



INSTITUT ROGER GRÜN • Großenbaumer Straße 242 • 45479 Mülheim an der Ruhr

Berufsfeuerwehr Köln
 Amt f. Feuerschutz, Rettungsdienst und
 Bevölkerungsschutz
Prof. Dr. Dr. Alex Lechleuthner
 Scheibenstraße 13
 50737 Köln



GUTACHTEN

Nr. 4.422-G1-E / 2016

Datum: 19. Mai 2016

Antragsteller:

Berufsfeuerwehr Köln
 Amt f. Feuerschutz, Rettungsdienst und
 Bevölkerungsschutz
 Scheibenstraße 13
 50737 Köln

Objekt:

Kalkberg, Köln



Foto: Vermessungsbüro Ludwig und Wettengel GbR

Inhalt des Antrages:

Beurteilung der Absenkungen des im Bau befindlichen Hangars sowie der Standsicherheit des Kalkbergs insgesamt sowie Ausarbeitung von richtungweisenden Sanierungsempfehlungen

Bearbeitung:

Dipl.-Ing. R. Grün / Dipl.-Ing. W. Beer /
 Prof. Dr. L.-H. Benner/Dr.-Ing. R. Scherbeck

Umfang:

65 Bl. Bericht /13 Anlagen /
 Bildteil A und B / 1 DVD

vormals:



ROGER ECKARD GRÜN
 Ingenieurgesellschaft mbH

Roger Grün*, Dipl.-Ing.

Von der Industrie- und Handelskammer zu Düsseldorf öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Schäden an Gebäuden.

H.-H. Gillessen †, Dipl.-Ing.

Von der Industrie- und Handelskammer zu Düsseldorf öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Schäden an Gebäuden.

W. Holtmann*, Dipl.-Ing.

Von der Industrie- und Handelskammer öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Schäden an Gebäuden

Thomas Jarling, SiGeKo

Leiter Mess- und Labortechnik, Bauakustik, Druckdifferenz (Blower door) und Thermografie

Wolfgang Beer, Dipl.-Ing.

Leitung Baukosten- und Qualitätscontrolling, „Technical Due Diligence Red Flag Reporting“

* Von der Ingenieurkammer-Bau Nordrhein-Westfalen staatlich anerkannter Sachverständiger für Schall- und Wärmeschutz

**KOOPERATIONSPARTNER UND
 DEREN FACHBEREICHE:**

L.-H. Benner, Prof. Dr. rer. nat.
 Geotechnische Systemuntersuchungen

Ch. Bolenz, Dipl.-Ing.
 Bauleitung • Kostenkontrollen • SiGeKo

Peter Dähne, Dipl.-Ing.
 Architektur • Bauleitung und Kostenkontrollen

K. Helmerding, Dipl.-Ing.
 Heizungs-, Lüftungs- und Sanitärtechnik,
 Energie-Effizienz

Robert Huth, Dipl.-Ing.
 Heizung - Lüftung - Sanitär • Bädertechnik

A. Kottwitz, Dipl.-Ing.
 Elektrische Versorgungsanlagen,
 allg. Installationstechnik

Ch. Kubon, Dr.-Ing.
 Brandschutzkonzepte und Prüfungen

Th. Muntzos, Dr. Dipl.-Geol.
 Grundbau • Bodenmechanik und Wasserwirtschaft

H.-J. Pfeiffer, Estrichlegermeister
 Estrich und Bodenbelagsarbeiten

R. Scherbeck, Dr.-Ing.
 Baugrunduntersuchung • Gründungsberatung

Alfred Schmitz, Prof. Dr.-Ing.
 Akustik – Schwingungstechnik – Messtechnik

J. Wegewitz
 Heizung • Lüftung • Sanitär

Michael Wulf, Prof. Dr.-Ing.
 Tragwerksplanung und Statik

**Bauphysikalische Beratungen
 Baubegleitende Qualitätskontrollen
 Haustechnik • TGA-Beurteilungen
 Brandschutzkonzepte und -prüfungen
 Baugrund- u. Grundwasseruntersuchung
 Holzschutz- und Schädlingsbekämpfung
 Abnahmen und Prüfungen
 Schadensgutachten
 Seminare und Schulungen**

Fon: 0208 / 30 55 28 - 0
 Fax: 0208 / 30 55 28 - 50
 info@institutrogergruen.de
 www.institutrogergruen.de
 www.institutrogergruen.eu

Inhaltsübersicht Gutachten

1. Vorgeschichte

- 1.1 Allgemeines zum Objekt
- 1.2 Beteiligte Firmen bzw. Personen
- 1.3 Gerügte Schäden bzw. Mängel
- 1.4 Aufgabenstellung
- 1.5 Untersuchungsmaterial / Überlassene Unterlagen / Zwischenberichte

2. Ortsbesichtigungen

- 2.0 Vorgehensweise
- 2.1 Übersicht über die durchgeführten Termine
- 2.2 Besprechung zu Beginn der Gutachterlichen Tätigkeit
- 2.3 Besprechung in den Räumen der Firma Dr. Fink-Stauff, die den Erdbau ausgeführt hat

3. Örtliche Feststellungen

- 3.1 Schäden im Hangar
 - 3.1.1 Risse
 - 3.1.2 Setzungen und/oder Schiefstellungen
- 3.2 Sichtung der uns überlassenen Unterlagen
 - 3.2.1 Gutachten Geo Consult bzw. Gutachten Umwelt- und Baugrund Consult
 - 3.2.2 Lastgeschichte – Entwicklung der Baustelle
- 3.3 Zusammenfassung der Ergebnisse der in regelmäßigen Abständen durchgeführten Setzungsmessungen
- 3.4 Erste Aufschlüsse des tieferen Haldenbereichs
- 3.5 Weitere Aufschlüsse des Haldenaufbaues über Tiefenbohrungen mit Entnahme von Materialproben

- 3.6 Haldengeometrie in der Entwicklung
 - 3.6.1 Haldengeometrie 1999
 - 3.6.2 Haldengeometrie 2004
 - 3.6.3 Haldengeometrie 2010
 - 3.6.4 Haldengeometrie 2015
 - 3.6.5 Haldengeometrie 2016 nach Kuppenabtrag
- 3.7 Drohnenbefliegung sowie vertiefende – flächendeckende – Aufmaße im Bereich der unteren Böschungen
- 3.8 Aufbau des Kalkbergs
- 3.9 Oberflächennahe Explorationsbohrungen im Bereich der Aufsatzdämme
- 3.10 Inklinometermessstellen

- 4. Laboruntersuchungen**
 - 4.1 Ermittlung der Bodenkennwerte als Grundlage von durchzuführenden Langzeitsetzungsberechnungen
 - 4.2 Laboruntersuchungen zur Lösbarkeit von Kalk – Röntgendiffraktometeranalysen

- 5. Beurteilung**
 - 5.1 Planung
 - 5.2 Ausführung der Bauarbeiten
 - 5.3 Beurteilung der Setzungen
 - 5.4 Standsicherheit des Kalkbergs und seiner Böschungen
 - 5.5 Belange des Umweltschutzes

- 6. Erforderliche Instandsetzungsmaßnahmen**

7. Voraussichtliche Sanierungskosten – Ermittlung/Angebote

7.1 Allgemeines

7.2 Voraussichtliche Kosten für die Beseitigung der Ursachen der Lageveränderung sowie der festgestellten Schäden an der Hubschrauber-Betriebsstation

7.3 Voraussichtliche Kosten der Haldenstabilisierung.

8. Zusammenfassende Beantwortung der zum Gutachten gestellten Fragen

13 Anlagen

23 Blatt Bildteil A von der Firma Fink-Stauff während der Arbeiten gefertigte Coloraufnahmen, die uns am 26.08.2015 überlassen und von Herrn Dr.-Ing. R. Scherbeck im Anschluss an das Gespräch kommentiert wurden

11 Blatt Bildteil B Zusammenstellung der wesentlichsten vom INSTITUT gefertigten Coloraufnahmen

1 DVD

Inhaltsübersicht Anlagen

Bildteil A

Bildteil B

1 DVD

0 Anlagengruppe - Termine

0.1 Terminübersicht

0.2 Teilnehmer Besprechung bei der Feuerwehr in Köln am 01.07.2015

1 Anlagengruppe - Lagepläne / Übersichten

1.1 Flurkarte mit Kennzeichnung der verschiedenen Grundstücke, ihrer Größen und Grenzen

1.2 Lageplan des Kalkbergs mit Eintragung der Zufahrtsstraße und des „im Bau befindlichen“ Hangars

1.3 Lageplan mit Höhenlinien – Stand 2010

1.4 Auszug aus dem vom Büro Umwelt und Baugrund Consult

2 Anlagengruppe – Lage der Messpunkte

2.1 Übersicht Messpunkte auf dem Kalkberg – vor Kuppenabtrag (Blatt 1)

Übersicht Messpunkte auf dem Kalkberg – nach Kuppenabtrag (Blatt 2)

2.2 Übersicht Messpunkte im Hangar

3 Anlagengruppe – Sanierungsvorschlag Geo Consult – Variante 2

4 Anlagengruppe – Visualisierung der Setzungsverläufe

4.1 Setzung der Höhenfestpunkte auf dem Hangar-Vorplatz

4.2 Höhepunkte auf dem Haldenhochpunkt

4.3 Setzungsverlauf des Messpunktes F0

4.4. Setzungsverlauf in der Achse 0 – Pkt. A0 bis F0

4.5 Setzungsverläufe in der Achse 4 des Hangars

5 Anlagengruppe – Erste tiefergehende Rammkernsondierungen aus dem August 2015 (bis 24 m Tiefe)

- 5.1 Lageplan der Rammsondierungen vom August 2015
- 5.2 Rammsondierungen DPH 1b und DPH 3 vom August 2015
- 5.3 Rammsondierungen DPH 1 und DPH 2 und DPH 2b vom August 2015

6 Anlagengruppe – Explorationsbohrungen

- 6.1 Lageplan mit Eintragung der Bohrungen
- 6.2 Übersicht der an den Tiefenbohrungen vorgenommenen Untersuchungen
- 6.3 Schichtenaufbau der Bohrungen
- 6.4 Beispielhafte Fotodokumentation zu den Bohrkernen
- 6.5 Schlagzahlen der Bohrungen 1 und 2
- 6.6 15 Flachexplorationsbohrungen im Bereich der Aufsatzdämme

7 Anlagengruppe – Haldenkonturen / Höhenlinien zu verschiedenen Zeitpunkten

- 7.1 Köln, Kalkberg – Zustand 1999 vor Sanierung der Südflanke
- 7.2 Köln, Kalkberg – Zustand 2004 nach Sanierung der Südflanke
- 7.3 Höhenlinien des Kalkbergs 2010
- 7.4 Höhenlinien des Kalkbergs 2015 vor dem Kuppenabtrag
- 7.5 Höhenlinien des Kalkbergs Feb 2016 nach dem Kuppenabtrag
- 7.6 Detaillierte Höhenlinien des Kalkbergs nach dem Kuppenabtrag

8 Anlagengruppe 8 – Haldengeometrie mit Höhenscans und Schnitten

- 8.1 Höhenscan mit Eintragung der Tiefenbohrungen und der angelegten Schnitte
- 8.2 Schnitt durch den Kalkberg – schematisch
- 8.3 Höhenscan Hangar
- 8.4 Historische Luftbildaufnahme Kalkberg von 1951
- 8.5 Schnitt durch den Kalkberg nach Kuppenauftrag und Errichtung des Hangars

- 8.6 Schnitt A-A
- 8.7 Schnitt B-B
- 8.8 Schnitt C-C
- 8.9 Schnitt D-D
- 8.10 Schnitt E-E
- 8.11 Schnitt F-F
- 8.12 Schnitt G-G
- 8.13 Schnitt H-H
- 8.14 Schnitt I-I (unterhalb der Zufahrtsstraße)
- 8.15 Schnitt I-I (oberhalb der Zufahrtsstraße)
- 8.16 Schnellstmöglich zu sanierende Bereiche

9 Darstellung der drei Inklinometer

10 Inklinometermessungen

11 Anlagengruppe - Bodenkennwerte

- 11.1 Ermittlung der Bodenkennwerte für die Bohrungen 1 und 2
- 11.2 Laboruntersuchungen der Lösbarkeit des Kalks

12 Anlagengruppe – Auszüge aus der DIN 4020

13 Anlagengruppe – Standsicherheit der Böschungen nach Gleitkreisverfahren

- 13.1 Profil A
- 13.2 Profil B

- 13.3 Profil C
- 13.4 Profil D
- 13.5 Profil E
- 13.6 Profil F
- 13.7 Profil G
- 13.8 Profil H
- 13.9 Profil I – Abschnitt 1
- 13.10 Profil I – Abschnitt 2

1. Vorgeschichte

1.1 Allgemeines zum Objekt

Der Kalkberg ist eine künstliche Erhebung in einer Innenstadt – Randlage – der Stadt Köln im Stadtteil Buchforst an der Grenze zu Kalk im Dreieck von Stadtautobahn und Bahnanlagen gelegen (vgl. hierzu Bildteil B Bilder 1 (Ausschnitt aus google-earth) und 2 (Luftaufnahme von der Feuerwehr Köln zur Verfügung gestellt).

Gemäß Wikipedia entstand die Erhebung durch die Aufschüttung von Abfällen der nahe gelegenen, ehemaligen chemischen Fabrik Kalk in einer Hochdeponie.

Die Auffüllung mit Produktionsrückständen soll Anfang der 70er Jahre eingestellt worden sein.

Zur Nutzung des relativ großen und zentral gelegenen Berges entwickelte die Stadt Köln zwei parallele Nutzungen: einmal als öffentliche Grünfläche mit Panorama-Aussicht und einmal als Rettungshubschrauberstation.

Im Dezember 2011 hat der Rat der Stadt Köln mehrheitlich beschlossen auf dem Kalkberg eine Rettungshubschrauberstation zu errichten. Mit den Bauarbeiten wurde Ende des Jahres 2013 begonnen.

Zur Erleichterung einer Orientierung befinden sich in der Anlage 1 Lagepläne des Kalkbergs und des „im Bau befindlichen Hangars“ (Anlage 1.1 Flurkarte mit Kennzeichnung der verschiedenen Grundstücke, ihrer Größen und Grenzen; Anlage 1.2 Lageplan des Kalkbergs mit Eintragung der Zufahrtsstraße und des im Bau befindlichen Hangars (inklusive der Höhenlinien Stand Januar 2016).

1.2 Beteiligte Firmen bzw. Personen

Bauherr:	Berufsfeuerwehr Köln Amt für Feuerschutz, Rettungsdienst und Bevölkerungsschutz, Köln
Projektmanagement:	Gebäudewirtschaft der Stadt Köln, Köln
Architekten:	OX2 Architekten, Aachen / ARGE OX2 Architekten GmbH/Borgmann Architekten und Ingenieure GmbH
Bauleitung:	Architekten & Ingenieure, Aachen
Tragwerksplanung:	Spießbach, Gerhards, Berg, Köln
Prüfstatik:	Pirlet & Partner, Köln
Bodengutachter:	GEO CONSULT, Overrath
Tief- und Straßenbau- planung:	Düplan, Zülpich
Freiflächenplanung:	Lill & Sparla, Köln
Tief- und Straßenbau:	Dr. Fink-Stauff GmbH & Co. KG, Much
Rohbauarbeiten:	Wilhelm Pretzer GmbH & Co. KG, Koblenz
Vermessungen:	Kühnhausen-Dübbert-Semler öffentlich bestellte Vermessungsingenieure, Köln
Fassadenarbeiten	Firma Butzbach, Illertissen
Prüfstatiker für die Standsicher- heit der Halde:	Dipl.-Ing. Olaf Trautner, Duisburg [ab Mai 2016]

1.3 Gerügte Schäden bzw. Mängel

Im April 2015 – als die Rohbauarbeiten ebenso wie Erdschüttungen auf der Rückseite des Hangars abgeschlossen waren – wurde bei Nachmessungen der mit der Ausführung der Fassaden und der Hangar-Tore beauftragten Firma Butzbach festgestellt, dass sich der Hangar selbst in der hinteren nordöstlichen Ecke um über 10 cm abgesenkt hatte.

1.4 Aufgabenstellung

Mit Schreiben der Kapellmann Rechtsanwälte vom 30.06.2015 wurde das INSTITUT im Namen der Berufsfeuerwehr Köln – Amt für Feuerschutz, Rettungsdienst und Bevölkerungsschutz – beauftragt im Rahmen eines schriftlichen Gutachtens zu folgenden Fragen Stellung zu nehmen:

1. Inwieweit hat das Hangar- und Aufenthaltsgebäude der Hubschrauberbetriebsstation Köln – Kalkberg seine ursprüngliche Lage insbesondere durch Absenkungen verändert?
2. Weist das Hangar- und Aufenthaltsgebäude Schäden (z. B. Risse in Wänden / Bodenplatte) auf, die auf die Lageveränderung zurückzuführen sind?
3. Was sind die Ursachen der Lageveränderung und der festgestellten Schäden?
4. Welche Sofortmaßnahmen sind zur Vermeidung weiterer Schäden / Veränderungen unter Berücksichtigung der von den Beteiligten bereits eingebrachten Vorschläge notwendig und geeignet?
5. Welche Folgen für die Beweissituation hätten diese Sofortmaßnahmen?
6. Wie sind die Ursachen der Lageveränderung und die festgestellten Schäden zu beseitigen und welche Kosten entstehen hierbei?
7. In welchem Umfang ergeben sich aus den Maßnahmen der Fragen 4 und 6 Bauzeitverzögerungen?

Da sich im Zuge der Bearbeitung zeigte, dass Verformungen nicht nur im Bereich des Hangargebäudes sondern auf der gesamten Halde festzustellen waren, wurden wir mit Schreiben der Rechtsanwälte Kapellmann & Partner vom 08. Oktober 2015 gebeten, auch zu folgender Frage Stellung zu nehmen:

8. Entspricht der Kalkberg in statischer Hinsicht – insbesondere unter Berücksichtigung der Bodenkennwerte und ausgeführten Böschungsneigungen – den anerkannten Regeln der Technik? Worauf sind eventuelle Abweichungen zwischen den anerkannten Regeln der Technik zurückzuführen?
9. Welchen Einfluss hat der Straßenbau auf die Haldenstatik und wie wurde die Standsicherheit der Halde in der Straßenplanung berücksichtigt?

1.5 Untersuchungsmaterial/Überlassene Unterlagen/Zwischenberichte

- Gutachten Umwelt- und Baugrund Consult v. 14.11.2005
- Gutachten GEO CONSULT Gr/B 3500313 v. 07.04.2013
- Regelmäßige Setzungsmessungen durch das Büro Kühnhausen-Dübbert-Semler – beginnend mit dem 22.04.2015

Um die Beteiligten über den Stand der Untersuchungen und Erhebungen zu unterrichten, wurden seitens des INSTITUTS die folgenden Zwischenberichte erstellt:

- 1. Zwischenbericht vom 28.09.2015
- 2. Zwischenbericht vom 27.11.2015
- 3. Zwischenbericht vom 12.02.2016
- Ergänzung zum 3. Zwischenbericht vom 02. März 2016
- Weitere Ergänzung unseres 3. Zwischenberichts vom 16. März 2016

- Beurteilung der Haldenstabilität,
Vorschlag von richtungsweisenden
Sanierungsmaßnahmen,
Kostenschätzung d. Sofortmaßnahmen:

Prof. Dr. L. Benner
(Kooperationspartner
WBG GmbH)

2.1 Übersicht über die durchgeführten Termine (Ortsbesichtigungen, Teilnahme an Erläuterungs- und Besprechungsterminen)

Die von Mitarbeitern des INSTITUTS durchgeführten Ortsbesichtigungen, Teilnahmen an Besprechungs- und/oder Erläuterungsterminen wurden in der Anlage 0.1 aufgeführt.

2.2 Besprechung zu Beginn der Gutachterlichen Tätigkeit in den Räumen der Feuerwache 10 am 01. Juli 2015

Anlässlich dieses Termins, an dem die in der Anlage 0.2 aufgeführten Personen teilnahmen wurde den Beteiligten die Aufgabenstellung des INSTITUTS vorgestellt und die Anwesenden sodann um Anmerkungen und/oder Erläuterungen zu den verschiedenen Themenkomplexen bezüglich ihrer Aufgabenstellung, der Historie, etc. gebeten.

Die wesentlichsten Ergebnisse dieser Besprechung ließen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Vor Beginn der Ausführung hat das Büro GEO CONSULT das Gutachten Gr/B 3500313 mit Datum vom 07.04.2013 erstellt. Die wesentlichsten Ergebnisse hieraus wurden wie folgt zusammengefasst:

- Der Baugrund ist ausreichend tragfähig.
- Aufgrund der heterogenen Zusammensetzung des Baugrundes wurden in dem Gutachten Maßnahmen zur Verbesserung der Tragfähigkeit empfohlen.
- Außerdem wurden Vorschläge zur Reduzierung von Setzungsdifferenzen gemacht.

Hierzu wurde betont, dass die seitens GEO CONSULT seinerzeit durchgeführten Untersuchungen 6-8 m tief gereicht hätten und Erkenntnisse bis zu einer Tiefe von ca. 10 m bestanden hätten, da entsprechende Vor-Gutachten vorgelegen hätten (Stellungnahme Umwelt- und Baugrund Consult vom 14.11.2005)

2. Seitens GEO CONSULT wurde des Weiteren betont, dass sich im Zuge der Planung und Ausführung folgende Punkte verändert hätten:

- Lage der Zufahrtsstraße (einschl. Kanaltrasse, Böschungsabtrag, etc.)
- Zusätzlicher Einbau von abgetragenem Material auf der Kuppe

3. Zur Veranschaulichung wurde in diesem Zusammenhang erläutert, dass die Kuppe des Kalkbergs zu Beginn der Bauarbeiten ca. „ein halbes Fußballfeld groß“ und relativ flach ausgebildet gewesen sein soll.

[Anmerkung: Dies wird auch durch einen Plan unterstützt, der uns bei unseren Recherchen aufgefallen ist und der die Höhenlinien mit dem Stand aus dem Jahr 2010 wiedergibt (s. Anlage 1.3). In diesem Plan wurde die Höhenlinie +75,0 m hervorgehoben und dunkel angelegt, da sie etwa den Bereich kennzeichnet, der in der Höhe des derzeitigen Hangarvorplatzes liegt (+74,5 m).

Die höchste Stelle des Kalkbergs lag nach diesem Plan in einer Höhe von +79,3 m, und zwar direkt hinter dem – derzeit noch nicht gebauten - Hangargebäude].

4. Zum statischen System wurde vom Büro Spießbach, Gerhards, Berg erläutert, dass eine Stahlbetonkonstruktion gewählt wurde, wobei die Dachdecke im Hangar selbst auf Stahlträgern aufgelegt wurde. Die Gründung wurde hier mittels einer Plattengründung mit Plattendicken von 45 cm im Bereich des Hangars und 35 cm im Bereich des Betriebsgebäudes realisiert.

Ergänzend wurde im Zusammenhang mit der Gründung mitgeteilt, dass ein rückseitiger Sporn (Auskragung der Bodenplatte) in der Planung zunächst nicht vorgesehen war, jedoch später geplant und ausgeführt wurde.

In den statischen Berechnungen sei dieser – insbesondere auch unter Würdigung der später aufzubringenden Erdauflasten – berücksichtigt worden.

5. Vor Beginn der Bau-Ausführung soll im Gründungsbereich der jetzigen Halle und des Verwaltungstrakts im Bereich der Kuppe eine etwa 1-1,50 m dicke Schicht Haldenmaterial abgetragen worden sein.
6. Vor Beginn der Rohbauarbeiten soll die Firma Dr. Fink-Stauff ein Planum erstellt haben, welches bezüglich der Tragfestigkeit überprüft und sodann an die Rohbaufirma, die Firma Wilhelm Pretzer, übergeben worden sein soll.

Diese habe dann eine zweite Schotterschicht durch einen Nachunternehmer aufbringen lassen. Nach Durchführung von Lastplattendruckversuchen auf beiden Schichten und entsprechend zufriedenstellenden Ergebnissen sollen die Bauarbeiten dann begonnen und fortgeführt worden sein.

7. Ende 2014 habe die Firma Butzbach – zur Vorbereitung der Arbeiten an der Fassade – dann Messungen vor Ort durchgeführt.

8. In der Folgezeit seien dann die Rohbauarbeiten abgeschlossen, mit den Innenausbauarbeiten begonnen und „hinter“ dem Hangar in dem Zeitraum zwischen Januar und April 2015 erhebliche Erdauffüllungen vorgenommen worden sein. Diese seien höher ausgeführt geworden als ursprünglich geplant.

Die Verdichtungsarbeiten dieses aufgefüllten Materials seien Anfang bis Mitte April 2015 vollständig abgeschlossen gewesen.

9. In diesem Zusammenhang wurde seitens der Fachingenieure und Architekten auch betont, dass sich in dem unmittelbaren Bereich des Gebäudes die Gegebenheiten bezüglich der Belastung nicht wesentlich von den Planungsvoraussetzungen unterscheiden würden. In weiter entfernt liegenden Bereichen (der neuen Haldenkuppe) sollen jedoch teilweise deutlich größere Lasten durch Erdaufschüttungen aufgebracht worden sein.

10. Zur Vorbereitung der Arbeiten an der Fassade des Hangars seien – wie erwähnt – Ende 2014 Messungen vor Ort durchgeführt worden. Nach Fertigung der Fassadenelemente sollen dann im April 2015 entsprechende Kontrollmessungen stattgefunden haben. Diese hätten gezeigt, dass sich auffällige Setzungen eingestellt hätten.

11. Zur Überprüfung derselben wurde dann das Vermessungsbüro Kühnhausen-Dübbert-Semler eingeschaltet. Diese haben dann am 22. April 2015 am Fußpunkt des Kalkbergs beginnend – sodann auf der Kuppe verteilt – Nivellements durchgeführt und insgesamt vier Höhenfestpunkte angelegt (Bezugssystem NN).

[Anmerkung: Die Lage dieser – und der später ergänzend festgelegten – Höhenfestpunkte ist den Anlagen 2.1 (Kalkberg) und 2.2 (Hangar) zu entnehmen.]

Anhand der „Null“-Messung wurde dann im Vergleich zu den Sollhöhen festgestellt, dass Absenkungen vorlagen. Eine Woche später, d. h. am 29. April 2015 wurde dann beispielsweise der Punkt F0 angelegt, der eine Absenkung von der Sollhöhe um 9,5 cm aufgewiesen habe. Schon bei den ersten Nivellements habe sich ergeben, dass das Gebäude eine auffällige Schiefstellung aufwies) vgl. hierzu die Messprotokolle von Kühnhausen-Dübbert-Semler vom 22. bzw. 29. April 2015) und dies nicht nur in der Bodenplatte, sondern auch in der Einfahrtswand (in die zwei ca. 15 m große Tore eingebaut werden sollen).

12. Zur Schadenshistorie wurde weiter erläutert, dass Nivellements der Bodenplatte selbst sowohl im September 2014 wie aber auch im Januar 2015 durchgeführt worden seien. Hierbei seien nennenswerte Toleranzen und/oder Schiefstellungen – bezogen auf den seinerzeit genutzten Höhenfestpunkt auf der Halde - nicht festgestellt worden. Zu diesem Zeitpunkt war der Rohbau fertiggestellt, Anschüttungen aber noch nicht vorgenommen worden.
13. Unstreitig war zwischen den Parteien auch, dass – obwohl die Bauhöhen „vom seinerzeit als Höhenpunkt genutzten Kanaldeckel aus“ angelegt worden seien – sich hieraus nennenswerte Abweichungen nicht ergeben hätten, da alle Punkte in der Messpunktreihe 4 auch noch zum Zeitpunkt der o. e. Besprechung keine nennenswerten Abweichungen von der Sollhöhe aufgewiesen hätten.
14. Beim Vergleich der am 29. Juni 2015 durchgeführten Höhenmessungen mit den ca. zwei Monate zurückliegenden „Null“-Messungen (22. bzw. 29.04.2015) zeigen sich weitere Differenzen von bis zu 2 cm. Die Gesamtsetzung wurde seitens der Statiker und der Vermessung als nicht besorgniserregend bezeichnet. Als wesentliches Ergebnis des neuen Nivellements war herauszustellen, dass die gemessenen Setzungen relativ gleichmäßig erfolgten, gleichzeitig sich aber die Schiefstellung des Hangars nicht nennenswert weiter verändert hätte.

15. Als - nach April 2015 – die tragende Konstruktion des Gebäudes näher betrachtet wurde, zeigten sich zum einen diagonal verlaufende Risse im Bereich der Stchwände der Lagerschiene wie aber auch Horizontalrisse in der rückwärtigen Wand des Hangars (über der Galerie horizontal verlaufend in einer Höhe von ca. 1,60-2 m).

Zur Überprüfung dieser Risse wurden in der Folgezeit Gipssiegel angesetzt (die ersten Ende April bzw. Anfang Mai 2015). Einige dieser Gipssiegel sollen dann neuerlich gerissen sein. Art und Umfang der Risse sollen in einer gemeinsamen Begehung mit Herrn Berg (Tragwerksplanung) als unbedenklich bezeichnet worden sein, da die Rissklaffung relativ gering war (Haarrisse). Risse in der Bodenplatte wurden – trotz Überprüfung derselben – Ende April / Anfang Mai 2015 nicht festgestellt, sie seien erstmalig Ende Mai 2015 festgehalten und mit Gipsmarken versehen worden.

16. Auf der Grundlage der Ergebnisse des Vermessungsbüros habe die Firma GEO CONSULT dann Mitte bis Ende Mai 2015 zwei Sanierungsmöglichkeiten aufgezeigt. Bei der Variante 2 sollten dabei - wie in der Anlage 3 dargestellt – hinter der hinteren südöstlichen Ecke in einem Abstand von 8 m die Gebäudeauffüllung um 5,5 m abgetragen werden. Im Übergangsbereich zu der verbleibenden Fläche sollte eine Böschung hergestellt werden (vgl. ebenfalls Anlage 3.). Diese Sanierungsvariante wurde auch seitens des Statikers (Herrn Berg) unterstützt, da sie die hintere – im Moment am stärksten von den Setzungen betroffene – Ecke entlasten würde.

Ergänzend wies GEO CONSULT in diesem Zusammenhang darauf hin, dass der Gebäudekomplex nach dieser Entlastung weiter zu beobachten sei.

17. Seitens der Firma Fink-Stauff wurde anlässlich des Termins noch auf folgendes hingewiesen:

- Auf der Kuppe soll deutlich mehr Material aufgefüllt worden sein als ursprünglich geplant und zwar 9.000 m³ gemäß Leistungsverzeichnis zuzüglich Überschreitung um ca. 50% (sowie außerdem noch ca. 7-8.000 m³ Kies).
- Die erste Anschüttung, die größtenteils aus dem Straßen- und Kanalbau angefallen sei, soll nach Abschluss durch eine Folie abgedeckt worden sein, so dass die Wasserführung in diesem Bereich der Kuppe deutlich verändert worden sei (Ableitung des Wassers zur Seite, keine Versickerung mehr nach unten).
- Der Arbeitsraum zwischen dem Hügel und der rückwärtigen Hangarfront soll ebenfalls mit einer Folie ausgekleidet worden sein. Hier soll dann eine Drainage eingebaut worden sein. Daher soll auch der unmittelbar darunterliegende Bereich nicht mehr durchfeuchtet worden sein.
- Da der Hangar und der Vorplatz selbst auch eine Versiegelung der Oberfläche darstellen würden und die Kuppe ursprünglich durch eine 50 cm dicke Lehmschicht abgedeckt gewesen sei, würde seitens GEO CONSULT davon ausgegangen werden, dass sich die Wasserverhältnisse im Kalkberg selbst nicht nennenswert verändert hätten.

2.3 Besprechung in den Räumen der Firma Dr. Fink-Stauff, die den Erdbau ausgeführt hat

Nach vorheriger Terminabsprache führte unser Herr Dr.-Ing. R. Scherbeck am 26.08.2015 eine Einsichtnahme in Unterlagen der Firma Dr. Fink-Stauff GmbH in deren Büroräumen durch. Hierbei wurden uns aus einer ausführlichen Fotodokumentati-

on einige ausgewählte Fotos überlassen. Diese haben wir im Bildteil A dieses Gutachtens zusammengestellt.

Die hierbei gewonnenen Erkenntnisse haben wir in unsere weiteren Ausführungen einfließen lassen.

3. Örtliche Feststellungen

3.1 Schäden im Hangar

3.1.1 Risse

Anlässlich der ersten vom Links-Unterzeichner (links) durchgeführten Ortsbesichtigung (vgl. hierzu Bildteil B die Bilder 2-6) zeigten sich im Hangar selbst - unter Würdigung der zu diesem Zeitpunkt bereits erheblichen Setzungen (10 bis 11 cm in der hinteren Ecke) - nur vergleichsweise geringe Schäden.

Beispielhaft sei hier folgendes erwähnt:

- Risse in der Bodenplatte

Wie beispielhaft auf den Bildern 7 + 8 (Bildteil B) zu ersehen wurde im Bereich eines in der nordöstlichen Ecke der Bodenplatte diagonal verlaufenden Haarrisses eine Gipsmarke am 03.06.2015 gesetzt. Diese Rissmarke war nicht neuerlich aufgebrochen. Die in diesem Bereich festgestellte Rissklaffung lag etwa in der Größenordnung von 0,2 mm, also in der Breite eines „normalen“ Haarrisses.

Im Bereich eines weiteren relativ feinen Risses in der Bodenplatte (vgl. Bild 9 – Bildteil B) zeigte sich, dass – bei etwa gleicher Rissklaffung - das Gipssiegel „wieder aufgebrochen“ war.

Eine etwas deutlichere Rissklaffung war in einer aussteifenden Wand im Erdgeschoss (vgl. Bild 10 – Bildteil B) festzustellen. Hier lag die Rissklaffung bei ca. 0,4 mm, also geringfügig oberhalb der Größe eines Haarrisses.

Im Bereich der Galerie des Hangars (vgl. Bild 11 – Bildteil B) – zeigte sich in der Achse 0 ein horizontal verlaufender Riss in der Stahlbetonrückwand (vgl. Bild 12). Die Klaffung dieses Risses lag ebenfalls in der Größenordnung von 0,2 mm.

Im Gebäudekomplex waren einige weitere Haarrisse festzustellen, die im Bildteil B bspw. mit den Bildern 13 (Haarriss mit Gipssiegel nicht wieder aufgerissen – Datum des Siegels 21.04.2015) und 14 (Gipssiegel nicht gerissen - Datum des Gipssiegels 26.05.2015) sowie 15 (Gipssiegel nicht gerissen - Datum des Gipssiegels 26.05.2015) dargestellt werden.

Zu diesen Rissen war herauszustellen, dass sie von einer Stahlbetonkonstruktion problem- und schadlos aufgenommen werden können. Diesbezüglich bestand **kein akuter Handlungsbedarf**.

Zur Verdeutlichung sei in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen, dass in der Baupraxis allgemein Risse $\leq 0,2$ mm nicht als Mangel angesehen werden.

3.1.2 Setzungen und/oder Schiefstellungen

Im Nachgang zu den ersten vom Links-Unterzeichner durchgeführten Ortstermin wurden uns die „ersten“ Ergebnisse der Höhen und Setzungsmessungen des Büros Kühnhausen-Dübbert-Semler übermittelt.

Hieraus ergab sich folgendes:

- a. Der an der Gebäuderückseite befindliche Messpunkt F 0 hatte sich gegenüber seiner Soll-Lage – bezogen auf den Höhenfestpunkt auf dem Hangarvorplatz - um 111 mm abgesenkt.
- b. In der Achse 4 hatten sich gleichmäßige Setzungen in der Größenordnung von bis zu 15mm eingestellt.
- c. Aus dem Vorgesagten ergab sich somit eine Schiefstellung der Bodenplatte des Hangars von ca. 100 mm bei einer Messstrecke von ca. 25 m. Dies entspricht einem Wert von 0,4 %.
- d. In dem neben dem Hangar liegenden Betriebsgebäude konnten lediglich Setzungen im niedrigen Zentimeter-Bereich festgestellt werden. Schiefstellungen und/oder aus den Setzungen resultierende Risse waren nicht zu konstatieren.

3.2 Sichtung der uns überlassenen Unterlagen

3.2.1 Gutachten GEO CONSULT (2013) sowie Gutachten Umwelt- und Baugrund Consult

Nach den ersten von Mitarbeitern des INSTITUTS durchgeführten Ortsbesichtigungen wurde uns unmittelbar auch das von GEO CONSULT mit Datum vom 07.04.2013 erstellte Gutachten Nr. Gr/B 3500313 übermittelt.

Hierin wird unter „Schlussbemerkungen“ folgendes ausgeführt:

„Dieses Baugrundgutachten wurde auf der Grundlage der zum Erstellungszeitpunkt bekannten Planunterlagen ausgearbeitet. Wir bitten um Benachrichtigung, sofern im Zuge der fortschreitenden Bauplanungen Abweichungen von den Annahmen dieses Gutachtens festgestellt werden.“

Wir weisen darauf hin, dass die nach den geltenden technischen Richtlinien der DIN 4020 und der DIN EN 1997-2 geforderten Erkundungstiefen mit dem angewandten Aufschlussverfahren nicht erreicht werden konnten.

*Die erbohrten Auffüllungen stehen noch bis mindestens in eine Tiefe von 50 m NHN an, daher erscheint eine weitergehende Untersuchung **aus geotechnischer Sicht nicht erforderlich.***

*Die unter den Auffüllungen anstehenden Terrassenablagerungen sind aufgrund örtlicher Erfahrungswerte und geologischer Karten **hinreichend bekannt und lassen keine negativen Einflüsse auf die geplante Baukonstruktion erwarten.***

Wir empfehlen die endgültigen Planunterlagen zur geotechnischen Überprüfung vorzulegen. Unser Büro ist bei der Bauausführung zur Überprüfung der Baugrundverhältnisse und zur Abnahme der Gründungsebene hinzuzuziehen.“

Bei unseren Recherchen wurde uns des Weiteren ein mit Datum vom 14.11.2005 für die Firma GSE Grundstücksentwicklungsgesellschaft mbH & Co. KG, Köln vom Büro Umwelt- und Baugrund Consult erstelltes Gutachten übersandt.

In diesem wird unter „Punkt 1 Vorbemerkung“ folgendes ausgeführt:

„Unser Büro wurde durch die Grundstücksentwicklungsgesellschaft mbH & Co. KG.....beauftragt, eine Baugrunduntersuchung und Gründungsberatung für den geplanten Hubschrauberlandeplatz Kalkberg in Köln-Kalk vorzunehmen.“

In der Anlage 2 dieses Gutachtens, die wir unserem Gutachten als Anlage 1.4 beige-fügt haben, befanden sich der Landeplatz, Parkplatz 1 und Parkplatz 2 der Hubschrauber wie aber auch der Hangar selbst praktisch an den gleichen Stellen, die in den Jahren 2014, 2015 auch realisiert wurden.

In dem Gutachten selbst wird unter „Punkt 8 Gründungsempfehlung“ folgendes ausgeführt:

„Nach Ausführung von vorlaufenden dynamischen Verdichtungen und Einbau eines Im starken Bodenpolsters ergeben sich aus überschlägigen Setzungsberechnungen maximale Setzungen von bis zu 2 cm. Setzungsdifferenzen in einer Größenordnung von 1 cm, wobei nach Abschluss der Rohbauphase die gesamten Setzungen bereits zu 75% abgeklungen sein werden.“

Auch nach diesen Planvorgaben sollte der Vorplatz des Hangars in einer Höhe von 74,5 m über NN liegen.

3.2.2 Lastgeschichte – Entwicklung der Baustelle (s. auch Bilder im Bildteil A)

Nach unseren Recherchen wurde mit den Baumaßnahmen zur Errichtung einer Rettungshubschrauberstation auf dem Kalkberg Mitte September 2013 begonnen, indem zunächst das gesamte Baufeld auf dem Haldenkörper von seinem Bewuchs befreit worden sein soll. Anschließend soll die rund 0,5 bis 0,6 m mächtige Deckschicht (separiert in REKU-Boden- und Decklehm des Haldenkörpers entfernt und auf dem Haldenplateau zwischengelagert worden sein.

Ab Mitte Oktober 2013 soll die Zufahrtsstraße vom Haldenfuß an der Ostseite herkommend hergestellt worden sein. Der bei diesen Arbeiten anfallende Deponataushub soll auf dem Haldenplateau zwischengelagert bzw. zur seitlichen Anschüttung (z. B. im Bereich des Landeplatzes) genutzt worden sein.

Während der Aushubarbeiten soll in der nordöstlichen Ecke des Areals eine relevante Abweichung der Geländegeometrie angetroffen worden sein, die eine planerische Verlegung der weiteren Zufahrtsstraße (entlang der Nordostböschung) nach Süden erforderte. Die Zufahrtsstraße sei also in Richtung aufgehende Böschung verschoben worden.

Mit dieser planerischen Veränderung soll die Generierung von zusätzlichen Aushubmengen an Deponat verbunden gewesen sein. Die Aushubmassen wurden nunmehr bevorzugt auf dem Haldenhöchsten im Bereich östlich des Hangars aufgebracht.

Anfang November 2013 sei festgestellt worden, dass die Beschaffenheit des Deponats eine weitere Durchführung der Erdarbeiten – insbesondere der Kanalbauarbeiten (Beginn im Januar 2014) – unter erhöhtem Arbeitsschutz erforderlich machen würde.

Die Haldenoberfläche im Bereich des Hangars sei bereits mit Beginn der Erdarbeiten im Oktober 2013 profiliert und es sollen Aushübe im Bereich des Hangargebäudes von mehreren Metern vorgenommen worden sein.

Auf dem Haldenplateau sei eine Fahr- und Verschleißschicht auf einem Niveau von ca. +74 m NN bis +75 m NN errichtet und die erforderlichen Anfüllarbeiten im Böschungsbereich des Landplatzes vorgenommen worden sein.

Lokal seien auch zwischengelagerte Bodenmassen aus der ehemaligen Haldendeckenschicht umgelagert worden.

Parallel sei im Januar 2014 mit der Herrichtung der endgültigen Haldenböschungen an der Ostseite begonnen (Einbau Lehmdeckschicht) worden.

Ende April 2014 sollen die Anschüttungen hinter dem Hangargebäude ein Höhengiveau von geschätzt +81 mm NN bis +82 mm NN erreicht haben.

Im Mai 2014 sei mit den Bauarbeiten im Bereich der Zufahrtsstraße begonnen worden. Die ursprünglich weiter außenliegende Straßentrasse sei im Zuge einer Trassenumplanung näher an die Böschungen geschoben worden, so dass die bestehenden Böschungen dann teilweise durch die neue Trasse angeschnitten worden seien. Zu diesem Zeitpunkt soll die Baugrube des Hangargebäudes auf ca. +72,5 m NN abgeschoben und zunächst ein zweilagiges Tragschichtpolster durch den Erdbauer aus Basalt-schotter 0/45 aufgebaut worden sein, das bis rund +73,5 m NN reichte.

Später (Mitte Juli 2014) sei durch den Nachunternehmer des Rohbauers dieses Tragschichtpolster noch auf insgesamt ca. 1,5 m Gesamthöhe ergänzt worden (Oberkante Tragschicht bei rund +74,2 m NN).

Ab Juni 2014 soll die endgültige Haldenkontur gestaltet worden sein, wobei wiederum Deponataushub anfiel. Dieses Material soll insbesondere im zentralen Haldenbereich abgelagert worden sein, so dass die hier bereits vorhandenen Aushubmieten weiter angewachsen sein sollen.

Die Höhensituation der Schüttung im Nahbereich des Hangars und des Betriebsgebäudes soll zwischen Juli 2014 und März 2015 nahezu unverändert gewesen sein.

Massenumlagerungen sollen anschließend östlich und südöstlich des Hangars stattgefunden haben. Im Juli und August 2014 soll dieser Teil der Halde mit der komplizierten Abdichtung aus Geo-, -Kunst- und Mineralstoffen überdeckt worden sein.

Die überwiegend 0,45 m dicke Bodenplatte des Hangars (an den Rändern auch 0,35 bis 0,50 m dick) sei am 29.09.2014 gegossen worden und eine einheitliche Oberkante bei +74,65 m NN erreicht haben. Die Bodenplatte des Betriebsgebäudes sei zuvor Ende August 2014 betoniert worden.

Anschließend soll der Rohbau des Hangar – und Bürogebäudes bis Ende 2014 fertiggestellt worden sein. Ab Januar 2015 sei die erdseitige Isolierung und Abdichtung des Hangargebäudes aufgebracht worden. Ebenfalls Anfang Januar 2015 sei die Bauwerkssituation durch den Torlieferanten an der Hangar-Vorderseite messtechnisch erfasst worden.

Ab Anfang März 2015 sei der Bodeneinbau (Sand-Kies-Gemisch) im Arbeitsraum nordöstlich und südöstlich des Hangars mit einer Zielhöhe von ca. +83,0 m NN erfolgt. Dieser Arbeitsraum erstreckt sich horizontal in einem Abstand von ca. 8 m (Niveau Oberkante Bodenplatte) bzw. über 20 m (Niveau +83 m NN) bis zur abgedeckten Auffüllung. Das Bodenmaterial soll lagenweise verdichtet eingebaut worden sein und damit ein geringes Eigensetzungspotential aufweisen. Der Materialeinbau sei Anfang April 2015 abgeschlossen worden.

Eine dann erfolgte Einmessung der Hangaröffnung durch den Torlieferanten Mitte April 2015 soll – wie erwähnt – deutliche Veränderungen mit Schiefstellung der vorderen Stahlstützen gezeigt haben, die im Januar 2015 noch nicht vorhanden gewesen sein soll.

Wie ebenfalls bereits erwähnt sei dann ab Mitte April mit einer systematischen messtechnischen Beobachtung des Bauwerks begonnen worden.

3.3 Zusammenfassung der Ergebnisse der anschließend in regelmäßigen Abständen durchgeführten Setzungsmessungen

Das Büro Kühnhausen-Dübbert-Semler hat – im Auftrag der Feuerwehr – seit dem 22. April 2015 bis heute (in der Regel wöchentlich) Setzungsmessungen durchgeführt. Diese erfolgten in einem gleichmäßigen Raster.

Die Ergebnisse dieser langfristigen Setzungsmessungen haben wir „aufgetragen“ und in der Anlage 4 zusammengestellt. Sie sind wie folgt zu kommentieren:

[Anmerkung: Die detaillierten Ergebnisse der Setzungsmessungen zu den verschiedenen Zeitpunkten haben wir diesem Gutachten wegen der enormen Datenmenge nicht beigelegt. Bei Bedarf können wir diese nachreichen.]

*Anlage 4.1 Setzung der Höhenfestpunkte auf dem Hangar-Vorplatz
(+74,5 m NN)*

(Anmerkung: Diese Messungen erfolgten mit Bezug auf Höhenfestpunkte außerhalb der Halde in Höhe des dort anstehenden gewachsenen Bodens.)

Zunächst ist herauszustellen, dass die Setzungen an den verschiedenen Festpunkten etwa gleichmäßig erfolgten, d. h. der aufgetragene Kurvenverlauf verlief im Wesentlichen „parallel“.

Vom Beginn der Messungen (22.04.2015) bis zum heutigen Messtermin (d. h. grob ein Jahr später) hat die Gesamtsetzung im ungünstigsten Fall etwa 3 cm betragen.

Nach dem Wiederabtrag der nach Rohbaufertigstellung aufgetragenen Haldenkuppe (Beginn 14.12.2015) hat auch im Bereich des Hangar-Vorplatzes eine Entlastung

stattgefunden, die erwartungsgemäß unmittelbar zu leichteren Anhebungen geführt hat (ca. 5 mm).

Anlage 4.2 Höhenfestpunkte auf dem Haldenhochpunkt

Auf dem Haldenhochpunkt haben bis zu Beginn des Abtrags der Haldenkuppe (14.12.2015) Setzungen in der Größenordnung von 3-5 cm stattgefunden, wobei hervorzuheben ist, dass diese Messreihen erst nach Veranlassung durch das INSTITUT im Juli 2015 begannen, d. h. sich insgesamt nur über einen Zeitraum von etwa 5 Monaten erstreckten und somit die sicherlich noch wesentlich größeren Setzungen, welche direkt nach dem Aufbau der Kuppe erfolgt sein sollten, gar nicht erfasst wurden.

Hervorzuheben ist auch, dass der Kurvenverlauf aller Kurven mehr oder weniger „gleichmäßig nach unten ging“.

Nach dem Kuppenabtrag wurden auf der abgetragenen Kuppe die neuen Festpunkte FP 10 und TR 3 angelegt. Die Kurvenverläufe belegen, dass sich die Setzungen deutlich verlangsamt haben und sich – worauf später einzugehen sein wird – in dem zu erwartenden Rahmen lagen und „vergleichmäßig“ haben.

Anlage 4.3 Setzungsverlauf am Messpunkt F 0 in der Bodenplatte des Hangars

In dieser Anlage ist der Setzungsverlauf am ungünstigsten Punkt des Hangars festgehalten. Als wesentlichste Ergebnisse sind festzuhalten:

- Von Beginn der Messungen bis zum Beginn des Kuppenabtrags fand eine nahezu gleichmäßige Senkung in der Größenordnung von 0,21 mm/Tag statt.
- Nach der Entlastung der Haldenkuppe stellte sich unmittelbar eine Hebung von 9 mm ein (deutlicher Sprung nach oben) – bezogen auf den Festpunkt auf dem Hangarvorplatz.

- In der Folgezeit haben sich die Hebungen gleichmäßig fortgesetzt. In einem Zeitraum von etwa 100 Tagen stellte sich eine weitere Hebung von etwa 7 mm ein.

Anlage 4.4 Setzungsverlauf in der Achse 0

In den verschiedenen Punkten in der Achse 0 war ebenfalls ein gleichmäßiger Setzungsverlauf feststellbar (d. h. auch hier verliefen die einzelnen Kurven im Wesentlichen parallel.

Bis zum Kuppenabtrag zeigten sich hier vom Beginn der Messungen im April 2015 nach etwa 240 Tagen Setzungen von ca. 5 cm (Punkt F 0).

Nach Kuppenabtrag waren in allen Bereichen zunächst sprunghafte später sich verlangsamende Anhebungen zu konstatieren.

Anlage 4.5 Setzungsverlauf in der Achse 4

Die im Bereich der Hangartore liegende Achse 4 zeigt an den verschiedenen Messpunkten wiederum einen gleichmäßigen, d. h. parallelen Kurvenverlauf.

Hervorzuheben ist, dass in dieser Achse nennenswerte Setzungen (nach der ursprünglich konstatierten Anfangssetzung) nicht festzustellen waren. Insgesamt zeigten sich an allen Punkten nach dem Kuppenabtrag eher Anhebungen als Setzungen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass durch den in der Zeit von Mitte Dezember 2015 bis Ende Februar 2016 vorgenommenen Wieder-Abtrag der Kuppe sich

- unmittelbar leichte Anhebungen eingestellt haben
- der Setzungsverlauf sich insgesamt „**deutlich verlangsamt**“
und

- stark „vergleichmäßig“ hat.
- Vor allen Dingen ist herauszustellen, dass die Verkippung des Hangargebäudes gestoppt werden konnte.

Nachdrücklich ist zu betonen, dass bei der zusätzlichen Aufschüttung der Kuppe im Jahr 2014/15 Zusatzlasten in der Größenordnung von ca. 50.000 t aufgebracht wurden. Angesichts dieser Größenordnung sind die eigentlichen Bauwerkslasten des Hangargebäudes von ca. 1.000 t eher unerheblich, zumal im Bereich des Hangargebäudes selbst zu Baubeginn zunächst sogar ein Bodenabtrag in ähnlicher Lastgröße erfolgte.

Zusammenfassend ist zu diesem Punkt festzustellen, dass durch den Abtrag des Haldenkopfes das festgestellte progressive Last-Setzungsverhalten wirksam aufgehoben werden konnte, so dass negative Einflüsse aus Haldensetzungen auf die Standsicherheit sowohl des Hangars als auch der Halde im „jetzigen“ Zustand ausgeschlossen werden können.

3.4 Erste Aufschlüsse des tieferen Haldenbereichs (Bohrungen bis zu einer Tiefe von 24m Rammkernsondierungen)

Da – wie weiter oben angesprochen – die Aufschlusstiefen der Gutachten Umwelt- und Baugrund Consult bzw. GEO CONSULT nur bis zu einer Tiefe von 6-8 m reichten und der tiefere Haldenuntergrund bislang nicht erschlossen war, haben wir am 05. und 06. August 2015 die in der nachfolgenden Tabelle aufgeführten Feldarbeiten im Umfeld des Hangar-Neubaues auf dem Kalkberg ausgeführt.

Übersicht Sondierungen vom 05. und 06.08.2015

Sondier- ansatz Nr.	Sondie- rung	Ansatz- höhe [mNN]	Sondier- teufe [m]	Sondier- fußpkt. [mNN]	Lage
1	DPH 1	+75,1	13,1	+62,0	6,6 m von Hangar-Vorderseite 10,3 m von Außenwand Hangar
	DPH 1b	+75,0	24,0	+51,0	6,6 m von Hangar-Vorderseite
	RKS 1b	+75,0	12,0	+63,0	7,2 m von Außenwand Hangar
2	DPH 2	+73,5	11,2	+62,3	21,0 m in Verlängerung der Hangar- Vorderseite (Südecke)
	DPH 2b	+73,4	11,1	+62,3	22,5 m in Verlängerung der Hangar- Vorderseite (Südecke)
3	DPH 3	+71,5	24,0	+47,5	Mitte Parkplatz nördlich des Hangars

Die gewählten Ansatzstellen sind in der Anlage 5.1 skizziert. Die schweren Rammsondierungen DPH wurden im Einklang mit DIN 4094 bzw. DIN EN ISO 22476-2 ausgeführt. Die Kleinrammbohrung RKS 1B wurde nach DIN 4021 ausgeführt.

Die Anlage 5.2 zeigt die Ergebnisse der Rammsondierungen DPH 1b und DPH 3 über eine Teufe von 24 m im Haldenkörper.

In der Anlage 5.3 haben wir die Sondierprofile an den Ansatzstellen DPH 1, 2 und 2b, die nur bis zu einer festen Zwischenschicht in rund 11-13 m geführt werden konnten, wiedergegeben.

Die wesentlichsten Sondierergebnisse der o. e. Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- (1) An allen fünf Sondieransätzen wurde in rund 11 m bis 14 m Tiefe ein hochfestes Sondierhindernis (vermutlich aus Beton und/oder Bauschutt) von rund 0,5 m Dicke angetroffen, welches an den Ansatzstellen 1 und 3 mit großer Mühe (Schlagzahlen $N_{10} > 60$ [-] bzw. 200 [-]) durchörtert werden konnte. Höhenmäßig ist diese Festlage bei etwa +58 m NN (Nordseite der Halde, Ansatzstelle 3) bis +62 m NN (Mitte der Halde, Ansatzstellen 1 und 2) einzuordnen. Diese Deckschicht liegt damit deutlich oberhalb des umgebenden Geländes,

das sich an der Istanbulstrasse bei etwa +47 m NN befindet. Seinerzeit wurde davon ausgegangen, dass es sich hierbei um eine Art fester und großflächiger Abdeckung der Kalkschlammeinlagerung handelt.

- (2) Unterhalb dieser massiven Lage ist eine mehr oder weniger homogene Auffüllung vorhanden, die über rund 10 m Teufe einen Anstieg der Schlagzahlen von etwa $N_{10} = 5$ [-] auf Werte über $N_{10} = 12$ [-] und damit den Übergang von einer lockeren bis mitteldichten hin zu einer mitteldichten bis dichten Lagerung kennzeichnet. Eine Materialprobe aus diesem Teufenbereich konnte aufgrund des im oberen körnigen bauschuttartigen Bereich zufallenden Sondierlochs nicht entnommen werden. Der lineare Anstieg der Sondierwiderstände in diesem Bereich deutete auf den dort möglicherweise eingebrachten Kalkschlamm hin. Dieser läge in einem steifen bis halbsteifen Zustand vor. Inwieweit diese Schicht bereits auskonsolidiert war, konnte anhand der seinerzeitigen Sondiererergebnisse noch nicht abgeleitet werden.
- (3) Oberhalb der massiven Lage zeigen sich unterschiedlich dichte Auffüllungsbereiche mit erheblichen Schwankungen der Schlagzahlen, die einen inhomogenen Aufbau dieser Schichten belegen. Der oberflächennahe Bereich (obere 2 m) ist überwiegend gut verdichtet und weist Werte $N_{10} > 20$ [-] auf. Die Auffüllung besteht hier aus einer sandig-kiesigen Bodenmatrix in erdfeuchtem Zustand. Sie ist hellbraun bzw. braun-grau. Schluffige Beimengen sind untergeordnet vorhanden sowie erhebliche Bauschuttanteile. Kalkschlamm wurde bis 12 m Teufe hier nicht angetroffen. Ein weiterer tieferer Aufschluss wurde durch die nachfallenden Kiese behindert; zudem war die massive Abdecklage in rund 14 m Teufe mit einer RKS nicht zu durchhören.
- (4) Für die weitere Bewertung konnte somit festgehalten werden, dass Kalkschlammeinlagerungen erst unterhalb von rund +60 m NN vorhanden sein dürften.

3.5 Weitere Aufschlüsse des Haldenaufbaues über Tiefenbohrungen mit Entnahme von Materialproben

Im November/Dezember 2015 hat die von uns beauftragte Firma Daldrup auf dem Kalkberg insgesamt vier Tiefenbohrungen bis in eine Tiefe von 35 m unterhalb der Gründungssohle des Hangars heruntergebracht.

Eine Übersicht der an diesen Proben vorgenommenen Untersuchungen haben wir in der Anlage 6.2 beigefügt.

Bei den durchgeführten Tiefenbohrungen ergab sich bezüglich der Schichtenfolge in den unteren hier besonders interessierenden Bereichen nahezu deckungsgleiche Ergebnisse in den zwischen 15 und 35 m eine ca. 20 m (!!) mächtige Kalkschicht angetroffen wurde (vgl. hierzu auch Anlage 6.3).

Dies wird u. a. auch bei der Betrachtung der in der Anlage 6.4 beigefügten Coloraufnahmen deutlich, die von den Bohrungen 1 und 2 gefertigt wurden.

Auffällig war auch, dass die - als Indiz für die Festigkeit von einzelnen Schichten heranzuziehenden - Schlagzahlen äußerst unterschiedlich waren. Besonders ist herauszustellen, dass – wie aus den Anlagen 6.5 zu ersehen – die Schlagzahlen in der Kalkschicht ausgesprochen niedrig waren.

Die entnommenen und sichergestellten Proben wurden anschließend in ein Erdbaulaboratorium überbracht, um die bodenmechanischen Kennwerte zu ermitteln. Dies geschah – aufgrund der Gleichmäßigkeit der zuvor an den verschiedenen Bohrungen gewonnenen Erkenntnisse - nur für die Bohrungen Nr. 1 und 2 (Lage vgl. Anlage 6.1).

Des Weiteren wurde die Bohrung Nr. 1 als **Grundwassermessstelle** ausgebaut sowie die Bohrungen 2, 3 und 4 als **Inklinometermessstellen**, da hierdurch langfristig kleinste Verformungen dreidimensional über die gesamte Haldentiefe gemessen (und beobachtet) werden können.

3.6 Haldengeometrie in der Entwicklung

3.6.1 Haldengeometrie 1999

Wie aus der Anlage 7.1 zu ersehen, besaß der Kalkberg im Jahr 1999 eine nahezu in seiner Längsachse liegende gleichmäßig ansteigende Kuppe von 66,73 auf 70,58 m.

3.6.2 Haldengeometrie 2004

Zwischen 1999 und 2004 wurde die Südflanke saniert. Die Kuppe verblieb prinzipiell in der gleichen Achse, wies nunmehr jedoch eine gleichmäßig von 69,44 auf 79,12 m steigende Kuppe auf (Erhöhung um ca. 3-9 m) – vgl. Anlage 7.2

Herauszustellen ist auch, dass - abgesehen von der sanierten Südflanke - die Böschungen unverändert blieben.

Es ist davon auszugehen, dass das bei der Sanierung der Südflanke angefallene Bodenmaterial im Bereich der Kuppe in entsprechender Form aufgetragen und mit einer Lehmschicht abgedeckt wurde.

3.6.3 Haldengeometrie 2010

Aus dem in der Anlage 7.3 beigefügten Höhenscan ist zu ersehen, dass – verglichen mit dem Jahr 2004 - die Haldengeometrie prinzipiell unverändert blieb.

3.6.4 Haldengeometrie 2015

Wie weiter oben bereits ausgeführt, wurde sowohl bei der Errichtung der Zufahrtsstraße wie aber auch das vor dem Aushub des Hangars gewonnene Material hinter demselben aufgeschüttet.

Hierdurch wurden erhebliche zusätzliche Auflasten (knapp 50.000 t) etwa in der Mitte der Halde aufgebracht - der Haldenhochpunkt dabei um etwa 5 m auf 84,15 m erhöht.

Besonders ist aber hervorzuheben, dass in den - vom Hangar aus gesehen – etwas entfernt liegenden Bereichen deutlich größere Aufschutthöhen, nämlich in der Größenordnung von bis zu 9 m (!), aufgeschüttet wurden.

3.6.5 Haldengeometrie nach Kuppenabtrag

Aufgrund der seitens des INSTITUTS durchgeführten Erhebungen wurde am 10.12.2015 – nach Unterzeichnung eines Dringlichkeitsentscheides durch die Kölner Oberbürgermeiste-

rin – Frau Henriette Reker – damit begonnen, dass die - im Rahmen der weiter oben beschriebenen Bauarbeiten aufgeschüttete - Kuppe (mit der ebenfalls zwischenzeitlich angelegten Aussichtsplattform östlich des Hangars) wieder abzutragen.

Diese Arbeiten waren Ende Februar 2016 abgeschlossen. Die sich im Anschluss an diese erste Sofortmaßnahme ergebende Haldenkontur ist der Anlage 7.5 zu entnehmen.

3.7 Drohnenbefliegung sowie vertiefende – flächendeckende - Aufmaße im Bereich der unteren Böschungen

Da sich bei der Haldenhistorie sowie den Überprüfungen einerseits gezeigt hat, dass die Böschungsneigungen deutlich zu steil und unter Würdigung des Haldenaufbaues auch standsicherheitstechnische Probleme des gesamten Kalkbergs vorliegen könnten, wurde seitens des INSTITUTS auch eine Drohnenbefliegung zur Erstellung eines Höhenscans veranlasst (vgl. hierzu Anlage 7.4).

Da in den unteren Böschungsbereichen – aufgrund von teilweise starkem Bewuchs – die Höhenscans mittels Drohnenbefliegung keinen ausreichenden und belastbaren Aufschluss über die tatsächlichen Böschungsneigungen und Oberflächen gaben, wurden zunächst in einigen Schneisen charakteristische Aufmaße der Böschungsneigungen gefertigt. Die Erkenntnisse derselben sind in die weiter unten zu behandelnden Haldenschnitte eingeflossen.

[Anmerkung: Da sich schon bei ersten rechnerischen Nachweisen der Standsicherheit der Böschung zeigte, dass eine solche „nicht nachweisbar“ war und somit eine Gefährdung sowohl im Bereich der Halde selbst wie aber auch des Umfeldes nicht ausgeschlossen werden konnte, wurden anschließend flächendeckende Aufmaße in den unteren Böschungsbereichen erstellt.]

3.8 Aufbau des Kalkbergs

Aufgrund unserer Recherchen auf der Basis der Gutachten die vor Errichtung des Hangars auf dem Kalkberg gefertigt wurden, der zwischenzeitlich erfolgten Höhenscans und der oben erwähnten Tiefenbohrungen haben wir – unter Würdigung üblicher Erfahrungen bei

der Errichtung von Kalkbecken in unserem Zwischenbericht Nr. 4.422-3 / 2016 u. a. folgendes ausgeführt:

- In dem infrage stehenden Bereich des Kalkbergs lag die ursprüngliche Geländeoberkante etwa bei +44 m NN.
- Zur Ablagerung von Kalkschlamm zum Ende des 19. Jahrhunderts wurde ein ca. 4 m tiefes Becken ausgehoben und das ausgehobene Material (Terrassenkies) unverdichtet zu einem das Becken umschließenden Damm aufgeschüttet.
- Hiernach lag die Beckensohle geringfügig über den wesentlichen Grundwasserständen, die bei etwa 39,0 m NN lagen.

(Anmerkung: Selbst wenn in der Folgezeit vereinzelt höhere Grundwasserstände aufgetreten sind (- als 200-jähriges Bemessungshochwasser wird ein Wert von 42,50 m NN genannt -) ist davon auszugehen, dass seinerzeit die Beckenunterkante bewusst über den damals bekannten Grundwasserstand angelegt wurde. Auch heute ist festzustellen, dass selbst solche nur zeitweise kurzzeitig auftretenden Erhöhungen des Grundwasserpegels – die Gesamtsituation und damit die nachfolgenden Beurteilungen nicht verändern.)

Die Krone des ursprünglich das Becken umgebenden Dammes lag bei +56 m NN. Die Oberkante der Kalkschicht liegt derzeit bei +60 m NN, so dass davon auszugehen ist, dass der ursprüngliche (im Folgenden Pionierdamm genannte) Damm durch sog. „Aufsatzdämme“ in der Form erhöht wurde, dass von der Krone des Pionierdammes aus festes Material auf den Kalkschlamm geschüttet wurde, so dass sich die Größe der einsehbaren Kalkfläche hierdurch jeweils verringerte. Unter Würdigung des Umstandes, dass derartige Dammkronen in der Regel ca. 3 m über dem eingefüllten Kalkschlamm liegen, wurde in der Anlage 8.2 ein schematischer Schnitt erstellt, der in erster Linie die Schichtenfolgen wiedergeben und veranschaulichen soll.

- Der Kalkschlamm wurde in der Folgezeit – wie weiter oben beschrieben – durch eine insgesamt ca. 15 m dicke Abdeckschicht abgedeckt, so dass vor Beginn der Bauarbeiten am Hangergebäude selbst von dem in der vorbeschriebenen Anlage schematisch dargestellten Haldenaufbau auszugehen ist.

Unter Berücksichtigung des Höhenscans des Kalkbergs haben wir auf der Basis der gewonnenen Erkenntnisse in der Anlage 8.3 zum einen die Höhenlinie gekennzeichnet die in der Höhe des Fußes des Pionierdammes liegt (Farbton ocker/beige). Mit der ersten „blauen“ Linie wurde dann in einer Höhe von +56 m NN die Linie durchgezogen, die sich in der Höhe der Dammkrone des Pionierdammes befindet.

Die nächste „blaue“ Höhenlinie (+63 m NN) liegt in der Höhe der Krone des obersten Aufsatzdammes.

Die etwas dickere grüne Linie kennzeichnet die Höhenlinie des Plateaus auf dem Kalkberg (nachdem die zusätzlich im Zuge der Errichtung des Hangars aufgebrachte Kuppe) mit einem Gewicht ca. 50.000 t bereits abgetragen wurde (bis Ende Februar 2016).

Die durch die Höhenlinie vorgegebene Größe und Lage des Kalkbeckens entspricht ungefähr den historischen Luftbildaufnahmen aus der Mitte des letzten Jahrhunderts, also vor 60-70 Jahren (vgl. Anlage 8.4).

Der im Zuge der Errichtung des Hangars erfolgte zusätzliche Kuppenauftrag hat einerseits zu erheblichen Verformungen im gesamten Haldenbereich und andererseits zu einer Verkippung des Hangars geführt. Dies haben wir in der Anlage 8.5 schematisch dargestellt.

Nach zeichnerischer Auswertung der Höhenscans in den Schnitten A – I (vgl. hierzu die Anlagen 8.1 und 8.6 bis 8.15) zeigte sich, dass teilweise ausgesprochen steile Böschungsneigungen vorlagen, die weit über dem zulässigen Böschungswinkel des „verbauten“ Materials lagen.

Böschungsverformungen waren teilweise schon „mit bloßem Auge“ wahrnehmbar und zwar in der Form, dass in einzelnen Böschungsabschnitten ein Ausbeulen „nach

oben“ feststellbar war, während in den jeweils darüber liegenden Abschnitten die Böschung in gleichem Maße „eingefallen“ war (s. schematische Darstellung in der Anlage 8.5).

Lage und Aufbau der Aufsatzdämme – hier vor allen Dingen das mit Kalk durchsetzte Aufschüttmaterial – sind dokumentiert durch alte Rammkernsondierungen und Baustellen-Dokumentationen wie von uns durchgeführten Aufschlussbohrungen (vgl. beispielhaft die Bilder 16-18 im Bildteil B).

Des Weiteren wurden an Pfahlspitzen von Pflanzpfählen, an denen Bäume im Böschungsbereich der Aufsatzdämme angebunden waren, starke Kalkablagerungen vorgefunden (vgl. hierzu die Bilder 19 + 20 im Bildteil B).

Vorstehendes belegt nachdrücklich, dass hier teilweise erhebliche Kalkeinschlüsse unmittelbar unter der derzeitigen Geländeoberfläche anstanden. Dies wird auch bei der Betrachtung der uns aus der Bauzeit überlassenen Bilder im Bildteil A deutlich (u. a. Bilder 13, 14 und 26).

3.9 Oberflächennahe Explorationsbohrungen im Bereich der Aufsatzdämme

Um vertiefende Eindrücke von Art und Zusammensetzung der Aufsatzdämme und ihrer Auswirkungen auf die Stabilität der Halde zu gewinnen, haben wir Herrn Prof. Dr. Benner gebeten, insgesamt 15 Flach-Explorationsbohrungen im Bereich der Aufsatzdämme anzulegen. Dies hat er mit seinem Bericht WBG-2016-6443-016 getan (s. hierzu Anlage 6.6).

Das Ergebnis der insgesamt 10 Vertikalbohrungen spiegelte vor allem den heterogenen Aufbau der Aufsatzdämme aus Deponat und Kalkschlamm.

3.10 Inklinometer-Messstellen

Die drei angelegten Inklinometer-Messstellen wurden in der Anlage 9 dargestellt und beschrieben.

Mit ihrer Hilfe sollen die Bewegungen des Kalkbergs von der Geländeoberkante bis in die Tiefe von etwa 35 m in Abhängigkeit von der Zeit (in allen Richtungen) beobachtet und dokumentiert werden.

Die bisherigen Ergebnisse der Inklinometer-Messungen sind in der Anlage 10 festgehalten.

Eine Null-Messung wurde nach Abtrag des setzungsrelevanten Anteils der im Zuge der Bauarbeiten aufgeschütteten Kuppe am 26.01.2016 vorgenommen.

Folgemessungen fanden etwa einen Monat später, nämlich am 26.02.2016 sowie am 22.04.2016, statt.

Im Ergebnis war festzuhalten, dass nur das Inklinometer am Hubschrauberlandeplatz stabil zu sein schien, d. h. hier konnten keine „nennenswerten“ Bewegungen im Berg registriert werden.

Im Gegensatz dazu waren am Nordhang „hangauswärtige Bewegungen“ (ca. 18 mm in 6 Wochen) zu beobachten.

Insofern ist weiterer Beobachtungs- und Handlungsbedarf herauszustellen.

4. Laboruntersuchungen

4.1 Ermittlung der Bodenkennwerte als Grundlage von durchzuführenden Langzeitsetzungsberechnungen

Wie bereits erwähnt, wurden die bei den Tiefenbohrungen entnommenen Proben einem Erdbaulaboratorium überbracht. Dort wurden die für die Bodenmechanik relevanten Parameter überprüft, im Einzelnen:

- Körnungslinien
- Wassergehalt
- Glühverlust
- Kalkgehalt
- Durchlässigkeitsversuche
- Drucksetzungslinie
- Zeitsetzungslinie
- Scherversuche

Um den Rahmen dieses Gutachten nicht zu „sprengen“ wurde auf die Wiedergabe der einzelnen Ergebnisse verzichtet. Diese sind einer separaten Stellungnahme von Herrn Prof. Dr. Benner zu entnehmen.

Unsererseits wird hier lediglich auf die Ergebnisse der Scherversuche (vgl. auch Anlage 11.1) näher eingegangen. Bei den von der TU-Berg-Akademie Freiberg durchgeführten Versuchen ergaben sich folgende Werte:

- a) Für den Rheinkies (allgemein / nicht differenziert)
(Scherwinkel φ / Kohäsion c / Raumgewicht γ)
Tatsächlich 32 / 16 / 19; 34 / 6 / 19 nach Bruch

b) Für das Abdeckmaterial

(Scherwinkel φ / Kohäsion c / Raumgewicht γ)

Tatsächlich 35 / 22 / 17; 38 / 6 / 17 nach Bruch

c) Für den Schotter

(Scherwinkel φ / Kohäsion c / Raumgewicht γ)

Tatsächlich 35 / 0 / 18; 31 / 14 / 18 nach Bruch

Nach Interpretation der Ergebnisse für den Rheinkies, das Abdeckmaterial und den Schotter kommt Herr Prof. Dr. Benner zu dem Schluss, dass die in seinen Standsicherheitsberechnungen angesetzten Parameter

- Scherwinkel:
- Kohäsion
- und
- Raumgewicht

für alle drei untersuchten Materialien bestätigt werden konnten.

Dies bedeutet, dass auch im Rahmen der erforderlichen Sanierungsplanung mit den Werten weiter „gearbeitet“ werden kann (vgl. wiederum Anlage 11).

Bei weitergehenden Überlegungen wurde daher davon ausgegangen, dass Aushubmaterial mit einem Reibungswinkel von φ in der Größenordnung von größer 35° eingebaut wird (welches im Übrigen derzeit ausgesprochen kostengünstig als Aushubmaterial aus einer Baugrube verfügbar wäre).

Der Vollständigkeit halber ist darauf hinzuweisen, dass derartige Auffüllungen natürlich auch mit Straßenausbauschotter erfolgen können. Diese werden jedoch mit deutlich höheren Kosten verbunden sein.

4.2 Laboruntersuchungen zur Lösbarkeit von Kalk – Röntgendiffraktometer- analysen

Zur Überprüfung der Lösbarkeit von Kalk wurde durch das Büro für Geotechnische Systemuntersuchungen WBG GmbH mit Datum vom 18.04.2016 Röntgendiffraktometeranalysen übersandt (vgl. Anlage 11.2).

Hiernach geht der Sachverständige davon aus, dass 1 l Niederschlagswasser ca. 11 g/m² Kalk löst. Legt man eine Infiltration 200 l/m²/a zugrunde, so resultieren hieraus 2,2 kg/m²/a. Dies führt theoretisch zu einer **Setzung von ca. 1 mm und Jahr**, wenn man davon ausgeht, dass Niederschlagswasser weiterhin fast ungehindert in den Kalk gelangen kann.

Sollte es gelingen, die Infiltration auf 10% zu reduzieren, so wäre dann dieser Betrag auch bezogen auf größere Zeiträume zu tolerieren. Auch wäre damit gleichzeitig eine Reduzierung der vom Kalkberg ausgehenden Schadstoffbelastung des Grundwassers verbunden.

5. Beurteilung

5.1 Planung

Zunächst ist herauszustellen, dass es sich bei dem Kalkberg – wie allgemein bekannt und u. a. bei Wikipedia ausgeführt – um eine „Erhebung durch die Aufschüttung von Abfällen der nahe gelegenen ehemaligen chemischen Fabrik Kalk in einer Hochdeponie“ handelt.

Dies bedeutet u. a., dass hier **nicht** planmäßig und systematisch ein Berg oder eine Aufschüttung errichtet und verdichtet wurde, sondern lediglich Abfall „abgeschüttet“ wurde.

Auch wenn die Auffüllung von Produktionsrückständen Anfang der 70er Jahre eingestellt worden sein soll und somit bereits eine gewisse Konsolidierung eintreten konnte, ist – unter Würdigung der DIN 4020-2010-12 (Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke – Auszüge s. Anlage 12) - eine derartige Halde als **geotechnische Kategorie GK 3** einzustufen. Hier heißt es unter GK3 im letzten Spiegelstrich:

„Unkontrolliert geschüttete Auffüllung“.

Wir aus der Anlage 12.3 zu ersehen, ist bei Verhältnissen nach der geotechnischen Kategorie 3 zu prüfen, ob – über den für die geotechnische Kategorie 2 erforderlichen Umfang hinaus – weitere Untersuchungen notwendig sind, die sich aus den besonderen Abmessungen, Eigenschaften und Beanspruchungen des Bauwerks oder aus Sonderfragen des Baugrundes, des Grundwasser oder der Umgebung ergeben.

Anders als bei einem „gewachsenen Boden“ hätten hier also in jedem Fall Sonderfragen des Baugrundes, der hier – wie zu befürchten war – zu einem wesentlichen Teil aus „feuchtigkeitsempfindlichen“ Kalk bestand, untersucht werden müssen.

In diesem Zusammenhang erlauben wir uns darauf hinzuweisen, dass sich bei den von uns veranlassten Tiefenbohrungen gezeigt hat, dass

- die Kalkschicht einheitlich ca. 20 m (!!) dick ist
und
- sie unterschiedliche Feuchtigkeitsgehalte – teilweise sogar Wassereinschlüsse – aufweist.

Dies ist hier von besonderer Bedeutung, da Kalk bei Veränderungen des Feuchtigkeitshaushaltes erheblichen Volumen- und Festigkeitsveränderungen unterworfen ist.

Da hier ein - zumindest bezüglich einiger Bauteile - setzungempfindlicher Baukörper errichtet werden sollte (übergroße Tore, Kerosinleitungen, Ver- und Entsorgungsleitungen, etc.), hätten – wie dies in der Aufgabenstellung des von Geo-Consult erstellten Gutachtens Nr. Gr/B 3500313 vom 07.04.2013 bereits angesprochen – die Baugrundverhältnisse im Bereich der Baufläche deutlich intensiver erkundet, beurteilt und die Ergebnisse sodann in einem Bericht mit Angaben zur Baugrundtragfähigkeit zusammengefasst werden müssen.

Außerdem hätten hier Hinweise zu gegebenenfalls erforderlichen besonderen Gründungsmaßnahmen ausgearbeitet werden müssen.

Insofern ist herauszustellen, dass hier die Sensibilität des Baugrundes bei Lastveränderungen durch Aufbringung der Zusatzlasten aus der Kuppe erheblich unterschätzt wurde.

Hervorzuheben ist auch, dass bei Planung der Zufahrtsstraße naturgemäß auch die Stabilität des Kalkbergs selbst und die Standsicherheit der Böschungen zumindest im Bereich der Straßentrasse hätten untersucht werden müssen.

In diesem Zusammenhang ist auch herauszustellen, dass hier die Böschungen – wie auch von bautechnischen Laien erkannt werden kann – ausgesprochen steil waren bzw. sind.

5.2 Ausführung der Bauarbeiten

Wie hier alle Beteiligten übereinstimmend ausgesagt haben, ist hier bei Arbeiten im Bereich der Zufahrtsstraße an mehreren Stellen im „oberflächennahen“ Bereich Kalk „angetroffen“ worden. Bei der Sichtung der uns von der Firma Dr. Fink-Stauf zur Verfügung gestellten Bilder wird deutlich, dass hier bei den Erdarbeiten im Jahr 2014 erhebliche Kalkmengen zutage traten und offensichtlich als Verfüllmaterial wieder eingebaut wurden.

Besonders ist in diesem Zusammenhang auf die ausgewählten Bilder 12 und 13 (Aushubhindernis beim Kanalbau 24.02.2014 – s. Bildteil A), die uns bei dem Besuch von Herrn Dr. Scherbeck in dem Büro der Firma Fink-Stauf zur Verfügung gestellt wurden, zu verweisen.

Der Umstand, dass hier oberflächennah – auch deutlich später noch - zum Teil erhebliche Kalkeinschlüsse vorlagen, wird natürlich auch durch die Bilder 19 + 20 (vgl. Bildteil B) veranschaulicht.

Vorstehendes verdeutlicht, dass hier während der Bauarbeiten zu verschiedenen Zeitpunkten immer wieder erhebliche und auffällige Kalkansammlungen im oberflächennahen Bereich festgestellt wurden.

Vor diesem Hintergrund hätten bei der Ausführung im jeden Fall **diesbezügliche Bedenken** geäußert werden müssen.

5.3 Beurteilung der Setzungen

Durch die in der Zeit von April bis Dezember 2015 in wöchentlichen Abständen durchgeführten Setzungsmessungen und die Visualisierung der dazugehörigen Ergeb-

nisse konnte nachgewiesen werden, dass am ungünstigsten Punkt des Hangars eine gleichmäßige Senkung in der Größenordnung von 0,21 mm/Tag stattgefunden hat.

Die diesbezügliche Kurve (vgl. Anlage 4.3) veranschaulicht nachdrücklich, dass – sofern ein Kuppenabtrag nicht stattgefunden hätte – sich der Setzungsverlauf in gleicher Größenordnung fortgesetzt und nur unwesentlich „verlangsamt“ hätte.

Durch die Entlastung des Kalkbergs nach Entfernung der im Rahmen der Bauphase aufgebrauchten Zusatzlasten hat sich bis heute eine Hebung in der Größenordnung von 2 cm (!) eingestellt.

Da die Setzungsverläufe in anderen Bereichen deutlich gleichmäßiger verliefen, bedeutet dies, dass sich hierdurch auch die „Verkipfung“ des Hangars entsprechend reduziert hat.

Unabhängig von der weiter unten zu behandelnden Standsicherheit der Halde ist unter Würdigung der Setzungsverläufe und der „Schäden im Gebäude“ bzw. der Konstruktion desselben zusammenfassend folgendes festzustellen:

- Die im Hangar selbst aufgetretenen Risse wiesen eine ausgesprochen geringe Klaffung auf und stellen in dieser Form (derzeit) weitestgehend optische und **keine** technischen Mängel dar.
Eine Vergrößerung dieser Risse ist nicht zu erwarten, da zuletzt keine weiteren Senkungen – sondern sogar wiederum Anhebungen – festgestellt wurden.
- Die Nutzung des Hangars selbst ist aufgrund der Schiefstellung – sofern die weiter unten angesprochenen ergänzenden Maßnahmen ergriffen werden – nicht beeinträchtigt.
- Selbst wenn – nach dem Abklingen der Folgen des Kuppenabtrages - über eine längere Zeit neuerliche Setzungen auftreten, so werden diese eher gleichmäßig sein oder sogar zu einer weiteren Rückstellung der Verkipfung führen.

- Das Betriebsgebäude selbst ist in diesem Zusammenhang noch unkritischer zu sehen, da hier bisher nur gleichmäßige Setzungen – und keine Verkippung und/oder Schiefstellung – stattgefunden hat. Diese sind in absehbarer Zeit auch nicht zu erwarten.
- Auch bezüglich der Halde selbst ist herauszustellen, dass sich nach dem Kuppenabtrag die zuvor erheblichen Setzungen vergleichmäßig haben und zu denen des Hangars „passten“.

Aus dem Vorstehenden ergibt sich, dass – sofern die setzungsempfindlichen Bauteile durch Zusatzmaßnahmen so geschützt werden können, dass gegebenenfalls auftretende Setzungen und/oder Schiefstellungen ausgeglichen bzw. aufgenommen werden können, weitergehende Sicherungsmaßnahmen des Baukörpers selbst **nicht** zwingend erforderlich sind. Dies bedeutet – nach den äußerst positiven Auswirkungen des Kuppenabtrags - u. a., dass – insofern die Schiefstellung der Bodenplatte des Hangars nicht zwingend „gerichtet“ werden muss (beispielsweise durch Verpressarbeiten mit Zementsuspension der Tragschicht oder aber Epoxidharzverpressungen unmittelbar unter der Bodenplatte selbst).

5.4 Standicherheit des Kalkbergs und seiner Böschungen

Da hier – wie erwähnt – die Böschungen in weiten Bereichen ausgesprochen steil ausgebildet wurden und zu befürchten war, dass die Bodenkennwerte teilweise vergleichsweise ungünstig waren, wurden in den Anlagen 8.6 bis 8.15 die Schnitte A-A bis I-I angelegt und unter den Schnitten selbst in zwei Zeilen die Bereiche ampelähnlich gekennzeichnet, die zu steil und/oder in erheblichem Maße mit Kalk durchsetzt oder zu wenig abgedeckt und / oder gegen Feuchtigkeitseintrag gesichert waren.

Aus dem Zusammenwirken dieser Aspekte ergab sich (s. dunkelrot angelegte Bereiche in den o. e. Anlagen), dass in nahezu allen Schnitten erheblicher Sanierungsbedarf bestand.

Beim Übertragen der aus den Schnitten gewonnenen Erkenntnisse in den Grundriss zeigte sich, dass die in der Anlage 8.16 gekennzeichneten Bereiche schnellstmöglich saniert werden müssen, da sie hochgradig gefährdet waren und/oder deren Standsicherheit sich nicht nachweisen ließ.

In diese Kennzeichnung – die unsererseits im Februar 2016 – auf der Basis abgeschätzter Bodenkennwerte vorgelegt wurde, waren die Ergebnisse des Langzeitsetzungsverhaltens und der Scherversuche der entnommenen Bodenproben noch nicht eingeflossen.

Da beim Abrutschen von Böschungen kreisbogenförmige Abgleitflächen entstehen, untersucht man kreisförmige Bruchkörper und spricht vom sog. „Gleitkreisverfahren“. Entsprechende Gleitsicherheitsnachweise haben wir für alle von uns untersuchten Böschungsschnitte, d. h. den Profilen A bis I durchgeführt.

In der Anlagengruppe 13 haben wir diese graphisch dargestellt.

In den in den Anlagen 13.1 bis 13.10 beigefügten Profildarstellungen haben wir zeichnerisch jeweils „nur“ die Gleitkreise dargestellt, für welche eine **ausreichende Gleitsicherheit der Böschungen „rechnerisch nicht nachgewiesen“** werden konnte. Bei der zugrunde gelegten Farbskala bedeutet hierbei „blau“ die „kleinste, nicht ausreichende Gleitsicherheit“, die sich dann über die Farben „grün“ und „gelb“ bis „rot“ immer weiter verschlechtert.

In fast sämtlichen Fällen erstrecken sich die Bereiche, in denen die Gleitsicherheit nicht nachgewiesen werden konnte, über die gesamte Böschungshöhe (d. h. vom Fuß bis zur Kuppe) und das bereits ohne die Berücksichtigung des Lastfalles Erdbeben, welche – bei ungünstigen Randbedingungen - eine weitere Verschlechterung des der Gleitsicherheit von ca. 10 % bedingen könnte.

Dargestellt wurde der sog. Ausnutzungsgrad, der ein Maß für die Standsicherheit einer Böschung angibt. Dies bedeutet: Standsicher sind Böschungen mit einem Ausnutzungsgrad $\leq 1,0$, wobei bei den Eingabewerten die erforderlichen Sicherheitsbeiwerte bereits berücksichtigt wurden.

Wegen der erheblichen Überschreitung des Ausnutzungsgrades in allen Böschungsprofilen sind daher weitergehende Sofortmaßnahmen zur Sicherung der Standsicherheit des Kalkbergs und seiner Böschungen und zum Schutz der Nachbarschaft unerlässlich.

Auf der Basis dieser Erkenntnisse haben wir bereits am 02.03.2016 die nachfolgenden **Sofortmaßnahmen (Maßnahmen II)** gefordert:

- Absperrung öffentlicher Wege und/oder Bereiche in der Nachbarschaft vor dem Böschungsfuß
- Die Bereiche, in denen Kalk „offen“ liegt (beispielsweise in der Nähe der Pumpenstation sollten unmittelbar mit zusätzlichen Aufschüttungen versehen werden.
- Die Zufahrtsstraße von der Istanbulstraße auf den Kalkberg muss einem regelmäßigen und detaillierten (und damit intensivierten) Monitoring unterzogen werden. Hierzu wurde gefordert, dass die Straße regelmäßig zu reinigen und sauber zu halten ist, so dass beginnende und/oder sich verändernde Rissbildungen unmittelbar erkannt werden können.

- Gleichzeitig haben wir gefordert, dass **unmittelbar mit der detaillierten Planung der Stabilisierung der Halde zu beginnen ist, damit die Stabilisierung selbst schnellstmöglich eingeleitet werden kann.**

Die vorstehend beschriebenen Sofortmaßnahmen waren (und sind) aus unserer Sicht **unabdingbar**, da jederzeit unvorhersehbar Böschungen - teilweise auch in größerem Umfang - abrutschen, Wege und Straße verschütten oder gar Personen verletzen können. Vereinzelt Rissbildungen an den Böschungen sind bereits im Dezember 2015 festgestellt worden.

Unter Würdigung der vorbeschriebenen Zwänge wurde das Büro WBG GmbH von der Stadt Köln mit den ersten Planungsschritten beauftragt, die Voraussetzungen der Sanierung sind. Hierzu hat das Büro WBG zunächst den Bereich zwischen den Schnitten A-A und C-C, das heißt, die Westseite des Kalkberges zwischen der Istanbulstraße und der Pumpenstation an der Karlsruher Straße statisch untersucht.

Diese „ersten“ statischen Überprüfungen wurden dem von der Stadt Köln zwischenzeitlich beauftragten Prüferingenieur – Herrn Dipl.-Ing. Olaf Trautner, Duisburg – übermittelt und von diesem gesichtet, so dass am 17. Mai 2016 in seinem Büro eine diesbezügliche Besprechung stattfinden konnte.

Hierbei bestätigte Herr Trautner einerseits die gewählten Berechnungsverfahren und andererseits den vom INSTITUT gesehenen schnellstmöglichen Handlungsbedarf zur Sicherstellung einer nachweisbaren Standsicherheit der Böschung des Kalkbergs.

Des Weiteren betonte auch Herr Trautner, dass unnötige Durchfeuchtungen des eingeschlossenen Kalks im gesamten Kalkberg soweit wie möglich zu verhindern seien, da sie unkalkulierbare Auswirkungen auf die Stabilität der Halde hätten.

Eine Überprüfung des Hochwasserschutzes hat ergeben, dass der bauliche Hochwasserschutz der Stadtentwässerungsbetriebe Köln, der nach den vorliegenden Angaben für das 200-jährige Bemessungshochwasser (BHW 200) ausgelegt ist - bis zu einem Rheinwasserstand von 11,90m KP = 46,29 m ü NN verhindert, dass Hochwasser bis zum Kalkberg vordringt. Darüber hinausgehende Lastfälle für Hochwasser wurden bei der Planung nicht berücksichtigt.

Insofern hält auch Herr Trautner – ebenso wie das INSTITUT - neben der Ballastierung der Böschungen die Abdichtung derselben für unverzichtbar und für „schnellstmöglich erforderlich“.

5.5 Belange des Umweltschutzes

Der Vollständigkeit halber erlauben wir uns darauf hinzuweisen, dass unsererseits die Belange des Umweltschutzes – antragsgemäß – nicht vertiefend untersucht wurden.

Da dies jedoch aufgrund der erheblichen Auswirkungen des Feuchtigkeitstransports im Kalkberg von großer Bedeutung ist, werden diesbezüglich derzeit – nach Beauftragung durch die Berufsfeuerwehr Köln – detaillierte Vorgaben durch das Büro Konzept erarbeitet. Dieses ist schon seit Jahren im Auftrag des Umweltamts mit der Untersuchung von Schadstofftransporten im Grundwasser in dem infrage stehenden Großraum befasst und insofern mit den „Gegebenheiten vertraut“.

Im Rahmen dieser Ausarbeitungen sind auch die Maßnahmen zur Abdichtung und zur Entwässerung detailliert zu überprüfen, da – wie erwähnt – die Durchfeuchtungen des Kalkschlamms auf ein absolutes Minimum zu reduzieren sind.

6. Erforderliche Instandsetzungsmaßnahmen

Aus dem Vorgesagten ergab sich, dass der - im Zuge der Bauarbeiten des Hangars und der Errichtung der Zufahrtsstraße erfolgte - **zusätzliche Kuppenauftrag wieder zu entfernen war**. Dies ist zwischenzeitlich geschehen.

Schnellstmöglicher Handlungsbedarf besteht nunmehr – **unabhängig von einer Nutzung des Berges** - bezüglich der Herstellung einer nachweisbaren Standsicherheit und einer zusätzlichen Abdichtung des Kalkbergs selbst. Hierzu sind – wie erwähnt - bereits erste statische Untersuchungen erfolgt und ein Prüfstatiker eingeschaltet.

Für den Fall, dass der derzeit verhängte Baustopp am Hangar aufgehoben wird, ist dann das Gebäude zu sanieren bzw. an die neuen Gegebenheiten anzupassen. Dies kann beispielsweise durch Ausgleichsmaßnahmen sowie Nachjustiermöglichkeiten im Bereich der Tore und des Hallenbodens sowie zur Verhinderung von Schäden an setzungsempfindlichen Ver- und Entsorgungsleitungen u. ä. erfolgen. Auch müsste die Rückseite des zwischenzeitlich freigelegten Hangars mit einer Fassade versehen werden.

Parallel zu den zuletzt angesprochenen Maßnahmen könnten dann die Modellierung des Kalkbergs und die Gestaltung der Außenanlagen erfolgen.

7. Voraussichtliche Sanierungskosten – Ermittlung/Angebote

7.1 Allgemeines

Üblicherweise ist es nicht möglich, die bei Durchführung von Sanierungsarbeiten anfallenden Kosten vorab mit befriedigender Genauigkeit abzuschätzen.

Zur Erlangung eines genauen Überblickes über die zu erwartenden Kosten wäre es erforderlich, zunächst detaillierte Leistungsverzeichnisse für alle Arbeiten aufzustellen und diese auszuschreiben.

Allgemein sind Kostenschätzungen von Sanierungen außerordentlich erschwert, weil erfahrungsgemäß von den verschiedenen Unternehmen - auch bei ganz genauer Spezifizierung der Leistungen in einem Leistungsverzeichnis - überaus stark voneinander abweichende Einheits- und Endpreise angeboten und abgerechnet werden.

7.2 Voraussichtliche Kosten für die Beseitigung der Ursachen der Lageveränderung sowie der festgestellten Schäden an der Hubschrauber-Betriebsstation

Zu den voraussichtlichen Kosten hat die Stadt Köln – nach Rücksprache mit dem INSTITUT in der Mitteilung AN/1711/2015 bereits folgende Sanierungsmaßnahmen / -kosten benannt:

Nr.	Maßnahme	Kommentierung	Voraussichtl. Kosten (brutto)
1	Abtrag der Kuppe	Zwingend erforderlich Gemäß Dringlichkeitsentscheid vom 15.12.2015 wird die Halde stabilisiert um die Statik des Gebäudes zu gewährleisten und um die Standsicherheit der Halde herzustellen	(1.300.000 €) *s. untenstehende Anmerkung
2	Anhebung der Bodenplatte	Die Schiefelage des Gebäudes kann durch hydraulisches Anheben der Bodenplatte wieder hergestellt werden. Unter optimalen Bedingungen kann die vorgefertigte Fassade weiter verwendet werden; einschl. zukünftiger Kontrollmessungen.	(1.300.000 €) *s. untenstehende Anmerkung
3	Anpassung der Fassade und der Tore	Je nach Ergebnis der Gebäudesanierung muss die vorgefertigte Fassade angepasst oder erneuert werden.	500.000 € bis 700.000 €
4	Ergänzung der rückwärtigen Fassade	Die freigelegte Gebäuderückwand des Hangars muss architektonisch gestaltet werden. Unter Zugrundelegung der bisherigen Erfahrungen kann mit vergleichbaren Kosten wie für die Fassadenfront gerechnet werden	500.000 € bis 700.000 €

5	Neue Kuppe / Unvorhergesehenes	Gestaltung der neuen Kuppe sowie Zuschlag für Unvorhergesehenes	200.000 € bis 500.000 €
---	--------------------------------	---	-------------------------------

Zu den in dieser Mitteilung angesprochenen Punkten ist folgendes anzumerken:

Zu 1: Abtrag der Kuppe

Dieser ist bereits erfolgt. Die Schätzkosten wurden gemäß den uns vorliegenden Informationen eingehalten.

Zu 2: Anhebung der Bodenplatte

Aufgrund der äußerst positiven Auswirkungen des Kuppenabtrags wird derzeit – aus technischer Sicht – davon ausgegangen, dass eine Anhebung der Bodenplatte nicht zwingend erforderlich und somit „verzichtbar“ ist bzw. sein wird.

Sollte diese Maßnahme aus Gründen des Schadenersatzes und/oder aus juristischen Gründen realisiert werden, so wäre diese Maßnahme mit Kosten in Höhe von 1,3 Mio. € verbunden (zu zahlen durch den/die Schadensverursacher – daher in der vorstehenden Tabelle in Klammern ausgeworfen).

Zu 3: Anpassung der Fassade und der Tore

Unter Würdigung funktionaler Gesichtspunkte ist davon auszugehen, dass diese Zahlen unterschritten werden können (da sie unter besonders hoher Berücksichtigung architektonischer Gesichtspunkte festgelegt wurde).

Zu 4: Ergänzung der rückwärtigen Fassade

Auch dieser Preis ist aus technischer Sicht selbst bei Realisierung einer hochwertigen Fassade mehr als auskömmlich, da mit m²-Preisen von 1.000 bis 1.400 €/m² (!!) gerechnet wurde und sich ansprechende Fassaden ohne Weiteres erheblich kostengünstiger realisieren lassen.

Zu 5: Neue Kuppe / Unvorhergesehenes

Diese Zahl muss beibehalten werden, da Zusatzmaßnahmen zum Ausgleich setzungsempfindlicher Bauteile außerhalb des Gebäudes (Ver- und Entsorgungsleitungen, etc.) aufzuwenden sind.

In Summe wäre also für die Beseitigung der Ursachen der Lageveränderung sowie der festgestellten Schäden an der Hubschrauber-Betriebsstation noch Kosten zwischen

1,2 und 1,9 Mio. € brutto

aufzubringen.

7.3 Voraussichtliche Kosten der Haldenstabilisierung

Gemäß Aufgabenstellung wurden bei uns Sanierungskosten der Halde nicht abgefragt. Diese werden durch die von der Stadt Köln beauftragte WBG GmbH - nach Fertigstellung, Prüfung und Freigabe der erforderlichen nutzungsunabhängigen Stabilisierungsplanung - unter Berücksichtigung der Belange des Umweltschutzes und der sich daraus ergebende Massenberechnungen ermittelt.

Besonders ist hervorzuheben, dass der Kalkberg – unabhängig von seiner weiteren Nutzung (d. h. keine Nutzung, öffentliche und/oder Nutzung als Hubschrauber-Betriebsstation) - in jedem Fall stabilisiert und abgedichtet werden muss.

Dieser Umstand wurde auch von dem zuständigen Prüfenieur nochmals herausgestellt, da bei Nutzung bzw. Nichtnutzung des Kalkbergs bezüglich des Nachweises der Standsicherheit nach den Vorgaben der DIN 4084 – Gelände- und Böschungsrechnungen – keine unterschiedlichen Vorgaben bestehen.

Insofern wurde im Rahmen dieses Gutachtens auf diesbezügliche Unterscheidungen verzichtet.

8. Zusammenfassende Beantwortung der zum Gutachten gestellten Fragen

- 8.1 Das Hangar- und Betriebsgebäude der Hubschrauberbetriebsstation Köln – Kalkberg hat seine ursprüngliche Lage durch Absenkungen auffällig verändert.

Besonders ist hervorzuheben, dass sich die nordöstliche Ecke des **Hangargebäudes** selbst um mehr als 10 cm abgesenkt hat und dies gleichzeitig auch eine Schiefstellung im Bereich der Achse der Hangar-Tore zur Folge hatte. Diese war an der Oberkante (d. h. im Sturzbereich) mit mehr als 3 cm so groß, dass sie beim Einbau der ausgesprochen großen Tore nicht hätte ausgeglichen werden können. Die Tore wurden daher (noch) nicht eingesetzt.

Im **Betriebsgebäude** selbst haben sich ebenfalls Setzungen eingestellt. Die Setzungsdifferenzen waren jedoch relativ gleichmäßig und bewegten sich innerhalb der bei

Bauvorhaben dieser Art vorhersehbaren und auch prognostizierten Werte (max. $\pm 1,5$ cm Setzungsdifferenz über die gesamte Gebäudelänge).

- 8.2 Im **Hangar**gebäude selbst haben sich über die Setzungen hinausgehend Verkippungen des Gebäudes um mehr als 10 cm eingestellt. Feststellbare Risse wiesen Rissklaffungen von $< 0,2$ mm bis im Extremfall ca. 0,4 mm auf. In der angetroffenen Form stellten sie in keinem Fall einen erheblichen, wohl aber leichte „optische“ Mängel dar. Die Standsicherheit des Hangars ist nicht gefährdet, sofern die Standsicherheit der Halde sichergestellt wird s. u.

Im **Betriebs**gebäude selbst waren nennenswerte – auf die Setzungen zurückzuführende – Schäden nicht feststellbar.

- 8.3 Als Ursache für die eingetretenen Setzungen/Verkippungen sind folgende Punkte anzusprechen:

- a. Im Zuge der Errichtung des Hangars und der Zufahrtsstraße wurden erhebliche Zusatzlasten (Erdaushub aus der Baugrube bzw. des Straßenplanums) hinter dem Gebäude – etwa mittig auf dem (ehemaligen) Kalkbecken – aufgebracht. Die sich aus diesen zusätzlichen erheblichen Auflasten ergebenden Konsequenzen wurden planerisch überhaupt nicht erkannt und folglich zuvor nicht ausreichend bedacht.
- b. Auf einer künstlich hergestellten und nur zur Entsorgung von lose aufgeschüttetem Deponat gedachten Halde wurden die Setzungsbewegungen der Halde massiv unterschätzt. Besonders ist auch herauszustellen, dass eine derartige Halde nach der DIN 4020 in die Geotechnische Kategorie **GK3** einzustufen ist (da unkontrollierte und unverdichtete Aufschüttungen erfolgten). Aus diesem Grund hätten **vertiefende Untersuchungen** und ggf. **zusätzliche Gründungs-/Sicherungsmaßnahmen ergriffen werden müssen**.

- c. Zu beanstanden ist auch, dass die Standsicherheit des Kalkbergs selbst hier nicht untersucht wurde, obwohl einerseits die Böschungen außergewöhnlich steil und andererseits im oberflächennahen Bereich bei den Bauarbeiten auch erhebliche Kalkeinschlüsse festgestellt werden konnten. Nicht bedacht wurde außerdem, dass die Kalkeinschlüsse vor Feuchtigkeit zu schützen sind, da der Kalk bei Feuchtigkeitseinfluss sein Volumen wie aber seine Standsicherheit erheblich verändert.

8.4 Aufgrund der festgestellten Mängel wurde seitens des INSTITUTS Ende 2015 ein sofortiger Kuppenabtrag (Entfernung der setzungswirksamen - im Zuge der Bauarbeiten aufgebrachten - Zusatzlasten) empfohlen.

Dieser erfolgte – nach einer Dringlichkeitsentscheidung der Stadt Köln - in dem Zeitraum von Mitte Dezember 2015 bis Ende Februar 2016.

In unmittelbarer Folge haben sich die zuvor teilweise dramatischen Setzungen an allen Messpunkten in „leichte Anhebungen“ umgewandelt, so dass ausgesagt werden kann, dass durch diese Maßnahmen einerseits die Setzungen gestoppt bzw. deutlich verlangsamt und sich andererseits die Standsicherheit der Halde – wenn auch noch nicht ausreichend - so doch deutlich verbessert hat.

In diesem Zusammenhang ist auch darauf hinzuweisen, dass die von Geo Consult vorgeschlagene und in der Anlage 3 dargestellte Sanierungsempfehlung zum Abtrag der sogenannten „**Arbeitsraumverfüllung**“ einen viel zu kleinen Bereich umfasst hätte (der vorgeschlagene Rückbau hätte nur etwa 10 % des zwischenzeitlich mit dem gesamten Kuppenabtrag entfernten Materials betragen).

8.5 Die Sofortmaßnahmen haben für die Beweissituation keine nennenswerten negativen Auswirkungen, da zum einen der weitere Setzungsverlauf im Falle eines „Nichtabtrags“ der Kuppe aufgrund der klaren Kurvenverläufe problemlos prognostizierbar wäre und da zum anderen das ausgebaute Material nach wie vor auf dem Grundstück an der Kalk-Mülheimer-Straße zwischengelagert wurde.

8.6 Die Ursachen der Lageveränderungen und der festgestellten Schäden an der Hub-schrauber-Betriebsstation sind durch folgende Maßnahmen zu beseitigen:

I. Wiederabtrag der im Zuge der Bauarbeiten im Kuppenbereich aufgetragenen Zusatzlasten

Diese Maßnahme ist bereits ausgeführt. Die von uns zuvor benannten und in dem Dringlichkeitsentscheid übernommenen Kosten in Höhe von 1,3 Mio. € werden – nach den letzten uns diesbezüglich vorliegenden Informationen – auch nicht überschritten.

II. Sanierung bzw. Anpassung des Gebäudes an die neuen Gegebenheiten (z. B. Ausgleichsmaßnahmen sowie Nachjustierungsmöglichkeiten im Bereich der bereits gefertigten Tore und der Fassade, des Hallenbodens sowie Maßnahmen zur Verhinderung von Schäden an den setzungsempfindlichen Ver- und Entsorgungsleitungen, vor allen Dingen an der Betankungsleitung).

Außerdem muss an der Gebäuderückfront (die von der Anschüttung befreit wurde) eine Fassade geplant und ausgeführt werden.

Diese Maßnahmen sind – wie unter der Ziffer 7 dieses Gutachtens ausgeführt – voraussichtlich mit Kosten in Höhe von

1,2-1,9 Mio. € brutto

verbunden, wobei nachdrücklich darauf hinzuweisen ist, dass diese Zahlen – sofern funktionale Gesichtspunkte eine stärkere Wichtung erhalten – ein erhebliches Einsparpotential besitzen, da beispielsweise für die Fassaden derzeit ein m²-Preis in Höhe von bis zu 1.400 €/m² berücksichtigt wurde, sich aber ansprechende und hochwertige Fassaden durchaus mit einem m²-Preis von 200 €/m² realisieren lassen.

- III. Eine Wiederanhebung des Hangergebäudes selbst erscheint derzeit – nach den äußerst positiven Auswirkungen des Kuppenabtrags und der Beobachtung der sich hieraus ergebenden Konsequenzen – aus technischer Sicht verzichtbar.

Sollte eine solche Anhebung aus juristischen oder haftungstechnischen Gründen realisiert werden, würde dies – nach uns vorliegenden Angeboten – voraussichtlich mit Kosten in Höhe von 1,3 Mio. € verbunden sein.

- 8.7 Die sich hier ergebenden Bauzeitverzögerungen können seitens des INSTITUTS nicht abgeschätzt werden, da diese zum überwiegenden Teil von politischen und verwaltungstechnischen und/oder juristischen Zwängen abhängig sein werden.

Sofern die Arbeiten aus technischer Sicht – den Erfordernissen entsprechend - zügig vorangetrieben werden könnten, würden die Arbeiten zur Fertigstellung der Hub-schrauberstation etwa ein halbes Jahr in Anspruch nehmen.

- 8.8 Die Standsicherheit der südlichen Böschung wurde unsererseits nicht untersucht, da diese bereits in den Jahren 1999-2004 saniert worden sein soll. **Die Standsicherheit der an Nord-, Ost- und Westseite des Kalkbergs vorhandenen Böschungen** lässt sich – unter Berücksichtigung der ermittelten Bodenkennwerte und der Böschungs-

neigungen - **in allen 10 überprüften Fällen nicht nachweisen**. Insofern sind schnellstmöglich entsprechende Sanierungsmaßnahmen einzuleiten.

Somit ist festzuhalten, dass die v. e. Böschungen - unter Berücksichtigung der Bodenkennwerte und der Böschungsneigungen - nicht den anerkannten Regeln der Technik entsprechen.

[Anmerkung: Nachdem erste statische Berechnungen zum Nachweis der Standsicherheit der Böschungen erfolgten und diese Herrn Dipl.-Ing. Olaf Trautner als Prüflingenieur vorgelegt wurden, bestätigte dieser, dass derzeit eine nachweisbare Standsicherheit nicht gegeben ist und schnellstmöglicher Handlungsbedarf gegeben ist.]

- 8.9 Der ausgeführte (umgeplante) Straßenbau hat insofern erheblichen Einfluss auf die Stabilität des Kalkbergs gehabt, als einerseits die Aufsatzdämme des seinerzeitigen Kalkbeckens angeschnitten, andererseits der Kalk teilweise freigelegt und zudem einige Böschungen zu steil angelegt wurden.

Abschließend ist festzustellen, dass aus gutachterlicher Sicht nach - Abschluss der ohnehin notwendigen nutzungsunabhängigen Stabilisierung der Halde - nichts gegen die Fertigstellung des Gebäudes und einen anschließenden Betrieb als Hubschrauberlandestation spricht.

Des Weiteren erlauben wir uns hervorzuheben, dass dem Gutachten teilweise nur Auszüge der unsererseits erstellten Anlagen und Berechnungen beigelegt wurden, um den diesbezüglichen Rahmen nicht „zu sprengen“.

Es ist vorgesehen, dass bei der juristischen Aufarbeitung zum Schadensersatz seitens des INSTITUTS aus technischer Sicht eine ergänzende Zuarbeit erfolgen soll.

BAU-SACHVERSTÄNDIGEN
INSTITUT ROGER GRÜN

Die Sachverständigen:
gez.

Dipl.-Ing. R. Grün

Prof. Dr. rer.nat. L.-H. Benner

Dipl.-Ing. W. Beer