

Dipl.-Geol. V.Steinberg · Hauptstr. 43 · 47929 Grefrath

VOBA Wohnbau GmbH
Herrn Henn
Hinterm Engel 18
47574 Goch

Grefrath, 07.04.2014

Gutachten VS/IW 14.02.12

Gutachten
zur Überprüfung der Boden- und Baugrundverhältnisse
B-Plan Gebiet „Aldekerk-Süd“

1 Vorgang

Am südlichen Siedlungsrand von Kerken - Aldekerk ist die Ausweisung eines neuen Wohnbaugebietes geplant. Im Rahmen der Aufstellung des Bebauungsplans „Aldekerk-Süd“ sollten die Boden- und Baugrundverhältnisse geprüft werden. Darüber hinaus sollte geklärt werden, ob anfallendes Dachflächenwasser / Regenwasser auf den dortigen Flächen vor Ort versickert werden könnte.

Von der VOBA Wohnbau GmbH wurden wir beauftragt, im zukünftigen B-Plan-Gebiet im Teilabschnitt des Bauabschnitts 1 entsprechende Aufschlussbohrungen abzuteufen, den Schichtenaufbau zu erfassen und mittels Versickerungsversuchen den Durchlässigkeitsbeiwert (k_f -Wert) zu bestimmen. Nachfolgend werden die Untersuchungsergebnisse dargestellt.

2 Geographischer und geologischer Überblick

Die zu untersuchende Grundstücksfläche liegt südöstlich des Ortskerns von Aldekerk, Gemeinde Kerken, nahe des Bahnhofs und östlich der Bahnlinie Kleve-Krefeld (Anlage 1).

Das Untersuchungsgrundstück befindet sich in der Gemarkung Aldekerk, Flur 9 und umfasst im ersten Bauabschnitt die Flurstücke 431 und 432.

Das Gelände liegt auf Höhen von rund 34 – 33 mNN und weist kein relevantes Gefälle auf. Derzeit wird die Fläche noch ackerbaulich genutzt.

Die Gemeinde Kerken - Aldekerk liegt im Bereich des Niederrheinischen Tieflandes. Nach der Geologischen Karte von Nordrhein-Westfalen M 1 : 100000, Blatt C 4702 Krefeld, stehen im Untersuchungsbereich sandig-kiesige Sedimente der Unteren Rhein-Mittelterrasse unter Lößüberdeckung an. Der Löß besteht aus feinsandig-tonigem Schluff. Die Sande und Kiese der Mittelterrasse sind mitteldicht bis dicht gelagert und gut wasserdurchlässig. In einer Entfernung von etwa 5-6 km in östlicher Richtung befindet sich der saalezeitlich aufgeschobene Endmoränenwall des Schaephuysener Höhenzuges, der als Wasserscheide zwischen Maas und Rhein wirkt.

Das obere, freie Grundwasserstockwerk liegt im Untersuchungsgebiet in den Sanden und Kiesen der Unteren Mittelterrasse. Im Bereich des Untersuchungsgebiets kann von einem mittleren Flurabstand von etwa 6 m ausgegangen werden. Die generelle Grundwasserfließrichtung ist Südwest bis West. Als Vorfluter wirkt der südwestlich in rund 1 km bis 1,5 km Entfernung am Terrassenrand verlaufende Landwehrbach.

Das Untersuchungsgrundstück liegt nicht in einer Wasserschutzzone.

Die Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen NRW (M 1 : 350.000) weist Kerken - Aldekerk im Bereich der Erdbebenzone 0 sowie der Untergrundklasse T aus. Die Untergrundverhältnisse entsprechen der Baugrundklasse C.

3 Durchgeführte Untersuchungen

Am 11.02.2014 wurden auf den aktuell als Acker genutzten Flurstücken acht Rammkernbohrungen bis max. 5 m Tiefe ausgeführt. Die Ansatzpunkte sind im Lageplan (Anlage 2) verzeichnet. Neben den Bohrungen RKB 3, 5 und 8 wurde als Doppelaufschluss jeweils eine Rammsondierung RS mit der mittelschweren Rammsonde zur Erfassung und Aufzeichnung der Lagerungsdichte bis 5,0 m Tiefe niedergebracht. Die Bohrungen und Rammsondierungen wurden nach Lage und Höhe eingemessen. Für die Einmessung der Geländehöhe wurde eine Kanaldeckelhöhe in der Bruchstraße / Ecke Bahnhofstraße mit einer Höhe von 34,28 mNN herangezogen.

Die erbohrten Schichten wurden von der Gutachterin vor Ort nach DIN aufgenommen und organoleptisch angesprochen. Die Schichten sind detailliert im beigefügten Schichtenverzeichnis aufgeführt und in Bohrprofilen zeichnerisch dargestellt (Anlagen 3.1 und 3.2). Die Rammdiagramme sind in der Anlage 3.3 beigefügt.

In der Anlage 4 ist die Schichtenfolge der Bohrungen RKB 8, 2 und 3 in Form eines schematischen Profilschnitts in West-Ost-Richtung des Geländes dargestellt.

In den Bohrlöchern der RKB 2 sowie der RKB 5 wurden Versickerungsversuche ausgeführt zur Überprüfung der Durchlässigkeit der anstehenden Schichten.

4 Untersuchungsergebnisse

4.1 Bodenaufbau

Das Gelände ist annähernd eben mit Höhen zwischen knapp 34 mNHN und 33,10 m NHN. Der Bodenaufbau ist nach den über das Gelände verteilt angesetzten Bohrungen vergleichsweise einheitlich.

Unter dem Mutterboden, einem feinsandigen humosen Schluff, der schwach kiesig sein kann, folgt ein schwach kiesiger Schluff mit einer Mächtigkeit von rund 1 m (RKB 4, 6 und 7) bis 1,9 m (RKB 2). In RKB 8 geht der Schluff allmählich in Sand und kiesigen Sand über. Der Schluff kann durch Staunässe weich bis breiig sein.

Unter den bindigen Schichten folgen schwach feinkiesige Mittelsande bis kiesige Mittel- bis Grobsande von mitteldichter bis dichter Lagerung.

Der obere Bereich der sandig-kiesigen Ablagerungen ist durch Eisenhydroxid oftmals rötlich verfärbt und etwas verkittet. Dies kann die Versickerungsleistung der eigentlich gut durchlässigen kiesigen Sande etwas reduzieren.

Die Schuffe wiesen nach den Schlagzahlen n_{10} mit 0 bis 2 breiig-weiche Konsistenzen auf. Die kiesigen Sande sind mitteldicht bis sehr dicht gelagert (n_{10} von 10 bis 50).

4.2 Grundwasser

Im Untersuchungsgebiet wird das obere, freie Grundwasserstockwerk von den sandig-kiesigen Sedimenten der Unteren Mittelterrasse gebildet. Der mittlere Flurabstand liegt bei etwa 6 m.

Das Grundwasser wurde zum Zeitpunkt der Geländeuntersuchungen im Februar 2014 bei Endteufen von max. 5 m, entsprechend etwa 28,5 mNHN nicht erbohrt. Nach den uns vorliegenden Daten des Landesgrundwasserdienstes liegt das mittlere Niveau des Grundwassers in diesem Bereich etwa bei 27 mNHN und damit rund 6-7 m unter Gelände. Ein Grundwasserhöchststand ist in diesem Bereich bei etwa 29 mNN anzunehmen.

Das Grundwasser des oberen Grundwasserstockwerks fließt in südwestlicher Richtung dem Vorfluter Landwehrgraben und anschließend der Gelderner Fleuth zu.

Das Untersuchungsgrundstück befindet sich nicht in einer Wasserschutzzone.

4.3 Bodenkennwerte

4.3.1 Bodengruppen nach DIN 18196

Die erbohrten Schichten können nach DIN 18196 wie folgt klassifiziert werden:

Mutterboden	OH
Löß: Schluff	UL
Terrassenablagerungen:	
Mittelsand, feinsandig	SE
Mittelsand, fein- und grobsandig, kiesig	SW

4.3.2 Bodenklassen nach DIN 18300

Die während der Sondierarbeiten angetroffenen Schichten sind nach DIN 18300 folgenden Bodenklassen zuzuordnen:

Löß: Schluff Konsistenz: überwiegend steif	Bodenklasse 4 vernässt 2
Terrassenablagerungen: Mittelsand, feinsandig Lagerung: mitteldicht	Bodenklasse 3
Mittelsand, fein- und grobsandig, kiesig Lagerung: mitteldicht bis sehr dicht	Bodenklasse 3-5

Bei Aushubarbeiten im Zuge von Bau- und Erschließungsmaßnahmen fallen überwiegend Böden der Bodenklasse 4 und 3 an. Bei Unterkellerungen werden auch Böden der Bodenklasse 3 sowie ggf. 3 bis 5 ausgehoben.

4.3.3 Bodenmechanische Kennwerte

Nachfolgend sind die bodenmechanischen Kennwerte für die unterhalb zukünftiger Gründungsebenen angetroffenen Schichten aufgeführt. Für Auffüllungen und umgelagerte Böden können keine Werte angegeben werden. Die aufgeführten Werte stellen Erfahrungswerte dar.

Bodenmechanische Kennwerte:

Bodenart	Reibungswinkel φ' (°)	Kohäsion c' (kN/m ²)	Steifemodul E_s (MN/m ²)	Wichte γ_f (kN/m ³)	Auftrieb γ' (kN/m ³)
Schluff	26-31	10	8-18	18-20	10
Mittelsand, feinsandig/ fein-, grobsandig, kiesig	35-37	0	80-180	19-22	11

Der gewachsene Schluff (Löß) ist bei geringen Wassergehalten als Baugrund bedingt geeignet. Im erdfeuchten Zustand weisen Schluffe eine normale Scherfestigkeit auf. Im aufgeweichten Zustand ist diese jedoch stark vermindert. Bindige Böden verlieren bei Vernässung oder Befahren mit schweren Baufahrzeugen schnell ihre Konsistenz und müssen dann für eine Gründung ausgeräumt werden. Ohne Bodenverbesserung kann lediglich ein Bettungsmodul von max. 30 MN/m³ angesetzt werden.

Die mitteldicht bis dicht gelagerten, kiesigen Sande stellen einen gut tragfähigen Baugrund dar. Für den Bettungsmodul können 120 bis 150 MN/m³ angesetzt werden.

4.4 Versickerungsversuche

Die an der Oberfläche anstehenden feinsandig-schluffigen Sedimente weisen i.d.R. geringe Durchlässigkeiten auf. Nach der Bodenansprache ist erfahrungsgemäß von Durchlässigkeitsbeiwerten von $k_f = 5 \times 10^{-6}$ bis 1×10^{-8} m/s auszugehen. Diese Horizonte sind für eine dauerhafte Versickerung nicht gut geeignet. Die auf den Grundstücken unterhalb des Lößlehms ab Tiefen von rund 1 m bzw. 1,9 m uGOK erbohrten kiesigen Sande weisen bessere Durchlässigkeiten auf.

In der Bohrung RKB 2 wurde im Tiefenbereich von 2,0 - 3,0 m im temporär ausgebauten Bohrloch ein Versickerungsversuch ausgeführt. Nach intensivem Vorwässern wurde im Bohrloch gemäß Earth Manual für 1 l Wasser ein Zeitbedarf von rund 220 Sekunden zur Versickerung ermittelt. Dies ergibt einen Durchlässigkeitsbeiwert k_f von $4,07 \times 10^{-6}$ m/s.

Eine zweimalige nachfolgende Wiederholung des Versuchs ergab für 1 l Wasser eine Versickerungszeit von 345 Sekunden. Daraus ergibt sich ein Durchlässigkeitsbeiwert k_f von $2,7 \times 10^{-6}$ m/s. Bedingt durch die partiellen Eisenverkittungen ist die Durchlässigkeit des Sedimentes nicht so gut, wie eigentlich nach der Körnung zu erwarten.

Kontrollhalber wurden im temporär ausgebauten Bohrloch der RKB 5 im Tiefenbereich der schwach kiesigen Sande von 1,5 - 2,5 m nochmals Versickerungsversuche ausgeführt. Im ersten Versuch wurden zur Versickerung von 1 l Wasser 328 Sekunden benötigt. Daraus ergibt sich ein Durchlässigkeitsbeiwert k_f von $2,7 \times 10^{-6}$ m/s. Bei der Wiederholung dauerte die Versickerung über 9 Minuten und ergab einen k_f von $1,5 \times 10^{-6}$ m/s.

Der errechnete Durchlässigkeitsbeiwert für die kiesigen Sande beträgt $k_f = 2,7 \times 10^{-6}$ m/s.

Für weitere Berechnungen sollte sicherheitshalber ein Durchlässigkeitsbeiwert von

$k_f = 2,5 \times 10^{-6}$ m/s angesetzt werden.

Gemäß der technischen Richtlinie DWA-A 138¹ kann eine dauerhafte Versickerung bei k_f -Werten zwischen 1×10^{-3} m/s und 1×10^{-6} m/s gewährleistet werden. Der ermittelte k_f -Wert ermöglicht damit eine dauerhafte Versickerung von unbelastetem Regenwasser in den kiesigen Sanden.

Bei einem HGW von 29 mNHN kann der laut DWA-A 138 anzustrebende Abstand von 1,0 m zwischen der Sohle einer Versickerungsanlage und einem mittleren hohen Grundwasserstand immer sicher eingehalten werden.

Die Errichtung von Versickerungsanlagen, wie beispielsweise Rohr-Rigolen-Systemen, mit bautechnischem Kontakt z.B. durch Bodenaustausch an die kiesig-sandigen Sedimente zur Schaffung des notwendigen hydraulischen Anschlusses ist aus gutachterlicher Sicht auf den Grundstücken möglich.

Mögliche Auflagen und Genehmigungen für die Versickerung von Niederschlagswasser sind ortsspezifisch und mit dem entsprechenden Fachamt der Stadt Kerken-Aldekerk abzustimmen.

5 Gründung

Der humose Oberboden muss unterhalb der geplanten Bebauung vollständig entfernt und ggf. seitlich in Mieten bis max. 1,3 m Höhe und 3 m Breite gelagert werden.

Grundrisse, Höhenkoten, Last- oder Fundamentpläne zu einem Bauvorhaben liegen uns derzeit nicht vor. Das Gründungsplanum für nicht unterkellerte Gebäude würde in den bindigen Schluffen liegen. Die Gründungsebene für unterkellerte Gebäude läge in den kiesigen Sanden.

Bei allen Erdarbeiten in bindigen und enggestuften rolligen Böden ist rückschreitend und nur abschnittsweise zu arbeiten. Die Aushubarbeiten sind mit Geräten ohne Reißwerkzeug vorzunehmen. Ein Befahren der bindigen Schichten mit Baufahrzeugen ist zu vermeiden. Bei Auflockerungen infolge der Auskofferungsarbeiten ist eine Nachverdichtung vorzusehen.

¹ Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA) - Regelwerk -
Arbeitsblatt A 138: Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser

Das freigelegte Planum ist durch geeignete Maßnahmen, wie z.B. abplanen, zu schützen und ggf. durch Auftragen von kantigem, gut verdichtungsfähigem Material baugrundtechnisch zu verbessern. Bei Verwendung von Sekundärbaustoffen ist eine wasserrechtliche Erlaubnis (WE) einzuholen.

Anfallender Aushub ist chargenbezogen zu separieren und abfallrechtlich einzustufen. Die ordnungsgemäße Entsorgung obliegt den Bestimmungen des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes. Einer Verwertung ist dabei Vorrang vor einer sonstigen Entsorgung einzuräumen. Für die Aushubmassen aus gewachsenem Boden kann grundsätzlich eine Verwertung, ggf. auch durch Umlagerung und Wiedereinbau auf dem Untersuchungsgrundstück, angestrebt werden.

nicht unterkellertes Gebäude:

Für ein nicht unterkellertes Gebäude müsste mittels kapillarbrechender Schicht ein frostsicheres Polster, zumindest im Bereich von Fundamenten/ Streifenfundamenten vorgesehen werden, da der Schluff nicht frostsicher ist. Ob der gesamte Schluff durch Bodenaustausch zu entfernen ist, hängt ab vom Zustand der Konsistenz zum Zeitpunkt der Baumaßnahme/ Erdarbeiten. Nach längerer Trockenheit kann der Schluff ggf. steife Konsistenzen aufweisen und für eine Gründung geeignet sein. Alternativ ist eine Plattengründung auf einem Austauschpolster denkbar.

Mit der Einführung des Eurocode 7 zum 01.07.2012 sind die Bemessungswerte des Sohlwiderstands anzusetzen.

Bei mind. steifen Konsistenzen sollten für das Gründungsplanum im Schluff gemäß EC 7/ DIN 1054:2010 für setzungsempfindliche Bauwerke die Bemessungswerte des Sohlwiderstands $\sigma_{R,d}$ [kN/m²] von

kleinste Einbindetiefe des Fundaments	Fundamentbreite b bzw. b' 0,5 bis 2,0 m
0,5 m	180
1,0 m	250
1,5 m	310
2,0 m	350
<u>Voraussetzung:</u> mittlere einaxiale Druckfestigkeit	$q_{u,k} > 120$

zugrunde gelegt werden. Zwischenwerte können geradlinig interpoliert werden.

Bei mittlerer Auslastung können Setzungen von ca. 2-4 cm auftreten. Bei den Setzungen handelt es sich nur z.T. um Rohbausetzungen.

Bei Rechteckfundamenten mit einem Seitenverhältnis $b_x : b_y < 2$ bzw. $b'_x : b'_y < 2$ darf der Bemessungswert des Sohlwiderstands um 20 % erhöht werden. Bei Fundamentbreiten von 2,0 m bis 5,0 m muss der Bemessungswert des Sohlwiderstands um 10 % je m zusätzlicher Fundamentbreite angemindert werden.

Die Gründung kann auf Streifenfundamenten oder alternativ auf einer Gründungsplatte vorgenommen werden. Bei Gründung auf einer Gründungsplatte sollten die Tragwerkslasten über eine rechnerisch nachgewiesene Bewehrung abgetragen werden. In den übrigen Bereichen kann konstruktiv bewehrt werden.

unterkellertes Gebäude:

Bei rolligen Böden und mindestens mitteldichten Lagerungsverhältnissen können gemäß EC 7/ DIN 1054:2010 für setzungsempfindliche Bauwerke Bemessungswerte des Sohlwiderstands $\sigma_{R,d}$ kN/m² von

kleinste Einbindetiefe	Fundamentbreite <i>b</i> bzw. <i>b'</i>			
	0,5 m	1,0 m	1,5 m	2,0 m
0,5 m	280	420	460	390
1,0 m	380	520	500	430
1,5 m	480	620	550	480
2,0 m	560	700	590	500

zugrunde gelegt werden¹. Zwischenwerte können geradlinig interpoliert werden.

Bei mittiger Auslastung können Rohbausetzungen von ca. 1-2 cm auftreten.

Bei Rechteckfundamenten mit einem Seitenverhältnis $b_x : b_y < 2$ bzw. $b'_x : b'_y < 2$ darf der Bemessungswert des Sohlwiderstands um 20 % erhöht werden.

Unterschiedlich tief gegründete Bereiche müssen abgetrept werden. Gebäudeteile mit unterschiedlicher Setzungsdynamik sollten aus gutachterlicher Sicht statisch entkoppelt werden (Bewegungsfuge).

Das Grundwasser ist aufgrund seines Flurabstandes für ein Gebäude auch bei Unterkellerung nicht von Belang (HGW ca. 4,5 m unter GOK) , so dass eine Abdichtung gegen Bodennässe und nicht stauendes Sickerwasser nach DIN 18195-4 ausreicht, sofern ein Einstau von Sickerwasser ausgeschlossen werden kann.

Während der Bauphase sollten mögliche Baugrubenböschungen sowie das Planum gegen Frost sowie den Zutritt von Regen- und Oberflächenwasser geschützt werden. Insbesondere feinsandige oder schluffig-sandige Partien neigen stark zum Ausrieseln bzw. zum Ausfließen bei Wasserzutritt.

Werden in der Bauphase andere als die bei den Sondierbohrungen erbohrten Schichten angetroffen, ist der Bodengutachter zu verständigen. Zum Zeitpunkt der Erdarbeiten sollte zur Überprüfung der Baugrundverhältnisse sowie zur Abnahme der Gründungsebenen ggf. der Bodengutachter hinzugezogen werden.

¹ Hinweis: Bei den angegebenen Werten handelt es sich um Bemessungswerte des Sohlwiderstands und nicht um aufnehmbare Sohlrücke nach DIN 1054:2005 bzw. zulässige Bodenpressungen nach DIN 1054:1976

6 Zusammenfassung und Empfehlung

Die zur Überprüfung der Boden- und Baugrundverhältnisse durchgeführten Rammkernbohrungen ergaben relativ einheitliche Bodenverhältnisse. Unter dem durch landwirtschaftliche Nutzung tief reichenden humosen Oberboden aus sandigem Schluff stehen bis 1,0 m bzw. rund 2 m Tiefe unter GOK bindige Sedimente (Lehme) an. Diese sind für eine Versickerung nicht geeignet. Sie sind zudem nicht frostsicher, weichen bei Staunässe stark auf und verlieren dann ihre Konsistenz.

Sofern nicht unterkellerte Gebäude in dem Niveau der bindigen Schluffe gegründet werden sollen, ist eine Baugrundverbesserung durch Schaffung eines gut durchlässigen und gut tragfähigen Bodenpolsters erforderlich.

Unter den bindigen Schichten folgen Sande und kiesige Sande der Unteren Mittelterrasse, die mitteldicht bis dicht gelagert sind. Sie können zusätzlich durch Eisen- und Manganausfällungen verkittet sein.

Die Sande und Kiese stellen einen gut tragfähigen Baugrund dar. Bei unterkellerten Gebäuden läge das Gründungsplanum im Bereich dieser Sande und Kiese, die aufgrund ihrer guten Verdichtung ohne Baugrundverbesserung zur Gründung geeignet sind.

Der durch Versickerungsversuche ermittelte k_f -Wert beträgt $2,7 \times 10^{-6}$ m/s. Es sollte aus Sicherheitsgründen mit einem k_f -Wert von $2,5 \times 10^{-6}$ m/s gerechnet werden.

Für dezentrale Versickerungsanlagen müsste ein hydraulischer Anschluss an die tieferliegenden sandig-kiesigen Schichten geschaffen werden. Dabei ist darauf zu achten, dass während der Erdarbeiten keine bindigen Anteile in diese Tiefe gebracht (oder durch Regen gespült) werden. Diese würden die Versickerungsleistung stark reduzieren.

Als Versickerungseinrichtung kommen Mulden mit entsprechendem Bodenaustausch bis 1,5 m bzw. 2,5 m Tiefe oder Rigolensysteme in Frage. Der Bodenaustausch muss auch den seitlichen Wirkungsbereich der Versickerungsanlage umfassen. Bodenverdichtungen, die bei Bauarbeiten durch das Befahren mit schwerem Gerät entstanden sein können, müssen im Umfeld von Versickerungseinrichtungen gut aufgelockert werden.

Reine Muldensysteme benötigen regelmäßige Pflege, um die Versickerungsleistung langfristig aufrecht zu erhalten. Hierzu zählen das regelmäßige Ausmähen und Entfernen des Mähgutes, das ggf. nötige Entkuseln von Busch- und Baumsämlingsaufwuchs sowie das Entfernen von Herbstlaub.



Dipl.-Geol. V.Steinberg
Beratende Geologin BDG