



# Lieber wolkenlos – automatisch wolkenfreie Sentinel-2-Mosaik berechnen

Mit den kostenfreien Sentinel-2-Daten des europäischen Copernicus-Programms können sich Behörden und Wirtschaft aus einem kontinuierlich befüllten Archiv mit flächendeckenden Satellitendaten bedienen, um kosteneffizient räumliche Informationen für Planungszwecke abzuleiten. Wolken, Dunst und Wolkenschatten erschweren oft die Auswertung der Satellitendaten, da mehr oder weniger große Bildbereiche nicht sichtbar sind. Mittels fernerkundlicher Algorithmen lassen sich diese atmosphärischen Phänomene automatisch erkennen und wolkenfreie Bilder generieren. Das ist in der Umsetzung weniger trivial, als es auf den ersten Blick erscheinen mag.

Autorin: Heike Weigand

**A**tmosphärische Einflüsse, wie Wolken und Dunst, überdecken die eigentliche radiometrische Information der Erdoberfläche, die für geographische Auswertungen benötigt wird. Es braucht einen sogenannten Wolkendetektionsalgorithmus, der anhand der spezif-

ischen Strahlungseigenschaften unterschiedlicher Landoberflächen und Wolkentypen das Bild in bewölkte und unbewölkte Bereiche unterteilt. In der Fernerkundung wird diese Methode als „Wolkenmaske“ bezeichnet.

## Wolkenmasken

Wolkenmasken helfen, wolkenfreie Bildbereiche zu identifizieren und gezielt nur diese für weitere Analysen zu verwenden. Zusätzlich liegt nahe, den Wolkendetektionsalgorithmus auf mehrere Satellitenszenen, die an unterschiedlichen Daten

aufgenommen wurden, anzuwenden. So lassen sich jeweils die Bildbereiche ohne Wolkenbedeckung aus verschiedenen Kacheln zusammenstückeln und es entsteht eine wolkenfreie Einzelkachel.

Je intelligenter die Algorithmen für die Wolkenmaske und das „Mosaiking“ der wolkenfreien Bereiche ist, umso brillanter ist das Ergebnisbild und umso zuverlässiger lassen sich weitere Analysen, zum Beispiel zum Monitoring, anstellen.

In der mit dem Wichmann Innovations Award ausgezeichneten Softwarelösung Imagine NoClouds von Geosystems werden die Wolkenmasken in einem sechsstufigen Verfahren berechnet. Dabei werden nicht nur unterschiedliche Wolkentypen ausmaskiert, sondern auch Wolkenschatten, also die schwarzgrauen Randbereiche auf der sonnenabgewandten Seite der Wolken.

**Komplexe Berechnung – einfache Anwendung**

Zielsetzung bei der Entwicklung von Imagine NoClouds war eine automatische operationelle Verarbeitung, die nicht nur hochwertige Wolken- und Wolkenschattenmasken berechnet, sondern auch ein wolkenfreies Mosaik erstellt. Zudem sollte der Wolkendetektionsalgorithmus global anwendbar sein. Dazu wurde eine Reihe ausgereifter Algorithmen und Abfragen in eine einfach zu bedienende Lösung verpackt. Die aufwendige Verarbeitung läuft dabei im Hintergrund ab, ohne dass der Nutzer in das Programm eingreifen müsste. Er kann den Prozess auf Knopfdruck starten, die Wolkenmasken werden automatisch berechnet, ebenso das wolkenfreie Mosaik.

Um zu verdeutlichen, wie herausfordernd die genaue Klassifizierung der Wolkentypen und der Schattenbereiche ist, sei an dieser Stelle das sechsstufige Verfahren



Gegenüberstellung einer Sentinel-2-Satellitenszene von Baden-Württemberg im Original (links) und nach der Entfernung von Wolken, Dunst und Wolkenschatten (rechts)

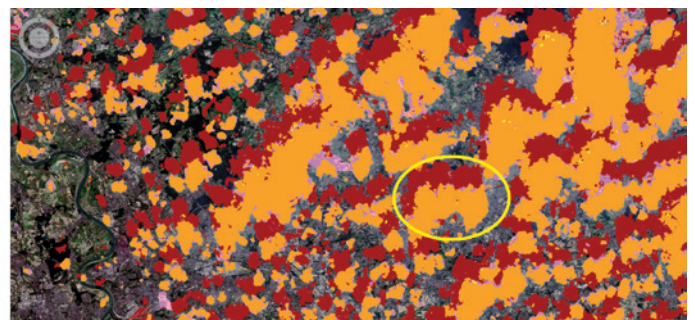
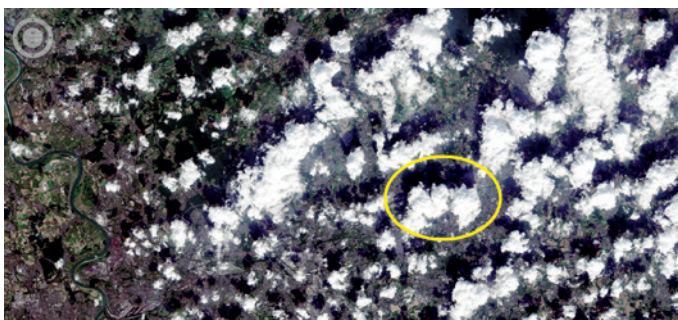
Bild: Geosystems GmbH

erklärt. Die Spektraleigenschaften von Wolken, Schatten, Wasser, Eis, Dunst etc. ähneln sich oft, sodass nur eine Kombination verschiedener Methoden wie Schwellenwertsetzung, objektbasierte Analyse, Texturparameter, Deterministic fuzzy, Buffering und Filter die gewünschte Qualität ermöglicht.

1. *Auswahl eines Bildstapels:* In einem ersten Arbeitsschritt werden automatisch geeignete Kanalkombinationen für die Wolken- und Wolkenschattenbestimmung abgeleitet.
2. *Identifizierung von Wolken und Schneel Eis:* Als Zweites werden für das Bild insgesamt 80 Klassen erstellt, die alle Wolkenarten und die meisten Schnee- und Dunstflächen erfassen.
3. *Verbesserung der Wolken/Schatten-Erkennung:* In diesem dritten Arbeitsschritt wird Schnee von Wolken getrennt und Wasser klassifiziert. Unter Anwendung intelligenter Algorithmen werden unter anderem die „wahr-

scheinlichsten“ Wolken abgeleitet und sogenannte „Wolkenschatten-Erwartungszonen“ unterschiedlicher Größe ausgewiesen.

4. *Erfassung von Schatten:* In diesem entscheidenden vierten Schritt geht es um die wichtige Schattenerkennung. Es werden mögliche Schattenflächen definiert und über eine objektbasierte Analyse die endgültigen Schattenflächen detektiert. Außerdem werden hier Schatten- und Wasserflächen getrennt.
5. *Finale Wolkenklassifizierung:* Auch hier entscheidet eine objektbasierte Analyse über die endgültige Auswahl und Abwahl von Wolken. Als Ergebnis werden die meisten opaken Wolken und teilweise semi-transparente Wolken erkannt. Dunst, weniger auffällige Wolken und einige Eiswolken werden im letzten Arbeitsschritt ausgesondert.
6. *Ergänzen von Dunst und Schatten:* Schließlich fügt das Tool die fehlenden Dunstflächen und letzte Wolken sowie



Links: Sentinel-2-Satellitenszene des Ruhrgebiets mit klar erkennbaren dunklen Wolkenschatten (siehe zum Beispiel gelbe Markierung). Rechts: Wolkenmaske mit klassifizierten Wolkenschatten (in rot)

Bild: Geosystems GmbH

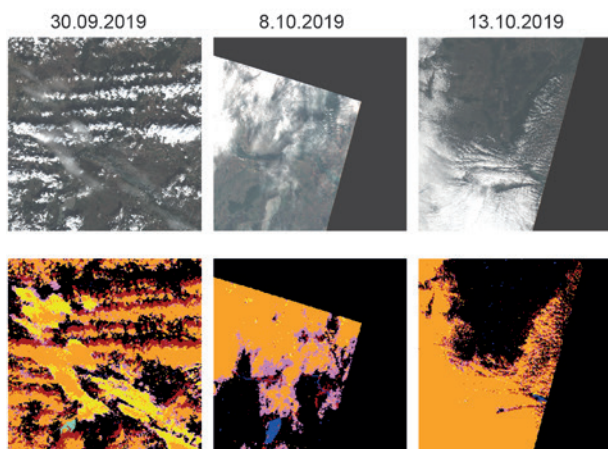
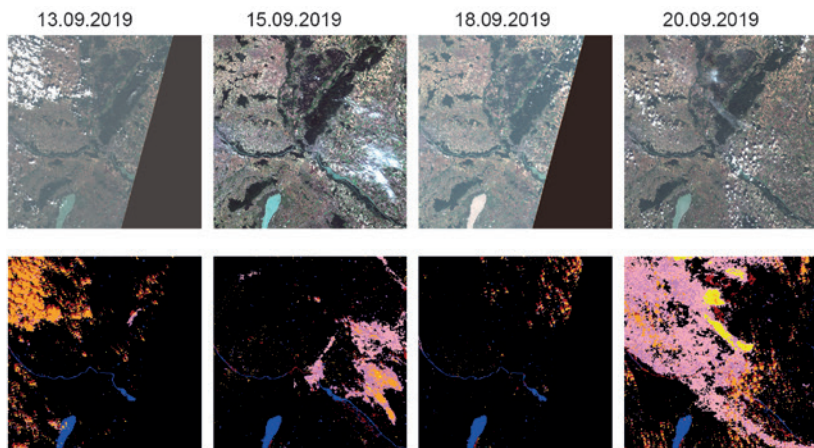


Bild: Geosystems GmbH

Zeitreihe Sentinel-2-Daten von Bratislava vom 13. 9. bis 13. 10. 2019 mit sieben Einzelkacheln, darunter die jeweilige Wolkenmaske; Rechts das wolkenfreie Gesamt-Mosaik, zusammengesetzt aus den wolkenfreien Bereichen der sieben Einzelkacheln

deren Schatten in die Klassifikation ein. Außerdem werden Wolken über Wasser erkannt sowie Eiswolken von Schnee/Eis am Boden. Unwahrscheinliche Schatten werden wieder eliminiert und eine Einteilung in dichte Wolken, semi-transparente Wolken und Dunst vorgenommen.

Alle Verfahrensstufen (inklusive untergeordneter Verarbeitungen sind es insgesamt 15 Schritte) sind über eine intelligente Prozesssteuerung so hintereinandergeschaltet, dass sie automatisch ablaufen und nur ein Minimum an Interaktivität durch den Benutzer erfordern. Der Nutzer wählt lediglich eine Liste von Satellitenszenen unterschiedlicher Aufnahmezeitpunkte aus und kann diese ungesehen in den Prozess der Wolkendetektion und Mosaikierung schicken. Als Ergebnis erhält er ein fertiges wolkenfreies Mosaik einer Einzelkachel. Mehrere Einzelkacheln einer Region können außerdem nahtlos zu einem großflächigen Mosaik zusammengefügt werden.

### Automatisierung für wolkenfreie Sentinel-2-Archive – weltweit

Mittels der beschriebenen hochwertigen Wolkenmasken und dem intelligenten Mosaiking wolkenfreier Bildbereiche unterschiedlicher Aufnahmezeiten entstehen brillante Sentinel-2-Mosaik. Imagine NoClouds berechnet Mosaik mit bis zu 16 Aufnahmen pro Kachel, wobei jedoch eine zeitliche Beschränkung des Aufnahmezeitraums sinnvoll sein kann, um die phänologischen Unterschiede innerhalb des Mosaiks zu minimieren.

Imagine NoClouds wird bereits in mehreren Landesbehörden eingesetzt, um den Aufbau regionaler Sentinel-2-Archive zu unterstützen. Unter anderem hat das Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg in der Pilotphase eines Projekts zur Aufbereitung von Satellitenbilddaten Imagine NoClouds zur Erstellung von Wolkenmasken und zum Mosaiking erfolgreich getestet und mit frei verfügbaren Werkzeugen verglichen.

Insbesondere die Automatisierung und die schnelle Berechnungszeit wird von Anwendern als positiv bewertet, da die langwierige Datensortierung und die Verwaltung von Zwischenergebnissen vollständig vom Produkt übernommen werden, was die Anwender enorm entlastet.

#### Weitere Informationen:

[www.geosystems.de/imagene-noclouds](http://www.geosystems.de/imagene-noclouds)

#### Autorin:

**Heike Weigand**  
Geosystems GmbH  
E: [h.weigand@geosystems.de](mailto:h.weigand@geosystems.de)

Entwicklerin der Wolkenmasken- Algorithmen und des Mosaikings:

**Dr. Ute Gangkofner**  
I: [www.eoconsultancy.org](http://www.eoconsultancy.org)