

Gesamtmonitoring der Verformungsmessungen

- Geotechnische Bewertung -

Kalkberg

Köln

Istanbulstraße

Erster Bericht vom 14.1.2019

<u>INHALT</u>	<u>SEITE</u>
1.0 Auftragsumfang und Zusammenfassung	4
2.0 Vorliegende Unterlagen	6
3.0 Kurzabriss der Ereignisse ab 2014	7
4.0 Vorhandene Meßprogramme	8
4.1 Dezernat 1/37 (Betriebsgebäude und Landeplatz)	8
4.2 Dezernat VIII / 691 (Zufahrtsstraße und Hangsicherung)	9
5.0 Ergebnis der Messungen vom 22.4.2015 bis 26.11.2018	9
5.1 Betriebsgebäude, Hangar und Landeplatz	9
5.2 Hang und Strasse	13
5.2.1 Inklinometermessung	13
6.0 Beurteilung der Ergebnisse bis 26.11.2019	13
6.1 Gebäude und Landeplatz	13
6.2 Straße und Hangsicherung	15

ANLAGEN

1.0 Lagepläne

1.1 Lageplan mit Meßpunkten Plateau

1.2 Lageplan mit Meßpunkten und Verschiebungen Straße und Böschungen

2.0 Setzungsverläufe

2.1 Setzungsverläufe Betriebsgebäude / Hangar

2.1.1 Hubschrauberlandeplatz

2.1.2 Setzungen Achse Betriebsgebäude

2.1.3 Setzungen Achse A

2.1.4 Setzungen Achse D

2.1.5 Setzungen Achse F

2.2 Inklinometermessungen

3.0 Fotodokumentation der Gipsmarken

1.0 AUFTRAGSUMFANG UND ZUSAMMENFASSUNG

1.1 Auftragsumfang

Die Berufsfeuerwehr der Stadt Köln plant die Inbetriebnahme einer Hubschrauberstation mit 2 Hubschraubern auf dem Kalkberg in Köln an der Istanbulstraße. Die Gebäude wurden in 2014 / 2015 errichtet. Nach der wesentlichen Fertigstellung wurde eine Erdanschüttung hinter dem Hangar-Gebäude aufgebracht, um oberhalb der Hubschrauberstation einen Aussichtspunkt mit Blick auf die Stadt Köln zu haben.

Nach Aufbringung der Erdanschüttung am Gebäude wurde festgestellt, dass das Gebäude sich verstärkt setzte, vor allen Dingen im Bereich unmittelbar angrenzend an die Erdanschüttung.

Das eingeleitete Messprogramm zur Messung von Setzungen am Gebäude und – weil eine zum Gebäude führende neue Straße errichtet worden ist – an den Hängen sollte der Feststellung dienen, ob die auftretenden Setzungen schädlich für das Gebäude sind oder nicht und ob die Stabilität des Gesamthanges gegeben ist. Die Setzungsmessungen wurden für das Plateau mit dem Betriebsgebäude, dem Hangar und dem Hubschrauberlandeplatz von der Berufsfeuerwehr in Auftrag gegeben. Die Hangstabilisierung und die damit verbundene Setzungsmessungen wurden vom Dezernat VIII/691 beauftragt.

Eine Gesamtauswertung aller Messerergebnisse zur Beurteilung der Stabilität des Gebäudes einerseits und des gesamten Kalkberges andererseits wurde bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht durchgeführt.

Der Unterzeichner wurde deshalb von der Stadt Köln mit Schreiben vom 22.11.2018 beauftragt, sämtliche Messergebnisse am Kalkberg, d. h. sowohl im Bereich Straße / Böschungen wie auch dem Bereich Plateau mit Betriebsgebäude und Hubschrauberlandeplatz auszuwerten und im Hinblick auf die jeweils ablaufenden Bauaktivitäten zu überprüfen und monatliche Prognosen zur Gebrauchsfähigkeit der vorhandenen Gebäudestruktur zu geben.

Aufgrund der Vorgabe, dass möglichst bald Klarheit zur Stabilität des Hubschrauberlandeplatzes und der Betriebsstation gewonnen werden soll, wurde der Auftragsumfang dahingehend geändert, dass bereits mit dem ersten Bericht eine Auswertung der bisherigen Messergebnisse zusammen mit einer Beurteilung der Gebrauchsfähigkeit und der Langzeitstabilität des Hubschrauberlandeplatzes und der Hubschrauberstation gegeben werden soll. Dieser erster Ergebnisbericht wird hiermit vorgelegt.

1.2 Zusammenfassung

Seit Beginn der Setzungsmessungen am 20.4.2015 bis zum 26.11.2018 sind im Bereich des **Betriebsgebäudes** Setzungen von ca. 1mm bis 2,3cm aufgetreten. Die Setzungsverläufe sind ab dem 4.1.2016 gleichmäßig und seit Mai 2018 abgeklungen. Setzungsschäden am Gebäude sind nicht sichtbar. Weitere gleichmäßige Setzungen in der Größenordnung von bis 2mm pro Jahr aufgrund der Konsolidierung des Kalkberges sind zu erwarten.

Im **Hangar** sind nach Messbeginn erst Setzungen, dann Hebungen nach Entfernung der Erdanschüttung aufgetreten. Seit Mitte Mai 2016 sind die Bewegungen abgeklungen. Die Setzungsverläufe sind seit dem 4.1.2016 gleichmäßig. Die Gesamtsetzungen seit Messbeginn liegen zwischen 0cm und 3,9cm. Setzungsschäden am Hangar sind nicht sichtbar. Durch die vor 2015 aufgebrachte Erdanschüttung neben dem Hangar hat eine Vorbelastung des Untergrundes unter dem Hangar und dem Betriebsgebäude stattgefunden, sodass hier nur geringe, gleichmäßige Nachsetzungen zu erwarten sind, ebenfalls in der Größenordnung

von 2mm/Jahr. Für die Gebäude schädliche Differenzsetzungen sind aufgrund des bisherigen, über 4 Jahre beobachteten Setzungsverlaufes nicht zu erwarten.

2.0 VORLIEGENDE UNTERLAGEN

Zur Erstellung dieses Berichtes wurden von der Stadt Köln – Berufsfeuerwehr – folgende Unterlagen zur Verfügung gestellt:

- [1] Ingenieurgeologisches Gutachten Hubschrauberlandeplatz Kalkberg, Köln-Kalk, UBC Consult GbR Overath vom 14.11.2005
- [2] Bewertung der Daten zur Altlastensituation, zu ergänzenden Untersuchungen und zu möglichen Sanierungsszenarien, erstellt von der DMT GmbH & Co. KG, vom 02.12.2011
- [3] Zwischenbericht Institut Roger Grün vom 27.11.2015 zum Hangar-Gebäude auf dem Kalkberg nebst Anlagen
- [4] Gutachten zur Beurteilung der Absenkungen des im Bau befindlichen Hangars sowie der Standsicherheit des Kalkberges insgesamt sowie Ausarbeitung von richtungsweisenden Sanierungsempfehlungen, Gutachten Nr. 4.422-G1-E/2016 Institut Roger Grün GmbH nebst Anlagen vom 19.05.2016,
- [5] Kontrollmessungen (auf dem Plateau) vom 22.04.2015 bis 26.11.2018
- [6] Höhenprotokolle der Höhenfestpunkte vom 22.04.2015 bis zum 19.12.2018
- [7] Inklinometermessungen vom 26.01.2016 bis November 2018

3.0 KURZABRISS DER EREIGNISSE AB 2014

Ab August 2014 wurde mit der Errichtung der Hubschrauberbetriebsstation auf dem Kalkberg begonnen. Im April 2015 wurde dabei festgestellt, dass es im vorderen, westlichen Bereich des Hangars zu Verformungen gekommen war, durch welche der Einbau der Hangar-Tore wegen der vorhandenen Differenzsetzungen nicht möglich war. Eine nähere Untersuchung ergab Haarrisse im Bereich der hinteren, östlichen, rechten Hangar-Wand und der Bodenplatte. Aufgrund der vorliegenden Verformungen konnten die Hallentore vorerst nicht eingebaut werden.

Das zur Ursachenforschung beauftragte Institut Roger Grün teilte in einem Zwischenbericht aus September 2015 mit, dass die Setzungen und die Differenzsetzungen des Gebäudes darauf zurückzuführen seien, dass die unmittelbar am Gebäude aufgeschüttete Kuppe aus Erdmaterial (ca. 50.000 to Material) dazu geführt hat, dass sich der Kalkberg in sich gesetzt hat und zwar in unterschiedlichen Maße, je nachdem wie weit das jeweilige Gebäudeteil von der Aufschüttung entfernt war.

Darüber hinaus wurde vom Institut Roger Grün festgestellt, dass eine Standsicherheit der Halde Kalkberg, zumindestens in Teilbereichen, nicht gegeben war.

Um weitere Setzungen zu vermeiden und um die Standsicherheit des Kalkberges zu verbessern, wurde die aufgeschüttete Kuppe abgetragen (bis Anfang Januar 2016). Dies führte dazu, dass die Setzungen zum Stillstand kamen und zum Teil, aufgrund der Elastizität des Untergrundes, Bereiche des Hangars sich wieder gehoben haben.

Seit dem 22.04.2015 werden zur Beobachtung der Situation um das Gebäude herum und im Gebäude selbst Setzungsmessungen durchgeführt, die in regelmäßigen Abständen bis zum heutigen Datum fortgeführt werden und den Zustand des Gebäudes festhalten.

4.0 VORHANDENE MESSPROGRAMME

4.1 Dezernat 1/37 (Feuerwehr) (Betriebsgebäude und Landeplatz)

Im Auftrage der Feuerwehr wurden insgesamt 38 Messpunkte im Gebäude selbst und vor dem Gebäude (Bereich Hubschrauberlandeplatz) installiert. Anfänglich, nach Aufnahme des Messprogramms, wurden die Messungen im wöchentlichen Rhythmus durchgeführt, dann ab dem 10.04.2017 wurden einige unauffällige Messpunkte aus dem Messprogramm herausgenommen und der Messabstand wurde auf eine Messung alle 14 Tage verringert. Im Augenblick liegt der Messabstand bei einer Messung in 4 Wochen.

4.2 Setzungs- und Inklinometermessungen Dezernat VIII/691

(Böschungen und Strasse)

Die Messungen umfassen hier die Bereiche, die durch die Bautätigkeit zur Errichtung der Straße einerseits und zur Hangstabilisierung andererseits durchgeführt werden. Dabei sind 3 Inklinometer eingerichtet worden, die sich relativ nah am bestehenden, fast fertigen Betriebsgebäude an der Nordseite desselben befinden (da der Hang hier die größte Steilheit aufweist). Neben den Inklinometermessungen, die seit 2016 durchgeführt werden, gibt es auch Messungen zur Lage einzelner Messpunkte, insbesondere auch im Umfeld der Inklinometer, die sowohl horizontale Lageverschiebungen wie auch vertikale Verschiebungen der Böschung bzw. der Straße an der Oberfläche dokumentieren.

Bisher gibt es keine Gesamtbetrachtung sämtlicher Messpunkte im Hinblick auf eine dauerhafte Stabilität des Hubschrauberbetriebsgebäudes.

5.0 ERGEBNIS DER MESSUNGEN BIS ZUM 26.11.2018

5.1 Betriebsgebäude und Hubschrauberlandeplatz

Aufgrund der unterschiedlichen Belastungssituation sind das Betriebsgebäude einerseits und der westlich davor liegende Hubschrauberlandeplatz andererseits getrennt zu betrachten. Während beim Hubschrauberlandeplatz, d. h. der Freifläche westlich des Betriebsgebäudes, lediglich Erdabtrag und Erdauftrag im Zuge der Einebnung des Geländes und der Oberflächenbefestigung stattgefunden hat, hat im Bereich des Betriebsgebäudes eine Belastung des Untergrundes einerseits durch die Errichtung selbst, andererseits durch die unmittelbar daneben aufgebraachte Erdauflast stattgefunden.

Letztere hat, insbesondere auf der Fläche, die unmittelbar an die Erdanschüttung angrenzt, etwa zu einer Verdoppelung der Bodenbelastung im angrenzenden Bereich des Betriebsgebäudes geführt. Durch die unter etwa 45° erfolgende Lastausbreitung im Untergrund (hier im Hügel des Kalkberges) erfolgte auch eine Belastung des Untergrundes im Bereich der von der Erdanschüttung am entferntesten liegenden Fundamente des Betriebsgebäudes (Achse 4), siehe Lageplan Anlage 1.1, so dass zwar die Fundamente im Bereich der Achse 0 am stärksten zusätzlich belastet wurden und damit sich am stärksten gesetzt haben, aber auch das Gesamtgebäude nach Westen hin Zusatzbelastungen des Untergrundes erfahren hat, die auch hier zu Setzungen geführt haben. Nach Entfernung des Erdreiches hat eine unterschiedlich starke elastische Rückverformung (Hebung) stattgefunden, so dass ein Teil der Setzungen in der Achse 0 rückgängig gemacht worden ist, während sich der Effekt bis zur Achse 4 minimiert hat. Hier sind praktisch keine Hebungen erfolgt. Dies bedeutet, dass sich die Setzungen insgesamt vergleichmäßig haben. Die Setzungsverläufe im Bereich des Hangars in den einzelnen Achsen sind in den Anlagen 2.1.2 bis 2.1.5 dieses Berichtes wiedergeben. Dabei erfolgt die Betrachtung der Differenzsetzungen von der Achse 0 (die unmittelbar an der Erdanschüttung lag) bis zur Achse 4 (die am weitesten entfernt von der Erdanschüttung liegt), da hier die größten Differenzsetzungen vorliegen und damit eine Gefährdung der Standsicherheit des Gebäudes am Wahrscheinlichsten ist. Innerhalb der einzelnen Achsen 0 bis 4 waren Differenzsetzungen aufgrund der Erdanschüttungen nicht oder nur in sehr geringem Umfang aufgrund der Heterogenität des Baugrundes zu erwarten. Die Auswertung der Setzungsmessungen hat dies auch bestätigt (vergleiche die Setzungsverläufe in den Achsen A bis F).

Die Auswertung der Setzungsverläufe im Einzelnen ergibt:

Betriebsgebäude:

Die Auswertung der Messungen ergibt, dass sich der Punkt BS 10 (in Achse 0) vom Messbeginn (20.05.2015) bis November 2018 um 2,3 cm gesetzt hat, während der Messpunkt BS 7 in der Achse 4 sich im gleichen Zeitraum um 6 mm gesetzt hat, so dass eine hier eine Differenzsetzung von 1,7 cm auf einer Länge von 25 m gegeben ist. Benutzt man das Kriterium für erwartbare Schäden aufgrund von Setzungsdifferenzen, das lautet: sichtbare Schäden am Gebäude welche die Tragfähigkeit beeinträchtigen können treten auf, wenn $L/600$ überschritten wird (mit L = Abstand der Stützen), so wird hier ein Wert von $L/1400$ erreicht, das weit entfernt von dem o. g. Kriterium liegt.

Tatsächlich sind im Gebäude, das aufgrund der großen Fensterflächen als setzungsempfindlich einzustufen ist, keinerlei Setzungsschäden und damit keinerlei Beeinträchtigung der Tragfähigkeit erkennbar. Darüber hinaus sind die Setzungen weitgehend seit September 2017 abgeklungen, seit Mai 2018 haben sich leichte Hebungen im Millimeterbereich manifestiert. Diese könnten aber auch auf Messungenauigkeiten zurückgeführt werden.

Hangar:

In den Einzelachsen ergeben sich (als Differenz der Messungen 22.04.2015 und 26.11.2018) zwischen den Achsen 0 und 4 folgende Differenzsetzungen:

Achse A

$\Delta A0 = 1,5 \text{ cm}$, $\Delta A4 = -9 \text{ mm}$ Differenzsetzung A0/A4: $\Delta = 2,4 \text{ cm}$

Achse D

$\Delta D0 = 2,5 \text{ cm}$, $\Delta D4 = -8 \text{ mm}$ Differenzsetzung D0/D4: $\Delta = 3,3 \text{ cm}$

Achse F

$\Delta F_0 = 2,9 \text{ cm}$, $\Delta F_4 = 0 \text{ cm}$

Differenzsetzung F_0/F_4 : $\Delta = 2,9 \text{ cm}$

Damit ergeben sich Werte zwischen $L/757$ und $L/1040$. Diese Werte sind alle kleiner $L/600$, und stellen, vorbehaltlich einer Prüfung durch einen Statiker, somit auch keine Gefährdung der Standsicherheit der Gebäude dar.

Hubschrauberlandeplatz vor dem Betriebsgebäude:

Die Setzungsmessungen auf dieser Fläche sind in der Anlage 2.1.1 zusammengefasst. Sie zeigen einen absolut gleichmäßigen Verlauf. Der Höhenunterschied zwischen dem Festpunkt FP4 und FP2 und FP 3 liegt lediglich darin, dass hier ein höherer Ansatzpunkt FP 4 gewählt worden ist. Die Setzungen zeigen einen absolut gleichmäßigen Verlauf. Es sind Setzungen im gesamten Messzeitraum von 3,5 Jahren in der Größenordnung von 3,5 cm bis 4 cm aufgetreten. Wie bereits weiter oben geschildert, ist hier der Einfluss der Erdaufschüttung hinter dem Betriebsgebäude am geringsten, so dass sich hier eine Konsolidierung des Bodens durch die Lastaufbringung und damit eine Verlangsamung der Setzungen nach Entfernung der Belastung nicht einstellt. Die hier festgestellten gleichmäßigen Setzungen dürften sich im Laufe der Zeit verlangsamen. Sie sind für den Betrieb des Hubschrauberlandeplatzes selbst unerheblich, da es sich um gleichmäßige Setzungen handelt. Es ist davon auszugehen, dass sich diese Setzungen im Laufe der Zeit wegen der Beendigung der Bautätigkeiten verringern werden.

5.2 Hang und Straße

5.2.1 Inklinometermessung

Die Inklinometermessungen, die relativ nah am Betriebsgebäude seit 2,5 Jahren durchgeführt werden, zeigen im letzten Jahr nur unwesentliche Änderungen, d. h. dass der Hang nach Norden hin, wo die geringste Entfernung zum Betriebsgebäude gegeben und wo die steilste Hangneigung vorhanden ist, sich auch stabilisiert hat. Horizontalverschiebungen innerhalb des Auffüllungskörpers, so wie sie durch die Inklinometermessungen erfasst werden, würden auf Hangrutschungen hinweisen. Die bisherigen Messungen zeigen ein solches Verhalten **nicht**. Die Messung der Punkte LFP 1 bis LFP 7 (siehe Anlagen 2.2.1) zeigen ebenfalls ein unauffälliges Verhalten. Hier sind zwar Horizontalverschiebungen in der Größenordnung von 1 cm bis 2 cm über die gesamte Messdauer zu erkennen. Dies mag jedoch auch auf die Bauarbeiten im unmittelbaren Umfeld zurückzuführen sein. Seit einem Jahr sind die Differenzverschiebungen der Punkte im Bereich unter 1 cm und damit im Bereich der Messgenauigkeit der Lage.

6.0 BEWERTUNG DER ERGEBNISSE DER SETZUNGSMESSUNGEN BIS ZUM 15.01.2019

6.1 Gebäude und Hubschrauberlandeplatz

Gebäude

Die bisher über einen Zeitraum von 3,5 Jahren durchgeführten Setzungsmessungen am Betriebsgebäude und am Hangar zeigen, dass sich zwar aufgrund der Erdanschüttung hinter dem Gebäude verstärkte Setzungen ausgebildet haben, diese jedoch sehr schnell nach Entfernung der Erdanschüttung abgeklungen sind, ja sich sogar elastische Hebungen ergeben haben.

Setzungsdifferenzen in den einzelnen Achsen zwischen den Bereichen, unmittelbar an der Erdanschüttung und am weitesten entfernt von der Erdanschüttung lagen (mit einer Entfernung dazwischen von ca. 25 m) zeigen unkritisches, seit Lastentfernung gleichmäßiges Setzungsverhalten. Die Setzungsdifferenzen sind mit Werten von $< L/600$ (Werte zwischen $L/757$ und $L/1040$) gering. Dies wird auch durch die Auswertung der Gipsmarken im Osten der Achse F bestätigt, welche 2015 gesetzt worden sind und seitdem keine weiteren Öffnungen der vorhandenen Haarrisse zeigen (siehe hierzu auch Fotos der Anlage 3).

Die Setzungen, sowohl im Bereich des Hangars wie auch im Bereich des Betriebsgebäudes sind mittlerweile weitestgehend abgeklungen. Sie sind darüber hinaus nach Entfernung der Erdanschüttung gleichmäßig verlaufen, so dass nach Entfernung der Erdanschüttung keine weiteren Differenzsetzungen, die zu Schäden am Gebäude hätten führen können, aufgetreten sind.

Tatsächlich ist es so, dass die Erdanschüttung eine (unfreiwillige) Konsolidierung des Baugrundes bewirkt (und damit zu einer Verbesserung des Baugrundes unter dem Betriebsgebäude geführt) hat, ohne dabei bleibende Schäden am Gebäude, die eine Nutzung beeinträchtigen würden, hervorzurufen.

Hubschrauberlandeplatz

Der westlich vor dem Betriebsgebäude liegende Hubschrauberlandeplatz weist, wie zu erwarten, gleichmäßige geringe Setzungen auf, die nicht zu einer Gefährdung dieses Landeplatzes führen.

6.2 Hang und Straße

Der für die Standsicherheit des Betriebsgebäudes als am kritischsten anzusehende Hang liegt nördlich des Betriebsgebäudes jenseits der zum Betriebsgebäude führenden Straße. Hier werden Inklinometermessungen und Lagemessungen verschiedener Messpunkte durchgeführt. Sowohl die Inklinometermessungen wie auch die Lagemessungen der Punkte LFP 1 bis LFP 7 zeigen keine Horizontalverformungen, die auf eine Hangrutschung hindeuten würden. Der Hang ist hier (auch entsprechend den geotechnischen Untersuchungen des Institut Roger Grün) als standsicher anzusehen. Dies wird durch die Messergebnisse aus 2016 bis zum heutigen Tage bestätigt.

Nicht auszuschließen ist, dass an der zur Betriebsstation führende Straße aufgrund der Bautätigkeiten noch Setzungen stattfinden werden, die jedoch weder für den Betrieb der Straße noch für die Standsicherheit des Hanges von erheblicher Bedeutung sind. Hier wird empfohlen, weitere Messungen der Höhe und der Lage in monatlichen Abständen nach jetzigem Beurteilungsstand bis Ende 2019 durchzuführen, um festzustellen, ob sich signifikante Bewegungen manifestieren und um ggf., falls dies nicht der Fall sein sollte, das Messprogramm zu strecken, d. h., die Messabstände erheblich zu vergrößern.

Nach gegenwärtigem Stand und Auswertung der mir bis zum heutigen Tage vorliegenden Messergebnisse ist davon auszugehen, dass sich keine für das Gebäude schädlichen Setzungen eingestellt haben und einstellen werden. Die Setzungsverläufe sind seit 2,5 Jahren gleichmäßig und fast zum Stillstand gekommen. Restsetzungen aufgrund der Gesamtkonsolidierung des Kalkberges können naturgemäß weiterhin auftreten. Aufgrund des in den letzten 3 Jahren gezeigten Setzungsverhaltens ist jedoch davon auszugehen, dass diese Setzungen gleichmäßig erfolgen und damit keine Schäden am Gebäude hervorrufen.

Desgleichen gilt für die zuführende Straße und für die mittlerweile stabilisierten Hangbereiche.

Es ist jedoch zu beachten, dass keine weiteren Bautätigkeiten am Kalkberg dahingehend vorgenommen werden, welche womöglich den Feuchtigkeitszutritt zum Kern des Kalkberges ändern würden, da bei Änderungen des Feuchtigkeitshaushaltes für die hier abgelagerte Abfälle aus der Produktion sich Schrumpfungen / Quellungen ausbilden könnten, die womöglich einen negativen Einfluss auf das Setzungsverhalten des Gesamtberges haben können. Die vorhandene Gesamtabdeckung des Kalkberges durch eine Dichtungsfolie gewährleistet eine Beibehaltung des jetzigen Zustandes.. In die Wartungsanweisung für die Station sollte deshalb aufgenommen werden, dass der gesamte Hügel regelmäßig alle 3 Monate in Augenschein genommen wird, um Schäden an der vorhandenen Dichtung feststellen und beseitigen zu können.

Es ist vorgesehen, die Setzungsmessungen zumindest bis Ende 2019 weiter auszuwerten um bei Änderung des Setzungsverhaltens ggf. schnell reagieren zu können.

Düsseldorf, 08.01.2019

(Dr.-Ing. W. Sievering)