

Unterrichtsmaterialien zum Thema

Feuerspuren im Satellitenbild

JAHRGANGSSTUFE 12

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

12

Niveau



Zeitbedarf

3 - 4 Stunden

Autoren

Roland Goetzke,
Henryk Hodam,
Kerstin Voß

Ziele

Die Schüler/Innen sollen...

- die Dynamik von Landschaften am Beispiel der Waldbrände 2007 in Griechenland einordnen,
- das elektromagnetische Spektrum beschreiben,
- Reflexionseigenschaften von Pflanzen vergleichen,
- die Wellenlängenbereiche zuordnen, die für die Photosynthese von Bedeutung sind,
- die Relevanz von Vegetationsindizes erläutern und sie für eine Veränderungsanalyse anwenden.

Themen

Naturgefahren

Dynamik von Ökosystemen

Strahlung

elektromagnetisches Spektrum

Licht

Reflexion

Absorption

Satellitenbilder

Vegetationsindizes

Zeitreihenanalyse

Medien & Material

FeuerspurenGeographie.exe /

FeuerspurenGeographie.html

Didaktischer Kommentar

Musterlösungen

Didaktischer Kommentar

Einbindung in den Lehrplan & Umsetzung der Unterrichtseinheit

Waldbrände haben in den letzten Jahren im Mittelmeerraum immer wieder zahlreiche Todesopfer gefordert und zu erheblichen ökologischen Schäden geführt. Während des Sommers und solange die Feuerkatastrophe andauert, liest, hört und sieht man Meldungen über den Verlauf der Katastrophe, die entstandenen Schäden und die betroffenen Opfer. Doch wie sieht die Entwicklung der betroffenen Regionen nach einer solchen Katastrophe aus? Um Aussagen über die Entwicklung von Ökosystemen abzuleiten, die aus dem Gleichgewicht geraten sind, bietet sich der Einsatz von Fernerkundungsdaten besonders an, da über den Vergleich mehrerer Zeitschnitte sowohl die Entwicklung als auch die Veränderung erfasst werden kann.

Der **Lehrplan Erdkunde** für die Sekundarstufe II sieht in NRW im Inhaltsfeld „Raumstrukturen und raumwirksame Prozesse in der Wechselwirkung von natürlichen Systemen und Eingriffen des Menschen“ den Schwerpunkt „Ursachen und Folgen von Eingriffen in geoökologische Kreisläufe“ vor (zur Lehrplaneinbindung in den einzelnen Bundesländern siehe Tab. 1). Die Beschäftigung mit Satellitenbildern bietet sich innerhalb dieses Themenkomplexes an, da mehrere Zeitschnitte eines Gebietes betrachtet und analysiert werden können und somit Aussagen über die Entwicklung der Landschaft in Wechselwirkung mit durch den Menschen verursachten katastrophalen Prozessen abgeleitet werden können. Vor allem die Untersuchung von sogenannten Vegetationsindizes lässt eine Aussage hinsichtlich der Vitalität von Pflanzenbeständen zu.

Das **Ziel der Unterrichtseinheit** „Feuerspuren im Satellitenbild“ ist es, Zusammenhänge zwischen dem elektromagnetischen Spektrum, der Aufnahme und

Entstehung von Satellitenbildern sowie der Erfassung von Veränderungen innerhalb von Ökosystemen aufzuzeigen. Die Unterrichtseinheit bedient sich der Möglichkeiten des Computers, um die Thematik durch Animation und Interaktion nachhaltig zu vermitteln. Durch die praktische Auseinandersetzung mit dem Themenkomplex über ein computergestütztes und interaktives Lernmodul soll den Schüler/Innen das Verstehen von Zusammenhängen erleichtert werden.

- Das computergestützte Lernmodul berücksichtigt darüber hinaus folgende Anforderungen an das Lernen und Lehren:
- 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

Waldbrände kommen in vielen Regionen der Welt als natürlicher Bestandteil vor. Beispielsweise schaffen Waldbrände die Voraussetzung für die Nährstoffversorgung der folgenden Baumgeneration, wenn aufgrund der klimatischen Verhältnisse (zu kalt bzw.

Tabelle 1 Thematische Einbindung in den Lehrplan nach Bundesländern

Bundesland	Klasse	Thema
Baden-Württemberg	12/13	Pedosphäre
Bayern	11	Ökosysteme und anthropogene Eingriffe; Umweltrisiken und menschliches Verhalten
Berlin	12	Geo-Ökosysteme in Europa
Brandenburg	12	Geo-Ökosysteme in Europa
Bremen	11/12	Tragfähigkeit und nachhaltige Entwicklung
Hamburg	11/12	Aufbau, Nutzung und Veränderung von Geoökosystemen
Mecklenburg-Vorpommern	11/12	Europa – Raumstrukturen im Wandel
Nordrhein-Westfalen	12	Raumstrukturen und raumwirksame Prozesse
Sachsen	12	Die Landschaft als System
Sachsen-Anhalt	11/12	Geoökosysteme – Ausstattung und Nutzungsprobleme
Schleswig-Holstein	11	Naturlandschaft im Wandel

zu trocken) keine ausreichende Zersetzung der Streu- und der Humuslage durch Bodenorganismen möglich sind. Global sind ca. 46 % der Ökosysteme von Feuer abhängig bzw. beeinflusst. Ein besonderes Merkmal ist, dass innerhalb dieser Regionen die Waldbrände für die Erhaltung der natürlichen Flora und Fauna notwendig sind. Zu den typischen Feuerlandschaften gehören die Taiga, die afrikanischen Savannen, die Monsun- und Trockenwälder Südasiens, die Eukalyptuswälder Australiens, die Nadelwälder Kaliforniens, die Mittelmeerregion und alle Kiefernwälder von der Taiga bis in die Subtropen.

Über die Ursachen der Entwicklung verheerender Katastrophen - obwohl in diesen Gebieten Feuer eine notwendige Voraussetzung für den Erhalt der Flora und Fauna ist - wird in den Medien häufig berichtet. Man liest vieles über den direkten menschlichen Einfluss durch Brandstiftung und über die Auswir-

kungen einer veränderten Bewirtschaftung der Wälder sowie die daraus resultierende Zunahme an leicht brennbarem Unterholz. Doch wie sieht die Entwicklung der betroffenen Ökosysteme nach einer solchen Brandkatastrophe aus? Wie reagieren die verschiedenen Ökosysteme? Unterscheidet sich beispielsweise die Entwicklung von Hartlaubvegetation von einem Kiefernwald?

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 und entsprechend Bilder von diesem Ausschnitt liefern. 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

Das Satellitenbild entsteht durch die Aufnahme von Strahlung, die von der Erdoberfläche reflektiert wird. Zuerst trifft die von der Sonne ausgestrahlte elektromagnetische Strahlung (sichtbar und nicht sichtbar) auf die Erde. Trifft die Strahlung nun auf die Oberfläche, so werden je nach Beschaffenheit Teile von der Strahlung durchdrungen (Transmission), aufgenommen (Absorption) und zurückgeworfen (Reflexion). Die reflektierte Strahlung enthält Informationen über die Art und Eigenschaften der Oberfläche. Außerdem geht von Objekten selbst (Wärme-) Strahlung aus (Emission). Das Besondere ist also, dass jedes Objekt (in Abhängigkeit seiner physikalischen Eigenschaften) 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, beispielsweise separat für die drei Bereiche des sichtbaren Lichts blau, grün und rot und den Bereich des infraroten Lichts. Die einzelnen aufgenommenen Bereiche bzw. Kanäle kann man

dann am Computer so miteinander kombinieren, dass Farbbilder entstehen.

Vegetationsindizes

Landbedeckungen weisen unterschiedliche und charakteristische Reflexionseigenschaften auf. Zum Beispiel weist vitale Vegetation im Bereich des sichtbaren Lichts eine geringe Reflexion auf. Da Pflanzen vor allem den blauen und roten Anteil des sichtbaren Lichts für die Photosynthese nutzen, entsteht im grünen Bereich ein relatives Reflexionsmaximum. Auch die Energie des infraroten Lichts kann von Pflanzen nicht „genutzt“ werden, so dass sich in diesem Bereich eine sehr hohe Reflexion ergibt. Entsprechend ergibt sich im Übergang vom roten zum nahen infraroten Bereich ein deutlicher Anstieg der Reflexion ([Abb. 1](#)).

Dieser Unterschied der Reflexion im roten und nahen infraroten Bereich geht in die Berechnung des Vegetationsindex NDVI ein. Die Abkürzung NDVI steht für „Normalized Difference Vegetation Index“. Dieser Index dient vor allem zur Bewertung der Vitalität von Pflanzen und Pflanzenökosystemen. Aufgrund der Tatsache, dass im roten Bereich des Lichts eine geringe und im infraroten Bereich eine starke Reflexion vorherrscht, lassen sich zwei Schlussfolgerungen ableiten:

- Je größer die photosynthetische Aktivität ist, desto weniger rotes Licht wird reflektiert.
- Je gesünder eine Blattstruktur, desto mehr Licht aus dem nahen infraroten Bereich wird reflektiert.

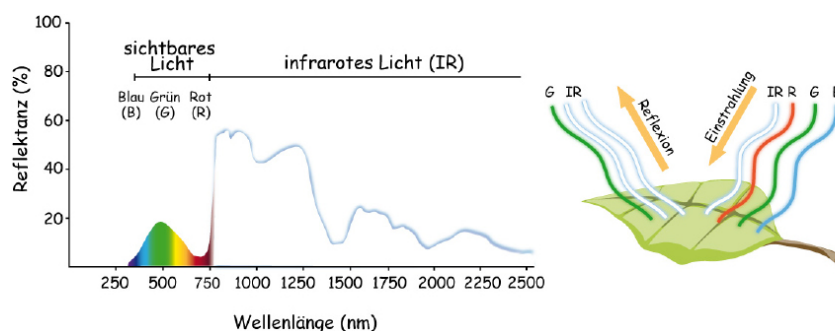


Abbildung 1 Reflexionseigenschaften von Pflanzen

Um den NDVI zu berechnen, führt man eine Normierung durch. Dafür teilt man die Differenz aus dem nahen infraroten (NIR) und dem roten Licht (Rot), das reflektiert wird, durch die Summe aus dem nahen infraroten und dem roten Licht.

Berechnet man den NDVI, so erhält man Werte zwischen -1 und 1, wobei Werte nahe 1 für dichte und gesunde, photosynthetisch aktive Pflanzen stehen.

Veränderungsanalyse – Change Detection

Stehen NDVI-Bilder von zwei Zeitschnitten zur Verfügung, so kann über die Differenz der beiden Bilder die stattgefundenene Veränderung ermittelt werden. Ist der Unterschied zwischen den beiden

$$NDVI = \frac{NIR - Rot}{NIR + Rot}$$

NDVI Bilder groß, werden die entsprechenden Pixel hell dargestellt. Ist der Unterschied gering, sind die Pixel dunkel.

Zeitreihenanalyse

Aufschlussreicher als eine Veränderungsanalyse ist häufig eine Zeitreihenanalyse. Hat sich beispielsweise zwischen zwei Zeitpunkten der Ausgangszustand wieder hergestellt, lässt sich keine Veränderung feststellen. Vor allem bei Analysen zur Vegetation ist es daher wichtig, deren Dynamik zu erfassen. Stehen einem mehrere zeitlich aufeinanderfolgende Satellitenbilder des gleichen Gebietes zur Verfügung, kann man diese zu einer Zeitreihe zusammenfassen und somit die Entwicklung im zeitlichen Ablauf verfolgen.

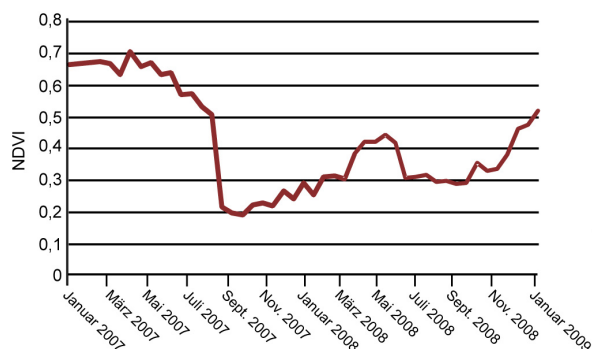


Abbildung 3 Zeitreihenanalyse

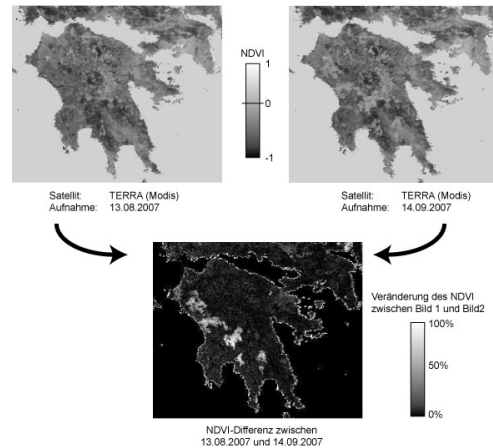


Abbildung 2 Veränderungsanalyse auf der Grundlage von zwei NDVI-Bildern

Inhalt, Aufbau & Ziele der Unterrichtseinheit

Insgesamt setzt sich die Unterrichtseinheit „Feuerspuren im Satellitenbild“ aus fünf Teilbereichen zusammen, wobei der erste Teil als Einführung auf den Rest des Moduls hinleitet. Das Modul und die darauf aufbauende Unterrichtseinheit lassen sich in drei bis vier Schulstunden durchführen.

Aufbau des Lernmoduls

Das Lernmodul „Feuerspuren im Satellitenbild“ kann entweder als eigenständiges Programm ausgeführt oder innerhalb des FIS-Lernportals (<http://www.fis.uni-bonn.de>) durchgeführt werden. Im ersten Fall wird auf Windows-PCs das Programm „Feuer-

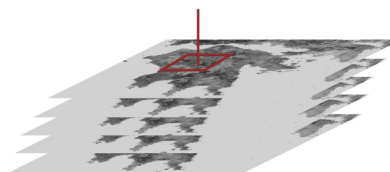




Abbildung 4 Einstieg in das Lernmodul

spurenGeographie.exe“ ausgeführt. Unter anderen Betriebssystemen wird die Datei „FeuerspurenGeographie.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 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 grauen Leiste am linken 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. In den weiteren Kapiteln des Lernmoduls befinden sich neben den Funktionen im Hauptfenster zudem Bereiche, mit denen die Erarbeitung der Inhalte strukturiert wird:



Hier befinden sich Hintergrundinformationen, die für die Arbeit mit dem Lernmodul unerlässlich sind. Manche Aufgaben lassen sich erst richtig lösen, wenn die Informationen aus diesem Bereich verinnerlicht wurden.



Aufgabe

Die Aufgaben bilden den Kern eines jeden Kapitels. Anhand der hier gestellten Fragen wird die Erarbeitung der Inhalte strukturiert.

Online Version: Führen die Schüler/Innen das Lernmodul nicht als „Standalone“-Anwendung aus, sondern öffnen es als angemeldete Nutzer innerhalb

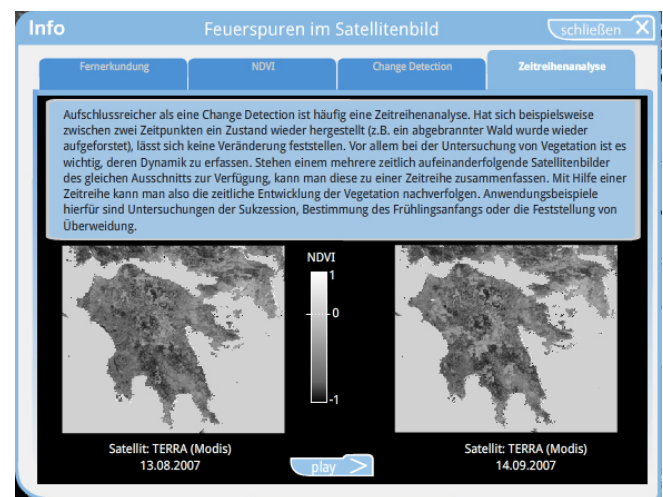


Abbildung 5 Info-Box am Anfang des Lernmoduls, 1. Teilbereich (links), Info-Box am Ende des Lernmoduls, Teilbereiche 1 bis 4 (rechts)



Abbildung 6 Fortschritt innerhalb der Info-Box wird durch die Zeitleiste am unteren Rand angezeigt.

des FIS-Lernportals, so finden sie hinter den meisten Fragen das gleiche Stift-Symbol. Hier können sie ihre Antworten direkt in das Modul eintragen und im System speichern. Wenn sie zu einem späteren Zeitpunkt das Lernmodul wieder aufrufen und ihren Bearbeitungsstand wieder herstellen, werden ihre zuvor gegebenen Antworten wieder sichtbar. Lehrer/Innen können die eingetragenen Antworten im FIS-Lernportal unter „Meine Klasse“ auswerten.



Die meisten Kapitel schließen mit einem Quiz ab, in dem das bisher Gelernte abgefragt wird. Die Bearbeitung des Quiz sollte also erst erfolgen, nachdem die Schüler/Innen die Hintergrundinformationen durchgearbeitet und die Aufgaben gelöst haben. Erst wenn ein Quiz richtig

gelöst wurde, gelangt man ins nächste Kapitel.

Durch die Quizze wird die Arbeit mit dem Lernmodul sequenziert, so dass die Schüler/Innen nicht direkt mit dem gesamten Stoff konfrontiert werden.

Online-Version: Wird das Lernmodul innerhalb des FIS-Lernportals ausgeführt, werden die Quiz-Ergebnisse gespeichert und können von den Lehrer/Innen im Bereich „Meine Klasse“ ausgewertet werden. Wurde ein Quiz nicht korrekt gelöst, haben die Schüler/Innen die Möglichkeit noch einmal ihre Antworten zu überarbeiten; danach werden ihre Antworten gespeichert und sie gelangen in den nächsten Teil des Lernmoduls, auch wenn sie nicht alle Fragen korrekt gelöst haben.

1. Einführung

Der erste Teil des Lernmoduls führt die Schüler/Innen problemorientiert in die Thematik ein. Nach dem Start des Moduls sehen die Schüler/Innen den Schreibtisch eines Wissenschaftlers (Abb. 4), auf dem sie in Form eines Zeitungsartikels und Bildern Hintergrundinformationen zur Feuerkatastrophe in Griechenland im Sommer 2007 finden. Ein von der Europäischen Union (EU) vermittelter Arbeitsauftrag veranlasst die Schüler/Innen, sich mit der Erstellung eines Berichts über die Entwicklung der vom Feuer betroffenen Flächen zu befassen. Ziel ist es, zum einen das Ausmaß der ursprünglich zerstörten Fläche zu erfassen und Aussagen zu treffen, welche Flächen dem Feuer „zum Opfer gefallen“ sind. Zum anderen sollen Aussagen über die Entwicklung der Land-

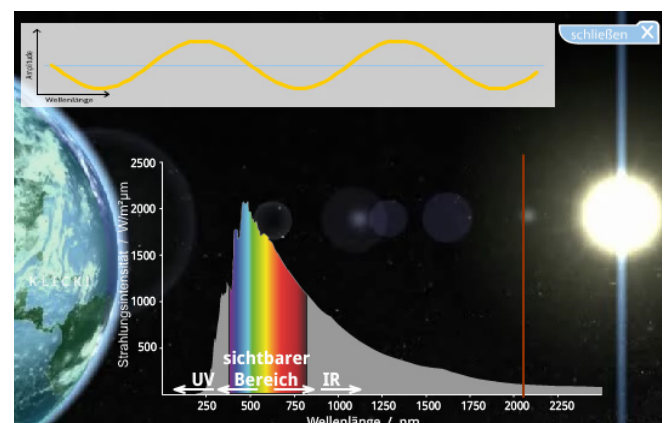
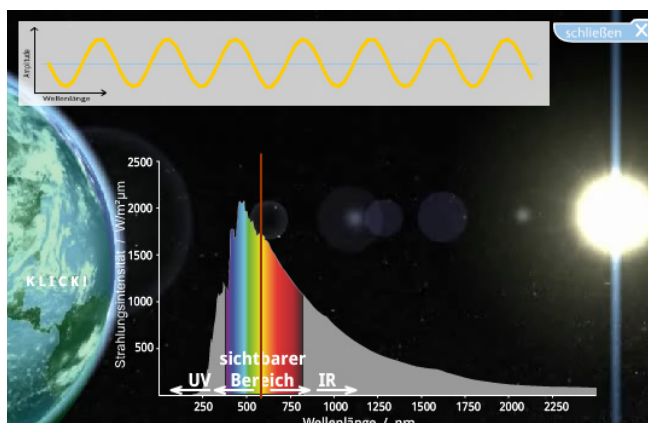


Abbildung 7 Solare Strahlung und Wellenlängen des elektromagnetischen Spektrums am äußeren Rand der Atmosphäre, a) Wellenlänge des roten Lichts, b) Wellenlänge aus dem Bereich des infraroten Lichts

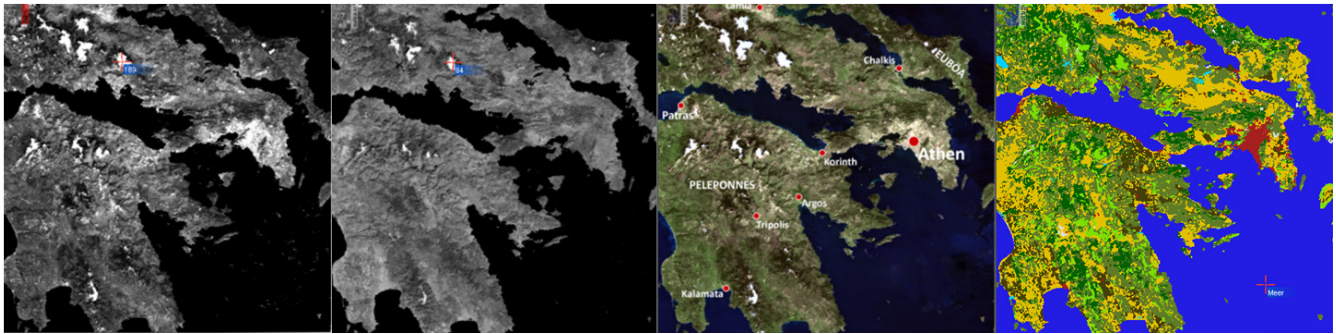


Abbildung 8 Satellitenbilder des 2. Modulteils (von links nach rechts: roter Kanal, infraroter Kanal, Satellitenbildübersichtskarte, klassifiziertes Satellitenbild)

oberfläche für einen Zeitraum von zwei Jahren nach der Feuerkatastrophe abgeleitet werden. Auf diese Weise werden die Schüler/Innen in den Themenkomplex „Stabilität und Dynamik von Ökosystemen“ eingeführt. Gleichzeitig wird ein Bewusstsein für die Anfälligkeit von Ökosystemen hinsichtlich plötzlich auftretender Naturereignisse geschaffen.

Um den Bericht zu verfassen, stehen den Bearbeitern mehrere Satellitenbilder zur Verfügung. Die Schüler/Innen können sich daher im anschließenden Modulteil über die Grundlagen der Satellitenfernerkundung informieren.

2. Informationen in Satellitenbildern

Vor Bearbeitung der konkreten Aufgabestellung im zweiten Teil ist es sinnvoll sich zunächst mit dem „Info“-Bereich zu beschäftigen: Anhand mehrerer Stationen verfolgen die Schüler/Innen den Weg des Lichts von der Sonne durch die Atmosphäre bis zu den Pflanzen. Sie erfahren, wie Pflanzen das ankommende Licht für die Photosynthese verwenden und welche Wellenlängenbereiche von den Pflanzen ungenutzt reflektiert werden. Nach einem erneuten Durchgang durch die Atmosphäre zeichnet ein Satellit das reflektierte Licht auf. Aus diesen Werten lässt sich in einem letzten Schritt im Zuge der digitalen Bildverarbeitung der NDVI berechnen, mit dessen Hilfe sich Aussagen über den Zustand der Vegetation treffen lassen.

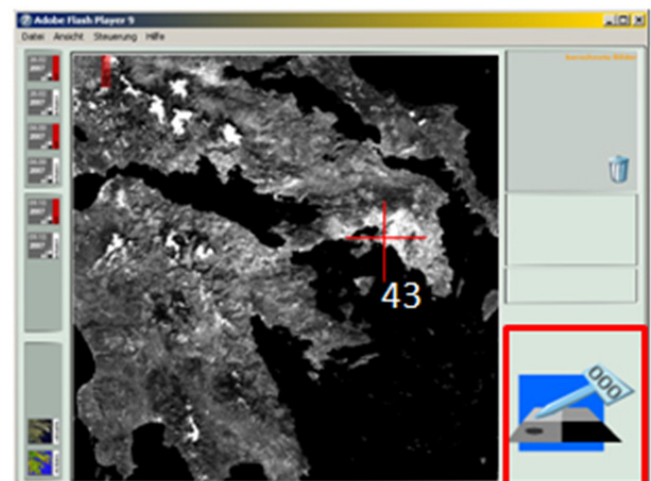


Abbildung 9 a) Tool zum Ablesen der Landbedeckung, b) Tool zum Ablesen der Pixelwerte

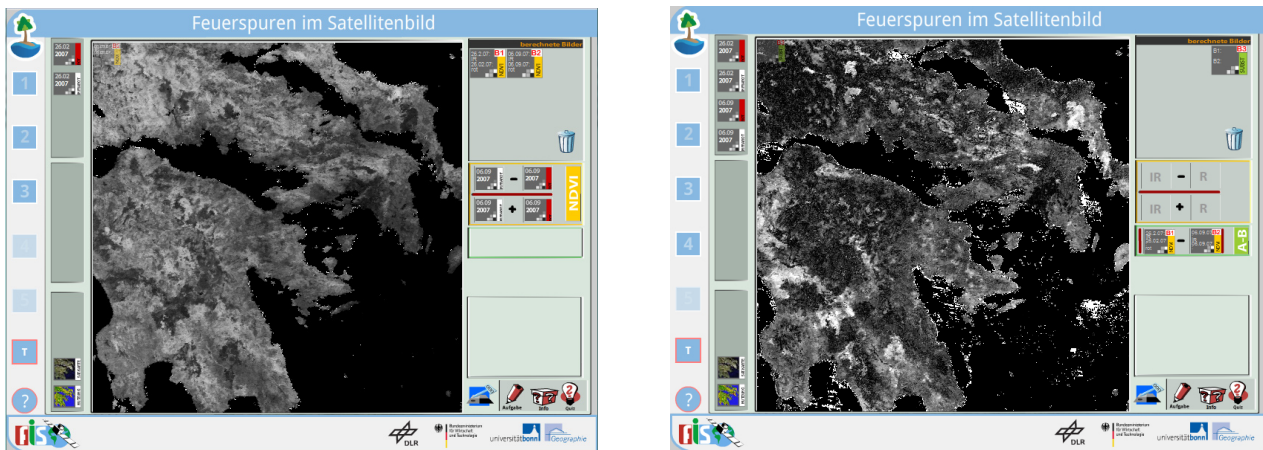


Abbildung 10 Analyse-Tools im 3. & 4. Modulteil (NDVI-Berechnung links – Veränderungsanalyse rechts)

Der Fortschritt innerhalb des „Info“-Bereichs wird in einer Zeitleiste am unteren Rand angezeigt. Es ist jederzeit möglich, auf vorherige Inhalte zurückzugreifen (Abb. 6). Die Schüler/Innen haben im „Info“-Bereich unter anderem die Möglichkeit sich die Strahlungsintensität der Sonne, wie sie auf der Erdoberfläche ankommt, in einer Abbildung anzuschauen. Fahren sie mit dem Cursor über diese Graphik wird ihnen im oberen Bereich die entsprechende Wellenlänge angezeigt. Fährt man mit dem Cursor vom Bereich des sichtbaren Lichts bis zum Bereich des infraroten Lichts nimmt die angezeigte Wellenlänge stetig zu (Abb. 7). Nachdem sich die Schüler/Innen unter „Info“ über die Grundlagen informiert haben, stehen ihnen im zweiten Modulteil Grauwertbilder sowie eine Satellitenbildübersichtskarte und ein klassifiziertes Satellitenbild für eigenständige Analysen zur Verfügung.

Ziel des 2. Modulteils ist es, den Schülerinnen und Schülern den Nutzen von Satellitenbildern zur Analyse von Landoberflächen näherzubringen. Entsprechend sollen sie sich mit den in den Bildern enthaltenen Informationen vertraut machen. Dabei steht ihnen ein Werkzeug zur Verfügung, mit dessen Hilfe sie sich die Pixelwerte bzw. die Landbedeckungsklassen anzeigen lassen können (Abb. 9). Somit können die Schüler/Innen ihr theoretisches Wissen aus dem ersten Modulteil und aus dem „Info“-Bereich durch die praktische Arbeit mit dem Satellitenbild vertiefen. Beispielsweise können sie den im „Info“-Bereich angesprochenen Übergang zwischen rotem und nahem infraroten Licht („Red Edge“) interaktiv nachvollziehen. Indem die Schüler/Innen die Pixelwerte der Waldflächen des roten und nahen infraroten Kanals miteinander vergleichen, erkennen sie für Vegetationsflächen relativ geringe

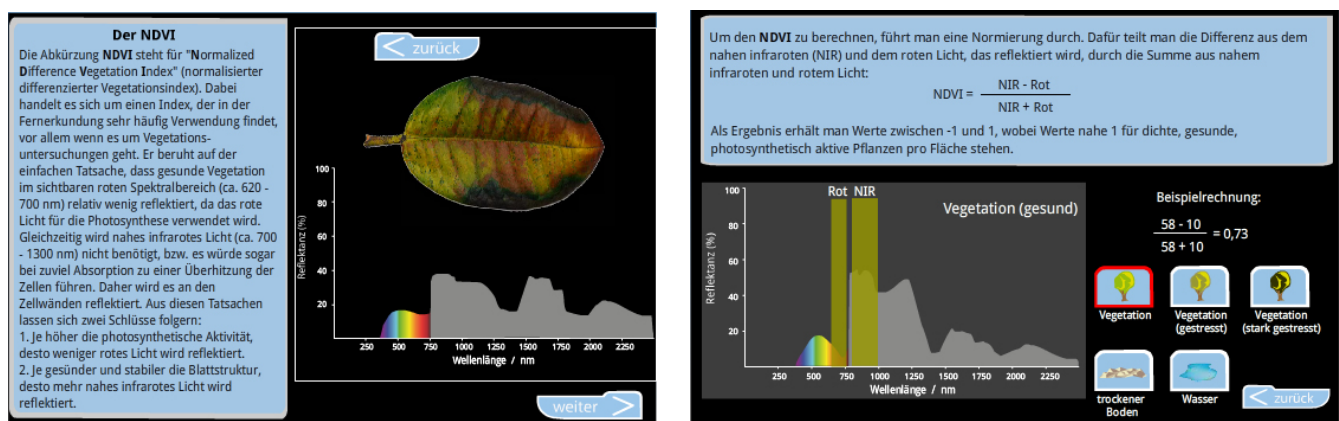


Abbildung 11 a) Seneszenz eines Blattes und Veränderung des Reflexionsverhaltens, b) NDVI-Beispielrechnung mit verschiedenen Vegetationszuständen und Landoberflächen (rechts)

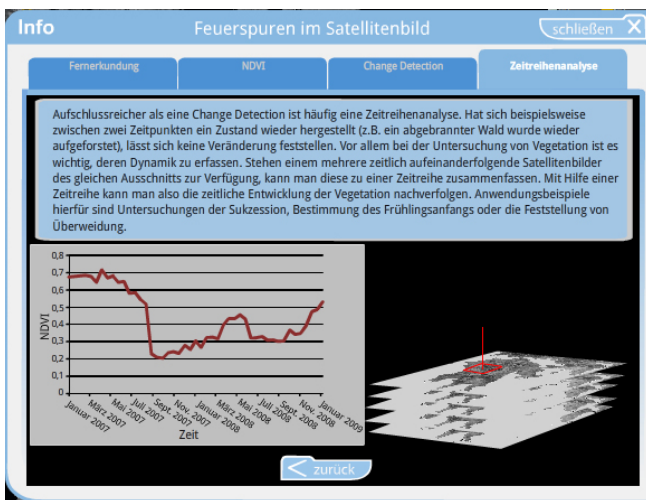


Abbildung 12 Info-Box zum Thema Zeitreihenanalyse

Pixelwerte für den roten und relativ hohe Pixelwerte für den nahen infraroten Kanal.

3. und 4. NDVI und Veränderungsanalyse

Darauf aufbauend stehen den Schüler/Innen im 3. und 4. Modulteil zwei Zeitschnitte zur Verfügung, einen vor und einen nach der Feuerkatastrophe. Diese Bilddaten können die Schüler/Innen mit einer erweiterten Toolauswahl eigenständig analysieren. Um die Veränderung der Landschaft zu erfassen, können die Schüler/Innen aus den Grauwertbildern des roten und infraroten Kanals NDVI-Bilder generieren, diese anschließend miteinander verrechnen und ein Differenzbild erzeugen. Über die Berechnung von NDVI-Bildern und der darin enthaltenen Veränderung können die Schüler/Innen wiederum Aussagen ableiten, welche Flächen von den Bränden betroffen waren. Ein Vergleich mit der integrierten Landbedeckungsklassifikation ermöglicht den Schüler/Innen eine Einordnung der Ökosysteme.

Entsprechend werden im zweiten und dritten Teil des „Info“-Bereichs der NDVI und die Veränderungsanalyse erklärt. Hinsichtlich der NDVI-Berechnung können sich die Schüler/Innen zuerst über die für die Berechnung relevanten Wellenlängenbereiche informieren. Anhand einer Animation lässt sich die Seneszenz eines Blattes zusammen mit den Änderungen im Reflexionsverhalten nachverfolgen (Abb. 11a). Im zweiten Schritt kann man Beispielrech-

nungen des NDVI mit verschiedenen Landoberflächen und Vegetationszuständen durchführen (Abb. 11b). In Bezug auf die Veränderungsanalyse lernen die Schüler/Innen, wie sie NDVI-Bilder zwei verschiedener Zeitpunkte miteinander verrechnen können, um Aussagen über die Veränderung der Landschaft abzuleiten.

5. Zeitreihenanalyse

Aufbauend auf dem bisher Gelernten können die Schüler/Innen im abschließenden 5. Modulteil eine ganze Zeitreihe analysieren. Hierzu sollen sie sich zunächst im vierten Teil des „Info“-Bereichs über das Prinzip von Zeitreihenanalysen informieren und dieses anschließend anhand von sechs NDVI-Bildern nachvollziehen. Entsprechend zielt der vierte Teil des „Info“-Bereichs darauf ab, wie NDVI-Einzelbilder zu einer Zeitreihe zusammengefasst werden können, um damit den Vegetationsgang innerhalb eines definierten Zeitraums abzubilden (Abb. 12).

Die NDVI-Bilder des Lernmoduls decken einen Zeitraum von kurz vor der Feuerkatastrophe bis zwei Jahre nach der Feuerkatastrophe ab. Zur Analyse dieser Zeitreihe können sich die Schüler/Innen für die einzelnen Pixel die Entwicklung der NDVI-Werte in einem Graphen anzeigen lassen. Das Ziel ist es, zu bewerten inwieweit sich die Vegetation nach dem Feuer wieder erholt hat und ab wann die Pflanzen- decke über eine ähnliche Vitalität wie vor dem Feuer

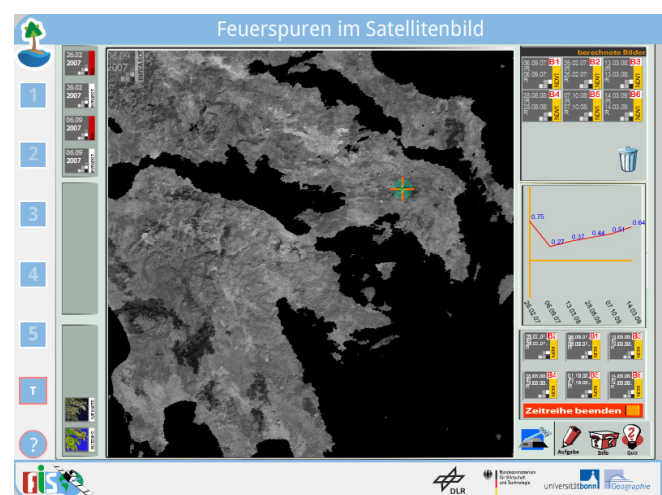


Abbildung 13 Analyse-Tools im 5. Modulteil zur Zeitreihenanalyse



verfügt. Hieraus ergibt sich zudem die Frage, ob für unterschiedliche Landbedeckungen (beispielsweise natürliche Vegetation/ landwirtschaftliche Flächen) Unterschiede in der Erholung festgestellt werden können. Hierzu kann wiederum die Landbedeckungsklassifikation mit in die Analyse einbezogen werden.

Neben der Einschätzung der Erholungsdauer können aus der NDVI-Zeitreihe jahreszeitliche Schwankungen abgelesen werden.

Übersicht der Modulteile

1. Einführung

Ziele

- Ursachen und Auswirkungen des Klimawandels kennenlernen und beschreiben
- die CO₂-Speicherfunktion des Waldes einordnen
- Begriffe: Kohlendioxid und Kohlendioxidspeicher kennenlernen und mit eigenen Worten erklären können
- die Speicherfunktion des Waldes erklären können
- eine Vorstellung über die gespeicherten Kohlenstoffmengen bekommen und mit diesen Zahlen argumentieren

Inhalte

- Feuerkatastrophe in Griechenland

2. Informationen in Satellitenbildern

Ziele

- elektromagnetisches Spektrum und unterschiedliche Wellenlängen beschreiben
- Reflexionseigenschaften von Pflanzen vergleichen
- Wellenlängenbereiche zuordnen, die für die Photosynthese von Bedeutung sind
- Unterschiede zwischen Grauwertbildern, Satellitenbildkarte und Landbedeckungsklassifikation erkennen
- Grauwertbilder auswerten

Inhalte

- Fernerkundung – wie Satelliten die Erde beobachten
- solare Strahlung und Einfluss der Atmosphäre
- Streuung und Absorption der solaren Strahlung in der Atmosphäre
- Lichtabsorption durch Photosynthese
- spektraler Fingerabdruck
- spektrale Auflösung von Satellitenbildern
- Korrektur von Atmosphäreninflüssen
- Grauwertbilder
- Landbedeckungsklassifikation
- spektrale Kanäle

Übersicht der Modulteile

3. NDVI-Berechnung

Ziele

- Relevanz von Vegetationsindizes erläutern
- NDVI Bilder berechnen und analysieren

Inhalte

- NDVI, NDVI-Bilder

4. Veränderungsanalyse

- Durchführung und Berechnung eines Differenzbildes
- Vegetationsindizes für die Veränderungsanalyse anwenden

- Change Detection
- Differenzbilder
- Interpretation & Auswertung der Ergebnisse

5. Zeitreihenanalyse

- Durchführung und Berechnung einer Zeitreihe auf der Grundlage der NDVI Bilder
- NDVI-Zeitreihen zur Beurteilung der Dynamik und Stabilität einer ausgewählten Region anwenden
- Bericht über die Veränderung der durch die Feuerkatastrophe betroffenen Flächen verfassen

- Zeitreihenanalyse
- Interpretation & Auswertung der Ergebnisse

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.

Stunde 1: Die Feuerkatastrophe in Griechenland 2007 und Einführung in die Fernerkundung

Stundenziele: Die Schülerinnen und Schüler sollen

- die physikalischen Grundlagen der Fernerkundung beschreiben.
- Informationen in Grauwertbildern des roten und des nahen infraroten Kanals analysieren.
- Pixelwerte beider Grauwertbilder miteinander vergleichen.

Phase	Inhalt + Feinziele	Durchführung/ Material
Einführung	<ul style="list-style-type: none"> • Erläuterungen zum Modul • Einführung in die Thematik • Arbeitsauftrag („EU-Auftrag“) 	<ul style="list-style-type: none"> • Lehrervortrag + Einstieg in die Gruppenarbeit (zu zweit) • Computer, Lernmodul (Modulteil I)
Erarbeitung	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen der Fernerkundung (elektromagnetisches Spektrum, Wellenlängenbereiche) • Analyse von Grauwertbildern des roten und des nahen infraroten Kanals 	<ul style="list-style-type: none"> • Gruppenarbeit (zu zweit) • Computer, Lernmodul (Modulteil II)

Stundenplanungshilfe

Stunde 2: Einführung in die Fernerkundung und NDVI-Berechnung

Stundenziele: Die Schülerinnen und Schüler sollen

- die physikalischen Grundlagen der Fernerkundung beschreiben.
- Informationen in Grauwertbildern analysieren.
- Grundlagen von Vegetationsindizes beschreiben und NDVI-Bilder berechnen.

Phase	Inhalt + Feinziele	Durchführung/ Material
Einführung	<ul style="list-style-type: none"> • Klärung offener Fragen aus der ersten Stunde • Fortsetzen der Gruppenarbeit am zuletzt bearbeiteten Punkt 	<ul style="list-style-type: none"> • Klassengespräch
Erarbeitung	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen der Fernerkundung (elektromagnetisches Spektrum, Wellenlängenbereiche) • Analyse von Grauwertbildern des roten und nahen infraroten Kanals 	<ul style="list-style-type: none"> • Gruppenarbeit (zu zweit) • Computer, Lernmodul (Modulteil II)
Ergebnissicherung	<ul style="list-style-type: none"> • Überprüfung des erworbenen Wissens durch einen Quiz 	<ul style="list-style-type: none"> • Computer, Lernmodul
Erarbeitung (Modulteil III)	<ul style="list-style-type: none"> • Relevanz von Vegetationsindizes erläutern • NDVI-Bilder berechnen und Ergebnisse analysieren 	<ul style="list-style-type: none"> • Gruppenarbeit (zu zweit) • Computer, Lernmodul (Modulteil III)

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.

Stunde 3: NDVI-Berechnung und Veränderungsanalyse

Stundenziele: Die Schülerinnen und Schüler sollen

- Vegetationsindizes erläutern und NDVI-Bilder berechnen.
- Differenzbilder berechnen und Veränderungen analysieren.

Phase	Inhalt + Feinziele	Durchführung/ Material
Einführung	<ul style="list-style-type: none"> • Erläuterungen zum Modul • Einführung in die Thematik • Arbeitsauftrag („EU-Auftrag“) 	<ul style="list-style-type: none"> • Lehrervortrag + Einstieg in die Gruppenarbeit (zu zweit) • Computer, Lernmodul (Modulteil I)
Erarbeitung (Modulteil III)	<ul style="list-style-type: none"> • Relevanz von Vegetationsindizes erläutern • NDVI-Bilder berechnen und analysieren 	<ul style="list-style-type: none"> • Gruppenarbeit (zu zweit) • Computer, Lernmodul (Modulteil III)
Ergebnissicherung	<ul style="list-style-type: none"> • Überprüfung des erworbenen Wissens durch einen Quiz 	<ul style="list-style-type: none"> • Computer, Lernmodul
Erarbeitung (Modulteil IV)	<ul style="list-style-type: none"> • Durchführung und Berechnung eines Differenzbildes • Vegetationsindizes für die Veränderungsanalyse anwenden 	<ul style="list-style-type: none"> • Gruppenarbeit (zu zweit) • Computer, Lernmodul (Modulteil IV)
Ergebnissicherung	<ul style="list-style-type: none"> • Überprüfung des erworbenen Wissens durch einen Quiz 	<ul style="list-style-type: none"> • Computer, Lernmodul

Stundenplanungshilfe

Stunde 4: Einführung in die Fernerkundung und NDVI-Berechnung

Stundenziele: Die Schülerinnen und Schüler sollen

- eine Zeitreihe aus Satellitenbildern aufbauen.
- in Satellitendaten gemessene Veränderungen beurteilen.

Phase	Inhalt + Feinziele	Durchführung/ Material
Einführung	<ul style="list-style-type: none"> • Klärung offener Fragen aus der ersten Stunde • Fortsetzen der Gruppenarbeit am zuletzt bearbeiteten Punkt 	<ul style="list-style-type: none"> • Klassengespräch
Erarbeitung	<ul style="list-style-type: none"> • Erstellung einer Zeitreihe auf der Grundlage von NDVI Bildern • NDVI-Zeitreihen zur Beurteilung der Dynamik und Stabilität einer ausgewählten Region anwenden • Bericht über die Veränderung der durch die Feuerkatastrophe betroffenen Flächen verfassen 	<ul style="list-style-type: none"> • Gruppenarbeit (zu zweit) • Computer, Lernmodul (Modulteil V)
Ergebnissicherung	<ul style="list-style-type: none"> • Überprüfung des erworbenen Wissens durch einen Quiz 	<ul style="list-style-type: none"> • Gruppenarbeit (zu zweit) • Computer, Lernmodul (Quiz V)
Bündelung	<ul style="list-style-type: none"> • Zusammenfassen der Ergebnisse 	<ul style="list-style-type: none"> • Klassengespräch