

# Zwischen Berg und tiefem Tal

**Dr. Markus Nielbock**

**10.10.2016**



**Altersspanne:**

14 – 19 Jahre

**Dauer:**

ca. 60 bis 90 Minuten

**Materialien:**

Die Anzahl der einzelnen Objekte richtet sich nach der Anzahl der teilnehmenden Schüler. Ein Satz beinhaltet:

- Arbeitsblätter mit Hintergrundinformationen
- Höhenmodell in der Kiste
- Holzspieße
- Zollstock, Metermaß, Maßband
- Farbige Stifte
- Taschenrechner
- Kariertes oder Millimeterpapier
- Computer mit MS Excel (Version 2010 oder höher)

**Stichworte:**

Fernerkundung, Erdbeobachtung, Radar, Höhenmessung, Satelliten, Copernicus, Sentinel

**Zusammenfassung:**

Die Schüler lernen, wie aus Höhenmessungen mittels Radarsatelliten Karten erstellt werden können. Hierzu wird ein Landschaftsmodell, das sich versteckt in einem Behälter befindet, systematisch mit einem Messstab ausgemessen. Die Höhendaten des Messgitters werden anschließend auf drei verschiedenen Wegen in Karten übertragen.

**Lernziele:**

Die Schüler lernen, konzentriert und präzise zu messen und die Daten grafisch wieder zu geben. Sie entwickeln ein Gefühl für Messgenauigkeiten und wenden teilweise die Methode der linearen Interpolation an. Eine Teilaufgabe schult ihren Umgang mit EDV-Techniken zur Darstellung von Daten. Die Schüler werden zudem verstehen, wie Karten aus Messungen mit Radarsatelliten erstellt werden.

# 1 Hintergrundinformation

## 1.1 Fernerkundung

Als Fernerkundung (engl. remote sensing) bezeichnet man Messmethoden zur Vermessung und Analyse der Erde vom Weltall aus. Neben den klassischen Messungen *in situ* (lat. am Ort) wie Wetterstationen, Landvermessung oder Probenentnahmen stellen Satellitenmessungen eine immer wichtigere und ergänzende Quelle von Messdaten dar. Der Vorteil ist, dass man große Gebiete umfassend und schnell abdecken kann. Ein Nachteil ist jedoch, dass Satellitendaten oft nicht einfach zu interpretieren sind und einer aufwendigen Bearbeitung bedürfen.

Die gebräuchlichsten Fernerkundungsapparaturen sind Wettersatelliten, die durch geeignete Sensoren neben der Wolkenverteilung auch Daten zu Temperaturen, Windrichtungen und Windschwindigkeiten, Gewässerpegel oder Schneehöhen liefern. Mit dem fortschreitenden Klimawandel spielen zunehmend auch andere Anwendungsbereiche eine wichtige Rolle, wie Katastrophenmanagement bei Dürren und Überschwemmungen, Klimasimulationen, atmosphärische Gaskonzentrationen und Vegetationsmonitoring. Aber auch Aspekte wie Stadt- und Landschaftsplanung profitieren von Satellitendaten.

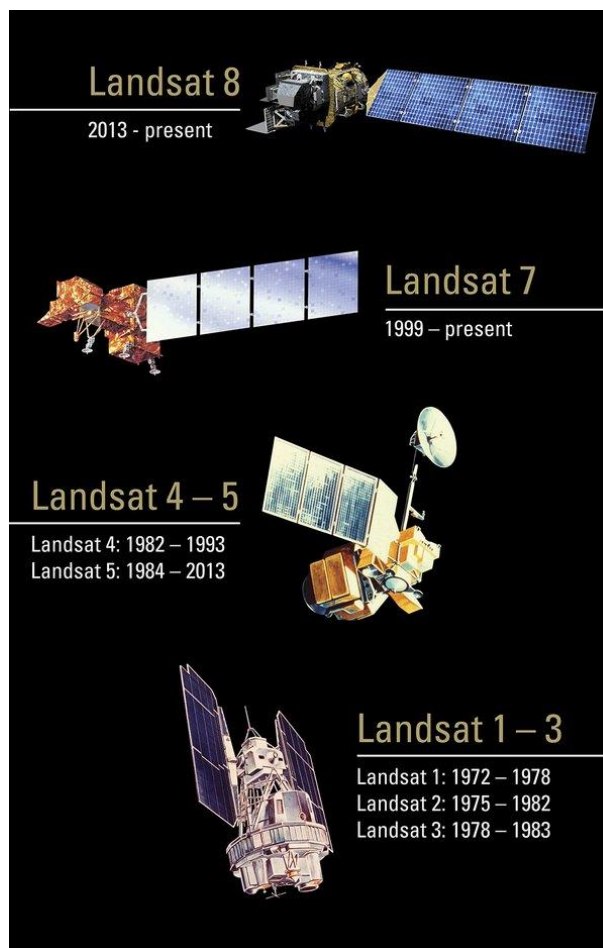


Abbildung 1: Übersicht der Landsat-Erdbeobachtungssatelliten der NASA.

Die ersten Wettersatelliten wurden bereits 1960 von der NASA bereitgestellt. Anfang der 1970er Jahre begann ebenfalls die NASA mit dem Einsatz von Erdbeobachtungssatelliten der Landsat-Reihe (Abbildung 1).

Auf europäischer Seite begann zunächst Frankreich mit seinen SPOT-Satelliten, und ab Anfang der 1990er Jahre nach Gründung der ESA der größte Teil Europas mit Programmen zur Erdbeobachtung.

## 1.2 Das Copernicus-Programm

Bereits seit 1997 betreiben die USA mit der NASA ein umfassendes Programm zur Erdbeobachtung namens *Earth Observation System*, das aus einer Vielzahl von Satelliten besteht. Seit 1998 wurde das europäische Pendant, das *Global Monitoring for Environment and Security* (GMES) entwickelt. 2012 wurde das Programm in *Copernicus* umbenannt. Aus den gewonnenen Daten werden Informationsprodukte in sechs verschiedenen Themenbereichen gewonnen und kostenfrei für Jedermann zur Verfügung gestellt.



Die Themenbereiche umfassen Landüberwachung, Überwachung der Meeresumwelt, Katastrophen- und Krisenmanagement, Sicherheit, Überwachung der Atmosphäre und Überwachung des Klimawandels.



Abbildung 2: Computergrafik des am 3. April 2014 gestarteten Sentinel-1A-Satelliten (ESA).

Die Datenprodukte werden gespeist von den weltraumgestützten Beobachtungssystemen (Satelliten-Komponente), sowie von Flugzeugen, boden- oder seegestützten Beobachtungsinfrastrukturen (In-Situ-Komponente). Das Herzstück der Satelliten-Komponente sind die eigens für *Copernicus* gebauten Sentinel-Satelliten. Ergänzt werden die Daten der Sentinels durch die Daten weiterer nationaler und kommerzieller beitragender Missionen, inklusive bereits existierender Satelliten zur Erdbeobachtung. Der erste Satellit der Sentinel-Flotte (Sentinel-1A) wurde 2014 ins All gestartet. 2015 folgte Sentinel-2A und zuletzt Sentinel-3A.

## 1.3 Radar-Altmetrie

Die Radar-Altmetrie (Höhenmessung) ist ein Verfahren zur Erfassung von Höhenunterschieden auf unterschiedlichen Untergründen. Das Radar (Radio Detection and Ranging; Funkortung und Abstandsmessung) ist das Standardmessverfahren, um Höhen auf der Erde zu messen. Dabei werden sehr kurze Pulse (einige 10 Pikosekunden,  $1 \text{ ps} = 10^{-12} \text{ s}$ ) von Radiowellen im Frequenzbereich von einigen GHz vom Satellit ausgesandt, von der Erde reflektiert und wieder empfangen. Die Laufzeit gibt Auskunft über die Höhendifferenz zwischen Erdoberfläche und dem Satelliten. Das Signal beinhaltet zudem Informationen über die Bodenbeschaffenheit, da je nach Konsistenz die Radiosignale unterschiedlich stark reflektiert werden.

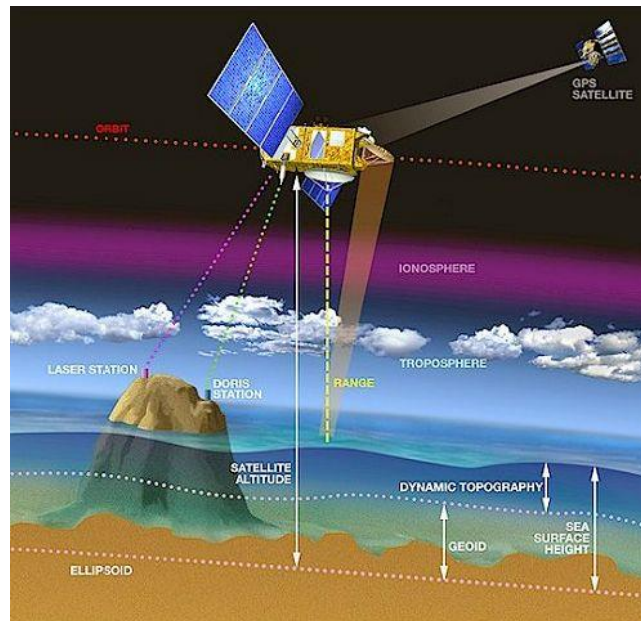
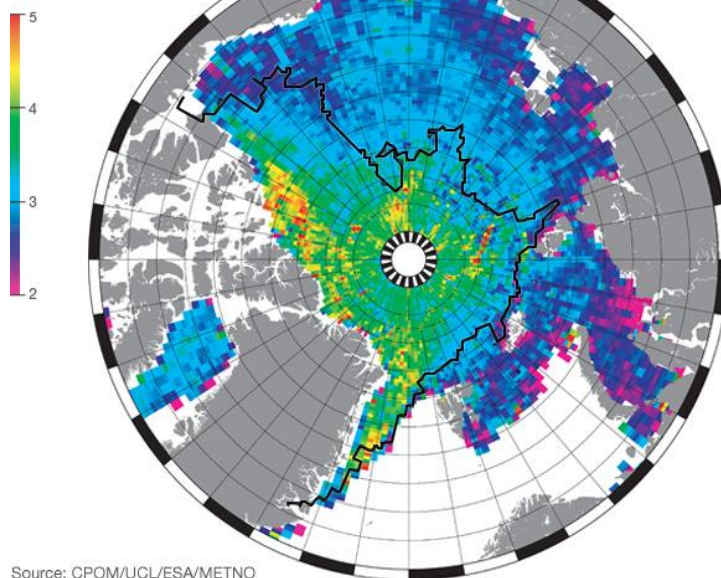


Abbildung 3: Darstellung des Prinzips der Radar-Altmetrie (ESA)

Satelliten, die diese Messmethode anwenden, sind beispielsweise Envisat, Jason-1 sowie Sentinel-3A. Im Gegensatz zu den fotografischen Satelliten sind Radarsatelliten vom Wetter und Tageslicht unabhängig. Die Radiowellen durchdringen Wolken und können daher selbst bei dichter Wolkenbedeckung die Erdoberfläche untersuchen. Wegen der im Vergleich zum sichtbaren Licht relativ großen Wellenlänge ist die räumliche Auflösung jedoch im Allgemeinen geringer. Spezielle Mess- und Auswertemethoden können diesen Nachteil jedoch teilweise kompensieren.

Arctic sea-ice thickness Jan-Feb 2011

■ Extent of multi-year ice  
Ice thickness, in metres



Source: CPOM/UCL/ESA/METNO

Abbildung 4: Eine aus Daten des CryoSat-2 gewonnene Karte der Höhenverteilung des arktischen Meereises (Quellen: [BBC News, 21. Juni 2011](#); [CPOM/UCL/ESA](#)).



Ein heute wichtiges Arbeitsfeld ist die Variation von Eisdicken im Meer und auf dem Land. Die Ergebnisse geben Aufschluss über den fortschreitenden Klimawandel und der Menge an tauendem Eis. Ein Satellit, der genau diese Messungen durchführt, ist der europäische CryoSat-2.

Aus den gewonnenen Messungen erzeugt man u. a. topografische Karten, die Informationen zu den Höhen enthalten.



## 1.4 Höhenkarte mittels Falschfarben

Karten sind gewöhnlich zweidimensionale Aufsichten mit ebener Anordnung von Landmarken und Objekten wie Straßen, Orte und Grenzen. Eine einfache Möglichkeit, Höhen anzuzeigen, ist eine Kodierung mittels Farben (Abbildung 4). Dabei erhalten Höhenwerte innerhalb eines festzulegenden Intervalls eine Farbe zugeordnet. Somit erhält man eine Übersicht der Höhenverteilungen in derselben räumlichen Auflösung wie die Messpunkte.

Im nachfolgenden Beispiel sei ein Gelände mit 4 x 4 gleichmäßig verteilten Messpunkten abgedeckt vermessen worden. Die gemessenen Höhen sind in Tabelle 1 dargestellt. Die Einheiten sind in diesem Beispiel unerheblich, so dass lediglich Zahlenwerte aufgeführt sind.

Tabelle 1: Raster der simulierten Höhenmessungen. Die Zahlen geben die Höhen in beliebigen Einheiten wieder.

|         | Spalte 1 | Spalte 2 | Spalte 3 | Spalte 4 |
|---------|----------|----------|----------|----------|
| Zeile 1 | 1        | 4        | 7        | 10       |
| Zeile 2 | 2        | 5        | 8        | 11       |
| Zeile 3 | 2        | 7        | 12       | 17       |
| Zeile 4 | 3        | 6        | 12       | 24       |

Überträgt man diese Werte in eine Falschfarben-Höhenkarte, erhält man ein Resultat wie in Abbildung 5.

|   |   |    |    |
|---|---|----|----|
| 1 | 4 | 7  | 10 |
| 2 | 5 | 8  | 11 |
| 2 | 7 | 12 | 17 |
| 3 | 6 | 12 | 24 |

Abbildung 5: Falschfarben-Höhenkarte der simulierten Messung. Die Verteilung der Farbwerte entspricht dem Koordinatengitter der Messpunkte. Die Farben entsprechen den Zahlengruppen 2-4, 5-7, 8-10, 11-13, usw.

## 1.5 Höhenlinien

Um die Höhe anzugeben, werden insbesondere bei topografischen Karten Linien eingezeichnet, die Bereiche mit gleicher Höhe angeben. Ein Beispiel dafür zeigt Abbildung 6, die sowohl Höhen über dem Meeresspiegel als auch Tiefen im Meer durch Linien gleicher Höhe angibt.

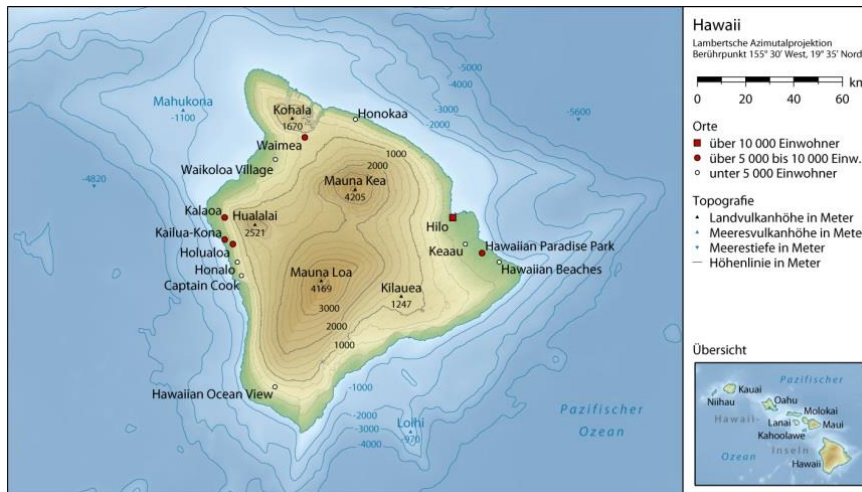


Abbildung 6: Beispiel einer topografischen Karte mit Höhenlinien (San Jose, [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hawaii\\_gmt\\_de.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hawaii_gmt_de.jpg), „Hawaii gmt de“, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>).

Man muss sich Höhenlinien so vorstellen, dass sie horizontale Schnitte durch die Landschaft anzeigen. Die Höhenlinien sind dann die äußeren Schnittlinien (siehe Abbildung 7). Durch Interpolation und geeignete Zeichnung der Höhenlinien kann die Verteilung der Höhen mit einer guten Auflösung bestimmt werden, deren errechnete Punkte zudem nicht notwendigerweise der starren Positionierung der Messpunkte folgen.



Abbildung 7: Schematische Darstellung zur Erzeugung der Höhenlinien in einer Karte ([Geoline](#), Bayerische Vermessungsverwaltung).

Aus der Geometrie der Höhenlinien lassen sich verschiedene Geländemerkmale ablesen. So sind die Steigung oder das Gefälle dort am stärksten, wo die Höhenlinien besonders eng verlaufen.

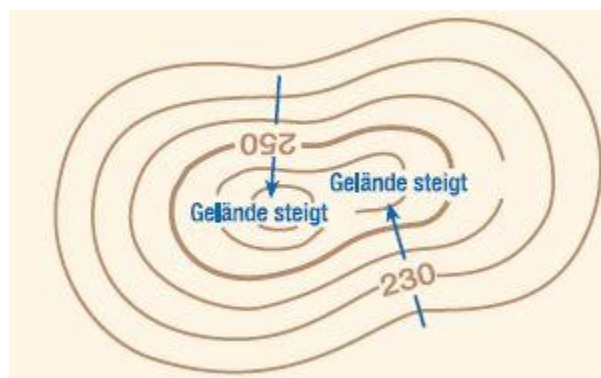


Abbildung 8: Höhenvariationen verlaufen senkrecht zu den Höhenlinien. Je enger sie zueinander verlaufen, desto steiler ist das Gelände ([Geoline](#), Bayerische Vermessungsverwaltung).

Geschlossene Höhenlinien zeigen einen Gipfel oder eine Senke an.

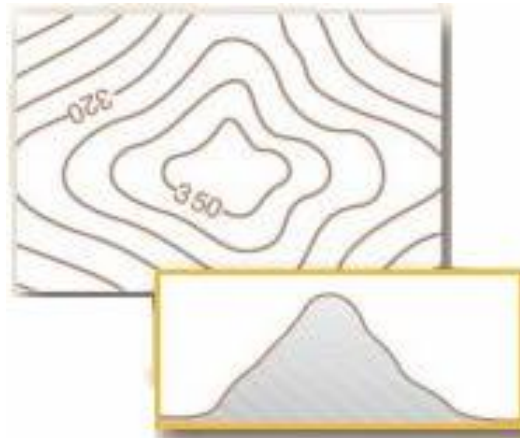


Abbildung 9: Geschlossene Höhenlinien, die von Außen nach Innen höhere Werte annehmen, zeigen einen Gipfel an ([Geoline.de](#), Bayerische Vermessungsverwaltung).

## 1.6 Konstruktion von Höhenkarten

Höhenlinienkarten bieten eine repräsentative Darstellung der Landschaftskonturen für eine hinreichend große Anzahl von Messpunkten mit Höhenangaben.

Ein im Computer generiertes Höhenprofil entsprechend dem Beispiel aus Kapitel 1.4 ist in Abbildung 10 dargestellt. Man sieht, dass niedrige Zahlen geringere Höhen und höhere Zahlen größere Höhen angeben. Gleiche Höhenbereiche sind in dieser Darstellung farbig gekennzeichnet. Die Übergänge zwischen den Farben sind bereits Höhenlinien, also Linien gleicher Höhe. Nachfolgend wird beschrieben, wie eine Höhenlinienkarte zeichnerisch konstruiert werden kann.

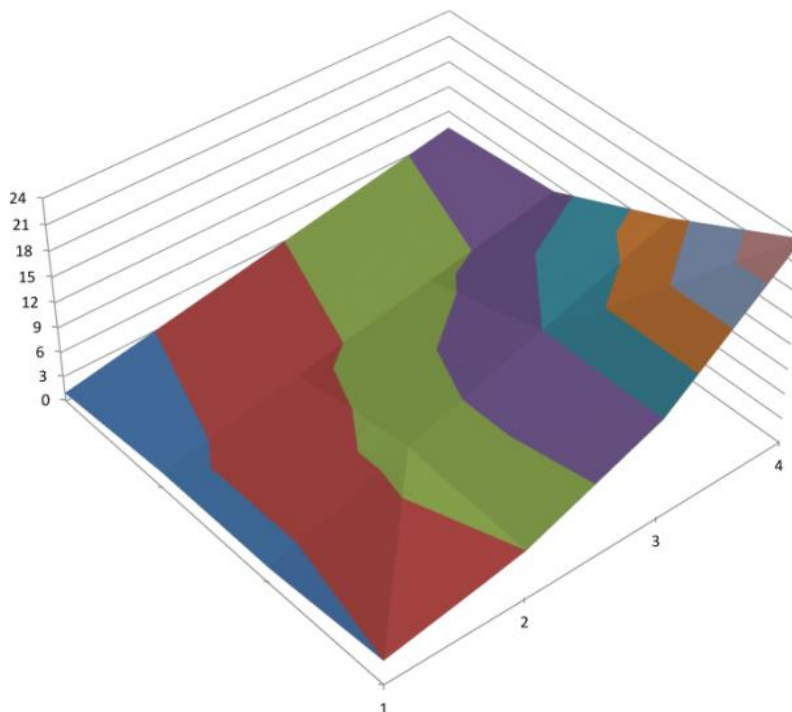


Abbildung 10: Höhenprofil der simulierten Messung. Die Höhenbereiche sind durch farbige Zonen gekennzeichnet. Die Grenzlinien entsprechen den Höhenlinien.

Die einzelnen Schritte sind in Abbildung 11 gezeigt. Die Skizze a stellt das gleichförmige Messgitter aus 4 x 4 Messpunkten dar. Die Abstände zwischen den Schnittpunkten legen den Maßstab der Karte fest. In Skizze b sind schematisch die Messwerte den Messpunkten zugeordnet. Sie dienen

hier lediglich als Gedächtnisstütze und sollten in der Konstruktion der Karte nicht eingetragen werden.

Nun wählt man einen passenden Satz von Werten für die Höhenlinien. Üblicherweise ist die Skalierung äquidistant. Im vorliegenden Beispiel werden die Werte 6, 9, 12 und 15 gewählt. Durch lineare Interpolation – horizontal und vertikal – zwischen den Messpunkten findet man die entsprechenden Werte. So muss der Wert 6 in der Mitte zwischen den Messwerten 5 und 7 liegen. Die Platzierungen findet man durch Anwendung der Geradengleichung zwischen je zwei benachbarten Messpunkten.

Dazu stelle man sich die Verteilung der Messwerte wie in Abbildung 10 von der Seite gesehen vor. Dann bilden je zwei benachbarte Messpunkte eine Gerade (siehe Abbildung 12). Die gemessenen Werte seien  $h_1$  an der Stelle  $s_1$  und  $h_2$  an der Stelle  $s_2$ . Die Steigung der Geraden berechnet sich wie folgt.

$$\frac{\Delta h}{\Delta s} = \frac{h_2 - h_1}{s_2 - s_1} = \frac{h_2 - h}{s_2 - s} = \frac{h - h_1}{s - s_1}$$

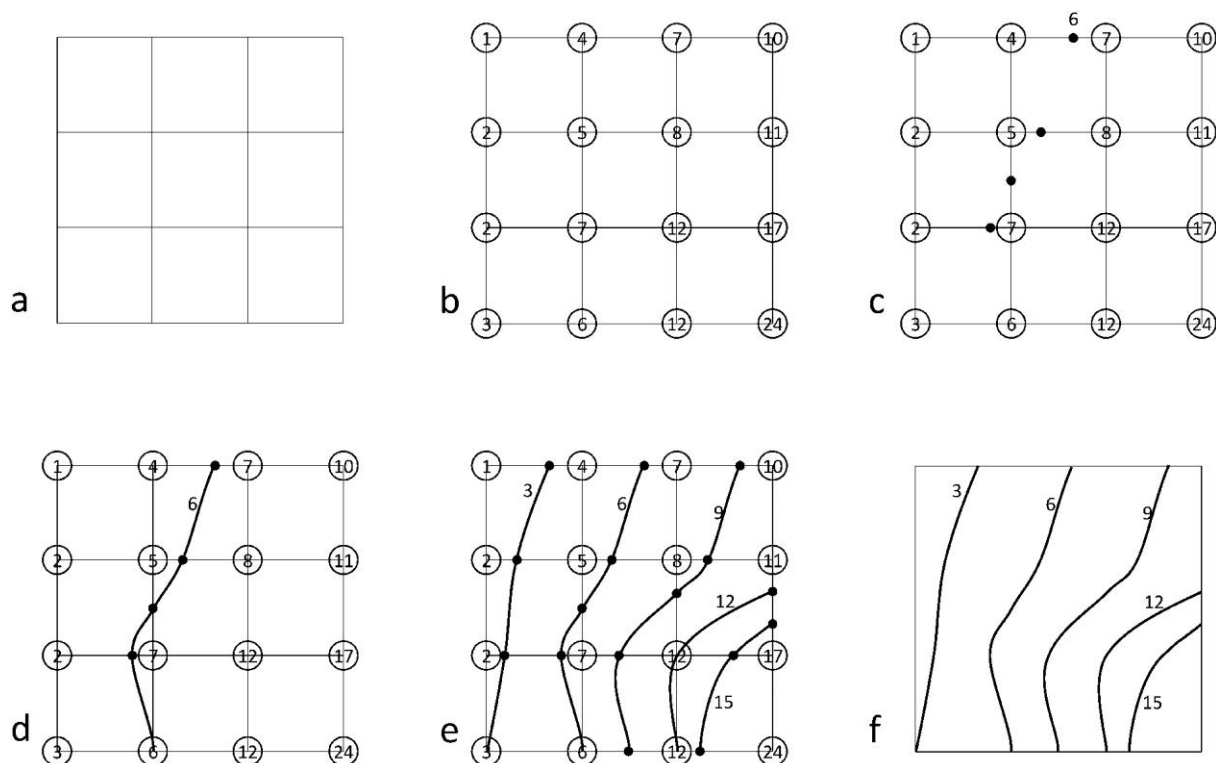


Abbildung 11: Konstruktion einer Höhenlinienkarte. a: Gleichmäßiges Messgitter mit 4 x 4 Messpunkten; b: Darstellung der Werte der Höhenmessung für die 16 Messpunkte; c: Horizontal und vertikal interpolierte Datenpunkte für den Höhenwert 6; d: Gleichförmige Verbindung der interpolierten Datenpunkte für eine Höhenlinie der Höhe 6; e: Interpolationen und Höhenlinien für weitere äquidistante Werte; f: Resultierende Höhenlinienkarte.

Um nun für eine Höhenlinie mit dem Wert  $h$  die entsprechende Stelle  $s$  zwischen  $s_1$  und  $s_2$  zu finden, nutzt man die obigen Beziehungen und findet:

$$s - s_1 = \frac{\Delta s}{\Delta h} (h - h_1) = \frac{s_2 - s_1}{h_2 - h_1} (h - h_1)$$

$$s_2 - s = \frac{\Delta s}{\Delta h} (h_2 - h) = \frac{s_2 - s_1}{h_2 - h_1} (h_2 - h)$$



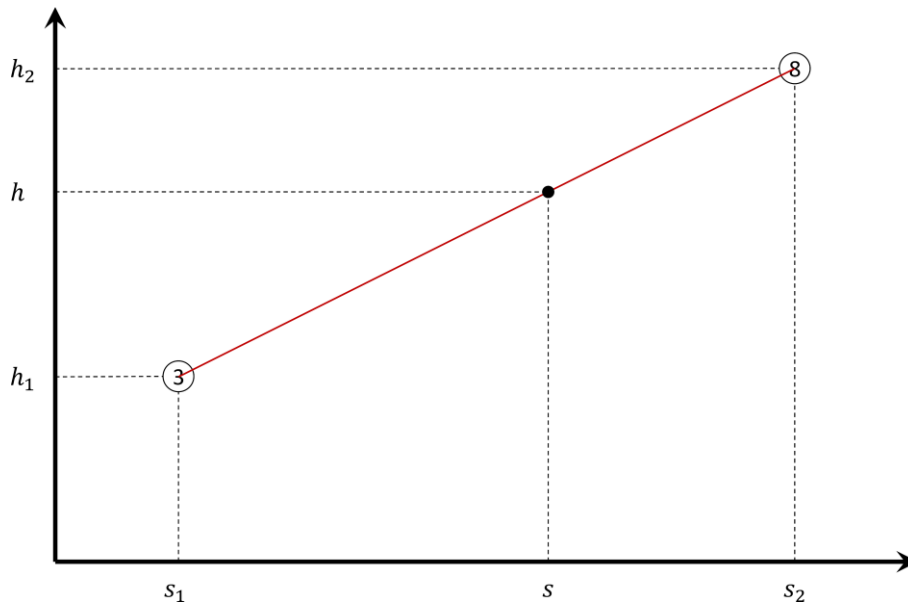


Abbildung 12: Visualisierung der linearen Interpolation zwischen zwei Höhenpunkten.

Im Beispiel von Abbildung 12 findet man für die bekannten Größen:

$$\Delta s = 10$$

$$h_1 = 3$$

$$h_2 = 8$$

$$\Rightarrow \Delta h = 5$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta s}{\Delta h} = 2$$

Wir suchen eine Höhenlinie zum Wert 6.

$$h = 6$$

$$\Rightarrow \Delta s = s - s_1 = \frac{\Delta s}{\Delta h} (h - h_1) = 2 \cdot (6 - 3) = 6$$

Der zur Höhenlinie mit dem Wert 6 gehörige Punkt befindet sich demnach im Abstand von 6 Längeneinheiten vom Messpunkt  $s_1$ . So verfährt man nun mit allen benachbarten Wertepaaren und erhält dann die zur Konstruktion benötigten Punkte wie in Abbildung 11c. Diese Punkte verbindet man dann möglichst gleichmäßig, wie in Skizze d. Wendet man diese Prozedur für alle weiteren gewünschten Höhenlinien an, so erhält man Skizze e. Die reine Höhenlinienkarte ist in Skizze f dargestellt.

Die Interpolation darf normalerweise nicht über die Diagonalen in dem Messgitter vorgenommen werden, da sie im Allgemeinen nicht in der Ebene des Quadrats liegen, das von vier benachbarten Messpunkten gebildet wird (siehe Abbildung 13).

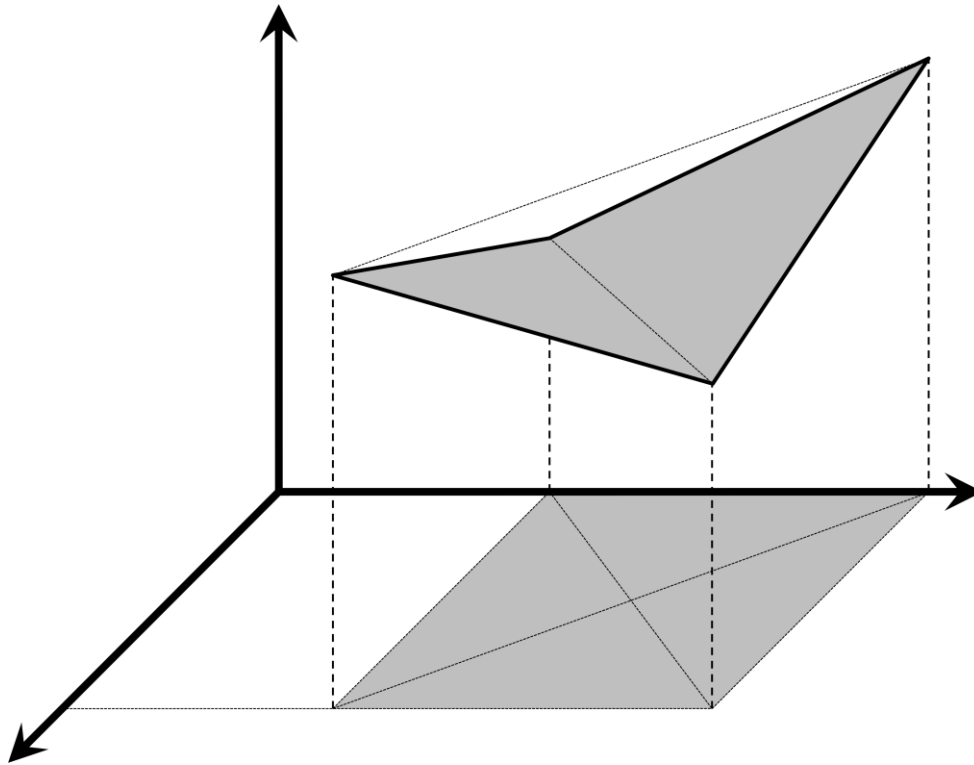


Abbildung 13: Die Diagonalen eines Messgitters aus quadratischen Zellen (grau) sind im Allgemeinen nicht in der Ebene eines solchen Quadrats. Sie dürfen daher nicht zur Interpolation für die Konstruktion von Höhenlinien benutzt werden.

## 2 Aufgabe: Altimetrie (Höhenmessung)

### 2.1 Materialienliste

- Arbeitsblätter mit Hintergrundinformationen
- Höhenmodell in der Kiste
- Holzspieße
- Zollstock, Metermaß, Maßband
- Farbige Stifte
- Taschenrechner
- Kariertes oder Millimeterpapier
- Computer mit MS Excel (Version 2010 oder höher)

### 2.2 Vorbereitung

Mit Hilfe eines Analogieexperimentes wird die Radaraltimetrie mit Satelliten wie Sentinel -1A, Sentinel -3A oder CryoSat nachempfunden. Die resultierenden Ergebnisse werden in eine Höhenkarte übersetzt. Die Schüler arbeiten dabei am besten in Gruppen von zwei bis vier Individuen, in denen sie die Aufgaben verteilen können.

Verteilen Sie die Arbeitsblätter und die Messstäbe. Jede Gruppe enthält einen Holzstab und Geländemodell, das sich von außen nicht sichtbar in einer geschlossenen Kiste oder einem Karton befindet (siehe Abbildung 14). Hierzu eignen sich verschiedene Objekte wie Steine.



Abbildung 14: Modell eines Geländes (links), das sich während des Experiments in einer Kiste (rechts) befindet.

In diesem Beispiel wurde ein Doppelhügel aus Gips kreiert. Die Vorlage wurde zunächst aus Styropor mit einem Überzug mit Spachtelmasse erzeugt. Daraus wurde eine Negativform aus Beton in einer Plastikschiene geformt. Mit geeignetem Trennmittel kann diese Form mit Gips ausgegossen werden.

Der Deckel besitzt ein Koordinatengitter mit kleinen Löchern. Die Radarpulse werden durch Holzspieße repräsentiert, die zur Messung des Abstands in die Löcher gestoßen werden (siehe Abbildung 15). Dabei muss darauf geachtet werden, dass der Spieß jeweils senkrecht durch die Löcher geschoben wird. Die Länge des oben herausstehenden Endes wird dann gemessen und dokumentiert. Die entsprechende Tabelle muss an das tatsächliche Modell angepasst werden.

### 2.3 Teil 1: Erstelle eine Tabelle mit den Messwerten

Die Schüler nutzen den Holzstab als Messlatte. Es wird Loch für Loch nach unten geschoben und die Länge des oben herausstehenden Endes gemessen. Die Orientierung des Messrasters muss der Wertetabelle (Tabelle 2) entsprechen. Dabei muss darauf geachtet werden, dass der Stab möglichst senkrecht nach unten geführt wird.

Wie genau ist die Messung? Die Schüler versuchen dazu, an einigen Messpunkten die Höhe mehrmals hintereinander zu bestimmen. Welche Variationen finden sie? Welche Genauigkeit reicht für die Ableseung des Messwerts aus?

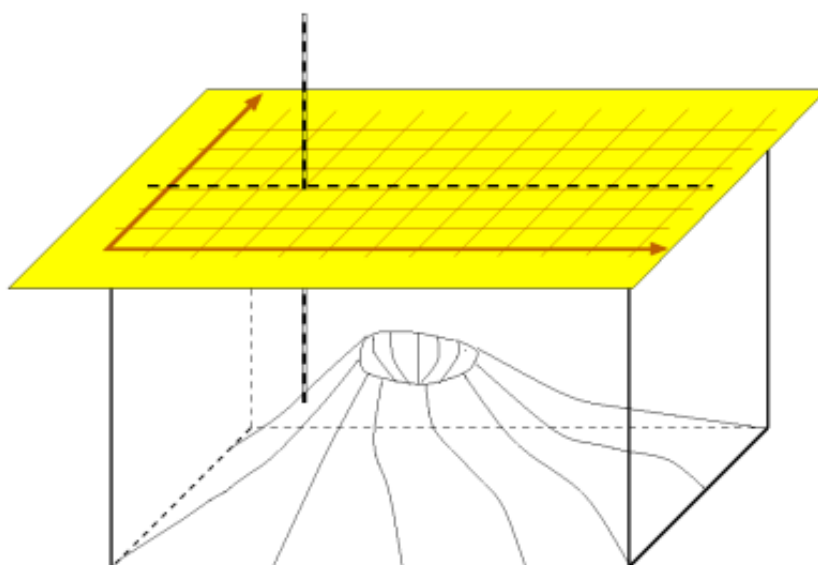


Abbildung 15: Skizze des Analogieexperiments zur Höhenmessung.

Die Werte werden entsprechend der Position in die Tabelle 2 eingetragen. Am Ende sind alle Felder ausgefüllt.

Tabelle 2: Tabelle der gemessenen Höhen. Das Messgitter besteht in diesem Fall aus 12 x 9 Messpunkten.

|   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
| 1 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 2 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 3 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 4 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 5 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 6 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 7 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 8 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 9 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |

## 2.4 Teil 2: Erzeuge eine Falschfarben-Höhenkarte

Bitte Sie die Schüler, das Ergebnis zu analysieren. Wie lauten die Minima und Maxima der Wertetabelle? Wie sollten die Werte gruppiert werden, um aussagekräftige Höheninformationen zu bekommen?

Lassen Sie die Schüler diskutieren, welche Farben den Werten zugeordnet werden sollten, um eine möglichst intuitive Darstellung zu erhalten. Üblicherweise wählt man für die Zahlen in aufsteigender Folge die Farben Blau, Grün, Gelb, Orange, Rot.

Die Tabelle wird dann entsprechend dieser Farben ausgemalt.

## 2.5 Teil 3: Erstelle eine Höhenlinienkarte

Diese Aufgabe ist recht zeitaufwendig. Daher ist zu empfehlen, mit ein oder zwei Werten zu beginnen und den Rest als Hausaufgabe vorzusehen.

Die Anleitung zur Erstellung einer Höhenlinienkarte befindet sich auf den Arbeitsblättern.

Lassen Sie die Schüler ein Messgitter auf ein Blatt Millimeterpapier zeichnen. Weisen Sie darauf hin, dass in diesem Fall die Messpunkte durch die Verbindungen der sich kreuzenden Linien dargestellt werden.

Lassen Sie die Schüler diskutieren, welche Höhenwerte für die Karte gewählt werden sollen. Durch Interpolation werden die fehlenden Werte ermittelt.

## 2.6 Teil 4: Erstelle ein 3D-Profil mit Microsoft Excel 2010

Falls vorhanden, stellen Sie Computer zur Verfügung, auf denen MS Excel (Version ab 2010) installiert ist. Die Tabelle muss zunächst in die Software übertragen werden.



|    | A     | B        | C        | D        | E        | F        | G        | H        | I        | J        | K         | L         | M         |
|----|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| 1  |       | Column 1 | Column 2 | Column 3 | Column 4 | Column 5 | Column 6 | Column 7 | Column 8 | Column 9 | Column 10 | Column 11 | Column 12 |
| 2  | Row 1 | 7        | 7        | 7        | 7        | 7        | 6.5      | 7        | 7        | 6.5      | 7         | 6.5       | 5         |
| 3  | Row 2 | 7.5      | 8        | 8.5      | 10       | 9.5      | 8        | 9        | 9        | 8        | 7.5       | 6.5       | 5         |
| 4  | Row 3 | 8.5      | 9.5      | 10.5     | 10.5     | 10.5     | 10       | 10       | 10.5     | 10       | 9         | 7         | 5         |
| 5  | Row 4 | 9.5      | 10.5     | 11       | 12       | 12       | 11       | 11       | 12       | 11.5     | 9.5       | 7         | 5         |
| 6  | Row 5 | 9        | 11       | 13       | 14       | 14       | 12       | 12       | 12.5     | 12       | 9         | 7         | 5         |
| 7  | Row 6 | 8.5      | 11       | 13       | 14.5     | 14       | 11.5     | 11.5     | 12       | 11       | 8.5       | 7         | 5         |
| 8  | Row 7 | 8.5      | 10       | 12       | 12.5     | 12       | 10       | 10       | 10       | 9.5      | 8         | 7         | 5         |
| 9  | Row 8 | 7.5      | 8        | 10       | 9.5      | 10       | 8.5      | 8.5      | 9        | 8        | 7.5       | 6.5       | 5         |
| 10 | Row 9 | 5        | 7        | 7.5      | 8.5      | 7        | 7        | 7        | 7        | 6.5      | 6.5       | 5         | 5         |

Abbildung 16: Exceltabelle der Messdaten.

Zum Erstellen der Karte muss die gesamte Tabelle mit der Maus markiert werden und dann mit *Insert* → *Other charts* → *Surface* (erste Auswahl) erstellt. Die Angaben in der deutschen Version sind entsprechend.

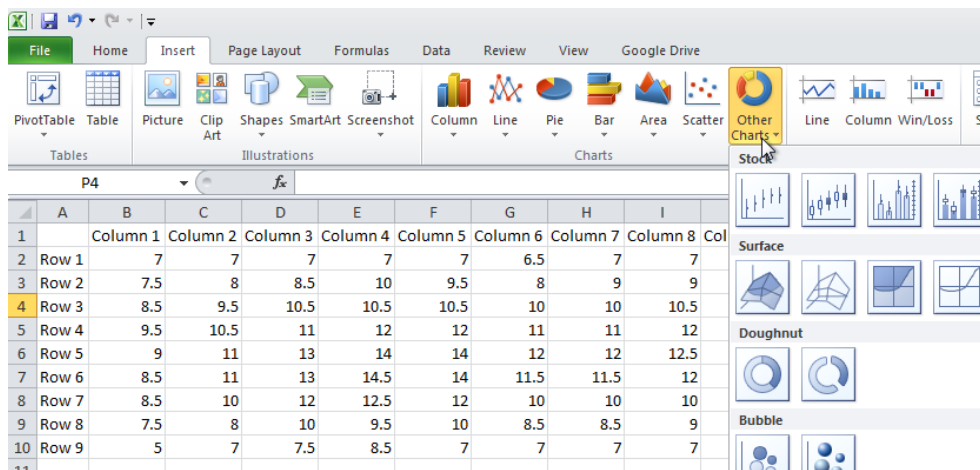


Abbildung 17: Die Karte kann durch die Auswahl *Insert* → *Other Charts* erzeugt werden.

Es öffnet sich ein neues Fenster, in dem die Oberflächenkarte der Höhenmessungen dargestellt wird. Sie ist bereits eine gute Wiedergabe des versteckten Landschaftsmodells. Der Blickwinkel auf das Modell lässt sich einen Rechtsklick auf die Grafik und der Auswahl *3-D Rotation* einstellen.

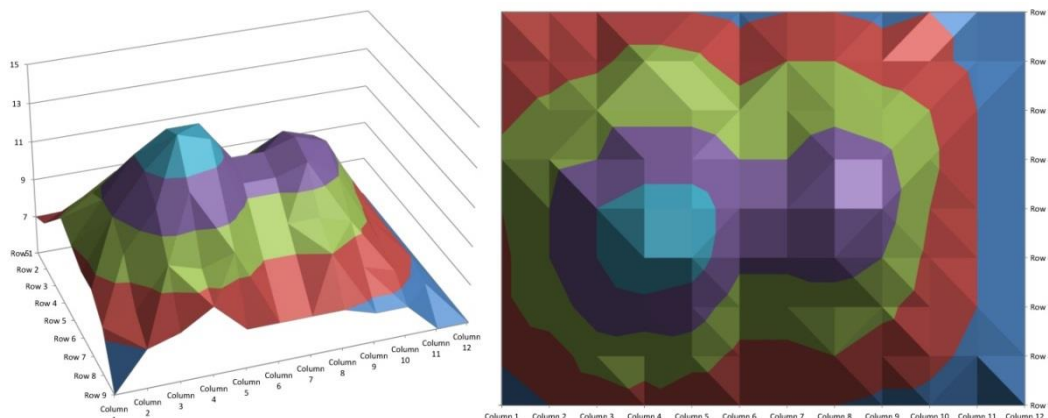


Abbildung 18: Oberflächenkarten der Höhenmessungen des behandelten Beispiels. Unterschiedliche Betrachtungswinkel (links: Seitenansicht, rechts: Aufsicht mit Konturlinien) lassen sich durch die Einstellungen in *3-D Rotation* erzielen.

Man beachte, dass die Reihenfolge der Zeilen in der Grafik gegenüber der Tabelle invertiert ist. Die Reihenfolge kann angepasst werden, indem man auf die Achse der Zeilen mit der rechten Maustaste klickt. In dem neuen Fenster wählt man *Series in reverse order* oder den entsprechend deutschen Eintrag.

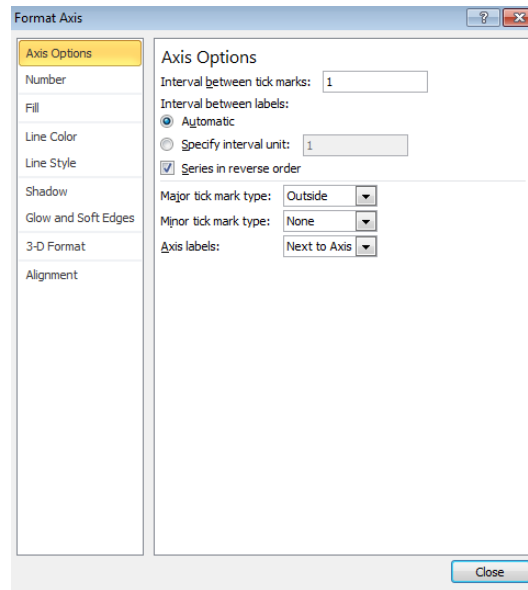


Abbildung 19: Fenster in MS Excel zur Anpassung der Achsenparameter. Die Achse der Zeilen sollte invertiert werden.

## 2.7 Abschlussdiskussion

Diskutieren Sie mit den Schülern Vorteile und Anwendungen der Radarhöhenmessungen mit Satelliten.

- Schnelle, einheitliche und breite Abdeckung
- Verschiedene Höhen in kurzer Zeit erfasst
- Beobachtung der Eisschichten
- Steuerung von Maßnahmen bei Überflutungen und anderen Katastrophen
- Überwachung der Meeresspiegel und des Klimawandels

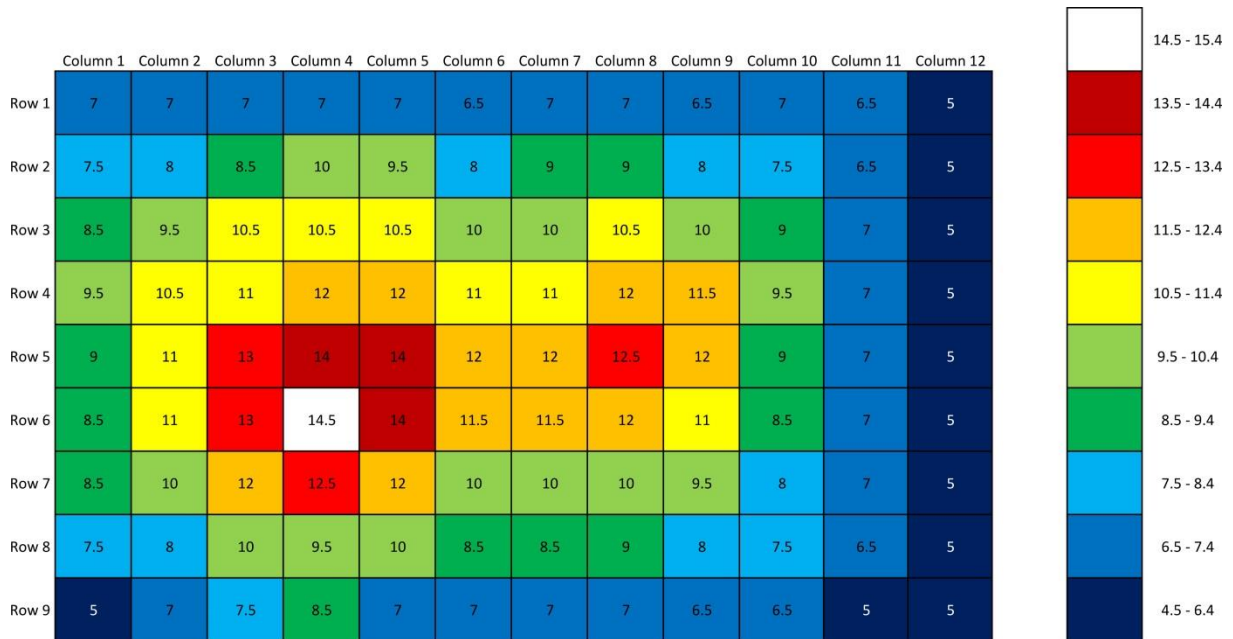
## 3 Ergebnisse zum vorliegenden Beispiel

### 3.1 Teil 1: Erstelle eine Tabelle mit den Messwerten

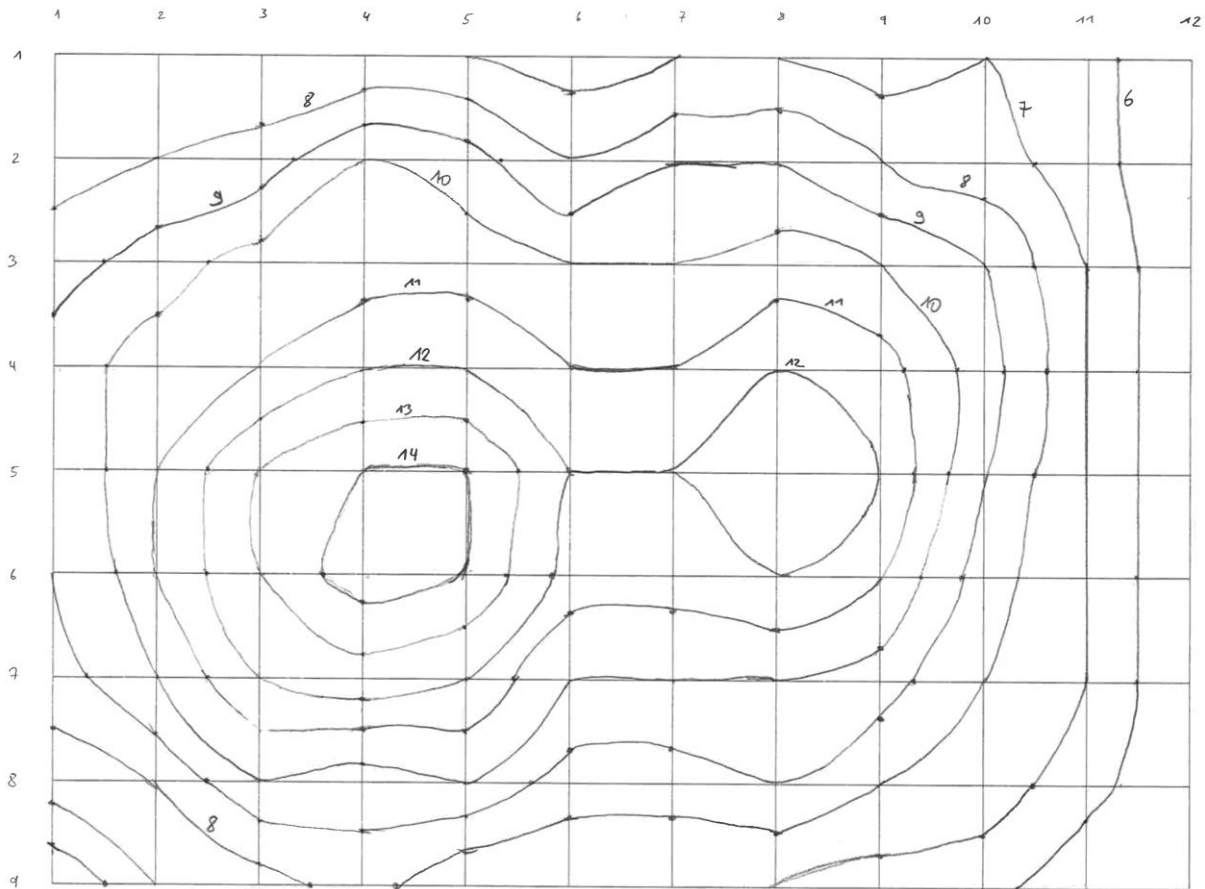
|   | 1   | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10  | 11  | 12 |
|---|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|----|
| 1 | 7   | 7    | 7    | 7    | 7    | 6.5  | 7    | 7    | 6.5  | 7   | 6.5 | 5  |
| 2 | 7.5 | 8    | 8.5  | 10   | 9.5  | 8    | 9    | 9    | 8    | 7.5 | 6.5 | 5  |
| 3 | 8.5 | 9.5  | 10.5 | 10.5 | 10.5 | 10   | 10   | 10.5 | 10   | 9   | 7   | 5  |
| 4 | 9.5 | 10.5 | 11   | 12   | 12   | 11   | 11   | 12   | 11.5 | 9.5 | 7   | 5  |
| 5 | 9   | 11   | 13   | 14   | 14   | 12   | 12   | 12.5 | 12   | 9   | 7   | 5  |
| 6 | 8.5 | 11   | 13   | 14.5 | 14   | 11.5 | 11.5 | 12   | 11   | 8.5 | 7   | 5  |

|   |     |    |     |      |    |     |     |    |     |     |     |   |
|---|-----|----|-----|------|----|-----|-----|----|-----|-----|-----|---|
| 7 | 8.5 | 10 | 12  | 12.5 | 12 | 10  | 10  | 10 | 9.5 | 8   | 7   | 5 |
| 8 | 7.5 | 8  | 10  | 9.5  | 10 | 8.5 | 8.5 | 9  | 8   | 7.5 | 6.5 | 5 |
| 9 | 5   | 7  | 7.5 | 8.5  | 7  | 7   | 7   | 7  | 6.5 | 6.5 | 5   | 5 |

### 3.2 Teil 2: Erzeuge eine Falschfarben-Höhenkarte



### 3.3 Teil 3: Erstelle eine Höhenlinienkarte



### 3.4 Teil 4: Erstelle ein 3D-Profil mit Microsoft Excel 2010

