

Unterrichtsmaterialien zum Thema

# Bildverbesserung mit Statistik

JAHRGANGSSTUFE 6-9

Didaktischer Kommentar



# Projektinformation

Diese Unterrichtsmaterialien sind im Rahmen des Projektes „Fernerkundung in Schulen“ (FIS) entstanden. Das Projekt FIS wird von der Raumfahrt-Agentur des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e.V. mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages unter dem Förderkennzeichen 50 EE 0932 gefördert.

Das übergeordnete Projektziel besteht in der Erarbeitung eines umfassenden Angebots an digitalen Lernmaterialien für den Einsatz im Schulunterricht.

Dieses Angebot umfasst interaktive Lernmodule, sowie Recherche- und Analysetools, die über ein umfassendes und internetgestütztes Lernportal zur Verfügung gestellt werden.

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



## Übersicht

### Jahrgangsstufe

6-9

### Niveau



### Zeitbedarf

1 Stunde

### Autoren

Roland Goetzke,  
Henryk Hodam,  
Ali Zubair Shah

### Ziele

Die Schüler/Innen sollen...

- Mittelwertberechnungen anhand des arithmetischen Mittels und des Medians durchführen können,
- Mittelwert-Filter zur Rauschunterdrückung auf digitale Satellitenbilder anwenden,
- das Prinzip eines „Moving Window“ erklären können,

- die Unterschiede zwischen dem arithmetischen Mittel und dem Median anhand der Ergebnisse der Korrektur eines Satellitenbildes beschreiben.

### Themen

Stochastik

Bildverbesserung

Mittelwerte

Moving Window

### Medien & Material

Didaktischer Kommentar

Musterlösungen

Bildverbesserung.exe

/

Bildverbesserung.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 Schüler/Innen 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 und des Medians. Nutzen die Schüler/Innen diese Methoden anhand realitätsnaher und anwendungsbezogener Beispiele, spricht dies besonders ihre **Problemlösungs-Kompetenz** an.

Das **Ziel der Unterrichtseinheit** „Bildverbesserung mit Statistik“ ist es, Schüler/Innen mit einfachen Analysewerkzeugen auszustatten, mit denen sie selbständig Daten erheben und mit Hilfe des arithmetischen Mittels und des Medians auswerten können. Als Datenquelle steht ihnen ein Satellitenbild zur Verfügung, aus dem sie Bildwerte auslesen können. Die statistischen Methoden wenden die Schüler/Innen 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 Schüler/Innen setzt.
- Das Lernmodul berücksichtigt die Lebenswirklichkeiten der Schüler/Innen.
- Das Medium Computer wird als Arbeitsmittel eingesetzt, so dass den Schüler/Innen 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 Schüler/Innen gefördert.

## Inhaltlicher Hintergrund

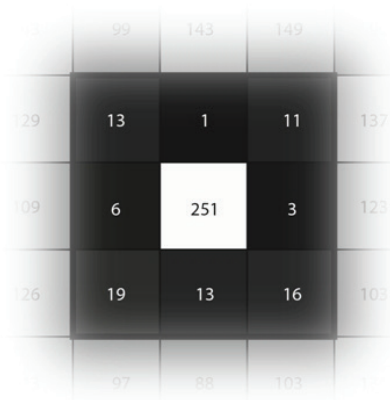
Satellitenbilder bestehen wie alle digitalen Bilder aus einem gleichmäßigen Zellenraster. Jede Rasterzelle (Pixel) beinhaltet einen Wert, der die von der Erdoberfläche an dieser Stelle reflektierte Strahlung repräsentiert. Diese Werte sind als Grauwerte zwischen Schwarz und Weiß gespeichert (bei einem 8-bit Bild entspricht Schwarz der Zahl 0 und Weiß der Zahl 255). Bei der Aufnahme von Satellitenbildern 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

**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), Median
Hessen	7	Beschreibende Statistik
Mecklenburg-Vorpommern	7	Auswerten statistischen Materials (Mittelwertbestimmung)
Niedersachsen	6	Daten sachgerecht mit Hilfe von relativer Häufigkeit, arithmetischem Mittelwert und Median bewerten
Nordrhein-Westfalen	7	Mittelwerte (arithmetisches Mittel, Median) 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

wird. Weicht der ursprüngliche Wert des zentralen Pixels stark von seiner Umgebung ab, wird er auf 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** und der **Median** angewendet. Bei der Berechnung des arithmetischen Mittels werden die Summe aller Werte eines Kernels durch die Anzahl aller Werte des Kernels geteilt. Handelt es sich bei den fehlerhaften Pixeln um deutlich „Ausreißer“ ist die Anwendung des Medians vorzuziehen. Bei der Anwendung des Medians werden alle Werte einer Stichprobe (des Kernels) in eine aufsteigende Reihenfolge gebracht. Das Ergebnis der Median-Berechnung ist der Wert, der diese Zahlenreihe in zwei gleichgroße Hälften teilt. Besteht die Liste aus einer geraden Anzahl an Werten, wird aus den beiden zentralen Werten das arithmetische Mittel berechnet.

## Fernerkundung

Unter dem Begriff **Fernerkundung** versteht man allgemein die berührungslose Beobachtung der Erdoberfläche durch Sensoren an Flugzeugen und vor allem Satelliten. Mit Satellitenbildern kann man großflächig den Zustand der Erdoberfläche und somit

den Zustand verschiedener Ökosysteme betrachten. Besonders gut eignen sich Satellitenbilder dazu, Veränderungen an der Landoberfläche zu erfassen, da Satelliten einen bestimmten Ausschnitt der Erdoberfläche in einem definierten zeitlichen Abstand immer wieder überfliegen. Infolgedessen liegt ein bedeutender Vorteil der Fernerkundung gegenüber klassischen Feldmessungen in der kostengünstigen Informationsbeschaffung, ohne direkt vor Ort sein zu müssen.

Das Satellitenbild entsteht durch die Aufnahme von Strahlung, die von der Erdoberfläche reflektiert wird. Zuerst trifft die von der Sonne ausgestrahlte elektromagnetische Strahlung auf die Erde. Je nach Beschaffenheit der Oberfläche werden Teile von der Strahlung zurückgeworfen (Reflexion). Die reflektierte Strahlung enthält Informationen über die Art und Eigenschaften der Oberfläche. Das Besondere ist also, dass jedes Objekt in ganz bestimmter Weise mit der Einstrahlung interagiert. Ein Teil der von der Erdoberfläche reflektierten Strahlung wird von dem Sensor eines Satelliten aufgenommen, gespeichert und zur Erde gesendet. Die Aufnahme der reflektierten Strahlung erfolgt für die verschiedenen Bereiche des elektromagnetischen Spektrums separat. So gibt es z.B. jeweils einen Aufnahmekanal für die drei Bereiche des sichtbaren Lichts (blau, grün und rot). Die einzelnen Kanäle kann man dann am Computer so miteinander kombinieren, dass Farbbilder entstehen.

## Verwendete Satellitendaten

Im Mittelpunkt der Unterrichtseinheit stehen Bilder des deutschen Satellitensystems **RapidEye**. Bei RapidEye handelt sich um fünf Satelliten, die alle mit einer optischen Kamera ausgestattet sind. Aufgrund ihres „Formationsfluges“ ist es möglich jeden Tag ein hoch aufgelöstes Bild von ein und demselben Bereich der Erdoberfläche zu machen. Satelliten, die so hochpräzise Bilder machen wie RapidEye, nehmen normalerweise nur kleine Ausschnitte der Erdoberfläche auf, da sonst die Menge an Daten zu groß wird. Anders RapidEye: Die Satelliten können bei einer hohen räumlichen Auflösung (5 m) einen großen

Bereich der Erdoberfläche auf einem Bild abdecken. Dadurch sind auch die Einsatzmöglichkeiten vielfältig und reichen von der Kontrolle landwirtschaftlicher Produktion bis hin zur Katastrophenhilfe.

Bei den im Anwendungsbereich des Lernmoduls verwendeten Bildern handelt es sich um eine Aufnahme der Stadt New York vom 08. April 2013. Im Zentrum ist der Flughafen „La Guardia“ zu sehen. Die RapidEye-Satelliten nehmen in 5 Spektralkanälen vom sichtbaren bis zum nahen infraroten Licht auf, die zur Analyse entsprechend zu Echt- oder Falschfarbenbildern zusammengesetzt werden können. In diesem Lernmodul werden nur die Grauwerte des im sichtbaren roten Spektralbereich aufgenommenen Daten verwendet.

## Aufbau & Ziele der Unterrichtseinheit

Insgesamt setzt sich die Unterrichtseinheit „Bildverbesserung mit Statistik“ 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 Schüler/innen von links nach rechts durch das Modul. Alle zu einem bestimmten Stand verfügbaren Modulteile sind in der Navigationsleiste farblich gekennzeichnet. Alle grauen Teile werden erst anwählbar, sobald die Schüler/innen 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 „Bildverbesserung mit Statistik“ kann entweder als eigenständiges Programm oder

innerhalb des FIS-Lernportals (<http://www.fis.uni-bonn.de>) ausgeführt werden. Im ersten Fall wird auf Windows-PCs das Programm „Bildverbesserung.exe“ ausgeführt. Unter anderen Betriebssystemen wird die Datei „Bildverbesserung.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.

**Online Version:** Wird das Lernmodul innerhalb des FIS-Lernportals ausgeführt („Online-Version“) erscheint zunächst ein kurzes Begrüßungsfenster. Als normaler Besucher des Lernportals erhält man den Hinweis, dass Fortschritte innerhalb des Lernmoduls nicht gespeichert werden. Die Funktionen sind dann dieselben, wie in der „Offline-Version“. Angemeldete Besucher haben den Vorteil, dass ihre Fortschritte im Modul gespeichert werden und zu einem späteren Zeitpunkt wieder aufgerufen werden können. Auf diesen Umstand wird bei angemeldeten Nutzern im Begrüßungsfenster hingewiesen. Zusätzlich haben Lehrer/Innen die Möglichkeit, die Ergebnisse der von ihnen angemeldeten Schüler/Innen im Bereich „Meine Klasse“ auszuwerten. Die interaktiven Arbeiten der Schüler/Innen finden im Hauptfenster des Lernmoduls statt. In der Leiste am unteren Rand des Lernmoduls befinden sich Schaltflächen, mit denen man zu den einzelnen Kapiteln springen kann. Noch nicht bearbeitete Kapitel sind ausgegraut und nicht auswählbar. Sie werden aktiviert, sobald man das entsprechende Kapitel betreten hat. Um ein Kapitel zu beenden muss ein Quiz gelöst werden.

### 1. Modulteil: Hintergrundwissen

Nach dem Start des Lernmoduls sehen die Schüler/Innen den Einführungstext, der sie über den Inhalt und den Aufbau informiert. Im rechten Bereich des Fensters ist ein Falschfarben-Bild des RapidEye-

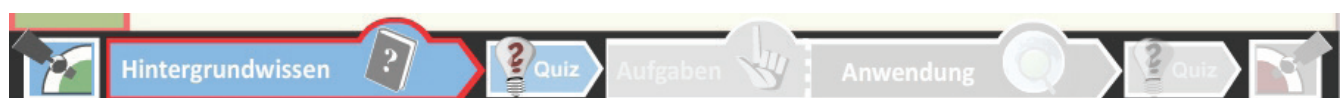


Abbildung 2 Navigationsleiste des Lernmoduls

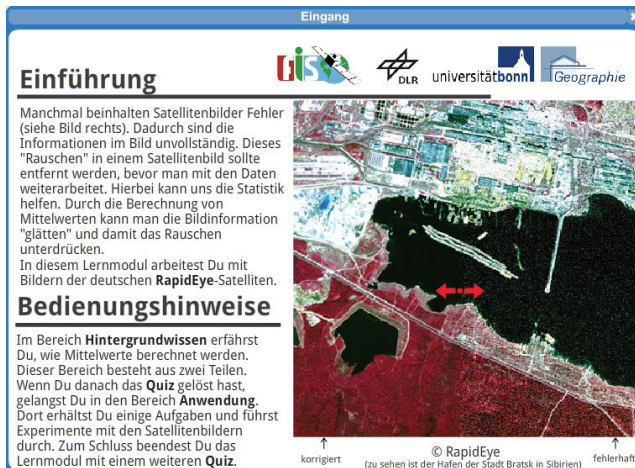


Abbildung 3 Einführung in das Lernmodul

Satelliten zu sehen. Das Bild zeigt die Stadt Bratsk in Sibirien. Führt man die Mouse über das Bild, kann man unter dem zuerst sichtbaren stark verrauschten 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 Schüler/Innen 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 Satellitenbildern im zweiten Modulteil. Dieser Teil besteht aus zwei Rubriken. In der ersten werden die Berechnung des arithmetischen Mittels und des Medians erklärt. Mit einem Klick auf den rechten grünen Balken mit der Kennzeichnung „2“ öffnet sich die zweite Rubrik, in der die Funktionsweise eines Moving Windows (= Kernel) erklärt wird. Dies wird mit Hilfe einer kurzen Animation dargestellt. Es kann jederzeit zwischen Rubrik 1 und 2 hin- und hergeschaltet werden. Nachdem sich die Schüler/Innen mit dem Hintergrundwissen beschäftigt haben, gelangen sie über einen Klick auf das Feld **Quiz** in der Navigationsleiste in einen Bereich, in dem das erlernte Wissen kontrolliert werden kann. Für eine Beispiel-Bildmatrix berechnen sie den Mittelwert und den Median.

## 2. Modulteil: Anwendung der Bildkorrektur

Im zweiten Modulteil erhalten die Schüler/innen die Bilddaten und mathematischen Werkzeuge, um Korrekturen an den RapidEye-Daten vornehmen zu können. Zunächst öffnet sich ein Fenster mit Aufgaben, an denen sich die Schüler/innen während ihrer Arbeit orientieren können.

**Online Version:** Wird das Lernmodul in der Online-Version ausgeführt, befindet sich hinter jeder Aufgabe ein Stift-Symbol. Bei einem Klick auf das Symbol öffnet sich ein kleines Fenster, in das die Schüler/innen ihre Antworten auf die Fragen direkt eintragen können. Die Antworten können bei einem nochmaligen Arbeiten mit dem Modul wieder aufgerufen werden und sind im Lehrer-Bereich im Lernportal unter „Meine Klasse“ abrufbar.

Die Schüler/innen erhalten drei RapidEye-Bilder des gleichen Bildausschnitts, die alle unterschiedliche Fehler aufweisen. Zur Kontrolle erhalten sie ein fehlerfreies Bild. Per drag & drop können die Bilder in das Hauptfenster gezogen werden. Im rechten Bereich des Anwendungsbereichs befinden sich die Werkzeuge, mit denen die Schüler/innen die Bilddaten bearbeiten können. Unter **Filter wählen** können sie zwischen dem Mittelwert- und dem Median-Filter umschalten. Durch einen Klick in das Bild wird ein 3x3-Pixel-Fenster ausgewählt und in der rechten Seitenleiste dargestellt. Nun können die Schüler/innen zunächst die Mittelwert- oder Median-Berechnung 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. Bei einem Klick auf **Bilder vergleichen** können die beiden zuletzt geöffneten/berechneten Bilder miteinander verglichen werden. 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 Schüler/innen die Bildkorrekturen durchgeführt und die gestellten Aufgaben beantwortet, können sie durch Beantworten der Fragen im zweiten **Quiz** die Bearbeitung des Moduls abschließen.



# Übersicht der Moduleile

## 1. Hintergrundwissen

### Ziele

- Das arithmetische Mittel und den Median berechnen können.
- Die Unterschiede zwischen dem arithmetischen Mittel und dem Median erklären.
- Die Funktionsweise eines statistischen Filters („Moving Window“) beschreiben.

### Inhalte

- Arithmetisches Mittel
- Median
- 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

- Mittelwert- und Medianfilter 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 Weglassungen können je nach Klasse nach eigenem Ermessen vorgenommen werden.

## Bildverbesserung mit Statistik

**Stundenziele:** Die Schüler/Innen und Schüler sollen

- Das arithmetische Mittel und den Median 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"> <li>• Erläuterungen zur Unterrichtseinheit/ Modul</li> <li>• Hintergrundwissen zur Thematik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lehrervortrag</li> <li>• Computer, Lernmodul (Modulteil I)</li> </ul>
Anwendung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visuelle Analyse eines Satellitenbildes</li> <li>• Anwendung der Filter zur Bildverbesserung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gruppenarbeit (zu zweit)</li> <li>• Material: Computer, Lernmodul (Modulteil I)</li> </ul>
Ergebnissicherung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vergleich korrigierte Satellitenbilder untereinander und mit unkorrigiertem Ausgangsbild.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gruppenarbeit (zu zweit)</li> <li>• Material: Computer, Lernmodul (Quiz)</li> </ul>