# Weshalb ist dieser Wald rot und jene Wolke blau?
# So interpretieren Sie ein Falschfarben-Satellitenbild

By Holli Riebeek, Design by Robert Simmon, 4. März 2014
Quelle: https://earthobservatory.nasa.gov/features/FalseColor/page1.php

Wahrscheinlich haben Sie eine Kamera in Ihrer Nähe, während Sie dies lesen - auf dem Smartphone in Ihrer Tasche oder auf dem Tablet oder Computer, mit dem Sie diese Seite ansehen. Einige von Ihnen haben vielleicht auch eine 35-mm-Film- oder Digitalkamera in der Nähe. Und irgendwann in dieser Woche haben Sie sich wahrscheinlich Fotos angesehen, die von Freunden oder sogar Fremden im Internet gepostet wurden. In unserer fotoübersättigten Welt liegt es nahe, die Bilder des Earth Observatory für Schnappschüsse aus dem Weltall zu halten. Aber die meisten sind es nicht.

Auch wenn sie ähnlich aussehen mögen, unterscheiden sich Fotos und Satellitenbilder grundlegend. Ein Foto entsteht, wenn Licht gebündelt und auf einer lichtempfindlichen Oberfläche (z. B. einem Film oder einem CCD) eingefangen wird. Ein Satellitenbild entsteht durch die Kombination von Messungen der Intensität bestimmter Wellenlängen des Lichts, sowohl des sichtbaren als auch des für das menschliche Auge unsichtbaren.

Vom Regenwald des Amazonas bis zu den Wäldern Nordamerikas ist das mit Pflanzen bewachsene Land in dieser Ansicht der Erde von der Raumsonde Messenger rot. Das Bild enthält sowohl sichtbares als auch infrarotes Licht. (Das NASA-Bild basiert auf Daten des Mercury Dual Imaging System (MDIS) auf Messenger.)

Warum ist der Unterschied so wichtig? Wenn wir ein Foto sehen, auf dem die Farben aufgehellt oder verändert sind, halten wir es im besten Fall für kunstvoll oder im schlimmsten Fall für manipuliert. Diese Voreingenommenheit haben wir auch, wenn wir Satellitenbilder betrachten, die die Erdoberfläche nicht so darstellen, wie wir sie sehen. "Der Wald ist rot", denken wir, "also kann das Bild unmöglich echt sein".

In Wirklichkeit ist ein roter Wald genauso real wie ein dunkelgrüner Wald. Satelliten sammeln Informationen, die über das hinausgehen, was das menschliche Auge sehen kann, so dass Bilder aus anderen Wellenlängen des Lichts für uns unnatürlich aussehen. Wir nennen diese Bilder "Falschfarben", und um zu verstehen, was sie bedeuten, muss man genau wissen, was ein Satellitenbild ist.

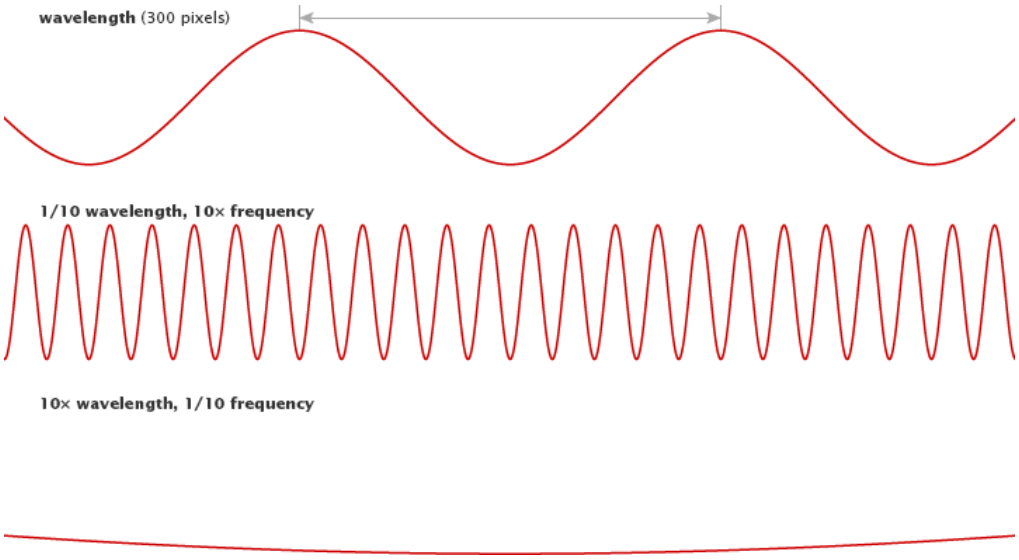
Infrarotlicht macht das Vertraute ungewohnt. Diese Infrarotaufnahme zeigt die Wälder des Yellowstone-Nationalparks vom Mount Sheridan aus. (Foto mit freundlicher Genehmigung des National Park Service.)

Satelliteninstrumente sammeln eine Vielzahl von Informationen über die Erde. Einige davon sind visuell, andere chemisch (z. B. Gase in der Atmosphäre) und wieder andere sind physischer Natur (Erfassung der Topografie). Wissenschaftler und Ingenieure der Fernerkundung sind unendlich kreativ, wenn es darum geht, was sie vom Weltraum aus messen können, und entwickeln Satelliten mit einer Vielzahl von Instrumenten, um unserem Planeten Informationen zu entlocken. Einige Methoden sind aktiv, indem sie Licht- oder Radiowellen von der Erde abprallen lassen und die zurückgeworfene Energie messen; Lidar und Radar sind gute Beispiele dafür. Die meisten Instrumente sind passiv, d. h. sie zeichnen das von der Erdoberfläche reflektierte oder emittierte Licht auf.

Diese Beobachtungen können in datenbasierte Karten umgewandelt werden, die alles messen, vom Pflanzenwachstum bis zur Bewölkung. Die Daten können aber auch in fotoähnliche Bilder in natürlichen Farben oder in Falschfarbenbilder umgewandelt werden. In diesem Artikel wird das Verfahren beschrieben, mit dem Satellitenmessungen in Bilder umgewandelt werden.

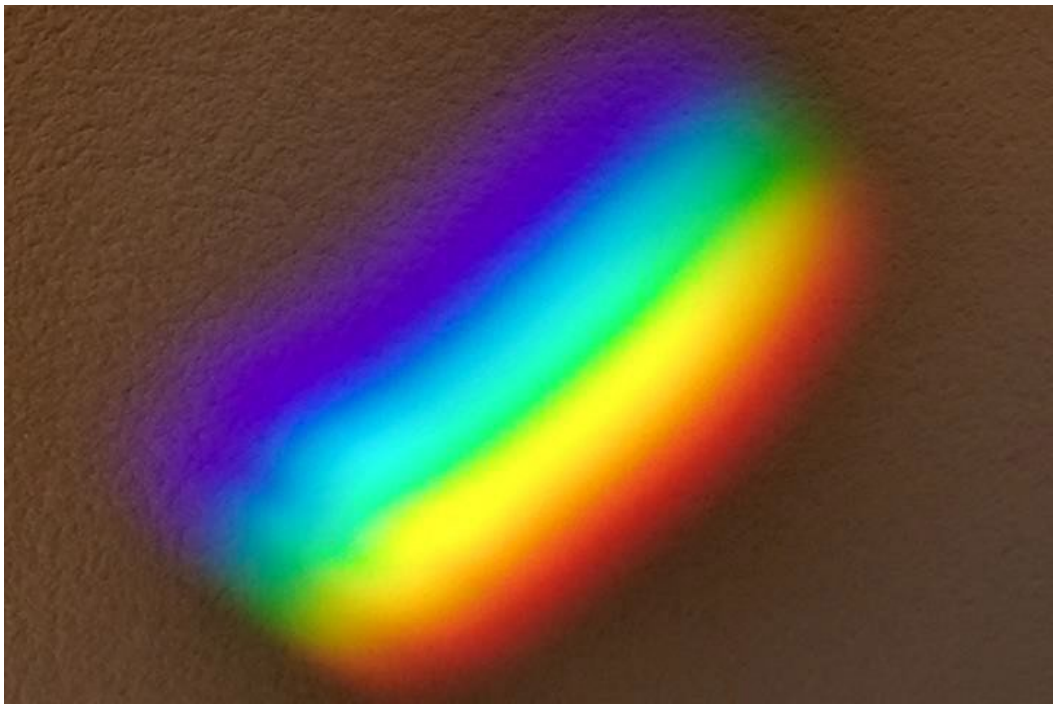
## Das Licht sehen

Was also misst ein Satellitenbildgeber, um ein Bild zu erzeugen? Er misst Licht, das wir sehen, und Licht, das wir nicht sehen. Licht ist eine Form von Energie - auch bekannt als elektromagnetische Strahlung -, die sich in Wellen ausbreitet. Alles Licht bewegt sich mit der gleichen Geschwindigkeit, aber die Wellen sind nicht alle gleich lang. Der Abstand zwischen den Spitzen der einzelnen Wellen - die Wellenlänge - ist bei energiereichen Wellen kleiner und bei energiearmen Wellen länger.



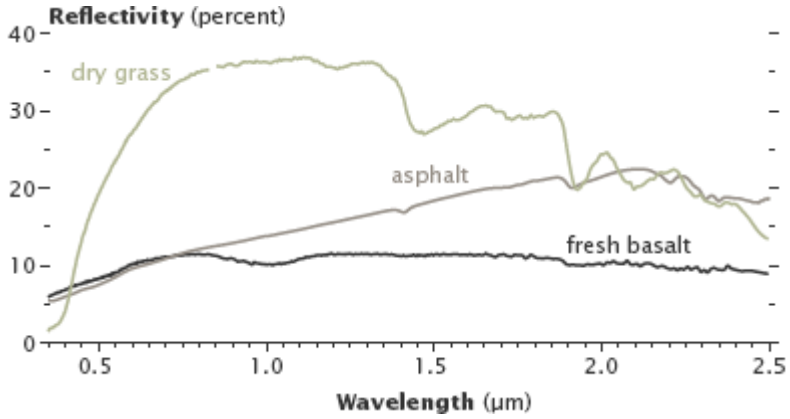

Die Wellenlänge ist die Entfernung von einer Wellenspitze zur nächsten, die einen einzelnen Zyklus einer Welle darstellt. (Bild des NASA Earth Observatory von Robert Simmon).

Das sichtbare Licht hat eine Wellenlänge von 400 bis 700 Nanometern (nm), wobei Violett die kürzeste und Rot die längste Wellenlänge hat. Infrarotlicht und Radiowellen haben längere Wellenlängen und eine geringere Energie als sichtbares Licht, während ultraviolettes Licht, Röntgen- und Gammastrahlen kürzere Wellenlängen und eine höhere Energie haben.



Das Spektrum des sichtbaren Lichts erstreckt sich von Violett (0,4 µm) bis Rot (0,7 µm). (Foto ©2013 M. Buckley.)

Der größte Teil der elektromagnetischen Strahlung, die für Erdbeobachtungssatelliten von Bedeutung ist, stammt von der Sonne. Wenn das Sonnenlicht die Erde erreicht, wird die Energie absorbiert, übertragen oder reflektiert. (Die absorbierte Energie wird später als energieärmere Strahlung wieder abgestrahlt.) Jede Oberfläche oder jedes Objekt absorbiert, emittiert und reflektiert Licht in Abhängigkeit von seiner chemischen Beschaffenheit auf einzigartige Weise. Das Chlorophyll in Pflanzen beispielsweise absorbiert rotes und blaues Licht, reflektiert aber grünes und infrarotes Licht; deshalb erscheinen Blätter grün. Dieses einzigartige Absorptions- und Reflexionsmuster wird als spektrale Signatur bezeichnet.

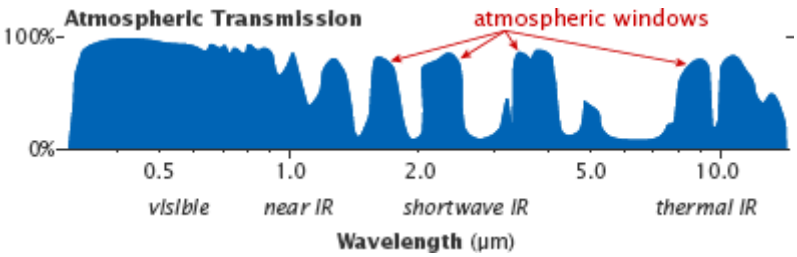



Unterschiedliche Landoberflächen haben unterschiedliche Spektralsignaturen. Frische Basaltlava und Asphalt reflektieren unterschiedliche Mengen an Infrarotlicht, obwohl sie im sichtbaren Licht ähnlich aussehen.

(Foto ©2012 Robert Simmon.

Grafik von Robert Simmon, unter Verwendung von Daten aus der USGS Digital Spectral Library).

Wie die Erdoberfläche haben auch die Gase in der Atmosphäre eine einzigartige Spektralsignatur: Sie absorbieren einige Wellenlängen der elektromagnetischen Strahlung und strahlen andere ab. Gase lassen auch einige Wellenlängen ungehindert durch. Wissenschaftler nennen dies "atmosphärische Fenster" für bestimmte Wellenlängen, und Satellitensensoren sind oft auf die Messung des Lichts durch diese Fenster eingestellt.




Atmosphärische Fenster sind die Bereiche des Spektrums, in denen das meiste Licht durch die Atmosphäre dringt und es den Satelliten ermöglicht, die Erdoberfläche zu sehen. (Abbildung übernommen von Casey et al, 2012.)

Einige Satelliteninstrumente messen auch direkt die von Objekten abgestrahlte Energie. Alles gibt Energie ab, meist in Form von Wärme (thermische Infrarotstrahlung). Je heißer ein Objekt ist, desto kürzer ist die Wellenlänge, die es aussendet. Bei etwa 400 °C - der Temperatur eines hoch eingestellten Elektroherdes - wird das ausgestrahlte Licht erstmals sichtbar. Je kälter ein Objekt ist, desto länger ist die Wellenlänge, die es ausstrahlt.

## Umwandlung von Wellenlängendaten in Bilder

Satelliteninstrumente sind mit vielen Sensoren ausgestattet, die jeweils auf einen schmalen Wellenlängenbereich (z. B. nur rotes oder grünes Licht) abgestimmt sind. Die Betrachtung des Outputs von nur einem Band ist ein bisschen so, als würde man die Welt in Grautönen betrachten. Die hellsten Stellen sind Bereiche, die viel Licht dieser Wellenlänge reflektieren oder emittieren, und dunklere Bereiche reflektieren oder emittieren wenig (wenn überhaupt).

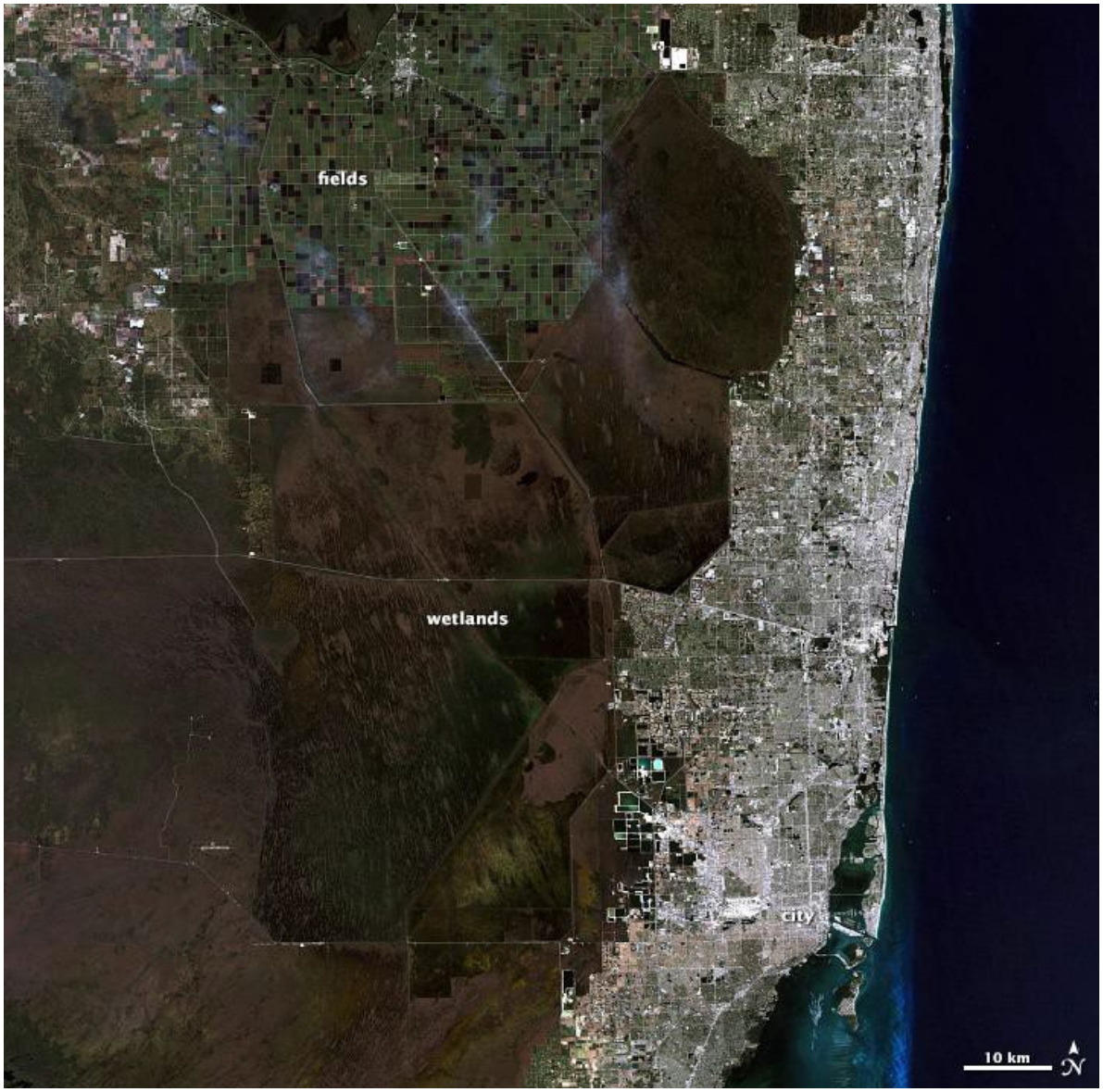
Farbige Satellitenbilder bestehen aus mehreren einzelnen Datenkanälen, die jeweils einem bestimmten Wellenlängenbereich entsprechen. Bilder in natürlicher Farbe (auch True-Color-Bilder genannt) verwenden Rot, Grün und Blau. Falschfarbenbilder verwenden mindestens eine Wellenlänge außerhalb des sichtbaren Bereichs oder eine andere Art von Daten. (NASA-Bild von Robert Simmon mit Landsat-8-Daten des USGS Earth Explorer).

Um ein Satellitenbild zu erstellen, wählen wir drei Bänder und stellen jedes in Rot-, Grün- oder Blautönen dar. Da die meisten sichtbaren Farben durch die Kombination von rotem, grünem und blauem Licht erzeugt werden können, werden die Bilder mit roter, grüner und blauer Skala kombiniert, um eine farbige Darstellung der Welt zu erhalten.

Ein natürliches oder "farbechtes" Bild kombiniert die tatsächlichen Messungen von rotem, grünem und blauem Licht. Das Ergebnis sieht aus wie die Welt, wie sie der Mensch sieht. (Tipps zum Verständnis von Echtfarbenbildern finden Sie unter How to Interpret a Satellite Image im Earth Observatory").

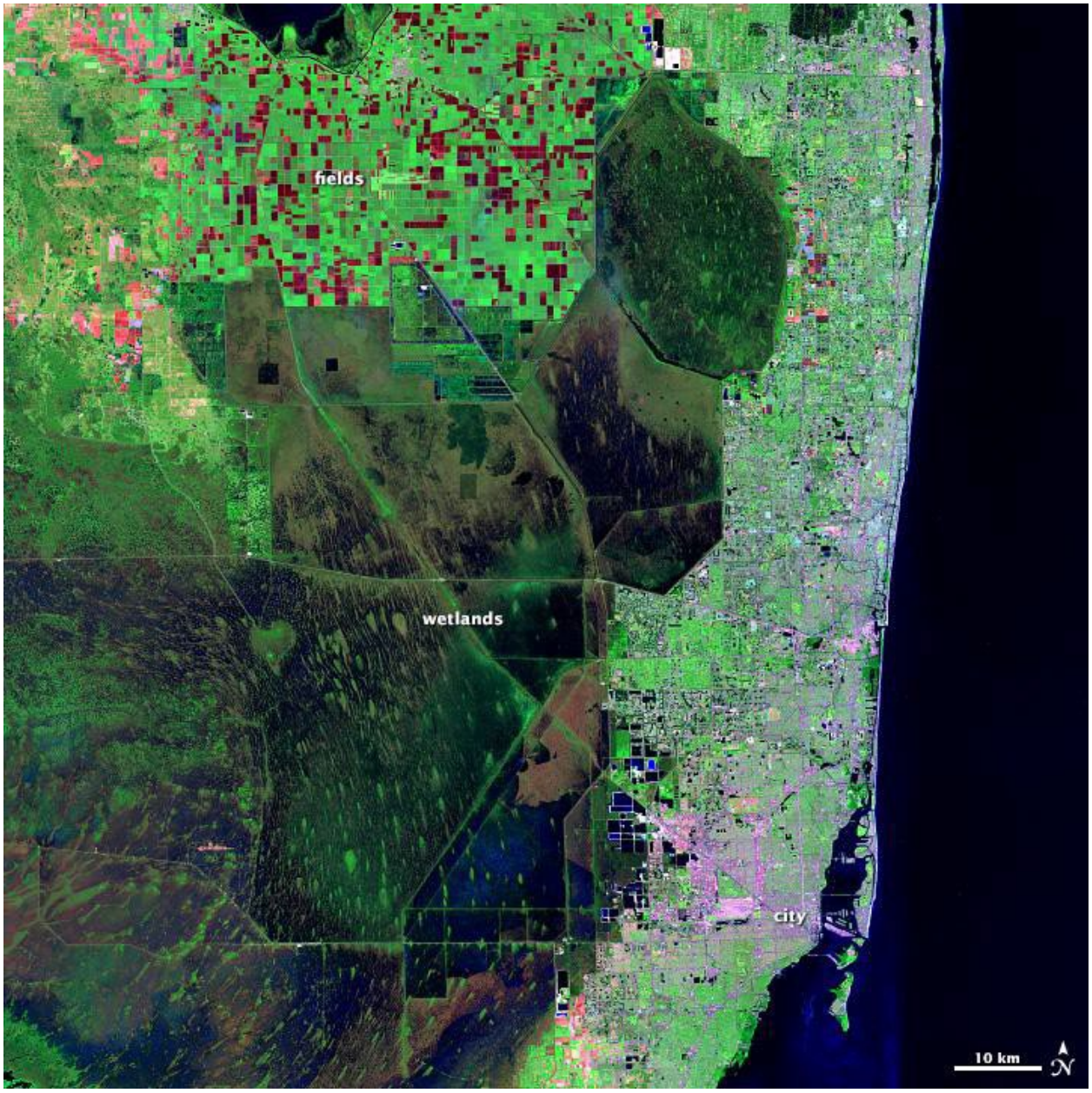
Bei einem Falschfarbenbild wird mindestens eine nicht sichtbare Wellenlänge verwendet, auch wenn dieses Band noch in Rot, Grün oder Blau dargestellt wird. Daher sind die Farben im endgültigen Bild möglicherweise nicht so, wie Sie es erwarten. (Zum Beispiel ist Gras nicht immer grün.) Solche Falschfarben-Bandkombinationen offenbaren einzigartige Aspekte des Landes oder des Himmels, die sonst vielleicht nicht sichtbar wären.

Diese Serie von Landsat-Bildern des südöstlichen Floridas und der nördlichen Everglades veranschaulicht, warum man die Welt in Falschfarben sehen sollte. (Eine zugehörige Animation zeigt, wie die Bilder gemacht wurden.) Das Bild mit sichtbarem Licht zeigt dunkelgrüne Wälder, hellgrüne Landwirtschaft, braune Feuchtgebiete, silberne städtische Gebiete (die Stadt Miami) und türkisfarbene Riffe und Untiefen vor der Küste. Diese Farben ähneln denen, die man von einem Flugzeug aus sehen würde.



This natural-color image shows southeast Florida in red, green, and blue light. (NASA image by Matt Radcliff with Landsat 5 data from the USGS Earth Explorer.)

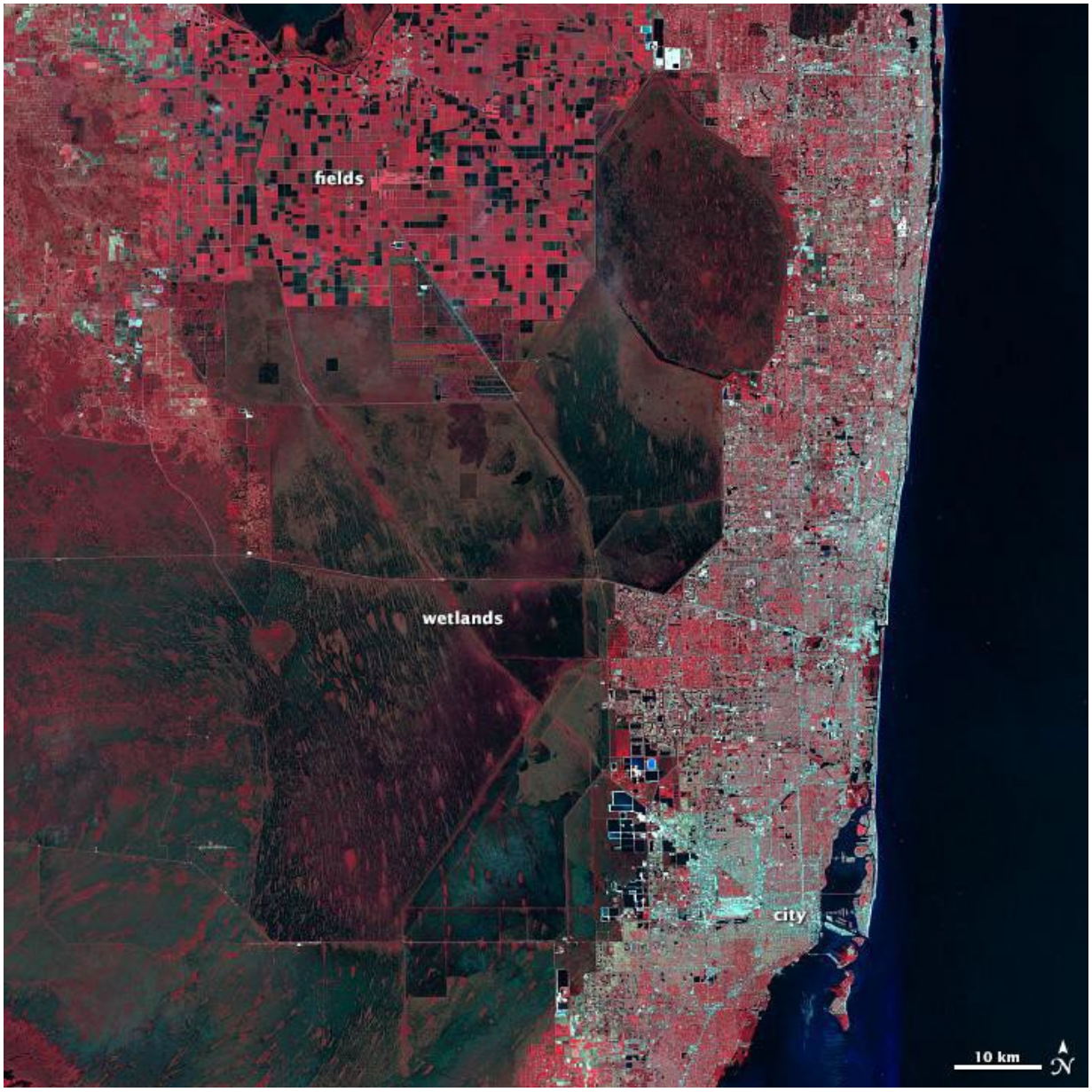
Das zweite Bild zeigt dieselbe Szene in grünem, nahinfrarotem und kurzwelligem Infrarotlicht. In dieser Falschfarben-Kombination ist pflanzlich bewachsenes Land hellgrün, Wasser ist schwarz, und nackte Erde reicht von hellbraun bis rosa.
Städtische Gebiete sind violett. Neu verbranntes Ackerland ist dunkelrot, während ältere Brandflächen heller rot sind. Ein Großteil des Ackerlands in diesem Gebiet wird für den Anbau von Zuckerrohr genutzt. Die Landwirte verbrennen die Kulturen vor der Ernte, um die Blätter von den Stöcken zu entfernen. Da verbranntes Land in dieser Art von Falschfarbenbild anders aussieht, kann man erkennen, wie sehr die Landwirte in dieser Region auf Feuer angewiesen sind.




Dieses Falschfarbenbild von Florida kombiniert kurzwelliges Infrarot, Nahinfrarot und grünes Licht. (NASA-Bild von Matt Radcliff mit Landsat-5-Daten des USGS Earth Explorer).

Diese Falschfarbenansicht zeigt auch, wie das Wasser durch die nördlichen Everglades fließt. Grüne Inseln unterbrechen die Feuchtgebiete, die schwarz und blau sind. Dabei handelt es sich um Bauminseln, die in natürlichen Farben nur schwer zu erkennen sind. Ihre Ausrichtung richtet sich nach der Strömung des Wassers, wodurch eine Richtung hervorgehoben wird, die im natürlichen Farbbild nicht offensichtlich ist. Es ist auch einfacher, die Ausdehnung der Feuchtgebiete im Vergleich zum

umgebenden Land zu erkennen, da das Wasser in dieser Ansicht dunkel und das mit Pflanzen bewachsene Land hellgrün ist.

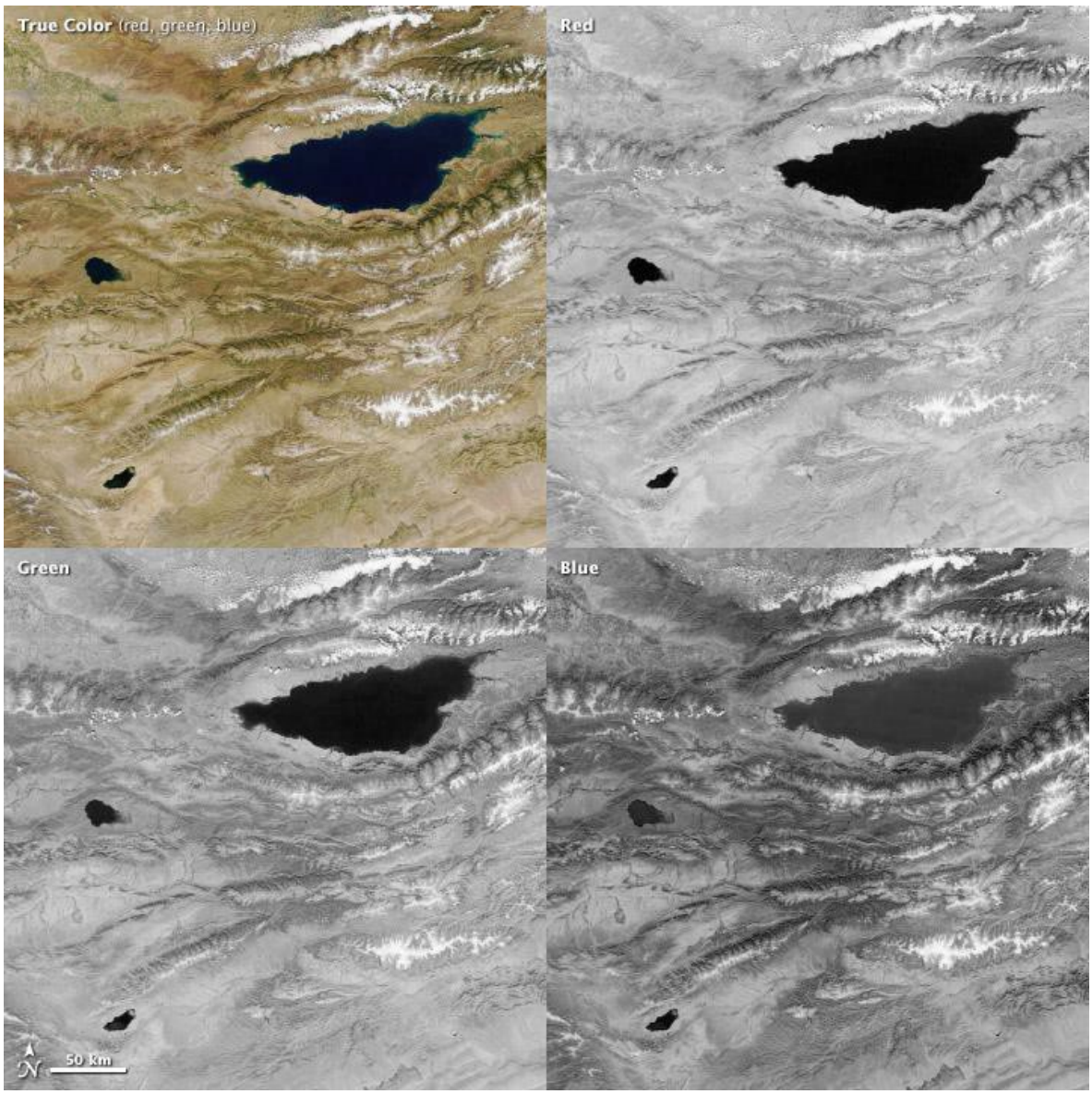



Der Südosten Floridas ist im nahen Infrarot, im roten und im grünen Licht dargestellt. (NASA-Bild von Matt Radcliff mit Landsat-5-Daten des USGS Earth Explorer).

Das dritte Bild zeigt die Szene in grünem, rotem und nahinfrarotem Licht. Pflanzen sind dunkelrot, weil sie Infrarotlicht stark reflektieren, und das Infrarotband wird als rot eingestuft. Pflanzen, die schnell wachsen, reflektieren mehr Infrarotlicht, so dass sie heller rot sind. Das bedeutet, dass diese Art von Falschfarbenbild uns helfen kann, zu erkennen, wie gut die Pflanzen wachsen und wie dicht ein Gebiet bewachsen ist. Wasser ist schwarz und blau, und städtische Gebiete - einschließlich Miami, Fort Lauderdale und West Palm Beach - sind silbern.

## Beobachtung mit sichtbarem Licht

Datenvisualisierer und Fernerkundungswissenschaftler erstellen Echt- oder Falschfarbenbilder, um die Merkmale zu zeigen, an denen sie am meisten interessiert sind, und sie wählen die Wellenlängen-bereiche aus, die diese Merkmale am ehesten hervorheben.




Die Kombination von roten, grünen und blauen Bändern ergibt ein farbgetreues Satellitenbild, wie diese Ansicht des Issyk-Kul-Sees in Kirgisistan. (MODIS-Bild von NASA Worldview.)

Blaues Licht (450 bis 490 nm) gehört zu den wenigen Wellenlängen, die von Wasser reflektiert werden (der Rest wird absorbiert). Daher sind blaue Bänder nützlich, um Merkmale der Wasserober-fläche zu erkennen und um den Meeres- oder Seeboden in flachen Gewässern zu entdecken. Auf dem obigen Bild des Issyk-Kul-Sees in Kirgisistan können Sie sehen, dass das Wasser etwas blaues Licht reflektiert. Das Wasser ist im blauen Band heller als im roten oder grünen Band, obwohl der See zu tief ist, um flache Stellen zu erkennen. Auch anthropogene Objekte wie Städte und Straßen sind im blauen Licht gut zu erkennen. Dies ist auch die Wellenlänge, die am meisten von Partikeln und Gasmolekülen in der Atmosphäre gestreut wird, weshalb der Himmel blau ist.

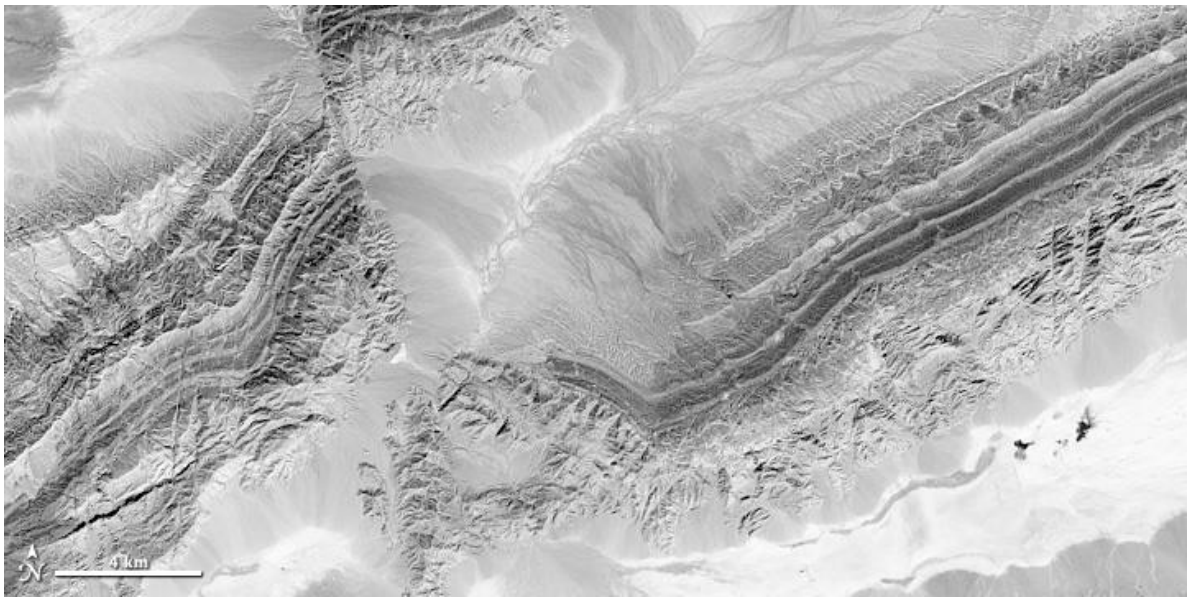
Grünes Licht (490 bis 580 Nanometer) ist nützlich für die Überwachung von Phytoplankton im Meer und von Pflanzen an Land. Das Chlorophyll in diesen Organismen absorbiert rotes und blaues Licht, reflektiert aber grünes Licht. Sedimente im Wasser reflektieren ebenfalls grünes Licht, so dass ein schlammiges oder sandiges Gewässer heller erscheint, weil es sowohl blaues als auch grünes Licht reflektiert.

Rotes Licht (620 bis 780 Nanometer) hilft bei der Unterscheidung von Mineralien und Böden, die eine hohe Konzentration von Eisen oder Eisenoxiden enthalten, und ist daher für geologische Untersuchungen sehr nützlich. Auf dem obigen Bild zum Beispiel variiert der freigelegte Boden um den

Issyk-Kul-See je nach Mineralgehalt des Bodens von blasser Bräune bis zu Orange. Da Chlorophyll rotes Licht absorbiert, wird dieser Bereich häufig zur Überwachung des Wachstums und der Gesundheit von Bäumen, Gräsern, Sträuchern und Nutzpflanzen verwendet. Rotes Licht kann auch dazu beitragen, verschiedene Pflanzenarten auf breiter Ebene zu unterscheiden.

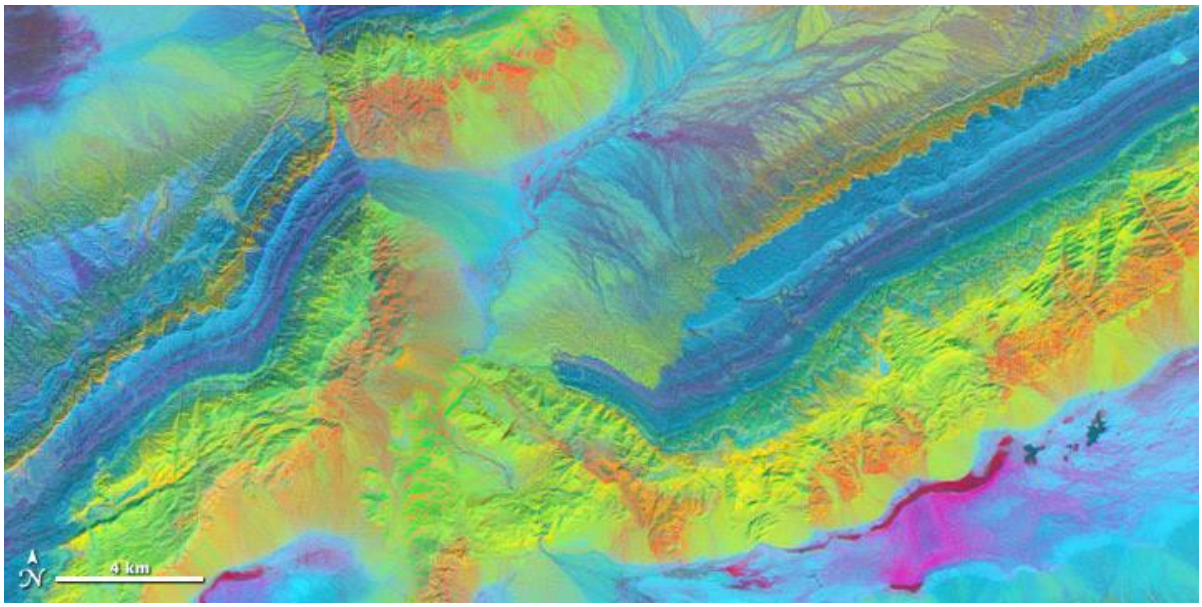
## Beobachtung im Infrarotbereich

Nahinfrarotlicht (NIR) umfasst Wellenlängen zwischen 700 und 1.100 Nanometern. Wasser absorbiert NIR, daher sind diese Wellenlängen nützlich, um Land-Wasser-Grenzen zu erkennen, die im sichtbaren Licht nicht offensichtlich sind. Das folgende Bild zeigt die Nahinfrarotansicht der Piqiang-Verwerfung in China. Bachbetten und das Feuchtgebiet in der oberen linken Ecke sind aufgrund ihres Wassergehalts dunkler als die umgebende trockene Landschaft. (Hier sehen Sie eine natürliche Farbansicht der Szene.) Pflanzen hingegen reflektieren Nahinfrarotlicht stark, und gesunde Pflanzen reflektieren mehr als gestresste Pflanzen. Schließlich kann Nahinfrarotlicht Dunst durchdringen, so dass die Einbeziehung dieses Bandes helfen kann, Details in einer verrauchten oder dunstigen Szene zu erkennen.



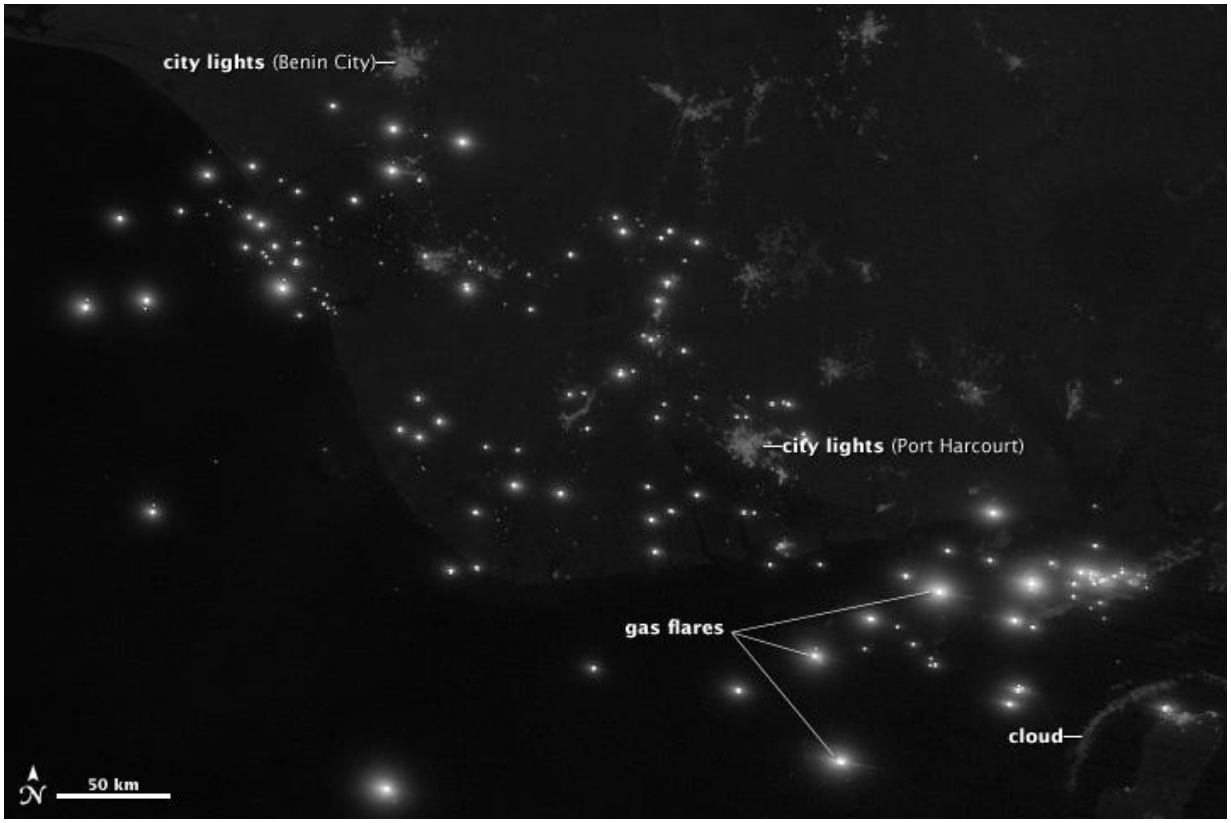

Variationen im Mineralgehalt, in der Vegetation und im Wasser verursachen Hell-Dunkel-Muster in dieser Nahinfrarot-Ansicht der Piqiang-Verwerfung im Nordwesten Chinas. (NASA-Bild von Robert Simmon mit ASTER-Daten.)

Kurzwelliges Infrarotlicht (SWIR) umfasst Wellenlängen zwischen 1.100 und 3.000 Nanometern (nm). Wasser absorbiert kurzwelliges Infrarotlicht in drei Bereichen: 1.400, 1.900 und 2.400 nm. Je mehr Wasser vorhanden ist, auch im Boden, desto dunkler erscheint das Bild bei diesen Wellenlängen. Das bedeutet, dass SWIR-Messungen den Wissenschaftlern helfen können, den Wassergehalt von Pflanzen und Böden abzuschätzen. Kurzwellige Infrarotbänder sind auch nützlich, um zwischen Wolkentypen (Wasserwolken und Eiswolken) und zwischen Wolken, Schnee und Eis zu unterscheiden, die alle im sichtbaren Licht weiß erscheinen. Frisch verbranntes Land reflektiert stark in den SWIR-Bändern, was sie für die Kartierung von Brandschäden wertvoll macht. Aktive Brände, Lavaströme und andere extrem heiße Objekte "glühen" im kurzwelligen Infrarotbereich des Spektrums. In der Abbildung unten sind die Berge um die chinesische Piqiang-Verwerfung aus verschiedenen Arten von Sand- und Kalkstein aufgebaut. Jede Gesteinsart reflektiert kurzwelliges Infrarotlicht anders, so dass es möglich ist, die Geologie durch Vergleich des reflektierten SWIR-Lichts zu kartieren. Durch die Verstärkung der feinen Unterschiede zwischen den 3 Banden des reflektierten kurzwelligen Infrarotlichts, die für dieses Bild verwendet wurden, erhält jedes Mineral eine charakteristische, helle Farbe.

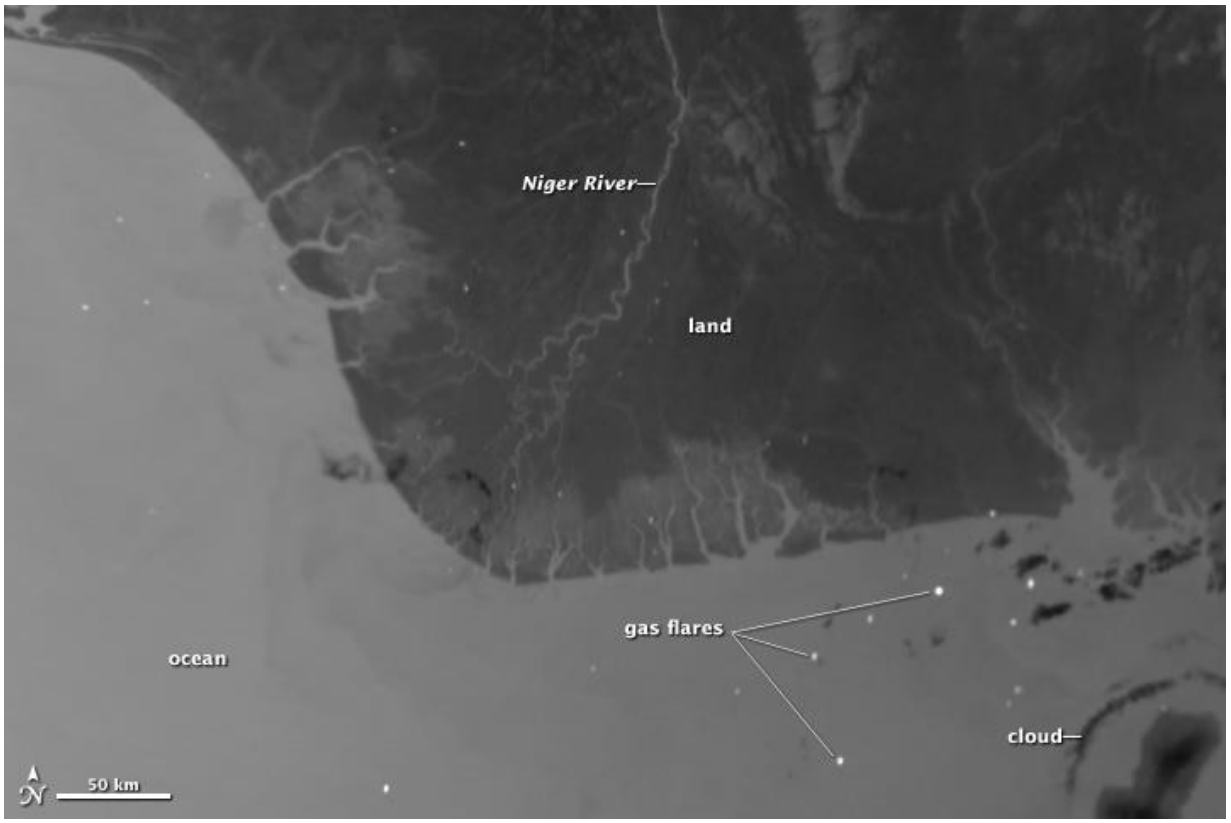



Der Vergleich der Unterschiede zwischen 3 Kurzwellen-Infrarot-Bändern verdeutlicht die mineralische Beschaffenheit rund um die chinesische Piqiang-Verwerfung. (NASA-Bild von Robert Simmon mit ASTER-Daten)

Das mittlere Infrarot (MIR) reicht von 3.000 bis 5.000 nm und wird am häufigsten zur Untersuchung der Wärmestrahlung in der Dunkelheit der Nacht verwendet. Mittelwellige Infrarotenergie ist auch für die Messung der Temperatur der Meeresoberfläche, von Wolken und Bränden nützlich. Die folgenden Bilder zeigen eine nächtliche Ansicht des Niger-Flussdeltas im sichtbaren Licht und dieselbe Ansicht im mittleren Infrarot; beide Bilder stammen von der Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) auf dem Satelliten Suomi-NPP. Das Tag-Nacht-Band zeigt sichtbares Licht - die Lichter von Port Harcourt und Benin City, helle Gasfackeln und das von Wolken reflektierte Mondlicht. Das Mittelwellen-Infrarotbild zeigt die emittierte Wärmestrahlung. Der wärmere Ozean und der Fluss sind blass, während das kalte Land und die Wolken dunkel und die heißen Gasfackeln hell sind.

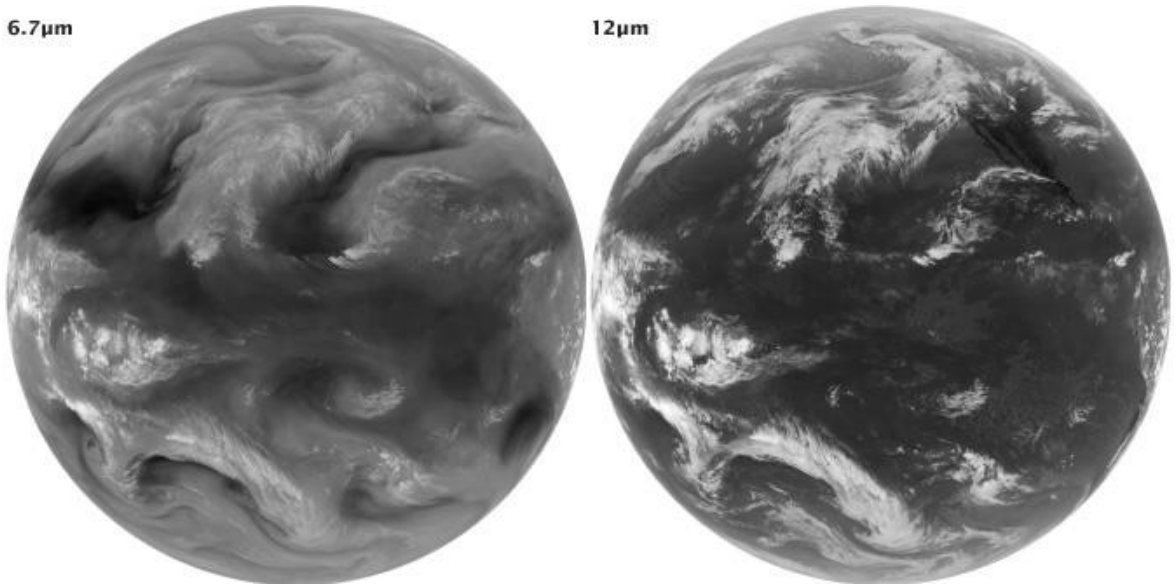



Visible light at night shows cities, gas flares, and moonlight reflected off clouds.




Die Flares leuchten auch im mittelwelligen Infrarot (unten); diese Ansicht kontrastiert auch warme Gewässer mit kälterem Land und Wolken. (NASA/NOAA-Bild von Jesse Allen und Robert Simmon, unter Verwendung von VIIRS-Daten des NGDC).

Infrarotlicht (IR) - insbesondere zwischen 6.000 und 7.000 Nanometern - ist entscheidend für die Beobachtung von Wasserdampf in der Atmosphäre. Obwohl Wasserdampf nur 1 bis 4 Prozent der Atmosphäre ausmacht, ist er ein wichtiges Treibhausgas. Er ist auch die Voraussetzung für Wolken und Niederschläge. Wasserdampf absorbiert und emittiert Energie in diesem Bereich, so dass Infrarot-Satellitenbeobachtungen dazu verwendet werden können, Wasserdampf zu verfolgen. Solche Beobachtungen sind ein wesentlicher Bestandteil der Wetterbeobachtung und -vorhersage.




Bilder im mittleren Infrarot (7 µm) und im thermischen Infrarot (12 µm) zeigen Wasserdampf (links) und Temperatur (rechts). Die Bilder sind zur besseren Darstellung der Wolken invertiert: kalte Bereiche sind hell und warme Bereiche sind dunkel. (NASA/NOAA-Bilder von Robert Simmon, unter Verwendung von Daten des GOES Project Science Team).

Thermisches oder langwelliges Infrarotlicht (TIR oder LWIR) umfasst Wellenlängen zwischen 8.000 und 15.000 Nanometern. Der größte Teil der Energie in diesem Teil des Spektrums wird von der Erde als Wärme abgestrahlt (nicht reflektiert), so dass sie sowohl bei Tag als auch bei Nacht beobachtet werden kann. Thermische Infrarotstrahlung kann zur Messung von Wasser- und Landoberflächentemperaturen verwendet werden; dies macht sie besonders nützlich für geothermische Kartierungen und die Erkennung von Wärmequellen wie aktiven Bränden, Gasfackeln und Kraftwerken. Wissenschaftler nutzen TIR auch zur Überwachung von Nutzpflanzen. Aktiv wachsende Pflanzen kühlen die Luft über ihnen ab, indem sie durch Evapotranspiration Wasser freisetzen, so dass TIR-Licht den Wissenschaftlern hilft zu beurteilen, wie viel Wasser die Pflanzen verbrauchen.

## Wie man typische Falschfarbenbilder interpretiert

Obwohl es viele mögliche Kombinationen von Wellenlängenbändern gibt, wählt das Earth Observatory in der Regel eine von vier Kombinationen aus, je nachdem, welches Ereignis oder Merkmal wir darstellen möchten. Überschwemmungen beispielsweise lassen sich am besten im kurzwelligen Infrarot, im nahen Infrarot und in grünem Licht betrachten, da sich schlammiges Wasser in einem natürlichen Farbbild mit braunem Land vermischt. Kurzwelliges Infrarotlicht hebt den Unterschied zwischen Wolken, Eis und Schnee hervor, die im sichtbaren Licht alle weiß sind.

Unsere vier häufigsten Falschfarben-Bandkombinationen sind:

1. Nahes Infrarot (rot), grün (blau), rot (grün). Dies ist eine traditionelle Bandenkombination, die nützlich ist, um Veränderungen in der Pflanzengesundheit zu erkennen.
2. Kurzwelliges Infrarot (rot), nahes Infrarot (grün) und grün (blau), häufig verwendet, um Überschwemmungen oder frisch verbranntes Land zu zeigen.
3. Blau (rot), zwei verschiedene kurzwellige Infrarotbänder (grün und blau). Wir verwenden dies, um zwischen Schnee, Eis und Wolken zu unterscheiden.
4. Thermisches Infrarot, normalerweise in Grautönen dargestellt, um die Temperatur zu veranschaulichen.

### Nahes Infrarot, Rot, Grün

Eine unserer am häufigsten veröffentlichten Kombinationen verwendet nahes Infrarotlicht als Rot, rotes Licht als Grün und grünes Licht als Blau. In diesem Fall reflektieren Pflanzen Licht im nahen Infrarot und Grün, während sie Rot absorbieren. Da sie mehr Nahinfrarot als Grün reflektieren, erscheint pflanzenbedecktes Land tiefrot. Das Signal der Pflanzen ist so stark, dass Rot in der Falschfarbenansicht von Algerien unten dominiert. Dichterer Pflanzenbewuchs ist dunkler rot. Diese Bandenkombination ist wertvoll für die Beurteilung der Pflanzengesundheit.

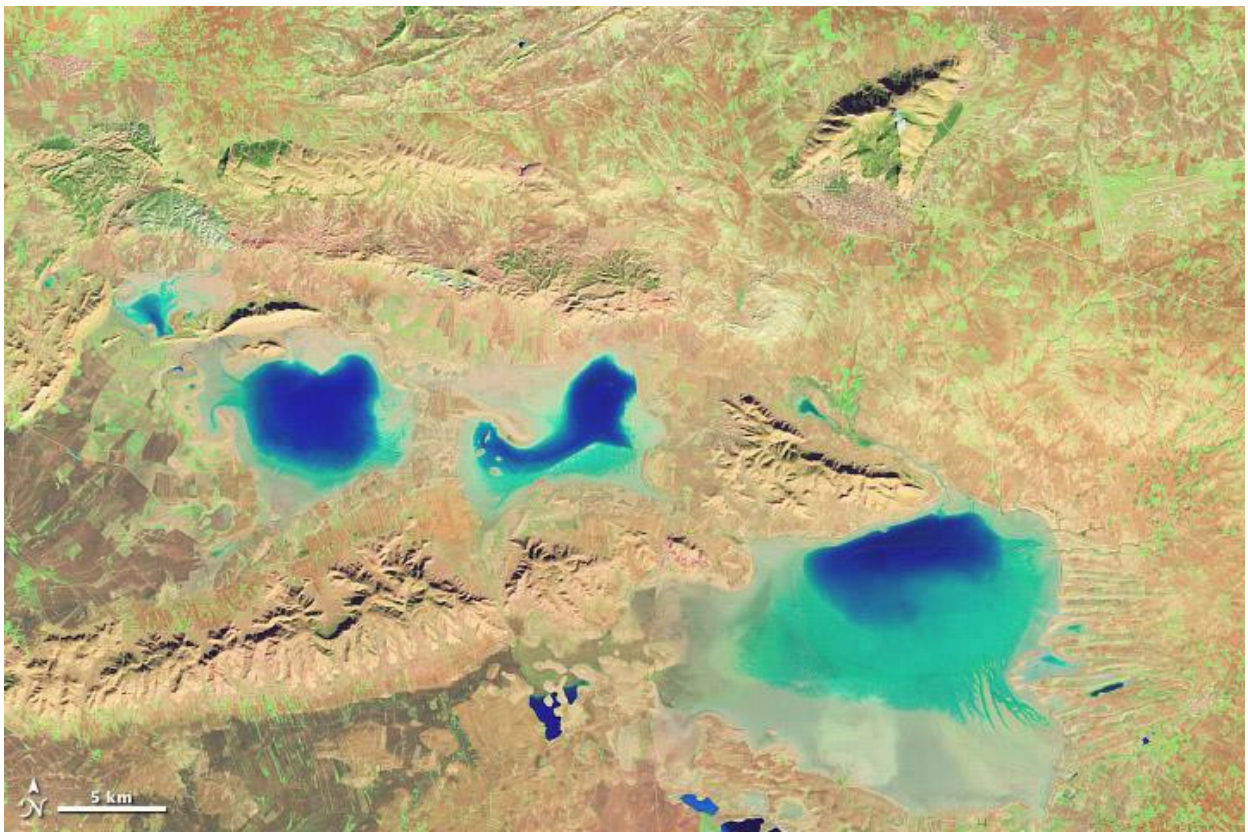
Städte und offener Boden sind grau oder hellbraun, und klares Wasser ist schwarz. Auf dem Bild unten ist das Wasser schlammig, und das Sediment reflektiert Licht. Das lässt das Wasser blau erscheinen. Bilder vom Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) und von den frühen Landsats werden oft in dieser Bandenkombination gezeigt, weil die Instrumente genau das gemessen haben.

Nahinfrarot, rotes und grünes Licht wurden verwendet, um dieses Falschfarbenbild von Algerien zu erstellen. Rotes, mit Pflanzen bedecktes Land dominiert die Szene. (NASA-Bild von Robert Simmon mit Landsat 8-Daten des USGS Earth Explorer).

## Kurzwelliges Infrarot, nahes Infrarot und Grün

Die häufigste Falschfarben-Bandkombination beim Earth Observatory verwendet das kurzwellige Infrarot (rot), das nahe Infrarot (grün) und das grüne sichtbare Band (blau).

Wasser absorbiert alle drei Wellenlängen, so dass es in dieser Bandenkombination schwarz ist. In dem untenstehenden Falschfarbenbild von Algerien ist das Wasser jedoch blau, weil es voller Sedimente ist. Sedimente reflektieren sichtbares Licht, das in dieser Bandenkombination blau erscheint. Das bedeutet, dass sowohl sedimenthaltiges Wasser als auch gesättigter Boden blau erscheinen. Da Wasser und nasser Boden in dieser Bandenkombination hervorstechen, ist sie für die Überwachung von Überschwemmungen nützlich. Gesättigte Böden erscheinen ebenfalls blau. Eiswolken, Schnee und Eis sind hellblau, da Eis sichtbares Licht reflektiert und Infrarotlicht absorbiert. Dies hilft bei der Unterscheidung von Wasser, Schnee und Eis sowie von Wolken, die hauptsächlich aus flüssigem Wasser oder Eiskristallen bestehen.



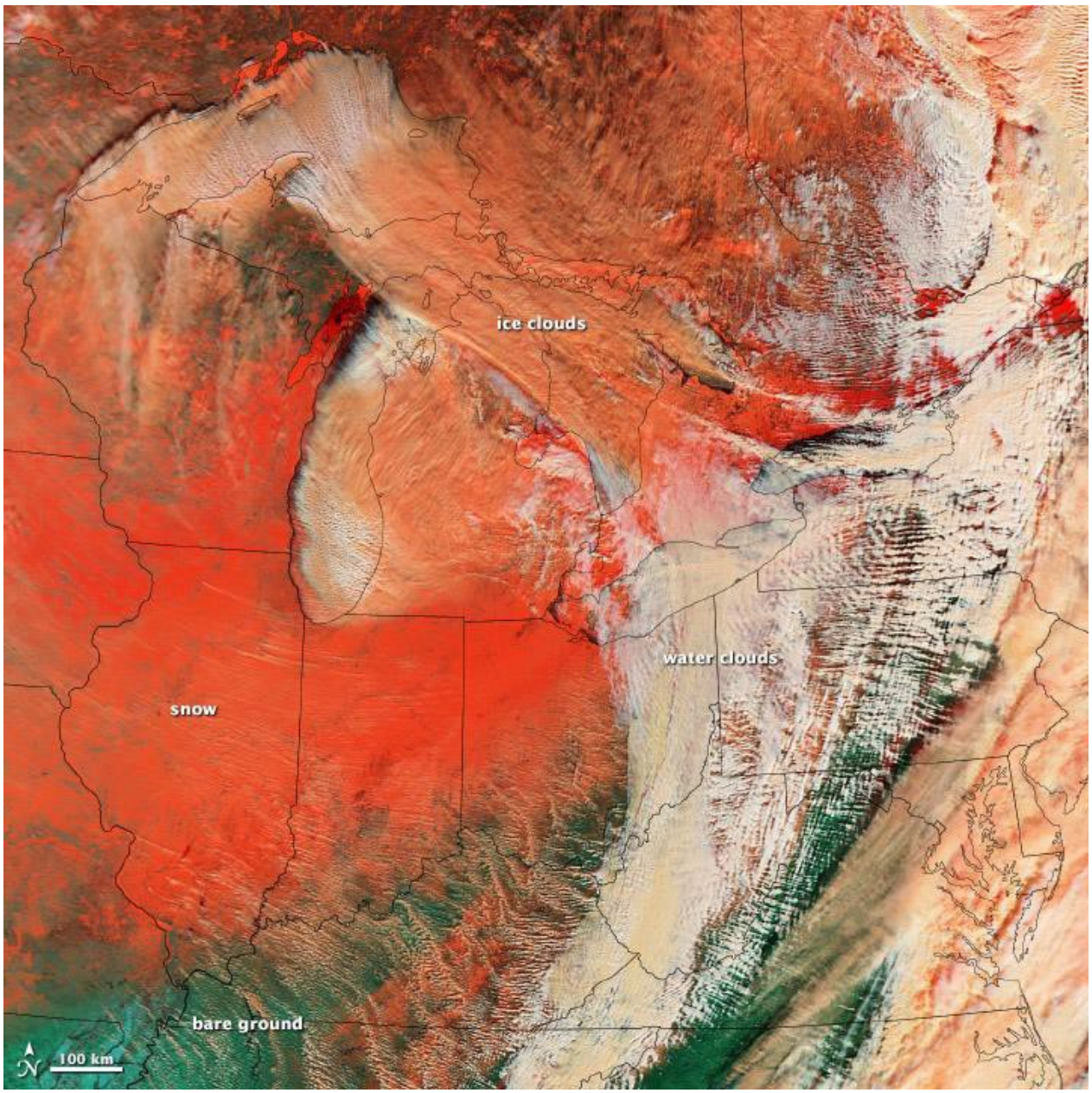
Die Version der Szene in Algerien im kurzwelligen Infrarot, im nahen Infrarot und im grünen Licht hebt das Vorhandensein von Wasser und feuchtem Boden in einer ansonsten trockenen Landschaft hervor. (NASA-Bild von Robert Simmon mit Landsat-8-Daten des USGS Earth Explorer).

Frisch verbranntes Land reflektiert kurzwelliges Infrarotlicht und erscheint in dieser Kombination rot. Heiße Gebiete wie Lavaströme oder Brände sind ebenfalls hellrot oder orange. Freiliegende, nackte Erde reflektiert im Allgemeinen kurzwelliges Infrarotlicht und tendiert zu einem roten oder rosa Ton. Städtische Gebiete sind in der Regel silbern oder violett, je nach Baumaterial und Dichte der Bebauung.

Da Pflanzen nahes Infrarotlicht sehr stark reflektieren, sind bewachsene Gebiete hellgrün. Das Signal ist so stark, dass Grün oft die Szene dominiert. Selbst die spärliche Vegetation in der algerischen Wüstenlandschaft hebt sich im obigen Bild als hellgrüne Flecken ab.

## Blau, kurzwelliges Infrarot

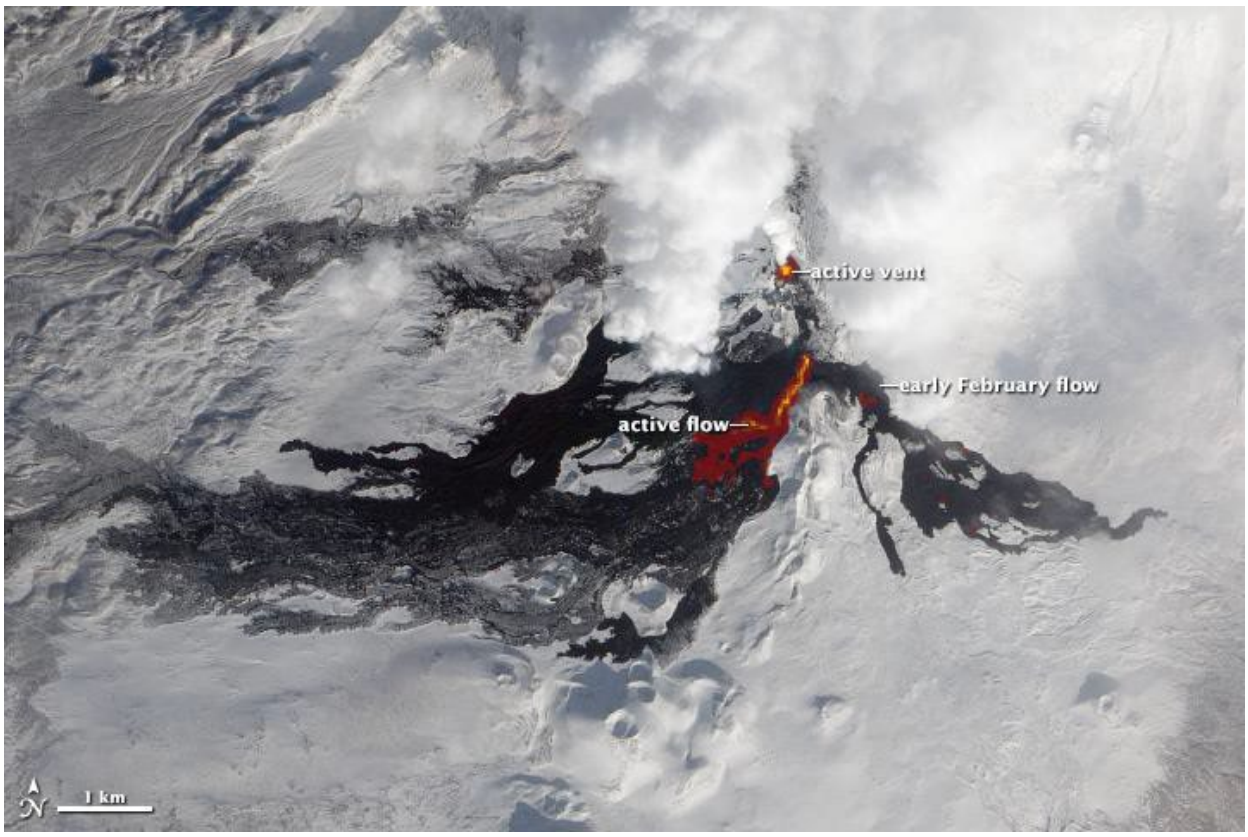
Gelegentlich veröffentlicht das Earth Observatory eine Bandkombination, bei der blaues Licht als rot und zwei verschiedene kurzwellige Infrarotbänder als grün und blau eingestuft werden. Diese Bandkombination ist besonders wertvoll für die Unterscheidung von Schnee, Eis und Wolken. Eis reflektiert mehr blaues Licht als Schnee oder Eiswolken. Eis auf dem Boden ist in dieser Falschfarbe leuchtend rot, während Schnee orange ist und Wolken von weiß bis dunkelpfirsichfarben reichen.




Eine Kombination aus blauem und kurzwelligem Infrarotlicht kontrastiert Wolken, Schnee und Eis in einem großen Wintersturm im Januar 2014. (NASA-Bild von Jesse Allen und Robert Simmon; Daten von LANCE/EOSDIS Rapid Response).

## Thermales Infrarot

Das Earth Observatory verwendet auch thermische Infrarotmessungen, um Landtemperaturen, Brandgebiete oder Vulkanausbrüche darzustellen, doch werden diese meist als Graustufenbilder veröffentlicht. Gelegentlich werden die interessierenden thermischen Merkmale über ein Echtfarben- oder Graustufenbild gelegt, insbesondere im Falle eines Feuers oder eines Vulkans.




Infrarotlicht zeigt Details der sich entwickelnden Lavaströme auf dem russischen Vulkan Tolbachik. (NASA-Bild von Jesse Allen und Robert Simmon, unter Verwendung von EO-1 ALI-Daten des EO-1-Teams der NASA).

Mit Hilfe eines Browsing-Tools namens Worldview, das Daten von vielen verschiedenen Imagern, einschließlich Aqua und Terra MODIS, anzeigt, kann untersucht werden, wie verschiedene Bandenkombinationen unterschiedliche Merkmale hervorheben. Klicken Sie auf "Ebenen hinzufügen" und wählen Sie dann eine der alternativen Bandenkombinationen (1-2-1, 3-6-7 oder 7-2-1). Auf der Website finden Sie auch Beschreibungen der gängigen MODIS-Bandkombinationen.

*Thanks to the following science reviewers and/or content providers: Michael King, Vincent Salomonson, David Mayer, Patricia Pavon and Belen Franch.*