

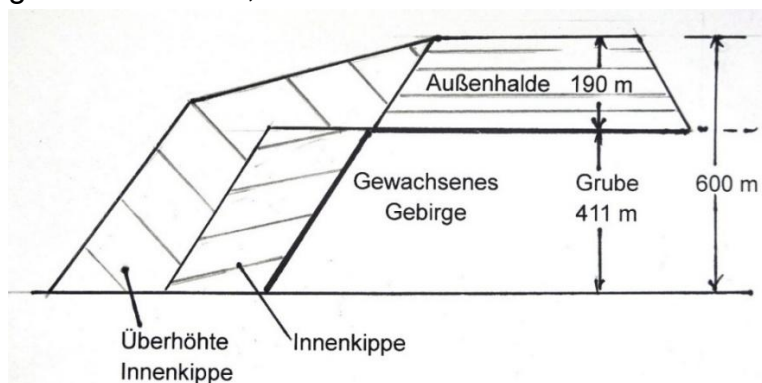
Dr. Peter Zenker

Böschungen und Kippen im Tagebau Hambach



Kippen im Tagebau Hambach

Um die Braunkohle im Tagebau Hambach gewinnen zu können, mussten viele Mrd. Kubikmeter Abraum abgetragen und zu Kippen aufgehaldet werden. Die sich dabei einstellenden Böschungen haben je nach Materialart unterschiedliche Böschungswinkel. Der erste Abraum wurde 1978 auf der Außenhalde Sophienhöhe (insges. 1,2 Mrd. m³) verkippt. Die danach anfallenden Abraummassen wurden auf der Innenkippe und der überhöhten Innenkippe des Tagebaus untergebracht. Ein Teil des Abraums wurde zum Auffüllen des ausgekohlten Tagebaus Fortuna-Garsdorf ab 1983 über eine 15 km lange zweispurige Bandanlage¹ dorthin gefördert.² Ab 1996 gelangte über diese Bandanlage auch Abraum zum Auffüllen des Tagebaus Bergheim.³ Die Hambacher Braunkohlenlagerstätte taucht in Abbaurichtung immer weiter ein. Und damit wurden die abzutragenden Abraummassen über die Zeit immer größer. Die Grube erreicht eine Tiefe von 411 m. Um keine weitere Außenhalde anlegen zu müssen, wurde deshalb der Abraum nicht nur in der Grube selbst als Innenkippe verkippt, sondern diese Innenkippe wurde überhöht und schließt sich nahtlos an die 190 m hohe Außenhalde Sophienhöhe an. Damit beträgt im Endstadium die senkrechte Höhe der verkippten Abraummassen ca. 600 m (190 m Außenhalde + 411 m Tagebautiefe). Die Generalneigung der Kippe in die Grube soll im Endstadium 1:5 betragen. Das sind 11,3° oder 20 % Gefälle.⁴



Schematische Darstellung der Kippen im Tagebau Hambach

¹ Die Fördergurte der Bandanlagen haben eine Breite von 2.800 mm. Es sind Stahlseilfördergurte. Die Bandgeschwindigkeit beträgt 7,5 m/s (= 27 km/h). Jede dieser Bandanlagen transportiert 37.500 t/h.

² Zenker, P.: Abraumbandanlage vom Tagebau Hambach zum Tagebau Fortuna, Braunkohle 36 (1984), H. 1/2, S. 14-18.

³ Bis zum Auslaufen des Tagebaus Hambach im Jahre 2030 hat man dort, beginnend mit dem Aufschluss des Tagebaus im Jahr 1978, 1,4 Mrd. t Kohle gewonnen. (Die erste Kohle wurde am 17.12.1983 gefördert.) Bei einem A: K-Verhältnis von 6,2:1 errechnen sich daraus 8,7 Mrd. m³ Abraum, die abgetragen und verkippt wurden.

⁴ Eine Neigung von 1:5 besagt, dass auf einer Strecke von 5 m Länge eine Höhe von 1 m überwunden wird. 1 geteilt durch 5 ergibt 0,2. Und der arc tan davon ist 11,3°. Ein Winkel von 11,3° entspricht einem Gefälle von 20 %.

Abraumqualitäten

Im Tagebau Hambach wird der Abraum in zwei Klassen eingeteilt:

- Mischboden 1 ($M1 \leq 30\%$ bindige Bestandteile) und
- Mischboden 2 ($M2 \geq 30\%$ bindige Bestandteile).

Mischboden 2 wird beim Transport über Bandanlagen mit deren welligen, dynamischen Erschütterungen breiig, nahezu flüssig. Bis zu 30 % des Abraums zählen zu diesem kritischen Material.

So war das im Tagebau Hambach gewonnene Abraummaterial nach dem Transport zum Tagebau Fortuna-Garsdorf flüssig und ergoss sich dort in die Tiefen des aufzufüllenden Tagebaus.^{5 6}



Mit dem Bandtransport flüssig gewordener Abraum aus dem Tagebau Hambach wird im Tagebau Fortuna mit Absetzern eingespült.⁷

⁵ Thomas Körber, Michael Eyll-Vetter, Christoph Roos, Philipp Zeimetz: 40 Jahre Tagebau Hambach-Entwicklung und Perspektiven, World of Mining 5/2018, S. 304-315.

⁶ Müller, K.: Erfahrungen bei der Verkippung von nicht standfesten Lockergesteinen im Tagebau Fortuna-Garsdorf, Braunkohle 41 (1989), H. 11, Seite 399-391.

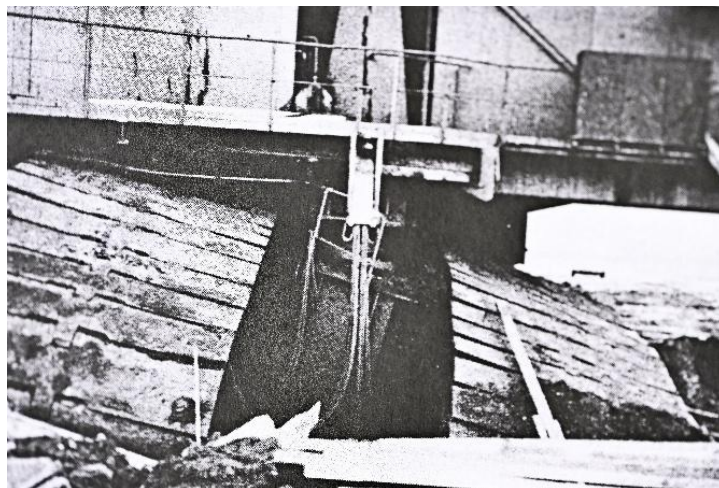
⁷ Pierschke, K.-J.: Standfestigkeit bei Verkippung von nicht aufbaufähigen Mischböden im rheinischen Braunkohlenrevier, Braunkohle 1995, H.12, S. 5-12.

Verkippungsverfahren

Bei der Verkippung des flüssig gewordenen Abraums auf der Außenkippe des Tagebaus Hambach konnte das einfache Verkippungsverfahren wie im Tagebau Fortuna-Garsdorf natürlich nicht angewendet werden. Auf der Außenkippe und später auch im Tagebau wurde deshalb mit **zwei Verkippungsmethoden** gearbeitet:

Verkippung in Großpoldern und die Verkippung in Regelprofilen.

Wie ein besonderes Betriebsereignis zeigt, müssen bei der Verkippung der nicht aufbaufähigen Massen (Mischboden 2) besondere Regeln eingehalten werden. Im Jahre 1980 hatte man beim Arbeiten mit dem Polderverfahren die aufgefüllten Polder mit einer 5 m starken Schicht aus tragfähigem Material überzogen. Als auf dieser Deckschicht der Absetzer 759 zum Einsatz kam, sank er ein und kam in gefährliche Schiefelage.



Im Polder eingesunkenes Absetzerfahrwerk⁸

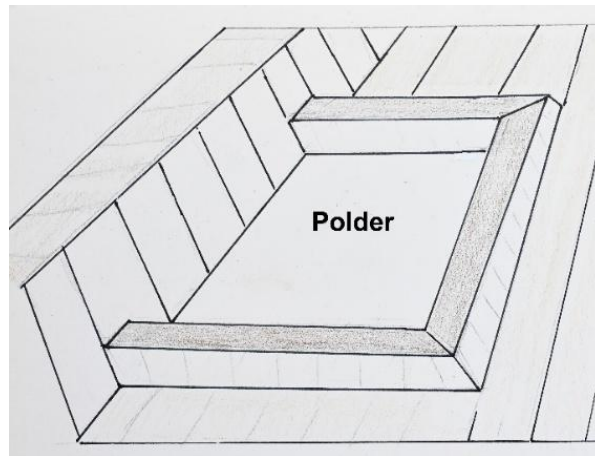
In einer groß angelegten, letztlich erfolgreichen Rettungsaktion (am 25.5.1980, Pfingstsonntag) konnte erheblicher Schaden verhindert werden. Als Folgerung aus diesem Unfall wurden später standfeste Abdeckschichten über dem nicht tragfähigen Abraummaterial in einer Stärke von 7-10 m aufgebracht.

Polderverfahren

In Anbetracht des zeitlich stark schwankenden Anfalls von nicht tragfähigem Material, teils wegen begrenztem Kippraum und häufig aufgrund des Mangels an genügend standfestem Material (Kies und Sand), muss immer wieder auf das **Polderverfahren** zurückgegriffen werden.

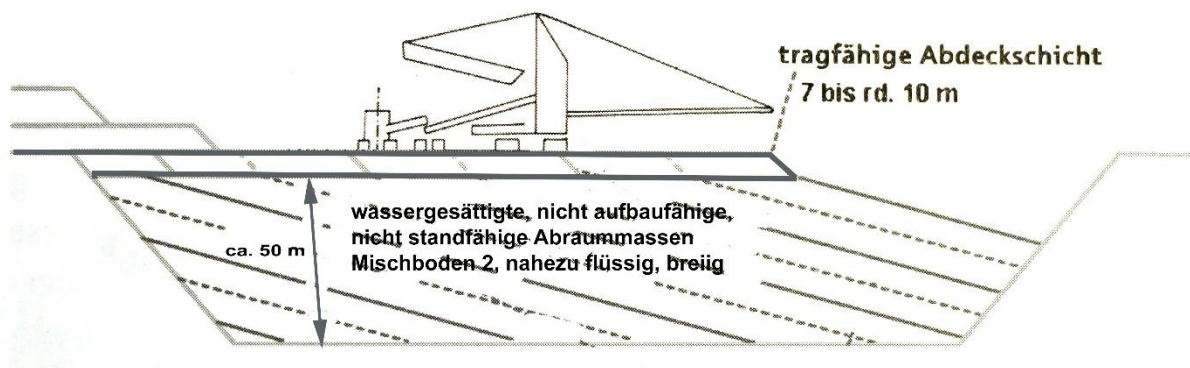
⁸ Müllensiefen, K.: Betriebliche Erfahrungen bei der Gewinnung, Förderung und Verkippung vernäster bindiger Lockergesteine im Tagebau Hambach, Braunkohle 41 (1989) Heft 11, S. 391-398.

Hierbei wird zunächst eine große annähernd rechteckige Fläche auf der Kippe auf allen Seiten durch das Aufschütten stabiler standfester Dämme (Deiche) definiert. In dem so entstandenen Polder wird nunmehr der durch den Bandtransport verflüssigte Abraum eingeleitet.



Polder (schematisch) auf den Kippen des Tagebaus Hambach zur Aufnahme von flüssig gewordenem Abraum

Das Fassungsvermögen dieser Polder liegt bei bis zu 20 Mio. m³. Auf den mit flüssigem Abraum gefüllten Poldern können natürlich keine Absetzer eingesetzt werden. Das geht erst, wie oben geschildert, nach Auftragen einer stabilen Abdeckschicht.^{9 10}



Absetzer auf tragfähiger Abdeckschicht über Großpolder¹¹

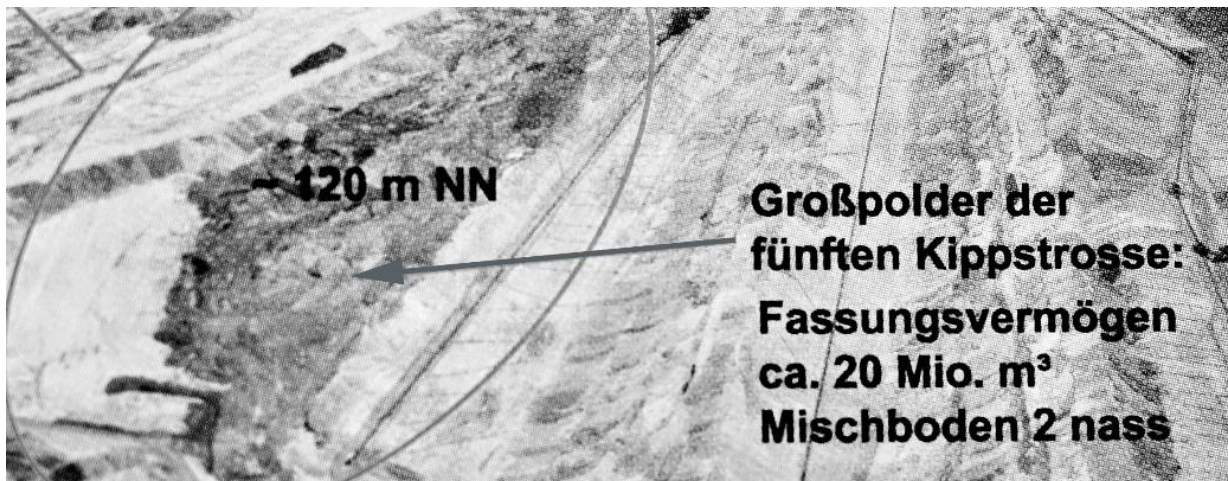
Dieses Polderverfahren wurde nicht nur beim Aufschütten der Außenkippe (Sophienhöhe) angewandt, sondern auch bei der Innenkippe und der überhöhten Innenkippe.¹²

⁹ Pierschke, K.-J.: Standfestigkeit bei der Verkippung von nicht abbaufähigen Mischböden im Rheinischen Braunkohlenrevier, Braunkohle 47 (1995) H. 12, S. 5-12.

¹⁰ Pierschke, K.-J., Gudehus, G.: Grundbruch unter Absetzerfahrwerken auf körnigen Deckschichten über weichen bindigen Böden, Vortrag in Braunschweig 1982.

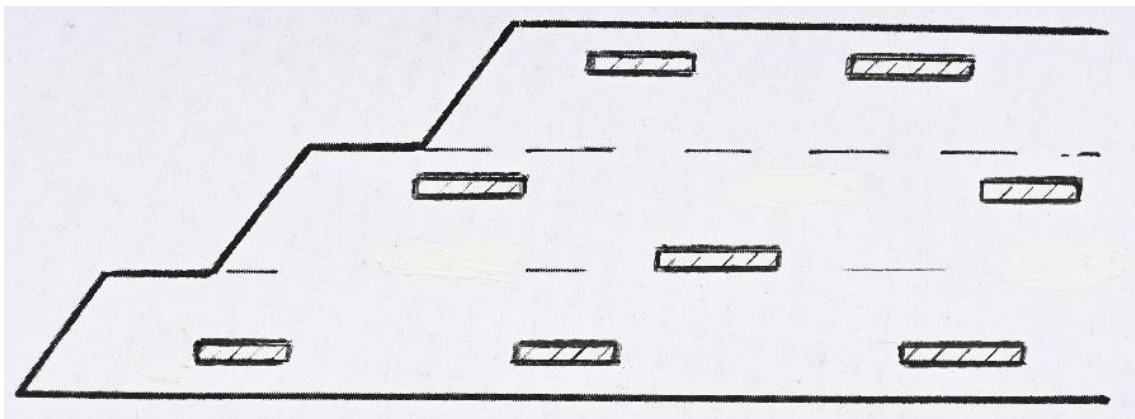
¹¹ Dahmen, D. u. Wagner, K. u. Sander, W.: Angewandte Bodenmechanik im Tagebau, Der Braunkohlentagebau, Berlin 2009, S.119.

¹² Kulik, Lars u. Röggener, Oliver: Führung des Tagebaus mit kontinuierlichem Strossentransport



Großpolder in der Innenkippe des Tagebaus Hambach ¹³

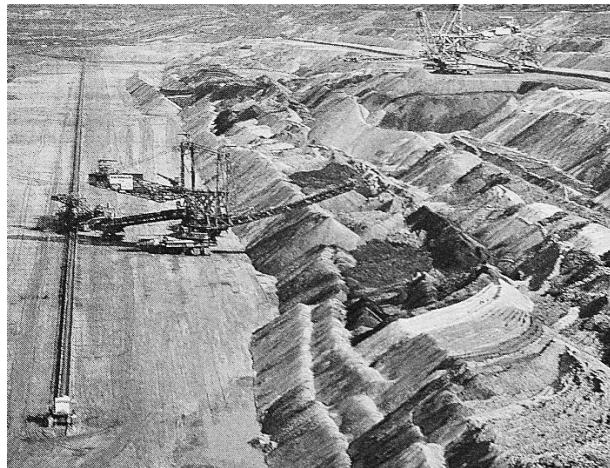
Das Anlegen dieser Großpolder erfolgt nicht nach einem vorgegebenen Schema, sondern mehr nach den sich einstellenden Erfordernissen.



Kippe mit eingeschlossenen Großpoldern (schematisch)

im Rheinischen Revier am Beispiel des Tagebaus Hambach, in: Der Braunkohlentagebau, Berlin 2009.

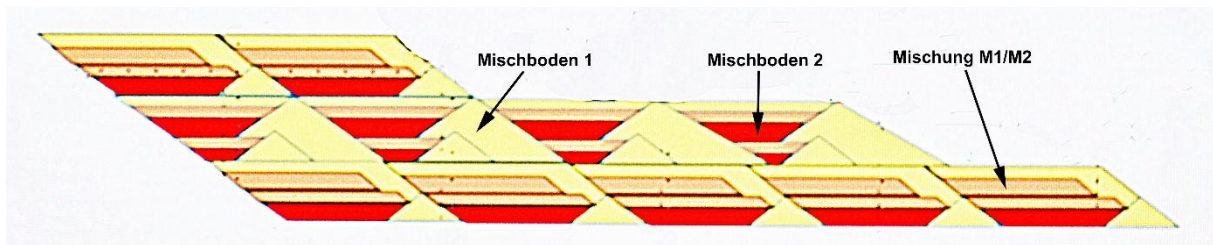
¹³ Kulik, Lars u. Röggener, Oliver: Führung des Tagebaus mit kontinuierlichem Strossentransport im Rheinischen Revier am Beispiel des Tagebaus Hambach, in: Der Braunkohlentagebau, Berlin 2009.



Großpolder: links: auf der Außenkippe Sophienhöhe¹⁴, rechts: auf der Innenkippe des Tagebaus¹⁵

Regelprofile

Das gängige Verfahren für die Verkippung der flüssig gewordenen Abraummassen ist das **Verkkippen in Regelprofilen**. Damit wurde die Verkippung des nicht tragfähigen Materials auf nahezu jeder Sohle möglich.¹⁶ Bei diesem Verfahren werden die nicht aufbaufähigen Materialien von aufbaufähigen Materialien gestützt und eingeschlossen.¹⁷ Im Grunde genommen handelt es sich hierbei um ein Kleinformat des oben geschilderten Polderverfahrens.



Regelprofil zur Verkippung der verschiedenen Abraumqualitäten im Tagebau Hambach¹⁸

¹⁴ Henning, D.: Erste Betriebserfahrungen beim Aufschluss des Tagebaus Hambach, Braunkohle H. 7, Juli 1980, S. 200-219.

¹⁵ Henning, D.: Kontinuierliche Tagebautechnik im Rheinischen Braunkohlerevier, Braunkohle 1995, S. 14-25.

¹⁶ Kulik, Lars u. Oliver Röggner: Führung des Tagebaus mit kontinuierlichem Strossentransport im Rheinischen Revier am Beispiel des Tagebaus Hambach, in: Der Braunkohlentagebau, Berlin 2009.

¹⁷ Informationen der RWE Power AG an die Landesregierung über die Anpassung der Planung für das Rheinische Braunkohlenrevier, ohne Datum, Anl. 2.1, insges. 10 Seiten.

¹⁸ Gutachten der ahu GmbH, Aachen für die Bezirksregierung Köln vom 11.2.2022 („Überprüfung der Abraumbilanzierung und geplante Böschungssysteme der RWE AG im Tagebau Hambach und Erfordernis der Inanspruchnahme der Manheimer Bucht“).

Geotechnische Bewertung

In der **Gesamtschau** wird festgehalten, dass die Kippen im Tagebau Hambach sehr komplex aufgebaut sind.¹⁹ Vom Material her gesehen sind die Kippen kein homogener Körper, sondern ein Körper mit verschiedensten Festigkeiten und Gefügestrukturen. Mit den gewählten Verkippungstechniken wird heute ein System im Bereich der Grenzstabilität erreicht. Es ist eine hinträglich standfeste Konstruktion, die nicht kollabiert. Ob die heute und morgen entstehenden neuen Kippen im Endstadium aber auch standsicher sind und standsicher bleiben, wenn **zusätzliche Belastungen** auf das System einwirken, sind die zu beantwortenden Fragen.

Es sind folgende Zusatzbelastungen und Einflussgrößen zu untersuchen:

- **Erschütterungen durch Erdbeben,**
- **Wiederanstieg des Grundwassers bei gleichzeitigem Auffüllen des Tagebaus mit Fremdwasser,**
- **das Fehlen von ausreichend Kies und Sand,**
die für einen stabilen Böschungsaufbau notwendig sind.

Neu in Auftrag gegebene Fachgutachten sollen auf die anstehenden Fragen Antworten finden.^{20 21} Bei ähnlich gelagerten Gutachten wurden Ergebnisse aus Versuchen herangezogen, die man im Labor in kleinem Maßstab mit Materialien aus den Kippen des Tagebaus Hambach gewonnen hatte. Die in derartigen Versuchen erzielten Ergebnisse sind jedoch mit Vorsicht zu betrachten. Denn es wird *„in einer Standfestigkeitsberechnung unter Berücksichtigung von im Labor ermittelten Werten die Standsicherheit meist überschätzt“*.^{22 23}

¹⁹ Informationen der RWE Power AG an die Landesregierung über die Anpassung der Planung für das Rheinische Braunkohlenrevier, Anl. 2.1, ohne Datum, insges.10 Seiten.

²⁰ Machacek, J.: Validierung numerischer Methoden für die Untersuchung von Tagebauseeböschungen unter Erdbebenbeanspruchung, World of Mining 75 (2023) No.3, S. 160-165.

²¹ Weitere Forschungsberichte zu diesem Thema finden sich in der Fachzeitschrift World of Mining 75 (2023), H. 3, S. 151-206, u. a.:

Triantafyllidis, T.: Stand des Nachweisverfahrens für die Standsicherheit von gekippten Seeböschungen infolge Erdbebeneinwirkung;

Koch, F., König, D., Wichtmann, T.: Validierung des Nachweisverfahrens zur Standsicherheit von Tagebauseeböschungen unter seismischer Anregung durch Modellversuche in verschiedenen Skalierungen.

²² Pierschke, K.-J.: Standfestigkeit bei der Verkippung von nicht aufbaufähigen Mischböden im Rheinischen Braunkohlenrevier, Braunkohle 12/1995, S. 5-12.

²³ Kuntsche, K.: Böschungsbruch in einer Kippe – Erkenntnisse aus einem Großversuch, Braunkohle 38 (1986), H.3, S. 49-55.

Erdbeben

Die Untersuchung des **Einflusses von Erdbeben auf die Kippen** im Tagebau Hambach ist keine theoretische Betrachtung, sondern ein Erfordernis.

Denn das Rheinische Braunkohlenrevier wird bis hinauf in die Niederlande von einer großen von SO nach NW streichenden geologischen Störungszone durchzogen. Besonders markant in dieser Zone ist der Erftsprung, bei dem die Erdschichten bis zu 80 m vertikal gegeneinander versetzt wurden. Diese Bruchzone ist immer noch aktiv, wie es verschiedene **Erdbeben in der Region** belegen (Erdbeben Düren am 18.2.1756, Stärke 6,4 (Richterskala), Erdbeben Tollhausen 1878, Stärke 5,9, Erdbeben Euskirchen 1951, Stärke 5,8 und Erdbeben Roermont 1992, Stärke 5,9). Aber auch kleine Bewegungen an dieser Störungszone sind täglich festzustellen. Das erkennt man zum Beispiel beim Überfahren einer Dauerbaustelle auf der Autobahn zwischen Köln und Aachen (A4) auf der Höhe des ehemaligen Tagebaus Frechen, durch den sich die Störungszone zog.

Im kleinmaßstäblichen Labormaßstab durchgeführte Versuche können, wie oben zitiert, auf die Standfestigkeit des gesamten Böschungssystems letztendlich keine Antwort geben. Untersuchungen im Großmaßstab, wie sie früher für andere Fragestellungen im Tagebau Hambach durchgeführt wurden, wären heute möglicherweise eine Option.²⁴ So können, wie man weiß, tief in der Kippe angelegte Sprengungen Erdbeben simulieren und damit eine Antwort geben, wie locker gekippte Massen auf hohe Beschleunigungswerte reagieren.^{25 26}

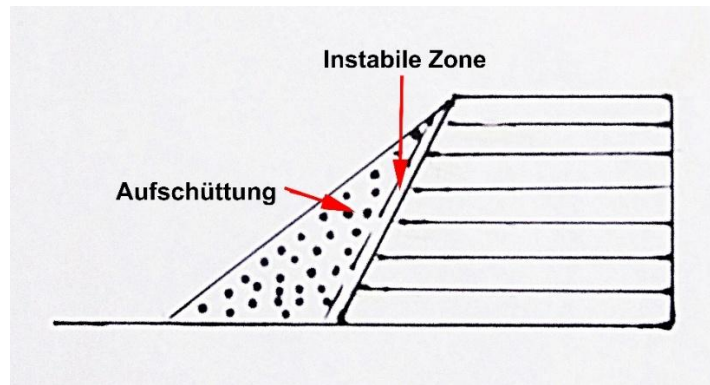
Wie aus anderen Bergbauregion bekannt lassen sich Böschungsrutschungen an mit Wasser gefüllten ehemaligen Tagebauen nicht ausschließen. Das gilt auch hier in unserer Region. Es geschah mit dem Erdbeben Roermont am 13.4.1992. Es kam zu Böschungsrutschungen am Neurather See, dem mit Grundwasser aufgefüllten ehemaligen Tagebau Neurath-Nord.²⁷ Meist liegt es bei Böschungsrutschungen an mit Wasser gefüllten Tagebauen daran, dass sich im Bereich nachträglich aufgebrachten Schüttungen schwache instabile Schichten bilden können, wie es die nachstehende Abbildung zeigt. Derartigen Aufschüttungen werden an allen Böschungen des Tagebaus aufgebracht, um die gewünschte Neigung von 1:5 zu erreichen.

²⁴ Ebda.

²⁵ Dass Tiefensprengungen auf locker gelagerte Massen großen Einfluss nehmen können, sieht man immer wieder bei den Arbeiten zur Wiedernutzbarmachung im Lausitzer Braunkohlenrevier. Siehe bei Totsche, O., LMBV: Sicherheit nach dem Bergbau, Senftenberg 2018.

²⁶ Totsche, O.: Sicherheit nach dem Bergbau, Senftenberg 2018.

²⁷ Der Neurather See entstand nach Auskohlung des Tagebaus Neurath-Nordfeld. Dieser Tagebau wurde von der Martinswerk GmbH in Bergheim betrieben. Der Aufschluss des Tagebaus erfolgte im Jahre 1960. Ausgekohlt war der Tagebau im Jahre 1985. Mit ansteigendem Grundwasser entstand bei +55 m NN ein Grundwassersee (der **Neurather See**) mit einer Fläche von etwa 13 ha.



Instabile Zone bei nachträglichen Aufschüttungen

Dieses Phänomen der instabilen Zonen ist auch bekannt aus dem Hochgebirge oder aus dem Bereich der Schneelawinen.

Wasser

Nach Ende der Kohlegewinnung Ende 2030 werden das **Wiederansteigen des Grundwassers und das Zuführen von Fremdwasser** zur Auffüllung des Restlochs eine besondere geotechnische Herausforderung für die Kippen im Tagebau Hambach. Hierzu sagt eine **alte Bergmannsregel**: *Mach den Böschungsfuß stark, leite das Wasser aus der Böschung ab und halte die Kippe trocken.*

Aber das Gegenteil passiert. Denn in die Kippen, die schon aus 30 % nicht standfestem wassergesättigtem Material bestehen, werden jetzt beim Auffüllen des Tagebaus zusätzlich riesige Wassermengen infiltriert. Damit verliert das Korngefüge des Kippenmaterials seine Festigkeit. Und wenn der Tagebau gegen Ende des Jahres 2080 aufgefüllt ist, werden bei starken WSW-Winden Wellen in Höhe von 2,12 m auf die geschütteten Kippen einbrechen.²⁸

Ein Versagen der Kippen kann dann zu unkontrollierbaren Böschungsrutschungen von unvorstellbarem Ausmaß führen.

Stand sicher bis in alle Ewigkeit²⁹

Auf dem nachstehenden Bild³⁰ ist gut zu erkennen, dass die derzeitigen Böschungen im *Tagebau Hambach* auf der Gewinnungs- als auch auf der Verkippsungsseite steil sind. So hat die Nordböschung eine Generalneigung von 1:3. Das entspricht einem Winkel von 18,43°. Wie vorab bereits ausgeführt, ist vorgesehen, dass die Böschungen mit Beginn der Befüllung mit Grund- und Rheinwasser eine Generalneigung von

²⁸ Heyer, T. u. Stamm, J. u. Backhaus, L.: Seegangs- und Sedimenttransportprognosen an Tageauseen mittels numerischer, hydro-morphodynamischer Modelle, *World of Mining* 75 (2023), No.3, S.189-195.

²⁹ Titel einer einseitigen Informationsschrift der RWE Power AG.

³⁰ Bild der RWE Power AG in: „Stand sicher bis in alle Ewigkeit“.

1:5 haben. Das entspricht einem Winkel von $11,31^\circ$. Im Wellenschlagbereich lauten die Daten: $1:20 = 2,86^\circ$.



Steile Böschungen im Tagebau Hambach ³¹

In der Genehmigung des Vorhabens *Tagebau Hambach* wird bestimmt, dass definiert durch eine Sicherheitslinie eine Sicherheitszone um den Tagebau herum einzuhalten ist. Diese Sicherheitszone hat am Messpunkt 3 eine Breite von 295 m. Diese Sicherheitszone gilt der Gefahrenabwehr. Denn es lässt sich nicht ausschließen, dass an Tagebauböschungen geotechnische Instabilitäten (Böschungsrutschungen) auftreten.³² Deshalb musste die in der Sicherheitszone liegende zu Elsdorf gehörende Siedlung Gesolei in der 284 Menschen in 80 Häusern lebten, abgerissen werden.³³



Sicherheitszone des Tagebaus Hambach mit der Siedlung Gesolei³⁴

³¹ Wie Fußnote 29

³² Lueger, Lexikon des Bergbaus, Stuttgart 1962.

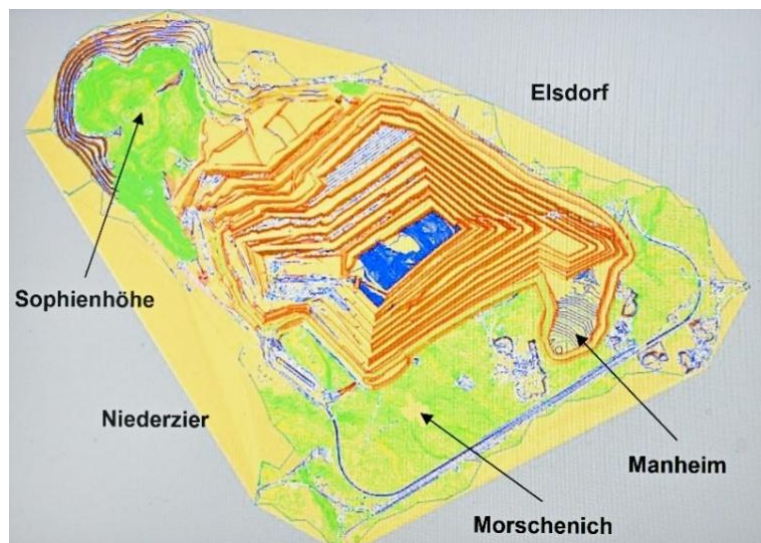
³³ Zenker, P.: Die Gesolei-Siedlung in Elsdorf, www.peter-zenker.de.

³⁴ Kartengrundlage Tagebau Hambach der RWE Power AG, 2007;

Um bei den Böschungen des Tagebaus Hambach auf der sicheren Seite zu sein, wäre es gut vorstellbar, dass auch weiterhin Sicherheitszonen vorgehalten werden.

Lösungsperspektive: Manheimer Bucht

Eine **Lösung für die Problematik mit der Standfestigkeit der Böschungen** (*fehlende Kiese und Sande*) findet sich in der **Manheimer Bucht**.



Der Tagebau Hambach mit der Manheimer Bucht³⁵

Die Manheimer Bucht hat ihren Namen nach dem Dorf Manheim, das in der Abbauzone des Tagebaus lag und umgesiedelt wurde.

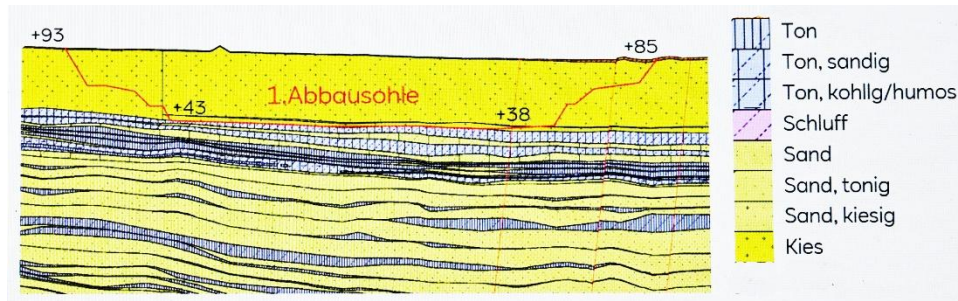


Manheim devastiert³⁶

³⁵ Gutachten der ahu GmbH, Aachen für die Bezirksregierung Köln vom 11.2.2022 („Überprüfung der Abraumbilanzierung und geplante Böschungssysteme der RWE AG im Tagebau Hambach und Erfordernis der Inanspruchnahme der Manheimer Bucht“).

³⁶ Foto aus 1.2026.

Kohle wird in diesem Bereich nie wieder abgebaut. Aber die geologischen Untersuchungen zeigen, dass in diesem Bereich genau diese Kiese und Sande anstehen, die für die **sichere Endgestaltung der Tagebauböschungen** notwendig sind. Nach Abbau dieser Kieslagerstätte wird dieser Bereich wie der übrige Tagebau geflutet und es entsteht dort eine Bucht, die **Manheimer Bucht**.



Geologisches Profil Manheimer Bucht ³⁷

Die **Kieslagerstätte von Mannheim** hat eine Mächtigkeit von bis zu 50 m. Bei einer Fläche von ca. 250 ha hat sie einen Inhalt von über 200 Mio. m³ Kies und Sand. Das ist genau die Menge, die für die standsichere Gestaltung aller Endböschungen des Tagebaus Hambach erforderlich ist.



Abbau der Kieslagerstätte in der Manheimer Bucht³⁸

³⁷ Gutachten der ahu GmbH, Aachen für die Bezirksregierung Köln vom 11.2.2022 („Überprüfung der Abraumbilanzierung“).

³⁸ Dieses und die nächsten beiden Fotos entstanden im Januar 2026.

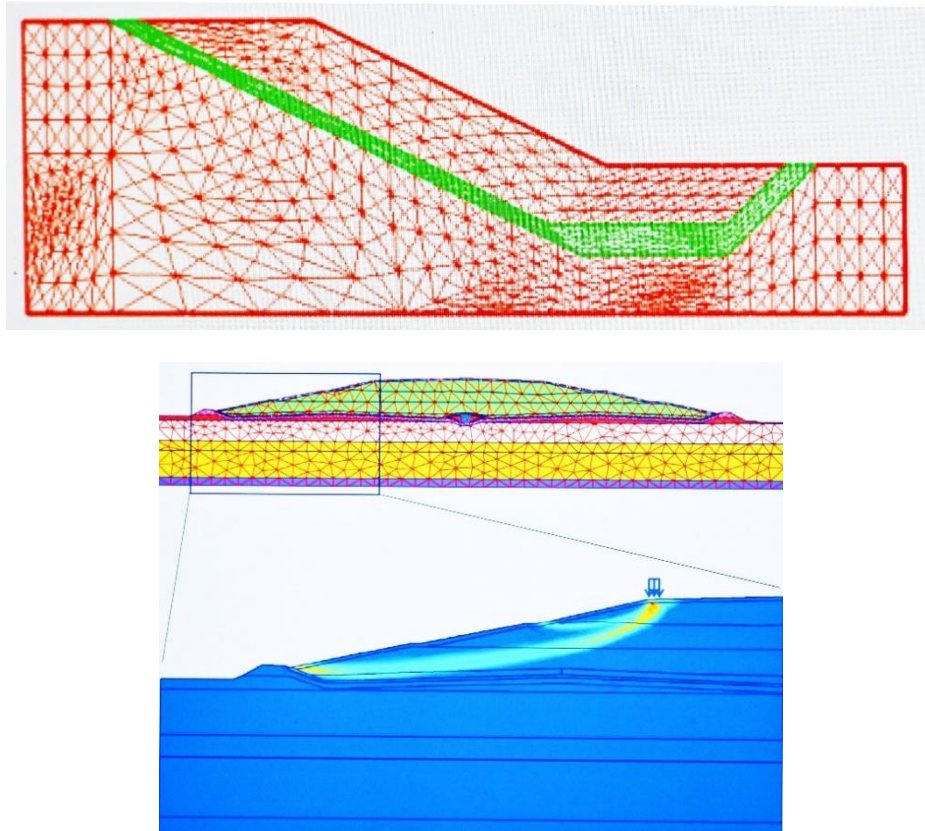


Manheimer Bucht: Kiesgewinnung mit Schaufelradbagger (oben) und zukünftige Seesohle (unten)

Moderne Berechnungsverfahren

Im Vergleich zu früheren Einschätzungen³⁹ kann heute die Berechnung der Standfestigkeit von Böschungen mit der Finite-Elemente-Methode (FEM) erfolgen. Insbesondere bei komplexen Schichtungen und Belastungen, wie sie im Tagebau Hambach vorliegen, ist dieses Verfahren gegenüber den alten, klassischen Berechnungsverfahren im Vorteil und vorzuziehen.

³⁹ Die Richtlinie der Bezirksregierung Arnsberg für die Untersuchung der Standsicherheit von Böschungen (RfS) ist mittlerweile über dreizehn Jahre alt.



Böschungmodellierung mit der Finite-Elemente-Methode (FEM)^{40 41}

Bei der FEM wird das Böschungsmodell in finiten Elementen vernetzt. Jetzt können die Festigkeitsparameter des Materials Schritt für Schritt reduziert werden, bis sich für das System keine Gleichgewichtslösung mehr findet. Daraus lässt sich dann genau ableiten, wo die Schwachstellen sind und wie die Endböschungen aufzubauen sind.

Mit den ausgezeichneten Kiesen und Sanden aus der Manheimer Bucht und unter Berücksichtigung der Ergebnisse aus den modernen Rechenmethoden (FEM) zeichnet sich jetzt eine Lösung für die sichere Endgestaltung der Böschungen und der Seeböschungen im ehemaligen Tagebau Hambach ab.

⁴⁰ Schanz, T.: Aktuelle Entwicklungen bei Standsicherheit- und Verformungsberechnungen in der Geotechnik, geotechnik 29 (2006), Nr. 1, S. 13-27.

⁴¹ Gutachten der ahu GmbH, Aachen für die Bezirksregierung Köln vom 11.2.2022 („Überprüfung der Abraumbilanzierung und geplante Böschungssysteme der RWE AG im Tagebau Hambach und Erfordernis der Inanspruchnahme der Manheimer Bucht“).

Literatur

- Dahmen, D. u. Wagner, K. u. Sander, W.: Angewandte Bodenmechanik im Tagebau, Der Braunkohlentagebau, Berlin 2009.
- Henning, D.: Erste Betriebserfahrungen beim Aufschluss des Tagebaus Hambach, Braunkohle H. 7, Juli 1980, S. 200-219.
- Henning, D.: Kontinuierliche Tagebautechnik im Rheinischen Braunkohlerevier, Braunkohle 1995, S. 14-25.
- Heyer, T., Stamm, J., Backhaus, L.: Seegangs- und Sedimenttransportprognosen an Tagebauseen mittels numerischer, hydrodynamischer Modelle, World of Mining 3/2023, S. 189-195.
- Körper, Thomas, Michael Eyll-Vetter, Christoph Roos, Philipp Zeimetz: 40 Jahre Tagebau Hambach – Entwicklung und Perspektiven, World of Mining 5/2018, S. 304-315.
- Kulik, Lars u. Röggener, Oliver: Führung des Tagebaus mit kontinuierlichem Strossentransport im Rheinischen Revier am Beispiel des Tagebaus Hambach, in: Der Braunkohlentagebau, Berlin 2009.
- Kuntsche, K.: Böschungsbruch in einer Kippe – Erkenntnisse aus einem Großversuch, Braunkohle 38 (1986), H.3, S. 49-55.
- Machacek, J.: Validierung numerischer Methoden für die Untersuchung von Tagebauseeböschungen unter Erdbebenbeanspruchung, World of Mining 75 (2023) No.3, S. 160-165. Weitere Forschungsberichte zu diesem Thema finden sich in der Fachzeitschrift World of Mining 75 (2023), H. 3, S. 151-206, u. a.: Triantafyllidis, T.: Stand des Nachweisverfahrens für die Standsicherheit von gekippten Seeböschungen infolge Erdbebeneinwirkung und Koch, F., König, D., Wichtmann, T.: Validierung des Nachweisverfahrens zur Standsicherheit von Tagebauseeböschungen unter seismischer Anregung durch Modellversuche in verschiedenen Skalierungen.
- Müllensiefen, K.: Betriebliche Erfahrungen bei der Gewinnung, Förderung und Verkipfung vernäßter bindiger Lockergesteine im Tagebau Hambach, Braunkohle 41 (1989) Heft 11, S. 391-398.
- Pierschke, K.-J.: Standfestigkeit bei Verkipfung von nicht aufbaufähigen Mischböden im rheinischen Braunkohlenrevier, Braunkohle 1995, H.12, S. 5-12.
- Pierschke, K.-J., Gudehus, G.: Grundbruch unter Absetzerfahrwerken auf körnigen Deckschichten über weichen bindigen Böden, Vortrag in Braunschweig 1982.
- Schanz, T.: Aktuelle Entwicklungen bei Standsicherheit- und Verformungsberechnungen in der Geotechnik, geotechnik 29 (2006), Nr. 1, S. 13-27.
- Totsche, O., LMBV: Sicherheit nach dem Bergbau, Senftenberg 2018.
- Zenker, P.: Abraumbandanlage vom Tagebau Hambach zum Tagebau Fortuna, Braunkohle 36 (1984), H. 1/2, S. 14-18.
- Zenker, P.: RWTL- Wasser vom Rhein in die Tagebaue, www.peter-zenker.de.

Der Bericht wurde am 2.4.2026 fertiggestellt.

Dank für die Unterstützung bei der Fertigstellung des Berichtes geht an:

Frau Karin Arnold, Deutscher Braunkohlen-Industrie-Verein e.V., Frechen;
Direktor Dr. Oliver Totsche, LMBV – Lausitzer- und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungs Gesellschaft mbH, Senftenberg;
Küsters, R.: Druckpunkt, Hochschule Bonn-Rhein-Sieg (H-BRS), Sankt Augustin;