

Auswertung von LIDAR- Messungen zur Erkennung möglicher altbergbau- bedingter Senkungs- und Bruchvorgänge im Untersuchungsraum Staßfurt

Thomas Schicht, Anne Allendorf

K-UTEC AG Salt Technologies, Am Petersenschacht 7, D-99706 Sondershausen, Anne.Allendorf@k-utec.de, Thomas.Schicht@k-utec.de

Kurzfassung:

Mit der flugzeuggestützten Methode des LIDAR (engl.: Light Detection and Ranging) wurde die Tagesoberfläche im Raum Staßfurt in einer Zeitspanne von mehr als einem Jahrzehnt insgesamt fünfmal erfasst und die Ergebnisse entsprechend ausgewertet und interpretiert. Um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse beibehalten und gewährleisten zu können wurden allerdings nur die Befliegungsjahre 2000, 2001, 2007 und 2009 intensiver betrachtet und ausgewertet.

Im Rahmen des Forschungsverbundvorhabens „Dynamik abgesoffener oder gefluteter Salzbergwerke und ihres Deckgebirgsstockwerks“ wurden dabei die Befliegungskampagnen der Jahre 2007 (Beginn des Projektzeitraumes) und 2009 (Ende der Projektphase) realisiert. Die Befliegungskampagnen der Jahre 1997, 2000 und 2001 wurden in vorangegangenen Forschungsvorhaben umgesetzt.

Grundsätzliches Ziel der flächenhaften Erfassung von Senkungsbereichen und anschließenden Auswertung war die Verrechnung der entwickelten Datensätze (Berechnung von Höhendifferenzen), um aus diesen Rückschlüsse auf das Senkungsgeschehen an der Tagesoberfläche im Modellraum Staßfurt, besonders im Bereich des Stadtgebietes, zu ziehen. Zudem sollte die Eignung für die projektbezogenen Untersuchungen und für die Weiterentwicklung der Methode bewertet werden. Die Interpretationen der Daten konnte sowohl mit Ergebnissen der etwas neueren Methode der Radarinterferometrie als auch von gravimetrischen Erkundungen aus verschiedenen Zeitperioden verglichen werden.

Abstract

The surface of the earth nearby the city of Staßfurt was scanned with the LIDAR method (Light Detection and Ranging) at all five times in a time range of a decade. To guarantee a successful comparison of results, only the data sets from the campaigns of the years 2000, 2001, 2007 and 2009 were viewed and evaluated.

In the time range of the BMBF joint research project “Dynamics of flooded salt mines and their overburden” the Laserscanning investigation campaigns of 2007 (Beginning of the project) and 2009 (ending phase of the project) were carried out. The Laserscanning investigation campaigns of 1997, 2000 and 2001 were established in previous research and development projects.

The general aim of areal detection of surface subsidence and the enclosed evaluation was to crunch the data sets (crunch of height differences) to discuss and conclude the ability of the investigation method for the projects tasks as well as analogue tasks and further enhancements of the method. The interpretation of the data and results were able to be compared with Radar interferometry data sets as well as with surface gravimetric explorations of different time periods.

Schlüsselworte: LIDAR, Radarinterferometrie, Gravimetrie, Senkungen, Höhendifferenzenmodell, Nivellement

Key words: LIDAR, radar interferometry, gravimetry, subsidence, height difference model, leveling

Methodik

LIDAR steht für „Light Detection and Ranging“ und diente mittels Airborne Laserscanning im vorliegenden Fall der Erfassung von topografischen Daten des Untersuchungsgebietes Staßfurt. Bei diesem flugzeuggestützten Messverfahren wird die Tagesoberfläche digital und auf ein entsprechendes Koordinatensystem georeferenziert erfasst und dargestellt.

Bei diesem Verfahren wird der Abstand zwischen einem Fluggerät (Flugzeug oder Hubschrauber) und der Erdoberfläche durch Ermittlung der Laufzeit eines Lichtimpulses gemessen. Zusätzlich wird der Laserstrahl durch eine optisch- mechanische Einrichtung für jede Messung seitlich abgelenkt. Aus der Kombination mit der Vorwärtsbewegung des Flugzeuges und dem Verschwenken des Laserstrahls ergibt sich ein Geländestreifen.

Außerdem werden die mittels GPS bestimmte Position und Lage des Flugzeuges und der Abstrahlwinkel des Lasers aufgezeichnet. Eine hohe Messpunktdichte pro Messlinienmeter und die gleichmäßige Verteilung der Messpunkte sind ausschlaggebend für die Genauigkeit des Höhenmodells.

Befliegungskampagnen der Jahre 2000, 2001, 2007 und 2009

Im Untersuchungsgebiet Staßfurt wurden im Rahmen verschiedener Forschungsprojekte LIDAR-Messungen durchgeführt. Die Messkampagnen in den genannten Jahren wurden durch die Firma TopScan GmbH durchgeführt. Im Zuge des abzuschließenden Forschungsverbundvorhabens „Dynamik abgesoffener oder gefluteter Salzbergwerke und ihres Deckgebirgsstockwerks“ (FVV) erfolgten, wie bereits erwähnt, die Befliegungen der Jahre 2007 (Beginn des Projektzeitraumes) und 2009 (Ende der Projektphase).

Wie ebenfalls schon beschrieben, wurde die Befliegung aus dem Jahr 1997 nicht mit in die differenzierteren Betrachtungen der Ergebnisse einbezogen. Diese Kampagne deckt nur zu einem geringen Teil die Befliegungsgebiete der nachfolgenden Jahre ab. Aus den Aufzeichnungen der durchgeführten Befliegungen ergab sich, dass vor allem für die Auswertung der Befliegung 1997 Diskrepanzen (z. B. Datumstransformation, Lagestatus) zu den nachfolgenden Befliegungen (vor allem 2000 und 2001) festzustellen waren, die nicht aus den auftretenden Senkungen resultieren können. Trotz durchgeführter Korrekturen wurde ersichtlich, dass die Vergleichbarkeit der Messkampagnen erheblich durch eine Vielzahl von Ursachen und Einflüssen als sehr eingeschränkt bewertet werden muss.

Während mit den Befliegungen der Jahre 2000 und 2001 insgesamt jeweils 3 Teilgebiete des Untersuchungsraumes Staßfurt erfasst wurden, erfolgte im Jahr 2007 die Messung von 2 Teilbereichen und 2009 die Messung von nur einem, jedoch flächenmäßig sehr großen, Befliegungsgebiet.

Die ersten beiden Messkampagnen 2000 und 2001 wurden mit Messpunktabständen für den Staßfurter Befliegungsraum von 1,5 m und 2,5 m erfasst. In den Jahren 2007 und 2009 konnten mit Hilfe neuerer Messtechnik Punktdichten von 2,5 Messpunkten pro m² erreicht werden. Die Befliegungen erfolgten jeweils

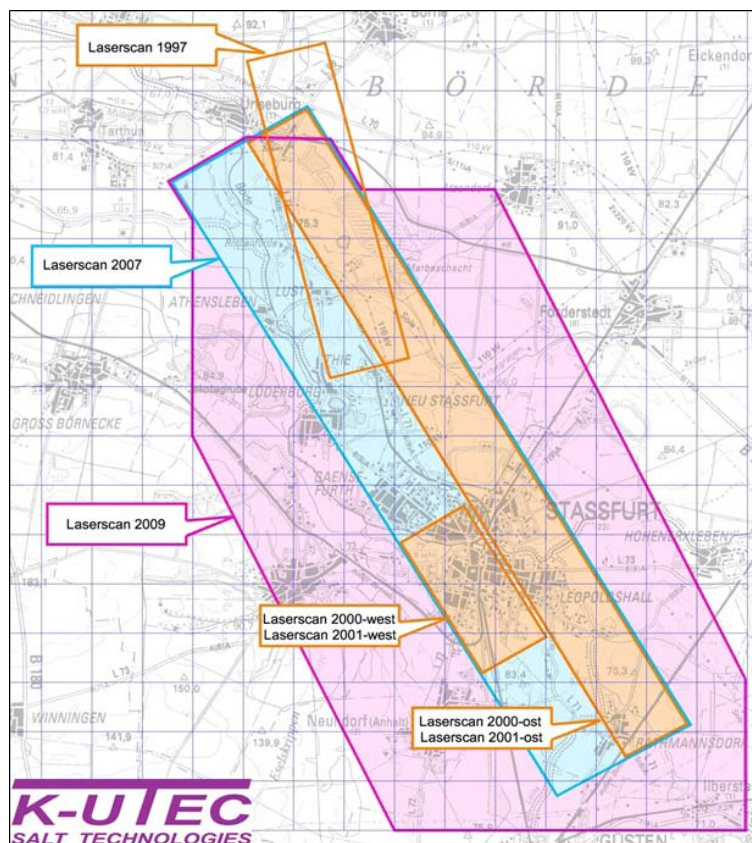


Abb. 1: Befliegungsflächen der LIDAR-Messkampagnen 2000, 2001, 2007 und 2009.

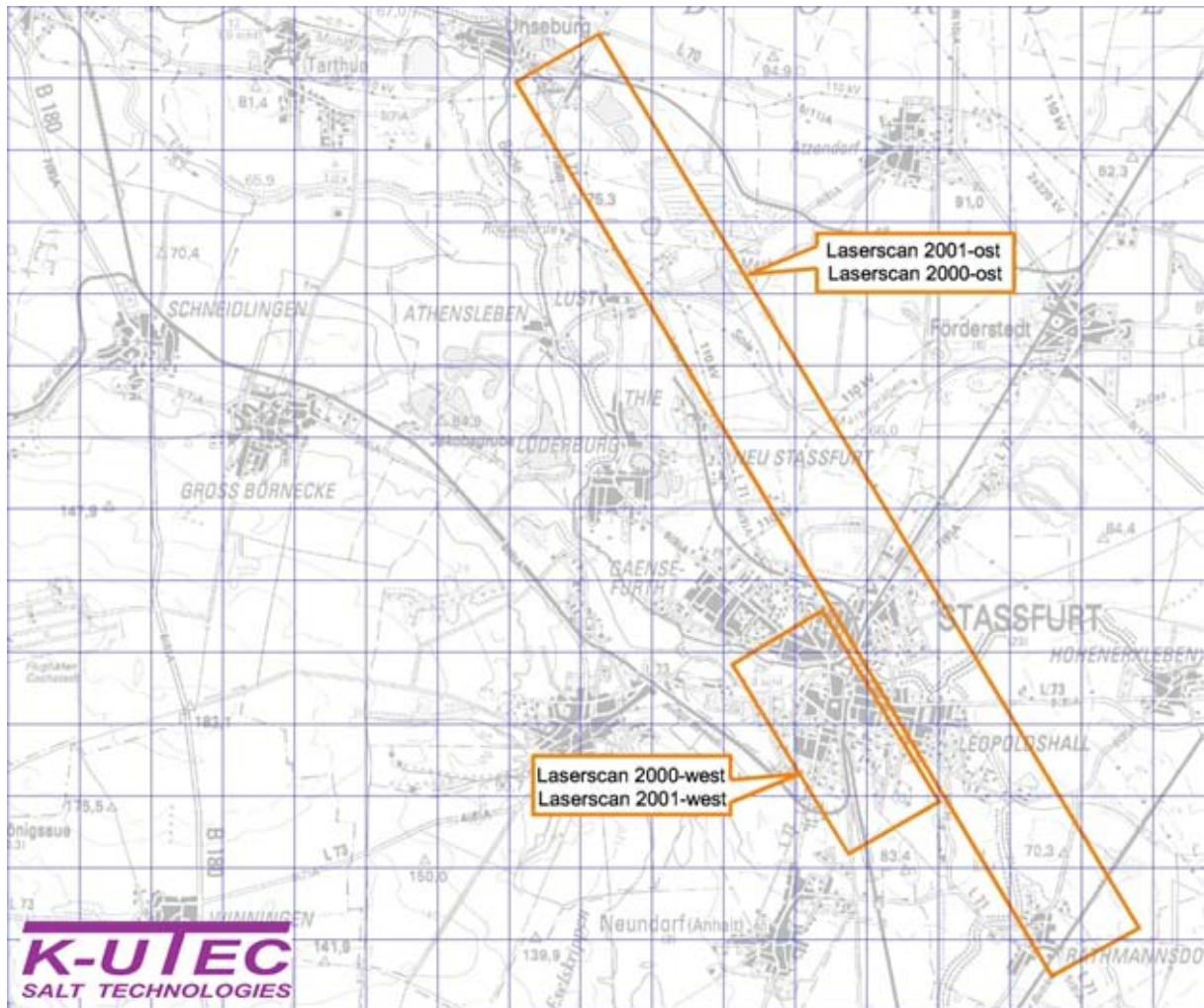
zu gleichen Vegetationsperioden zwischen November und Mitte April, um den Vegetationseinfluss auf die Datenerfassung so gering wie möglich zu halten.

Erfassung der Messdaten

Die Überlappungsbereiche der einzelnen Messkampagnen waren nicht immer identisch. Die folgende Abb. 1 verdeutlicht die Befliegungsgebiete (Befliegungsflächen) zu den unterschiedlichen Befliegungszeitpunkten.

Der Ausschluss des 1997er Befliegungsgebietes war durch die geringe Überdeckung mit den nachfolgenden Kampagnen sowie die Verschiebung des Bezugsniveaus bedingt. Die Unterschiede bei der Datumstransformation wurden zwar nachträglich versucht zu korrigieren (durch TopScan), allerdings räumte das nicht alle möglichen Effekte und Einflüsse aus dem Weg. Bei den vier Befliegungen (2000, 2001, 2007 und 2009) wurde von vornherein mit identischen geodätischen Bezugssystemen gearbeitet. Diese Art der Fehlerquelle konnte so weitestgehend ausgeschlossen werden.

Schwierigkeiten und Verzögerungen in der Auswertung und Bewertung der Messdaten traten zudem durch die Fehlerhaftigkeit (Unvollständigkeit) einzelner Datensätze auf. So musste nach einer ersten, notwendigen Korrektur der 2007er Daten zusätzlich festgestellt werden, dass der Teil einer Datenkachel



fehlte. Die anschließende Nachprozessierung verzögerte die Auswertung erneut.

Für eine sinnvolle und zielgerichtete Bearbeitung der Befliegungsdaten war es unumgänglich, eine gemeinsam erfasste Fläche für alle Befliegungsjahre zu identifizieren, um anhand dieser Auswahlfläche (Abb. 2) die Differenzberechnungen, zur Detektion von möglichen Senkungserscheinungen an der Tagesoberfläche, durchzuführen.

Fehlerbereiche

Um für alle Datensätze eine gemeinsame unveränderlichen Korrekturfläche zu haben, wurde der Sportplatz am Strandbad als Referenzfläche ausgewählt. Diese Kontrollfläche wurden mittels nivellitischen Messungen höhenmäßig erfasst. Die Auswahl dieser Referenzfläche wurde auf Grund der Annahme getroffen, dass der Sportplatz außerhalb der erfassten Senkungsbereiche liegt und zudem eine für die Durchführung der Messungen ausreichende Größe besitzt. Weil die Referenzfläche außerhalb des festgestellten Senkungsbereiches liegt, befindet sie sich innerhalb der Beflie-

gungstreifen. Diese Vorgehensweise ist sonst nicht üblich, um eventuelle veränderliche Einflüsse auf die Referenzfläche auszuschließen.

Eine Analyse der Genauigkeit (Absolutgenauigkeit) basiert auf dem Vergleich der Laserpunkte mit den höhenmäßig erfassten Kontrollflächen. Für alle auf den Kontrollflächen gemessenen Laserpunkte wurde die Höhe aus einem digitalen Höhenmodell interpoliert und mit der gemessenen Laserpunkthöhe verglichen. Durch TopScan wurden die folgenden Standardabweichungen für die Befliegungskampagnen berechnet und wie folgt angegeben (Tab. 1):

Jahr	Standardabweichung in cm
2000	10 - 12
2001	10 - 12
2007	5 - 7,5
2009	5 - 7

Tab. 1: Standardabweichungen der Befliegungskampagnen.

Aus den Standardabweichungen kann schon ein erheblicher Fehler resultieren, aus welchem geschlossen werden muss, dass auftretende Unterschiede in einem

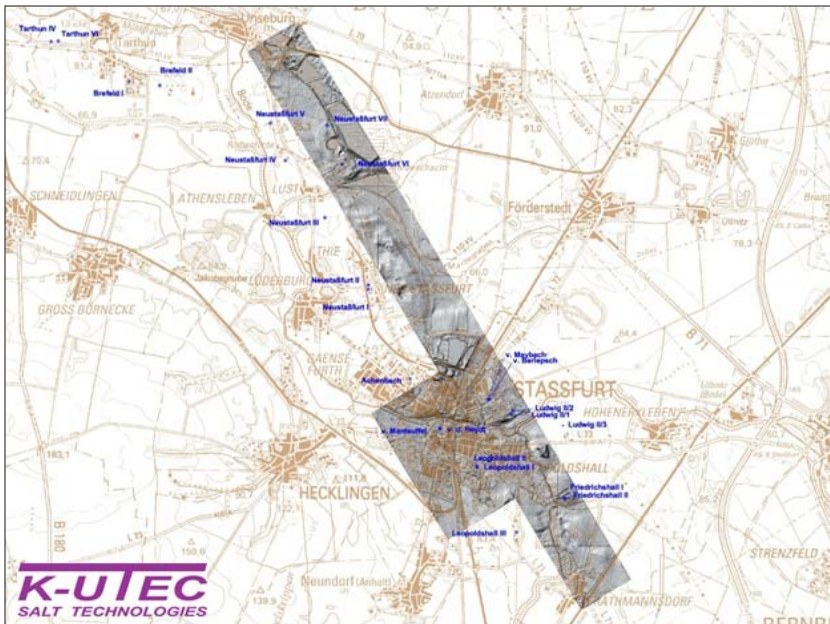


Abb. 3: Shaded Relief Darstellung der Befliegung von 2000. Darstellung des Graustufenbildes mit dem Programmpaket Surfer.

Höhendifferenzenmodell sehr kritisch betrachtet werden müssen. Bei geringen Unterschieden (im cm-Bereich bis zu max. 30 cm) besteht zusätzlich die Gefahr, dass es sich bei den Höhenunterschieden nicht um Geländeänderungen, sondern um Fehlertoleranzen innerhalb der Befliegungsdaten handelt.

Vorgehensweise der Auswertung

Die Auswertung der Datensätze durch K-UTEC erfolgte nach der Bearbeitung der Messdaten durch die TopScan GmbH. Nach der Korrektur der gemessenen Daten bezüglich der vorliegenden Referenzpunkte und terrestrischen Messungen wurden die Daten auf ihre Konsistenz zueinander überprüft. Die weitere Datenprozessierung und Auswertungen wurden durch die K-UTEC AG Salt Technologies vorgenommen.

Für eine erfolgreiche Verarbeitung der Daten mussten dazu die unterschiedlichen Ergebnisse der Befliegungszeiträume zunächst auf einheitliche Gridraster transformiert werden. Aus den vorliegenden Rasterdaten wurden dann digitale Geländemodelle (DGM) in Form von schattierten Graustufenbildern (Shaded Relief Karten) je Datensatz generiert (Abb. 3).

Durch die Verschneidung der LIDAR- Datensätze sollten in einem weiteren Schritt Höhendifferenzenmodelle erzeugt zwischen den Datensätzen der Einzelbefliegungen erzeugt werden. Aus diesen sollten wesentliche Informationen zu Oberflächen-senkungen, die in der betrachteten Zeitspanne auftraten, im Modellraum hervor gehen.

Die Möglichkeiten zur Erstellung von Höhendifferenzenmodellen war durch die hohe Datenanzahl und einer bis zu diesem Zeitpunkt einsetzbaren 32 Bit Version des Programmes Surfer erheblich eingeschränkt.

Bereits zu einem fortgeschrittenen Projektzeitpunkt wurde beschlossen, eine weitere Soft-

ware zur Auswertung der vorliegenden Daten zu testen und zu verwenden. Dieses Programmpaket SAGA LIS (LIS Desktop) stand zuerst in einer 32 Bit Version zur Verfügung. Die Berechnungen wurden anfänglich mit größeren Gridrastern bearbeitet (1,5 m und 1,0 m) um

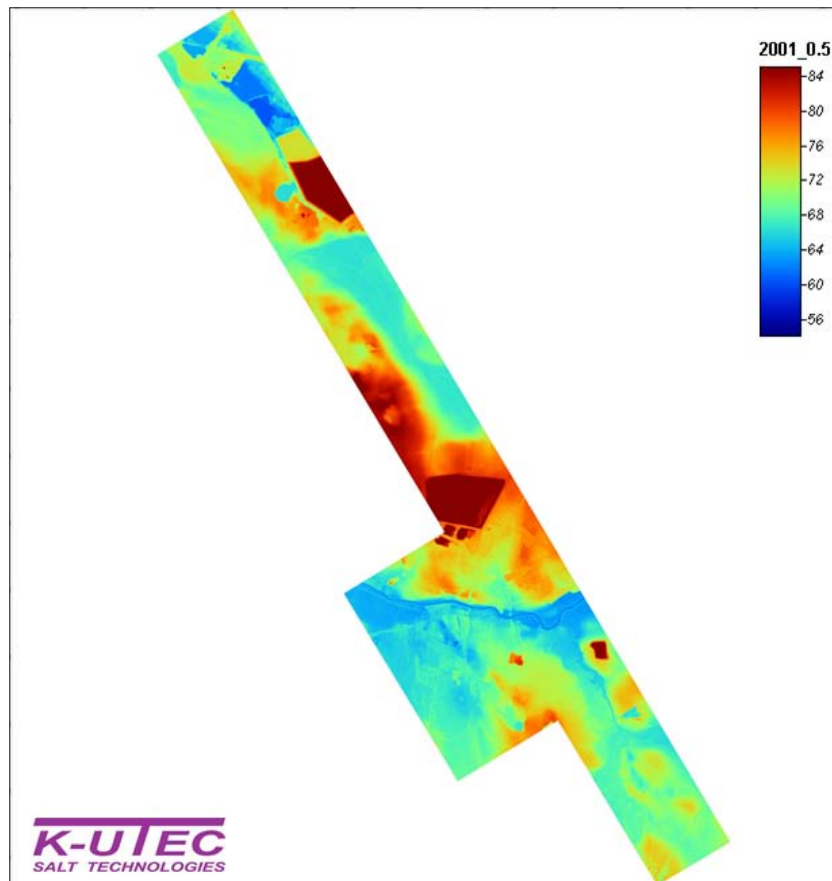


Abb. 4: Höhenmodellldarstellung des Befliegungsjahres 2001.

dieser 32 Bit Version Rechnung zu tragen und eine zügige Auswertung zu ermöglichen.

Die zu behandelnden Datenmengen wurden jedoch auch für diese Variante der Auswertung schnell zu groß. Es war ersichtlich, dass die Datenmengen mit einer 64 Bit Version des Programmes besser zu handhaben und zu bearbeiten waren. Die 64 Bit Version stand schließlich seit Juni 2010 zur Verfügung.

Nach der Zusammenstellung der Einzeldatensätze zu geschlossenen Datenmengen und der Transformierung der ursprünglichen ASCII-Datensätze in ein LIS Desktop taugliches Format (LIS Grids) auf ein 0,5 m Gridraster, erfolgte die Anpassung der darzustellenden Auswahlfläche und die Generierung von Höhendarstellungen der Einzeljahre (Abb. 4).

Darstellung und Interpretation der Höhendifferenzenmodelle

Im Anschluss an diesen Bearbeitungsschritt erfolgte die Berechnung der Höhendifferenzen zwischen den Befliegungszeitpunkten. Aus ihnen wurden die Höhendifferenzenmodelle mit dem Programm LIS Desktop mit einer Rasterweite von 0,5 m erzeugt.

Für die Interpretation wurden folgende Höhendifferenzenmodelle erzeugt:

- 2001 – 2000 (Abb. 5),
- 2007 – 2000 (Abb. 6),
- 2009 – 2000 (Abb. 7),
- 2007 – 2001 (Abb. 8),
- 2009 – 2001 (Abb. 9),
- 2009 – 2007 (Abb.10).

Auffällig und gut zu erkennen ist in jeder Darstellung der geographische Verlauf des Flusses Bode als Orientierungshilfe zu erkennen. Auf Wasserflächen (wie zum Beispiel auch im Fall des „Strandbades“) ist die Laserscanningmethode nicht

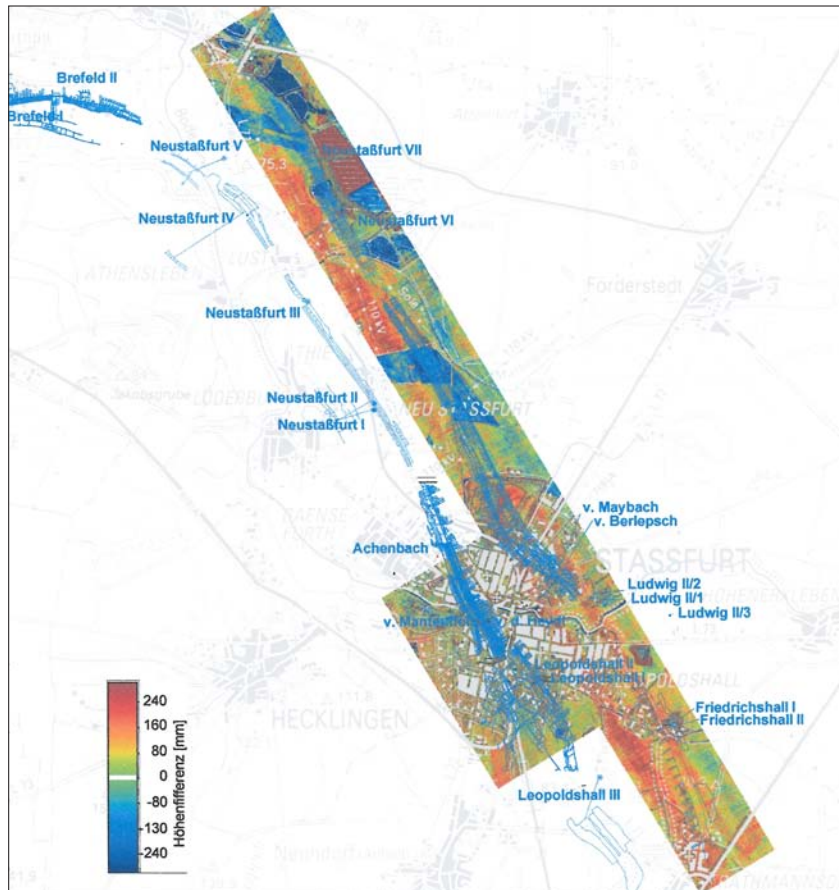


Abb. 5: Höhendifferenzenmodell 2001 – 2000

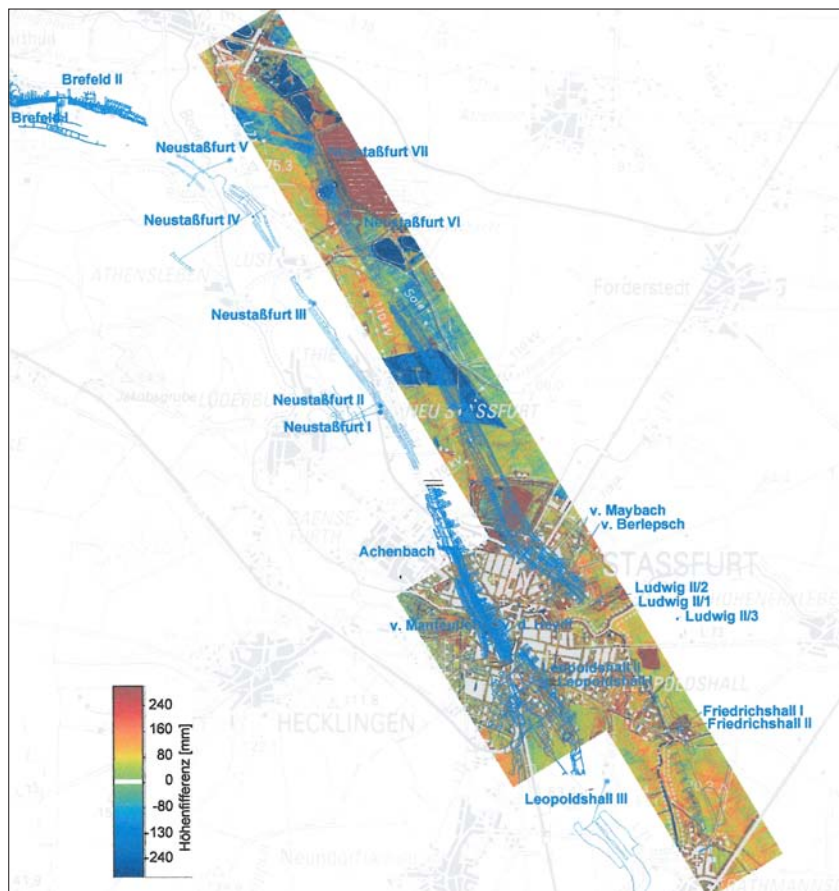


Abb. 6: Höhendifferenzenmodell 2007 – 2000

funktionskräftig einzusetzen. Als wesentlichen Grund kann die fehlende Reflexionswirkung von Wasser sowie die stark veränderliche und bewegliche Oberfläche von Wasserkörpern angenommen werden.

Gesamtfläche

Bei der Überprüfung der Höhendifferenzenmodelle wurden die unterschiedlichen Qualitäten der Daten deutlich. So stellen sich für alle Ergebnisse, welche mit dem Datensatz 2000 berechnet wurden, Flächen heraus, die sehr starke Unterschiede aufweisen.

Im Zuge einer durchgeführten Ursachenforschung wurde dabei von der TopScan GmbH die Aussage getroffen, dass durch unterschiedliche Streifenüberlappungen Höhendifferenzen von 10 cm bis 15 cm mit einem Rauschen erklärt werden können. Da die technischen Bedingungen zu den verschiedenen Befliegungszeiten unterschiedlich waren, können dabei bis zu 30 cm Unterschied verursacht werden. Weiterhin stellt sich eine landwirtschaftlich genutzte Fläche für den Laser unterschiedlich dar, wenn es sich dabei um einen frisch geackerten Boden, ein Stoppelfeld oder eine glatte Ackerfläche handelt. Abgesehen von den Auftragsanomalien lassen sich sonst leichte großflächige Senkungen für die Befliegungsflächen ableiten.

Die Berechnungsergebnisse der Datensätze mit den Resultaten der 2001er Messungen weisen auffällig streifenförmige Übergänge auf, welche mit den Flugrichtungen korrelieren. Diese Streifen liegen in einem Toleranzbereich von 20 cm Versatz. In einem ungünstigen Fall für die vorangegangene Fehlerabschätzung liegen diese Werte in einem Bereich, der ohne Mess-, Korrektur- und Berechnungsfehler auftreten kann. Die Korrektur

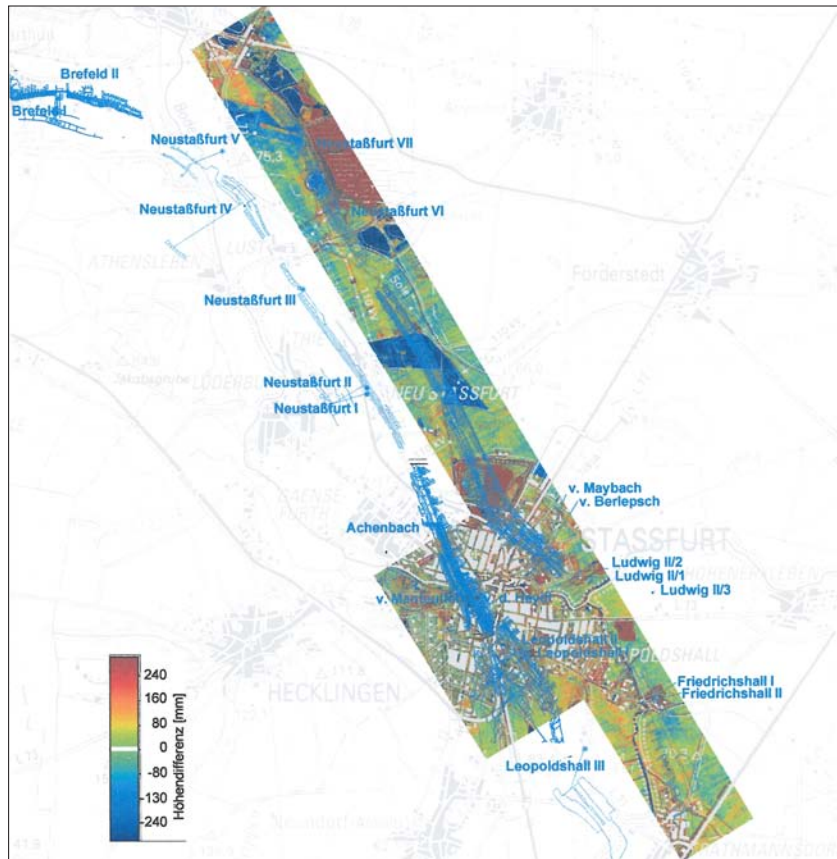


Abb. 7: Höhendifferenzenmodell 2009 – 2000

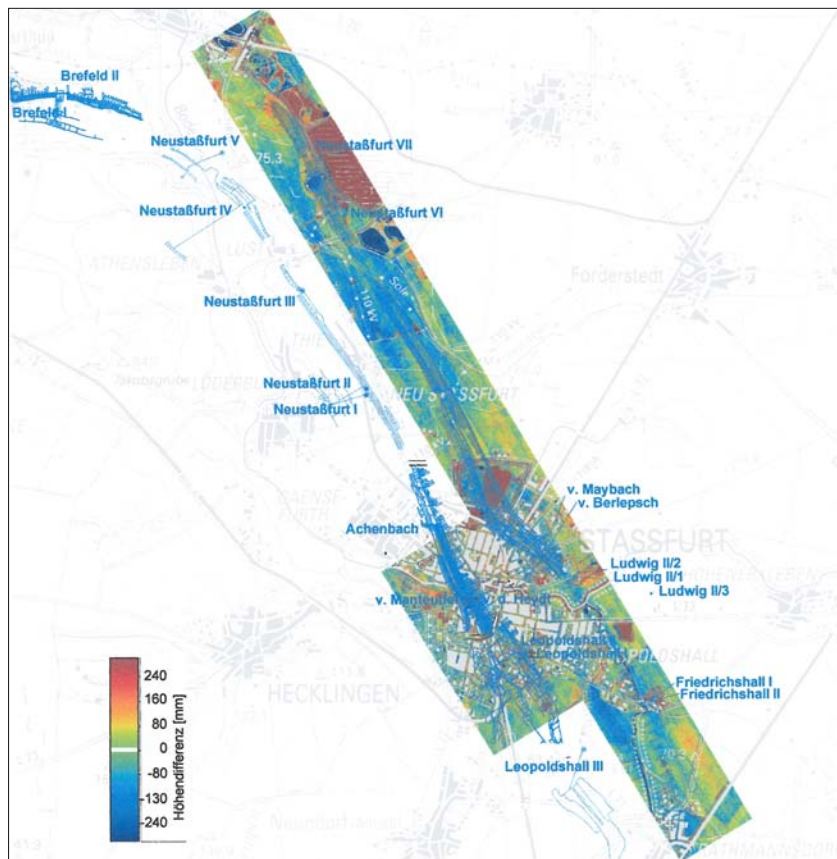


Abb. 8: Höhendifferenzenmodell 2007 – 2001

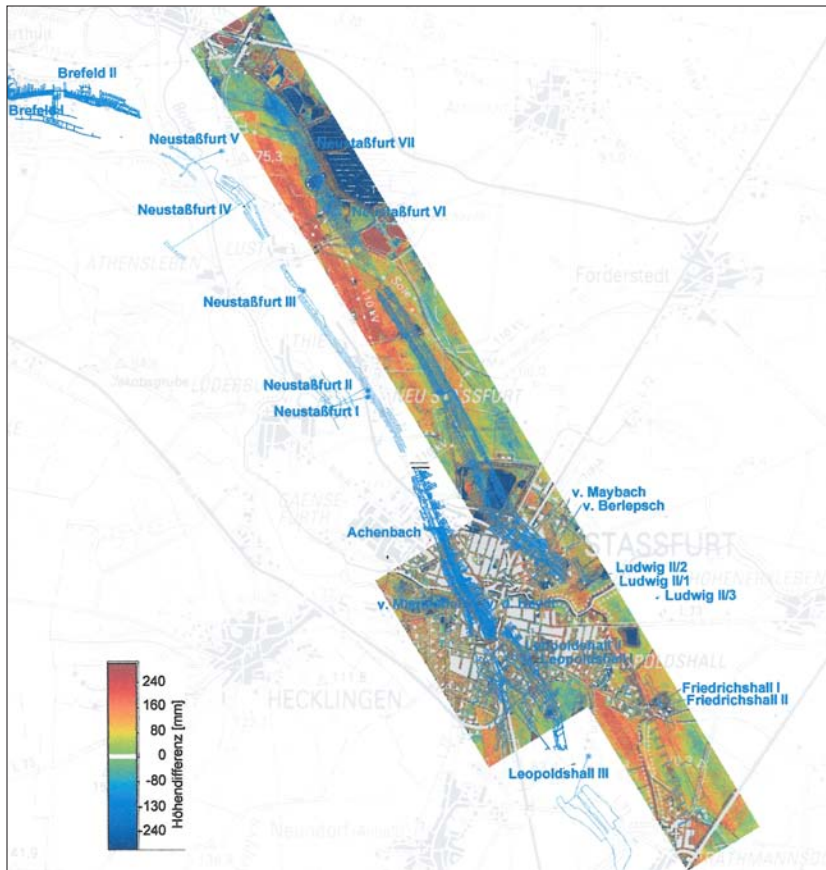


Abb. 9: Höhendifferenzmodell 2009 – 2001

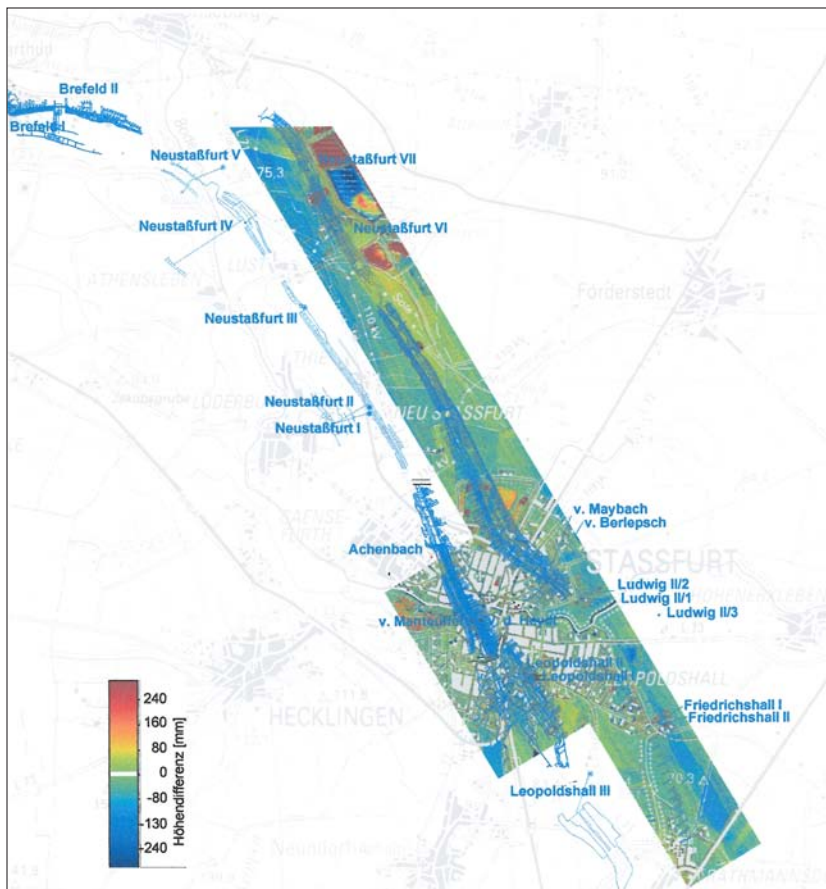


Abb. 10: Höhendifferenzmodell 2009 – 2007

der 2001er Daten war durch die eingesetzten technischen Möglichkeiten als noch schlechter einzuschätzen als für die nachfolgenden Kampagnen 2007 und 2009.

Das Höhenmodell 2009 - 2007 weist ebenfalls Streifen auf, welche mit den Fluglinien korrelieren, diese sind allerdings wesentlich schwächer ausgeprägt.

Auswahlfläche Stadtgebiet Staßfurt

Im Stadtgebiet der Stadt Staßfurt kann der Fehler als kleiner eingeschätzt werden, da die Stadt näher an der Korrekturfläche „Sportplatz“ liegt. Weiterhin können die vegetationsbedingten Unterschiede mit großer Wahrscheinlichkeit vernachlässigt werden. Allgemein sind in der Zwischenzeit der Messflüge bauliche Maßnahmen in der Stadt erfolgt, welche bei den flächenhaften Modellen als Einzelanomalien deutlich erkennbar sind.

Für die Beschreibung einer Auswahlfläche im Bereich des Stadtgebietes Staßfurt wird die Differenz der Datensätze von 2000 und 2009 verwendet. Diese Differenz stellt die größte zeitliche Differenz von Befliegungszeitpunkten dar. Im Höhendifferenzmodell 2009 - 2000 (Abb. 11) ist ein, nicht mit den Streifen der Flugrichtung korrelierender, Bereich in der Stadtmitte erkennbar, welcher einen Senkungsbereich anzeigt. Der schwarz umrahmte Bereich zeigt in der Abbildung das durch terrestrisches Nivellement nachgewiesene Senkungsgebiet an. Die Senkungscharakteristik wird aber immer wieder von anderen städtischen Rückstreungen unterbrochen. Damit erscheint das Bild der Senkungsmulde als diffuse Wolke. Sie wird als zentraler Senkungsbereich (Haupt-senkungsgebiet im Stadtbereich)

definiert.

Im Höhendifferenzenmodell 2009 - 2001 (Abb. 12) hingegen ist wieder ein Streifenmuster erkennbar, welches mit den Flugrichtungen korreliert. So tragen schlecht korrigierbare Fehler dazu bei, dass bei den nur geringen Senkungen die Messungen kaum brauchbare Ergebnisse liefern können.

Korrelation mit anderen Methoden

Vergleich der Höhendifferenzenmodelle mit den Ergebnissen der Gravimetrie

Im Bergschadensgebiet Staßfurt wurden im Rahmen des Verbundvorhabens gravimetrische Messungen ausgeführt und dabei eine Messung aus dem Jahre 1973 überdeckt. Die Differenz der beiden Ergebnisse ist in Abb. 13 dargestellt. Im Bericht von Seidel (2010) wird beschrieben, dass die überwiegend negativen Differenzen keine direkte Korrelation zur Form der Senkungsmulde erkennen lassen.

Eine negative Differenz könnte mit einer Massenzunahme und damit mit einer Absenkung durch Verschließen von Hohlräumen im Untergrund erklärt werden. Positive Differenzen müssen mit einer Massenabnahme, also einer Vergrößerung von Hohlräumen oder Auflockerung, korrelieren. Dafür gibt es aber keine verlässlichen Anhaltspunkte.

Die differierenden Anomalien befinden sich ebenfalls in der Zone der LIDAR Höhendifferenzenmodelle, welche Absenkungen im Rahmen ihrer Fehlerbereiche andeuten. Eine direkte Korrelation der Differenzen beider Verfahren ist nicht erkennbar bzw. nicht

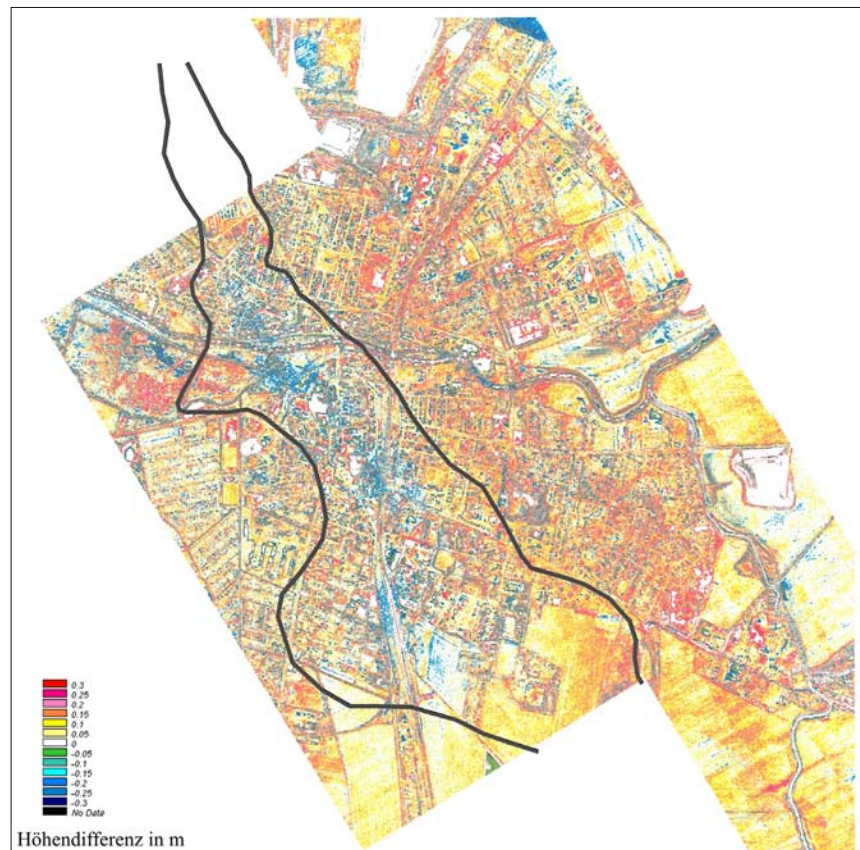


Abb. 11: Höhen­differenzenmodell 2009 – 2000 für den Stadtbereich Staßfurt.

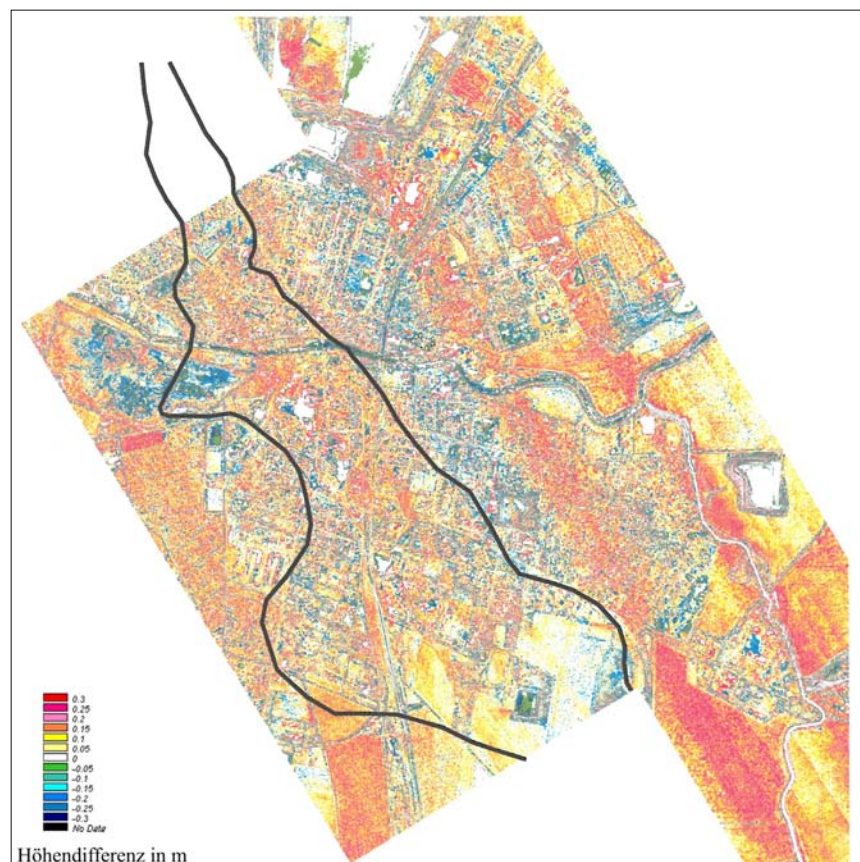


Abb. 12: Höhen­differenzenmodell 2009 – 2001 für den Stadtbereich Staßfurt.

möglich. Dies wird aber auch durch die Datenqualität beider Messmethoden im Stadtgebiet im Rahmen des Verbundprojektes eingeschränkt.

Vergleich der Höhendifferenzenmodelle mit den PS INSAR und Nivellement-Ergebnissen

Die Ergebnisse der PS INSAR Messungen aus dem Stadtgebiet Staßfurt weisen im Kernbereich der Anomalien der terrestrischen Nivellementmessungen Senkungsgeschwindigkeiten $>6,5$ mm/a auf (Abb. 14). Bei einer gleichbleibenden Senkungsgeschwindigkeit würde daraus in 10 Jahren eine Absenkung von <10 cm resultieren.

Die vergleichenden Nivellementmessungen weisen teilweise höhere Senkungsraten bis 17,5 mm/a auf. Im Durchschnitt würden sich daraus bis zu 15 cm Senkung im letzten Jahrzehnt ableiten lassen. Die größten Senkungsraten korrelieren sehr gut mit dem Grubengebäude unter der Stadt und auch mit den Ergebnissen des Höhendifferenzenmodells 2009 - 2000 im Stadtgebiet.

In dieser Hinsicht sind die Ergebnisse der drei Vermessungsverfahren stimmig, auch wenn sie noch in der Fehlertoleranz der LIDAR Daten liegen.

Bewertung der Messmethodik

Die Messmethodik LIDAR (Laserscanning) ist prinzipiell in der Lage Senkungsanomalien darzustellen. Die Aufgabenstellung der Erfassung jeglicher Senkungserscheinungen kann allerdings nur eingeschränkt erfüllt werden.

Der Vorteil der Methodik liegt in seiner flächenhaften Erfassung des Untersuchungsgebietes und der hohen Datendichte. Die Methodik hat wie alle luftgestützten Methoden zudem den Vorteil, dass terrestrisch verursachte Schwierigkeiten, wie Absperrungen und andere Hindernisse, keine Einwirkungen auf die Durchführbarkeit der Messungen haben. Die Messungen selber sind relativ schnell ausführbar. Grundsätzlich werden die Messungen in der vegetationsfreien Periode eines Jahres durchgeführt.

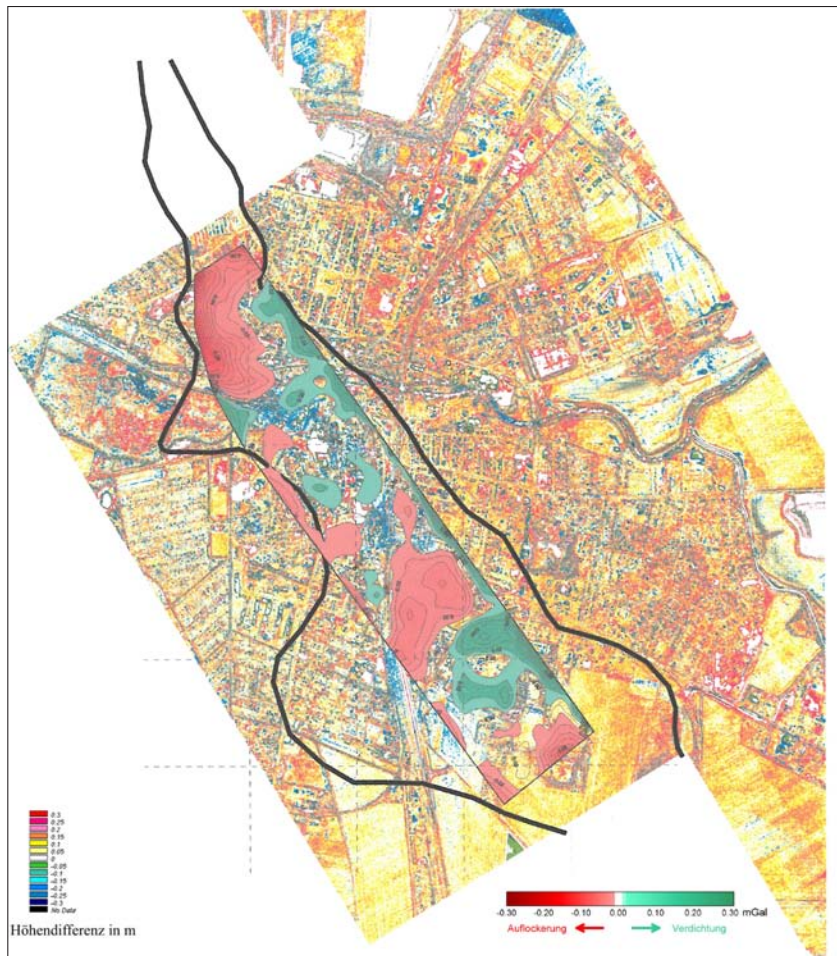


Abb. 13: Höhendifferenzenmodell 2009 – 2000 Stadt Staßfurt Gravimetrie-Differenz-Ergebnissen

Vorteile hat die Methode gegenüber Satelliten gestützten Vermessungen im nicht urbanen Gebiet, da sie ohne extra aufgestellte Reflektoren auskommt. Allerdings sind hier die Fehler, welche durch Vegetation oder Landwirtschaftliche Nutzung verursacht werden am höchsten. Im Stadtgebiet hat die Satelliten Interferometrie mit den erhöhten Möglichkeiten von Reflektoraufstellungen und der höheren Genauigkeit wesentliche Vorteile.

Der Nachteil der untersuchten und eingesetzten Methodik ist die, für die Aufgabenstellung, hohe Fehlertoleranz gegenüber einer terrestrischen Nivellementmessung. In den vergangenen Jahren hat sich der Fehler in der eigentlichen Messung mehr als halbiert. Es ist anzunehmen, dass in Zukunft der Messfehler noch weiter reduziert werden kann. Ein Fehler von mehr als 10 cm ist allerdings bei Senkungen im selben Größenbereich nicht ausreichend, um verlässliche Aussagen zu treffen.

Grundsätzlich kann die Methode des Laserscannings (LIDAR) als geeignete Methode bezeichnet werden, um in der Kombination mit weiteren Vermessungs-

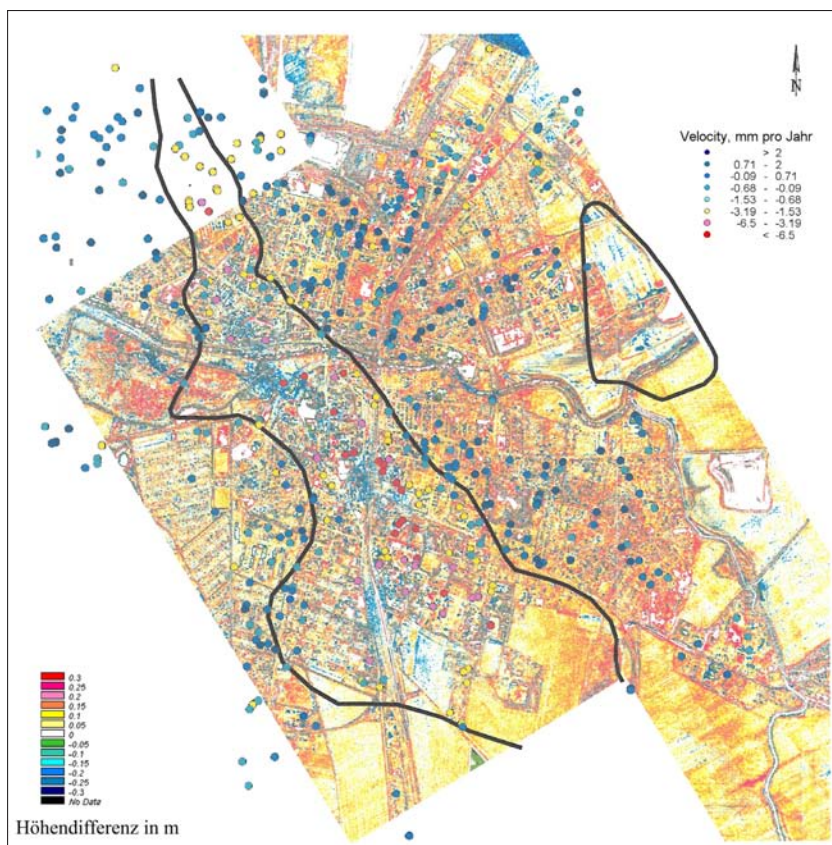


Abb. 14: Höhendifferenzenmodell 2009 – 2000 Stadt Staßfurt mit terrestrischen Nivellement und PS INSAR Ergebnissen

verfahren, als Monitoringsystem in einem senkungs- und bruchgefährdeten Gebiet eingesetzt zu werden. Nur durch die Verbindung verschiedener Methoden lassen sich Fehlerquellen reduzieren und annähernd verlässliche Ableitungen und Aussagen treffen.

Schriftenverzeichnis

Seidel, K. (2010): Gravimetrische Messung im Senkungsgebiet von Staßfurt. – Bericht GGL, xxx S.; Leipzig.

TOPSCAN (2009): Bericht zur Laserscannermessung Staßfurt – Befliegung 2009.

TOPSCAN (2007): Bericht zur Laserscannermessung Staßfurt/Westeregeln – Befliegung 2007.

TOPSCAN (2001): Bericht zur Laserscannermessung Staßfurt/Westeregeln – Befliegung 2001.

TOPSCAN (2000): Bericht zur Laserscannermessung Staßfurt/Westeregeln – Befliegung 2000.

TOPSCAN (1997): Bericht zur Laserscannermessung Staßfurt – Befliegung 1997.