

Unterrichtsmaterialien zum Thema

Mittelwertberechnung von der ISS

JAHRGANGSSTUFE 6-9

Didaktischer Kommentar

Projektinformation

Diese Unterrichtsmaterialien sind im Rahmen des Projektes „Columbus Eye – Live-Bilder von der ISS im Schulunterricht“ entstanden. Das Projekt Columbus Eye wird von der Raumfahrt-Agentur des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e.V. mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages unter dem Förderkennzeichen 50JR1307 gefördert.

Das übergeordnete Projektziel besteht in der Erarbeitung eines umfassenden Angebots an digitalen

Lernmaterialien für den Einsatz im Schulunterricht. Dieses Angebot umfasst interaktive Lerntools und Arbeitsblätter, die über ein Lernportal zur Verfügung gestellt werden.

<http://www.columbuseye.uni-bonn.de>



Übersicht

Jahrgangsstufe

6-9

Niveau



Zeitbedarf

1 Stunde

Autoren

Roland Goetzke,
Henryk Hodam,
Andreas Rienow

Ziele

Die Schüler/Innen sollen...

- Mittelwertberechnungen anhand des arithmetischen Mittels durchführen können,
- Mittelwert-Filter zur Rauschunterdrückung auf digitale Bilder anwenden,
- das Prinzip eines „Moving Windows“ erklären können,
- in die Erdbeobachtung von der ISS eingeführt werden.

Themen

Stochastik

Bildverbesserung

Mittelwerte

Moving Window

Medien & Material

Didaktischer Kommentar

Musterlösungen

MatheMittelwertberechnung.exe

MatheMittelwertberechnung.html

Didaktischer Kommentar

Einbindung in den Lehrplan & Umsetzung der Unterrichtseinheit

Die Stochastik ist eine zentrale **inhaltsbezogene Kompetenz** des Mathematikunterrichts, die in der Regel in der Jahrgangsstufe 7 vermittelt wird (Tab. 1). Die Schülerinnen und Schüler (SuS) erheben dabei Daten und werten sie unter Anwendung statistischer Methoden aus. Ein wichtiger Bestandteil ist die Betrachtung und Interpretation relativer Häufigkeiten und Mittelwerte, insbesondere des arithmetischen Mittels. Nutzen die SuS diese Methoden anhand realitätsnaher und anwendungsbezogener Beispiele, spricht dies besonders ihre **Problemlösungs-Kompetenz** an.

Das **Ziel der Unterrichtseinheit** „Mittelwertberechnung von der ISS“ ist es, SuS mit einfachen Analysewerkzeugen auszustatten, mit denen sie selbständig Daten erheben und mit Hilfe des arithmetischen Mittels auswerten können. Als Datenquelle steht ihnen ein von der ISS aufgenommenes Bild zur Verfügung, aus dem sie Bildwerte auslesen können. Die statistischen Methoden wenden die SuS an, um Bildkorrekturen an dem Satellitenbild vorzunehmen und dadurch Aufnahmefehler zu korrigieren.

Die Unterrichtseinheit bedient sich der Möglichkeiten des Computers, um die Thematik durch Animation und Interaktion nachhaltig zu vermitteln. Die praktische Auseinandersetzung mit dem Themenkomplex erfolgt über ein computergestütztes und interaktives Lernmodul. Das computergestützte Lernmodul berücksichtigt folgende Aspekte:

- Der Aufbau des Moduls ist wissenschaftsorientiert und fördert somit grundlegend das wissenschaftspropädeutische Lernen.

- Das Lernmodul fördert eine Organisation des Unterrichts, die stark auf die Eigenaktivität und die Selbstverantwortung der SuS setzt.
- Das Lernmodul berücksichtigt die Lebenswirklichkeiten der SuS.
- Das Medium Computer wird als Arbeitsmittel eingesetzt, so dass den SuS der Computer nicht nur als reines Informations- und Unterhaltungsgerät, sondern auch als Werkzeug näher gebracht wird. Darüber hinaus wird der Umgang mit Neuen Medien und somit die Medienkompetenz der SuS gefördert.

Inhaltlicher Hintergrund

Bilder aus dem All bestehen wie alle digitalen Bilder aus einem gleichmäßigen Zellenraster. Jede Rasterzelle (Pixel) beinhaltet einen Wert, der die von der Erdoberfläche an dieser Stelle reflektierte Strahlung repräsentiert. Bei der Aufnahme von erdbeobachtenden Bildern kann es immer wieder zu Bildfehlern kommen, z.B. durch kurzfristige oder systematische Fehlfunktionen des Sensors, durch atmosphärische Störungen oder Fehler bei der Datenspeicherung. Solche Empfangsstörungen resultieren in fehlerhaften Bildzeilen oder -spalten oder einem Bildrauschen (noise). Mit Hilfe von Mittelwertfiltern können solche Datenfehler behoben oder zumindest verbessert werden.

Die Grundlage für eine Filterung der Bilddaten bilden gleitende Filtermatrizen (**Kernel**). Innerhalb eines Kernels werden die Pixelwerte immer abhängig von ihrer Umgebung verändert. Das bedeutet, dass aus allen Pixeln einer definierten Umgebung (z.B. 3x3 Pixel, wie in Abb. 1) ein Mittelwert berechnet wird und dieser Wert dem zentralen Pixel zugeordnet wird. Weicht der ursprüngliche Wert des zentralen Pixels stark von seiner Umgebung ab, wird er auf

Tabelle 1 Thematische Einbindung in den Lehrplan nach Bundesländern

Bundesland	Klasse	Thema
Baden-Württemberg	7	Daten systematisch sammeln, anordnen und übersichtlich darstellen (Mittelwert)
Bayern	7	Daten rechnerisch und graphisch auswerten
Berlin	7	Umfangreiche erhobene Daten durch statistische Kenngrößen numerisch zusammenfassend beschreiben und interpretieren.
Brandenburg	7	Umfangreiche erhobene Daten durch statistische Kenngrößen numerisch zusammenfassend beschreiben und interpretieren.
Bremen	7	Arithmetische Mittel und Zentralwert bestimmen und ihre Bedeutung erklären
Hamburg	6	Mittelwert (arithmetisches Mittel)
Hessen	7	Beschreibende Statistik
Mecklenburg-Vorpommern	7	Auswerten statistischen Materials (Mittelwertbestimmung)
Niedersachsen	6	Daten sachgerecht mit Hilfe von relativer Häufigkeit, arithmetischem Mittelwert bewerten
Nordrhein-Westfalen	7	Mittelwerte (arithmetisches Mittel) bestimmen
Rheinland-Pfalz	7-8	Spannweiten und Mittelwertbildungen
Saarland	6	Mittelwerte
Sachsen	9	Beurteilen der Aussagekraft der Mittelwerte und Streuungsmaße
Sachsen-Anhalt	9	Mittelwerte von Häufigkeitsverteilungen (arithmetisches Mittel, Zentralwert, Modalwert)
Schleswig-Holstein	9	Mittelwert, häufigster Wert, Zentralwert, Spannweite sowie Standardabweichung
Thüringen	10	Stochastik I

diese Weise an seine Umgebung angeglichen. Nach erfolgreicher Berechnung bewegt sich der Kernel pixelweise weiter (weshalb ein Kernel auch **Moving Window** genannt wird). Dies führt zu einer Glättung des gesamten Bildes und zur Unterdrückung des Rauschens.

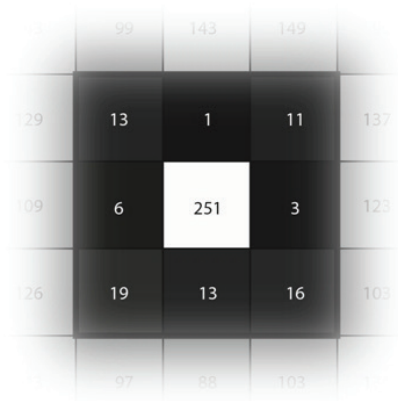


Abbildung 1 Beispiel eines 3x3-Pixel Kernels

In dieser Unterrichtseinheit werden als statistische Filter das **arithmetische Mittel** angewendet. Bei der Berechnung des arithmetischen Mittels werden die Summe aller Werte eines Kernels durch die Anzahl aller Werte des Kernels geteilt.

Erdbeobachtung von der ISS

Im Mittelpunkt des Moduls stehen Bilder von ISS-Überflügen. Die Internationale Raumstation ist das größte künstliche Objekt im Orbit. Pro Tag schafft sie 16 Erdumdrehungen bei einer Erdumlaufzeit von 90 Minuten.

Unter dem Begriff „Erdbeobachtung“ versteht man allgemein die berührungslose Beobachtung der Erdoberfläche durch Sensoren an Flugzeugen und Satelliten oder, wie in diesem Fall, einer Raumstation. Mit Bildern von der Erdoberfläche kann man großflächig den Zustand verschiedener Ökosysteme betrachten, indem man die unterschiedlichen Oberflächen analysiert. Auch Veränderungen der Landoberfläche kann man gut erfassen, wenn ein bestimmter Ausschnitt der Erdoberfläche in einem definierten zeitlichen Abstand immer wieder

überflogen wird und entsprechend Bilder von diesem Ausschnitt vorliegen. Infolgedessen liegt ein bedeutender Vorteil der Fernerkundung gegenüber klassischen Feldmessungen in der kostengünstigen Informationsbeschaffung, ohne direkt vor Ort sein zu müssen.

Bildaufnahme – wie entstehen die Farbbilder und was ist eigentlich ein Pixel?

Die ISS ist mit vier HD-Kameras ausgestattet, welche im Rahmen des NASA Experiments High Definition Earth Viewing (HDEV) drei Blickrichtungen abdecken. Die Kamera in der sogenannten Nadir-Position ist die für die Erdbeobachtung relevante Kamera. Nadir-Position bedeutet, dass die Kamera senkrecht zur Erdoberfläche Bilder aufnimmt. Die Kameras von Columbus Eye enthalten sogenannte CMOS-Sensoren. Hierbei handelt es sich um zweidimensionale Abbilder, wie man sie von Digitalkameras kennt.

Verwendete Bilddaten

Die ISS ist mit vier HD-Kameras ausgestattet, welche im Rahmen des NASA Experiments High Definition Earth Viewing (HDEV) drei Blickrichtungen abdecken. Die Kamera in der sogenannten Nadir-Position ist die für die Erdbeobachtung relevante Kamera. Nadir-Position bedeutet, dass die Kamera senkrecht zur Erdoberfläche Bilder aufnimmt. Die Kameras von Columbus Eye enthalten sogenannte CMOS-Sensoren. Hierbei handelt es sich um zweidimensionale Abbilder, wie man sie von Digitalkameras kennt.

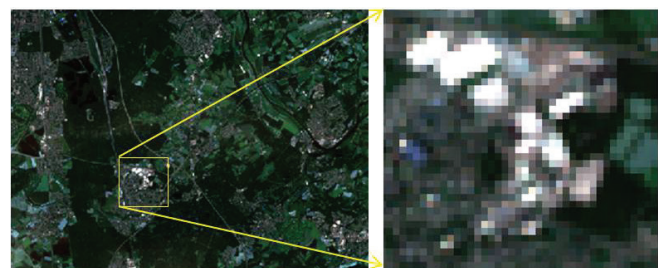


Abbildung 1 Ein Bild besteht aus vielen gleich großen Pixeln. Hier am Beispiel eines Ausschnitts aus einer Landsat-Aufnahme über Düsseldorf.

Ein Bild besteht aus vielen gleich großen Pixeln. Bei der näheren Betrachtung von Details in einer Aufnahme, bspw. durch hineinzoomen in ein digitales Bild, kann man die einzelnen Pixel erkennen. Siehe hierzu auch Abbildung 2, welche eine Landsat-Aufnahme von 2014 in der Nähe von Düsseldorf zeigt.

Die Bildauflösung von 2,1 Megapixel in Kombination mit der Flughöhe der ISS, welche bei ca. 400km liegt, ergibt hier eine räumliche Bodenauflösung von ca. 500m. Dies bedeutet, dass jeder Pixel eine ungefähre Abmessung von 500 x 500m hat.

Aufbau & Ziele der Unterrichtseinheit

Insgesamt setzt sich die Unterrichtseinheit „Mittelwertberechnung von der ISS“ aus zwei Teilen zusammen, wobei der erste Teil als Einführung auf den Rest des Moduls hinleitet. Das Modul und die darauf aufbauende Unterrichtseinheit lassen sich in einer Schulstunde durchführen. Am unteren Rand des Lernmoduls befindet sich eine Navigationsleiste. Anhand der Navigationsleiste bewegen sich die SuS von links nach rechts durch das Modul. Alle zu einem bestimmten Stand verfügbaren Moduleile sind in der Navigationsleiste farbig gekennzeichnet. Alle grauen Teile werden erst anwählbar, sobald die SuS das erste Quiz gelöst haben. Der Teil des Moduls, in dem man sich derzeit befindet, ist in der Navigationsleiste rot umrandet.

Aufbau des Lernmoduls

Das Lernmodul „Mittelwertberechnung von der ISS“ wird als eigenständiges Programm ausgeführt. Auf einem Windows-PC wird das Programm „MatheMittelwertberechnung.exe“ ausgeführt. Unter anderen Betriebssystemen wird die Datei „MatheMittelwert-

berechnung.html“ im Webbrowser geöffnet. Hierfür wird der Flash-Player benötigt (<http://get.adobe.com/de/flashplayer/>). Wichtig ist in beiden Fällen, dass die heruntergeladene Ordnerstruktur erhalten bleibt.

1. Modulteil: Hintergrundwissen

Nach dem Start des Lernmoduls sehen die SuS den Einführungstext, der sie über den Inhalt und den Aufbau informiert. Im rechten Bereich des Fensters ist ein von der ISS aufgenommenes Bild zu sehen. Neben Ozean und Wolken kann man eine Versorgungskapsel vom Typ „Dragon“ erkennen. Führt man die Mouse über das Bild, kann man unter dem zuerst sichtbaren stark veräuschten Bild ein korrigiertes Bild aufdecken. Dies weist auf die Ziele der Bildkorrektur hin, die im Laufe des Lernmoduls entdeckt werden können. Durch das Schließen des Fensters gelangen die SuS in den ersten Teil des Lernmoduls. Sollten Unklarheiten bezüglich der Bedienung auftauchen, lässt sich durch einen Klick auf das **Fragezeichen-Symbol** am oberen rechten Rand des Lernmoduls jederzeit eine Bedienungshilfe aufrufen.

Der erste Teil des Lernmoduls legt als **Hintergrundwissen** die Grundlagen für die spätere Arbeit mit den ISS-Bildern im zweiten Modulteil. Dieser Teil besteht aus zwei Rubriken. In der ersten wird die Berechnung des arithmetischen Mittels erklärt. Mit einem Klick auf den rechten grünen Balken mit der Kennzeichnung „2“ öffnet sich die zweite Rubrik, in der Bildstörungen und die Funktionsweise eines Moving Windows (= Kernel) erklärt werden. Letzteres wird mit Hilfe einer kurzen Animation dargestellt. Es kann jederzeit zwischen Rubrik 1 und 2 hin- und hergeschaltet werden. Nachdem sich die SuS mit dem Hintergrundwissen beschäftigt haben, gelangen sie über einen Klick auf das Feld **Quiz** in der Navigationsleiste in einen Bereich, in dem das erlernte

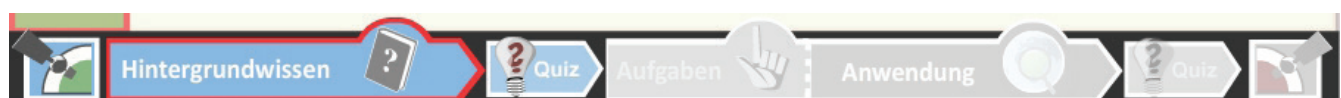


Abbildung 2 Navigationsleiste des Lernmoduls



Abbildung 3 Einführung in das Lernmodul

Wissen kontrolliert werden kann. Für eine Beispiel-Bildmatrix berechnen sie den Mittelwert.

2. Modulteil: Anwendung der Bildkorrektur

Im zweiten Modulteil erhalten die SuS die Bilddaten und das mathematische Werkzeug, um Korrekturen an den ISS-Daten vornehmen zu können. Zunächst öffnet sich ein Fenster mit Aufgaben, an denen sich die SuS während ihrer Arbeit orientieren können.

Die SuS erhalten vier ISS-Bilder. Per drag & drop können die Bilder in das Hauptfenster gezogen werden. Zwei Bilder zeigen Kanada im Winter, zwei Teile der arabischen Halbinsel. Eine der Kanada-Aufnahmen enthält einen Blaustich verursacht durch die Rayleigh-Streuung der Atmosphäre. Man kann sie gut mit dem **Bilder vergleichen**-Werkzeug mit dem bereits gefilterten Bild vergleichen und die Unterschiede erkennen. Die beiden Bilder der arabischen Halbinsel enthalten ein leichtes und ein starkes Rauschen. Im rechten Bereich des Anwendungsbereichs befinden sich die Werkzeuge, mit denen die SuS die Bilddaten bearbeiten können. Unter **Filter wählen** können sie den Mittelwertfilter auswählen. Durch einen Klick in das Bild wird ein 3x3-Pixel-Fenster ausgewählt und in der rechten Seitenleiste dargestellt. Nun können die SuS zunächst die Mittelwertberechnung nur auf das ausgewählte Fenster anwenden (**Matrix filtern**). Auf diese Weise haben sie die Möglichkeit die Funktionsweise des Filters nachzuvollziehen und ggf. nachzurechnen.

Über die Schaltfläche **Bild filtern** wird der Filter per Moving Window auf das gesamte Bild angewendet. In der rechten Seitenleiste stehen noch zwei weitere Werkzeuge zur Verfügung. Nach einem Klick auf die Schaltfläche **Pixelwerte auslesen**, werden am Mouse-Zeiger die Pixel-(Grau-)Werte im Bild angezeigt. Alle berechneten (gefilterten) Bilder befinden sich in der rechten Seitenleiste im Bereich **berechnete Bilder**. Indem sie auf das Papierkorb-Symbol gezogen werden, können sie gelöscht werden.

Haben die SuS die Bildkorrekturen durchgeführt und die gestellten Aufgaben beantwortet, können sie durch Beantworten der Fragen im zweiten **Quiz** die Bearbeitung des Moduls abschließen.

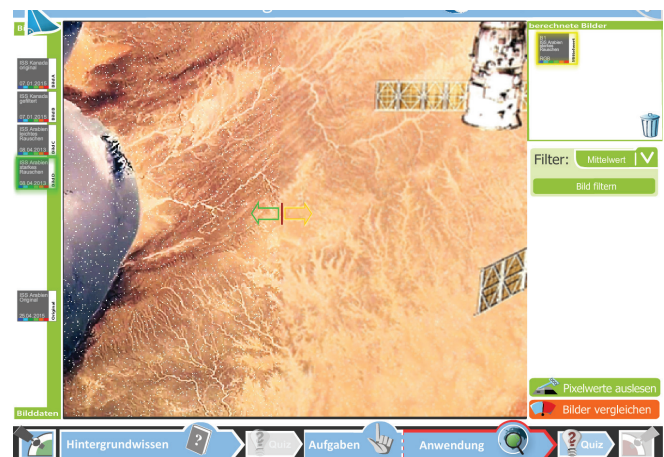


Abbildung 4 Zweiter Modulteil mit eigenständiger Filteranwendung

Übersicht der Moduleile

1. Hintergrundwissen

Ziele

- Das arithmetische Mittel berechnen können.
- Die Funktionsweise eines statistischen Filters („Moving Window“) beschreiben.

Inhalte

- Arithmetisches Mittel
- Moving Window

2. Anwendung der Bildverbesserung

Ziele

- Unterschiedliche Fehler in digitalen Bildern beschreiben.
- Analysieren, welche Mittelwertberechnung für welche Art von Werteverteilung/Bildfehler am besten geeignet ist.

Inhalte

- Mittelwertfilter zur Bildverbesserung
- Mittelwertberechnung für einen Bildausschnitt und Übertragung per Moving Window auf das gesamte Bild

Stundenplanungshilfe

Hinweis: Die folgende Stundenplanung dient der Orientierung und ist nicht als bindend zu betrachten. Erweiterungen, Ergänzungen oder Kürzungen können je nach Klasse nach eigenem Ermessen vorgenommen werden.

Mittelwertberechnung von der ISS

Stundenziele: Die SuS sollen

- Das arithmetische Mittel berechnen können.
- Die Funktionsweise eines statistischen Filters („Moving Window“) beschreiben.
- Analysieren, welche Mittelwertberechnung für welche Art von Werteverteilung/Bildfehler am besten geeignet ist.

Phase	Inhalt + Feinziele	Durchführung/ Material
Einführung	<ul style="list-style-type: none"> • Erläuterungen zur Unterrichtseinheit/ Modul • Hintergrundwissen zur Thematik 	<ul style="list-style-type: none"> • Lehrervortrag • Computer, Lernmodul (Modulteil I)
Anwendung	<ul style="list-style-type: none"> • Visuelle Analyse eines Satellitenbildes • Anwendung der Filter zur Bildverbesserung 	<ul style="list-style-type: none"> • Gruppenarbeit (zu zweit) • Material: Computer, Lernmodul (Modulteil I)
Ergebnis-sicherung	<ul style="list-style-type: none"> • Vergleich korrigierter Satellitenbilder untereinander sowie mit unkorrigiertem Ausgangsbild. 	<ul style="list-style-type: none"> • Gruppenarbeit (zu zweit) • Material: Computer, Lernmodul (Quiz)