

Bezirksregierung Arnsberg
Abteilung Bergbau und Energie in NRW
Dezernat 61
Goebenstraße 25

44135 Dortmund

**Gebirgsmechanik
Standssicherheit und Verformung**

Unsere Zeichen
Name
Telefon
Telefax
E-Mail



Bergheim, 15. Dezember 2023

Tagebau Garzweiler

**Planerische Mitteilung zur Standssicherheitsuntersuchung der geplanten
Tagebauseeböschungen für den Tagebausee Garzweiler**

**Geologische Schnittlagen S 246, S 269, S 270, S 271, S 272, S 273,
S 274, S 276 und S 277**



**Energising
the future.**

For 125 years.

1 Vorbemerkung und Aufgabenstellung

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), das Ministerium für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen (MWIKE NRW) und das Unternehmen RWE verständigten sich im Oktober 2022 auf Eckpunkte eines von 2038 auf 2030 vorgezogenen Kohleausstiegs.

Diese Verständigung, die neben der zeitlichen Verkürzung der Kohlegewinnung und -nutzung auch den Erhalt des 3. Umsiedlungsabschnitts im Stadtgebiet Erkelenz und damit eine weitere Verkleinerung des Abbaufelds Garzweiler II beinhaltet, bildete den Ausgangspunkt für die Erarbeitung einer neuen Leitentscheidung für die Braunkohlegewinnung in Nordrhein-Westfalen, die im September 2023 vom Landeskabinett NRW beschlossen wurde. Bei der Umsetzung der Vorgaben der Leitentscheidung im laufenden Braunkohlenplanänderungsverfahren stellen die veränderten Randbedingungen für die Lage und Gestaltung des Tagebausees Garzweiler in der Bergbaufolgelandschaft einen zu berücksichtigenden Aspekt dar.

Einen wesentlichen bei den vorzunehmenden planerischen Anpassungen zu berücksichtigenden Schwerpunkt bildet die Herstellung dauerhaft standssicherer Tagebauseeböschungssysteme.

**RWE Power
Aktiengesellschaft**

Stüttgenweg 2
50935 Köln

T +49 221 480-0
F +49 221 480-1351
I www.rwe.com

Vorsitzender des
Aufsichtsrates:
Dr. Michael Müller

Vorstand:
Dr. Frank Weigand
(Vorsitzender)
Steffen Kanitz
Dr. Lars Kulik
Kemal Razanica

Sitz der Gesellschaft:
Essen und Köln
Eingetragen beim
Amtsgericht Essen
HR B 17420
Eingetragen beim
Amtsgericht Köln
HR B 117

USt-IdNr. DE 8112 23 345
St-Nr. 112/5717/1032

Vor diesem Hintergrund soll mit Vorlage einer Planerischen Mitteilung unter Beachtung der derzeitigen planerischen Vorgaben die grundsätzliche geotechnische Machbarkeit des aus der Leitentscheidung resultierenden geänderten zukünftigen Tagebausees untersucht werden.

Nach Prüfung der im Rahmen der Planerischen Mitteilung vorgelegten Untersuchungen durch den Geologischen Dienst NRW ist die Fertigung eines Prüfvermerks durch die Bezirksregierung Arnsberg vorgesehen. Dieser Prüfvermerk soll Eingang in das Braunkohlenplanänderungsverfahren finden, um im Verfahren zu dokumentieren, dass die grundsätzliche geotechnische Machbarkeit bereits vorab seitens der für die Standsicherheit fachlich zuständigen Bezirksregierung Arnsberg geprüft wurde.

Im Rahmen der nachfolgenden Betriebsplanverfahren erfolgt dann, unter Berücksichtigung der entsprechenden rechtlichen Vorgaben und ergänzender betrieblicher Unterlagen, die weitere Konkretisierung der Untersuchungen zur Standsicherheit der Tagebauseeböschungssysteme.

Anlage 1 zeigt die Lage und Ausdehnung des geplanten Tagebausees, der sich im Vergleich zur bisherigen Planung verkleinert und nach Osten verlagert hat. Diese Veränderungen sind im Wesentlichen auf den Erhalt der Ortschaften des 3. Umsiedlungsabschnittes (Keyenberg, Kuckum, Oberwestrich, Unterwestrich und Berverath) und der Holzweiler Höfe (Eggeratherhof, Roitzerhof und Weyerhof) sowie der Einhaltung der erforderlichen Abstände des Tagebaus von rund 400 Metern zu Keyenberg und den weiteren Dörfern des 3. Umsiedlungsabschnitts und 500 Meter zu Holzweiler zurückzuführen.

Die Ergebnisse der Standsicherheitsuntersuchungen von neun mit der Bezirksregierung Arnsberg und dem Geologischen Dienst NRW abgestimmten Schnittlagen entsprechend **Anlage 1** werden hiermit in Form einer Planerischen Mitteilung vorgelegt und bewertet. Dabei konzentriert sich der Untersuchungsumfang auf die geplanten Tagebauseeböschungen im Bereich der Ortschaften Jackerath (S 269), Holzweiler (S 270 und S 246) und Keyenberg (S 271 und S 272) sowie der ebenfalls als zu schützende Objekte einzustufenden Autobahnen A44n (S 274 und S 277) und A46 (S 273) sowie das Autobahndreieck Jackerath (S 276).

Gemäß den Vorgaben der Leitentscheidung 2023 wurde eine nochmalige Verringerung der Vorfeldinanspruchnahme für den Tagebau Garzweiler geprüft. Die zwischenzeitlich ermittelten Potentiale konnten allerdings im Rahmen der hiermit vorgelegten standsicherheitlichen Prüfung nicht berücksichtigt werden. Es ergeben sich aber hieraus keine relevante Änderung der Standsicherheit und damit keine Auswirkungen auf die grundsätzliche Machbarkeit des Tagebausees.

Bei den hier vorliegenden Standsicherheitsuntersuchungen wird die aktuelle Fassung der **Richtlinie für Standsicherheitsuntersuchungen (RfS)** angewendet. Danach sind bleibende Böschungen, also auch Tagebauseeböschungen, entsprechend ihrer Nutzung standsicher anzulegen. Einwirkungen durch mögliche Erdbeben sind für diese bleibenden Böschungen entsprechend der 1. Ergänzung der RfS vom 08.08.2013 zu berücksichtigen.

Für die Endböschungssysteme werden hinsichtlich ihrer Standsicherheit als Tagebauseeböschungen verschiedene Lastfälle (unterschiedliche Befüllungszustände sowie Erdbebenansätze) betrachtet.

Es wurden sowohl geschnittene als auch gekippte Endböschungssysteme auf Standsicherheit untersucht.

Die vorgelegten Standsicherheitsuntersuchungen wurden auf Grundlage aktueller geologischer, hydrologischer und planerischer Unterlagen durchgeführt, die von unseren jeweils zuständigen Fachabteilungen zur Verfügung gestellt wurden. Von der zuständigen Planungsabteilung wurden unter Berücksichtigung bergbautechnischer Gesichtspunkte die Seeböschungsgeometrien der hier untersuchten neun Profile und für drei dieser Profile der Kippenaufbau bereitgestellt. Die geomechanischen Kennwerte lieferte eine aktuelle Auswertung der geomechanischen Datenbank GEODAT durch unser akkreditiertes Gebirgs- und Bodenmechanisches Prüflabor.

2 Arbeitsunterlagen

2.1 Geologische Verhältnisse

Die Unterlagen und Ausführungen zur Geologie wurden von der zuständigen Fachabteilung *Lagerstättegeologie* bereitgestellt.

Der Tagebau Garzweiler I/II befindet sich im Bereich der Venloer Scholle. Der lithologische Aufbau entspricht im Wesentlichen dem der Niederrheinischen Bucht. Die geologischen Ablagerungsverhältnisse im betrachteten Bereich sind gekennzeichnet durch die für den Tagebau Garzweiler übliche Lagerung von bindigen und nichtbindigen Lockergesteinsarten, deren Bezeichnung in Anlehnung an Schneider & Thiele erfolgt.

Der Tagebau Garzweiler I/II zeigt vom Liegenden zum Hangenden Aufschlüsse in den Lockergesteinen der Ville-Schichten, der Hauptkiesserie, der Rotton- und Reuverserie sowie den quartären Schichten der Hauptterrasse. Im hier betrachteten Bereich stehen die Flöze Morken (6A), Frimmersdorf (6C) und nur bereichsweise das Flöz Garzweiler (6E) an. Unterhalb Flöz Morken und zwischen den jeweiligen Kohleflözen sind mit den Horizonten 5, 6B (Frimmersdorfer Sand) und 6D (Neurather Sand) mächtige marine Sande abgelagert worden, die teilweise mehr oder weniger mächtige, bindige Schichten, insbesondere oberhalb Flöz Frimmersdorf aufweisen können. Zusätzlich sind im Horizont 5 lokal verbreitete und geringmächtige Braunkohlenflöze eingeschaltet. Über den Ville-Schichten stehen pliozäne Sand-Kiesschichten (Hauptkiesserie Horizont 8 und Horizont 10), der Obere Rotton (9C) und ein Reuverton (Horizont 11C) an. Den Abschluss bilden die lokal verbreiteten quartären, bindigen Ablagerungen des Tegelen Ton (13) und die überwiegend groben Sand- und Kiesschichten der Hauptterrasse (12 und 16) mit einer überlagernden Lössschicht. Alle Schichten sind überwiegend söhlig abgelagert.

Im hier betrachteten Bereich treten eine Vielzahl von synsedimentären, meistens nach NW-SO streichenden, syn- oder antithetischen Verwerfungen auf. Vereinzelt besitzen diese eine Streichen-Richtung SW-NO. Aufgrund

des Einflusses des Jackerather Horstes befinden sich im südlichen Bereich des Tagebaus mehrere Verwerfungen, die einen Gesamtversatzbetrag bezogen auf das Flöz Morken von über 100 m aufweisen. Die Verwerfungen im nördlichen Bereich erreichen einen Versatz von wenigen Metern bis zu 10 m am Liegenden Flöz Morken.

Die geologischen Verhältnisse der verschiedenen geologischen Profile (S 246, S 269, S 270, S 271, S 272, S 273, S 274, S 276 und S 277) sind in den **Anlagen 2.1** bis zu **2.9** dargestellt.

2.2 Hydrologische Verhältnisse

Die Unterlagen und Ausführungen zur Hydrologie wurden von der zuständigen Fachabteilung *Grundlagen und Tagebauentwässerung* bereitgestellt.

Die eingetragenen Wasserspiegel zu den im Rahmen der Untersuchung betrachteten Befüllzuständen (0/3, 1/3, 1/2, 2/3 und 3/3) sind auf den Böschungsfuß bzw. den tiefsten Punkt der jeweiligen Schnittlage ausgelegt.

2.2.1 Null Drittel Tagebauseefüllung (leere Tagebauseemulde)

Bis zur einsetzenden Seebefüllung werden die Wasserspiegel der Hangend- und Liegendleiter sowie die Kippenwasserspiegel annähernd auf gleichbleibendem Niveau des aktiven Tagebaus gehalten.

Die dargestellten Zielwasserspiegel werden durch die Sumpfung der Hangend- und Liegendbrunnen und durch die in der Kippe eingebauten Dränagen erreicht. Insbesondere im Bereich der überkippten Nordrandböschung werden Überströme aus den unverritzten Hangendleitern möglichst durch die bestehenden Randgalerien im Nordrandbereich begrenzt. Innerhalb der rückwärtigen Innenkippe in Richtung östliches Tagebaufeld Garzweiler I erfolgt aus den Hangendgrundwasserleitern 6D und 6B sowie infolge des Wiederanstiegs des Liegendhorizontes 5 eine Infiltration in die Innenkippe.

Neben den Infiltrationswässern wird der Kippenwasseranstieg durch Regenerationswässer beeinflusst, die entlang der Kippenbasis in Folge des nach NW gerichteten Schichteinfallens in Richtung des Tagebautiefsten strömen und dort größtenteils über Dränagen abgeleitet werden. Im mittleren bis südlichen Abbaufeld ist aufgrund des beschriebenen Einfallens der Schichten von Südost nach Nordwest die Kippenbasis weitestgehend trocken zu erwarten.

Der jeweilige Überdruck innerhalb der Liegendhorizonte 2-5 wird entsprechend der Vorgaben der Fachabteilung Gebirgsmechanik begrenzt. Im Liegendhorizont 2-5 wird im Bereich der vollständigen Auskohlung weitestgehend eine Druckentspannung gemäß den Vorgaben erreicht. Dies ist bis zur einsetzenden Seebefüllung aufrecht zu erhalten.

2.2.2 Ein Drittel Tagebauseefüllung

Der ansteigende Seewasserspiegel bewirkt einen Einstrom in die Kippe bzw. einen Überstrom des Kohlenflözes 6A/6C (je nach Lage der betrachteten Schnittpur innerhalb des Tagebausees), wodurch ein Grundwasserwiederanstieg und eine Strömungsumkehr innerhalb des unteren Hangendhorizontes 6B, vereinzelt auch im unteren Bereich des 6D, einsetzt. Der Gradient wird in Richtung des Unverritzten ausgebildet und die Sumpfungseistung der Hangendentwässerung kann entsprechend reduziert werden. In Phasen mit geringen Befüllungskapazitäten und gleichzeitig reduzierter Sumpfungseistung kann der Gradient vom Unverritzten in Richtung Kippe etwas geringer sein. Durch den Betrieb der „Seebegleitbrunnen“ wird ein Zustrom vom unverritzten Gebirge zur Seeböschung grundsätzlich unterbunden.

Die Entwässerung der darüber liegenden Hangendleiter, deren Basis nicht vom ansteigenden Seewasserspiegel erfasst wird, bleibt unverändert.

Die Druckwasserspiegel der Liegendleiter steigen im Bereich des Seetiefsten in Abhängigkeit des Seewasserspiegelanstiegs. Die Sumpfungseistung wird entsprechend der Befüllung gesteuert und betrifft im Auskohlungsgebiet zuerst den Horizont 2-5. Der Liegendleiter wird aufgrund der direkten Verbindung mit dem Seewasserspiegel mit der Befüllung ansteigen.

2.2.3 Halbe Tagebauseefüllung

Die Grundwasserstände der Hangendleiter steigen analog zum Seewasserspiegel weiter an. Bei diesem Befüllungszustand liegen größtenteils nur der Grundwasserleiter 6D und das oberste Grundwasserstockwerk im Vorfeldbereich der Böschung oberhalb des Seewasserspiegels. Ein Zustrom in der See wird durch den Weiterbetrieb der Sumpfungsbunnen unterbunden.

Der Liegendleiter wird aufgrund der direkten Verbindung mit dem Seewasserspiegel weiterhin mit der Befüllung ansteigen.

2.2.4 Zwei Drittel Tagebauseefüllung

Mit fortlaufender Seebefüllung steigen die Kippen- und Hangendleiterwasserspiegel weiter an und liegen auf nahezu einheitlichem Niveau wobei die Strömungsrichtung vom See in die Böschungen sichergestellt wird. Das oberste Grundwasserstockwerk verbleibt weiterhin, je nach Lage der betrachteten Schnittpur innerhalb des Tagebausees, oberhalb des Seewasserspiegels und muss entsprechend gesumpft werden. In weiter südlich gelegenen Schnittlagen ist zur Vermeidung von Restwasseraustritten aus Niederschlägen und Regenerationswässern ebenfalls eine Entwässerung im Bereich des oberen Grundwasserstockwerkes auf den obersten Strossen erforderlich.

Der Liegendleiter wird aufgrund der direkten Verbindung mit dem Seewasserspiegel weiterhin mit der Befüllung ansteigen.

2.2.5 Volle Tagebauseefüllung

Nach Abschluss der Befüllung liegt der Seewasserspiegel bei +66 m NHN. Innerhalb der Schnittdarstellungen entsprechen die Wasserspiegel der mit dem See direkt im Kontakt stehenden Grundwasserleiter diesem Niveau.

Der Wasserspiegel des obersten Stockwerks wird insbesondere im südlichen Abbaufeld teils oberhalb des Seewasserspiegels liegen und bereichsweise oberflächlich austreten). Die Wässer werden dort bedarfsweise beispielsweise durch Drainagen oberhalb der Wellenschlagzone gefasst und kontrolliert dem See zugeführt. Die begleitende Sumpfung wird nach Abschluss der Befüllung des Tagebausees und Erreichen stationäre Grundwasserspiegel grundsätzlich eingestellt.

Die hier beschriebenen hydrologischen Zustände sind für die jeweiligen Schnittlagen in den **Anlagen 3.1.1 bis 3.9.5** dargestellt.

2.3 Böschungsgeometrien

Das gewählte Böschungsdesign und die geplante Ausgestaltung der Seeböschungssysteme orientiert sich i. W. an den bereits durchgeführten Untersuchungen zur Machbarkeit von Tagebauseen im Rheinischen Revier. Daraus leiten sich als grundsätzliche Merkmale eine Generalneigung für die Seeböschungssysteme von ca. 1 : 5 (ab UK Wellenschlagzone) sowie Neigungen der Einzelböschungen von 1 : 2,5 für die geplanten Unterwasserböschungen ab. Im Bereich des geplanten Zielwasserspiegels (+66 m NHN) ist zur Vermeidung von Bodenerosion durch Windwellen eine Wellenschlagzone mit einer Breite von i.d.R. 100 m und einer Neigung von 1 : 25 vorgesehen. Die unmittelbar unterhalb der Wellenschlagzone angelegte Einzelböschung wird mit einer Neigung von 1 : 5 erstellt, die Böschungen oberhalb der Wellenschlagzone sind mit einer Neigung von 1 : 3 vorgesehen.

Die getroffene Verständigung zur vorgezogenen Beendigung der Kohlegewinnung im Tagebau Garzweiler im Jahr 2030 beinhaltet für die Politik auch die Option einer Kraftwerkreserve, d.h. eines Weiterbetriebs bestimmter Braunkohlekraftwerksblöcke bis Ende 2033. Es ist daher vorgesehen, im südlichen Tagebaubereich (Bereich der Schnittlagen S 269 und S 270), die Böschungssysteme so herzustellen, dass die für einen möglichen Reservebetrieb nach 2030 erforderliche Kohle ohne Änderungen der geplanten Wiedernutzbarmachung des Tagebaus Garzweiler gewonnen werden kann. Im Rahmen der vorgelegten Standsicherheitsuntersuchungen wurden daher auf der sicheren Seite liegend die Tagebauseeböschungen des Tagebaustands bei optionalem Weiterbetrieb bis Ende 2033 berücksichtigt, da dieser aufgrund der umfangreicheren Auskohlung bereichsweise steilere Böschungsgeometrien aufweist.

Die Gesamthöhen und Generalneigungen der Tagebauseeböschungssysteme im Bereich der hier betrachteten Schnittlagen sind in der **Tabelle 1** zusammenfassend aufgeführt.

Tagebauseeböschungen Garzweiler						
Profil	Gesamtböschung (mit Überwasserböschungen)		Böschungssystem unter Wasser ¹		Ausgestaltung	Bereich
	Höhe	Neigung	Höhe	Neigung		
S 246	183 m	1 : 5,2	160 m	1 : 5,0	geschnitten	Holzweiler Nord
S 269	166 m	1 : 6,8	130 m	1 : 7,2	geschnitten	Jackerath
S 270	187 m	1 : 5,2	159 m	1 : 5,0	geschnitten	Holzweiler Ost
S 271	180 m	1 : 5,2	163 m	1 : 4,9	geschnitten	Keyenberg Süd
S 272	163 m	1 : 6,7	148 m	1 : 6,5	geschnitten	Keyenberg Ost
S 273	170 m	1 : 14,1	141 m	1 : 13,9	gekippt	Autobahn A46
S 274	153 m	1 : 7,7	121 m	1 : 6,7	gekippt	Autobahn A44n Süd
S 276	159 m	1 : 7,4	100 m	1 : 8,4	geschnitten/gekippt	Dreieck Jackerath
S 277	163 m	1 : 11,1	137 m	1 : 10,0	gekippt	Autobahn A44n Nord

1 Unterwasserböschung ab UK Wellenschlagzone

Tabelle 1: Geometrien und Ausgestaltung der Seeböschungen

3 Standsicherheitsberechnungen

Die Standsicherheiten der geplanten Seeböschungssysteme wurden mit zwei unterschiedlichen Methoden berechnet. Dies sind die Lamellenmethode nach dem Berechnungsverfahren nach Bishop für kreiszylindrische Gleitflächen und die Methode der zusammengesetzten Bruchmechanismen mit geraden Gleitfugen (sogenannte Starrkörpermethode – SKM), die überwiegend zur Berücksichtigung von Störungen und/oder sedimentationsbedingten Schwäche-zonen in Form bindiger Schichten Anwendung findet. Bei beiden Methoden wurde die globale Sicherheit nach Fellenius η_F ermittelt und berücksichtigt.

Im Zuge der durchgeführten Standsicherheitsberechnungen wurden verschiedene Seebefüllstände bzw. Betriebszustände der Böschungssysteme untersucht. Dafür wurden in den Schnittlagen verschiedene Annahmen für die Höhe des Seewasserspiegels und der entsprechenden Grundwasserstände getroffen. Hierbei sind, wie für solche Betrachtungen üblich, Zustände mit den Befüllungsvariationen (0/3, 1/3, 1/2, 2/3 und 3/3) berücksichtigt worden.

Zusätzlich wurden für die Untersuchungen der bleibenden Seeböschungen für den Befüllungszeitraum und den Endzustand in Übereinstimmung mit den Vorgaben der RfS seismische Belastungen mittels pseudo-statischer Berech-

nungen berücksichtigt. Dabei ist für bleibende Böschungssysteme bis zum Erreichen des endgültigen Wasserstandes (Befüllungsphase) eine Bodenbeschleunigung mit einer Wiederkehrperiode von $T = 500$ Jahren (Bemessungserdbeben 1) und für Seeböschungssysteme nach Erreichen des endgültigen Seewasserstandes (Endzustand) eine Bodenbeschleunigung mit einer Wiederkehrperiode von $T = 2500$ Jahren (Bemessungserdbeben 2) zu berücksichtigen.

Die jeweiligen horizontalen Bodenbeschleunigungen für die o.g. Bemessungserdbeben wurden mittels standortspezifischer Abfrage der Spitzenbodenbeschleunigung (PGA) beim Deutschen GeoForschungs-Zentrum (GFZ) in Potsdam entsprechend Ziffer 3.4 der 1. Ergänzung der RfS vom 08.08.2013 ermittelt. Dabei wurden im Bereich des geplanten Tagebausees insgesamt die in **Anlage 4** gekennzeichneten neun Punkte an den hier untersuchten Schnittlagen abgefragt. Daraus ergaben sich die folgenden maximalen, nachfolgen für alle Standsicherheitsberechnungen einheitlich angesetzten Bemessungswerte bei Abfragepunkt 1 (S 246; $PGA_{500} = 0,90 \text{ m/s}^2$ $PGA_{2500} = 1,85 \text{ m/s}^2$) im Süden des geplanten Tagebausees. Die Vertikalbeschleunigungen wurden aus den Horizontalbeschleunigungen entsprechend der RfS-Ergänzung durch Multiplikation mit dem Faktor 0,7 ermittelt. Während die Horizontalbeschleunigung in Richtung der offenen Böschung angesetzt wurde, wurden für die Vertikalbeschleunigung beide möglichen Richtungen in unterschiedlichen Rechengängen betrachtet. Als pseudostatischer Koeffizient (χ) wurde für alle Berechnungsfälle der auf der sicheren Seite liegende Wert von 0,25 für oberflächennahe Mechanismen angesetzt. Damit ergeben sich die in **Tabelle 2** dargestellten und anzusetzenden Rechenwerte für die Bodenbeschleunigung.

Erdbeben-Beschleunigungen (Rechenwerte)	
für $T = 500$ Jahre	
horizontal	$a_h = 0,225 \text{ m/s}^2$
vertikal	$a_v = \pm 0,158 \text{ m/s}^2$
für $T = 2500$ Jahre	
horizontal	$a_h = 0,463 \text{ m/s}^2$
vertikal	$a_v = \pm 0,324 \text{ m/s}^2$

Tabelle 2: Beschleunigungswerte

3.1 Geomechanische Untersuchungen und Kennwerteansatz

Für das anstehende Lockergebirge (Randböschungsbereiche, Bereiche der geschnittenen Seeböschungen und Liegendbereiche) im Bereich des geplanten Tagebausees wurden Kennwerte aus der Geomechanischen Datenbank (GEODAT) herangezogen. Im Zuge dessen wurden für den Koordinatenbereich $R^{25} 25,1 - 37,5$ und $H^{56} 54,6 - 63,3$ die in der GEODAT vorliegenden Ergebnisse aus Festigkeitsuntersuchungen, die vom akkreditierten *Gebirgs- und Bodenmechanischen Prüflabor* durchgeführt wurden, unter Anwendung statistischer Verfahren ausgewertet und die in **Anlage 5** dargestellten schicht- und typspezifischen Berechnungskennwerte mit Stand vom 18.07.2023 abgeleitet.

Bei den Scherfestigkeitsparametern wird üblicherweise unterschieden in Mittel- und Minimalwerte sowie Restscherfestigkeiten. Dabei werden bei RWE Power die Minimalwerte überwiegend aus den Restscherfestigkeiten abgeleitet. Sie ergeben sich damit i.d.R. aus der ungünstigsten Versuchsserie innerhalb des gesamten Auswertefensters und stellen somit, insbesondere für bleibende Böschungen, in denen wenig Verformung zu erwarten ist, eine besonders ungünstige Berechnungsvariante dar.

Für Mechanismen mit langen Basisgleitfugen bei der Starrkörpermethode ist der sehr konservative Ansatz minimaler Scherfestigkeiten daher nicht bei den hier untersuchten Seeböschungssystemen als nicht angemessen anzusehen.

Daher wurden für die Basisgleitfuge bei den hier untersuchten zusammengesetzten Bruchmechanismen mit geraden Gleitfugen als Festigkeitsansatz die Werte der mittleren Restscherfestigkeit herangezogen und hier als realistisch und angemessen erachtet.

Aufgrund langjähriger Erfahrung werden der Scherfestigkeitsansatz des Kippenmaterials im Tagebau Garzweiler mit [REDACTED] und der Scherfestigkeitsansatz der Braunkohle mit [REDACTED] berücksichtigt. Für Bruchkörper, deren innere- und/oder äußere-Gleitfugen in einer geologischen Störungszone verlaufen, erfolgt die Berechnung mit einem Scherfestigkeitsansatz von [REDACTED] entlang der gesamten Verwerfung. Dieser Ansatz ist ebenfalls konservativ, aber durch betriebliche Erfahrungen langfristig bestätigt.

3.2 Ergebnisse der Standsicherheitsberechnungen

Für die Standsicherheitsberechnungen der geplanten Tagebauseeböschungen in den Schnittlagen S 246, S 269, S 270, S 271, S 272, S 273, S 274, S 276 und S 277 wurden die fünf unterschiedlichen Befüllungszustände (0/3, 1/3, 1/2, 2/3 und 3/3) mit den entsprechenden Bemessungswerten der Bodenbeschleunigung für Erdbebenlasten (Wiederkehrperiode von 500 Jahre für den Zeitraum der Befüllung und 2500 Jahre für den Endzustand) und die jeweiligen hydrologischen Situationen entsprechend den Angaben unter Pkt. 2.2 berücksichtigt.

Daraus ergeben sich insgesamt sieben zu untersuchende statische Zustände für jede Schnittlage. Die für jeden Zustand ermittelten Standsicherheitskoeffizienten sind in den jeweiligen Ergebnistabellen der beigefügten Anlage dargestellt. Die folgenden Zustände wurden untersucht:

1. Betriebszustand 0/3 (**Eb0**) unmittelbar nach Fertigstellung der Böschung (ohne Erdbebenlast)
2. Betriebszustand 0/3 (**Eb500**) zu Beginn der Befüllungsphase (mit einer Erdbebenlast $T = 500$ Jahre)
3. Betriebszustand 1/3 (**Eb500**) zu einem Zeitpunkt der Seebefüllung, der einer Einstauhöhe von einem Drittel der Höhe des jeweiligen Böschungssystems entspricht (mit einer Erdbebenlast $T = 500$ Jahre)
4. Betriebszustand 1/2 (**Eb500**) zu einem Zeitpunkt der Seebefüllung, der einer Einstauhöhe der halben Höhe des jeweiligen Böschungssystems entspricht (mit einer Erdbebenlast $T = 500$ Jahre)
5. Betriebszustand 2/3 (**Eb500**) zu einem Zeitpunkt der Seebefüllung, der einer Einstauhöhe von zwei Dritteln der Höhe des jeweiligen Böschungssystems entspricht (mit einer Erdbebenlast $T = 500$ Jahre)
6. Betriebszustand 3/3 (**Eb500**) zum Abschluss der Befüllungsphase (mit einer Erdbebenlast $T = 500$ Jahre)
7. Betriebszustand 3/3 (**Eb2500**) für den dauerhaften Endzustand des vollständig gefüllten Tagebausees (mit einer Erdbebenlast $T = 2500$ Jahre) für bleibende Böschungssysteme

Die Mechanismen der im Folgenden aufgeführten Standsicherheitsbeiwerte wurden mithilfe eines im Programm ETA implementierten Suchalgorithmus ermittelt. Dabei werden die Mechanismen mit den geringsten Standsicherheiten über die jeweiligen zu untersuchenden Böschungssysteme automatisch identifiziert und berechnet. Die nachfolgend aufgeführten Ergebnisse beziehen sich also jeweils auf den Mechanismus mit dem geringsten ermittelten Standsicherheitsbeiwert aus jedem Suchbereich.

3.2.1 Ergebnisse Tagebauseeböschung S 246

Für das vorgesehene geschnittene Seeböschungssystem in der Schnittlage S 246 nordwestlich der Ortslage Holzweiler wurden insgesamt 15 Suchbereiche für Gleitkreise und ein Starrkörpermechanismus in unterschiedlichen Böschungsbereichen für Teilböschungen und Gesamtböschung geprüft. Dabei wurden möglichst ungünstige (steile) Böschungssysteme untersucht. Die ermittelten Mechanismen, die in den betrachteten Suchbereichen jeweils den geringsten Standsicherheitsbeiwert aufweisen, sind in den **Anlagen 6.1.1 – 6.1.5** dargestellt.

Vor Beginn der Seebefüllung (Betriebszustand 0/3) werden für die untersuchten Teilböschungssysteme Standsicherheitsbeiwerte ohne Berücksichtigung von Erdbeben von $\eta_{(Eb0),T-3-6_3329} = 2,27$ (Gleitkreis) bis $\eta_{(Eb0),T-1-2_30425} = 5,37$ (Gleitkreis) ermittelt. Die Gesamtstandsicherheit liegt bei $\eta_{(Eb0),G-1-6_6656} = 2,35$ (Gleitkreis). Mit Erdbebenansatz (Eb500) reduzieren sich die Sicherheiten auf $\eta_{(Eb500),T-3-6_3329} = \eta_{(Eb500),T-2-6_14807} = 2,00$ (Gleitkreise) bis $\eta_{(Eb500),T-1-2_30425} = 4,57$

(Gleitkreis) für die berechneten Teilböschungssysteme und $\eta_{(Eb500)_G_1-6_6656} = 2,05$ (Gleitkreis) für das Gesamtböschungssystem.

Während der Befüllungsphase bis zum Erreichen des vollständig gefüllten Tagebausees (Betriebszustand 3/3) werden unter Berücksichtigung der maßgebenden Erdbebenlast erwartungsgemäß je nach Befüllungszustand geringere Standsicherheiten ermittelt.

Somit ergeben sich für die Teilböschungssysteme Werte von $\eta_{(Eb500)_T_3-6_6759} = 1,69$ (Gleitkreis) bei 1/3 Seebefüllung bis $\eta_{(Eb500)_T_2-3_1427} = 5,33$ bei 3/3 Seebefüllung. Die niedrige Gesamtstandsicherheit über den gesamten Befüllungszeitraum liegt bei $\eta_{(Eb500)_G_1-6_6529} = 1,78$ (Gleitkreis bei 1/3 Seebefüllung).

Für den stationären Endzustand mit vollständig gefülltem Tagebausee werden unter Berücksichtigung der für bleibende Böschungen anzusetzenden Erdbebenlast Standsicherheiten von $\eta_{(Eb2500)_T_2-6_7240} = 1,98$ (Gleitkreis) bis $\eta_{(Eb2500)_T_2-3_1427} = 4,09$ (Gleitkreis) für die betrachteten Böschungssysteme erreicht. Die Gesamtstandsicherheit liegt bei $\eta_{(Eb2500)_G_1-6_1791} = 1,90$ (Gleitkreis).

Die Berechnungsergebnisse der ermittelten Bruchmechanismen mit dem jeweils geringsten Standsicherheitsbeiwert in jedem betrachteten Suchbereich sind in **Anlage 6.1.6** aufgeführt.

3.2.2 Ergebnisse Tagebauseeböschung S 269

Für das vorgesehene geschnittene Seeböschungssystem im südlichen Bereich des Tagebausees wurden insgesamt 15 Suchbereiche für Gleitkreise und zwei Starrkörpermechanismen in unterschiedlichen Böschungsbereichen für Teilböschungen und Gesamtböschung geprüft.

Die ermittelten Mechanismen, die in den betrachteten Suchbereichen jeweils den geringsten Standsicherheitsbeiwert aufweisen, sind in den **Anlagen 6.2.1 – 6.2.5** dargestellt.

Vor Beginn der Seebefüllung (Betriebszustand 0/3) werden für die untersuchten Teilböschungssysteme Standsicherheitsbeiwerte ohne Berücksichtigung von Erdbeben von $\eta_{(Eb0)_T_4-5_825} = 2,95$ (Gleitkreis) bis $\eta_{(Eb0)_T_005_2} = 5,17$ (SKM) ermittelt. Die Gesamtstandsicherheit liegt bei $\eta_{(Eb0)_G_1-6_962} = 2,94$ (Gleitkreis). Mit Erdbebenansatz reduzieren sich die Sicherheiten auf $\eta_{(Eb500)_T_1-5_6673} = 2,52$ (Gleitkreis) bis $\eta_{(Eb500)_T_005_2} = 4,53$ (SKM) für die berechneten Teilböschungssysteme und $\eta_{(Eb500)_G_1-6_962} = 2,49$ (Gleitkreis) für das Gesamtböschungssystem.

Während der Befüllungsphase ergeben sich unter Berücksichtigung der entsprechenden Erdbebenlast Standsicherheiten von $\eta_{(Eb500)_T_1-5_1875} = 2,04$ (Gleitkreis) bei 1/2 Seebefüllung bis $\eta_{(Eb500)_T_2-3_1327} = 4,89$ (Gleitkreis) für den Betriebszustand bei vollständig gefülltem Tagebausee. Für das Gesamtböschungssystem wurde eine niedrige Standsicherheit bei halber Seebefüllung von $\eta_{(Eb500)_G_1-6_49} = 2,06$ (Gleitkreis) ermittelt.

Für den stationären Endzustand werden unter Berücksichtigung der 2500-jährigen Erdbebenlast Standsicherheiten von $\eta_{(Eb2500)_T_1-5_27} = 1,90$ (Gleitkreis) bis $\eta_{(Eb2500)_T_2-3_1327} = 3,71$ (Gleitkreis) für die betrachteten Teilböschungssysteme erreicht. Das Gesamtstandsicherheitsniveau liegt bei $\eta_{(Eb2500)_G_1-6_5} = 1,91$.

Die Berechnungsergebnisse mit dem kleinsten Standsicherheitskoeffizienten jedes Suchbereichs sind in der Tabelle der **Anlage 6.2.6** dargestellt.

3.2.3 Ergebnisse Tageauseeböschung S 270

Zur standsicherheitlichen Untersuchung des im Bereich östlich der Ortschaft Holzweiler geplanten geschnitten Seeböschungssystems wurden insgesamt 10 Suchbereiche für Gleitkreise definiert. Darüber hinaus wurden unter Berücksichtigung der Geologie 3 Starrkörpermechanismen (SKM) mit Basisgleitfugen im Horizont 005 Typ 3 und dem Horizont 009 C Typ 1 untersucht. Die ermittelten Mechanismen, die in den betrachteten Suchbereichen jeweils den geringsten Standsicherheitsbeiwert aufweisen, sind in den **Anlagen 6.3.1 – 6.3.5** dargestellt.

Vor Beginn der Seebefüllung (Betriebszustand 0/3) werden für die untersuchten Teilböschungssysteme Standsicherheitsbeiwerte ohne Berücksichtigung von Erdbeben von $\eta_{(Eb0)_T_3-5_9827} = 1,94$ (Gleitkreis) bis $\eta_{(Eb0)_T_1-2_40278} = 3,99$ (Gleitkreis) ermittelt. Die Gesamtstandsicherheit liegt bei $\eta_{(Eb0)_G_1-5_16114} = 2,08$ (Gleitkreis). Unter Berücksichtigung der Erdbebenlast (Eb500) reduzieren sich die Standsicherheiten auf $\eta_{(Eb500)_T_3-5_9827} = 1,71$ (Gleitkreis) bis $\eta_{(Eb500)_T_1-2_40278} = 3,44$ (Gleitkreis) für die berechneten Teilböschungssysteme und auf $\eta_{(Eb500)_G_1-5_16114} = 1,81$ (Gleitkreis) für das Gesamtböschungssystem.

Während der Befüllungsphase werden unter Berücksichtigung der Erdbebenlast mit einer Wiederkehrperiode von 500 Jahren Standsicherheiten von $\eta_{(Eb500)_T_3-5_4937} = 1,52$ (Gleitkreis) bei 1/3 Seebefüllung bis $\eta_{(Eb500)_T_2-3_637} = 5,22$ (Gleitkreis) für den vollständig gefüllten Tageausee (Betriebszustand 3/3) berechnet. Die niedrige Gesamtstandsicherheit über den gesamten Befüllungszeitraum liegt bei $\eta_{(Eb500)_G_1-5_15857} = 1,63$ (Gleitkreis) bei 1/3 Seefüllung des Tageausees.

Für den stationären Endzustand mit vollständig gefülltem Tageausee werden mit dem Erdbebenansatz (Eb2500) Standsicherheitsbeiwerte von $\eta_{(Eb2500)_T_009C_1} = 1,54$ (SKM) bis $\eta_{(Eb2500)_T_2-3_637} = 4,03$ (Gleitkreis) für die betrachteten Teilböschungssysteme ermittelt. Die Gesamtstandsicherheit liegt bei $\eta_{(Eb2500)_G_1-5_5742} = 1,84$ (Gleitkreis).

Die Berechnungsergebnisse der ermittelten Bruchmechanismen mit dem jeweils geringsten Standsicherheitsbeiwert in jedem betrachteten Suchbereich sind in **Anlage 6.3.6** aufgeführt.

3.2.4 Ergebnisse Tageauseeböschung S 271

Für das geplante geschnittene Seeböschungssystem südlich der Ortslage Keyenberg wurden insgesamt 15 Suchbereichen für Gleitkreise und 1 Starrkörpermechanismus in unterschiedlichen Böschungsbereichen für Teilböschungen und Gesamtböschung untersucht. Die ermittelten Mechanismen, die in den betrachteten Suchbereichen jeweils den geringsten Standsicherheitsbeiwert aufweisen, sind in den **Anlagen 6.4.1 – 6.4.5** dargestellt.

Vor Beginn der Seefüllung (Betriebszustand 0/3) werden für die untersuchten Teilböschungssysteme Standsicherheitsbeiwerte ohne Berücksichtigung von Erdbeben von $\eta_{(Eb0).T.2-6.5845} = 2,21$ (Gleitkreis) bis $\eta_{(Eb0).T.1-2.16289} = 6,59$ (Gleitkreis) ermittelt. Die Gesamtstandsicherheit liegt bei $\eta_{(Eb0).G.1-6.5291} = 2,26$ (Gleitkreis). Mit Erdbebenansatz reduzieren sich die Sicherheiten auf $\eta_{(Eb500).T.2-6.5845} = \eta_{(Eb500).T.3-6.270} = 1,95$ (Gleitkreise) bis $\eta_{(Eb500).T.1-2.16289} = 5,50$ (Gleitkreis) für die berechneten Teilböschungssysteme und $\eta_{(Eb500).G.1-6.5291} = 1,98$ für das Gesamtböschungssystem.

Im Befüllungszeitraum werden unter Berücksichtigung der Erdbebenlast mit einer Wiederkehrperiode $T = 500$ Jahre für die Teilböschungssysteme Standsicherheitsbeiwerte von $\eta_{(Eb500).T.2-6.9203} = \eta_{(Eb500).T.3-6.546} = 1,77$ (Gleitkreise bei 1/3 Seefüllung) bis $\eta_{(Eb500).T.1-2.16289} = 5,47$ für die Befüllungsphase (Betriebszustände 1/3 bis 2/3) erreicht. Die niedrige Standsicherheit des Gesamtböschungssystems über den gesamten Befüllungszeitraum liegt bei $\eta_{(Eb500).G.1-6.5163} = 1,81$ (Gleitkreis bei 1/3 Seefüllung).

Für den stationären Endzustand mit vollständig gefülltem Tageausee werden mit dem Ansatz der für bleibende Böschungen maßgebende Erdbebenlast Standsicherheiten für die untersuchten Teilböschungssysteme von $\eta_{(Eb2500).T.2-6.4226} = 1,90$ (Gleitkreis) bis $\eta_{(Eb2500).T.2-3.10650} = 3,69$ (Gleitkreis) ermittelt. Die Gesamtstandsicherheit des Seeböschungssystems liegt bei $\eta_{(Eb2500).T.1-6.2533} = 1,87$.

Die Berechnungsergebnisse der ermittelten Bruchmechanismen mit dem jeweils geringsten Standsicherheitsbeiwert in jedem betrachteten Suchbereich sind in **Anlage 6.4.6** aufgeführt.

3.2.5 Ergebnisse Tageauseeböschung S 272

Im Bereich der Schnittlage S 272 wird das bereits hergestellte Gewinnungsböschungssystem östlich der Ortschaft Keyenberg durch nachträgliche bereichsweise Umgestaltung der geschnittenen Einzelböschungen und das Anlegen einer Kippenböschung auf der unteren Kippstrosse zum finalen Seeböschungssystem umgestaltet.

Für das vorgesehene Seeböschungssystem wurden insgesamt 15 Suchbereiche für Gleitkreise in unterschiedlichen Böschungsbereichen für Teilböschungen und Gesamtböschung untersucht. Die ermittelten Mechanismen, die in den betrachteten Suchbereichen jeweils den geringsten Standsicherheitsbeiwert aufweisen, sind in den **Anlagen 6.5.1 – 6.5.5** dargestellt.

Die Berechnungen ergaben für den Zustand vor Beginn der Seebefüllung (Betriebszustand 0/3 und Eb0) für die Teilböschungssysteme Standsicherheitsbeiwerte von $\eta_{(Eb0).T.3-6.286} = 2,60$ bis $\eta_{(Eb0).T.1-2.18146} = 6,73$. Für das Gesamtböschungssystem wurde ein Standsicherheitsbeiwert von $\eta_{(Eb0).G.1-6.3949} = 2,88$ ermittelt. Unter Berücksichtigung einer Erdbebenlast von $T=500$ Jahren reduzieren sich die Standsicherheiten auf $\eta_{(Eb500).T.3-6.286} = 2,25$ bis $\eta_{(Eb500).T.1-2.18146} = 5,54$ für die berechneten Teilböschungssysteme und auf $\eta_{(Eb500).G.1-6.3949} = 2,45$ für das Gesamtböschungssystem.

Während der Befüllungsphase werden unter Berücksichtigung der Erdbebenlast ($T=500$ Jahren) für die Teilböschungssysteme Werte von $\eta_{(Eb500).T.3-6.3} = 2,05$ bei 1/3 Seefüllung bis $\eta_{(Eb500).T.1-2.18146} = 5,54$ bei 1/3 und 1/2 Seefüllung erreicht. Die niedrige Gesamtstandsicherheit über den gesamten Befüllungszeitraum liegt bei $\eta_{(Eb500).G.1-6.3393} = 2,20$ bei 1/3 Seefüllung.

Für den stationären Endzustand mit vollständig gefülltem Tagebausee werden unter Berücksichtigung der 2500-jährigen Erdbebenlast Standsicherheiten von $\eta_{(Eb2500).T.3-6.6017} = 2,18$ bis $\eta_{(Eb2500).T.2-3.591} = 4,00$ für die betrachteten Teilböschungssysteme erreicht. Die Gesamtstandsicherheit liegt bei $\eta_{(Eb2500).G.1-6.1265} = 2,18$.

Die Berechnungsergebnisse der ermittelten Bruchmechanismen mit dem jeweils geringsten Standsicherheitsbeiwert in jedem betrachteten Suchbereich sind in **Anlage 6.5.6** aufgeführt.

3.2.6 Ergebnisse Tagebauseeböschung S 273

Da im Bereich der Schnittlage S 273 im nördlichen Teil des Tagebausees südlich der Autobahn A46 die Herstellung einer gekippten Seeböschung vorgesehen ist, wurden ausschließlich kreisförmige Mechanismen berechnet.

Für das geplante Böschungssystem wurden insgesamt 12 Suchbereiche definiert und analysiert. Die ermittelten Mechanismen, die in den betrachteten Suchbereichen jeweils den geringsten Standsicherheitsbeiwert aufweisen, sind in den **Anlagen 6.6.1** bis **6.6.5** dargestellt.

Vor Beginn der Seebefüllung werden für das gekippte Seeböschungssystem Standsicherheitsbeiwerte ohne Berücksichtigung von Erdbebenlasten von $\eta_{(Eb0).T.2-1.23472} = 2,79$ bis $\eta_{(Eb0).T.5-4.2663} = 14,59$ ermittelt. Die Gesamtstandsicherheit liegt bei $\eta_{(Eb0).G.7-1.23} = 6,26$. Mit Erdbebenansatz reduzieren sich die Sicherheiten auf $\eta_{(Eb500).T.2-1.23472} = 2,35$ bis $\eta_{(Eb500).T.5-4.2663} = 8,91$ für die berechneten Teilböschungssysteme und $\eta_{(Eb500).G.7-1.23} = 4,52$ für das Gesamtböschungssystem.

Für den Befüllungszeitraum werden unter Berücksichtigung der Erdbebenlast $T = 500$ Jahre für die Teilböschungssysteme Sicherheiten von $\eta_{(Eb500).T.2-1.20196} = 2,41$ (1/3 Seefüllung) bis $\eta_{(Eb500).T.5-4.2664} = 7,42$ (1/3 Seefüllung) erreicht. Die niedrige Gesamtstandsicherheit liegt bei $\eta_{(Eb500).G.7-1.5} = 3,81$ (1/2 Seefüllung).

Für den stationären Endzustand mit vollständig gefülltem Tagebausee werden unter Berücksichtigung des Erdbebenansatzes $T = 2500$ Jahre Standsi-

cherheiten von $\eta_{(Eb2500)_T_2-1_23821} = 2,13$ bis $\eta_{(Eb2500)_T_5-4_68831} = 4,20$ für die berechneten Teilböschungssysteme erreicht. Das Gesamtstandsicherheitsniveau liegt bei $\eta_{(Eb2500)_G_7-1_23} = 2,95$.

Die Berechnungsergebnisse der ermittelten Bruchmechanismen mit dem jeweils geringsten Standsicherheitsbeiwert in jedem betrachteten Suchbereich sind in **Anlage 6.6.6** aufgeführt.

3.2.7 Ergebnisse Tageauseeböschung S 274

Für das im südöstlichen Bereich des geplanten Tageausees westlich der Autobahn A44n vorgesehene gekippte Tageauseeböschungssystem wurden insgesamt 10 Suchbereiche für Gleitkreise definiert und standsicherheitlich untersucht. Die ermittelten Mechanismen, die in den betrachteten Suchbereichen jeweils den geringsten Standsicherheitsbeiwert aufweisen, sind in den **Anlagen 6.7.1 bis 6.7.5** dargestellt.

Vor Beginn der Seebefüllung (Betriebszustand 0/3) werden für die untersuchten Teilböschungssysteme Standsicherheitsbeiwerte ohne Berücksichtigung von Erdbebenlasten von $\eta_{(Eb0)_T_2-1_28893} = 2,60$ bis $\eta_{(Eb0)_T_5-4_47134} = 6,81$ ermittelt. Die Gesamtstandsicherheit liegt bei $\eta_{(Eb0)_G_5-1_836} = 3,32$. Mit Erdbebenansatz (Eb500) reduzieren sich die Standsicherheiten auf $\eta_{(Eb500)_T_2-1_28893} = 2,21$ bis $\eta_{(Eb500)_T_5-4_47134} = 5,34$ für die berechneten Teilböschungssysteme und $\eta_{(Eb500)_G_5-1_836} = 2,73$ für das Gesamtböschungssystem.

Während der Befüllungsphase werden unter Berücksichtigung des Erdbebenansatzes T=500 Jahre erwartungsgemäß je nach Befüllungszustand geringere Standsicherheiten ermittelt. Es ergeben sich für die Teilböschungssysteme Standsicherheitsbeiwerte von $\eta_{(Eb500)_T_2-1_58134} = 2,19$ (1/3 Seefüllung) bis $\eta_{(Eb500)_T_5-4_47134} = 5,34$ (1/3, 1/2 und 2/3 Seefüllung). Die niedrige Gesamtstandsicherheit über den gesamten Befüllungszeitraum liegt bei $\eta_{(Eb500)_G_5-1_833} = 2,52$ bei halbgefülltem Tageausee.

Für den stationären Endzustand mit vollständig gefülltem Tageausee werden mit dem Ansatz der für bleibende Böschungen maßgebenden Erdbebenlast (Eb2500) Standsicherheiten für die untersuchten Teilböschungssysteme von $\eta_{(Eb2500)_T_2-1_19697} = 2,02$ bis $\eta_{(Eb2500)_T_5-4_47005} = 2,76$ ermittelt. Das Standsicherheitsniveau der Gesamtböschung beträgt $\eta_{(Eb2500)_G_5-1_585} = 2,20$.

Die Berechnungsergebnisse der ermittelten Bruchmechanismen mit dem jeweils geringsten Standsicherheitsbeiwert in jedem betrachteten Suchbereich sind in **Anlage 6.7.6** aufgeführt.

3.2.8 Ergebnisse Tageauseeböschung S 276

Für das teils gekippte und teils geschnittene Seeböschungssystem im südöstlichen Teil des Tageausees im Bereich des Autobahndreiecks Jackerath wurden insgesamt ein Starrkörpermechanismus sowie 10 Suchbereiche für Gleitkreise in unterschiedlichen Böschungsbereichen für Teilböschungen und Gesamtböschung erstellt und untersucht. Die ermittelten Mechanismen, die

in den betrachteten Suchbereichen jeweils den geringsten Standsicherheitsbeiwert aufweisen, sind in den **Anlagen 6.8.1 bis 6.8.5** dargestellt.

Vor Beginn der Seebefüllung (Betriebszustand 0/3) werden für die untersuchten Teilböschungssysteme Standsicherheitsbeiwerte ohne Berücksichtigung von Erdbebenlasten von $\eta_{(Eb0).T.1-2.13098} = 3,54$ (Gleitkreis) bis $\eta_{(Eb0).T.005.1} = 8,58$ (SKM) ermittelt. Die Gesamtstandsicherheit liegt bei $\eta_{(Eb0).G.1-5.142} = 4,25$ (Gleitkreis). Mit dem Erdbebensatz Eb500 reduzieren sich die Sicherheiten auf $\eta_{(Eb500).T.1-2.13098} = 3,11$ (Gleitkreis) bis $\eta_{(Eb500).T.005.1} = 6,75$ (SKM) für die berechneten Teilböschungssysteme und $\eta_{(Eb500).G.1-5.142} = 3,39$ (Gleitkreis) für das Gesamtböschungssystem.

Während der Befüllungsphase bis zum Erreichen des vollständig gefüllten Tagebausees (Betriebszustand 3/3) ergeben sich unter Berücksichtigung der maßgebenden Erdbebenlast (Eb500) Standsicherheitsbeiwerte von $\eta_{(Eb500).T.1-2.13098} = 2,23$ (Gleitkreis) bei 3/3 Seefüllung bis $\eta_{(Eb500).T.005.1} = 6,67$ (SKM) bei 2/3 Seefüllung für die Teilböschungssysteme. Die niedrige Gesamtstandsicherheit über den gesamten Befüllungszeitraum liegt bei $\eta_{(Eb500).G.1-5.8} = 2,89$ (Gleitkreis) bei halber Seebefüllung.

Für den stationären Endzustand mit vollständig gefülltem Tagebausee werden unter Berücksichtigung der für bleibende Böschungen anzusetzenden Erdbebenlast (Eb2500) Standsicherheiten von $\eta_{(Eb2500).T.1-2.13098} = 1,92$ (Gleitkreis) bis $\eta_{(Eb2500).T.005.1} = 4,49$ (SKM) für die betrachteten Teilböschungssysteme erreicht. Die Gesamtstandsicherheit liegt bei $\eta_{(Eb2500).G.1.5.9} = 2,46$ (Gleitkreis).

Die Berechnungsergebnisse der ermittelten Bruchmechanismen mit dem jeweils geringsten Standsicherheitsbeiwert in jedem betrachteten Suchbereich sind in **Anlage 6.8.6** aufgeführt.

3.2.7 Ergebnisse Tagebauseeböschung S 277

Für das im nordwestlichen Bereich des geplanten Tagebausees westlich der Autobahn A44n vorgesehene gekippte Seeböschungssystem wurden insgesamt 10 Suchbereiche definiert und standsicherheitlich untersucht. Darüber hinaus wurden unter Berücksichtigung der Geologie 3 Starrkörpermechanismen (SKM) mit Basisgleitfuge im Horizont 005 Typ 3 untersucht. Die ermittelten Mechanismen, die in den betrachteten Suchbereichen jeweils den geringsten Standsicherheitsbeiwert aufweisen, sind in den **Anlagen 6.9.1 bis 6.9.5** dargestellt.

Vor Beginn der Seebefüllung (Betriebszustand 0/3) werden für die untersuchten Teilböschungssysteme Standsicherheitsbeiwerte ohne Berücksichtigung von Erdbebenlasten von $\eta_{(Eb0).T.3-1.12179} = 2,89$ (Gleitkreis) bis $\eta_{(Eb0).T.5-4.48161} = 8,30$ (Gleitkreis) ermittelt. Die Gesamtstandsicherheit liegt bei $\eta_{(Eb0).G.5-1.5} = 4,58$ (Gleitkreis). Mit Erdbebenansatz (Eb500) reduzieren sich die Standsicherheiten auf $\eta_{(Eb500).T.3-1.12179} = 2,42$ (Gleitkreis) bis $\eta_{(Eb500).T.5-4.48161} = 6,08$ (Gleitkreis) für die berechneten Teilböschungssysteme und $\eta_{(Eb500).G.5-1.5} = 3,60$ (Gleitkreis) für das Gesamtböschungssystem.

Während der Befüllungsphase werden unter Berücksichtigung des Erdbebenansatzes $T=500$ Jahre erwartungsgemäß je nach Befüllungszustand geringere Standsicherheiten ermittelt. Es ergeben sich für die Teilböschungssysteme Standsicherheitsbeiwerte von $\eta_{(Eb500)_T_3-2_95985} = 1,92$ (Gleitkreis) bei 1/2 Seefüllung bis $\eta_{(Eb500)_T_5-4_59697} = 5,24$ (Gleitkreis) bei 1/3 Seefüllung. Die niedrige Gesamtstandsicherheit über den gesamten Befüllungszeitraum liegt bei $\eta_{(Eb500)_G_5-1_4} = 3,17$ (Gleitkreis) bei 1/3 Seefüllung.

Für den stationären Endzustand mit vollständig gefülltem Tagebausee werden mit dem Ansatz der für bleibende Böschungen maßgebenden Erdbebenlast (Eb2500) Standsicherheiten für die untersuchten Teilböschungssysteme von $\eta_{(Eb2500)_T_3-2_96220} = 1,87$ (Gleitkreis) bis $\eta_{(Eb2500)_T_5-4_5697} = 2,98$ (Gleitkreis) ermittelt. Die Gesamtstandsicherheit des Seeböschungssystems liegt bei $\eta_{(Eb2500)_G_5-1_3} = 2,94$ (Gleitkreis).

Die Berechnungsergebnisse der ermittelten Bruchmechanismen mit dem jeweils geringsten Standsicherheitsbeiwert in jedem betrachteten Suchbereich sind in **Anlage 6.9.6** aufgeführt.

4 Zusammenfassung und Standsicherheitsbeurteilung

Im Rahmen der hier vorliegenden planerischen Mitteilung wurden die derzeit geplanten Endböschungssysteme für den Tagebausee Garzweiler anhand repräsentativer Schnittlagen auf ihre grundsätzliche Machbarkeit geprüft. Auf der sicheren Seite liegend wurden bei den Standsicherheitsberechnungen die Böschungsgeometrien eines Tagebaustands Ende 2033, d. h. unter Berücksichtigung eines durch die Politik zu entscheidenden optionalen Reservebetriebs nach dem Jahr 2030, berücksichtigt.

Es wurden die derzeit zur Verfügung stehenden Arbeitsunterlagen berücksichtigt und die aktuell ausgewerteten schichtspezifischen Kennwerte des akkreditierten Gebirgs- und Bodenmechanischen Prüflabors angesetzt. Die Untersuchungen wurden entsprechend der für NRW gültigen Richtlinie für Standsicherheitsuntersuchungen in der aktuellen Fassung vom 08.08.2013 durchgeführt. Demnach müssen für den dauerhaften Endzustand mit vollständig gefülltem Tagebausee für die Böschungssysteme seismische Lasten für ein Wiederholungsintervall von 2500 Jahren (Referenzwiederkehrperiode) berücksichtigt werden. Darüber hinaus wurden für die Tagebauseeböschungen die fünf, für solche Untersuchungen üblichen, Betriebszustände der Befüllungsphase mit einer Erdbebenlast, die im statistischen Mittel einmal in 500 Jahren vorkommt, untersucht.

Die Ergebnisse der durchgeführten Standsicherheitsberechnungen der Tagebauseeböschungen für die Betriebszustände vor und während der Befüllung sowie für den Endzustand mit vollständig gefülltem Tagebausee mit dem Einstauziel bei + 66 m NHN sind in der **Tabelle 3** aufgeführt.

Dargestellt sind die über alle 9 untersuchten Profile ermittelten, maßgebenden minimalen Standsicherheitskoeffizienten, unterschieden nach Teil- und Gesamtböschungssystemen und Betrachtungszeiträumen

minimale Standsicherheiten Tagebauseeböschungen						
Böschungssysteme	vor Befüllung		Befüllphase		Endzustand	
	Zustand 0/3 ¹		Zustand 0/3 bis 3/3 ²		Zustand 3/3 ³	
	Profil	η_{\min}	Profil	η_{\min}	Profil	η_{\min}
Teil-Böschungssysteme	S 246	2,27	S 246	1,69	S 246	1,98
	S 269	2,95	S 269	2,04	S 269	1,90
	S 270	1,94	S 270	1,52	S 270	1,54
	S 271	2,21	S 271	1,77	S 271	1,90
	S 272	2,60	S 272	2,05	S 272	2,18
	S 273	2,79	S 273	2,35	S 273	2,13
	S 274	2,60	S 274	2,19	S 274	2,02
	S 276	3,54	S 276	2,23	S 276	1,92
	S 277	2,89	S 277	1,92	S 277	1,87
Gesamt-Böschungssystem	S 246	2,35	S 246	1,78	S 246	1,90
	S 269	2,94	S 269	2,06	S 269	1,91
	S 270	2,08	S 270	1,63	S 270	1,84
	S 271	2,26	S 271	1,81	S 271	1,87
	S 272	2,88	S 272	2,20	S 272	2,18
	S 273	6,26	S 273	3,81	S 273	2,95
	S 274	3,32	S 274	2,52	S 274	2,20
	S 276	4,25	S 276	2,89	S 276	2,46
	S 277	4,58	S 277	3,17	S 277	2,94

¹ Ohne Berücksichtigung Erdbebenlast

² Mit dem Erdbebenansatz T = 500 Jahren

³ Mit dem Erdbebenansatz T = 2500 Jahren

Tabelle 3: Zusammenfassung Standsicherheiten

Bis zum Erreichen des endgültigen Seewasserspiegels werden für die untersuchten 9 Schnittlagen minimale Sicherheiten von 1,52 (Profil S 270) für die betrachteten Teilböschungssysteme und 1,63 (Profil S 270) für die Gesamtböschung ermittelt.

Für den stationären Endzustand bei vollständig gefülltem Tagebausee liegen die Standsicherheiten der Teilböschungssysteme bei minimal 1,32 im Profil S 269, bei den Gesamtstandsicherheiten ergibt sich ein minimaler Wert von 1,84 im Profil S 270.

Die durchgeführten Standsicherheitsberechnungen für die Teilböschungssysteme und für das Gesamtböschungssystem der hier untersuchten Profile zeigen somit ausnahmslos ausreichend hohe Standsicherheiten. Alle Ergebnisse liegen oberhalb des für Erdbeben maßgeblichen Grenzgleichgewichts von $\eta = 1,00$.

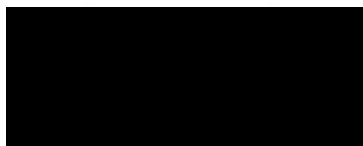
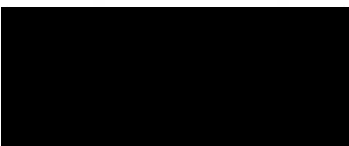
Die grundsätzliche geotechnische Machbarkeit der untersuchten Endböschungssysteme ist im Hinblick auf die standsicherheitlichen Aspekte demnach auch unter Erdbebeneinfluss bei Berücksichtigung des derzeitigen Kenntnisstands der geologischen, hydrologischen und geomechanischen Einflussfaktoren für den Befüllungszeitraum und für den dauerhaften Endzustand nachgewiesen.

Konkretisierte Untersuchungen zu den Tagebauseeböschungen mit jeweils aktuellen geologischen, hydrologischen und geomechanischen Arbeitsunterlagen werden im Rahmen der weiteren Planungs- und Genehmigungsschritte erfolgen. Diese stellen die hier gezeigte grundsätzliche geotechnische Machbarkeit im Hinblick auf die Standsicherheit nicht in Frage, können aber u.U. zu notwendigen Detailanpassungen der Böschungsgestaltungen oder der hydrologischen Steuerungsparameter führen.

RWE Power
Aktiengesellschaft
Sparte Entwicklung Braunkohle
Bereich Bergbauplanung
Hauptabteilung Gebirgsmechanik

ppa.

i. V.



Anlagen

