

Unterrichtsmaterialien zum Thema

# Kleiner Käfer, großer Schädling

JAHRGANGSSTUFE 7-9

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**

7-9

**Niveau**



**Zeitbedarf**

45 Minuten

**Autoren**

Johannes Schultz,  
Andreas Rienow,  
Henryk Hodam

**Ziele**

Die Schüler/Innen sollen...

- hyperspektrale Satellitenbilder interpretieren und aus ihnen den Befall mit Bergkiefernkäfern ableiten.
- den Einfluss von Bergkiefernkäfern auf das Waldökosystem beschreiben
- ein Verständnis für die Zusammenhänge zwischen Klimawandel, Käferbefall und Abwehrmechanismen der Bäume bekommen.

**Themen**

Waldökosystem

Aufbau Sprossachse Nadelholz

Bergkiefernkäfer

Vegetationsindizes

hyperspektrale und multispektrale Satellitendaten

**Medien & Material**

Lernmodul 'Kleiner Käfer, großer Schädling'

Didaktischer Kommentar

Musterlösung

# Didaktischer Kommentar

## Einbindung in den Lehrplan & Umsetzung der Unterrichtseinheit

Im Rahmen des Klimawandels und den damit einhergehenden Prozessen kommt es auch zu gravierenden Veränderungen in den Ökosystemen. Diese Unterrichtseinheit befasst sich mit dem Einfluss von Bergkiefernkäfern auf das Waldökosystem in Nordamerika. West und Nordamerika zählt zum natürlichen Verbreitungsgebiet des Bergkiefernkäfers, jedoch breitet er sich in den letzten Jahren auch in die borealen Wälder Kanadas aus. Insbesondere wärmere Sommer und mildere Winter begünstigen die Ausbreitung und massenhafte Vermehrung der Käfer. Mit Hilfe von hyperspektralen Satellitenbildern und daraus abgeleiteten Vegetationsindizes erhalten die Schüler/Innen einen Überblick über die Möglichkeiten zur Erfassung von Käferschäden. Diese Erkenntnisse werden mit Hintergrundwissen zu den Themen hyperspektrale Fernerkundung, Interaktion zwischen Käfer und Baum, sowie grundlegendes Wissen über Aufbau und Funktion der Sprossachse ergänzt.

Der Lehrplan Biologie für die Sekundarstufe I sieht in NRW das Inhaltsfeld „Energiefluss und Stoffkreisläufe“ mit dem Bereich „Erkundung und Beschreibung eines ausgewählten Biotops (Produzenten, Konsumenten, Destruenten)“ sowie das Inhaltsfeld „Angepasstheit von Pflanzen und Tieren an die Jahreszeiten“ mit dem Bereich „Entwicklung exemplarischer Vertreter der Wirbeltierklassen und eines Vertreters der Gliedertiere“ vor (zur Lehrplaneinbindung in den einzelnen Bundesländern siehe Tab. 1). Die Betrachtung von Wäldern aus Satellitenperspektive bietet sich innerhalb dieses Themenkomplexe besonders an, da anhand der Bilder anschaulich gezeigt werden kann, wie großflächige Vegetationsmuster unter den Einfluss auch der kleinsten sichtbaren Lebewesen stehen und von

ihnen beeinflusst werden. Die eingesetzte Methodik der zeitlichen Veränderung eines Vegetationsindex orientiert sich dabei stark an tatsächlich in der Wissenschaft eingesetzten Techniken. Zudem wird in diesen Zusammenhang im Lehrplan Biologie die Nutzung neuer Medien explizit gefordert. Sie sollen bei der Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten, bei der Darstellung und der Simulation fachlicher Sachverhalte ebenso eingesetzt wie bei der Suche nach Informationen, der Präsentation und der Kommunikation von Überlegungen und Ergebnissen.

Das **Ziel der Unterrichtseinheit** „Kleiner Käfer, großer Schädling“ ist das Verständnis grundlegender Funktionen und Zusammenhänge im Waldökosystem und durch den Klimawandel induzierte Veränderungen zu verstehen. Ferner schult die Unterrichtseinheit den Umgang mit abstrakten Darstellungen (Satellitenbild) von bekannten Landschaftseinheiten.

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 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.

**Tabelle 1** Thematische Einbindung in den Lehrplan nach Bundesländern

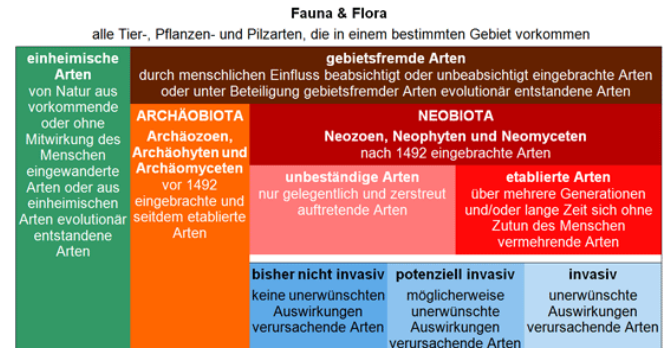
Bundesland	Klasse	Thema
Baden-Württemberg	6	Wechselwirkung zwischen Lebewesen: Lebewesen, die in einem Lebensraum leben beeinflussen sich gegenseitig
Bayern	8	Kennzeichen der Lebewesen; Reiche der Lebewesen
Berlin	7/8	Einfache Beispiele zu Wechselwirkungen zwischen Organismen sowie zwischen Organismen und ihrem Lebensraum.
Brandenburg	7/8	Einfache Beispiele zu Wechselwirkungen zwischen Organismen sowie zwischen Organismen und ihrem Lebensraum.
Bremen	7/8	Mit Gliedertieren leben; Einblicke in den Nutzen und Schaden bzw. Belästigung durch Insekten und andere Gliedertiere
Hamburg	7/8	Nutztiere, Schädlinge; Gliedertiere und ökologische Gleichgewichte
Hessen	7	Formen des Waldes; Stockwerke des Waldes mit Lebewesen, z.B. Insekten; Produzenten, Konsumenten, Destruenten
Mecklenburg-Vorpommern	7/8 & 9/10	Bau von Wurzel, Sprossachse und Laubblatt; Konsumenten und Destruenten
Niedersachsen	8	Einfache Veränderungen in einem Ökosystem
Nordrhein-Westfalen	7/9	Wechselwirkung zwischen Produzenten, Konsumenten und Destruenten - ihre Bedeutung im Ökosystem
Rheinland-Pfalz	7	Pflanzen und Tiere und ihre Wechselbeziehungen in einem Ökosystem
Saarland	8	Nutzinsekten, Schadinsekten; Trophieebenen mit Konsumenten, Destruenten (Reduzenten); Ökosystem Wald
Sachsen	9	Wechselwirkung und Information auf die Beziehungen zwischen den Organismen des Ökosystems
Sachsen-Anhalt	9	Umweltfaktoren im Waldökosystem ; Biologisches Gleichgewicht im Ökosystem Wald (Schädlinge)
Schleswig-Holstein	7 & 8	Schichtungen im Wald; Insekten als Kulturpflanzenschädlinge (z. B. Blattlaus, Borkenkäfer)
Thüringen	9	Ökosystem Wald (naturnaher Wald); Schädlinge

- 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

Der Klimawandel ist in den Medien und in der Wissenschaft ein viel diskutiertes Phänomen, insbesondere die Prognosen über das zu erwartende Ausmaß gehen weit auseinander. Trotz der hohen Komplexität und der oft nicht linearen Zusammenhänge im Klimasystem besteht großer Konsens darüber, dass mit einem weltweiten Temperaturanstieg zu rechnen ist und Extremereignisse wie Dürren oder Starkniederschläge an Häufigkeit zunehmen werden. Die lokalen und regionalen Auswirkungen des Klimawandels können jedoch je nach Gebiet stark voneinander abweichen. Rund 60% des von den Menschen verursachten Klimawandels sind auf einen erhöhten Ausstoß des Treibhausgases Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) durch das Verbrennen fossiler Brennstoffe zurückzuführen. Obwohl die absolute Klimawirksamkeit von CO<sub>2</sub> hinter der anderer Treibhausgase wie Methan (CH<sub>4</sub>) und Distickstoffmonoxid (N<sub>2</sub>O) zurücksteht, hat das CO<sub>2</sub> aufgrund der höheren Konzentration in der Atmosphäre großen Einfluss auf den Treibhauseffekt. So wurden beispielsweise allein im Jahr 2006 32 Milliarden Tonnen CO<sub>2</sub> vom Menschen freigesetzt. Wälder können freigesetztes CO<sub>2</sub> über größere Zeiträume speichern. Wenn ein Baum stirbt und sein Holz von Mikroorganismen zersetzt wird, wird das CO<sub>2</sub> wieder frei gesetzt. Hingegen in verbautem Holz gespeichertes CO<sub>2</sub> ist dem Kreislauf für längere Zeit entzogen. „Schädlinge“ wie der Borkenkäfer können ganze Waldgebiete zum absterben bringen und somit die CO<sub>2</sub> Bilanz des Waldes verändern. Sie sind aber auch ein wichtiges Glied im Waldökosystem, da sie u.a. zur Verjüngung der Bestände beitragen.

Borkenkäfer befallen vorwiegend schwache oder kranke Bäume. Verändern sich aber durch den Klimawandel die Rahmenbedingungen z.B. durch verstärktes Auftreten von Dürren, kann es einerseits zur Schädigung des Waldes kommen, andererseits wird die Reproduktion der Borkenkäfer durch höhere Temperaturen begünstigt. Solch günstige Rahmenbedingungen können zur massenhaften Vermehrung der Käfer beitragen, so dass der Baumbestand ganzer Waldgebiete absterben kann. Das Auftreten von großen Käferpopulationen ist auch schon in der Vergangenheit beobachtet worden, jedoch begünstigten Waldschäden, Monokulturen und der Klimawandel solche Ereignisse. In der Zukunft ist mit einer erhöhten Häufigkeit von solchen Kalamitäten zu rechnen. So konnte sich z.B. der Bergkiefernkäfer in Gebiete ausbreiten, die nicht zu seinem „natürlichen Verbreitungsgebiet“ gehören. Die Forstbehörden in Kanada und den USA stufen den Käfer deswegen in einigen Gebieten als invasive Art ein (vgl. [Abbildung 1](#)).



**Abbildung 1** Begriffe zur Einteilung des Artenbestands BfN

Die Unterrichtseinheit vermittelt grundlegendes Wissen zu Waldökosystemen und zeigt auf, wie man mit Fernerkundungsmethoden Käferpopulationen detektieren kann.

## Fernerkundung

Schon seit dem 19. Jahrhundert werden Wälder mit Luftbildern, die zunächst aus Heißluftballons und später aus Flugzeugen aufgenommen wurden, kartiert. Da diese Bilder jedoch nur eine geringe Fläche abdecken, waren deutschlandweite Erfas-

sungen sehr schwierig. Die Verfügbarkeit von Satellitenbildern (ab etwa 1972) erleichterte diese Aufgabe. Die Sensoren der Satelliten erfassen dafür, ähnlich wie eine Digitalkamera, aus einer Höhe von mehreren hundert Kilometern das von der Erdoberfläche reflektierte Sonnenlicht in Bildpunkten (Pixeln). Diese Fläche wird als die räumliche Auflösung des Satelliten bezeichnet. Ferner können je nach Sensor Sensoren unterschiedliche Bereiche des elektromagnetischen Spektrums (Abbildung. 2) aufgenommen werden. Unterschiedliche Landbedeckungen weisen unterschiedliche und charakteristische Reflexions-eigenschaften auf. Beispielsweise weist gesunde und vitale Vegetation im Bereich des sichtbaren Lichtes eine geringe Reflexion auf. Da Pflanzen vor allem den blauen und roten Anteil

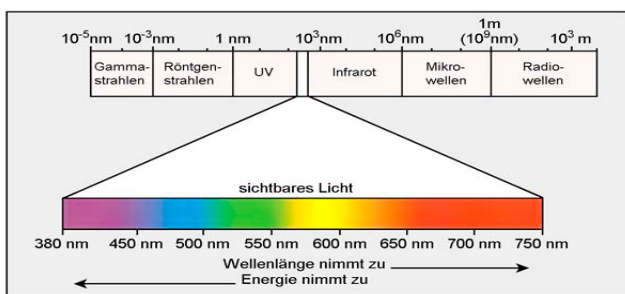


Abbildung 2 Elektromagnetische Spektrum

des sichtbaren Lichtes für die Fotosynthese nutzen, entsteht im grünen Bereich ein relatives Reflexionsmaximum. Auch die Energie des infraroten Lichtes kann von Pflanzen nicht „gebraucht“ 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 (Abbildung 3). Dieser Unterschied der Reflexion im roten und nahen infraroten Bereich geht in die Berechnung eines Vegetationsindex, dem NDVI ein. Die Abkürzung NDVI steht für „Normalized Differenced Vegetation Index.“ Dieser Index dient vor allem zur Bewertung der Vitalität von Pflanzen. Aus den beiden Tatsachen, dass im roten Bereich des Lichtes eine geringe und im nahen infraroten Bereich eine hohe Reflexion stattfindet, lassen sich 2 Schlussfolgerungen ableiten:

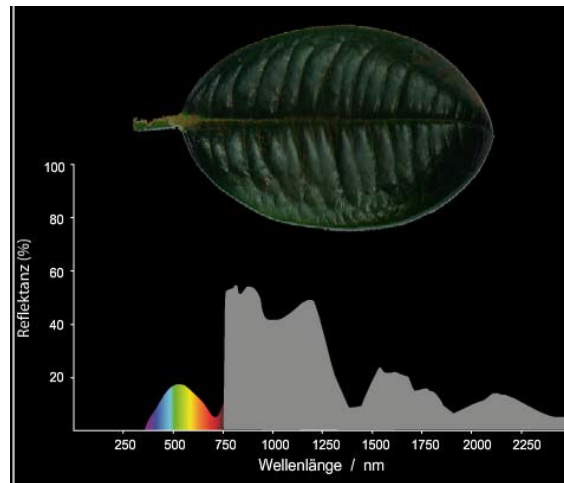


Abbildung 3 Reflexionseigenschaften von Pflanzen

1. Je höher die fotosynthetische Aktivität ist, desto weniger rotes Licht wird reflektiert.
2. Je gesünder eine Blattstruktur, desto mehr Licht aus dem nahen infraroten Bereich wird reflektiert.

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 (NIR) und dem roten Licht (Rot). Berechnet man den NDVI, so erhält man Werte zwischen -1 und 1, wobei Werte nahe 1 für dichte und gesunde, fotosynthetisch aktive Pflanzen stehen.

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

Der NDVI ist somit auch als ein guter Indikator um Käferbefall in Waldgebieten zu detektieren. Die Bildgrundlage im Modul stammt vom amerikanischen Satelliten-Sensor „Hyperion EO-1“. Er ist ein sogenannter Hyperspektralsensor. Das bedeutet, dass er sehr große Flächen in sehr vielen Wellenlängen aufnehmen kann. Während Digitalkameras nur 3 und Multispektralsensoren nur 7 Kanäle haben, besitzen Hyperspektralsensoren über 100. So kann geringste Unterschiede in den Reflexionseigenschaften von bspw. Pflanzen feststellen und analysieren.

## Inhalt, Aufbau & Ziele der Unterrichtseinheit

Insgesamt setzt sich die Unterrichtseinheit „Kleiner Käfer, großer Schädling“ aus drei Teilbereichen zusammen. Das Lernmodul lässt sich in 45 Minuten durchführen.

### Aufbau des Lernmoduls

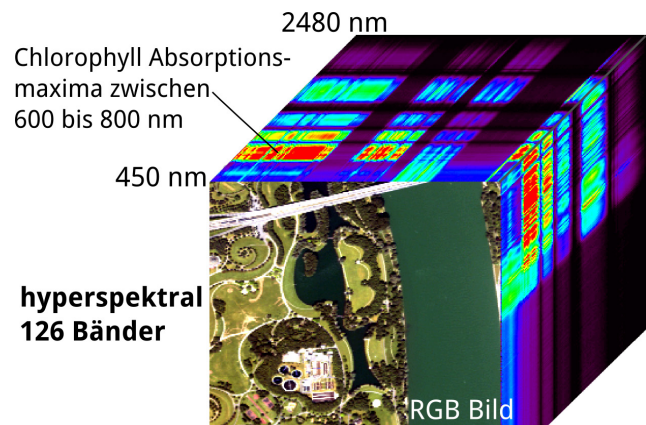
Zur Durchführung des Lernmodul „Kleiner Käfer, großer Schädling“ kann auf Windows-PCs das Programm „Kleiner Käfer großer Schädling .exe“ aufgerufen werden. Unter anderen Betriebssystemen wird die Datei „Kleiner Käfer großer Schädling.swf“ gestartet. Hierfür wird der Flash-Player benötigt (<http://get.adobe.com/de/flashplayer/>). Wichtig ist in beiden Fällen, dass die heruntergeladene Ordnerstruktur erhalten bleibt.

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

### 1. Einführung - "Kleiner Käfer, großer Schädling"

Im Rahmen einer kurzen Einleitung werden die Schüler/Innen problemorientiert mit einem kurzem Überblick zur Fernerkundung in die Thematik eingeführt. Nach dieser Einleitung wird das Thema hyperspektrale Fernerkundung näher beleuchtet. Hier werden grundlegende Inhalte wie z.B. der Unterschied zwischen multispektralen Satellitenbildern, sie enthalten nur wenige Kanäle, die bestimmte Spektralbereiche repräsentieren, und hyperspektralen Bildern, die weit über hundert verschiedene Kanäle umfassen können, vermittelt (vgl. [Abbildung 4](#)). Das menschliche Auge kann das Licht nur in einem kleinen Wellenlängenbereich (350 bis 750 nm) der

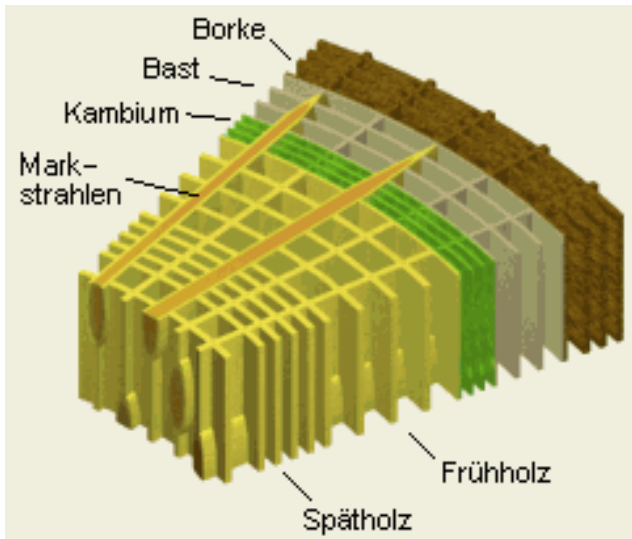
Grundfarben Rot, Grün und Blau (RGB) wahrnehmen. Hyperspektralkameras hingegen unterteilt das elektromagnetische Spektrum (vgl. [Abbildung 1](#)) in mehrere Kanäle, mit denen man einen hyperspektralen Datenkubus erzeugen kann. Für jeden Kanal wird ein eigenes Bild erstellt ([Abbildung 4](#)). Die Kombination verschiedener Kanäle ermöglicht z.B. eine wesentlich feinere Unterscheidung von Materialien und physikalischen Eigenschaften. So ist es z.B. möglich, den Wasser- und Chlorophyllgehalts



**Abbildung 4** Bild der Bonner Rheinaue aufgenommen mit einem auf einem Flugzeug montierten HyMap Sensor. Der Sensor hat eine räumliche Auflösung von 5 Metern und er kann bis zu 126 spektrale Bänder unterscheiden. Die einzelnen Bilder sind hier zu einem Würfel zusammengesetzt.

in Blättern zu bestimmen. In [Abbildung 4](#) kann man sehr gut sehen, dass Wasser eine andere spektrale Signatur als Vegetation hat. Neben dem RGB Bild (Vorderseite) zeigen die Würfelseiten die Stärke der Reflexion der anderen Kanäle in einer Farbskala an, die von rot bis schwarz reicht (rot starke, schwarz keine Reflexion). Die Rheinbrücke z. B. reflektiert das Licht fast im kompletten Wellenlängenbereich des Sensors. Wasser hingegen reflektiert nur in den ersten Kanälen. Nach dieser Einführung in die Fernerkundung erhalten die Schüler/Innen einen Überblick über die Lebensgewohnheiten und die systematische Einordnung des Bergkiefernkäfers. Ferner wird der Aufbau der Sprossachse von Nadelbäumen kurz erklärt. Dies ist wichtig, da die Schüler/Innen nur so nachvollziehen können, warum ein Käferbefall zum Absterben des Baumes führt. In [Abbildung 5](#) ist ein Blockschema für Gymnospermen-Holz (Nadelholz) dargestellt. Der Käfer bohrt sich durch die Borke und

legt seine Eier direkt unter der Borke in das Phloem ab, auch als Bast bezeichnet. Die sich aus den Eiern entwickelnden Larven schädigen das Phloem nachhaltig, welches vom Baum für den Transport



**Abbildung 5** Blockschema Gymnospermen-Holz

von Zucker und Aminosäuren verwendet wird. Die Leitbahnen werden unterbrochen und der Baum stirbt innerhalb von wenigen Wochen ab. Der Käfer schädigt also nicht den Holzteil (Xylem) des Baumes, sondern das Phloem und auch das Kambium, in dem die Zellteilung stattfindet. Der mit dem Käfer eingeschleppte Pilz setzt die natürlichen Abwehrmechanismen des Baumes -wie erhöhte Harzpro-



**Abbildung 6** Blue stain fungus

duktion- außer Kraft. Die Sporen dieses Pilzes (blue stain fungus *Grosmannia clavigera*) führen zu einer Verfärbung des Holzes und zur Verklebung der

Leitbahnen (vgl. [Abbildung 6. blauer Bereich](#)) Dieser Prozess begünstigt das Absterben der Bäume. Der Pilz breitet sich im Splintholz (noch nicht verkerntes Holz welches zu Wasserleitung und Speicherung von Zucker und Stärke verwendet wird) aus

## 2. Der Käfer im Satellitenbild

Im zweiten Modulteil stehen den Schüler/Innen mehrere Einzelbilder zu Verfügung, die verschiedene Kanäle repräsentieren. Die aufgenommenen Szenen zeigen das Gebiet rund um den Grand Lake (Rocky Mountain National Park Colorado USA). Die Bilder stammen vom amerikanischen Satellitensensor Hyperion EO-1. Ein Pixel deckt 90 qm ab. Man kann also nicht viel erkennen. Erst durch die Berechnung des Vegetationsindex NDVI wird deutlich, wo gesunde Pflanzen zu finden sind. Besonders hohe NDVI Werte deuten auf einen guten Gesundheitszustand der Vegetation hin. Durch den Käferbefall vertrocknen die Bäume und sterben sukzessive ab. Dieser Prozess geht mit einer Abnahme des Chlorophyllgehalts und somit des NDVI einher. Diese Veränderungen lassen sich gut im Satellitenbild erkennen. Es stehen insgesamt zwei EO-1 Hyperion Bilder mit jeweils zwei Kanälen für das Jahr 2004 und 2012 zur Verfügung. Die Schüler/Innen sollen sich in einem ersten Schritt mit den ungewöhnlichen Aufnahmen vertraut machen. In einem zweiten Schritt sollen sie die NDVI Werte innerhalb der Waldgebiete berechnen und vergleichen. Dazu können sie die Differenz zwischen den beiden NDVI Bildern (2004 und 2012) berechnen. Abschließend können sie Waldgebiete identifizieren, in denen sich der NDVI Wert signifikant verändert hat (weiße Flächen). Die Schüler/Innen können so relativ einfach vom Käfer befallene Flächen ausmachen und quantifizieren. Ziel ist es, dass sie lernen die im Differenzbild enthaltenen abstrakten Informationen einem konkreten Prozess (Käferbefall) zuzuordnen. Ferner sollen die Schüler/Innen kritisch die Stärken und Schwächen der Methode reflektieren. Auch dieser Teil wird durch ein Quiz abgeschlossen.



# Übersicht der Modulteile

## 1. Einführung

- Welchen Einfluss hat der Klimawandel und der Bergkiefernkäfer auf das Waldökosystem ?

### Ziele

- Den Einfluss des Klimawandels und des Bergkiefernkäfers auf das Waldökosystem verstehen
- Informationen aus hyperspektralen Satellitenbildern ableiten
- Grundlegendes Verständnis der Zusammenhänge zwischen klimatischen Veränderungen und Käferbefall / Käferausbreitung erlangen („invasive Arten“ Neobiota)
- den Aufbau und Funktion der Sprossachse und die mit dem Käferbefall einhergehenden Schädigungen verstehen.

### Inhalte

- Einführung in die Thematik, hyperspektrale Satellitenbilder, Bergkiefernkäfer, Aufbau und Funktion der Sprossachse von Nadelbäumen
- Quiz

## 2. Der Käfer im Satellitenbild

### Ziele

- Lernen wie man Vegetationsindizes berechnet
- Hyperspektrale Satellitenbilder interpretieren und aus ihnen den Befall mit Bergkiefernkäfern ableiten
- Unterschiede zwischen Reflexion und Absorption verstehen

### Inhalte

- 2 EO-1 Hyperion Bilder mit jeweils 2 Kanälen
- NDVI Tool
- Differenz Tool
- Quiz

# 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: Kleiner Käfer, großer Schädling

**Stundenziele:** Die Schüler/Innen

- Den Einfluss des Klimawandels und des Bergkiefernkäfers auf das Waldökosystem verstehen
- Informationen aus hyperspektralen Satellitenbildern erfassen, sie interpretieren und aus ihnen den Befall mit Bergkiefernkäfern ableiten

Phase	Inhalt + Feinziele	Durchführung/ Material
Einführung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erläuterung zur Unterrichtseinheit/Modul</li> <li>• Einführung in die Thematik</li> <li>• Arbeitsauftrag</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lehrervortrag</li> <li>• Computer, Lernmodul</li> </ul>
Erarbeitung I	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Einordnung Bergkiefernkäfers</li> <li>• Aufbau Sprossachse</li> <li>• Rolle des Bergkiefernkäfers vor dem Hintergrund des Klimawandels für das Waldökosystem</li> <li>• Grundlagen der hyperspektralen Fernerkundung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gruppenarbeit (zu zweit)</li> <li>• Computer, Lernmodul (Modulteil I)</li> </ul>
Ergebnissicherung I	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Überprüfung des erworbenen Wissens durch ein Quiz am Ende von Modulteil I</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gruppenarbeit (zu zweit)</li> <li>• Computer, Lernmodul (Quiz I)</li> </ul>
Erarbeitung II	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identifizierung von Waldgebieten anhand eines Satellitenbildes und Berechnung des NDVI basierend auf zwei EO-1 Hyperion Bildern (Jahr 2004, 2012)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gruppenarbeit (zu zweit)</li> <li>• Computer, Lernmodul (Modulteil II)</li> </ul>

# Stundenplanungshilfe

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vergleich der beiden NDVI Bilder</li> <li>• Berechnung der Differenz zwischen de beiden NDVI Bildern</li> <li>• Identifizierung von Flächen in denen sich der NDVI Wert stark geändert hat (Käferbefall)</li> </ul>	
Ergebnis-sicherung II	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Überprüfung des erworbenen Wissens durch ein Quiz am Ende von Modulteil II</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gruppenarbeit (zu zweit)</li> <li>• Computer, Lernmodul (Quiz II)</li> </ul>
Bündelung und Ergebnissicherung III	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zusammenfassen der Erkenntnisse</li> <li>• Bewertung der Rolle des Bergkieferkäfers für das Waldökosystem (Wiederholung wichtiger Begriffe (Xylem Phloem, Splintholz, hyperspektral, multispektral, sichtbares Licht, NDVI, Kanäle, elektromagnetisches Spektrum, Sensor, Reflexion, Absorption systematische Einordnung des Käfers (Art, Gattung, Familie) invasive Arten, Neobiota</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Klassengespräch</li> <li>• Computer, ggf. Beamer</li> </ul>