



Standortsicherheitsnachweis Böschung Erdwall

Projekt: 3998-2020

Havariebecken Biogasanlage BioEnergie Steinfurt

Auftraggeber: BioEnergie Steinfurt GmbH & Co. KG
Hollich 81a
48565 Steinfurt

Verfasser: Büro für Geowissenschaften
M&O GbR
Bernard-Krone-Straße 19
48480 Spelle

Bearbeiter: Dr. rer. nat. Mark Overesch
Sebastian Schlenzek, B. Sc. Geow.

Datum: 11. Februar 2021

Büro für Geowissenschaften M&O GbR

Büro Spelle:
Bernard-Krone-Str. 19, 48480 Spelle
Tel: 0 59 77 / 93 96 30
Fax: 0 59 77 / 93 96 36

Büro Sögel:
Zum Galgenberg 7, 49751 Sögel
Tel: 0 59 52 / 90 33 88
Fax: 0 59 52 / 90 33 91

e-mail: info@mo-bfg.de
Internet: www.mo-bfg.de

Die Vervielfältigung des vorliegenden Gutachtens in vollem oder gekürztem Wortlaut sowie die Verwendung zur Werbung ist nur mit unserer schriftlichen Genehmigung zulässig.

Inhalt

1 Veranlassung	2
2 Boden- und Grundwasserverhältnisse	2
3 Standsicherheitsnachweis	3
3.1 Aufbau des Erdwalls am Havariebecken	3
3.2 Baugrundmodell und Bodenkennwerte.....	4
3.3 Durchführung der Standsicherheitsberechnungen.....	5
3.4 Ergebnis des Standsicherheitsnachweises.....	6
4 Schlusswort	7
Anlage	7

1 Veranlassung

Die BioEnergie Steinfurt GmbH & Co. KG, Hollich 81a, 48565 Steinfurt, plant am Standort der Biogasanlage zusätzlich zu den bestehenden Flüssigdüngelager, Fermenter und einem Gasspeicher auch die Errichtung eines Gärrestlagers. In dem Behälter der Biogasanlage soll Gärsubstrat und Gärrest gelagert werden. Im Falle einer Havarie des Behälters soll ein Erdwall einen Übertritt von Gärrest auf angrenzende Flächen verhindern.

Das Büro für Geowissenschaften M&O GbR, Spelle und Sögel, wurde von der BioEnergie Steinfurt GmbH & Co. KG, mit der Prüfung des geplanten Erdwalls auf seine Standsicherheit im Havariefall beauftragt.

2 Boden- und Grundwasserverhältnisse

Das Gelände liegt laut Topografischer Karte 1:10.000 (GEOportal.NRW) auf einer mittleren Höhe von etwa 51,5 bis 52,0 mNN.

Laut der Geologischen Karte 1:100.000 (GEOportal.NRW) ist das betrachtete Areal im Tiefenbereich von 0 bis 2 m unter Geländeoberkante (GOK) geprägt von Flugsandabdeckungen aus dem Weichsel-Glazial bis Holozän.

Gemäß der Bodenkarte 1:50.000 Nordrhein-Westfalen (GEOportal.NRW) ist im Plangebiet als Bodentyp Podsol-Gley zu erwarten.

Das Areal wurde durch das Büro für Geowissenschaften M&O im Rahmen eines Baugrundgutachtens („Erweiterung eines Fahrsilos auf dem Betriebsgelände der BioEnergie Steinfurt GmbH & Co. KG“, 29.08.2019) untersucht. Hierzu wurden vier Rammkernsondierungen (RKS 1 bis RKS 4) im Bereich der Fahrsiloerweiterung der Biogasanlage bis auf eine Tiefe von jeweils 3 m unter GOK abgeteuft. Die Sondierungspunkte wurden in ihrer Lage und die Höhe in Relation zu einem Höhenfestpunkt (HFP = OK Schachtdeckel Waage: 51,64 mNHN) höhengerecht eingemessen.

Entsprechend der Schichtenverzeichnisse wurde in den Sondierungen bis in eine Tiefe von 0,5 bis 1,3 m unter GOK humoser Oberboden bzw. humushaltige Auffüllungen (Fein-/ Mittelsand, humos bis schwach humos, z. T. schwach schluffig) angetroffen. Diese werden bis zur jeweiligen Endteufe von vorwiegend mittelsandigen Feinsanden bis feinsandigen Mittelsanden unterlagert, dessen Lagerungsdichte im Rahmen der Baugrunduntersuchung auf Basis von Rammsondierungen mit mindestens mitteldicht angegeben wird (s. Baugrundgutachten, M&O, 29.08.2019).

In der Bodenkarte 1:50.000 Nordrhein-Westfalen (GEOportal) wird der mittlere Schwankungs-

bereich des Grundwassers (Grundwasserstufe) mit 0,4 bis 0,8 m unter GOK angegeben.

Der im Bereich der geplanten Fahrsiloerweiterung mittels Kabellichtlot in den Bohrlöchern der RKS 1 bis 4 als Ruhewasserspiegel gemessene Grundwasserspiegel lag am 07.08.2019 zwischen 1,65 und 1,85 m unter GOK. Aufgrund der trockenen Witterung vor der Sondierung ist davon auszugehen, dass der gemessene Grundwasserspiegel in etwa niedrigen Grundwasserständen entspricht. Entsprechend den Ausführungen im Baugrundgutachten (M&O, 29.08.2019) muss jedoch damit gerechnet werden, dass der maximale Grundwasserhöchststand in extremen Witterungsperioden noch etwa 1,3 m über den gemessenen Werten liegen kann.

3 Standsicherheitsnachweis

3.1 Aufbau des Erdwalls am Havariebecken

Der im Folgenden dargestellte Standsicherheitsnachweis wurde auf Grundlage des zur Verfügung gestellten Lageplan Havarieraumnachweis (energielenker Planungs GmbH, 13.01.2021) mit Angaben zum Auffangvolumen in Bezug auf das Höhenlevel 52,55 mNHN erstellt.

Der geplante Erdwall soll nach Angaben der BioEnergie Steinfurt aus einem aus bindigem Bodenmaterial (Lehm/Schluff) errichtet werden und mit einer rd. 0,3 m mächtigen Lage eines humosen Boden angedeckt werden. Der Wall soll eine Kronebreite von 0,5 m aufweisen und die Krone in einer Höhe von 52,70 mNHN liegen. Die Neigung der Böschungen (Luftseite und Wasserseite) sind mit 1:1,5 vorgesehen. Gem. „Höhenplan Gelände Biogasanlage“ liegt der morphologisch tiefste Geländepunkt mit 51,20 mNHN an der westlichen Grundstücksgrenze. Darurch ergeben sich maximale Abmessungen des geplanten Erdwalls mit einer Höhe von 1,5 m sowie einer Breite von 5,0 m. Die Lage sowie ein Querschnitt des geplanten Erdwalls ist Anlage 2 zu entnehmen. In Tabelle 1 ist der Querschnitt am Beispiel des für die Standsicherheitsberechnung angesetzten Profilschnittes A-A' zusammengefasst. Die Angaben durch die BioEnergie Steinfurt wurden so berücksichtigt, dass mittels der durchgeführten Standsicherheitsberechnung die Standsicherheit des gesamten geplanten Erdwalls im Falle einer Havarie bewertet werden kann.

Tabelle 1: Abmessungen geplanter Erdwall gem. Angaben der BioEnergie

Schnitt	A-A'
Höhe Wallfuß Wasserseite ^a /Luftseite [mNHN]	51,20
Höhe Dammkrone [mNHN]	52,70
Wallhöhe Wasserseite ^a /Luftseite [m]	1,50
Wallbreite Wasserseite ^a /Luftseite [m]	1,50
Böschungsneigung Wasserseite ^a /Luftseite [1:n]	1,5
Breite Wallkrone [m]	0,50

^azum Havarieraum

3.2 Baugrundmodell und Bodenkennwerte

Tabelle 2 zeigt die für die im Folgenden gezeigten Standsicherheitsberechnungen angesetzten und gem. DIN 1055:2010 abgeleiteten Bodenkennwerte. Auf Basis der in Abschnitt 2 beschriebenen Bodenverhältnisse wird davon ausgegangen, dass im Bereich des Erdwalls Sand ansteht. Auf der sicheren Seite liegend wurden bei den Standsicherheitsberechnungen die schlechtesten zu erwartenden Bodenkennwerte angenommen. Folglich wird für den anstehend Boden von einem locker gelagerten Sand, für die Andeckung des Erdwalls von einem Gemisch aus humosem Oberboden aus Sand und für den Kern von einem mittelplastischem Schluff in steifer Konsistenz ausgegangen. Entsprechend eines pot. höheren Grundwasserstandes in niederschlagsreichen Perioden wurde der Porenwasserdruckspiegel bei 0,3 m unter GOK bzw. 50,8 mNHN festgelegt (vgl. Abschn. 2). Oberhalb des Porenwasserdruckspiegels (s. Abschn. 3.3) wurde die Wichte für erdfeuchte Böden und unterhalb für wassergesättigte Bedingungen gewählt (s. Tab. 2).

Tabelle 2: Ableitung von Bodenkennwerten für die Standsicherheitsberechnungen, angesetzte Werte

Material	Bereich	Tiefe Unterkante [mNHN]	Bodenart	Reibungs- winkel, ϕ' [°]	Kohäsion, c' [kN/m²]	Wichte, γ [kN/m³]
Andeckboden; Sand, humos	Erdwall	-	[SE] - [OH]	25,0	0,0	16,0
Lehm/Schluff, steif		51,2	[UL]	22,5	2,0	18,0
Sand, erdfeucht	gewachsener Boden	50,9	SE - OH	27,5	0,0	16,0
Sand, wassergesättigt		47,0	SE	30,0	0,0	18,5

3.3 Durchführung der Standsicherheitsberechnungen

Die Berechnung der Standsicherheit erfolgte gemäß EC 7 in Verbindung mit der DIN 1054:2010 und DIN 4084:2009 im Lamellenverfahren mit Kreisgleitkörpern nach BISHOP mit dem Programm GGU Stability Version 11.26 (Civilserve). Für den Nachweis der Standsicherheit wurde der geplante Erdwall auf Grundlage der Angaben der BioEnergie Steinfurt im Bereich des tiefsten Geländepunktes ausgewählt (vgl. Abschn. 3.1; s. Anlage 2, Profilschnittes A-A').

Die Berechnungen wurden für den Grenzzustand GEO-3 durchgeführt, was dem Verlust der Gesamtstandsicherheit entspricht. Bei der Standsicherheitsberechnung wurde als Lastfall der Havariefall angenommen (auf der sicheren Seite liegend als Lastfall BS-P), d. h. dem Fall der Havarie des Anlagenbehälters mit dem max. Austritt von Substrat oder Gärrest. Der Substrat-/Gärrestspiegel im Havarieraum wurde entsprechend der Berechnungen zum Havarieraumnachweis (s. energielenker projects GmbH, 13.01.2021) bei einer Höhe von 52,55 mNHN angesetzt.

Die Porenwasserdrucklinie wurde für hohe Grundwasserspiegel bei 0,30 m unter GOK bzw. bei 50,90 mNHN angesetzt (vgl. Abschn. 2). Da mittlerweile in zahlreichen Versickerungsversuchen nachgewiesen worden ist, dass das Substrat und der Gärrest aus Anlagen, die mit Maissilage und Gülle beschickt werden, im Havariefall auch nach drei Tagen nur wenige cm in den Boden einsickern, wurde keine Durchsickerung des Walls angenommen.

Die Sicherheit auf der Widerstandsseite, welche sich aus innerer Reibung und Kohäsion ergibt, geht bei dieser Methode nach einer Abminderung der Scherparameter mittels der in DIN 1054:2010 angegebenen Teilsicherheitsbeiwerte in die Berechnung ein:

$$\tan \varphi_d = \frac{\tan \varphi'}{\gamma_\varphi} \quad (\text{Formel 1})$$

und

$$c_d = \frac{c'}{\gamma_c} \quad (\text{Formel 2})$$

mit:

φ_d = Bemessungswert des Reibungswinkels [°]

c_d = Bemessungswert der Kohäsion [kN/m²]

φ' = charakteristischer Bodenwert des Reibungswinkels [°]

c' = charakteristischer Bodenwert der Kohäsion [kN/m²]

γ_φ = Teilsicherheitsbeiwert des Reibungswinkels, hier = 1,25

γ_c = Teilsicherheitsbeiwert der Kohäsion, hier = 1,25

Zur Bemessung der Standsicherheit wird der Ausnutzungsgrad der Bemessungswiderstände (μ) entsprechend DIN 4084:2009 iterativ ermittelt. Der Ausnutzungsgrad μ beschreibt, wie der Bemessungswiderstand am Grenzgleichgewicht zwischen den auf den Böschungskörper einwirkenden Kräften, den widerstehenden Kräften und den Normalkräften in den Gleitlinien ausgenutzt wird. Er wird als Quotient aus der Summe der einwirkenden Kräften (E_D) und der Summe der Widerstandskräfte (R_D) berechnet:

$$\mu = \frac{E_D}{R_D} \quad (\text{Formel 3})$$

Ein Ausnutzungsgrad $\mu < 1,0$ bedeutet, dass zum Erreichen des Gleichgewichts nicht die gesamte zur Verfügung stehende Scherfestigkeit aktiviert werden muss. Der Wall wäre somit standsicher.

3.4 Ergebnis des Standsicherheitsnachweises

Anlage 3 zeigt die Berechnung der Standsicherheit des Walls im Lamellenverfahren nach BISHOP entsprechend DIN 4084:2009, Tabelle 3 eine Zusammenfassung des Ergebnisses der Berechnung. Die Prüfung erfolgte auf der vom Havarieraum abgewandten Seite für Gleitkreise, die zu einem Austritt von Gärrest/Substrat führen würden.

Der maximale Ausnutzungsgrad μ liegt bei 0,89 (Schnitt A-A') und damit innerhalb des geforderten Soll von $\leq 1,00$. Böschungsbrüche, die zu einem Austritt von Gärrest/Substrat auf angrenzende Flächen führen, können entsprechend ausgeschlossen werden.

Tabelle 3: Ergebnis der Böschungsbruchberechnung gemäß EC-7

Schnitt	Bemessungssituation	Maximaler Ausnutzungsgrad (ungünstigster Gleitkreis), $\mu^{a,b}$	Geforderter Sollwert für μ	Standsicherheit
A-A'	BS-P	0,89	$\leq 1,00$	gegeben

^aes wurden nur Böschungsbrüche geprüft, die bei angesetzter Gärrest-/Substratspiegelhöhe zu einem Austritt von Gärrest/Substrat führen, ^bBerechnung dargestellt in Anlage 3

Der geplante Wall ist bei dem gewählten Querschnitt (s. Abschn. 3.1) hinsichtlich Böschungsbrüche, die im Falle einer Havarie zu einem Austritt von Gärrest/Substrat führen als standsicher zu bewerten. Voraussetzung hierfür ist die Einhaltung der in Abschnitt 3.2 angesetzten Bodenkennwerte.

Bei der erläuterten Prüfung der Standsicherheit des Erdwalls bleiben Böschungsabrutschungen, die aufgrund der Dimensionierung des Walls bzw. aufgrund der angesetzten Gärrest-/Substratspiegelhöhe nicht zu einem Austritt von Gärrest/Substrat führen,


unberücksichtigt. Der Erdwall sollte daher regelmäßig auf Schäden geprüft werden. Im Falle eines Schadens sollte dieser unverzüglich ausgebessert und ggf. ein Sachverständiger zur Bewertung der Standsicherheit in dem betroffenen Bereich herangezogen werden. Schäden durch Wassererosion sollten durch einen Bewuchs minimiert werden, um die Standsicherheit des Walls langfristig nicht durch rückschreitende Erosion zu gefährden.

4 Schlusswort

Sollten sich hinsichtlich der vorliegenden Bearbeitungsunterlagen und der zur Betrachtung zugrunde gelegten Angaben Änderungen ergeben oder sollten von der beschriebenen Situation abweichende Boden- und Grundwasserverhältnisse angetroffen werden, ist der Verfasser zu informieren.

Falls sich Fragen ergeben, die im vorliegenden Bericht nicht oder nur abweichend erörtert wurden, ist der Verfasser zu einer ergänzenden Stellungnahme aufzufordern.

Spelle, 11. Februar 2021


Dr. rer. nat. Mark Overesch
Sebastian Schlenzek, B. Sc. Geow

Anlage

Anlage 1: Übersichtskarte

Anlage 2: Lageplan Profilschnitt A

Anlage 3: Berechnung Standsicherheit, Profilschnitt A

Anlage 1:

Übersichtskarte



M&O | BÜRO FÜR GEOWISSENSCHAFTEN

Projekt:

3998-2020-BOES-BGA-Wolbring-Steinfurt

Anlage 1: Übersichtskarte

Quelle: Umweltkarten Niedersachsen, GEObasis.nrw, 2020

Maßstab: 1:25.000 (DIN A4)

Datum: 14.02.2020

Bearbeiter: Schlenzek

Anlage 2:

Lageplan Profilschnitt A

Anlage 3:
Berechnung Standsicherheit,
Profilschnitt A

Anlage 3:

Berechnung Standsicherheit Böschung Havariebecken

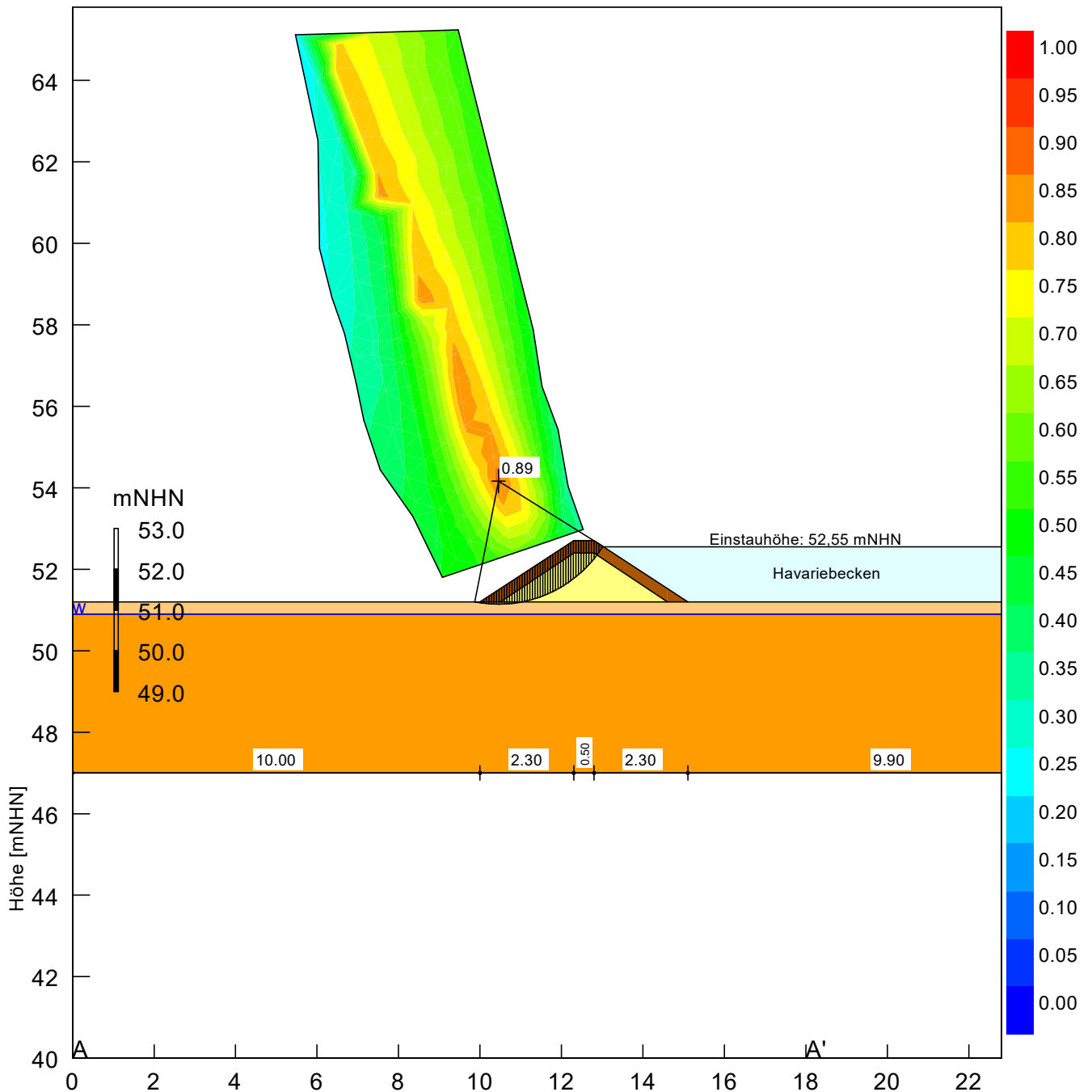
- Prüfung Gefährdung bei Havariefall, Profilschnitt A-A'

Kreisgleitkörper nach BISHOP

Datum: 25.01.2021 Bearbeiter: Schlenzek



M&O | BÜRO FÜR GEOWISSENSCHAFTEN



Berechnungsgrundlagen

Ungünstigster Gleitkreis:

$\mu_{\max} = 0.89$

$x_m = 10.45 \text{ m}$ $y_m = 54.17 \text{ m}$

$R = 3.02 \text{ m}$

Teilsicherheiten:

- $\gamma(\phi') = 1.25$

- $\gamma(c') = 1.25$

- $\gamma(c_u) = 1.25$

- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$

- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$

- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$

Boden	ϕ, k [°]	c, k [kN/m ²]	γ, k [kN/m ³]	Bezeichnung
	22.50	2.00	18.00	Lehm/Schluff, steif, erdfeucht
	25.00	0.00	16.00	Andeckboden, SE, humos, erdfeucht
	30.00	0.00	16.00	SE, locker, erdfeucht
	30.00	0.00	18.50	SE, locker, Wassergesättigt