

Bauen auf Tagebaukippen- eine Herausforderung an die geotechnische Sicherheit

Building on mining dumps – a challenge to geotechnical safety

Dipl.-Ing. Stefan Geß¹

Zusammenfassung

Die Mitteldeutschen Braunkohlenkippen besitzen durch den Entstehungsprozess ein sehr hohes Setzungspotenzial bis zu mehreren Metern. Diese Bereiche stellen für die Folgenutzung hohe geotechnische Anforderungen an die Bauingenieure. Der Aufbau der Kippen im mitteldeutschen Revier wird am Beispiel des Tagebaues Espenhain erläutert. Die auf Kippen auftretenden Setzungsarten werden dargestellt. Für die Erkundung der Kippenareale werden die möglichen Varianten kurz beschrieben. Anschließend zeigen Lösungswege, wie man die Setzungen und Setzungsunterschiede beherrscht. Fallbeispiele aus der Praxis zeigen aufgetretene Probleme und deren Ursachen.

Schlüsselworte: Setzungen auf Bergbaukippen, Setzungsarten, Methoden der Bodenverbesserung, Fallbeispiele von Bauproblemen

Abstract

The mining dumps in Middle Germany have because the technology of mining a great potential of settlement. Settlement to any meters can occur. This is a great challenge to the geotechnical safety for the engineering team. The construction of the dump is described in sample of the mining Espenhain. Follow the type of settlement in soil is also described. The methods are representing to get information about the dumps and the soil in it. The knowledge of the soil properties can set the methods of settlement reduction. In the following examples any problems are described and show there causes.

Keywords: geotechnical safety, settlement of lignite mining dumps, methods for the settlement reduction, problems by building on dumps

1 Bergbauspezifische Situation

Die Braunkohlegewinnung im mitteldeutschen Revier prägte das Landschaftsbild in der Leipziger Tieflandsbucht. Mit der Kohlegewinnung musste ein Vielfaches an Abraummassen gewonnen und beginnend auf Halde und später in die ausgekohlte Hohlform des Tagebaues verkippt werden. Die Gewinnungs- und Transporttechnologie der

Abraummassen beeinflussen dabei maßgebend deren bodenphysikalische Eigenschaften. Entsprechend der eingesetzten Technologien entstehen dabei Abraumförderbrückenkippen, Absetzerkippen und zum Teil direkt verkippte Massen. Bei den einzelnen Technologien entstehen unterschiedlich durchmischte Böden, die entsprechend ihrer geologischen Entstehung im rollig-bindig-Verhältnis unterschiedlich sind. Im Mitteldeutschen Raum herrschen gemischtbindige Böden vor. Die Abb. 1

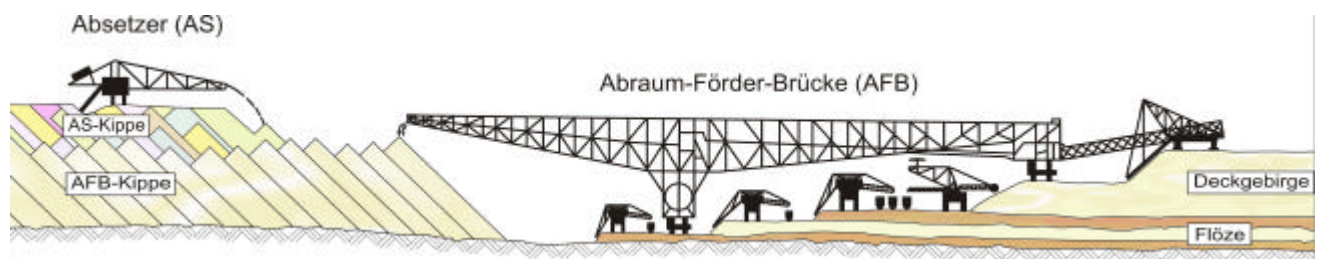


Abb. 1: Technologischer Schnitt Tgb. Espenhain

zeigt den Abraumförderbrückentagebau Espenhain.

Fig. 1: technological cut of surfacemining Espenhain

¹ Dipl.-Ing. Stefan Geß, FCB GmbH, Verwaltungsring 10, 04579 Espenhain, stefan.gess@bodenmechanik.de

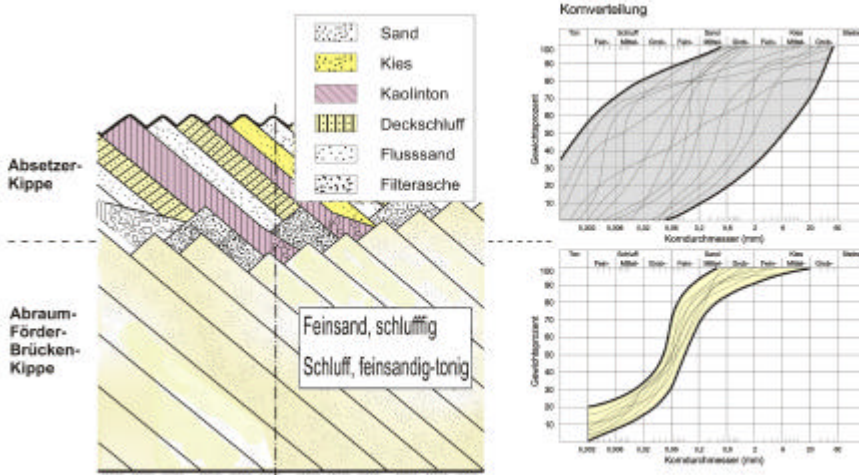


Abb. 2: Lockergesteine in den Kippen

Fig. 2: soil of dumps

Die Abb. 2 zeigt das bei der Verkippung anstehende Lockergestein sowie deren Kornspektrien.

Der wesentlichste Unterschied der Kippenböden zum gewachsenen Gebirge besteht in seiner lockeren Lagerung und das damit verbundene hohe Verformungspotenzial. Die Verformung wird dabei durch die Kornzusammensetzung und den Wassergehalt der Böden bestimmt.

2 Verformungsverhalten

2.1 Kippenbereiche

Das Verformungsverhalten der Kippen wird von der Lage zu den Rändern der Kippe beeinflusst. Dabei wird zwischen Tagebauböschungsbereichen mit den technologisch bedingten Randschläuchen, Innenkippenbereichen, Kippenrandbereichen und Kippenböschungen unterschieden. Als besonders kritisch sind hier die Böschungs- und Randbereiche zu werten, da hier auf kurzer Entfernung erhebliche Setzungsdifferenzen auftreten können. In diesen

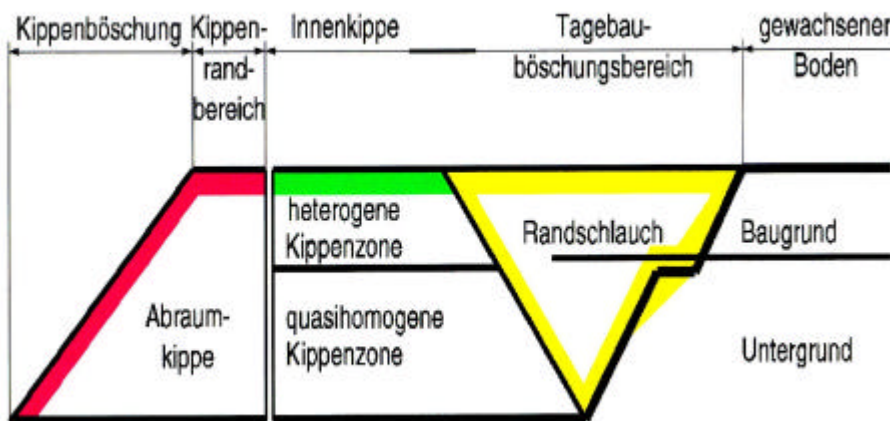


Abb. 3: Kippenbereiche

Fig. 3: areas of dumps

Abschnitten erfordern Bauwerke eine hohe Flexibilität gegenüber Verformungen, da hier auch seitliche Bewegungen aufgenommen werden müssen. Als

Alternative bieten sich kleine Bauwerke mit einer zusätzlichen Versteifung an, die eine Spannungsüberbrückung gewährleisten.

In den einzelnen Kippenbereichen treten verschiedene Verformungspotenziale auf, die in Eigensetzungen, Sackungen und Lastsetzungen unterteilt werden. Die Größen der einzelnen Verformungen sind zeitabhängig und beeinflussen sich gegenseitig.

2.2 Eigensetzung

Die Eigensetzungen entstehen durch die Kompressibilität der locker geschütteten Abraummassen in Folge der Eigenlast. In den mitteldeutschen Braunkohlenkippen sind die Eigensetzungen nach ca. 3 Jahren zu 95 % abgeklungen. Dabei werden Innenkippenverhältnisse vorausgesetzt. Nach 5 Jahren sind ca. 99 % der Eigendeformationen abgeklungen. Für die Entwicklung der Eigensetzungen liegen für mehrere Bereiche Messreihen vor.

Die Bestimmung der Eigensetzungen ist besonders für kurzfristige Baumaßnahmen unmittelbar nach dem Schüttprozess notwendig. Diese Maßnahmen können noch mit dem Bergbau verbunden sein.

2.3 Sackungen

Sackungen entstehen durch den Grundwasserwiederanstieg (oder Schwankungen) in der Kippe oder durch Versickerung und Infiltration von Niederschlägen. Dabei verliert das Korngerüst der Kippenböden die kapillare Haftfestigkeit. Der Prozess der Sackungen wird maßgebend von den rolligen und bindigen Bestandteilen der Böden beeinflusst. Ein plötzlicher Korngerüstzusammenbruch durch Sackungen tritt in sandigen, kiesigen Böden auf. In tonigen, schluffigen und gemischtkörnigen Böden sind eher Sättigungssetzungen zu beobachten, deren Verlauf an ein Kriechen erinnert. Die Kippen in Mitteldeutschland unterliegen mit ihrem Anteil an bindigen Bestandteilen eher den Sättigungssetzungen.

Die Größe der Sackungen wird zusätzlich durch Vorbelastungen der Kippen beeinflusst. Die durch Auflasten erzeugten Lastsetzungen verringern das Verformungspotenzial der Sackungen und Sättigungssetzungen, wenn sie sich vor dem Grundwasserwiederanstieg oder der Infiltration ausprägen können. Entsprechend der Zeit- und Lastabhängigkeit der vom Wasser beeinflussten Setzungspotenziale entstehen Sackungen besonders in den oberen Kippenscheiben, da hier geringere Spannungen vorhanden sind.

2.4 Lastsetzungen

Die Lastsetzungen werden durch das Gewicht des Bauwerkes selbst verursacht oder können durch entsprechende Vorlastschüttungen erzeugt werden. Entsprechend der Eigenschaften der Kippenböden und der Auflastgröße werden unterschiedliche Verformungen erzwungen. Als Regel gilt:

- Größere Lasten erzeugen größere Setzungen und
- steifere Böden verringern den Setzungsbetrag.

Die Größe der Lastsetzungen kann durch die klassischen Setzungsberechnungen ermittelt werden. Die Kennwerte der Böden und der Objektdaten bestimmen signifikant das Lastsetzungspotenzial. Zur Beschreibung der Kippenböden sollten entsprechende vorbereitende Untersuchungsmaßnahmen erfolgen. Eine gute Zusammenstellung der notwendigen Arbeiten sind in der GDA-Empfehlung 1.5 „Standorterkundung bei Verfüllungen in Gruben, Tagebauen und Tagebau-Restlöchern“ enthalten. Hier werden auch am Beispiel der Zentraldeponie Cröbern (ZDC) die angewendeten Methoden aufgezeigt.

Die betrachteten Setzungen auf Kippen liegen in Abhängigkeit der Kippenmächtigkeit, Materialzusammensetzung und der Lastgröße im Dezimeter- und Meterbe-

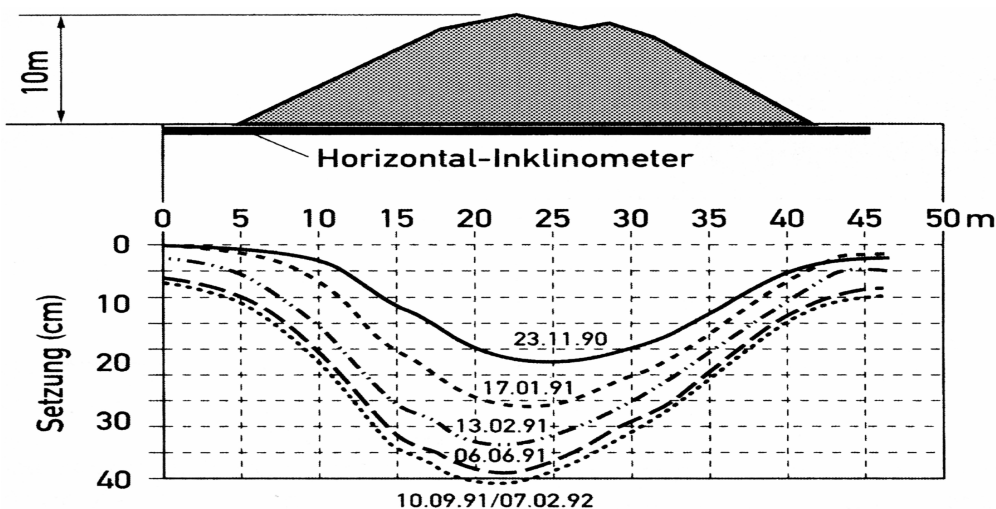


Abb. 4: Setzungen einer Probelast

Fig. 4: Settlement of a sample load

reich. Die Probeschüttung in Abb. 4 mit einer Mächtigkeit von 10 m erzeugte in knapp drei Monaten ca. 40 cm Setzungen.

3 Erkundungsmethoden

Zur Bewertung der anstehenden geotechnischen Verhältnisse können die verschiedensten Untersuchungen verwendet werden und für eine sichere Beurteilung sind verschiedene Methoden vorzusehen. Die wichtigste Grundlage stellt eine Auswertung vorhandener Altunterlagen des Bergbaues dar. Geologische, technologische und geotechnische Angaben aus der Zeit des Bergbaubetriebes können die wesentlichsten Angaben zu den Kippenböden liefern. Diese sollten dann durch ortskonkrete

Nacherkundung mittels Bohrungen und Sondierungen vervollständigt werden. In dieser Erkundung ist die Gewinnung von Probenmaterial mit einzuplanen, die anschließend im Labor weiter auf ihre bodenphysikalischen Eigenschaften untersucht werden.

Bei komplizierten geotechnischen Verhältnissen sollten die Untersuchungsergebnisse mittels Probebelastungen kontrolliert werden. Dazu können notwendige Dammschüttungen, Materialdepots oder Bau begleitende Schüttungen zum Einsatz kommen, die mit entsprechenden Messeinrichtungen versehen werden. In Auswertung der erzielten Messwerte verbessern sich die Ansätze für Prognosen.

Maßgebend für den Erkundungsumfang sind die vorhandenen Erkenntnisse aus den Altunterlagen, die Form des Bauwerkes und dessen Belastung. Bei größeren Belastungen sind umfangreichere Erkundungen notwendig. Komplizierte Bauwerke sind durch einfache Konstruktionen zu ersetzen. So sind bei Brückenbauwerken Einfeldkonstruktionen der Mehrfelderbauweise vorzuziehen.

4 Methoden der Untergrundverbesserung

Zur Beherrschung der Einflüsse des hohen Setzungs- und Bewegungspotenzials auf Braunkohlenkippen können die verschiedensten Methoden zum Einsatz kommen, die sich in ihrer Wirkungsweise unterscheiden. Dazu zählen:

Methoden zur Erhöhung der Steifigkeit der Böden, Die Verringerung der Setzungen durch Spannungsumlagerung oder technische Lösungen am Bauwerk und Fundament.

Zur Erhöhung der Steifigkeit können die folgenden

Methoden angewendet werden:

- Vorbelastung
- Vertikaldrainagen unter Vorbelastungen in Wasser gesättigten Bereichen
- Materialaustausch
- Rüttelstopfverdichtung
- Dynamische Intensivverdichtung
- Injektionen mit verfestigenden Mitteln.

Die Spannungsumlagerungen erreichen

- Geogitter und zugfeste Geotextilien
- Bewehrungen
- Verbesserte Bodenplatten.

Technische Lösungen besitzen die Möglichkeit, das bekannte Setzungspotenzial aufnehmen zu können. Das kann erreicht werden durch

- überhöhten Einbau
- vorgegebene Bewegungsfugen
- angepasste Konstruktionslängen
- Kombinationen aus allen dargestellten Methoden.

Bei allen Methoden muss berücksichtigt werden, dass man nicht einen steiferen Bereich gegenüber den angrenzenden Bauwerken und Arealen schafft. Generell sind vor allem Leitungssysteme flexibel auszubilden, indem entsprechende Materialien zum Einsatz kommen und zusätzliche Bewegungsmöglichkeiten eingebaut werden. Bei allen betreuten Objekten wurde zur Harmonisierung der Setzungen eine Vorbelastung eingesetzt. Die Vorbelastung wurde in der Regel mit einem weiteren aussteifenden Verfahren kombiniert.

5 Fallbeispiele für nicht beachtete geotechnische Randbedingungen

Im Folgenden werden an einigen Fallbeispielen die Auswirkungen bei Nichtbeachtung der geotechnischen Randbedingungen beim Bauen auf Kippen dargestellt.

5.1 Rohrverlegung

An einem Objekt auf einer Kippe sollte ein Oberflächenwassersammler durch eine Zufahrtsrampe verlegt werden. Zum Zeitpunkt der Verlegung war ein Teil der Rampe mit ca. 26 m Breite bereits hergestellt. In diesen Bereich erfolgte ein Einschnitt für das einzubauende Fertigteilrohr DN 1100. Die Länge des Rohres betrug ca. 60 m. Nach der Verlegung in den Einschnitt erfolgte die Fertigstellung des Dammes auf seine komplette Breite (55 m) und Höhe. In dieser Phase traten Setzungen auf, die in der Rohrlage zu einer Sackbildung führte, die durch den versetzten Belastungsablauf noch zu unterschiedlichen Setzungsbeträgen führte. Es traten Setzungen bis 45 cm auf. Abbildung 5 zeigt einen Prinzipschnitt.

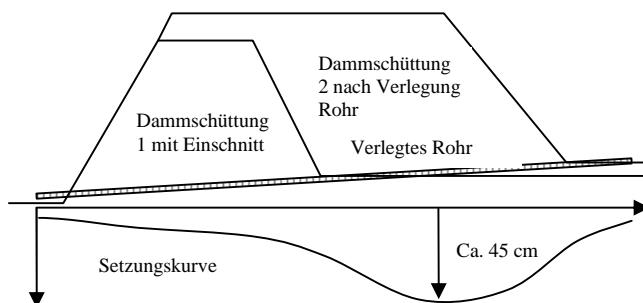


Abb. 5: Prinzipschnitt Rohrverlegung

Fig. 5: Principle cut pipe installation

Nach Feststellung der beginnenden unterschiedlichen Setzungen von ca. 25 cm wurden mit einer Prognoserechnung die zu erwarteten Setzungen bestimmt.

Nach Kenntnis des prognostischen Setzungsbetrages konnte man entscheiden, das Rohr in seiner Lage zu belassen. Die Sackbildung war tolerabel. Mit einer zeitlich abgestimmten Baufolge des Dammes und des Rohres mit einer vorherigen Prognose hätte der Ableiter wesentlich geringere Gefälleänderungen behalten.

5.2 Fallplattenverdichtung mit Arbeitsebenenstabilisierung

Zur Herstellung eines tragfähigeren Untergrundes kam in der Trasse einer Autobahn über die Kippe eine Lastplattenverdichtung zur Anwendung. Die Lage befand sich im Bereich einer Vorlastschüttung im Übergang der Kippe zum gewachsenen Sicherheitspfeiler. Bei dieser Lastplattenverdichtung fiel ein ca. 20 t schweres Gewicht mit einer Fläche von 2 x 2 m auf das Planum. Schlagzahl und Raster bestimmten die Ergebnisse eines Versuchsfeldes.

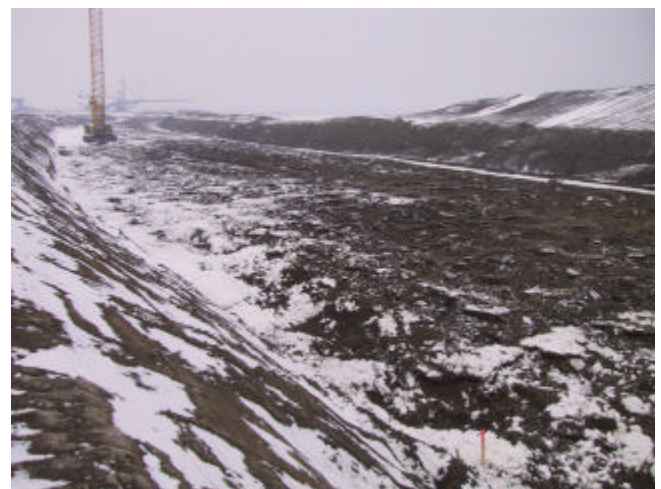


Abb. 6: Fallplattenverdichtung

Fig. 6: Dynamic case compaction

Für die Verbesserung der Tragfähigkeit der Arbeitsebene des Trägergerätes führte der Baubetrieb eine Schotter-schüttung in mehreren dm aus (siehe Abb. 6). Diese Schotter-schicht wurde während der Verdichtung mit in die Trichter geschlagen und für die Verfüllung der Trichter eingesetzt. Diese Vorgehensweise führte zu Schotter gefüllten Trichtern in der bindigen Mischbodenkippe, die sich durch Niederschläge mit Wasser füllten. Eine Verschlämzung der Arbeitsebene vor dem Überbau mit der Straßenkonstruktion war die Folge. Ein umfangreicher Austausch der Verfüllungen und der Arbeitsebene war notwendig, um anschließend den Weiterbau zu gewährleisten.

5.3 Unzureichende Sicherung einer Rohrtrasse

Die Trasse einer Autobahn über die Kippe Zwenkau querte ein bereits vorhandenes Rohr für Heizwärme. Das Rohr befand sich durch die Temperaturbelastung in einem gespannten Zustand. Zur Sicherung des Rohres während des Erdbaues war der beidseitige Einbau von 12 m langen Spundwänden geplant. Für die dauerhafte Wartungsmöglichkeit der Trasse war eine Brücke vorgesehen.

Der bereits wassergesättigte Kippenboden in den Widerlagerbereichen und den Anschlussdämmen der Autobahn erhielt eine zusätzliche Verdichtung mittels Rüttelstopfsäulen. Die Rüttelstopfsäulen sollten bis ca. 20 m eingebaut werden. Zur Beobachtung der Bewegungen kamen hinter den Spundwänden Vertikalinklinometer zum Einsatz. Die Spundwände waren im Kopfbereich ausgesteift. Die Stopfsäulen wurden auf beiden Seiten gleichzeitig und mit hoher Leistung realisiert.



Abb. 7: Kiessäulen für ein Fundament

Fig. 7: gravel columns to a foundation

Die Verdichtungsarbeiten verursachten eine Materialverdrängung auch unterhalb der Spundbohlen und so auch deren Verschiebung im Fußbereich. Das führte zur Verdichtung und Verdrängung des Bodens unterhalb des Heizwärmerohres. Begünstigt durch die Wassersättigung drückte der Boden nach oben und hob das Rohr mit an. Die Messungen im Bereich der Rohrtrasse zeigten die Bewegungen an, so dass rechtzeitig auf die Verdichtungsarbeiten Einfluss genommen werden konnte und keine Schäden entstanden.

5.4 Gründungspolster und Drainagen

Die bindigen Böden der mitteldeutschen Mischbodenkippen sind gegenüber Niederschlags- und Oberflächenwasser als sensibel einzustufen. Vor allem wenn die Gründung frostsicher in den Untergrund eingebunden wird, können bei ungenügender Abdichtung in der Hinterfüllung die Gründungspolster sich mit Wasser aufsättigen, das zu weiteren Setzungen führt. Dabei hat sich bewährt, das normalerweise eingesetzte Kiespolster durch eine Magerbetonschicht zu ersetzen.

Diese Aufsättigung wird auch erzeugt, wenn in Drainagen durch Setzungen Senken entstehen und dadurch eine Bewässerung erfolgt. Insbesondere wenn die Drainagerohre keine dichte Fliessohle besitzen. Die so erzeugten Versickerungen verursachen in der Regel zusätzliche Setzungen, die durch die lokalen Versickerungsstellen Setzungsdifferenzen auf kurzer Entfernung verursachen und damit die Statik von Bauwerken beeinflussen.

6 Schlussfolgerungen

Generell stellen Kippen durch ihr hohes Setzungspotenzial an die Bauwerke zusätzliche Anforderungen. Die Mitarbeit von Bergbau erfahrenen Fachleuten ist bei der Planung von Bauwerken auf Kippenflächen zu empfehlen. Unter Beachtung der geotechnischen Randbedingungen können Bauwerke auf solchen Flächen aber realisiert werden.

Die größeren Setzungen von Kippenflächen gegenüber einem gewachsenen Baugrund können durch gezielte Untergrundverbesserungen oder durch abgestimmte zeitliche Entwicklungen der Bautätigkeit an Erdbauwerken kontrolliert beherrscht werden. Die Anpassung der Konstruktionen von Bauwerken an die Setzungen stellt eine weitere Möglichkeit der Beherrschung der geotechnischen Randbedingungen dar. Generell ist aber mit einem erhöhten Aufwand an Mess- und Beobachtungsleistungen zu rechnen. Bei größeren Objekten sollte stets die Beobachtungsmethode nach DIN 4054 zum Einsatz kommen.

Die Bundesautobahn BAB 38 südlich von Leipzig und die Zentraldeponie Cröbern (ZDC) sind zwei Großprojekte, die das Errichten von Bauwerken auf Kippen belegen. Für die Zentraldeponie Cröbern wurden bei einer geplanten Höhe von 50 m Setzungen bis ca. 2,4 m prognostiziert. Wobei gegenwärtig bereits Setzungen im Zentrum der belasteten Fläche von 1,9 m gemessen werden. Eine Gefährdung der sicherheitsrelevanten Bauteile des Basisdichtungssystems und der Sickerwasserfassung sind bisher nicht festgestellt worden. Die Setzungen liegen im Prognosebereich.