

MOSE aktiviert: Venedig sperrt die Adria aus

Neue Satellitenbilder bei Copernicus¹ (4.11.2021) und bei NASA Earth Observatory (6.11.2021)

Quelle: <https://earthobservatory.nasa.gov/images/149151/venice-holds-back-the-adriatic-sea>

Originaltext: Artikel von Adam Voiland, mit Beiträgen und Faktenüberprüfung von Luca Zaggia (CNR), Federica Braga (CNR), Gian Marco (CNR) und Vittorio Brando (CNR).

Bild: Bilder des NASA Earth Observatory von Joshua Stevens unter Verwendung von Landsat-Daten des U.S. Geological Survey und modifizierten Copernicus Sentinel-Daten (2021), die von der Europäischen Weltraumorganisation verarbeitet wurden.



Hochaufgelöste Versionen: [Links](#) (4.11.2021, Sentinel-2), [Rechts](#) (6.11.2021, Operational Land Imager (OLI) on Landsat 8)

Nach einem [jahrzehntelangen](#) Planungs- und Bauprozess schützt ein Hochwasserschutzsystem in Venedig die tief gelegene Stadt nun regelmäßig vor Hochwasser. Satelliten haben einen seltenen Blick auf das System in Aktion während eines Hochwasserereignisses im November 2021 erhascht.

Das System - [Modulo Sperimentale Elettromeccanico](#) (MOSE) - besteht aus 78 versenkten Sperrtoren, die normalerweise im Meeresboden eingelassen sind. Wenn die Wettervorhersagen zeigen, dass schädliche Überschwemmungen (über 130 Zentimeter) bevorstehen, drehen die Betreiber die Tore nach oben, um einen vorübergehenden Deich zu bilden, der sich über die Wasseroberfläche erhebt. Wie auf den Landsat 8²- und Sentinel-2³-Bildern auf dieser Seite zu sehen ist, verhindert der Deich, dass Wasser aus der Adria durch wichtige Einlässe in die flache Lagune, die Venedig umgibt, fließt oder sie verlässt.

Am Nachmittag des 3. November 2021 wurden die Fluttore hochgefahren, als sich in der Adria ein Sturm zusammenbraute. Damals warnten Meteorologen, dass der Wasserstand 140 Zentimeter über den Normalwert steigen könnte, wenn die Flut ihren Höhepunkt erreicht und starke [Scirocco](#)-Winde die venezianische Küste heimsuchen. Ein solcher Wasserstand würde ausreichen, um 60 Prozent der Stadt zu überfluten, einschließlich des [Markusplatzes](#), dem tiefsten Bereich der Stadt.

Während einige der Sperrtore am Lido für die gesamte Dauer des Hochwasserereignisses geschlossen blieben, wurden die Tore der südwestlich gelegenen **Malamocco- und Chioggia-Eingänge** bei Niedrigwasser eingefahren, um Wasser aus der Lagune zu lassen. Das linke Bild oben, das vom Multispektralinstrument (MSI) auf Sentinel-2 stammt, zeigt, wie das Sediment zu einem Zickzack-Muster aufgewirbelt wird (besser erkennbar in der Vergrößerung unten links), als sich die Schleusen am Malamocco-Eingang am 4. November 2021 zurückziehen. Zwei Tage später nahm der Operational Land Imager (OLI⁴) auf Landsat 8 ein Bild auf (oben rechts), das denselben Einlass mit vollständig aktivierten und über der Wasseroberfläche stehenden Schleusentoren zeigt. Zum Zeitpunkt der Landsat-Überquerung wehten starke Winde (61 km/h) aus östlicher Richtung und wirbelten Sedimente auf beiden Seiten der Sperren auf.



Malamocco-Eingang am 4. November 2021 mit vergrößertem Ausschnitt

"Es ist recht selten, dass Landsat- oder Sentinel-Bilder die geschlossenen Barrieren zeigen, weil sie nur bei Stürmen aktiviert werden und sich über der Wasseroberfläche befinden - wenn die Wolkendecke normalerweise zu stark ist, um sie von oben zu sehen", erklärt Luca Zaggia, Küstenozeanograph am Institut für Geowissenschaften und Erdressourcen des italienischen Nationalen Forschungsrats (CNR) in Padua. "Es ist sogar noch ungewöhnlicher, dass Satelliten Bilder von Sedimenten aufnehmen, die durch die Bewegung der Barrieren aufgewirbelt werden, da diese Phase weniger als 30 Minuten dauert."

Landsat überfliegt das Gebiet einmal alle 8 Tage; einer der Sentinel-Satelliten macht alle 2 bis 3 Tage Beobachtungen. Zaggia gehört zu einem Forschungsteam des Instituts für Meereswissenschaften in Venedig, das untersucht, wie sich der Betrieb von MOSE auf die Bewegung und die Menge der Sedimente in der Lagune auswirken könnte.

Die Aktivierung der Fluttore erwies sich in diesem Fall als erfolgreich. Während der Wasserstand bei Flut in der Adria auf über 130 Zentimeter anstieg, erreichte er in Venedig nur 83 Zentimeter, was ausreichte, um größere Überschwemmungen zu verhindern. MOSE wurde in den letzten Jahren mehrfach eingesetzt, da die Ingenieure es testen und darauf hinarbeiten, dass es bis 2022 voll einsatzfähig ist. Im Jahr 2021 wurden die Schleusen fünfmal und im vergangenen Winter 20-mal aktiviert. Im Jahr 2019,

bevor das System einsatzbereit war, wurde Venedig von mehr als 25 Hochwasserereignissen überschwemmt, darunter ein Novemberhochwasser, das sich als das [zweitschlimmste](#) aller Zeiten erwies.

Obwohl MOSE mehrere Hochwasser verhindert hat, haben die Betreiber des Systems aufgrund [ungenauer Wetter- und Wasserstandsvorhersagen](#) manchmal die Höhe des Hochwassers falsch eingeschätzt. So wurde beispielsweise im [Dezember 2020](#) ein großer Teil Venedigs überflutet, nachdem die Vorhersagen die maximale Höhe des Hochwassers um 5 Zentimeter unterschätzt hatten - genug, um die Betreiber daran zu hindern, die Barrieren rechtzeitig anzuheben.

Der Anstieg des globalen Meeresspiegels könnte sich in den kommenden Jahrzehnten auf das Schutzniveau auswirken, das das System bietet. Bei einem relativen Anstieg des Meeresspiegels um etwa 0,25 Zentimeter pro Jahr hat die Häufigkeit von Hochwasserereignissen in Venedig in den letzten Jahrzehnten bereits zugenommen: von zwei pro Jahrzehnt in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts auf jetzt mehr als 40 pro Jahrzehnt. "In den optimistischsten Emissionsszenarien (RCP-2.6) sollte das System bis zum Ende dieses Jahrhunderts gut funktionieren", sagte Federica Braga, Fernerkundungsexpertin am Institut für Meereswissenschaften in Venedig, obwohl sie warnte, dass das System in den schlimmsten Emissionsszenarien und beim Anstieg des Meeresspiegels schon früher überfordert sein könnte.

Einige Forscher haben [errechnet](#), dass das System bis zum Ende dieses Jahrhunderts bei einem Szenario mit geringen Emissionen für drei Wochen pro Jahr und bei einem Szenario mit hohen Emissionen bis 2080 für mindestens zwei Monate geschlossen werden muss. "Eine Verringerung des Wasseraustauschs könnte langfristig andere Probleme auslösen, selbst wenn das System die schlimmsten Überschwemmungen abmildert", so Zaggia. "Zum Beispiel könnte sich der Sedimenthaushalt verändern und die [Salzmarsch](#) oder die Wasserqualität der Lagune negativ beeinflussen."

Fußnoten:

¹ **Copernicus:** *Copernicus* ist das [Erdbeobachtungsprogramm der Europäischen Union](#), das sich nach deren Intention mit unserem Planeten und seiner Umwelt zum größtmöglichen Nutzen aller europäischen Bürger befasst. Es bietet Informationsdienste auf der Grundlage von satellitengestützter Erdbeobachtung und In-situ-Daten (vor Ort erhobene Daten) an.

Das Programm wird von der Europäischen Kommission koordiniert und verwaltet. Es wird in Partnerschaft mit den Mitgliedstaaten, der *Europäischen Weltraumorganisation (ESA)*, der *Europäischen Organisation für die Nutzung meteorologischer Satelliten (EUMETSAT)*, dem *Europäischen Zentrum für mittelfristige Wettervorhersagen (ECMWF)*, den EU-Agenturen und [Mercator Océan](#) umgesetzt.

Riesige Mengen an globalen Daten von Satelliten und bodengebundenen, luftgestützten und seegestützten Messsystemen werden verwendet, um Informationen bereitzustellen, die Dienstleistern, Behörden und internationalen Organisationen helfen, die Lebensqualität der europäischen Bürger zu verbessern. Die angebotenen Informationsdienste sind für ihre Nutzer **frei** und **offen** zugänglich.

² **Landsat 8:** US-amerikanisches [Fernerkundungssystem](#) aus einer Serie von mehrfach weiterentwickelten [Satelliten](#), die seit 1972 in ihre [Umlaufbahn](#) gebracht wurden, zuletzt im Jahre 1999 der Landsat-7 ETM+ ([Enhanced Thematic Mapper Plus](#)) als Vertreter der alten Serie und im Februar 2013 der [Landsat-8](#) als Vertreter des [Landsat-Nachfolgeprogramms](#). Im September 2021 startete bereits [Landsat-9](#).

³ **Sentinel-2:** Sentinel-2 ist eine Zwillingsatelliten-Mission. Die zwei polumlaufenden Satelliten befinden sich auf derselben sonnensynchronen Umlaufbahn und sind um 180° versetzt.

Die Sentinel-2 Satelliten liefern mit ihrem Instrument [Multispectral Imager \(MSI\)](#) Aufnahmen im sichtbaren und infraroten Spektrum zwischen 443 und 2190 nm. Ihre 13 Kanäle sind für die Beobachtung der Landoberflächen optimiert. Die hohe Auflösung von bis zu 10 m und die Abtastbreite von 290 km sind ideal, um Veränderungen der Vegetation zu erkennen und etwa Erntevorhersagen zu erstellen, Waldbestände zu kartieren oder das Wachstum von Wild- und Nutzpflanzen zu bestimmen.

Das Instrument wird auch an Küsten und Binnengewässern eingesetzt, um etwa das Algenwachstum zu beobachten oder den Sedimenteintrag in Flussdeltas nachzuverfolgen.

Generell wurden die Sentinels für die spezifischen Bedürfnisse des Copernicus-Programms entwickelt. Sentinel-1, -2, -3 und -6 sind spezielle Satelliten, während Sentinel-4 und -5 Instrumente an Bord der Wettersatelliten von EUMETSAT sind. Beachten Sie, dass Sentinel-5P, ein Vorläufer von Sentinel-5, ebenfalls ein spezieller Satellit ist.

⁴ **OLI:** Bildgebendes [multispektrales Radiometer](#) als wichtigste [Nutzlast](#) auf dem [Erdbeobachtungssatelliten Landsat-8 \(LCDM\)](#). OLI ist ein [Sensor](#) mit einem aus vier Spiegeln bestehenden Teleskop. Er tastet das Gelände zeilenweise ab und sieht so gleichzeitig die gesamte Breite der [Bodenspur](#) (185 km). Mit über 7.000 Detektoren pro [Spektralband](#) wird sich die

Empfindlichkeit des neuen Instrumentes und damit auch die Informationsmenge über die Erdoberfläche erhöhen. OLI nimmt [Daten](#) in neun [Spektralbändern](#) auf.

Quellen und weitere Informationen:

- Atlas of the Future (2021) [Epic floodgates defend Venice from flooding](#). Accessed December 1, 2021.
- Design Boom (2020) [MOSE flood barrier protects venice — see how it works](#). Accessed December 1, 2021.
- EOS (2021) [For Venice’s Floodgates to Work, Better Forecasts Are Needed](#). Accessed December 1, 2021.
- *Forbes* (2020, December 10) [Why Isn’t Venice’s Mose Holding Back The Tide?](#) Accessed December 1, 2021.
- Lionello, P. *et al.* (2021) [Venice flooding and sea level: past evolution, present issues, and future projections \(introduction to the special issue\)](#). *Natural Hazards Earth Systems Science*, 21 (8), 2633-2641.
- Lionello, P. *et al.* (2021) [Extreme floods of Venice: characteristics, dynamics, past and future evolution \(review article\)](#). *Natural Hazards Earth Systems Science*, 21 (8), 2705-2731.
- Mel, R. *et al.* (2021) [The first operations of Mo.S.E. system to prevent the flooding of Venice: Insights on the hydrodynamics of a regulated lagoon](#). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 261, 107547.
- MOSE (2021) [MOSE system](#). Accessed December 1, 2021.
- *Scientific American* (2019, November 4) [Venice Has Its Worst Flood in 53 Years](#). Accessed December 1, 2021.
- Tognin, D. *et al.* (2021) [Marsh resilience to sea-level rise reduced by storm-surge barriers in the Venice Lagoon](#). *Nature Geoscience*.
- Umgiesser, G. *et al.* (2021) [The prediction of floods in Venice: methods, models and uncertainty \(review article\)](#). *Natural Hazards Earth Systems Science*, 21 (8), 2670-2021.
- Zanchettin, D. *et al.* (2021) [Sea-level rise in Venice: historic and future trends \(review article\)](#). *Natural Hazards Earth Systems Science*, 21 (8), 2643-2678.

Übersetzung und inhaltliche Bearbeitung:

K. G. Baldenhofer