



Ochtmisser Kirchsteig in Lüneburg

Gutachten

Fortführung der gutachterlichen Bewertung der
Senkungsstruktur

Bericht-Nr. 3 - Kurzfassung

Erstellt im Auftrag von:

Stadt Lüneburg
Neue Sülze 32
21335 Lüneburg

Projekt-Nr.:

57053

Bearbeiter:

Dipl.-Ing. Peter Schäfers / Dipl.-Geol. Thorsten Trapp

Ort, Datum:

Bochum, 28.11.2007

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1	VORBEMERKUNG UND SITUATION 3
2	GEOLOGISCHE UND HYDROGEOLOGISCHE SITUATION..... 4
3	UNTERSUCHUNGSUMFANG..... 4
4	ERGEBNISSE 5
4.1	Geologie der Bohrung B 3 und Lage der Ankerpunkte des Mehrfach – Stangen - Extensometers..... 5
4.2	Verformungsmessungen 6
4.2.1	Ergebnisse des Lage- und Höhennivellements im Ochtmisser Kirchsteig..... 6
4.2.2	Ergebnisse der Extensometermessungen 7
4.2.3	Ergebnis der Inklinometermessungen 9
4.2.4	Berechnung der Senkungsvolumina und Darstellung zusammen mit dem Niederschlag und der Entnahmemenge an Salz im SaLü 10
5	RISIKOBEWERTUNG 17
6	ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE 18

1 VORBEMERKUNG UND SITUATION

Die Stadt Lüneburg führt im Rahmen ihrer Sorgfalts- und Verkehrssicherheitspflicht zur Überwachung des in Lüneburg bekannten Senkungsgebietes (Salzdiapir und -abbau) Verformungsmessungen u.a. im Bereich des Ochtmisser Kirchsteigs durch. Gemäß der Historie ist es in Lüneburg über Jahrhunderte hinweg immer wieder zu Senkungen und in Folge dessen zu Senkungsschäden gekommen.

Im Zuge einer im November 2004 vorgenommenen Messung wurden vergleichsweise hohe Senkungszuwächse in einer Größe von bis zu ca. 5 cm gemessen. Daraufhin wurde der Bereich des Ochtmisser Kirchsteigs und daran anschließend der Bereich des Michaelis – Friedhofs mit weiteren Messbolzen versehen und diese kontinuierlich gemessen. Auf Grundlage der bereits vorliegenden Ergebnisse wurde neben der weiteren gutachterlichen Begleitung der Senkungsstruktur, eine weitere tiefe Bohrung im Mittelpunkt der ermittelten Setzungsstruktur nahe des im Frühjahr 2005 gefallenen Erdlochs abgeteuft, darin ein Stangen-Extensometer eingebaut und anschließend Messungen der Bewegungen an den einzelnen Ankerlagen durchgeführt und ausgewertet.

Der hier behandelte Untersuchungsabschnitt befindet sich am nördlichen Rand eines für Lüneburg aufgrund der Lage auf einem Salzdiapir im Zuge von Abbau und Lösungsvorgängen entstandenen Hebungs- und Senkungsgebietes, in dem es bereits in geologischen Zeiträumen zu Vertikalbewegungen und in den vergangenen Jahrhunderten vor allem zu Senkungen und in deren Folge zu Senkungsschäden gekommen ist. Daher werden im Auftrag der Stadt bereits über Jahrzehnte geodätische Setzungsmessungen im Senkungsgebiet durchgeführt, um die Verformungen zu beobachten.

Die im Rahmen der Bearbeitung im Straßenraum festgestellten Verformungsbilder (Verformungen, Zerrungen und Stauchungen) und Schäden (Risse) sind im Randbereich tiefliegender Senkungsmulden typisch, so dass zunächst ein Zusammenhang mit der in der Literatur für den unteren Bereich des Ochtmisser Kirchsteigs beschriebenen Abbruchkante zwischen Salz und festerem Nebengestein als deren Ursache zu sehen ist. Die Tagesoberfläche kann dabei in Abhängigkeit ihrer Lage über dem Schwerpunkt des Ablaugungsbereiches unterschiedlich stark beeinträchtigt werden.

Die Untersuchungen im Rahmen des vorliegenden Gutachtens erfolgten, wie bereits die vorangegangenen Begutachtungen, primär zur Absicherung eines Erdfallrisikos im Bereich der Straße „Ochtmisser Kirchsteig“, hier war die Gefahrenlage weiter abzugrenzen, so dass eine akute Gefahr des Einbrechens eines großräumigen Erdfalls besser abgeschätzt werden konnte. Die verwendeten Unterlagen sind in der Langfassung des Berichtes gelistet.

2 GEOLOGISCHE UND HYDROGEOLOGISCHE SITUATION

Im tieferen Untergrund des Untersuchungsbereiches befindet sich der Salzstock von Lüneburg. Hierbei handelt es sich geologisch um Salzablagerungen des Mesozoikum. Die heutige Salzoberfläche, bzw. der Salzspiegel, d. h. das vom Grundwasser gelöste Salz, liegt der Literatur zufolge in einer Tiefe von ca. 35 bis 60 m unter Gelände und nimmt etwa eine Fläche von 1 km² ein. Die durch den Salzkörper aufgewölbten und später durchstoßenen Gesteine des Mesozoikum und des Känozoikum umgeben das Salz mantelartig. Alle Gesteine werden durch eine mehr oder weniger dünne Decke von eiszeitlichen Sedimenten überlagert.

Die quartären Schichten setzen sich dabei aus einer Wechselfolge warm- und eiszeitlicher Ablagerungen zusammen. Hierbei treten Grundmoränen und Geschiebemergel sowie Schmelzwassersande und –kiese auf. Die Darstellung der tieferen Schichten anhand der durchgeführten Bohrungen B 1, B 2 und B 3 ist in der Abb. 9 weiter unten dargestellt.

3 UNTERSUCHUNGSUMFANG

Im Rahmen des vorliegenden Berichtes wird der weitere Verlauf der Senkungen im Bereich der Senkungsstruktur anhand der Messungen an den Messbolzen dargestellt und in die Bewertung der Situation einbezogen. Die im Auftrag der Stadt Lüneburg ausgeführten Bohrarbeiten mit Einbau eines Stangen-Extensometers, die durch CDM begleitet wurden, bilden die Grundlage für die fortgeschriebene Risikoanalyse.

Die Auswertung und Darlegung der ermittelten Verhältnisse erfolgt anhand:

- Einer Kernbohrung (Rammkernbohrung bzw. Seilkernbohrung) mit einer Endteufe von 120 m unter Ansatzpunkt in B 3, welche einer Teufe von –90,58 mNN entspricht und Einbau eines Stangen-Extensometers
- Inklinometermessungen an den beiden bereits früher ausgeführten ca. 80 m tiefen Bohrungen B 1 und B 2
- Vorangegangene Untersuchungen
- den o.g. durchgeführten Erkundungen und Messungen
- den regelmäßig ausgeführten Messungen der gesetzten Bolzen und des Stangen-Extensometers
- den von der Stadt Lüneburg überstellten Daten zum Niederschlag und zur Soleentnahme

Auf Grundlage der vorliegenden Messungen und Unterlagen sowie anhand der ermittelten Erkenntnisse erfolgt die Fortführung der Abschätzung der Auswirkungen der festgestellten Senkungen und des resultierenden Risikos für die Nutzer an der Geländeoberfläche.

4 ERGEBNISSE

4.1 Geologie der Bohrung B 3 und Lage der Ankerpunkte des Mehrfach – Stangen - Extensometers

Die im Auftrag der Stadt Lüneburg ausgeführten Bohrarbeiten (B 3) erfolgten im Zeitraum vom 23.04.2007 bis 22.05.2007 mit anschließendem Einbau eines Mehrfach-Stangen-Extensometers. Anhand der Auswertung der Bohrung und der Erkenntnisse aus den vorangegangenen Untersuchungen sind folgende Feststellungen für den Bereich des Erdfalls möglich:

- Der Erdfall zeichnet sich deutlich in den Schlagzahlen der durchgeführten Rammsondierungen und Bohrungen im Verlauf der Schichten nach.
- In einer Rammkernsondierung wurde ein Wasserstand und nasses Sediment in einer Tiefe knapp unterhalb der Geländeoberkante angetroffen, der mit temporären (Frühjahr 2007) Wasserständen im bestehenden Erdfall bis nahe an die Geländeoberfläche einhergeht.
- Im Bereich des Erdfalls reicht der Gipshut höher hinauf, als in den Bohrungen B 1 und B 2. Die tertiäre Tonlage hingegen ist gegenüber den beiden Bohrungen B 1 und B 2 deutlich geringmächtiger und liegt höhenmäßig tiefer.

Gemäß der Schichtenansprache zeigt sich folgender Bodenaufbau im Bohrpunkt B 3:

Zuoberst stehen Feinsande an, in denen vereinzelt Lagen aus Geschiebelehm vorkommen. Die Gradierung zeigt nach unten zunehmende Grobsand- und Kiesanteile. Die Kiese stammen dabei hauptsächlich aus Geschieben. Unterhalb von 45 Metern unter Geländeoberkante (GOK) folgt ein Ton, in den Gips und Anhydrit lagenweise eingeschaltet sind. In einer Tiefe von ca. 57 Metern unter GOK wird Gipsstein aufgeschlossen, welches vermutlich die Oberkante des Gipshutes darstellt. Dieser Gipshut zeigt tonige Zwischenlagen und weist insgesamt ein zerrüttetes bröckeliges bisweilen kavernoöses Gefüge auf.

Dreimal wurde in diesem Gipsstein eine 0,5 Meter mächtige Hohllagen festgestellt. Die Tiefenlagen dieser Hohllagen waren 67,3 bis 68,5mm, 70,8 bis 71,3mm und 80,5 bis 81 m unter GOK. Unterhalb von ca. 87 Metern unter GOK folgte Salzstein, das relativ massig ausgebildet ist. Horizontale Lösungslagen am Bohrkern waren vor allem bohrungstechnisch bedingt.

Das Mehrfach – Stangen – Extensometer wurde in dem gebohrten Loch an 6 Punkten im Boden verankert und das Loch dabei wieder salzbeständig verfüllt. Seitdem werden die einzelnen Stangen der Anker regelmäßig alle 2 Wochen gemessen.

Die Tiefenlagen der einzelnen gesetzten Anker des Mehrfach – Stangen – Extensometers sind nachfolgend aufgelistet:

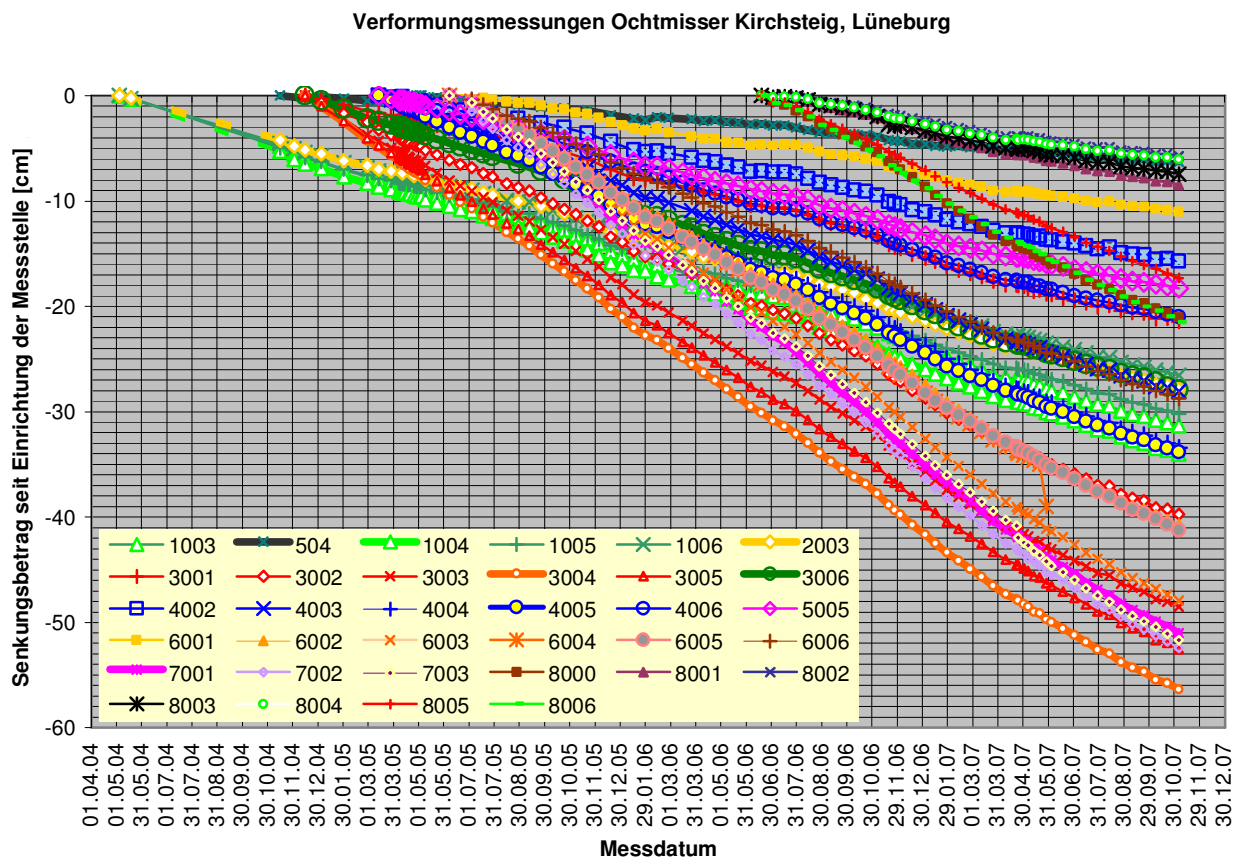
Anker:	Tiefe u. GOK	Lagebeschreibung zur Geologie
Anker 1:	10 Meter	Messpunkt im Quartär
Anker 2:	23 Meter	Messpunkt im Quartär
Anker 3:	47 Meter	Messpunkt Unterkante Quartär / Oberkante Tertiär (Ton)
Anker 4:	60 Meter	Messpunkt im Gipshut (hier Gipsgestein) / Unterkante Tertiär (Ton)
Anker 5:	87 Meter	Messpunkt an der Unterkante Gipshut (hier Ton mit Gips) / Oberkante Salz
Anker 6:	120 Meter	Messpunkt im Salzgestein (Tiefstpunkt der Bohrung)

4.2 Verformungsmessungen

4.2.1 Ergebnisse des Lage- und Höhennivellements im Ochtmisser Kirchsteig

Durch die Stadt Lüneburg wurden seit Mai 2004 eine Vielzahl von Messpunkten gesetzt und diese geodätisch nach Lage und Höhe eingemessen. Diese Messbolzen werden seitdem kontinuierlich im zurzeit 14-tägigem Rhythmus gemessen. Die fortgeführten Messungen und deren Verlauf ist in der Abbildung 1 für den Zeitraum seit November 2004 dargestellt:

Abbildung 1: Darstellung der Verformungsmessungen an den eingerichteten Messbolzen über die Zeit



Die vorhandene Senkungsgeschwindigkeit ist im Vergleich zu den bisher bis in die 1970'er Jahre gemessenen höchsten Verformungsgeschwindigkeiten (ca. 12 cm/a über 2 Jahre)) im extremsten Punkt (7001 bis 7003) mit ca. 21,5 cm z.T. fast doppelt so hoch.

Die maximale nachgewiesene Senkung beträgt im Messpunkt 3004 auf dem Michaelisfriedhof 56,4 cm in 1070 Tagen, die maximale Geschwindigkeit über den gemessenen Zeitraum wird im Zentrum der Senkungsstruktur an dem Messpunkt 7002 mit zur Zeit durchschnittlich 21,7 cm/Jahr (52,4 cm in 881 Tagen) gemessen.

Die Auswertungen der im Bereich des Ochtmisser Kirchsteigs vorhandenen Senkungsgeschwindigkeiten zeigen anhand entsprechender Isolinien gleicher Senkungsgeschwindigkeiten eine Konzentrierung der Senkung um den entstandenen Erdfall im Bereich der Grundstücksgrenze zwischen den Häusern Ochtmisser Kirchsteig Nr. 6 und Nr. 8. Der sich dabei abzeichnende Umriss der Senkungsstruktur deckt sich dabei weitestgehend mit den mittels Geophysik durch die UNI Hamburg ermittelten steilstehenden Reflektoren im Bereich bis 5 Meter Tiefe.

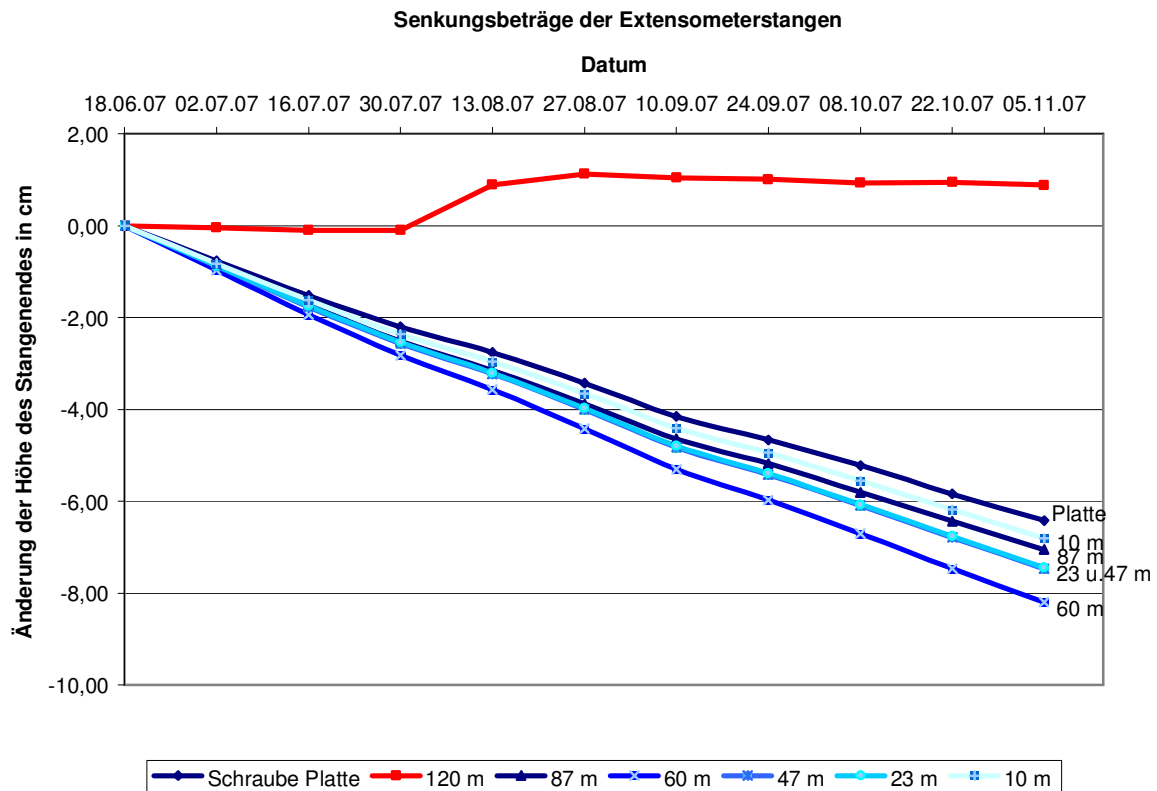
Im Gesamtverlauf der Senkungen in Abbildung 1 ist zu erkennen, dass seit dem Sommer 2007 die Senkungen leicht rückläufig sind. Dies kann mit den sehr geringen Niederschlägen des Frühjahres in Zusammenhang stehen, kann aber auch Ausdruck einer unter Umständen nachhaltigen Änderung der Senkungsgeschwindigkeit sein. Hier ist insbesondere der Verlauf im Zeitraum Dezember 2007 / Januar 2008 abzuwarten, der in den vergangenen 2 Jahren jeweils die höchsten Senkungsraten des Jahres zeigte.

4.2.2 Ergebnisse der Extensometermessungen

Die Messungen der gesetzten Anker des Stangen-Extensometers zeigen bislang einen einheitlichen Verlauf der Senkung an. Dabei weisen die einzelnen Anker das nachfolgend dargestellte Senkungsverhalten auf.

In der Abbildung 2 werden die gemessenen Senkungen an den einzelnen Ankern und der Platte an der Oberfläche, in der die einzelnen Messschrauben sitzen, als Änderungen normiert auf Null zum Beginn der Messung dargestellt:

Abbildung 2: Darstellung der Änderungen der Messpunkte zu den einzelnen Ankerlagen



Platte mit den Schrauben der einzelnen Stangen

Die Platte zeigt die gleiche Senkung an, wie die daneben befindlichen Messbolzen 7002 und 7003. Dementsprechend zeigt die Platte über den Zeitraum 18.06.2007 bis 05.11.2007 die Senkungsgeschwindigkeit der Oberfläche von ca. 16,7 cm / Jahr an.

Anker 1: 10 Meter Messpunkt im Quartär

Der Anker in 10 m Tiefe sitzt im oberen Bereich des Quartärs und weist über den Zeitraum 18.06.2007 bis 05.11.2007 eine geringfügig höhere Senkungsgeschwindigkeit von 17,7 cm / Jahr auf.

Anker 2: 23 Meter Messpunkt im Quartär

Der Anker in 23 m Tiefe sitzt im oberen Bereich des Quartärs und weist über den Zeitraum 18.06.2007 bis 05.11.2007 wiederum eine geringfügig höhere Senkungsgeschwindigkeit von 19,4 cm / Jahr auf.

Anker 3: 47 Meter Messpunkt Unterkante Quartär / Oberkante Tertiär (Ton)

Der Anker in 47 m Tiefe sitzt an der Unterkante des Quartärs und weist über den Zeitraum 18.06.2007 bis 05.11.2007 mit einer Senkungsgeschwindigkeit von 19,5 cm / Jahr eine etwa gleiche Rate wie der Anker in 23 m Tiefe auf.

Anker 4: 60 Meter Messpunkt im Gipshut (hier Gipsstein) / Unterkante Tertiär (Ton)

Der Anker in 60 m Tiefe sitzt im oberen Bereich des Gipshutes und weist über den Zeitraum 18.06.2007 bis 05.11.2007 die höchste Senkungsgeschwindigkeit mit 21,4 cm / Jahr auf.

Anker 5: 87 Meter Messpunkt an der Unterkante Gipshut und Ton / Oberkante Salz

Der Anker in 87 m Tiefe sitzt an der Grenze zwischen Salz und Unterkante Gipshut, der hier eine tonige Schicht aufweist, weist über den Zeitraum 18.06.2007 bis 05.11.2007 eine Senkungsgeschwindigkeit von 18,4 cm / Jahr auf.

Anker 6: 120 Meter Messpunkt im Salzgestein (Tiefstpunkt der Bohrung)

Der Anker in 120 m Tiefe sitzt im Salzgestein und weist über den Zeitraum 18.06.2007 bis 05.11.2007 keine Senkung auf. Einmal wurde eine stärkere Hebung registriert, deren Gültigkeit zunächst nicht belegt ist. Das stationäre Verhalten dieses Messpunktes gegenüber den anderen sich senkenden Messpunkten ist jedoch deutlich zu erkennen.

4.2.3 Ergebnis der Inklinometermessungen

Am 11.06.2007 wurden die beiden bestehenden Bohrungen mittels Inklinometer vermessen. Dabei erfolgte eine Vermessung des Bohrloches, indem die Ablenkung des Sondenkopfes bei zwei orthogonal angeordneten Lotungen des Loches gemessen und miteinander verrechnet wurden.

Nach Auswertung der Messdaten können folgende Ergebnisse festgehalten werden:

- Auf Grundlage der ersten Inklinometermessungen zeigt sich insgesamt eine relativ geringe Abweichung aus der Senkrechten und somit keine größeren Verschiebungen der eingebauten HDPE – Rohre

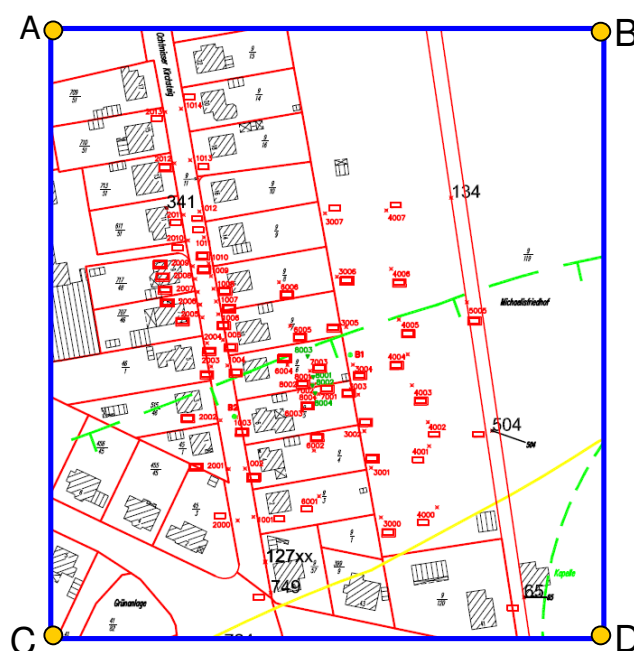
- Die Abweichungen von maximal 1,40 m bei Bohrtiefen von ca. 80 m sind sehr gering und liegen im Bereich der normalen Bohrabweichung
- Beide Bohrungen zeigen bei 70 bis 75 m Teufe Abweichungen vom ansonsten gleichmäßigen Verlauf der Bohrungen
- Inwieweit sich diese Abweichungen verstärken und damit durch Bewegungen im Untergrund bedingt sind, kann erst nach Durchführung einer weiteren Inklinometermessung beurteilt werden.

Auf Grundlage der vorgenannten Ergebnisse sind laterale Bewegungen maximal im Dezimetermaßstab pro Jahr zu erwarten.

4.2.4 Berechnung der Senkungsvolumina und Darstellung zusammen mit dem Niederschlag und der Entnahmemenge an Salz im SaLü

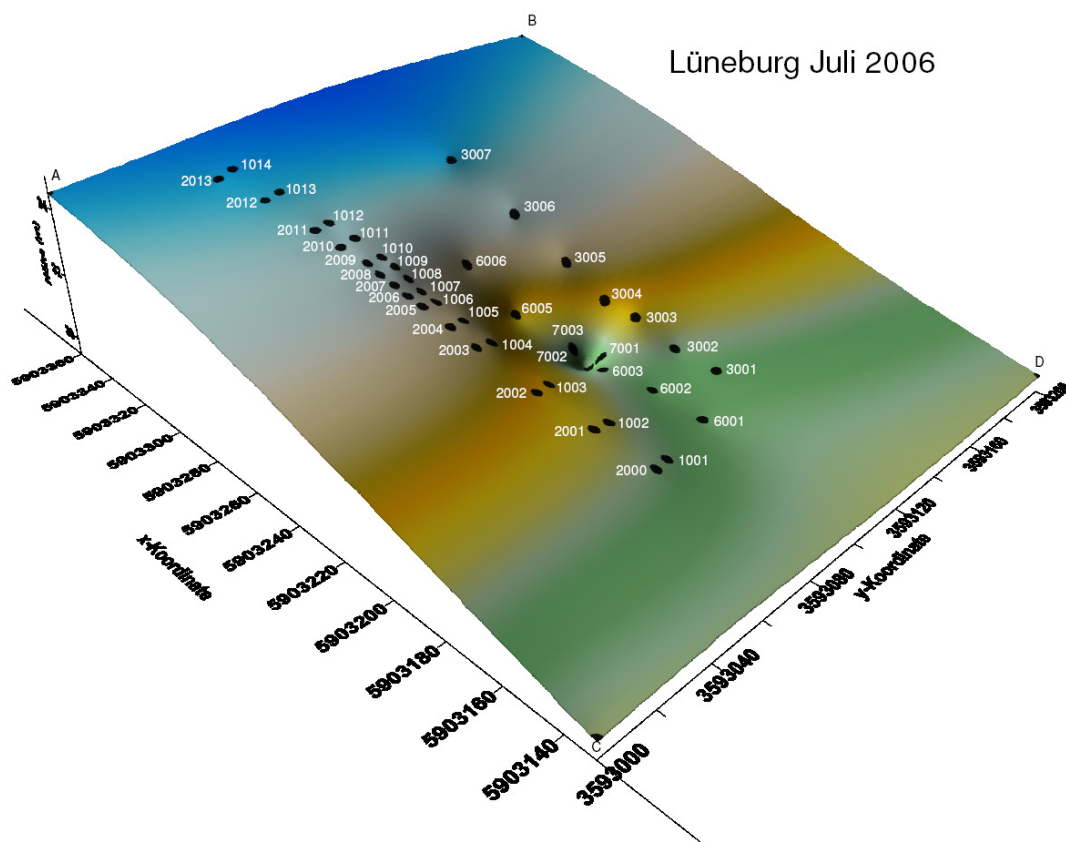
Für eine Bilanzierung der Senkungsvolumina und eine Darstellung der Entwicklung über die Zeit wurden die seit Juli 2005 14 – täglich vorliegenden Messungen der Messbolzen mathematisch zu einer Fläche berechnet und die Differenz zwischen den beiden erhaltenen Oberflächen (= Senkungs- bzw. Hebungsvolumen) bestimmt. Entsprechende Oberflächen wurden von jedem Messzeitpunkt seit Juli 2005 gefertigt und anschließend mit der jeweils vorangegangenen Messung verrechnet. In den Punkten A, B, C und D wurden die Ecken des Betrachtungsgebietes als unveränderliche Eckpunkte mit gleicher Höhe vorgegeben, um dort die Interpolation zu begrenzen. Die Umgrenzung des Gebietes für die Berechnung mit Lage der Messpunkte und der vier v. g. Eckpunkte ist in der nachfolgenden Abbildung 4 dargestellt. In der anschließenden Grafik der Abbildung 5 wird beispielhaft das berechnete Oberflächenmodell für einen Messpunkt im Juli 2006 dargestellt.

Abb. 4: Umgrenzung des Gebietes für die Ermittlung des Senkungsvolumens



Die Niederschläge wurden von der Wetterstation „Lüneburg, Bokelmann“ verwendet, deren Daten uns von der Stadt Lüneburg zur Verfügung gestellt wurden. Ebenso erhielten wir von der Stadt Lüneburg Daten zur Soleentnahme im SaLü (Salztherme Lüneburg). Die Frachten der Soleentnahmen wurden auf Grundlage eines Salzgehaltes der geförderten Sole von 26 % berechnet.

Abb. 5: Beispielhafte Darstellung der Oberflächenberechnung zu einem Messzeitpunkt



Die sich ergebenden Daten wurden grafisch aufgetragen und sind in der nachfolgenden Abbildung 6 zusammen dargestellt. Da die Förderrate der Sole augenscheinlich (s. Abb. 8) keinen Einfluss auf das jeweilige Senkungsvolumen hat, ist in der Abbildung 7 nochmals Niederschlag und Senkungsvolumen auf zwei unterschiedlichen y – Achsen aufgetragen, um evtl. Zusammenhänge besser erkennen zu können. In der Abbildung 8 sind die Daten für Senkungsvolumen, Niederschlag und Soleentnahme des SaLü kumuliert aufgetragen.

Abb. 6: Darstellung von Niederschlag, Senkungsvolumen und Soleförderung, 14 - tägig

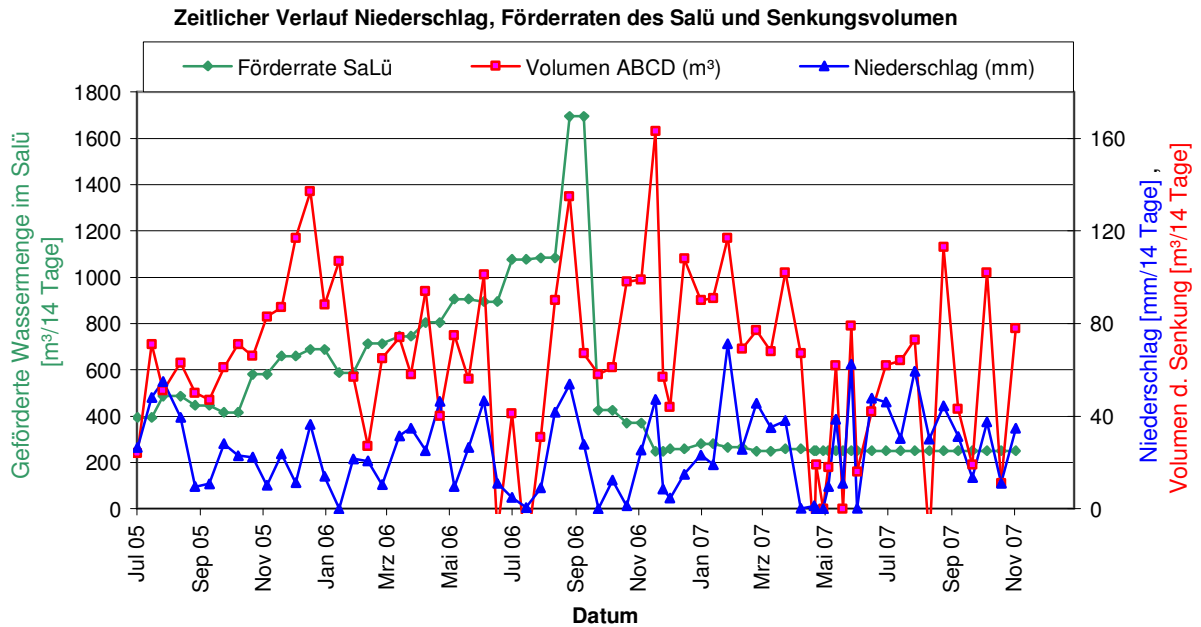


Abb. 7: Darstellung von Niederschlag, und Senkungsvolumen, 14 – tägig

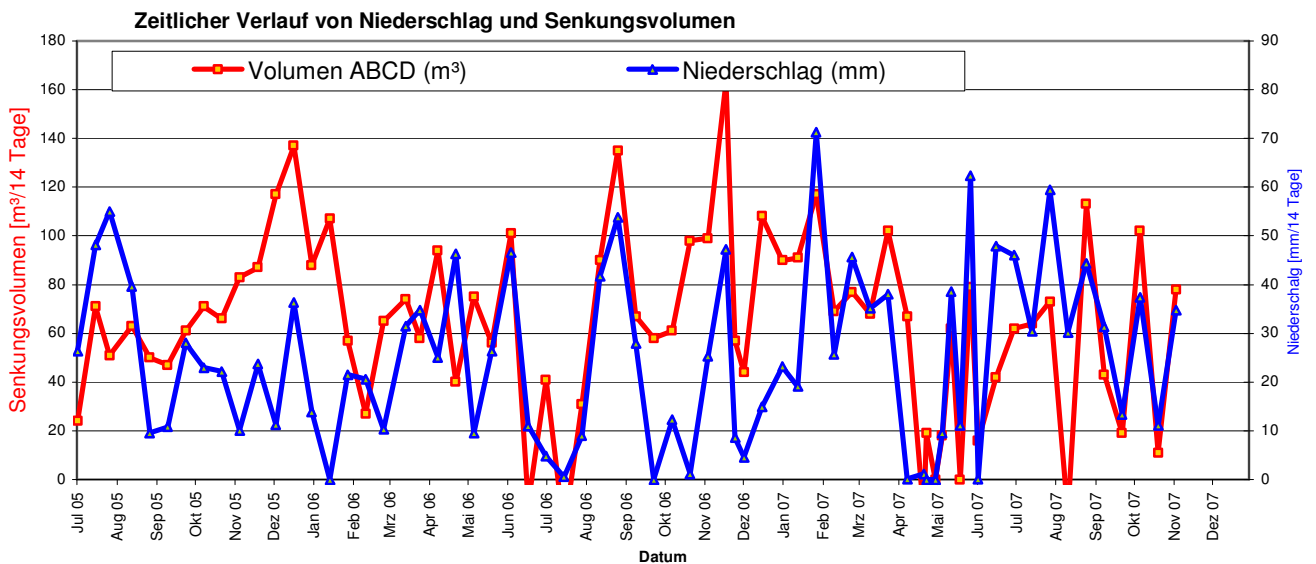
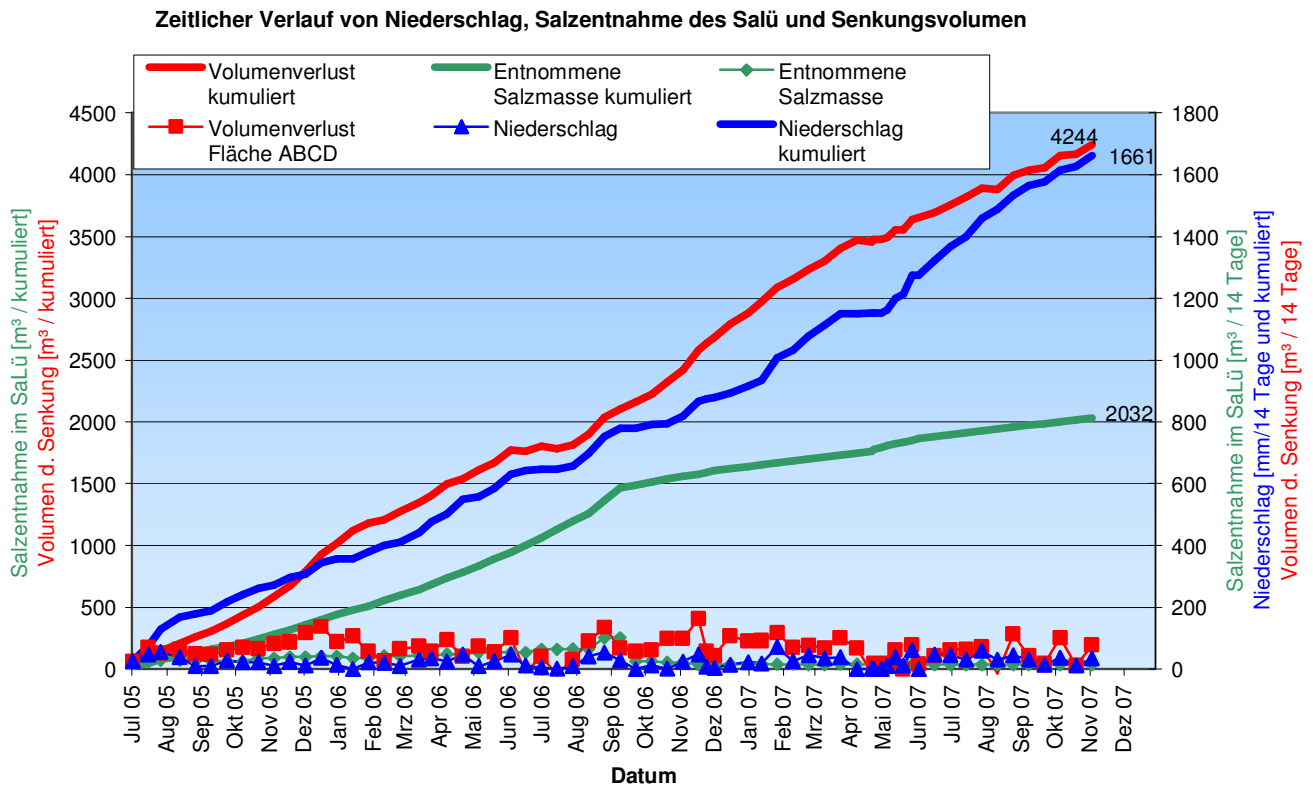


Abb. 8: Darstellung von Niederschlag, Senkungsvolumen und Soleförderung, kumuliert



Anhand der vorgestellten Abbildungen 6 bis 8 ergeben sich folgende Schlüsse hinsichtlich des Senkungsverlaufes und evtl. Zusammenhänge zu Niederschlag und / oder Förderung der Sole im SaLü :

- In der Darstellung der Abb. 8 mit den kumulierten Daten, ist insbesondere im September 2006 zu erkennen, dass eine Änderung der Förderrate des SaLü nicht zu einer Änderung der Senkungsrate geführt hat.
- In der Abb. 7 und in den kumulierten Kurven für Niederschlag und Senkungsvolumen ist hingegen eine Abhängigkeit zwischen dem gefallenem Niederschlag und dem Betrag der Senkung abzuleiten.
- Diese vorgenannte mögliche Abhängigkeit zwischen Niederschlag und Senkungsvolumen lässt sich erstmalig für den Zeitraum Mai / Juni 2006 ableiten.
- Insbesondere in den Daten von 2007 (Abb. 7) sind die Verläufe von Niederschlagsspitzen und Senkungsmaxima zunehmend parallel und einheitlich zueinander. Dies könnte auf eine Zunahme der Wasserwegsamkeiten hindeuten.

Auf Grundlage der Annahme, dass die Niederschläge sich relativ zeitnah auf die Senkung auswirken, wird nachfolgend ein Modell vorgestellt, nachdem die Vorgänge im Untergrund ablaufen könnten. Die entsprechende Hypothese der Genese der Senkung wird nachfolgend kurz dargelegt:

- Aufgrund von Lösungsprozessen in einem Schwächebereich des Gipshutes kommt es zur Bildung größerer Hohlraumvolumen (kleinere Kavernen im m³ Maßstab und / oder Lösungsporen im Gestein)
- Bei nur geringer Materialstärke des Gipshutes im Bereich der gebildeten Hohlräume kommt es zu Bruchvorgängen die ein Zusammenbrechen der Hohlräume zur Folge haben bzw. die entstandene Hohlräume und –lagen konvergieren durch den Erddruck (Kaverne schließt sich, Porengefüge wird zusammengedrückt)
- Das auflagernde Gestein /Sediment senkt sich direkt mit den nachgebenden Bereichen; bei dem hier festgestellten Ton kann dies aufgrund der Plastizität insbesondere zu den Rändern hin sehr gleichmäßig und langsam erfolgen
- Im Zentrum direkt oberhalb der Schwächezone des Gipshutes entsteht eine Eintiefung im gesamten Schichtenpaket
- Das im Boden vorhandene quartäre ungesättigte Wasser löst im Bereich der Schwächezone des Gipshutes die entsprechenden Schichten weiter an. Denkbar ist auch eine zunächst indirekte Auswirkung des Wasserdruckes infolge erhöhter Wasserstände und hierdurch induzierte Strömungsvorgänge. Es kommt zu einer verstärkten Wasserwegsamkeit.
- Zuläufe von Wasser bzw. Erhöhung des Wasserdruck mit entsprechenden Geschwindigkeiten sind vor allem über die quartären Mittel- und Grobsande denkbar, eine weitere Möglichkeit ist der Zulauf von Wasser über offene Systeme in der tertiären Tonschicht als eine Art Kluftwassersystem
- Für das Modell des Fließvorgangs, der gelöstes Material transportiert, ist nach den bisherigen Daten die Soleentnahme des SaLü nicht als beeinflussender Faktor auszumachen. Hier sind eher Zusammenhänge mit dem natürlichen Abfluss von Sole über das Grundwasser in die Ilmenau sowie die generelle Grundwasserströmung anzunehmen.

Der vorgenannte Ablauf würde solange andauern, bis die entsprechenden lösungsanfälligen Bereiche erschöpft sind und / oder der Wasserzufluss nicht mehr stattfindet. Inwieweit die derzeitige geringfügige Verlangsamung der Senkung auf solche Änderungen zurück zu führen ist bleibt abzuwarten. In den nachfolgenden Abbildungen 9 und 10 werden die vorgenannten Verhältnisse in zwei Modellschnitten (Quer- und Längsschnitt) dargestellt, wobei in der Abb. 9 die geologischen Verhältnisse im Zusammenhang mit der Senkungsbewegung dargestellt werden. In der Abb. 10 werden die Möglichkeiten der Zuläufe von Wasser in den Senkungsschwerpunkt modellhaft betrachtet.

Abb. 9 : Querschnitt mit Eintragung der möglichen Zusammenhänge, die zur Senkungsstruktur am Ochtmisser Kirchsteig führen

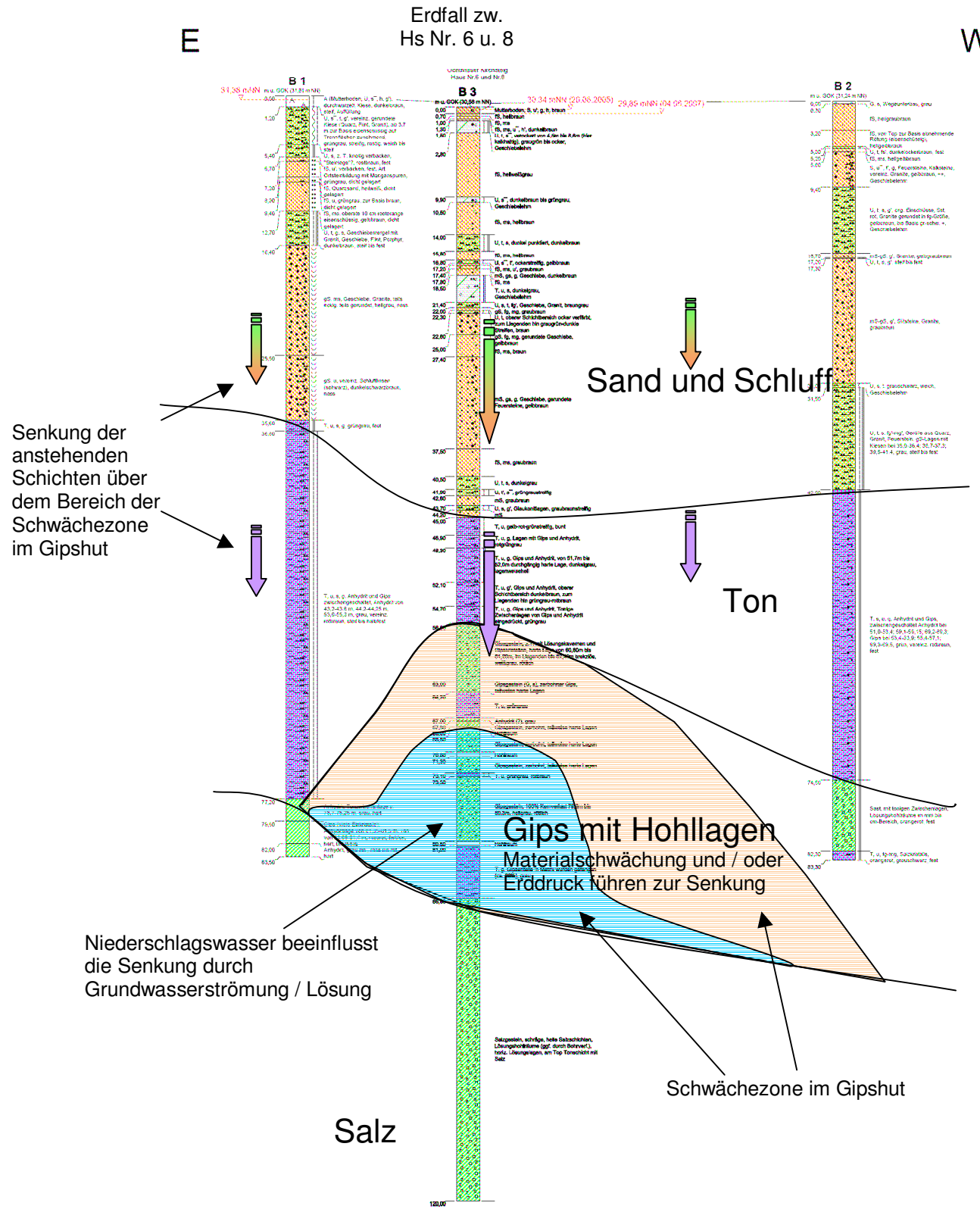
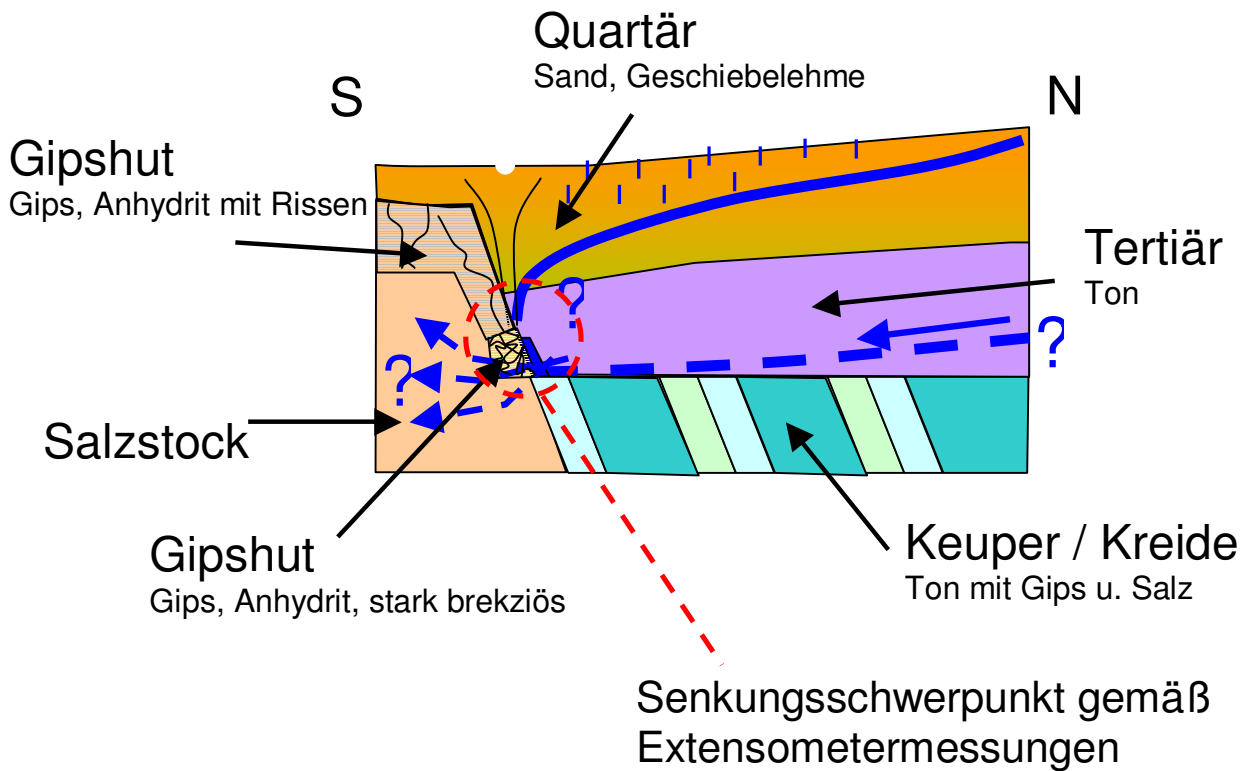


Abb. 10: Modellhafter Längsschnitt mit Darstellung möglicher Zuläufe von Wasser (blau) in den Senkungsschwerpunkt



Auf Grundlage der Ergebnisse der Messungen und der daraus resultierenden Modelle für die Vorgänge im Boden, die zu der Senkungsstruktur führen, wird nachfolgend die Risikobewertung der Senkung fortgeführt.

5 RISIKOBEWERTUNG

Hinsichtlich einer Abschätzung des Risikos wird zunächst auf die ausführlichen Ausführungen der Langfassung dieses Berichtes verwiesen. Aufgrund der oben dargelegten Hypothese der Genese der Senkungsstruktur und den festgestellten Senkungsverläufen ist von folgenden Risiken für die Gebäude und Menschen auszugehen:

- Für die Gebäude- und Straßenschäden infolge der andauernden Setzungen und Zerrungen hinsichtlich einer Gefährdung von Menschen ist im Bereich einzelner Häuser die höchste Risikoklasse anzusetzen. Hier sind dringend Maßnahmen zu ergreifen, die die Gefahr eingrenzen oder dauerhaft eine Gefährdung von Menschen ausschließen. Entsprechend sind die Gebäude durch einen Gebäudesachverständigen zu begehen und neben einer Bewertung der Ist-Situation eine Prognose für den Verlauf der zukünftigen Schädigung auf Grundlage der angegebenen Senkungsgeschwindigkeiten und –differenzen vorzunehmen. Die vorgenannten Maßnahmen werden bereits durchgeführt.
- Für einen großräumigen Erdfall ist nunmehr gemäß den Ergebnissen des vorliegenden Gutachtens von einer gleichmäßigen Lösung von Gestein im Untergrund auszugehen, dessen Massenverlust direkt durch Senkung ausgeglichen wird. Gemäß der festgestellten Geologie mit einer mächtigen Tonlage zwischen dem Senkungsschwerpunkt und der Oberfläche, ist davon auszugehen, dass kein großes - die Gesamtstruktur erfassendes - Einbruchereignis stattfindet, ohne dass sich dieses durch eine verstärkende Senkungsgeschwindigkeit, insbesondere zuerst in den tieferen Messpunkten des Stangen-Extensometers, andeutet.

Dementsprechend kann diese Gefährdung weiterhin durch eine kontinuierliche Messung der Messpunkte im Senkungsbereich eingegrenzt werden. Sollten sich deutliche Zunahmen der Geschwindigkeit der Senkungen oder einzelne Hebungsbereiche zeigen, ist unter Umständen direkter Handlungsbedarf vorhanden.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE

Die Erkundungen im Bereich des Ochtmisser Kirchsteigs haben keinen größeren Hohlraum bis in eine Tiefe von ca. 120 Metern unter Geländeoberkante (GOK) angezeigt. Vielmehr wurde im Zentrum der Senkungsstruktur in einer Tiefe ab ca. 60 Meter unter GOK stark gestörtes Gestein des Gipshutes erbohrt. Dort traten sowohl Hohllagen als auch brekziöse Strukturen auf. Die Lage des Gipshutes ist somit an dieser Stelle deutlich höherliegend, als in den benachbarten tiefen Bohrungen B 1 und B 2.

Nach Setzen und kontinuierlicher Messung eines Stangen- Extensometers mit 6 Ankern in unterschiedlichen Tiefen deutet sich anhand der bisherigen Messdaten an, dass kein größerer Hohlraum im Untergrund vorhanden ist, sondern vielmehr eine relativ stetige gleichmäßige Lösung des Gipshutes im Bereich der Senkungsstruktur erfolgt.

Nach Abgleich des Verlaufes der Senkungsvolumina, der Niederschläge und der Förderraten des SaLü wurde abgeleitet, dass die Senkungen unter Umständen in direktem Zusammenhang mit den Niederschlägen stehen. Ein Zusammenhang zwischen der Rate der Senkung und Förderrate des SaLü war anhand der Daten nicht zu erkennen.

Die Fortführung der Setzungsmessungen ergibt ein nach wie vor gegenüber Dezember 2004 nahezu unverändertes Setzungsverhalten, wenngleich im letzten Halbjahr die Senkungsrate sich zwischenzeitlich signifikant vermindert hatte. Mit dem Fortschreiten der Setzungen vergrößert sich dennoch zusehends das Risiko für die bestehenden Gebäude sowie für die Ver- und Entsorgungsleitungen.

Als weitere Maßnahmen ist die Fortführung der kontinuierlichen Messungen an den Messbolzen, dem Stangen-Extensometer sowie die erneute Inklinometermessung in B 1 und B 2 empfohlen sowie die gezielte Messung des Senkungsverhaltens während einer längeren Niederschlagsperiode.

Weiterhin ist die Begutachtung der im festgestellten Senkungsbereich liegenden Gebäude und Leitungen hinsichtlich Schäden und Standsicherheit fortzuführen.

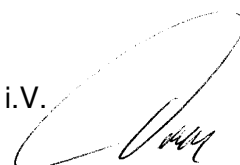
CDM Consult GmbH

i.V.



Dipl.-Ing. Peter Schäfers

i.V.



Dipl.-Geol. Thorsten Trapp