

Autobahnbau auf Tagebaukippen im Südraum Leipzig

Peter Galiläer und Thomas Bennewitz

Die neu errichtete Südumgehung Leipzig im Zuge der Bundesautobahn A 38 (Göttingen – Leipzig) und die geplante Bundesautobahn A 72n (Chemnitz – Leipzig) verlaufen über viele Streckenkilometer auf ehemaligen, wiederverkippten Tagebauflächen. Der Baugrund besteht dort aus einem ca. 60 Meter mächtigen Kippensystem und ist der kompliziertesten geotechnischen Kategorie mit erhöhtem Risiko nach DIN 4020 zuzuordnen. Der Beitrag beschreibt die Baugrundverhältnisse und beschäftigt sich mit den notwendigen Aufwendungen, um hier eine Autobahn dauerhaft gebrauchstauglich sowie verkehrssicher gründen zu können. Beim Bau der Südumgehung Leipzig im Zuge der A 38 sowie im ersten Jahr nach deren Gesamtinbetriebnahme (im Jahr 2006) wurden umfangreiche Erfahrungen zu den verschiedenen bautechnischen Maßnahmen gesammelt und ausgewertet. Sie fließen nun in die Planung und Bauvorbereitung der A 72n ein, die mit ihrem 16,6 km langen fünften Bauabschnitt zwischen Borna und Leipzig ebenfalls über ausgedehnte Kippenbereiche des Braunkohletagebaus führen wird.

The new built „Leipzig south bypass route“ as a section of the Federal Motorway A 38 as well as the planned Federal motorway A 72n Chemnitz – Leipzig are located for several kilometres on former, refilled opencast mining fields. The construction ground consists of a 60 m deep „edge system“ and is to be classified as the most complicated category with higher risk according to DIN 4020. The article gives a description of the ground layer conditions and the necessary measures to construct under this circumstances a motorway which complies with the high standards for its usability and traffic safety. During the construction of the „A 38 Leipzig south bypass route“ and in its first year of operation a number of experiences with different constructing methods could be gained and evaluated. These experiences now can be taken into consideration at the planning and construction of the Federal motorway A 72n which also passes wide „edge fields“ of opencast brown-coal mining with its 16.6 km long 5th section between Borna and Leipzig.

Verfasseranschriften:
BDir. Dipl.-Ing. P. Galiläer;
Autobahnamt Sachsen,
Bautzner Str. 19a,
01099 Dresden,
peter.galilaer@abasn.
smwa.sachsen.de;
Dipl.-Ing. (FH) T. Bennewitz;
FCB Fachbüro für Consul-
ting und Bodenmechanik
GmbH, Verwaltungsring 10,
04579 Espenhain,
thomas.bennewitz@
bodenmechanik.de

1 Einführung

Der Südraum Leipzig im Naturraum der Leipziger Tieflandsbucht ist flächendeckend durch den jahrzehntelangen Braunkohlenabbau überprägt. Abbaubedingt wurden insbesondere von Süden zur Stadtregion Leipzig führende Straßenverbindungen gekappt und nur teilweise auf sogenannte „Landpfeiler“ verlegt (z. B. die heutige B 2/B 95). Ursprünglich vorhandene Anbindungen der weiträumig überregionalen Verkehrsanlagen an das örtliche Netz gingen verloren. Ebenso wenig existierte im Leipziger Süden nach der deutschen Wiedervereinigung eine leistungsfähige Straßenverbindung in Ost-West-Relation. Entsprechend sah der erste gesamtdeutsche Bundesverkehrswegeplan aus dem Jahr 1992 den vordringlichen Neubau der A 38 Südumgehung Leipzig als Anschluss an das Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Nr. 13 (Südharzautobahn A 38: Göttingen – Halle (A 9)/Westumfahrung Halle) vor.

Die 2006 mit einem Regelquerschnitt RQ 29,5 fertiggestellte A 38 Südumgehung Leipzig stellt eine Verbindung zwischen den Bundesautobahnen A 9 (Berlin – Nürnberg) sowie A 14 (Halle – Dresden) her und ergänzt großräumig die wichtige Ost-West-Verbindung zwischen den Ballungsräumen Kassel/Göttingen und Halle/Leipzig. Gleichzeitig schließt sie den Autobahnring um die Stadt Leipzig. Die Linienführung dieses Autobahnneubaus auf ehemaligen Tagebauflächen war alternativlos; angesichts der ungenügenden Verkehrswirksamkeit außerhalb des sich ca. 30 km von der Stadtgrenze Leipzigs nach Süden ausdehnenden Braunkohlereviere (Bild 1). Der Bundesminister für Verkehr bestimmte 1995 eine 38,2 km lange Linie, die im Westen vom Autobahnkreuz Rippachtal auf gewachsenem Boden bis an die Weiße Elster führt und sich von dort durch die Kippen der Tagebaue Zwenkau (ca. 7 km) sowie Espenhain (ca. 3 km) bis zum Autobahndreieck Parthenaue im Osten er-

streckt. Zwischen beiden Tagebaukippen quert die Südumgehung bei Gaschwitz den nach der Ortslage benannten „Landpfeiler Gaschwitz“, auf dem neben der kanalisierten Pleiße, der Bundesstraße B 2/B 95 und der Staatsstraße S 72 die Eisenbahnlinie Leipzig-Altenburg parallel verläuft.

Auf diesem von Süden auf Leipzig zuführenden Festlandsockel ist künftig ein Teilabschnitt der A 72n (Chemnitz – Leipzig) anstelle der B 2/B 95 geplant (Bild 2). Diese neue Autobahn soll ebenfalls einen zweibahnig, zweistreifigen Querschnitt mit Standstreifen (RQ 29,5) erhalten. Wegen der beengten Platzverhältnisse auf dem „Landpfeiler Gaschwitz“ war es notwendig, den Anschluss der A 72n mit der A 38 vollständig auf dem Kippengelände des ehemaligen Tagebaus Espenhain zu konzipieren. Mit dem Bau der A 38 wurde dieser Knotenpunkt in Form eines Kleeblattes vorgezogen errichtet. Er dient vorläufig als Anschlussstelle „Leipzig Süd“, die die

A 38 mit der in die Kippe verschwenkten B 2/B 95 verknüpft. Weiter südlich bei Rötha schneidet der fünfte Bauabschnitt der A 72n nochmals in die Kippe Espenhain sowie randlich in die Kippe Witznitz ein. Dabei muss über längere Strecken (6,6 km) der Kippenrand über den ehemaligen Tagebauböschungen überbaut werden. Damit ändern sich die Baugrundverhältnisse nicht nur längs der Trasse, sondern ebenso im Bezug auf den Autobahnquerschnitt.

Mit dem extrem setzungsanfälligen Baugrund in den Kippen stellen sich spezielle Anforderungen an die Konzeption und Ausführung der Untergrundverbesserung unter der neuen Verkehrsanlage. Verbessert wird der Baugrund im Rahmen einer dem üblichen Bauablauf vorgelagerten und mit „Groberdbau und Untergrundverbesserung“ bezeichneten Bauphase.

Groberdbauleistungen auf Tagebaukippen in großem Umfang hat die Auftragsverwaltung für die Bundesfernstraßen erstmals an der A 38 Südumgehung Leipzig zur Ausführung gebracht. Sie wurden als gesondertes Baulos in der Ausführungsplanung vorbereitet, anschließend ausgeschrieben und ausgeführt. Diesbezügliche Erfahrungen sind nun in den Vorentwurf für den fünften Bauabschnitt der A 72n zwischen Borna und Leipzig eingeflossen.

Die beiden durch Kippenbereiche geführten Bauabschnitte (2. und 3. BA) der A 38 Südumgehung Leipzig wurden in viereinhalb Jahren Bauzeit errichtet und sind seit August 2006 durchgängig unter Verkehr. Die streckenbezogenen Baukosten liegen mit 12,8 Mio. Euro/km im 2. BA und 8,0 Mio. Euro/km im 3. BA deutlich über den spezifischen Kosten für die Bauabschnitte auf gewachsenem Baugrund (5,2 Mio. Euro/km).

Die besonderen Maßnahmen für die Erüchtigung des Baugrundes werden sich ebenso auf die Baukosten der A 72n auswirken. Zusätzlich kostenerhöhend wirkt sich der Aufwand zur Aufrechterhaltung des Verkehrs auf der B 95 während des Autobahnbaus aus (teilweise Neubau der A 72 anstelle der B 95). So ergibt sich aus der Kostenberechnung des Ende 2007 aufgestellten Vorentwurfes für den Bauabschnitt zwischen der A 38 und der Ortschaft Rötha ein spezifischer Aufwand von 13,4 Mio. Euro/km.

Auf beiden Autobahnen ist für den Prognosehorizont 2015 ein Verkehrsaufkommen zwischen 55.000 Kfz/24h (A 38) und 83.500 Kfz/24 h (A 72n) absehbar.

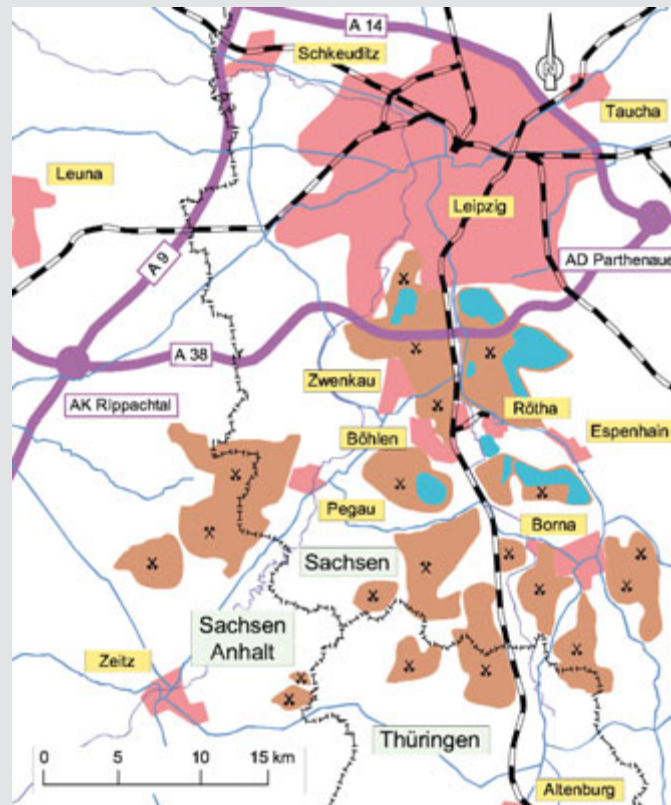


Bild 1: Tagebaue südlich Leipzig mit Trassenverlauf A 38



Bild 2: Verlauf A 38 und A 72, BA 5

2 Baugrund Tagebaukippe

2.1 Braunkohlenrevier Südraum Leipzig

Braunkohlenbergbau wird im Leipzig-Bornaer Revier bereits seit mehr als 150 Jahren betrieben. Mit der Errichtung von Teerverarbeitungswerken und der Benzin-

gewinnung aus Braunkohle wurden nach der Jahrhundertwende speziell im Südraum von Leipzig eine ganze Reihe von Tagebauen erschlossen. Die Förderung stieg im Revier Anfang der 30er Jahre des vergangenen Jahrhunderts auf 10 Mio. Tonnen an, die aus 20 Betrieben gefördert

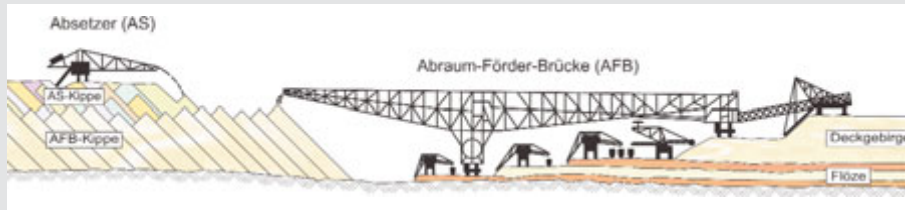


Bild 3: Tagebaubetrieb und Kippentstehung

wurden. Bis zum Jahr 1990 waren im Leipzig-Bornaer Revier 10 Tagebaue aktiv, darunter auch die Großtagebaue Zwenkau und Espenhain unmittelbar südlich von Leipzig. Diese beiden Großtagebaue nahmen alleine ca. 7000 Hektar Fläche in Anspruch. Abbaubedingt war das Grundwasser mit ausgedehnten Ringleitungssystemen auf ein Niveau unterhalb der Kohleflöze abgesenkt worden.

2.2 Tagebaubetrieb und Kippensystem

Der Baugrund der Tagebaufelder Zwenkau und Espenhain setzt sich aus einem Kippensystem zusammen, welches aus der Kippe einer Abraum-Förder-Brücke (AFB) als Basiskippscheibe und – geländebildend – Absetzerkippen besteht (Bild 3).

Die Gesamtmächtigkeit beträgt 50 bis 70 m. Das bodenmechanische Verhalten in den Kippscheiben wird maßgeblich durch den bergbautechnischen Prozess bestimmt. In Abhängigkeit von der Abbautechnik, der nachgeordneten Transport- und Versturztechnik erfolgte eine Durchmischung sowie mechanische Beanspruchung der natürlichen Böden und es entstand ein neues Lockergestein.

Charakteristisch für mitteldeutsche Absetzerkippen ist eine lamellenartige Schrägschichtung der in die Kippen eingebauten

Massen. Die Neigung der Schichtung resultiert aus der bergbautypischen Versturztechnologie und entspricht dem Schüttwinkel der verstürzten Lockergesteinskomponenten.

Die Kippen unterscheiden sich nicht nur in Stoffbestand und Gefüge, sondern auch im Zustand und ihren mechanischen Eigenschaften von dem natürlichen, gewachsenen Boden als Ausgangsgestein. Durch den vollkommenen Verlust aller Festigkeiten, die im natürlichen Lockergestein von der geologischen Vorspannung abhängen, liegt für das nunmehr technogene Lockergestein ein quasi Erstbelastungszustand vor (nach DIN 18196 „Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke“: Auffüllung). Das Kornspektrum der AFB-Kippe unterscheidet sich deutlich von dem der Absetzerkippen (Bild 4): Über die AFB erfolgten die Gewinnung und der Versturz von vorwiegend gleichmäßig abgelagerten marinen Sedimenten, vertikal geschichtet von Feinsand bis Schluff. Dadurch entstand ein relativ gleichmäßig gemischter und homogenisierter Kippenboden. Er besteht aus stark schluffigen Sanden bzw. leicht plastischem Schluff.

Die Absetzerkippen besitzen einen vergleichsweise inhomogenen Aufbau. Es wurden die verschiedensten Lockergesteinskörper (Tone, Schluffe, Sande und Kiese)

weitestgehend sporadisch und teilweise auf engem Raum wechselnd aufgebaut.

Die hydrologischen Verhältnisse sind vom Grundwasserwiederanstieg nach dem aktiven Tagebaubetrieb geprägt. Dabei stellt sich die vollständige Grundwasserregeneration erst mit dem Ende der Flutung aller umliegenden Restlochseen in den kommenden Jahrzehnten ein.

Die Tagebaukippen stellen einen inhomogenen Körper dar, der aus kaum horizontalen Wechsellagerungen von grundwasserleitenden und grundwasserstauenden Schichten besteht. Diese Wechsellagerung und der relativ hohe Anteil an grundwasserleitenden Sedimenten bewirkt, dass die Kippen in sich hydraulisch verbunden sind. Die derzeitigen Verhältnisse sind jedoch nicht mit einer klassischen Grundwasserführung zu beschreiben. Es haben sich materialabhängige Aufsättigungsbereiche ausgebildet, die erst im stationären Endzustand, d. h. zeitabhängig, eine relativ durchgängige Linie der Grundwasserneubildung aufweisen.

Perspektivisch wird sich weitflächig ein flurnaher bzw. geländebildender Grundwasserstand ausbilden.

2.3 Ausgangssituation und Baugrundspezifik

Die Tagebaukippen werden allgemeingültig unterteilt (Formazin 1988) in Kippenböschungsbereich, Kippenrandbereich, Kippeninnenbereich und Tagebauböschungsbereich (Bild 5).

Die Kippenböschung ist für ein Bebauen auszuschließen. Für den Kippenrandbereich kommt eine Bebauung nur in Ausnahmefällen in Betracht. Der Kippeninnenbereich macht das Hauptfeld der Kippenbebauung aus; Randeinflüsse entfallen zumeist. Der Übergang vom Kippenrand zum Kippeninnenbereich ist über ein Neigungsverhältnis NV definiert. Der Abstand vom Böschungsfuß ergibt sich mit $NV = 1 : 15 \pm 20 \%$ (Dorschner 1965).

Der ehemalige Tagebauböschungsbereich beinhaltet erhebliche geotechnische Unterschiede. Aus der abgetrept unterlagernden gewachsenen Randböschung resultieren unterschiedliche Kippenmächtigkeiten. Die maßgebenden Verformungskomponenten im Hinblick auf eine Kippenbebauung wirken hier besonders kritisch. Es kann zu Setzungsdifferenzen, Schief lagen, Krümmungen, Zerrungen etc. kommen.

Das Kippenmassiv wird vertikal in drei Dichtezonen gegliedert (Bild 6).

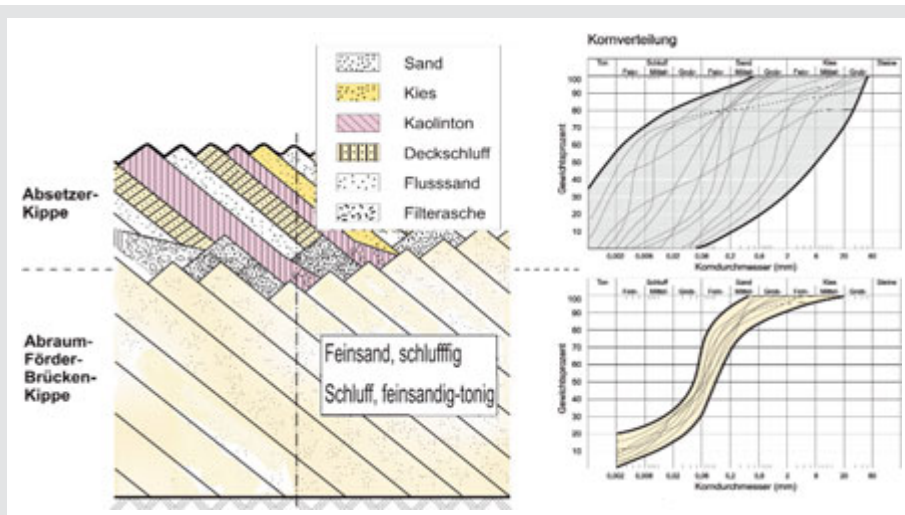


Bild 4: Tagebau-Kippenstruktur und Kornverteilung

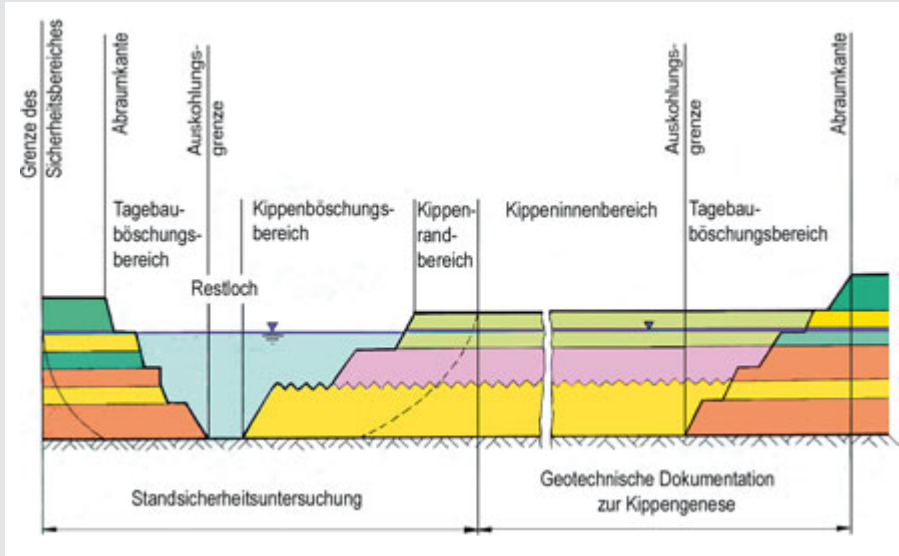


Bild 5: Tagebau-Kippenmodell

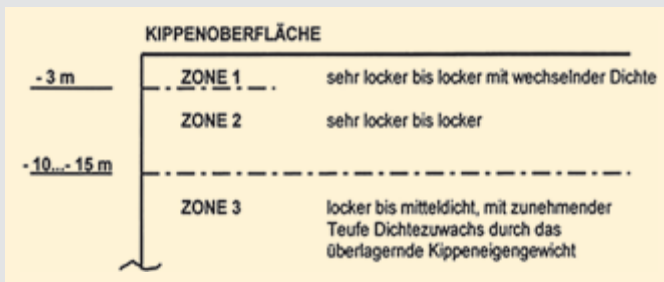


Bild 6: Dichtestruktur einer Tagebaukippe

Tragfähigkeit sowie das große Verformungspotenzial.

2.4 Setzungsproblem

Es wird in Eigensetzungen, Sackungen und Lastsetzungen unterschieden. Der Eigensetzungsanteil ergibt sich aus der Zusammendrückung der Kippe. Welchen Gesetzen die Eigensetzungen der Tagebaukippen im Mitteldeutschen Raum folgen, kann durch markscheiderische Messungen belegt werden. Die Zeitsetzungskurve geht nach drei Jahren in eine Asymptote über (Dorschner 1965). Nach diesem Zeitraum sind im Mittel 95% der Eigensetzungen in Kippeninnenflächen beendet. Nach fünf Jahren sind ca. 99% der Primärdeformationen abgeklungen. Die letzten Schüttungen im Bereich beider Autobahntrassen A 38, A 72 erfolgten 1997, damit reichlich fünf Jahre vor dem Bau der A 38 im dortigen 2. Bauabschnitt. Eigensetzungen des Baugrunds waren folglich für die erdbaustatische Bemessung der Südumgehung Leipzig in den Kippeninnenflächen unkritisch. Sekundärsetzungen in Verbindung mit dem weiteren Grundwasserwiederanstieg werden unter dem nachfolgenden Punkt als Sättigungssetzungen ausgewiesen.

- Zone 1 von der Geländeoberfläche bis ca. 3 m Tiefe ist in der Regel locker bis sehr locker. Verdichtungen resultieren aus mechanischen und/oder atmosphärischen Einwirkungen.
- Zone 2 beinhaltet den Bereich bis in 10 ... 15 m Tiefe. Dieser Bereich ist ebenfalls locker bis sehr locker gelagert, es erfolgt kaum eine Kornumlagerung/Verfestigung durch den Überlagerungsdruck.
- Die nachfolgende Zone 3 ist im Wesentlichen locker bis mitteldicht gelagert. In Abhängigkeit von den Bodeneigenschaften erfolgt mit zunehmender Tiefe ein Dichtezuwachs durch das überlagernde Kippeneigengewicht (Eintritt von Kornumlagerungen).

Der unmittelbare Baugrund in Form von Absetzerkippen ist wie folgt gekennzeichnet:

- unregelmäßige Ablagerung verschiedener Böden
- auf engem Raum wechselnde Festigkeitseigenschaften
- im bautechnischen Sinn nicht versickerungsfähig
- hohe Wasserempfindlichkeit
- sehr große Frostempfindlichkeit.

Zentrale Eigenschaften sind die geringe



Clever Reinforcement

Asphaltarmierung



**Macht
Schluss
mit Rissen
im Asphalt!**

S&P Clever Reinforcement GmbH · Beyerbachstraße 5 · D-65830 Kriftel
Tel.: +49(0)6192 9612830 · info@sp-reinforcement.de · www.sp-reinforcement.de

Sackungen als Folge des Verlustes der kapillaren Haftfestigkeit durch Grundwasserwiederanstieg sind erdstoff- und auflastspannungsabhängig und vorrangig in gleichförmigen sandigen Kippenbereichen bei erstmaliger Wassersättigung zu erwarten. Die ist im Fall beider Autobahnen aufgrund der Mischbodenkippencharakteristik nicht zutreffend. Es sind jedoch im bindigen Boden Sättigungssetzungen im Hinblick auf Makroporen (Klumpen) in Form von volumetrischem Kriechen einzukalkulieren; die Klumpen verlieren ihre kapillare Festigkeit. Dabei handelt es sich um einen Langzeiteffekt mit einer vergleichmäßigen Wirkung. Der Verformungsanteil aus den möglichen Sättigungssetzungen infolge des noch zu erwartenden Grundwasserspiegels unterhalb baugrundvergütender Maßnahmen ist rechnerisch schwer kalkulierbar und verbleibt als Baugrundrestisiko.

Lastsetzungen sind vom jeweiligen Belastungsmodell abhängig und bedürfen baubobjektspezifischer Berechnungen. Dabei hat die Kippenliegezeit keinen entscheidenden Einfluss auf das Last-Setzungsverhalten. Die größten Verformungen sind im Teufenbereich bis ca. 15 m – also oberflächennah – zu erwarten.

2.5 Gründungstechnische Schlussfolgerungen

Nach DIN 4020:2003-09 „Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke“ handelt es sich infolge der schwierigen Baugrundverhältnisse

- „junge“ geologische Ablagerung
- unkontrolliert geschüttete Geländeauffüllung
- lockere Lagerung und Inhomogenität der Tagebaukippe

um die komplizierteste Geotechnische Kategorie 3 mit einem erhöhten Baugrundrisiko.

Es muss davon ausgegangen werden, dass bei der Bebauung von Tagebaukippen die Grenzwerte für den Eintritt architektonischer, konstruktiver oder funktioneller Schäden wesentlich schneller erreicht werden, als beim Vorliegen eines gewachsenen Baugrundes. Es muss von erhöhten finanziellen und materiellen Aufwendungen für

- Baugrundvergütung
- spezielle Gestaltung der Gründungskörper
- konstruktive Anpassungen
- Anordnung von Versorgungsleitungen ausgegangen werden.

Empfehlungen und Bemessungsgrundlagen liegen für das Bauen auf bindigen Mischbodenkippen der Braunkohlentagebaue im Mitteldeutschen Revier vor (Forschungsbericht der LMBV mbH 1999). Sie wurden für die Baumaßnahme Südumgehung Leipzig A 38 und die Planung der A 72n im 5. Bauabschnitt angewandt. Das Kriterium der Grenztragkraft ist bei einer Bebauung/Belastung nicht unbedingt repräsentativ. Bei Kippenböden wird der Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

„Verformung“ in der Regel eher zutreffen als der Grenzzustand der Gesamtstandesicherheit „Bruch“. Im Hinblick auf die Gebrauchstauglichkeit war sowohl für die A 38 als auch die A 72n ein Restsetzungsmaß als Bemessungsgröße vorzugeben. In Anlehnung an das Vorgehen bei der Berechnung von Ausgleichsgradienten für Brückenbauwerke nach ZTV-Ing wurden 5 cm auf 50 m Streckenlänge als hinnehmbare Welligkeit definiert.

Es sind Maßnahmen zur Baugrundverbesserung erforderlich. Sie bezwecken die Reduktion von Setzungen und Setzungsdifferenzen (Vergleichmäßigung des Baugrundes) sowie eine Erhöhung der Tragfähigkeit.

Als Vergütungsmaßnahmen bieten sich vordergründig Verfahren an, die eine tiefgreifende Verbesserung der inhomogenen Kippe ermöglichen. An der A 38 wurden Rüttelstopfverdichtung, Vertikaldränagen, Bewehrung mit Geokunststoffen und generell Vorlastschüttungen realisiert.



Bild 7.1: Groberdbauphase eins

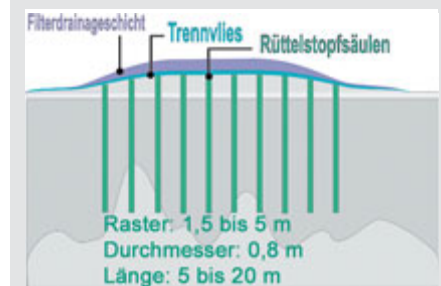


Bild 7.2: Groberdbauphase zwei

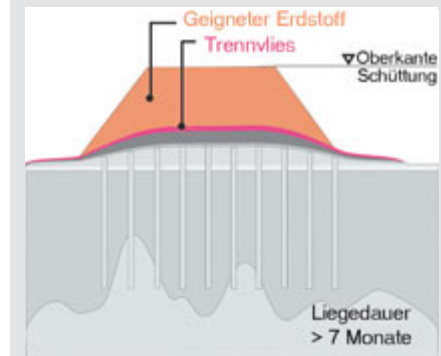


Bild 7.3: Groberdbauphase drei



Bild 7.4: Groberdbauphase vier

3 Groberdbau und Untergrundverbesserung

Infolge der vorliegenden schwierigen geotechnischen Verhältnisse wurde ein separates Baulos „Groberdbau und Untergrundverbesserung“ an der A 38 ausgeschrieben sowie ausgeführt.

3.1 Groberdbaukonzept

Der Groberdbau wurde in folgenden Phasen (Bild 7) umgesetzt:

- Phase 1
Abschieben des Oberbodens
Beschotterung zur Sicherung der Befahrung
Aufschüttung nach Setzungsprognose (Dachprofil)
- Phase 2
Rüttelstopfverdichtung (Einbringung von Rüttelstopfsäulen)
Aufbau einer Filterdrainageschicht
- Phase 3
Einbau Trennvlies
Dammaufbau (überhöht)
Liegezeit ≥ 7 Monate
- Phase 4
Abtrag der Überhöhung/Überschüttung bis zur Oberkante Planum
Realisierung des Straßenoberbaus.

3.2 Rüttelstopfverdichtung (RSV)

Die RSV gehört zu den Tiefenverdichtungsverfahren, bei denen mit Schleusen-

rütteln (Bild 8) strukturgestörte Mischbodenkippen mit einem hohen Verformungspotenzial für bautechnische Zwecke verbessert werden. Sie ist eine Kombination aus Verdrängungs- und Rüttelverdichtung (dynamische Bodenverdichtung). Zur Ausführung gelangten Rüttelstopfsäulen mit einem Mindestdurchmesser von 80 cm aus unvermörteltem Schotter bzw. Kies in einem Rasterabstand von 1,5 m bis 5 m und Tiefen zwischen 10 m und 20 m.

Die Lagerungsdichte wird erhöht und der Baugrund homogenisiert. Die Stopfsäulen bewirken die Erhöhung der Festigkeit und Steifigkeit. Das Setzungs- und Tragverhalten wird verbessert; damit können höhere Bodenpressungen zugelassen werden. Die Säulen wirken im Hinblick auf die relativ hohe Aufsättigung und Bindigkeit der anstehenden Tagebaukippe gleichzeitig als Vertikaldränagen, u. a. zur Beschleunigung des Porenwasserüberdruckabbaus, und schließen mit einer ca. einem Meter mächtigen Dränschicht (Kiespolster) zur Abführung austretenden Wassers ab.

Schwerpunktbereiche für die Baugrundvergütung durch RSV waren die

- Widerlagerbereiche der Ingenieurbauwerke (Bild 9)
- Anschlussdämme an die Brückenbauwerke
- hohen Dämme auf kritischem Baugrund
- Grenzbereiche Tagebaukippe/Gewachsenes.

Die Bemessung der Rüttelstopfsäulen (Durchmesser, Tiefe, Rasterabstand) erfolgte differenziert für jedes Ingenieurbauwerk und in der Dammhöhe nach der Lasteintragung. In den Übergangsbereichen von Brückenwiderlagern zu Streckenbauwerken wurde das Raster der Stopfsäulen zur Erzielung einer Schleppwirkung allmählich vergrößert (gespreizt).

3.3 Vertikaldränagen

Zur Konsolidierungsbeschleunigung wurden in der Damfstrecke bis in eine Tiefe von 10 bis 15 m Vertikaldränagen (Dränstrips) eingebaut. Der Einbau erfolgte im Dreiecksraster mit einem Abstand von 3 bis 5 m.

3.4 Einsatz von Geokunststoffen

Im Bereich der Autobahndämme mit geringen Höhen wurden zur Verbesserung der Tragfähigkeit und Minimierung von Setzungsdifferenzen zugestete Geogitter nach dem Prinzip der „Bewehrten Erde“ (Bodenbewehrung) eingebaut. Durch die Erde-Verbund-Konstruktion wurde zusätz-

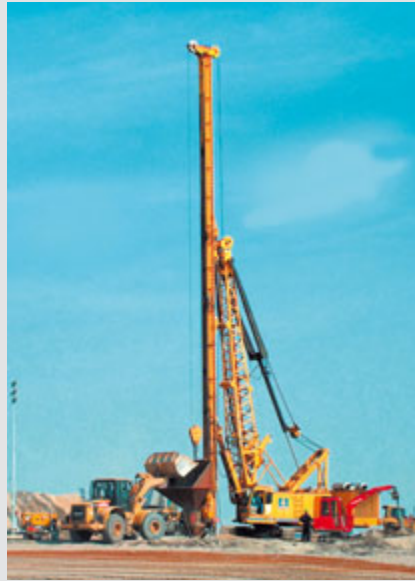


Bild 8: Mäklergeführter Tiefenschleusenrüttler mit Trägraupe

lich eine baugrundtechnische Vergleichmäßigung im kritischen Grenzbereich Tagebaukippe/Gewachsenes erreicht.

3.5 Vorbelastung

Die Vorbelastung ist die einfachste Form der Baugrundverbesserung und wurde im vorliegenden Fall vollflächig, durchgängig und überhöht praktiziert. Die Vorbelas-

tung bewirkt eine Konsolidierung mit der Vorwegnahme der Lasten aus Oberbau und Verkehr sowie Beschleunigung der Setzungen und dadurch eine Verbesserung von Tragfähigkeit und Setzungsverhalten. Die Erddämme konnten mit einem zeitlichen Vorlauf von 7 Monaten und mindestens einem Meter Schütthöhe über der künftigen Gradienten (Überhöhung) realisiert werden. Die Widerlagerbereiche der Brückenbauwerke wurden dabei analog mit überformt und mit einer zusätzlichen Auflast versehen (Bild 10).

3.6 Bautechnische Maßnahmen

Baugrundvergütung, Erd-Dammbau und die Gründung der Ingenieurbauwerke wurden so aufeinander abgestimmt, dass die Setzungsdifferenzen zwischen dem Brücken- und Streckenbau ein verträgliches Maß (i.S. der Gebrauchstauglichkeit) nicht überschreiten. Die Baugrundvergütung in den Brückenbereichen erfolgte in einem gemeinsamen Baulos mit den Groberdbauleistungen für die Strecke. Der Groberdbau begann in den Bereichen mit großem Setzungspotenzial (hohe Dämme, Brücken).

Die Brückenbauwerke wurden generell als Einfeldbauwerke mit Stützweiten zwischen 37 m und 70 m realisiert und flach



Bild 9: Gründungsfläche für ein Brückenwiderlager nach RSV



Bild 10: Groberdbau Anschlussstelle Leipzig Süd während der Liegezeit

Bild 11.1: Schematischer Messquerschnitt (HY/HIK)



Bild 11.2: Messkampagne

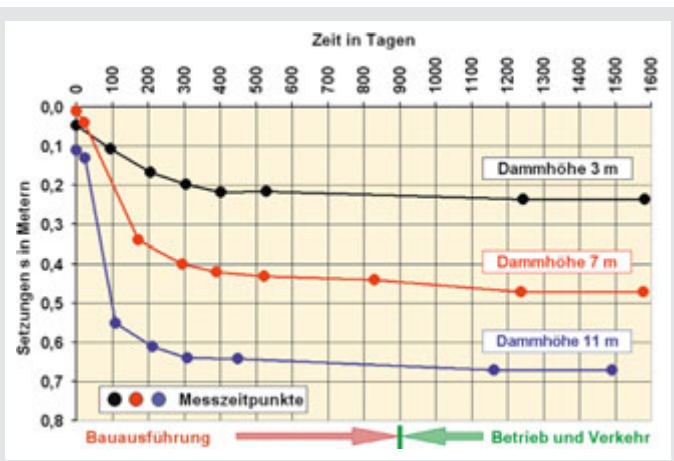


in Kombination mit Rüttelstopfsäulen gegründet. Sie wurden mit statisch bestimmten Überbauten als setzungsunempfindliche Konstruktion errichtet. Die Konstruktionen können Grenzbewegungen der Bauwerksteile nach Lage und Höhe auch ohne sofortige Anpassungen aufnehmen. Die Brückenlager konnten so angeordnet werden, dass sie bei notwendigen Korrekturen gerichtet (nachjustiert) oder ausgetauscht werden können. Hierbei waren auch Horizontalverschiebungen zu beachten. Vertiefend beschäftigt sich ein anderer Fachbeitrag mit den spezifischen Problemen bei Brückenbauwerken und den gewählten technischen Lösungen für den Bau der A 38 in den Tagebauabschnitten (Ahner 2007).

Aufgrund der Baugrundverhältnisse wurde die Autobahntrasse der A 38 durchgängig im Dammprofil als lagenweise ver-

dichtete Auflastschüttung realisiert. Infolge der perspektivisch flurnahen bzw. geländebildenden Wasserführung/-sättigung wurde in die Dammbasis eine kapillarwasserbrechende Filterdrainageschicht ($d \geq 1$ m) eingebaut. Im westlichen Trassenabschnitt (Tagebaufeld Zwenkau) betragen die Dammhöhen lediglich 1,5 ... 2,5 m. Hier musste der Aufbau der Dammschüttung/Pufferschicht gewährleisten, dass quasistatische und dynamische Einflüsse aus dem Fahrverkehr (Stoßkräfte, Schwingungen) nicht in die wassergesättigte Kippe eingeleitet werden. Tiefenwirkung und Reichweite quasistatischer und dynamischer Beanspruchungen sind rechnerisch kaum ermittelbar; entscheidend ist das Dämpfungsverhalten des Bodens bzw. einer Erde-Verbund-Konstruktion. Geokunststoffe wurden als Bewehrungslagen eingebaut.

Bild 12: Zeit-Setzungsverlauf in Abhängigkeit von der Dammhöhe



Das Bauvorhaben wurde durch geotechnische Beratung, messtechnische Überwachung, Qualitätssicherungsmaßnahmen im Erdbau und Grundwassermonitoring begleitet.

4 Setzungsverlauf

Zur Erfassung der Setzungen aus dem Untergrund, den Lastsetzungen und den Eigensetzungen des Autobahndammes wurden im Zuge des Groberdbaus an der A 38

- Setzungspegel (SP)
- Hydrostatische Horizontal-Messrohre (HY)
- Horizontal-Inklinometermessrohre (HIK) installiert (Bilder 11.1 und 11.2).

Die HIK wurden in den Widerlagerbereichen der Brückenbauwerke und die HY in der Basis der hohen Erdbauwerke (Brückenrampen und Dämme) eingebaut. Für die Strecke allgemein wurde auf klassische Setzungspegel orientiert.

Bei der vergleichenden Bewertung der Setzungsprognosen mit den tatsächlichen Setzungen muss zwischen den Erd- und Ingenieurbauwerken unterschieden werden:

- Die Setzungsprognosen für die Erdbauwerke (Erddämme) erfolgten nach der eindimensionalen Konsolidationstheorie von Terzaghi. Schwierig war u. a. die Ermittlung der vom Bauablauf und von der Untergrundverbesserung abhängigen, zeitweise hervorgerufenen Porenwasserüberdrücke für die Bau- und Zwischenzustände. Im Hinblick auf das Konsolidationsverhalten mussten „auf der sicheren Seite liegende“, vereinfachte Annahmen getroffen werden. Dies betraf auch die Bodeneigenschaften (Festigkeit, Steifigkeit und Durchlässigkeit). Die prognostizierten Setzungen wurden in den Erddämmen i. M. zu 80% erreicht, d. h. die ermittelten rechnerischen Setzungen lagen höher als die gemessenen.

In den Dammbereichen auf der Tagebaukippe Zwenkau wurden als Maximalsetzung (Mitte Setzungsmulde) die in der Tabelle zusammengestellten Beiträge ermittelt. Den Zeit-Setzungsverlauf in Abhängigkeit von der Dammhöhe zeigt beispielhaft (Bild 12). Danach bestätigt sich, dass nach ca. 250 Tagen die Zeit-Setzungskurve in eine Asymptote übergeht.

- Bei den Ingenieurbauwerken weisen die grundaustatischen Berechnungen Set-

zungen aus, die am kennzeichnenden Punkt nach DIN 4019 „Setzungsberechnung“ der durch das Widerlager gebildeten Lastfläche den Messwerten der Horizontalinklinometer größenordnungsmäßig entsprechen. Prognose und Messungen stimmen aufgrund der konkret zu modellierenden Baugrundsituation (Bemessung der Rüttelstopfverdichtung nach Priebe 2003) gut überein.

Der Anschlussstelle Leipzig-Süd liegt ein großräumiges Belastungsmodell im Rahmen des Groberdbaus (Bild 10) zugrunde. Der Setzungsverlauf wurde in definierten Zeitabständen bis zum Ende der zehnmönatigen Liegezeit gemessen und aufgezeichnet. Anschließend erfolgte eine dreidimensionale Auswertung. Die Ergebnisse der Setzungsmessungen wurden in einem Farbspektrum hellgrün (Minimalsetzung) bis rotbraun (Maximalsetzung) visualisiert (Bild 13). Die Überschlüttung der Brückenwiderlager prägt sich deutlich mit Setzungen in die Kippe durch. Am Widerlager Süd wurde mit einer Setzung von 0,34 m der Maximalbetrag ermittelt. Weitere Schwerpunktbereiche waren die Einmündungsbereiche der Auf- und Abfahrten.

Im III. Quartal 2007 wurde für die Erdbauwerke (Trasse im Tagebaufeld Zwenkau und Anschlussstelle Leipzig Süd im Tagebaufeld Espenhain) die zweite Setzungsmessung nach Inbetriebnahme der BAB A 38 durchgeführt. Alle aktiven Horizontal-Messrohre weisen im Zeitraum seit der Verkehrsfreigabe keine oder nur sehr geringe Zunahmen der Setzungen aus. Bei 98 % aller Messungen liegt die Setzungszunahme unter 2 cm. Aus den Zeit-Setzungskurven sind die Setzungen bzw. Setzungszunahmen als Langzeitprozesse erkennbar.

Es zeigen sich keine kritischen Auffälligkeiten. Nach dem Abklingen der baubedingten Lastsetzungen konnten keine nennenswerten Einflüsse aus der dynamischen Beanspruchung durch den Fahrverkehr erkannt werden.

5 Betriebliche Auswirkungen

Der Fahrhahnoberbau muss im Hinblick auf Restsetzungen flexibel sein und biegeweich ausgebildet werden. Deshalb sah der Bauvertrag eine Bauweise mit Asphaltdecke nach RStO 01 vor; Nebenangebote wurden nicht zugelassen. Im Ergebnis des Wettbewerbs kam für die Streckenabschnitte außerhalb der Kippen eine Bauweise mit Betondecke zur Ausführung (Bild 14).

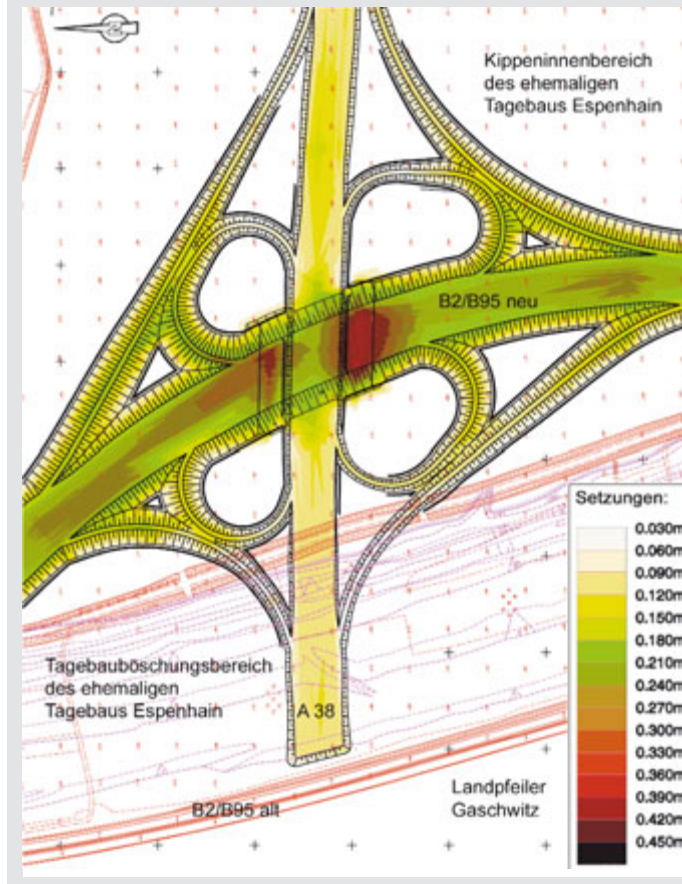


Bild 13: Setzungen Anschlussstelle Leipzig Süd

In Ermangelung praktischer Erfahrungen mit dem Betrieb von Autobahnen auf Kippenflächen wurden aus Sicherheitsgründen die Streckenabschnitte im Bereich der ehemaligen Tagebaue Zwenkau und Espenhain vorläufig mit einer Geschwindigkeitsbeschränkung auf 130 km/h (Verkehrszeichen 274-63 gem. StVO) freigegeben. Zudem besteht das im Abschnitt 2.4 angesprochene Baugrundrestisiko, welches Sackungen geringeren Ausmaßes im tieferen Untergrund nicht ausschließt. So sollte eine letztendlich nicht auszuschließende Verkehrsgefährdung aus unerwarteten Setzungen mit Verformungen

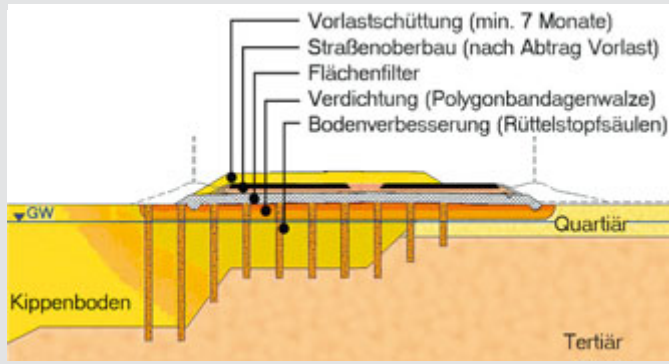
der Fahrbahn (Welligkeit) möglichst gering gehalten werden. Mit den am Jahresende 2007, nach dem ersten Betriebsjahr, erfolgten Kontrollmessungen haben sich die bisherigen Ergebnisse bzw. der prognostizierte Setzungsverlauf bestätigt. Daraufhin konnte die Geschwindigkeitsbeschränkung im Herbst 2007 aufgehoben werden. Künftig werden die Kontrollmessungen einmal pro Jahr vorgenommen und ausgewertet.

Nach den ersten fünf Betriebsjahren soll über die Fortführung der Messkampagne über das Jahr 2011 hinaus befunden werden.



Bild 14: A 38 mit Übergang Kippe/Gewachsenes

Bild 15: Regelsystem RSV im Tagebauböschungsbereich



6 Zusammenfassung und Ausblick

Die baugrundvergütenden Maßnahmen an der A 38, Südumgehung Leipzig haben sich in Summe und als Einzelmaßnahmen bewährt. Entscheidend war die Konzeption mit dem separaten Baulos „Groberdbau und Untergrundverbesserung“. Besonders die Vorschüttung als Vorlast – überhöht und mit ausreichender Liegezeit – wirkt bautechnisch positiv.

Die Streckenbaumaßnahme wurde durchgängig im Dammprofil realisiert. Infolge der perspektivisch flurnahen bzw. geländebildenden Wassersättigung erfolgte in der Dammbasis der Einbau einer Filterdränageschicht. Die Höhe dieses Kiespolsters beträgt mindestens einen Meter.

Die Gründung der Brücken erfolgte flach in Kombination mit Rüttelstopfverdichtung. Es handelt sich um Einfeldbauwerke mit statisch bestimmten Überbauten (setzungsunempfindliche Konstruktionen).

Die Brückenlager sind so angeordnet, dass sie notwendige Korrekturen zulassen.

Für den Bau des 5. Bauabschnittes der BAB A 72n (Chemnitz – Leipzig) können die vorliegenden Erkenntnisse und Erfahrungen genutzt werden, da nördlich der Ortslage Espenhain (ehem. Tagebau Espenhain) analoge geotechnische Verhältnisse vorliegen. Es sollte wiederum ein separates Baulos „Groberdbau und Untergrundverbesserung“ vergeben und überhöhte Vorlastschüttungen (inkl. Brückenwiderlager) sollten realisiert werden.

Die Maßnahme der Rüttelstopfverdichtung (RSV) im Bereich hoher Dämme (Streckenbaumaßnahme) kann minimiert werden, wenn eine ausreichende Bauzeit vorhanden ist. Durch eine schonende Belastung des Baugrundes (Baupausen) ist es möglich, kritische Porenwasserüberdrücke und damit eine Grundbruchgefahr zu begrenzen. Notwendig sind hierbei der Einbau von Vertikaldränagen, geotechnische Kon-

trollen und Messungen zum Porenwasserdruckabbau.

Im Bereich konkreter Bauobjekte darf die RSV flächenbezogen nicht zu eng gefasst werden. Z. B. für die Gründung von Lärmschutzwänden muss sie auch über den Fahrbahnrand hinaus realisiert werden.

Schwerpunkt bei der geplanten Trassenführung der BAB A 72 sind die ehemaligen Tagebaurandbereiche mit ihren veränderlichen Kippenmächtigkeiten. Hier variiert das Setzungspotenzial und geht im Übergangsbereich Kippe/Gewachsenes bis auf Null zurück. Dieser Besonderheit trägt die technische Lösung der RSV in einem speziell angepassten Regelsystem (Bild 15) Rechnung. Es gleicht das über den Querschnitt zunächst unterschiedlich verteilte Setzungspotenzial bis auf ein verträgliches Maß aus und verhindert sowohl das Kippen als auch ein Rollen der Autobahn.

Literaturverzeichnis

- Ahner, C. (2007): Brücken im Zuge der A 38 – Südumgehung Leipzig. Tagungsband 17. Dresdner Brückenbausymposium, TU Dresden, Institut für Massivbau, Freunde des Bauingenieurwesens
- Dorschner, E. (1965): Setzungsverlauf der Tagebaukippe des Braunkohlenbergbaus. Bergakademie Freiberg, Forschungsheft A 334
- Formazin, J. (1988): Bebauung von Kippen des Braunkohlentagebaus. Bauplanung-Bautechnik 42 Jg., Heft 11
- Forschungsbericht (1999): Empfehlungen und Bemessungsgrundlagen für das Bauen auf bindigen Mischbodenkippen der Braunkohlentagebaue im Mitteldeutschen Revier. LMBV mbH, Berlin (August 1999)
- Priebe, H. J. (2003): Die Bemessung von Rüttelstopfverdichtung. Bautechnik 80, Heft 6

Deutscher Straßen- und Verkehrskongress 2008
vom 8. bis 10. Oktober 2008 in Düsseldorf
mit begleitender Fachausstellung "Straßen und Verkehr 2008"



Informationen
zum Kongress: 
www.fgsv.de

Informationen
zur Ausstellung: 
www.fgsv-verlag.de

 **CCD**
Congress Center
Düsseldorf
Raum für Kommunikation.

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen