
BGW Geotechnik GmbH

Büro Hohenlockstedt: Towerstr. 10, 25551 HOHENLOCKSTEDT, Tel.: 04826-9504111, email: webmaster@bgw-geotechnik.de

2. Stellungnahme zu möglichen Bodensetzungen im weiteren Umfeld der Sandgrube Harmenhausen

Auftraggeber: Fa. Wussow
Handwerksstraße 4
27804 BERNE

Auftragsnummer: 2020.2078

Datum: 17.4.2020

2. Stellungnahme zu möglichen Bodensetzungen im weiteren Umfeld der Sandgrube Harmenhausen

Inhalt	Seite
1 VORGANG.....	1
2 UNTERLAGEN.....	1
3 UNTERSUCHUNGSGEBIET.....	3
3.1 UMFELD	3
3.2 OBERFLÄCHENGEWÄSSER	3
3.2.1 Sandgrube Harmenhausen	3
3.2.2 Unterweser.....	4
3.2.3 Gräben und Kanäle	4
3.3 SAND- UND KIESABBAU	5
4 UNTERGRUNDAUFBAU.....	5
4.1 ORGANOGENE WEICHSCHICHTEN	5
4.2 SANDE UND KIESE	7
5 GRUNDWASSER UND GEOHYDRAULIK.....	7
5.1 GRUNDWASSERSTRÖMUNG IM UNTERSUCHUNGSGEBIET.....	7
5.2 GEOHYDRAULIK IM UNTERSUCHUNGSGEBIET	7
6 STANDSICHERHEIT.....	9
6.1 ALLGEMEINES	9
6.1.1 Reibungswinkel.....	9
6.1.2 Kohäsion.....	10
6.1.3 Wichte.....	10
6.2 AUSNUTZUNGSGRAD.....	11
6.3 BERECHNUNGSERGEBNISSE.....	11
6.4 BEWERTUNG.....	13
7 ZUSAMMENFASSUNG.....	13

2. Stellungnahme zu möglichen Bodensetzungen im weiteren Umfeld der Sandgrube Harmenhausen

1 Vorgang

Von der Fa. W. Wussow, Handwerksstraße 4, 27804 Berne wurden wir beauftragt, eine aktualisierte Stellungnahme zu möglichen Bodensetzungen im weiteren Umfeld der Sandgrube Harmenhausen und in der Ortschaft Harmenhausen abzugeben, in der geprüft wird, ob diese mit dem Sandabbau in Zusammenhang stehen.

Von Anwohnern in Harmenhausen wurde wiederholt die Befürchtung geäußert, dass Bodensetzungen im Ortsbereich auf die Existenz der Sandgrube und den dort vorgenommenen Materialaustrag zurückgehen. Da im Rahmen des Sandabbaus keine Grundwasserabsenkung durchgeführt wird, scheidet dies als Ursache aus, so dass – wenn überhaupt – nur unterirdische Materialverlagerungen angenommen werden müssten.

Veranlassung für die vorgelegte Aktualisierung älterer Berechnungen sind neuere Untersuchungen (siehe Abschnitt 2) zu den Grund- und Oberflächenwasserverhältnissen im Umfeld der existierenden Sandgrube, die im Rahmen des derzeit laufenden Planfeststellungsverfahrens zur Erweiterung der Sandgrube Harmenhausen durchgeführt wurden. Die alte Stellungnahme vom 9.9.2013 zu den möglichen Bodensetzungen soll daher um diese Daten ergänzt werden.

Eine Überprüfung, ob die Bodensetzung auf andere Ursachen als die Sandgrube zurückgehen ist nicht Gegenstand dieser Untersuchung.

2 Unterlagen

Für die vorgelegte Stellungnahme werden die folgenden älteren Unterlagen genutzt:

- 2.1. Sandgrube Harmenhausen, Fa. Möbius: Gutachten zu den Ergebnissen chemischer und hydraulischer Untersuchungen im Grubensee und im Grundwasser.- Eigenes Gutachten vom 30.9.1996.
- 2.2. Geplanter Kleiabbau der Fa. Wussow, Gemeinde Berne.- Terra Umwelt-Consulting GmbH, 13.2.2002.
- 2.3. Ergebnisse der Unterwasservermessung der Kiesgrube in Harmenhausen.- Eigener Bericht vom 19.9.2003.
- 2.4. Erweiterung Sandgrube Harmenhausen: Gutachten zu den Grundwasser- und Gewässerhältnissen.- Eigenes Gutachten vom 24.11.2003.
- 2.5. Erweiterung Sandgrube Harmenhausen: Gutachten zur Böschungssicherheit.- Eigenes Gutachten vom 1.9.2004.
- 2.6. Sandabbau Harmenhausen: Gutachten über die Ergebnisse von Unterwasservermessungen an Böschungen und von Standsicherheitsuntersuchungen.- Eigenes Gutachten vom 7.4.2007.
- 2.7. Sandabbau Harmenhausen: Ergänzende Standsicherheitsberechnungen unter Berücksichtigung der aktualisierten Abbaugrenzen.- Eigenes Gutachten vom 13.4.2009
- 2.8. Prüfbericht-Nr.1: Sandabbau – Planänderung.- Ingenieurgesellschaft Eriksen, Oldenburg, 24.7.2009.
- 2.9. Sand- und Kiesgrube Harmenhausen: Bericht über die Ergebnisse der Seevermessung.- Eigener Bericht vom 17.6.2013.
- 2.10. Stellungnahme zu möglichen Bodensetzungen im weiteren Umfeld der Sandgrube Harmenhausen.- Eigenes Gutachten vom 9.9.2013.
- 2.11. Erweiterung der Sandgrube Harmenhausen: Gutachten zur Standsicherheit der Böschungen.- Eigenes Gutachten vom 12.3.2018.
- 2.12. Erweiterung der Sandgrube Harmenhausen: Gutachten zu den Grundwasserhältnissen.- Eigenes Gutachten vom 26.6.2018
- 2.13. Erweiterung der Sand- und Kiesgrube Harmenhausen: Gutachten zur Verlegung eines Entwässerungsgrabens.- Eigenes Gutachten vom 29.7.2018
- 2.14. Erweiterung der Sandgrube Harmenhausen: 2. Gutachten zur Standsicherheit der Böschungen.- Eigenes Gutachten vom 2.4.2020.

3 Untersuchungsgebiet

Die Randbedingungen im Untersuchungsgebiet haben sich nicht erkennbar verändert. Daher entspricht der Inhalt des folgenden Abschnittes 3 weitestgehend demjenigen der älteren Stellungnahme vom 9.9.2013.

3.1 Umfeld

Die Sandgrube befindet sich in der Wesermarsch nordwestlich der Ortschaft Harmenhausen. Die kürzeste Entfernung zur nördlich fließenden Weser beträgt ca. 2.200 m. Ausgehend vom Südufer der Sandgrube beträgt die kürzeste Entfernung zur Ortschaft Harmenhausen ca. 370 m.

Abgesehen von der genannten Ortschaft sowie den Verkehrswegen wird das Umfeld der Sandgrube ausschließlich landwirtschaftlich genutzt.

3.2 Oberflächengewässer

3.2.1 Sandgrube Harmenhausen

Das volumenmäßig größte Oberflächengewässer des Untersuchungsgebietes bildet der Grubensee selbst. Die Gewässeroberfläche beträgt ca. 20,5 ha entsprechend 205.000 m². Eine Grundwasserabsenkung wird nicht durchgeführt, da sie im Rahmen des Nassabbaus nicht erforderlich ist.

Die letzten am Grubensee durchgeführten Messungen des Seewasserspiegels haben die folgenden Ergebnisse gezeigt:

- 22.4.2018: NN +0,13 m sowie
- 6.6.2018: NN – 0,05 m.

Die Grundwasseruntersuchungen haben (siehe Unterlage 2.12) gezeigt, dass sich im Raum zwischen der Sandgrube und der Ortschaft Harmenhausen der Grundwasserspiegel unterhalb des Grubenwasserspiegels befindet. Die Sandgrube wird dementsprechend hier nicht vom Grundwas-

ser angeströmt. Es kommt vielmehr zum – geringen – Eintritt von Seewasser in den Grundwasserleiter (siehe unten, Abschnitte 4 und 5).

3.2.2 Unterweser

Die nördlich der Sandgrube fließende Unterweser ist der Haupt-Vorfluter für die Gewässer des Untersuchungsgebietes. Nach Angaben des BSH beträgt der Tidenhub der Weser bei Vegesack außer bei Extremereignissen im Mittel 3,8 m. Das mittlere Hochwasser liegt bei NN +2,3 m, das mittlere Niedrigwasser bei NN –1,5 m.

Da die tideabhängigen Wasserstände der Unterweser zeitweise deutlich oberhalb des Grundwasserspiegels und des Wasserspiegels in den Entwässerungsgräben und –kanälen des Umfeldes liegen, ist eine Entwässerung des Untersuchungsbereiches im freien Gefälle in die Weser nicht jederzeit möglich. Dementsprechend kommen – zumindest zeitweise – Mündungsschöpfwerke zum Einsatz.

3.2.3 Gräben und Kanäle

In einem Minimalabstand von ca. 640 m westlich der Sandgrube fließt der Motzener Kanal Richtung Weser, in die er – vom Zweckverband gesteuert – entwässert.

Der nordöstlich in einem Abstand von minimal ca. 520 m von der Grubenkante verlaufende Doorgraben fließt nach Nordwesten in Richtung auf den Motzener Kanal.

Die verlaufsweise noch mäandrierende Ohlen verläuft etwa 450 m südöstlich der Sandgrube und steht am westlichen Ortsrand von Harmenhausen mit dem Motzener Kanal in Verbindung.

Das Untersuchungsgebiet wird von einer Vielzahl kleinerer Entwässerungsgräben durchzogen, deren Wasserspiegel augenscheinlich unterhalb des Seewasserspiegels der Sandgrube liegen. Nach Angaben des Auftraggebers fallen diese Verbandsgräben in den Sommermonaten zeitweise trocken. Die jeweilige Grundwasseroberfläche liegt an diesen Stellen dann tiefer als ca. 0,5 m bis 0,8 m unterhalb der Wasseroberfläche des Grubensees.

Soweit im Rahmen älterer Gutachten vermessen, liegen die Grabenwasserspiegel im Bereich des Wasserspiegels des Grubensees oder darunter (siehe Unterlagen 2.12 und 2.13). Eine Grabenentwässerung wäre nicht möglich, wenn die Grabenwasserspiegel über längere Zeitabschnitte oberhalb des Grundwasserspiegels liegen würden. In diesem Fall würde es zur Infiltration von Grabenwasser in den Grundwasserleiter und / oder in Dränrohre kommen, was zu einer Aufhöhung des Grundwasserspiegels führen würde.

Vergleichbares gilt für die Grundwasserspiegel, der im Untersuchungsgebiet ebenfalls unter dem Wasserspiegel des Grubensees liegt.

3.3 Sand- und Kiesabbau

Der Sandabbau wird seit Betriebsbeginn im Nassabbauverfahren mittels Saugkopf und schwimmender Spülleitung betrieben. Die maximale Tagesentnahme liegt nach Angaben des Auftraggebers bei ungefähr 2.000 m³ Rohmaterial.

Das Material wird vor Ort gravitativ entwässert. Der überwiegende Teil des Spülwassers fließt mit einer geringen Zeitverzögerung wieder in den Grubensee zurück, so dass durch den Spülbetrieb so gut wie keine Netto-Wasserentnahme erfolgt.

4 Untergrundaufbau

Der Aufbau des Untergrundes im Untersuchungsgebiet ist charakterisiert durch das Auftreten mächtiger eiszeitlicher Sande unterhalb nacheiszeitlicher organogener Weichschichten bzw. der Böden.

4.1 Organogene Weichschichten

Die unterhalb der Böden befindlichen organogenen Weichschichten bestehen aus Klei und Torf und erreichen, soweit bekannt, maximale Mächtigkeiten von mehr als 6 m.

Die genannten organogenen Weichschichten sind setzungsempfindlich. Dies bedeutet, dass bei der Einwirkung von zusätzlichen Auflasten der Boden mit Setzungen reagiert. Der Setzungsbetrag hängt von der Höhe der Auflast sowie von der Zusammensetzung dieser Böden ab. Die Setzungsgeschwindigkeit wird im Wesentlichen von der Durchlässigkeit des Bodens bestimmt, da die Setzungen einen Wasserverlust im Boden zur Voraussetzung haben.

Als Ursachen für Setzungen kommen in Betracht:

- zusätzliche permanente Auflasten wie z.B. Gebäude, Anbauten, Lager- und Abstellflächen,
- zusätzliche nicht permanente Auflasten, z.B. aus Bautätigkeiten,
- Verkehrslasten als Sonderfall von nicht permanenten Auflasten, bei denen oft Erschütterungen eine bedeutende Rolle spielen sowie
- Grundwasserabsenkungen.

Bei einer Grundwasserabsenkung kommt es zum Zusammenbruch des Auftriebs in den entwässerten Schichten. Dies wirkt wie eine zusätzliche Auflast.

In organogenen Böden, vor allem in Torfen und in Kleiböden mit hohem organischem Anteil, kommt es bei Entwässerungsmaßnahmen zusätzlich zum Verlust des Auftriebes zum Zutritt von Luft in die entwässerten Bereiche. Die organische Substanz zersetzt sich unter Einwirkung des Luftsauerstoffs letztlich zu CO₂ und Wasser, was von einem irreversiblen Substanzverlust begleitet ist. Die kombinierte Wirkung des Auftriebsverlustes und der Zersetzung der organischen Substanz führt in allen entwässerten Moor- und Kleiböden zu langanhaltenden und nicht umkehrbaren Bodensetzungen.

Bei Kleiböden kann ein zweiter Prozess wirken, welcher auf die schlechte Wasserdurchlässigkeit dieser Böden zurückzuführen ist. Kommt es bei Kleiböden zu einer Steigerung der äußeren Auflast¹, kann der Boden – anders als gut durchlässiger Sandboden – nicht zeitnah durch Kompaktion reagieren, weil der Porenraum im Boden aufgrund der schlechten Durchlässigkeit nur langsam Wasser abgeben kann. In diesem Fall wird die Auflast anfangs nicht vom Korngerüst des Bodens, sondern vom Porenwasser aufgenommen, was zu einem signifikanten Anstieg des Porenwasserdrucks führt. Dieser Anstieg des Porenwasserdrucks vermindert die Festigkeit des Bodens, was zu Setzungen bis hin zum völligen Zusammenbruch der Bodenstruktur führen kann. Dieser Prozess

¹ I.d.R. führen nur äußere Auflasten und nicht der Wasserentzug durch Entwässerungsmaßnahmen zu der hier beschriebenen Reaktion.

wird häufig während oder kurz nach Bauvorhaben oder als Folge von Verkehrslasten mit Bodenerschütterungen beobachtet.

4.2 Sande und Kiese

Unter den organogenen Weichschichten folgen die größtenteils eiszeitlichen Sande, deren Korngröße nach unten zunimmt, um dann bereichsweise unterhalb einer Tiefe von 20 m unter Gelände wieder abzunehmen. Die Unterkante dieser Sande ist im Untersuchungsgebiet bei einer maximalen Bohrtiefe von 31 m unter Gelände nicht erbohrt worden.

5 Grundwasser und Geohydraulik

5.1 Grundwasserströmung im Untersuchungsgebiet

Im Untersuchungsgebiet, d.h. im Raum zwischen der Sandgrube und der Ortschaft Harmenhausen, liegt nach allen bisherigen Untersuchungen der Seewasserspiegel des Grubensees oberhalb des Grundwasserspiegels. Dies ist mit großer Wahrscheinlichkeit durch die Entwässerungsmaßnahmen der landwirtschaftlichen Nutzer bzw. der Zweckverbände verursacht.

Die Grundwasseroberfläche im Untersuchungsgebiet ist nach Süden bzw. Südwesten geneigt. Dies bewirkt eine Grundwasserströmung, die vom Grubensee weg in Richtung auf die Ortschaft Harmenhausen bzw. in Richtung auf deren unmittelbares westliches Umfeld wirkt. Ein Grundwasserabstrom ausgehend vom Ortsbereich Harmenhausen in Richtung auf die Sandgrube konnte bisher zu keinem Zeitpunkt nachgewiesen werden.

5.2 Geohydraulik im Untersuchungsgebiet

Die geohydraulischen Untersuchungen (siehe Unterlage 2.12) haben einen Mittelwert der Permeabilität der Sande unterhalb der organogenen Weichschichten von

$$k_f = 3,8 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

ergeben. Für die Nutzporosität der Sande wird von einem Wert von

$$p_N = 0,2$$

ausgegangen.

Das Gefälle des Grundwasserspiegels im Untersuchungsgebiet liegt bei ca.

$$i = 0,00067.$$

Wie in der Unterlage 2.12 detailliert beschrieben, errechnet sich hieraus eine Grundwasserströmungsgeschwindigkeit von

$$v_a = 40,1 \text{ m/a}$$

ausgehend vom Grubensee in Richtung Süden bzw. Südwesten.

Diese nahezu stagnierenden Verhältnisse sind typisch für die gefällearmen Marschbereiche. Hieran wird auch die Erweiterung der Sandgrube nichts ändern, da auch diese nicht von einer Grundwasserabsenkung oder einer Wasserhaltung begleitet wird. Eine durchgreifende Veränderung der Grundwasserströmungsverhältnisse wäre nur durch eine totale oder teilweise Aufhebung der Marschentwässerung zu erreichen. In diesem Fall würde der Grundwasserspiegel bis nahe an die Geländeoberfläche ansteigen und die Setzungen der Weichschichten würden weitestgehend zum Erliegen kommen.

Die Geschwindigkeitsverhältnisse im Grundwasser belegen die Existenz eines äußerst geringen Strömungswasserdrucks, der vom Grubensee in die Böschung hinein gerichtet ist und somit – zumindest theoretisch – die Standsicherheit der Böschung verbessert. Die Strömungsgeschwindigkeit des Grundwassers ist allerdings so gering, dass diese Verbesserung allenfalls theoretischer Natur ist und sich in der Praxis nicht auswirkt. Eine Verschlechterung der Standsicherheit der Böschung aufgrund der Grundwasserströmung ist auf der Basis der Messwerte ausgeschlossen.

6 Standsicherheit

6.1 Allgemeines

Für die Standsicherheitsbetrachtungen wird ausschließlich die derzeit gültige „neue“ Normung zugrundegelegt.

Bei der Berechnung nach der gültigen Norm werden die relevanten Eigenschaften des Bodens

- Reibungswinkel,
- Kohäsion sowie
- Wichte

um einen von der Norm festgelegten Sicherheitsfaktor abgemindert. Der größtmögliche Abminderungsfaktor¹ gilt für permanente Einwirkungen. Die Berechnung mit diesem Faktor schafft die größtmöglichen Sicherheitsreserven. Bei nicht permanenten Einwirkungen ist ein geringerer Abminderungsfaktor zu berücksichtigen, was die Sicherheitsreserven entsprechend vermindert. Für die hier durchgeführten Berechnungen wird daher von permanenten Einwirkungen ausgegangen, um größtmögliche Sicherheitsreserven zu erhalten.

6.1.1 Reibungswinkel

Der Reibungswinkel beschreibt den Schüttwinkel von Sanden, den diese unter natürlichen Randbedingungen einstellen. Er ist identisch mit dem Böschungswinkel, den Sande im Gleichgewicht ausbilden (s.a. den Abschnitt über Kohäsion unten). Der Reibungswinkel schwankt je nach Kornform und Lagerungsdichte. Die Lagerungsdichte der Sande wurde in den Vorgutachten als locker angenommen, was nur bei stark gerundeten und schwach verdichteten Sandschichten zutreffend ist. Aufgrund der Bohrergergebnisse wären höhere Lagerungsdichten zu vermuten. Die Berechnung auf der Basis einer lockeren Lagerungsdichte führt dementsprechend zu höheren Sicherheitsreserven. Der Reibungswinkel wurde in den älteren Gutachten mit 30° angesetzt.

In seltenen Fällen kann es dazu kommen, dass Sande in der lockersten möglichen Lagerungsdichte anstehen. Vor Ort gibt es keine Untersuchungsergebnisse, die dies auch nur andeuten.

¹ In der Norm als Teilsicherheitsbeiwert bezeichnet.

Dieser Lagerungsdichte wäre ein Reibungswinkel von $27,5^\circ$ zuzuordnen. Die folgenden Untersuchungen gehen daher im Gegensatz zu den älteren Gutachten von diesem Reibungswinkel aus, was noch höhere Sicherheitsreserven im Vergleich zu den Bohrergebnissen ergibt. Aufgrund der geologischen Geschichte der hier abgelagerten Flusssande der Weser sind derartig geringe Lagerungsdichten bzw. Reibungswinkel extrem unwahrscheinlich.

Der Reibungswinkel für natürlich abgelagerte Sande ist im trockenen Zustand und im wassergesättigten Zustand gleich. Dies gilt nicht für Sande, die z.B. im Rahmen von Bautätigkeiten künstlich und schnell unter Wasser geschüttet werden. Derartige Sande stehen im Bereich der Böschungen nicht an.

Der Reibungswinkel ist unabhängig von Auflasten.

6.1.2 Kohäsion

Die Kohäsion beschreibt den Zusammenhalt der einzelnen Bodenkörner und geht auf bodenphysikalische Vorgänge zurück. Sie ist bei Sanden im trockenen und im wassergesättigten Zustand nicht anzutreffen und wird somit bei den Berechnungen als Null angesetzt.

Bei teilgesättigten, d.h. feuchten Sanden kommt es aufgrund der Kapillarspannung im Boden zur Ausbildung eines Unterdrucks, der sich als sog. scheinbare Kohäsion bemerkbar macht. Sie verbessert die Standsicherheit des Bodens und kann z.B. in der Wellenschlagzone oberhalb des See- bzw. Grundwasserspiegels zur Ausbildung von steilen Sandböschungen führen, die ansonsten nicht vorhanden wären. Bei Austrocknung oder beim Eintritt völliger Wassersättigung reduziert sich die scheinbare Kohäsion wieder auf Null und entsprechende Steilböschungen fallen relativ schnell in sich zusammen. Dieser Prozess ist vom Reibungswinkel der Sande unabhängig.

6.1.3 Wichte

Es wird von einer Feuchtwichte von 18 kN/m^3 (ca. $1,8 \text{ t/m}^3$) ausgegangen. Unter der Grundwasseroberfläche verringert sich diese um den jeweiligen Auftrieb.

Da der Reibungswinkel von Auflasten und auch vom Eigengewicht der Sande unabhängig ist und gleichzeitig keine Kohäsion vorliegt, ist die Wichte bei den hier vorherrschenden Verhältnissen ohne Bedeutung.

6.2 Ausnutzungsgrad

Das Rechenergebnis der Standsicherheitsberechnungen ist der sog. Ausnutzungsgrad. Er gibt an, inwieweit die Festigkeiten des betrachteten Untergrundes durch die in die Böschung einwirkenden Kräfte ausgenutzt werden. Die von der Norm vorgegebenen Sicherheitsreserven (Abminderungswerte) werden hierbei berücksichtigt.

Dementsprechend zeigt ein Ausnutzungsgrad von 1,00 (entsprechend 100%) an, dass die Böschung unter Berücksichtigung der normierten Sicherheitsreserven als standsicher betrachtet wird. Steigende Ausnutzungsgrade zeigen Verschlechterungen, fallende Ausnutzungsgrade zeigen Verbesserungen der Standsicherheit an¹.

6.3 Berechnungsergebnisse

Für die Standsicherheitsberechnungen wurde in Modifikation zu den Berechnungen aus dem Jahr 2013 von der – unrealistischen - lockersten Lagerung der Flusssande mit einem Reibungswinkel von 27,5° und einer Grubensohle von 16 m unter Gelände ausgegangen. Der Berechnungsgang ist unverändert.

Unter Berücksichtigung der o.g. Abminderungen (Abminderungsfaktor 1,25 für permanente Einwirkungen beim Reibungswinkel) errechnet sich bei kohäsionslosen Sanden der Ausnutzungsgrad (1/f) wie folgt:

$$1/f = \tan(\beta) : \tan(\varphi) \quad (\text{Gleichung 1})$$

Hierbei ist β ein Böschungswinkel und φ der Reibungswinkel der Sande

¹ Dies war bei den alten Normen genau umgekehrt.

Bei der Betrachtung der Verhältnisse an der Ortschaft Harmenhausen ist nicht der aktuelle Böschungswinkel der Sandgrube von Bedeutung, sondern der „Böschungs“- bzw. Neigungswinkel zwischen der Ortschaft und der Sohle des ca. 370 m entfernten Grubensees. Dies wäre die Neigung einer Bewegungsfuge ausgehend von der Ortschaft in Richtung auf den See.

Bei der o.g. Entfernung und einer Wassertiefe von 16 m errechnet sich diese Neigung zu

$$\tan(\beta) = 16 / 370$$

bzw.

$$\beta = 2,5^\circ.$$

Dieser Wert ist aufgrund der höheren angesetzten Wassertiefe etwas größer als in den Berechnungen von 2013 (siehe Unterlage 2.10).

Aus obenstehender Gleichung (1) folgt unter Berücksichtigung des Abminderungsfaktors ein Ausnutzungsgrad von

$$1/f = 0,10 \ll 1,00.$$

Die sehr geringe Verschlechterung des Ausnutzungsgrades im Vergleich zur älteren Untersuchung (siehe Unterlage 2.10) ergibt sich aus der Annahme einer höheren Wassertiefe. Es gilt daher dieselbe Schlussfolgerung wie im Gutachten von 2013:

„Dieser Standsicherheitsbeiwert ist bei weitem ausreichend. Für weiter entfernt gelegene Gebäude im Harmenhausen verbessert er sich noch. Eine wie auch immer geartete Beeinträchtigung des Gebäudebestandes von Harmenhausen durch die Grubenböschung ist damit ausgeschlossen.“

Um eine Gefährdung der Ortslage durch die Grubenböschung im Sinne der Norm darzustellen, müsste der Grubensee bei lockerster Lagerung der Sande eine Tiefe von 154 mm aufweisen¹

¹ Im Sinne der Norm bedeutet hier, dass bei dieser Tiefe immer noch eine Sicherheitsreserve in Höhe des Abminderungsfaktors bestehen würde.

6.4 Bewertung

Jede unterirdische Sandbewegung muss bei Annahme der lockersten Lagerung einen Reibungswinkel von $27,5^\circ$ überwinden. Aufgrund der Entfernung der Ortslage von der Sandgrube und der Grubentiefe ist dies unmöglich. Ein zusätzlicher Antrieb durch Strömungswasserdruck liegt nicht vor. Der Strömungswasserdruck ist – wenn überhaupt relevant – in Gegenrichtung ausgebildet.

Die Sandentnahme aus dem Untergrund führt nicht zu einer signifikanten Absenkung des Seewasserspiegels. Der Substanzverlust von 2.000 m^3 Rohstoff pro Tag führt bei einer Seeeoberfläche von $20,5 \text{ ha}$ zu einer Absenkung des Seewasserspiegels von rechnerisch $9,7 \text{ mm}$. Dieser Wert ist irrelevant, zumal er bereits durch den Rückfluss nahezu vollständig wieder ausgeglichen wird.

7 Zusammenfassung

Die Aktualisierung der Untersuchungen zu möglichen Bodensetzungen in der Ortschaft Harmenhausen, die durch die Existenz des 370 m nördlich benachbarten Sandabbaus verursacht sein sollen, haben zu folgenden Ergebnissen geführt:

1. Die Sandgrube Harmenhausen weist derzeit eine Wasseroberfläche von ca. $20,5 \text{ ha}$ auf. Das maximale tägliche Abbauvolumen beträgt nach Angaben des AG ca. 2.000 m^3 .
2. Im Untersuchungsgebiet zeigt nach allen vorliegenden Messungen der Seewasserspiegel den höchsten Wasserstand. Die Grundwasserströmung ist ausgehend vom See nach Süden bzw. Südwesten, d.h. in Richtung auf die Ortschaft Harmenhausen ausgerichtet.
3. Auch unter Annahme einer lockersten Lagerung der Flusssande der Weser ist eine Beeinflussung der Ortschaft Harmenhausen durch die Existenz der Sandgruben bzw. ihrer Böschungen ausgeschlossen. Dasselbe gilt für unterirdische Materialverlagerungen.



Dr. A. Iwanoff
(BGW Geotechnik GmbH)