

**Beitrag F: Thomas Bahr, Nicolai Holzer**

**Automatisierte Zeitreihenanalyse von  
Fernerkundungsdaten für das Monitoring von  
Oberflächengewässern**

Thomas Bahr, Nicolai Holzer,  
Harris Corporation, Talhofstraße 32a, 82205 Gilching, Germany,  
[Thomas.Bahr@harris.com](mailto:Thomas.Bahr@harris.com), [Nicolai.Holzer@harris.com](mailto:Nicolai.Holzer@harris.com)

**Abstract**

Since 2012, the state of California faces an extreme drought, which impacts water supply in many ways. Advanced remote sensing is an important technology to better assess water resources, monitor drought conditions and water supplies, plan for drought response and mitigation, and measure drought impacts. In the present case study latest time series analysis capabilities are used to examine surface water in reservoirs located along the western flank of the Sierra Nevada region of California. [Bahr, Holzer, 2016]

**Zusammenfassung**

Seit 2012 herrscht im U.S.-Bundesstaat Kalifornien eine extreme Dürre, welche sich insbesondere auf die Trink- und Brauchwasservorräte auswirkt – u. a. mit fatalen Folgen für die Landwirtschaft. Die heutige, satellitengestützte Fernerkundung verfügt über vielfältige Technologien, die es erlauben, Oberflächengewässer und ihre Veränderungen präzise zu erfassen, Trockenperioden zu beobachten, Planungen für die Folgen einer Dürre sowie die Schadensminderung zu unterstützen, und Auswirkungen von Dürreperioden abzuschätzen. In dieser Fallstudie wurden modernste Auswertungsmöglichkeiten für Fernerkundungs-Zeitreihen genutzt, um

Oberflächenveränderungen von Wasserreservoirs entlang der westlichen Flanke der Region Sierra Nevada zu untersuchen.

## 1 Fallstudie

Diese Fallstudie wurde mit dem kommerziellen Fernerkundungs-Softwarepaket ENVI 5.3 [ENVI, 2015] durchgeführt. Die Integration speziell angepasster Prozesse sowie die Automatisierung werden mittels der wissenschaftlichen Programmiersprache IDL (Interactive Data Language [IDL8.5, 2015]) realisiert. Auf diese Weise werden die Analysefunktionalitäten von ENVI über die objektorientierte und IDL-basierte ENVITask-Schnittstelle für einen operationellen Einsatz eingebunden.

Eine Zeitreihe von Landsat-Satellitenbilddaten (L-5 TM, L-7 ETM+, L-8 OLI) wurde für das Untersuchungsgebiet für den Zeitraum von 1999 bis 2015 beschafft. Die Bilder wurden jeweils im Oktober aufgenommen, entsprechend den Pegeltiefständen des Wasserreservoirs am Ende der Bewässerungsperiode. Die Zeitreihe wurde über die Webseite des USGS EarthExplorer bezogen und ist bereits auf ein gemeinsames Koordinatensystem (UTM Zone 10N, WGS-84) referenziert (s. Abbildung F-1).

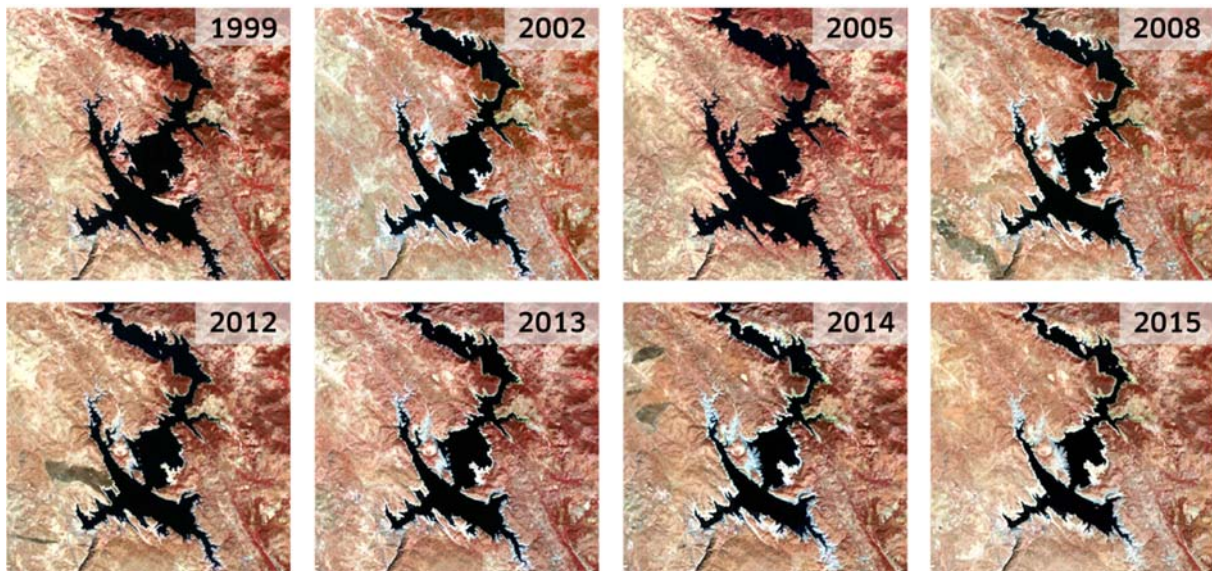


Abbildung F-1: Zeitreihe von Landsat Satellitenbilddaten (L-5 TM, L-7 ETM+, L-8 OLI) von 1999-2015 (Oktober-Aufnahmen). Der Ausschnitt zeigt das Don Pedro Reservoir in Kalifornien.

## **Vorverarbeitung**

Die nachfolgenden ENVITasks wurden für die Vorverarbeitung der 17 Landsat-Szenen genutzt:

- Lückenfüllung mittels Triangulation für die Landsat-7 ETM+ Bilddaten mit defektem Scanline-Korrektor (SLC-off).
- Zuschnitt auf die gleiche geographische Ausdehnung.
- Radiometrische Korrektur: Berechnung der Top-Of-Atmosphäre (TOA) Reflektanz.
- Atmosphärenkorrektur mittels QUAC<sup>®</sup>, welches die Parameter zur Atmosphärenkorrektur direkt anhand der spektralen Diversität der Pixelwerte in der Bildszene ableitet und keiner weiteren Eingangsparameter bedarf. Damit eignet sich QUAC<sup>®</sup> besonders für den automatisierten, operationellen Einsatz.

## **Klassifizierung**

Die Bildklassifizierung wurde mit den folgenden ENVITasks durchgeführt (s. Abbildung F-2):

- Anwendung des modifizierten normalisierten differentiellen Wasserindex MNDWI (Modified Normalized Difference Water Index [Xu, 2006]) zur Verstärkung offener Wasserflächen und zur Reduzierung des Bildrauschens, das auf Bebauung, Vegetation und Erdboden zurückzuführen ist.
- Klassifizierung der MNDWI-Indexbilder durch Schwellwertbildung, um offene Wasserflächen zu extrahieren.

Bereinigung der Klassifikationsergebnisse mittels Aggregation.

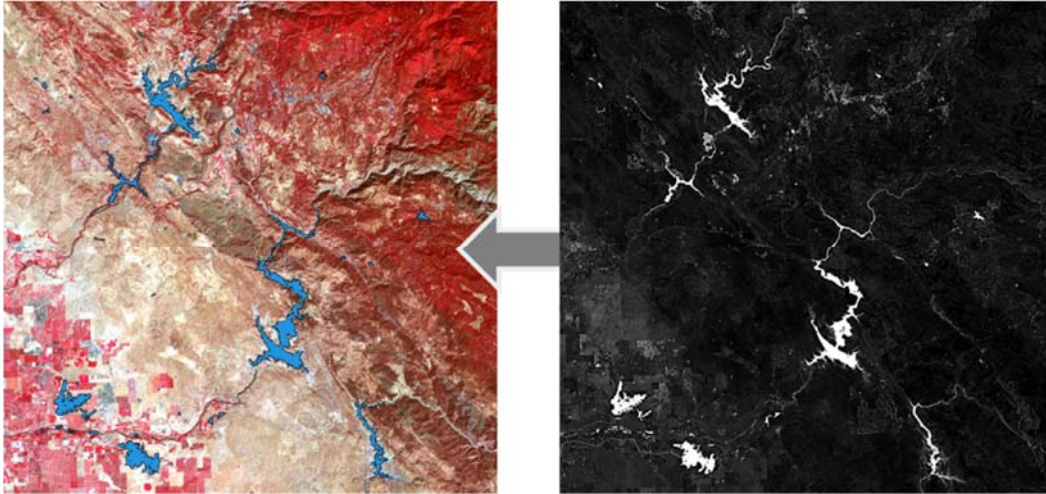


Abbildung F-2: Rechts: Modifizierter normalisierter differentieller Wasserindex MNDWI (MNDWI, Xu 2006) zur Verstärkung offener Wasserflächen (Ausschnitt). Links: Klassifizierte Wasserflächen auf einem Landsat-Falschfarbenkomposit von 2015 (RGB=543).

### **Analyse & Weiterverarbeitung**

Die Analyse und Weiterverarbeitung bestand aus den nachfolgenden Schritten (s. Abbildung F-3):

- Grafische Darstellung des Ausmaßes der zeitlichen Veränderung der Oberflächengewässer und Zuordnung zu den täglichen Pegelständen des Don Pedro Wasserreservoirs (Station DNP, betrieben durch die CDEC [CDEC, 2016]).
- Animation der klassifizierten Zeitreihe und Export in ein Standard-Videodatenformat.
- Export der klassifizierten Wasserflächen in Vektorebenen für eine weitere Auswertung in einem GIS-System.

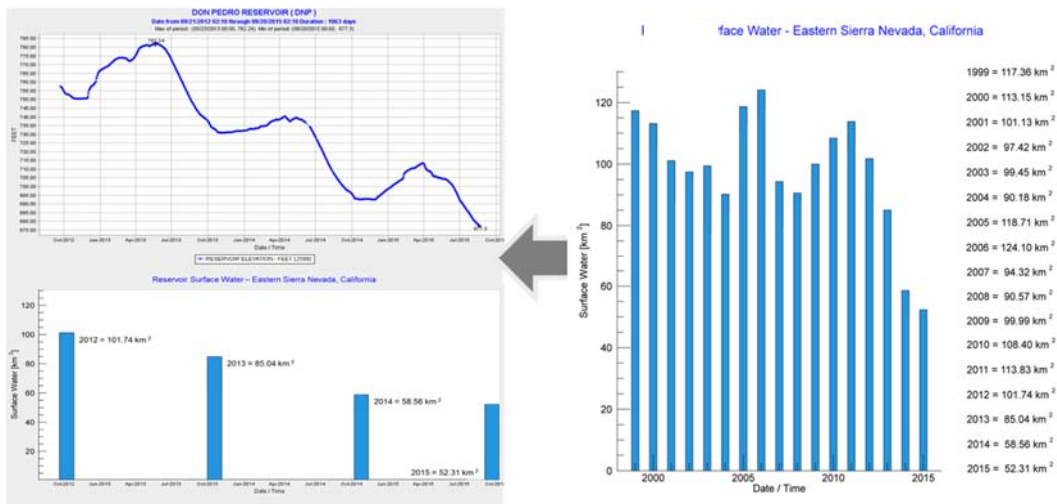


Abbildung F-3: Rechts: Zeitreihe der Ausdehnung der Oberflächengewässer im Untersuchungsgebiet pro Jahr; Links: Trend der Zeitreihe 2012 bis 2015 mit den täglichen Pegelständen des Don Pedro Reservoirs (Station DNP, betrieben durch die CDEC).

## 2 Automatisierung und operative Umsetzung

Die hier vorgestellten, automatisierten, räumlich-zeitlichen Analysen können in fast jeden, bereits existierenden, georäumlichen Arbeitsablauf für operative Anwendungen eingebettet werden.

In diesem Fallbeispiel wurden drei Integrationsmöglichkeiten implementiert:

- **Einsatz in einem Dienste-basierten Informationssystem, hier auf Grundlage von ArcGIS®:**

Auf diese Weise können Unternehmen über deren Portal for ArcGIS® Webseite auf die Anwendung zugreifen. Zur Ausführung wird ein angepasstes ArcGIS® Skriptwerkzeug genutzt. Eine Python-Skriptdatei übernimmt die Parameter von der Nutzerschnittstelle und führt das vorkompilierte IDL-Programm aus. Dieses IDL-Programm dient wiederum als Schnittstelle zwischen der Python-Skriptdatei und den relevanten ENVITasks (s. Abbildung F-4).



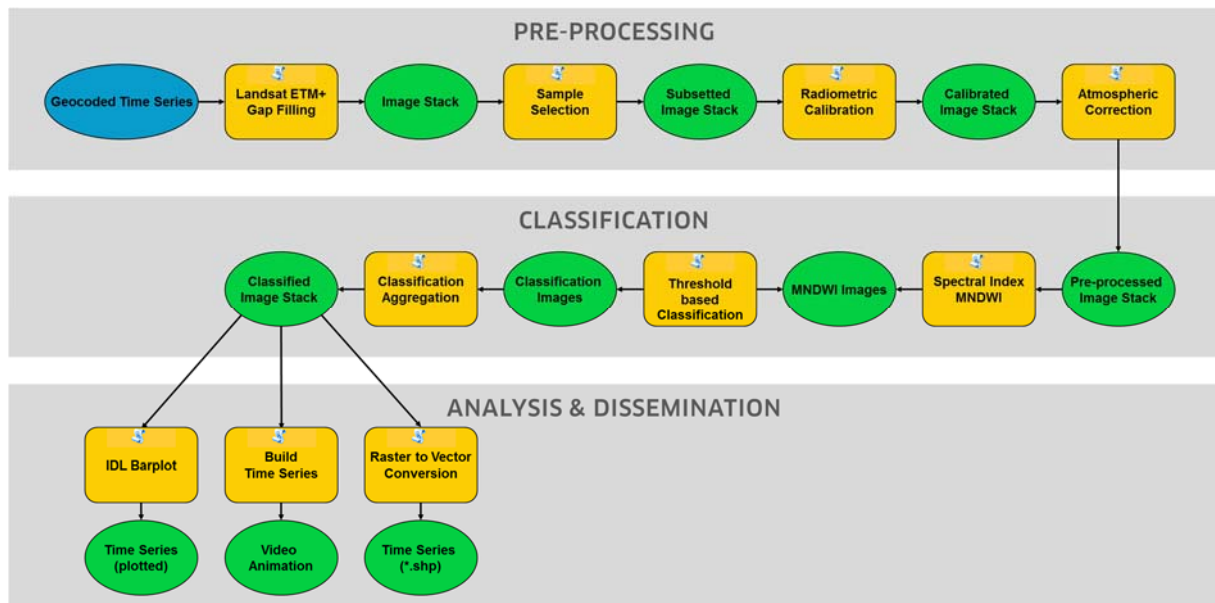


Abbildung F-4: IDL-basierte Implementierung einer automatisierten, räumlich-zeitlichen Analyse mittels Fernerkundungsdaten im ArcGIS® ModelBuilder.

- **Veröffentlichung der räumlich-zeitlichen Analyse-Tasks als REST-basierter Webservice unter Verwendung der ENVI Services Engine (ESE):**

Die ESE als Cloud-basierte Geodaten-Lösung ermöglicht den Online-Zugriff auf die Bild- und Datenanalysefunktionen von ENVI und kann in beliebigen IT-Infrastrukturen von Unternehmen eingesetzt werden. Zu diesem Zweck wurde der gesamte IDL-Code in einer einzigen, benutzerdefinierten ENVITask gekapselt.

- **Allgemeine Integration in bereits vorhandene Geodaten-Arbeitsabläufe unter Verwendung der bi-direktionalen Programmierschnittstelle zwischen IDL und Python:**

Dieser Ansatz erlaubt den Aufruf von IDL-Code in Python auf einer vom Benutzer festgelegten Plattform.

Weitere Informationen zur Umsetzung sowie Beispielcode sind in [Bahr, Holzer, 2016] beschrieben.

### 3 Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse dieser Fallstudie bestätigen den dramatischen Rückgang hinsichtlich der Ausdehnung von Oberflächengewässern im Untersuchungsgebiet als Folge der außergewöhnlichen Dürre, die besonders in den Jahren 2012 bis 2015 einen Großteil

des kalifornischen Staatsgebietes betroffen hat. Dementsprechend zeigt die auf Landsat-Daten gestützte Zeitreihenanalyse einen einheitlichen Trend mit den täglichen Pegelständen des Don Pedro Reservoirs (Station DNP, betrieben durch die CDEC [CDEC, 2016]).

Die einfache Implementierung in Online-Dienste mit den Technologien von Harris und ESRI ermöglicht den Einsatz maßgeschneiderter, individueller Analysen für nutzerdefinierte Gebiete on-the-fly.

#### **4 Literaturverzeichnis**

[Bahr, Holzer, 2016]

Thomas Bahr, Nicolai Holzer; 2016: AUTOMATISIERTE ZEITREIHENANALYSE VON FERNERKUNDUNGSDATEN FÜR DAS MONITORING VON OBERFLÄCHENGEWÄSSERN auf dem 23. Workshop des AK UIS, 2.-3. Juni 2016, Leipzig

[http://www.ak-uis.de/ws2016/beitraege/ws2016\\_b10\\_Holzer\\_ENVI\\_TimeSeries.pdf](http://www.ak-uis.de/ws2016/beitraege/ws2016_b10_Holzer_ENVI_TimeSeries.pdf)

(Letzter Zugriff: 03.08.2016)

[ENVI, 2015]

ENVI -5.3 Release Notes; 2015

<http://www.harrisgeospatial.com/Support/HelpArticlesDetail/TabId/219/ArtMID/900/ArticleID/14544/ENVI-53-Release-Notes.aspx> (Letzter Zugriff: 03.08.2016)

[IDL8.5, 2015]

Interactive Data Language 8.5 Release Notes, 2015

<http://www.exelisvis.com/Support/HelpArticlesDetail/TabId/219/ArtMID/900/ArticleID/14541/IDL-85-Release-Notes.aspx> (Letzter Zugriff: 03.08.2016)

[Landsat, 2016]

NASA: Landsat Science: About - Landsat Then and Now

[http://landsat.gsfc.nasa.gov/?page\\_id=2](http://landsat.gsfc.nasa.gov/?page_id=2) (Letzter Zugriff: 03.08.2016)

[CDEC, 2016]

California Data Exchange Center, Website: <http://cdec.water.ca.gov/index.html>

(Letzter Zugriff: 03.08.2016)

[Xu, 2006]

Hanqiu Xu, 2006: Modification of Normalized Difference Water Index (NDWI) to Enhance Open Water Features in Remotely Sensed Imagery in International Journal of [Remote Sensing](#) 27(14):3025–3033 · July 2006;

[https://www.researchgate.net/publication/232724072\\_Modification\\_of\\_Normalized\\_Difference\\_Water\\_Index\\_NDWI\\_to\\_Enhance\\_Open\\_Water\\_Features\\_in\\_Remotely\\_Sensed\\_Imagery](https://www.researchgate.net/publication/232724072_Modification_of_Normalized_Difference_Water_Index_NDWI_to_Enhance_Open_Water_Features_in_Remotely_Sensed_Imagery) (Letzter Zugriff: 03.08.2016)