in der Leipziger Tieflandsbucht (Nordwestsachsen). – In: Sächs. Heimatblätter. – Dresden. – 14 (1968), S. 25...37.

EISSMANN, L., V. MANHENKE und M. WÜNSCHE:

Die komplexe Untersuchung der geologischen Ressourcen. Dargestellt am Beispiel der Braunkohlenerkundung und der regionalen Forschung im Leipziger Raum. – In: Zeitschr. angew. Geol. – Berlin. – 20 (1974), S. 75...79.

FÖRSTER, W., M. WALDE, G. MILDE und M. FISCHER:

Bodenmechanische Gegebenheiten und ihre Konsequenzen für Aufschluß und Betrieb des Tagebaues Tamnava im Kolubarabecken/SFRJ. – In: Zeitschr. angew. Geol. – Berlin. – 20 (1974), S. 214...222.

GABRIEL, B.:

Vergleichende Betrachtungen zu Wiederauffüllungsvorgängen in Braunkohlentagebaurestlöchern des Geiseltales, des Reviers Halle und des Weißelsterbeckens sowie Möglichkeiten der volkswirtschaftlichen Nutzung. – Halle: Dissertation A 1977.

GLANDER, H., und M. LANGE:

Geologische Gesichtspunkte bei der Behandlung von Altstoffdeponien. – In: Zeitschr. angew. Geol. – Berlin. – 20 (1974), S. 273...278.

HOHL, R.:

Zur Kenntnis des prätertiären Untergrundes im Osten von Leipzig. – In: Hall. Jb. f. Mitteldt. Erdgesch. – Leipzig. – 14 (1962), S. 46...60.

–: Der Wandel der geologischen Aufgaben im 20. Jahrhundert. – In: Ber. Dt. Ges. f. geol. Wiss., R. A. – Berlin. – 16 (1971), S. 5471...563.

KRUMBIEGEL, G.:

Geiseltal – Geologie, Paläontologie, Fazies. In: Evolution von Erde und Mensch in ihren Wechselbeziehungen – Mensch und geologische Umwelt. – In: Ber. Dt. Ges. f. geol. Wiss., Exkursionsführer. – Berlin. – (1973), S. 65...84.

KRUMBIEGEL, G., und W. SCHMIDT:

Tertiär und Pleistozän des Geiseltales und Perspektive der Lagerstätte. – In: Ber. Dt. Ges. f. geol. Wiss. – Berlin. – (1968), S. 3...55.

- KRUMBIEGEL, G., V. KÖCKE und W. SCHMIDT:  
Lithostratigraphie und Lagerungsverhältnisse des Tertiärs und Pleistozäns am Nordrand des mittleren Geiseltales.  
— In: Zeitschr. angew. Geol. — Berlin. — 16 (1970), S. 24...35.
- KRUTZSCH, W., L. EISSMANN, D. LOTSCH und U. KRIEBEL:  
Das Tertiär in Nordwestsachsen und im Halleschen Raum.  
— In: Ber. Dt. Ges. f. geol. Wiss., Exkursionsführer. — Berlin. — (1973).
- KUBIČNAK, K.:  
Die Stabilität von Kippen. — In: Uhli. — Praha. — 11 (1967), S. 470...474.
- MANHENKE, V.:  
Zur Berechnung des Zusammenhanges zwischen Grundwasserhaushalt, -förderung und -absenkung mittels elektronischer Datenverarbeitung. — In: Zeitschr. angew. Geol. — Berlin. — 15 (1969), S. 258...264.
- MATSCHAK, H.:  
Beiträge zur Strukturforschung an Tagebaukippen. — In: Zeitschr. Bergbautechnik. — Leipzig. — 19 (1969), S. 287...293 und 397...402.  
—: Einführung und Entwicklung der angewandten Bodenmechanik und Geotechnik im Bergbau, insbesondere im Braunkohlentagebau.  
— In: Zeitschr. Neue Bergbautechnik. — Leipzig. — 4 (1974), S. 678...684.
- MATSCHAK, H., und M. WALDE:  
Untersuchungen über Versickerungs- und Zuflußanteile bei der Grundwasserregenerierung in Tagebaukippen.  
— In: Zeitschr. Bergbautechnik. — Leipzig. — 20 (1970), S. 561...569.
- MEYER, G.:  
Der Einfluß der geologischen Strukturen im Meuselwitz-Bornaer-Braunkohlenrevier auf Planung und Abbau. — In: Freiburger Forsch.-H., Sonderheft. — Freiberg. — C 1 (1951), S. 49...51.
- MILDE, G.:  
Die hydrogeologischen Verhältnisse in den Braunkohlenabbaugebieten der DDR. — In: Freiburger Forsch.-H. — Berlin. — A 337 (1966).  
—: Methodische und regionale hydrogeologische Forschungen im Braunkohlenbergbau. — In: Freiburger Forsch.-H. — Berlin. — C 241 (1Z69), S. 101...116.
- PEUKERT, D., und H. RECHENBERGER:  
Auswirkungen von Rest- und Oberflächenwasser im Braunkohlentagebau. — In: Zeitschr. Neue Bergbautechnik. — Leipzig. — (1972), S. 762...767.
- RAUER, H.:  
Die Lagerungsverhältnisse der Braunkohlenflöze im westlichen Teil des Weißelsterbeckens. — Freiberg: Diplomarbeit 1961.
- RUSKE, R.:  
Gliederung des Pleistozäns im Geiseltal und in seiner Umgebung. — In: Geologie. — Berlin. — 10 (1961), S. 152...168.
- WAGENBRETH, O.:  
Beziehungen zwischen Tertiär und prätertiärem Untergrund im Weißelsterbecken. — In: Freiburger Forsch.-H. — Berlin. — C 53 (1958).  
—: Quartär und Tertiär im Gebiet des Tagebaues Profen. — In: Ber. geol. Ges. DDR, Exkursionsführer. — Berlin. — (1962).
- ZIEMS, J.:  
Neue Erkenntnisse hinsichtlich der Verformungsbeständigkeit der Lockergesteine gegenüber Wirkungen des Sickerwassers. — In: Wasserwirtsch.-Wasserstechn. — Berlin. — 17 (1967), S. 50...55.