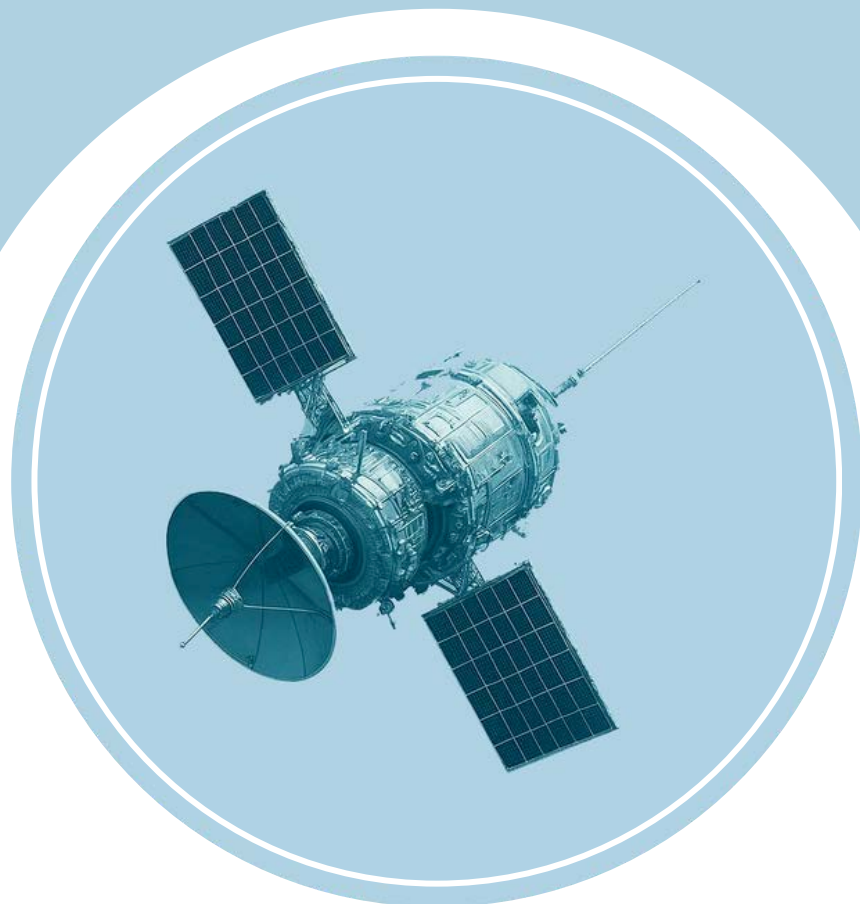




SATCULT

KULTURGÜTERSCHUTZ AUS DEM WELTRAUM:
DAS POTENZIAL DER NUTZUNG VON
ERDBEOBACHTUNGS- UND SATELLITENDATEN

GUTE PRAXISBEISPIELE



SATCULT - Vocational Training Closing the Knowledge Gap on Satellite-based Services for Cultural Heritage Preservation



Dieses Werk ist unter einer Creative Commons Namensnennung – Nicht kommerziell – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz lizenziert.

Mai 2026 (2. Auflage)



Kofinanziert von der Europäischen Union



Baden-Württemberg
Staatliche Schlösser
und Gärten

Die Autorenschaft dankt den Staatlichen Schlössern und Gärten Baden-Württemberg für die großzügige Unterstützung der deutschen Übersetzung und Drucklegung dieser Broschüre.

SATCULT wird von der Europäischen Union kofinanziert. Die geäußerten Ansichten und Meinungen entsprechen jedoch ausschließlich denen der Autorenschaft und spiegeln nicht zwingend die der Europäischen Union oder der Europäischen Exekutivagentur für Bildung und Kultur (EACEA) wider. Weder die Europäische Union noch die EACEA können dafür verantwortlich gemacht werden. Projektnummer 2024-1-DE02-KA210-VET-000244931

Inhalt



01

Grußwort

02

**SATCULT - Wie Kulturerbe-
-Einrichtungen von Satelliten-
daten profitieren können**

03

**Aktueller Stand aus Sicht
des Klimawandels**

04

**Satellitenfernerkundung
für das Kulturerbe: Von der
globalen Beobachtung zum
lokalen Handeln**

06

**Chancen durch
Erdbeobachtung**

08

**Die interdisziplinäre Expertise
von SATCULT-Konsortium und
-Beirat**

09

Expertenmeinungen

11

**12 Gute
Praxisbeispiele**

33

**Interdisziplinäre Zusammen-
arbeit erfolgreich gestalten
durch die Suche nach einer
gemeinsamen Sprache**

36

**SATCULT-Umfrage ermittelte
Qualifizierungsbedarfe**

37

Der SATCULT-Expertenpool

38

Glossar

40

Dank

Grußwort

Der Schutz des Kulturerbes durch die EU ist nun auch aus dem Welt-
raum sichtbar



Unser europäisches Kulturerbe ist zunehmend durch Klimawandel, Naturkatastrophen, Konflikte und illegalen Handel bedroht. Daher ist sein Schutz und Erhalt wichtiger denn je. Die Europäische Kommission unterstützt verschiedene Initiativen, mit dem Ziel, unser Kulturerbe zu schützen und insbesondere für künftige Generationen zu erhalten.

Kulturgüterschutz aus dem Weltraum mag überraschend klingen, aber die Erdbeobachtung und die Nutzung von Satellitendaten werden eine wichtige Rolle bei der Optimierung der Bemühungen zu Erhaltung und Schutz des Kulturerbes, bei der Bereicherung unseres kulturellen Verständnisses und unserer kulturellen Widerstandsfähigkeit spielen. Die Anwendung der weltweit führenden europäischen Copernicus- und Erdbeobachtungsinstrumente im Bereich des Kulturerbes ist ein hervorragendes Beispiel für den innovativen Einsatz modernster Weltraumtechnologie zur Erhaltung des Kulturerbes und zur Bewältigung der modernen Herausforderungen im Bereich der Kulturgüterschutzes. Dies fördert zudem die Entwicklung entsprechender Kompetenzen und den interdisziplinären Austausch von Expert*innen aus den Bereichen Kulturerbe und Geoinformation.

Das von der EU kofinanzierte **SATCULT**-Projekt wird einen wichtigen Beitrag dazu leisten. Die in dieser Broschüre zusammengestellten Praxisbeispiele zeigen deutlich, wie die Erdbeobachtung dazu beitragen kann, das Kulturerbe vor den Folgen des Klimawandels zu schützen, Veränderungen an Kulturerbestätten zu verfolgen und zu bewerten, Kriegsschäden zu dokumentieren und Plünderungen und den illegalen Handel mit europäischen Kulturgütern zu bekämpfen.

Ich freue mich sehr, dass die EU eine so wichtige zukunftsweisende Initiative durch ihr Erasmus+-Programm unterstützen kann, und bin mir sicher, dass diese Broschüre sowohl bei Fachleuten für Kulturerbe wie der Geoinformation auf großes Interesse stoßen wird.

Glenn Micallef

EU-Kommissar für Generationen-
gerechtigkeit, Jugend, Kultur und Sport

„...es ist schwer vorstellbar, wie die Herausforderungen einer wirksamen Erhaltung und Verwaltung von Stätten in Zeiten des Klimawandels, des Massentourismus und zunehmender Umweltgefahren ohne die vollständige Integration von Fernerkundungskapazitäten in der EU-weiten Praxis des Kulturerbe-Erhalts bewältigt werden sollen. [1]“



SATCULT

Wie Kulturerbe-Einrichtungen von Satellitendaten profitieren können

Die vielfältigen Möglichkeiten der Nutzung von Satellitenbildern sind im Bereich des Kulturerbes noch nicht angekommen. Das europäische Projekt **"SATCULT – Vocational Training Closing the Knowledge Gap on Satellite-based Services for Cultural Heritage Preservation"** möchte dies ändern, da es vor allem an qualifiziertem Personal mangelt, das Satellitenbilder auswerten und in Schutzmaßnahmen umsetzen kann. Im Rahmen von **SATCULT** bereiten drei europäische Institutionen innovative Berufsbildungsprogramme für die Nutzung von Satellitendaten zum Schutz des europäischen Kulturerbes vor. Fachwissen in den Bereichen Kulturgüterschutz und Geoinformationsdaten wird gebündelt, um den Herausforderungen durch den Klimawandel, den illegalen Handel mit Kulturgütern und Kriegszerstörungen zu begegnen.

Das **SATCULT**-Team hat **12 Gute Praxisbeispiele** zusammengestellt, die zeigen, welche Möglichkeiten es gibt. Dabei werden Projekte und Initiativen vorgestellt, die einerseits belegen, wie Satellitendaten präventiv genutzt werden können. Andererseits zeigen sie auch, wie Erdbeobachtung und Satellitendaten als wirksame Instrumente für die Schadensbewertung, Restaurierung und Wiederherstellung eingesetzt werden können.

In einem zweiten Schritt werden die **Qualifizierungsbedarfe im Bereich des Kulturerbes sowie im Bereich der Geoinformation** erfasst und Lerninhalte definiert. Der dritte Schritt besteht darin, einen **Pool europäischer Expert*innen** zu schaffen, die Kulturerbe-Einrichtungen bei ihren Schutzbemühungen unterstützen können.

Der **interdisziplinäre Ansatz** zielt darauf ab, gemeinsame praktische Anwendungen zu erleichtern: Expert*innen für Kulturerbe und Geoinformationsspezialist*innen werden dazu ermutigt, auf eine Weise zusammenzuarbeiten, die bisher auf ausgewählte Forschungsprojekte beschränkt war. Eine **„gemeinsame Sprache“** zu finden, ist eine der größten Herausforderungen. Das Ziel von **SATCULT** ist es, die entsprechenden **Qualifikationsanforderungen zu erfassen und in Ausbildungsinhalte umzusetzen.**

Karin Drda-Kühn
SATCULT-Koordinatorin

[1] Bonora et al. 2020. "Report on the user requirements in the Copernicus domain to support Cultural Heritage management, conservation and protection", Seite 49.

Aktueller Stand aus Sicht des Klimawandels



Der Klimawandel stellt eine erhebliche Bedrohung für alle Formen des Kulturerbes dar, von renommierten Welterbestätten bis hin zu kleinen Landkapellen, Industrieerbstätten und historischen Gärten. Die Gefahren gehen von extremen Wetterereignissen wie starken Niederschlägen, anhaltenden Hitzewellen, Dürren, starken Winden und steigenden Meeresspiegeln aus. Diese Ereignisse, die laut dem 'Zwischenstaatlichen Ausschuss für Klimawandel' der EU-Kommission voraussichtlich häufiger und intensiver auftreten werden, führen zu unmittelbaren Folgen wie Überschwemmungen, Waldbränden und Erosion, die sich auf das materielle und immaterielle Kulturerbe in ganz Europa auswirken.

Neben katastrophalen Ereignissen stellen auch allmähliche Klimaveränderungen eine Bedrohung dar. Kontinuierliche Temperaturanstiege, Schwankungen der Luftfeuchtigkeit und Frost-Tau-Zyklen führen zu einer Verschlechterung und sogar zur Zerstörung von Materialien, was häufigere Restaurierungs- und Konservierungsmaßnahmen erforderlich macht.

Um diesen Herausforderungen zu begegnen, **muss die Kulturerbe-Gemeinschaft fortschrittliche Technologien nutzen.** Derzeit werden Erdbeobachtungsinstrumente und Satellitenbilder beim Schutz des Kulturerbes vor dem Klimawandel nur unzureichend genutzt. Es besteht ein dringender Bedarf für den Kulturerbe-Sektor, einen besseren Zugang zu diesen Technologien zu erhalten. Durch die Nutzung von Daten aus Satellitenmessungen und -überwachung in Kombination mit Werkzeugen wie Künstlicher Intelligenz und Hochleistungsrechnern kann die Kulturerbe-Gemeinschaft **durch koordinierte internationale Bemühungen kostengünstige, nutzerorientierte Lösungen entwickeln.**

Das Erasmus+ Projekt **SATCULT** befasst sich direkt mit den dringenden Herausforderungen, die im EU OMK-Bericht „Strengthening cultural heritage resilience for climate change“ [2] dargelegt sind. Als Reaktion auf die dokumentierten Bedürfnisse des Kulturerbe-Sektors zielt das Projekt darauf ab, das Potenzial von Erdbeobachtungstechnologien für den Schutz des Kulturerbes zu erschließen. Durch die Kommunikation innovativer Anwendungen von Satellitendaten und fortschrittlichen digitalen Werkzeugen wird das **SATCULT-Projekt die Kulturerbe-Gemeinschaft mit modernsten Lösungen unterstützen.** Dieses von der EU finanzierte Projekt leistet damit einen wesentlichen Beitrag zum nachhaltigen Erhalt des Kulturerbes angesichts des sich beschleunigenden Klimawandels.

Johanna Leissner

Vorsitzende der OMC-Expertengruppe der EU Mitgliedsstaaten “Strengthening cultural heritage resilience for climate change”

[2] European Commission: Directorate-General for Education, Youth, Sport and Culture. (2022). Strengthening cultural heritage resilience for climate change: where the European Green Deal meets cultural heritage. Publications Office of the European Union.

Satellitenfernerkundung für das Kulturerbe: Von der globalen Beobachtung zum lokalen Handeln



In den letzten Jahrzehnten hat der Einsatz von Satelliten zur Erdbeobachtung die Art und Weise, wie wir unser Kulturerbe erforschen, schützen und fördern, grundlegend verändert. Eine Technologie, die ursprünglich aus Wissenschaft und Militär stammt, ist heute **ein unverzichtbares Werkzeug für Archäolog*innen, Konservator*innen und Kulturinstitutionen** geworden. Sie bietet neue Einblicke aus dem Weltraum, mit denen die Vergangenheit auf diskrete, aber wirkungsvolle Weise untersucht werden kann. Von der **Identifizierung versteckter archäologischer Stätten** bis hin zur **Überwachung gefährdeter Denkmäler** und der **Auswirkungen des Klimawandels** etabliert sich die Fernerkundung als strategisches Instrument zum Schutz des Kulturerbes.

Eines der auffälligsten Merkmale der Satellitenbeobachtung ist ihre Fähigkeit, große Landflächen regelmäßig zu analysieren, unabhängig von politischen Grenzen oder Zugangsschwierigkeiten. Dies hat es ermöglicht, **Zerstörungen und Plünderungen in Kriegsgebieten objektiv zu dokumentieren**. Während des Krieges in Syrien beispielsweise zeigten Satellitenbilder eindeutig die Zerstörung der römischen Stätte Apamea und des Bel-Tempels in Palmyra und machten so Schäden sichtbar, die sonst unsichtbar geblieben wären.

Der Beitrag der Fernerkundung beschränkt sich jedoch nicht nur auf Notfälle. Auch in Friedenszeiten **ermöglichen Satellitentechnologien eine kontinuierliche, nicht-invasive Überwachung des Kulturerbes**. Ein bemerkenswertes Praxisbeispiel ist das SyPEAH-Projekt, das 2023 von der italienischen Weltraumagentur in Zusammenarbeit mit dem Archäologischen Park des Kolosseums in Rom ins Leben gerufen wurde. Es nutzt Radardaten der COSMO-SkyMed-Konstellation, um mögliche strukturelle Senkungen des römischen Amphitheaters zu überwachen. Ähnliche Beobachtungen werden derzeit in ganz Europa und im Mittelmeerraum durchgeführt, wo Daten der Sentinel-Satelliten des europäischen Copernicus-Programms genutzt werden, **um Umweltveränderungen zu bewerten, die Denkmäler, Kulturlandschaften und archäologische Stätten gefährden könnten**.

Der Klimawandel ist eine der größten – und oft kaum registrierten – Bedrohungen für das Kulturerbe. Küstenerosion, steigende Meeresspiegel, extreme Wetterereignisse und fortschreitende Wüstenbildung fordern bereits ihren Tribut von historischen Stätten im gesamten Mittelmeerraum. Studien aus Libyen, Ägypten und Italien zeigen, wie ganze Abschnitte historischer Küstenlinien gefährdet sind und wie antike Monumente aufgrund immer schnellerer Umweltveränderungen unter Eindringen von Wasser, strukturellem Verfall und Verformungen leiden. Dank Satellitenbildern können diese **Phänomene frühzeitig erkannt, analysiert und angegangen werden, sodass rechtzeitig Maßnahmen zum Schutz** ergriffen werden können.



Schließlich gibt es Beispiele dafür, wie **Beobachtungen aus dem Weltraum zu echten archäologischen Entdeckungen** führten. In Ägypten, Syrien und in jüngerer Zeit auch in Italien und Griechenland hat die Analyse von Multispektral- und Radarbildern die Identifizierung von verborgenen Bauwerken, vergessenen Straßen und Spuren alter Siedlungen ermöglicht, die oft unzugänglich oder unbekannt waren. Innovative Projekte erforschen derzeit den Einsatz künstlicher Intelligenz zur Automatisierung dieser Forschung und eröffnen damit neue Horizonte für das historische Wissen. Insgesamt ist die **Satellitenfernerkundung eine grundlegende Ressource für die Bewältigung der aktuellen Herausforderungen im Bereich der Denkmalpflege**: Sie hilft uns, Verborgenes zu entdecken, Fragiles zu überwachen und zu verhindern, was verloren gehen könnte. Sie ist ein Werkzeug, das uns nicht nur ermöglicht, die Vergangenheit zu sehen, sondern auch dabei hilft, sie für die Zukunft zu bewahren.

Um das Potenzial dieser Technologien jedoch voll auszuschöpfen, ist ihre **Integration in nationale und internationale Strategien zum Schutz des Kulturerbes unerlässlich**. Dies erfordert nicht nur technologische Investitionen, sondern auch **interdisziplinäre Zusammenarbeit, Kapazitätsaufbau und die Entwicklung von Open-Data-Richtlinien, die Zugänglichkeit und Transparenz fördern**. Auf diese Weise kann die Satellitenfernerkundung von einem vielversprechenden Instrument zu einer **Standardpraxis im nachhaltigen Management des Kulturerbes** werden.

Nicodemo Abate

Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR)

Chancen der Erdbeobachtung für das Kulturerbe: Forschung und Management



Die Erdbeobachtung hat sich zu einem leistungsstarken Instrument für die Dokumentation, Überwachung und Erhaltung des kulturellen Erbes entwickelt und dient sowohl der wissenschaftlichen Forschung als auch dem Kulturerbe-Management. Die zunehmende Verfügbarkeit hochauflösender Satellitenbilder, häufige Wiederholungszyklen und fortschrittliche Fernerkundungstechniken ermöglichen öffentlichen und privaten Akteur*innen im Bereich der Denkmalpflege den Zugriff auf zeitnahe, großflächige und nicht-invasive Daten. Diese Möglichkeiten **unterstützen fundierte Entscheidungen, langfristige Überwachung und den Schutz von Kulturgütern mit weltweiter Abdeckung.**

1. Dokumentation und Kartierung von Kulturerbe-Stätten

- Hochauflösende Bilder ermöglichen die genaue Kartierung archäologischer und kultureller Stätten.
- Erdbeobachtung erleichtert die Entdeckung von undokumentierten oder verborgenen Kulturerbegütern durch spektrale und zeitliche Analysen in Verbindung mit der Anwendung von Fernerkundungsalgorithmen und seit kurzem auch mit der Anwendung künstlicher Intelligenz.
- Hilfe bei der Untersuchung und Überwachung von Kulturgütern in abgelegenen oder politisch sensiblen Regionen.

2. Überwachung natürlicher Gefahren

- Erdbeobachtung unterstützt die langfristige Überwachung von Naturgefahren (z. B. Überschwemmungen, Erosion, übermäßiges Pflanzenwachstum), die Kulturerbestätten bedrohen.
- ...erkennt klimabedingte Risiken wie Wüstenbildung, Anstieg des Meeresspiegels und sich verändernde Vegetationsmuster.
- ...ermöglicht Risikobewertung und adaptive Managementstrategien durch kontinuierliche zeitliche Daten.

3. Erkennung vom menschen-verursachten Bedrohungen

- Identifizierung illegaler Ausgrabungen, Plünderungen oder Vandalismus durch Änderungserkennung und KI-gesteuerte Algorithmen sowie visuelle Analyse.
- Überwachung der Zersiedelung, der Infrastrukturentwicklung oder der Ausbreitung von Landwirtschaft und Wohnbebauung in geschützten Kulturerbe-Gebieten.
- Unterstützung der Durchsetzung und Politikgestaltung durch räumliche Belege für die Verschlechterung von Standorten.



4. Unterstützung für Restaurierung und Konservierung

- Erstellung von Vorher-Nachher-Ansichten zur Bewertung der Auswirkungen von Restaurierungsmaßnahmen.
- Planungsunterstützung durch Bereitstellung topografischer und ökologischer Kontextinformationen als Grundlage für Erhaltungsstrategien.

5. Politikentwicklung und internationale Zusammenarbeit

- Unterstützung internationaler und nationaler Denkmalschutzbehörden und -organisationen bei der Bewertung des Erhaltungszustands von Stätten.
- Lieferung evidenzbasierter Beiträge zu Kulturerbe-Folgenabschätzungen, Verbesserung grenzüberschreitender Zusammenarbeit bei transnationalen Kulturlandschaften und Überwachung von Konfliktgebieten.

6. Chancen durch Erdbeobachtung: Karrieremöglichkeiten

- **Fernerkundungsspezialist*in** für Denkmalschutzbehörden, Forschungsinstitute, Hochschulen oder internationale Organisationen (z. B. UNESCO, ICOMOS).
- **GIS-Analyst*in**, der/die sich mit räumlicher Dokumentation und Kartierung befasst.
- **Datenwissenschaftler*in**, der/die KI-Modelle entwickelt, um Veränderungen und Dynamiken anhand von Daten zu erkennen und zu überwachen.
- **Risikoanalyst*in**, der/die Satellitenbilder zur Bewertung von Gefahren (natürlicher und vom Menschen verursachter) nutzt.
- **Ersthelfer-Expert*in** für Erdbeobachtungsanalysen zur Katastrophenvorsorge.
- **Politische/r Berater*in**, z. B. für Strategien zum Schutz des Kulturerbes auf der Grundlage von Erdbeobachtungsdaten für Regierungs- oder NGO-Programme.

7. Chancen durch Erdbeobachtung: Wirtschaftliche Möglichkeiten

- Start-ups im Bereich Kulturerbe-Technologien, die erdbeobachtungsbasiert Überwachungsinstrumente für Manager*innen, Versicherungsgesellschaften oder Kulturerbe-Einrichtungen anbieten.
- Dienstleistungsunternehmen, die maßgeschneiderte Lösungen zur Änderungserkennung oder Standortkartierung für Kund*innen aus dem Bereich Kulturerbe entwickeln.
- Bildungseinrichtungen, die Kurse zur Verwendung von Erdbeobachtungstools (z. B. Google Earth Engine, Sentinel Hub) für Archäolog*innen und Konservator*innen entwickeln.
- Softwareentwicklung mit Schwerpunkt auf Apps oder Plattformen, die Erdbeobachtungsdaten für virtuelle Kulturerbe-Touren, 3D-Rekonstruktionen oder Standortmanagement integrieren.
- Beratungsunternehmen, die mit Hilfe von Erdbeobachtungsanalysen die Auswirkungen auf das Kulturerbe analysieren und Lebenszyklusbewertungen für die Infrastrukturentwicklung unterstützen.

Dante Abate

Eratosthenes Centre of Excellence

SATCULT: interdisziplinäre Expertise in Konsortium und Beirat



media k GmbH ist ein deutsches Sozialunternehmen, das seit mehr als 25 Jahren als Wegbereiter, Vermittler und Dienstleister im Bereich des Kulturerbe-Schutzes und der Entwicklung entsprechender Schulungen tätig ist:
<https://www.media-k.eu/>

Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) – Istituto di Scienze del Patrimonio Culturale (ISPC – Institute of Heritage Sciences) ist das italienische Zentrum des CNR für *Forschung, Innovation, Ausbildung und Technologietransfer* im Bereich des Kulturerbes:
<https://www.ispc.cnr.it/en/>.



ERATOSTHENES Centre of Excellence (ECoE) ist ein multidisziplinäres Forschungs- und Innovationszentrum mit Sitz in Limassol, Zypern. Es ist spezialisiert auf Erdbeobachtung, weltraumgestützte Überwachung und damit verbundene digitale Lösungen, die modernste Technik nutzen:
<https://eratosthenes.org.cy/>

Zusätzliche Fachkompetenz aus Deutschland, Italien und Zypern ergänzt der Beirat des **SATCULT**-Teams:

1. **Patricia Alberth** ist Direktorin der Staatlichen Schlösser und Gärten Baden-Württemberg / Deutschland.
2. **Daniele Gardiol** ist Astronom und Forscher am INAF – Istituto Nazionale di Astrofisica in Turin / Italien.
3. **Margherita Sani** ist Projektkoordinatorin bei NEMO, dem Network of European Museum Organisations / Italien.
4. **Chrysanthos Pissarides** ist Präsident der zyprischen Sektion von ICOMOS.

Expertenmeinungen



WARUM SIND ERDBEOBACHTUNG UND SATELLITENDATEN FÜR DEN SCHUTZ DES KULTurerbes WICHTIG, UND WAS KÖNNEN DIESE TECHNOLOGIEN BIETEN?



**Patricia Alberth, Direktorin
Schlösser und Gärten Baden-
Württemberg**

“Erdbeobachtung und Satellitendaten sind nicht nur technologische Werkzeuge – sie können strategische Verbündete bei der langfristigen Bewahrung unserer Kulturschätze sein. ”

Patricia Alberth

“Erdbeobachtung und Satellitendaten sind für den globalen Kulturgüterschutz nicht nur wichtig sondern essenziell. Diese Technologien liefern schnell und großflächig die aktuellen Daten, die wir brauchen, um uns weltweit ein Bild vom Zustand der Kulturerbestätten zu verschaffen, Risiken für deren Bestand zu identifizieren und geeignete Schutzmaßnahmen abzuleiten. ”

Benjamin Ducke



**Dr. Benjamin Ducke, IT-Direktor
Zentrale Wissenschaftliche
Dienste (ZWD)/IT Deutsches
Archäologisches Institut (DAI)
Zentrale Berlin**



**Constanze Fuhrmann, M.A., MSc.
Deutsche Bundesstiftung Umwelt,
Leiterin der Abteilung Umwelt und
Kulturelles Erbe, CEE-
Stipendienprogramm**

“Satellitentechnologie ermöglicht eine präzise Überwachung der Klimabedrohungen für das kulturelle Erbe und datenbasierte Erhaltungsstrategien. Sie verwandelt traditionelle Bewahrung in proaktiven, datenbasierten Schutz und treibt gleichzeitig innovative Entwicklungen in der digitalen Kulturerbeforschung voran. ”

Constanze Fuhrmann

“Erdbeobachtung und Satellitendaten sind wichtige Hilfsmittel für den Schutz unseres kulturellen Erbes. Sie können relativ einfach weltweit Veränderungen und Gefährdungen wie z.B. langfristig durch den Klimawandel oder auch rasch in kriegerischen Auseinandersetzungen oder Katastrophen sichtbar machen. Eine weitere Chance bieten neuartige Erdbeobachtungsmissionen bei der Entdeckung bisher unbekannter archäologischer Stätten unter Wasser, in Regenwäldern oder auch in Trockengebieten. ”

Thomas Krauß



**Thomas Krauß, Deutsches
Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- Institut für Methodik der
Fernerkundung**

Expertenmeinungen



**Dr. Johanna Leissner, OMK-
Expertengruppe der EU Mitglieds-
staaten "Strengthening cultural
heritage resilience for climate
change"**

“Der Klimawandel hat tiefgreifende Auswirkungen auf das kulturelle Erbe. Satellitentechnologie wird unverzichtbar sein, um die Herausforderungen beim Schutz unseres Erbes zu bewältigen.”

Johanna Leissner

“Satellitendaten bieten ungeahnte Möglichkeiten und bestimmen nahezu alle Bereiche unseres Lebens, insofern ist es höchste Zeit, sie auch zielgerichtet und systematisch für die Bewahrung des kulturellen Erbes einzusetzen. Die von der Natur wie vom Menschen verursachten Gefährdungen sind vielfältig und werden immer bedrohlicher: Klimawandel, Krieg und Zerstörung, illegale Ausgrabungen und vieles mehr. Wenn wir unser kulturelles Erbe auf Dauer schützen wollen, ist ein kontinuierliches Monitoring mit Hilfe von Satellitenaufnahmen unerlässlich.”

Hermann Parzinger



**Prof. Dr. Hermann Parzinger,
Executive President von Europa
Nostra, Präsident a.D. Stiftung
Preußischer Kulturbesitz**



**Dr. Mechthild Rössler, Geographin
und Direktorin des UNESCO
Welterbezentrums 2015-2021**

“Als Direktorin des UNESCO Welterbezentrums wurden Satellitenfotos und -daten für mich unabdingbar, da einige Welterbestätten nicht mehr zugänglich waren aufgrund von Kriegen und Konflikten, aber auch anderen Katastrophen, wie extremen Wetterbedingungen und Erdbeben. Wir waren in der Lage, eine schnelle Analyse der Situation vor Ort durchzuführen und den Kollegen in der Region und Verantwortlichen in den Stätten gezielte Hilfe zu leisten.”

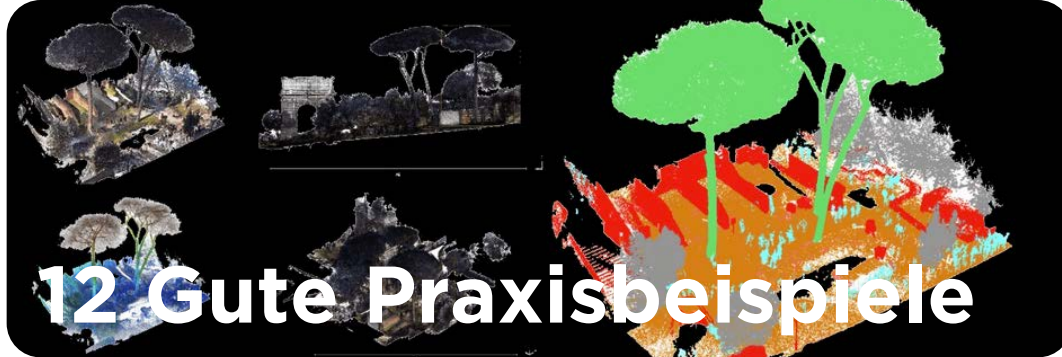
Mechthild Rössler

“Veränderungen, die durch den Klimawandel, die Urbanisierung oder Umweltprobleme verursacht werden, vollziehen sich oft langsam, sodass ihre Auswirkungen auf das Kulturerbe für das menschliche Auge kaum sichtbar sind. „Das Unsichtbare sichtbar machen“ – das ist das einzigartige Potenzial der Erdbeobachtung mit dem „Blick von oben“: multitemporal, multiskalig und multispektral.”

Alexander Siegmund



**Prof. Dr. Alexander Siegmund,
Professor für Physische
Geographie, Pädagogische
Hochschule Heidelberg und
Universität Heidelberg**



SPACE TO TREE: ERDBEWACHUNGSBASIERTES MONITORING VON PARKS AM BEISPIEL DES ARCHÄOLOGISCHEN PARKS KOLOSSEUM



Organisation

Digimat s.r.l., Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di Scienze del Patrimonio Culturale & Istituto di Metodologie per l'Analisi Ambientale



Land der Anwendung

Italien

Art der Organisation

Forschungsinstitut



Verantwortlich

Nicola Masini



Beschreibung

Das Praxisbeispiel bietet einen klimafreundlichen, skalierbaren Ansatz für die Verwaltung historischer städtischer Grünflächen wie dem Archäologischen Park Kolosseum in Rom. Es integriert Technologien aus der Erdbeobachtung, IoT und KI, um die Vegetationsgesundheit zu überwachen und frühe Anzeichen von Klimastress zu erkennen. Sentinel-2-Daten, die mit Google Earth Engine verarbeitet werden, ermöglichen NDVI-Analysen, während maschinelles Lernen phänologische Veränderungen auf Pixelebene identifiziert. Drohnenbilder, GPR und Wärmesensoren verbessern die mehrstufige Überwachung. Echtzeit-IoT-Sensoren und 5G-Telemetrie ermöglichen eine kontinuierliche biodynamische Datenerfassung. Die Ergebnisse werden über ein interoperables WebGIS geteilt, was zeitnahe Entscheidungen und Forschung unterstützt. Das System ist Open Source, nicht-invasiv, kostengünstig und entspricht den UNESCO-Richtlinien. Es fördert nachhaltiges Kulturerbemanagement und Bürgerbeteiligung.



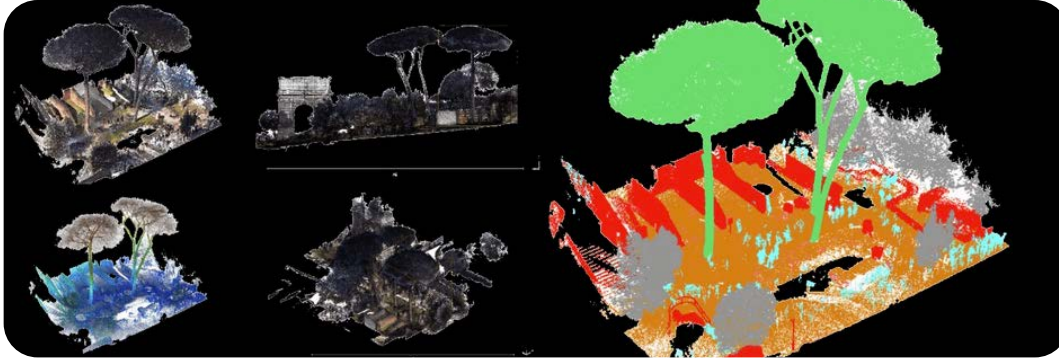
Erforderliche Qualifikationen

Fernerkundung und Erdbeobachtung; Google Earth Engine (GEE); Maschinelles Lernen für die Fernerkundung; WebGIS und Plattformentwicklung; IoT und Umweltsensornetzwerke; Datenanalyse und Datenintegration. Alle erforderlichen Fähigkeiten waren bei den Projektbeteiligten bereits vorhanden.



Vorteile und Auswirkungen

Das Projekt hat sich im Archäologischen Park Kolosseum bewährt. Es unterstützt die Planung und Pflege des Baumbestands und wertet gleichzeitig das historische Landschaftsbild auf. Durch die frühzeitige Erkennung klimabedingter Risiken reduziert es den Bedarf an kostspieligen Notfallmaßnahmen und unterstützt eine gezielte, zeitnahe Wiederherstellung. Die Integration von Satelliten- und Nahbereichsdaten ermöglicht eine genaue, nicht-invasive Überwachung der Vegetationsgesundheit, ideal für komplexe Umgebungen, in denen Natur- und Kulturerbe aufeinandertreffen. Die Plattform wurde in Zusammenarbeit zwischen CNR-ISPC, CNR-IMAA, Digimat und ESA entwickelt und bietet eine skalierbare, multidisziplinäre Lösung. Sie wird derzeit im Kolosseum Park zur Verwaltung von Grünflächen und zur Bewertung von Umweltrisiken eingesetzt.



Vorteile:

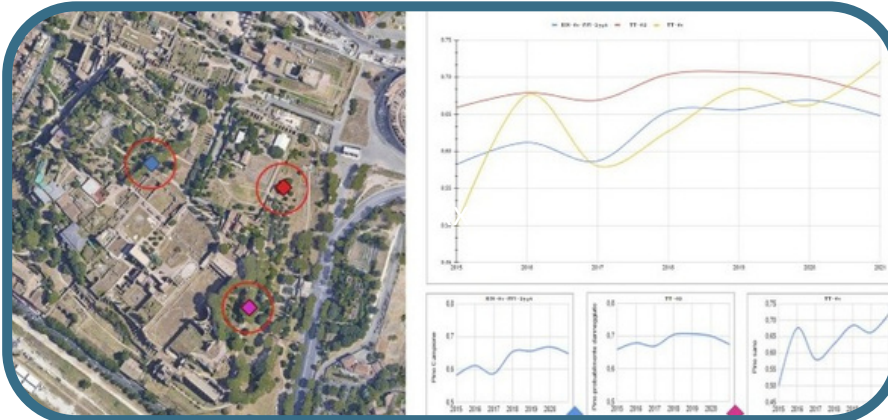
- Geringere Kosten für Notfallmaßnahmen,
- Geringere laufende Verwaltungskosten, wobei vorbeugende Instandhaltung eine grundlegende Voraussetzung für eine nachhaltige Erhaltung ist,
- Verbesserung des Zugangs zu Wissen.

Darüber hinaus wird eine zeitnahe, gezielte Restaurierung erleichtert. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das S23-Projekt im Archäologischen Park des Kolosseums zeigt, wie die Integration innovativer Überwachungstechnologien mit präventiven Konservierungsstrategien nachhaltige, kostengünstige und gesellschaftlich wertvolle Lösungen für den Schutz gefährdeter Kulturlandschaften liefern kann.



Übertragbarkeit auf andere Kulturerbestätten und -organisa- tionen

Das Projekt „Space to Tree“ wurde als Modell konzipiert, das entsprechend den unterschiedlichen Anforderungen anderer Kultur- und Naturstätten erneut angewendet, skaliert und modifiziert werden kann. Seine modulare Struktur ermöglicht eine einfache Anpassung an unterschiedliche Umwelt- und Kulturkontexte und unterstützt sowohl großflächiges als auch standortspezifisches Monitoring. Die Beteiligung öffentlicher Forschungseinrichtungen und der ESA gewährleistet wissenschaftliche Robustheit, während der Erfolg im Kolosseum Park praktischen Wert und Reproduzierbarkeit beweist.



*Satellitengestützte
Zeitreihenanalyse von
Vegetationsgesundheits-
indikatoren für ausge-
wählte monumentale
Bäume im Archäolo-
gischen Park des
Kolosseums*



Mehr



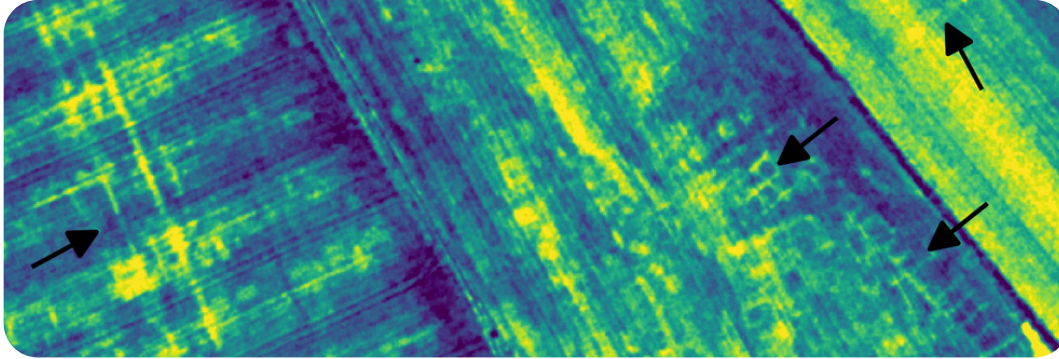
N. Masini et al. From Space to Tree: multisensor and multiscale remote sensing based approach for monitoring monumental trees. The case of archaeological park of Colosseum in Rome. Preliminary results. IMeko TC4 International Conference on Metrology for Archaeology and Cultural Heritage, 2023. <https://doi.org/10.21014/tc4-ARC-2023.035>

Kontakt

nicola.masini@cnr.it

Picture Credits

Die Bilder wurden im Rahmen des Space to Tree-Projekts als Teil der Projektergebnisse von Digimat srl und CNR – ISPC, CNR – IMAA erstellt.



ERHALTUNG DES KULTURERBES VON AQUILEIA UND SEINER UMGEBUNG



Organisation Istituto Italiano di Tecnologia Genua / Italien



Land der Anwendung Italien

Art der Organisation Forschungsinstitut



Verantwortlich Arianna Traviglia



Beschreibung

Diese Praxisbeispiel entstand aus der Notwendigkeit heraus, die archäologische Landschaft in einem sich rasch wandelnden Gebiet besser zu verstehen und zu verwalten. Angesichts des zunehmenden Drucks durch die Ausdehnung der Städte und Veränderungen in der Landnutzung wurde es unerlässlich, eine Methode zu entwickeln, die sowohl die archäologische Forschung als auch den Erhalt des Kulturerbes unterstützt. Das vorrangige Ziel bestand darin, die archäologische Spurenkarte innerhalb des Gebiets zu erweitern, wobei der Schwerpunkt auf der Verbesserung des Verständnisses der Wechselwirkungen zwischen Mensch und Umwelt in der Vergangenheit und der Förderung nachhaltiger Entscheidungen zur Landnutzung lag. Die Praxis wurde von drei miteinander verbundenen Zielen geleitet:

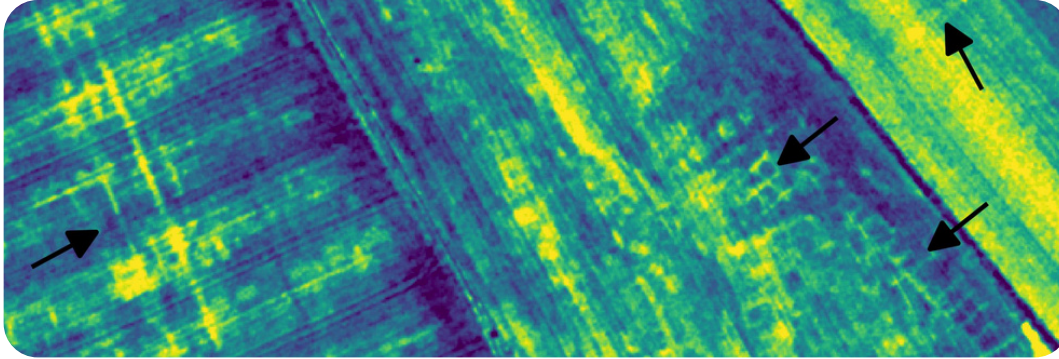
- (1) Verbesserung der Untersuchung der Landschaftsentwicklung durch eine diachrone Perspektive,
- (2) Erstellung einer umfassenden Karte der unterirdischen und oberirdischen Merkmale zur Unterstützung der archäologischen Forschung,
- (3) als praktisches Instrument für den Schutz des Kulturerbes im Rahmen der Landnutzungsplanung zu dienen.

Dazu genutzt wurden Datensätze aus dem Copernicus-Programm, insbesondere multispektrale Sentinel-2-Bilder, auf die über den Copernicus Open Access Hub und Google Earth Engine zugegriffen werden kann, sowie hyperspektrale PRISMA-Satellitendaten aus dem ASI-Portal. Historische Luftbilder wurden vom regionalen Kartografie-Server bezogen und direkt aus den Archiven der Region Friaul-Julisch Venetien angefordert.



Erforderliche Qualifikationen

Die Arbeit erfordert eine Kombination aus technischen, analytischen und interdisziplinären Fähigkeiten, darunter Fernerkundung und GIS-Analyse, Bildverarbeitung, archäologische und Landschaftsanalyse, maschinelles Lernen, Projektmanagement und effektive interdisziplinäre Kommunikation.



Vorteile und Auswirkungen

Die Integration von KI-gestützten Fernerkundungstechnologien bietet erhebliche Vorteile für Kulturgüter, da sie die Erkennung, Überwachung und Erhaltung verbessern. Die automatisierte Analyse durch maschinelles Lernen beschleunigt die Identifizierung archäologischer Merkmale, einschließlich verborgener Strukturen und früherer Landschaftsveränderungen, und verringert die Abhängigkeit von zeitaufwändiger manueller Interpretation. Die Verwendung multimodaler Datenfusion, die Satellitenbilder, historische Karten und hyperspektrale Daten kombiniert, ermöglicht ein umfassenderes Verständnis der Entwicklung einer Stätte und verbessert historische Rekonstruktionen und Konservierungsstrategien.

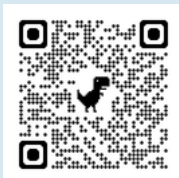


Übertragbarkeit auf andere Kulturerbestätten und -organisationen

Es besteht ein erhebliches Potenzial für die Übertragung dieses Praxisbeispiels auf andere Kulturerbe-Organisationen, insbesondere in Gebieten mit ähnlichen Umweltmerkmalen, wie beispielsweise Agrarlandschaften, Feuchtgebieten und Regionen, die saisonalen Veränderungen unterliegen. Der Einsatz von KI-gestützten Fernerkundungstechnologien zur Erkennung und Überwachung archäologischer Merkmale ist äußerst anpassungsfähig und kann in unterschiedlichen Umgebungen angewendet werden, solange die lokalen Umwelt- und Landschaftsbedingungen Ähnlichkeiten aufweisen.



Mehr



<https://doi.org/10.3390/geosciences7040128>
<https://doi.org/10.36227/techrxiv.172833109.92524193/v1>

Kontakt

arianna.traviglia@iit.it

Bildnachweis

© Zentrum für Kulturerbe-Technologie, Istituto Italiano di Tecnologia



GEFAHREXPOSITIONSKARTE FÜR DAS KULTURELLE ERBE VON MUSEEN UND DENKMÄLERN IN PORTUGAL



Organisation

Museus e Monumentos de Portugal – Museen und Denkmäler Portugals (EPE, Staatliches Wirtschaftsunternehmen)



Land der Anwendung

Portugal

Organisation

Kulturerbe-bezogene öffentliche Einrichtung



Verantwortlich

Esmeralda Paupério



Beschreibung

Im Zusammenhang mit dem Risikomanagement für Kulturgüter bieten Satellitendaten Anwendungsmöglichkeiten sowohl für die Untermauerung von Gefahren- und Risikomodellen als auch für Echtzeit-Risikoreaktionen. Dies ist besonders wertvoll für den Schutz von Kulturgütern, da die Integration von Gefahrenkarten mit Standortdaten von Kulturgütern eine schnelle Identifizierung gefährdeter Sehenswürdigkeiten und gezielte Maßnahmen ermöglicht. In diesem Praxisbeispiel nutzt beispielsweise das Niederschlagsgefahrenmodell den Datensatz „Global Precipitation EXtremes“ (GPEX), der hochauflösende satellitengestützte Schätzungen nutzt und diese mit Reanalyse-Daten und Messdaten aus dem Datensatz „Multi-Source Weighted-Ensemble Precipitation“ (MSWEP) zusammenführt, um eine umfassende räumliche Abdeckung und verfeinerte Bewertungen von Extremereignissen zu gewährleisten. In ähnlicher Weise wird die Modellierung von Windgefahren durch die Copernicus European Regional ReAnalysis (CERRA) unterstützt, bei der atmosphärische Reanalysen historische Beobachtungen – einschließlich Satellitendaten – mit Kurzfristprognosen kombinieren, um ein physikalisch konsistentes Bild des vergangenen Wetters zu erstellen. Auf der anderen Seite nutzt der Copernicus Emergency Management Service (CEMS) hochauflösende Satellitenbilder und Geodaten für das Echtzeit-Katastrophenmanagement bei Gefahren wie Überschwemmungen und Waldbränden und ermöglicht so eine schnelle Bewertung der betroffenen Gebiete und koordinierte Notfallmaßnahmen zum Schutz des Kulturerbes und der Bevölkerung.



Erforderliche Qualifikationen

Die erfolgreiche Umsetzung dieses Praxisbeispiels erfordert eine Kombination aus technischen, technologischen und fachspezifischen Kompetenzen. GIS-Fachwissen ist unerlässlich, um verschiedene räumliche Datenschichten präzise zu überlagern und zu analysieren. Ebenso wichtig ist ein tiefgreifendes Verständnis der natürlichen Phänomene, die Gefahren verursachen, um sicherzustellen, dass Risikobewertungen und Gefahrenkarten genau und relevant sind. Darüber hinaus gewährleistet die Einbeziehung von Erkenntnissen aus dem Bereich des Kulturerbes, dass kulturelle Werte geschützt werden, indem technische Analysen auf die spezifischen Anforderungen des Denkmalschutzes abgestimmt werden.



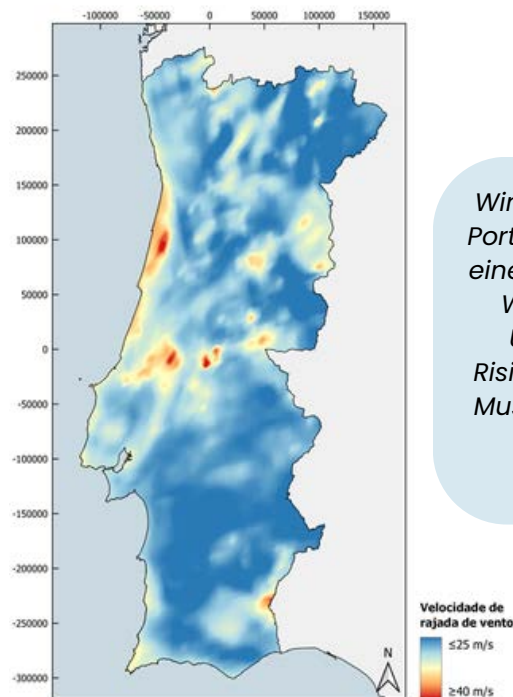
Vorteile und Auswirkungen

Die Nutzung von Satellitendaten für Risikomanagement im Bereich des kulturellen Erbes ist aufgrund ihrer Fähigkeit, konsistente, großflächige und hochauflösende Beobachtungen zu liefern, von großem Nutzen. Insbesondere unterstützt sie die Erstellung von Risikokarten und Vulnerabilitätsbewertungen und liefert wichtige Informationen für die Vorsorge- und Reaktionsplanung. Wichtig ist, dass sie die Dokumentation und Überwachung von Kulturerbestätten erleichtert und so zu deren langfristigem Schutz und zu fundierten Entscheidungen im Risikomanagement beiträgt.



Übertragbarkeit auf andere Kulturerbestätten und -organisationen

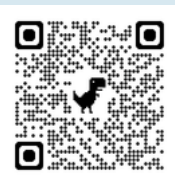
Das Transferpotenzial ist hoch, solange für eine bestimmte Region Gefahrenkarten verfügbar sind und das kulturelle Erbe geolokalisiert ist.



Windgefahrenkarte von Portugal, die Gebiete mit einem Risiko für extreme Windböen zeigt, zur Unterstützung des Risikomanagements für Museen und Denkmäler anhand von Satellitendaten.



Mehr



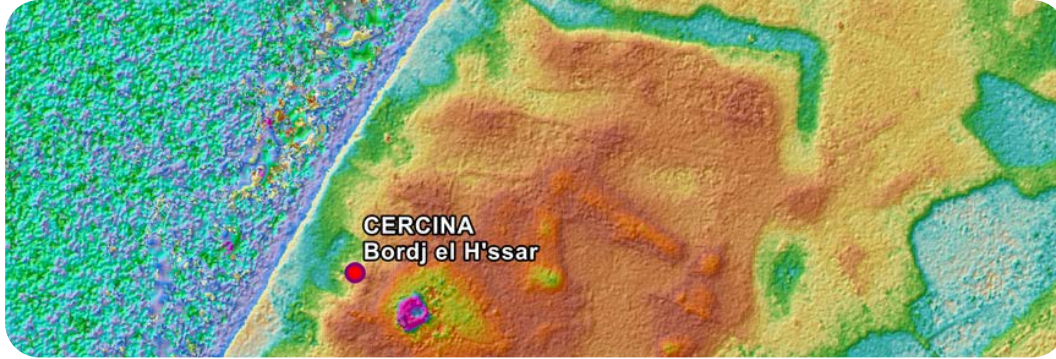
<https://www.museusemonumentos.pt>

Kontakt

esmeralda.pauperio@museusemonumentos.pt

Bildnachweis/e

© MMP, EPE



KERKENNAH INSEL PROJEKT



Organisation

Institut National du Patrimoine de Tunisie/CNRS, France



Land der Anwendung

Tunesien

Organisationen

Öffentliche Einrichtung
im Bereich Kulturerbe
(Ministerium, Tunesien)-
Französisches Zentrum
für wissenschaftliche
Forschung



Verantwortlich

Katia Schörle



Beschreibung

Ursprünglich konzipiert, um die Konservierung von Meersalz und dessen Verwendung auf den tunesischen Kerkennah-Inseln zu untersuchen, stieß das Projekt auf die dringende Herausforderung der Küstenerosion und den Erhalt von Kulturerbestätten angesichts des Klimawandels, während es Satellitenbilder zur genauen Georeferenzierung der Standorte verwendete. Mithilfe hochauflösender Pleiades-Satelliten-bilder (0,5 m) und fortschrittlicher Fernerkundungstechniken wurden im Rahmen des Projekts über einen Zeitraum von zehn Jahren (2012–2022) mikro-lokale Küstenerosionen entdeckt, überwacht und quantifiziert. Durch die Integration der präzisesten GIS-Methoden unter Verwendung des Digital Shoreline Analysis System (DSAS) für jeden Küstentyp und die Abstimmung der Berechnungen mit den GIS-Schutzmaßnahmen gegen den Anstieg des Meeresspiegels schätzt die Forschungsgruppe, dass bis 2100 bis zu einem Drittel der Stätte durch Erosion verloren gehen könnte. Diese Ergebnisse unterstreichen die dringende Notwendigkeit adaptiver Managementstrategien zur Minderung der Auswirkungen des Klimawandels auf das Kulturerbe und liefern wichtige Daten zur Unterstützung nachhaltiger Küstenschutzmaßnahmen.



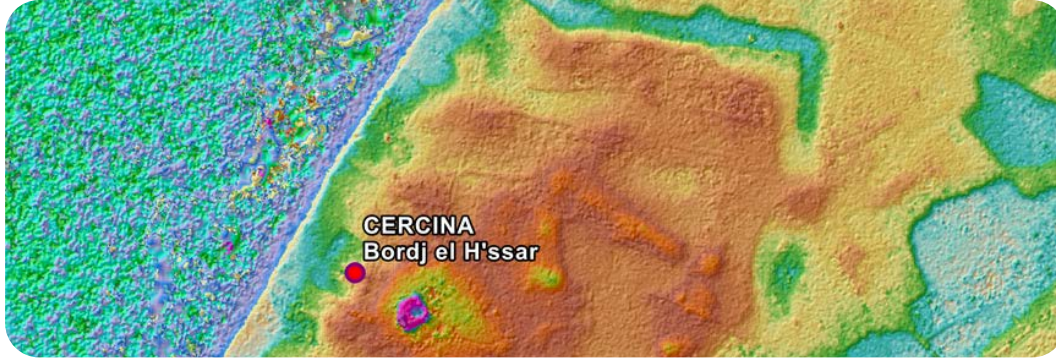
Erforderliche Qualifikationen

Die erforderlichen technischen Fähigkeiten waren in der Organisation zunächst nicht vorhanden. Die französische Weltraumagentur (CNES) und Techniker leisteten Unterstützung und halfen bei der Beschaffung der benötigten Werkzeuge.



Vorteile und Auswirkungen

Archäologische Aufzeichnungen können entsprechend den neuesten Erkenntnissen über die am stärksten gefährdeten Gebiete durchgeführt werden; es können Strategien zum Schutz der Stätte umgesetzt werden.



Übertragbarkeit auf andere Kulturerbestätten und -organisa- tionen

Sehr hoch: Diese Form der Arbeit sollte vorgeschrieben werden, und das Kerkennah-Projekt wurde so konzipiert, dass es als Praxisbeispiel auch anderswo umgesetzt werden kann.



Mehr



Veröffentlichung in Vorbereitung

Kontak

Katia.schorle@cnrs.fr

Bildnachweis/e

© CCJ, SFPT, AFRICAE, MNS Pléiades (2022), QGIS 2025. L. Diatta, K. Schorle, L. Lapiere



DIE FALLSTUDIE CHIROKOITIA: ÜBERWACHUNG VON KULTURELLEN DENKMÄLERN, DIE VON GEO-GEFAHREN BETROFFEN SIND, MIT HILFE VON IN-SITU- UND SYNTHETISCHEN APERTURRADAR DATEN (SAR)



Organisation

Eratosthenes Centre of Excellence (ECoE)



Land der Anwendung

Zypern

Organisation

Forschungsinstitut



Verantwortlich

Kyriacos Themistocleous



Beschreibung

Die neolithische Siedlung Choirokoitia (UNESCO-Weltkulturerbe) wurde untersucht, um Georisiken und Bodenverformungen zu überwachen. Der Standort wurde anhand von InSAR-Daten der COSMO-SkyMed-Konstellation analysiert, die mit Persistent Scatterer Interferometry (PSI) für eine millimetergenaue Bewegungserkennung verarbeitet wurden. Ergänzende Daten aus UAV Fotogrammetrie, GNSS und Totalstationen unterstützten die Analyse. Die Studie hatte folgende Ziele:

- 1) Erkennung und Überwachung von Georisiken am Standort,
- 2) Ermittlung langfristiger Bodenverformungstrends für die Naturschutzplanung,
- 3) Integration von Satelliten- (InSAR/PSI) und bodengestützten Daten zur Verbesserung der Überwachungsgenauigkeit,
- 4) Überwachung großflächiger Verformungen im Zeitverlauf mithilfe von Satellitenbeobachtungen,
- 5) Ergänzung hochauflösender 3D-Dokumentationen durch UAV-Bilder und Modellierungen.



Erforderliche Qualifikationen

Fachkenntnisse in InSAR-Datenverarbeitung, UAV-Betrieb, Photogrammetrie, GIS und geodätischen Messungen wie GNSS und Totalstationsvermessungen waren erforderlich.

Fortbildungen in Radardatenanalyse, multitemporaler Bildverarbeitung (aufgrund des InSAR) und der Integration von luft- und bodengestützten Vermessungsdaten für eine umfassende Überwachung waren ebenfalls erforderlich.



Vorteile und Auswirkungen

Das Projekt hat erfolgreich Verformungstrends in Choirokoitia identifiziert und dabei Gebiete hervorgehoben, die durch Naturgefahren gefährdet sind. Es wurden hochauflösende 3D-Modelle und digitale Höhenmodelle (DEMs) erstellt. Diese waren für eine effektive Dokumentation und einen Vergleich im Zeitverlauf sehr nützlich. Die Methodik hat sich als skalierbar für die Anwendung an anderen UNESCO-Stätten erwiesen.

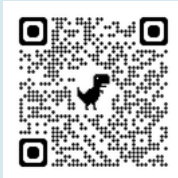


Übertragbarkeit auf andere Kulturerbestätten und -organisationen

Dieser anpassungsfähige und skalierbare Überwachungsansatz kann auf Kulturerbestätten angewendet werden, die verschiedenen Georisiken ausgesetzt sind (z. B. Bodensenkungen, Erdbeben, Küstenerosion oder städtischer Überbauung). Er ermöglicht die Dokumentation abgelegener oder unzugänglicher Gebiete, ist kostengünstig und unterstützt den weltweiten Naturschutz durch standardisierte Überwachungsprotokolle.



Mehr



Themistocleous, K. und Danezis, C., 2020. Monitoring cultural heritage sites affected by geo-hazards using in situ and SAR data: the Choirokoitia case study. Remote Sensing for Archaeology and cultural Landscapes: Best Practices and Perspectives Across Europe and the Middle East, pp.285-308. https://doi.org/10.1007/978-3-030-10979-0_16

Kontakt

k.themistocleous@eratosthenes.org.cy

Bildnachweis/e

© Themistocleous, K. and Danezis, C., 2020



OFFEN ZUGÄNLICHE FERNERKUNDUNGSDATENSÄTZE ZUR ÜBERWACHUNG VON BEDROHUNGEN



Organisation

Technische Universität Zypern
Cyprus University of Technology (CUT)



Regionen der Anwendung

Spanien, Baltanás,
Provinz Palencia
Autonome Region Kastilien
und León

**Art der
Organisation:** Universität



Verantwortlich

Kyriakos Michaelides



Beschreibung

Dieses Beispiel wandte eine einheitliche GIS-basierte Methode an, um das Risiko der Bodenerosion in Gebieten ohne Bodenüberwachung zu bewerten und zu visualisieren. Unter Verwendung frei zugänglicher Satellitendaten und des RUSLE-Modells (Revised Universal Soil Loss Equation) wurden alle Erosionsfaktoren aus standardisierten europäischen Datensätzen (z. B. GloREDa, SoilGrids, CORINE, ESDAC LS-Faktordaten, ESDAC-Durchschnitts-P-Faktordatensatz) abgeleitet, was die Entwicklung eines räumlich konsistenten Erosionsrisikomodells unter Verwendung visueller Programmierstechniken ermöglichte. Die Daten wurden mit hoher räumlicher Auflösung (bis zu 5 m) verarbeitet und zur Gewährleistung der Genauigkeit an die lokale UTM-Zone angepasst. Der Ansatz erwies sich als effektiv, um zuverlässige, skalierbare und vergleichbare Erosionsrisikobewertungen ausschließlich anhand öffentlich zugänglicher Daten zu erstellen.



Erforderliche Qualifikationen

Technische Fähigkeiten, technologisches Fachwissen, GIS-Kompetenz, Fernerkundungskenntnisse, Bewusstsein für kulturelles Erbe, räumliche Analyse. Alle erforderlichen Fähigkeiten waren im Umsetzungsteam bereits vorhanden.



Vorteile und Auswirkungen

Satellitendaten und GIS-Technologien verbessern den Schutz des kulturellen Erbes, indem sie mithilfe von Tools wie RUSLE Risiken wie Erosion und Überschwemmungen frühzeitig erkennen. Dies ermöglicht gezielte Erhaltungsmaßnahmen und reduziert den Bedarf an reaktiven Maßnahmen. Sie unterstützen Fernüberwachung, Änderungsverfolgung und internationale Zusammenarbeit durch den Austausch von Daten. Digitale Kartierung fördert zudem das Bewusstsein und die Zugänglichkeit und trägt zu einer effektiveren, datengesteuerten Erhaltung und Verwaltung von Kulturerbestätten bei.

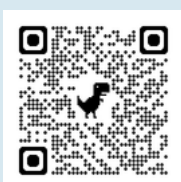


**Übertragbarkeit
auf andere
Kulturerbestätten
und -organisa-
tionen**

Dieses Praxisbeispiel bietet großes Potenzial für die Übertragung auf andere Kulturerbeorganisationen. Die auf frei zugänglichen Satellitendaten, GIS und dem RUSLE-Modell basierende Methodik ist replizierbar, kostengünstig und an verschiedene geografische und kulturelle Kontexte anpassbar.



Mehr



<https://satcult.eu/good-practices/>

Kontakt

km.michaelides@edu.cut.ac.cy

Bildnachweis

© ARGUS Project



INNOVATIVE STRATEGIEN FÜR DIE EINFÜHRUNG VON RISIKOMANAGEMENTPLÄNEN ZUR VERBESSERUNG DER WIDERSTANDSFÄHIGKEIT EMPFINDLICHER KULTUR- UND NATURERBEZIELE GEGEN KLIMAGEFAHREN IN FLUSSBECKENBEREICHEN – INACO INTERREG CE-PROJEKT

	Organisation	Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di Scienze dell’Atmosfera e del Clima (Bologna / Italien)	
	Länder der Anwendung	Europa und Mittelmeerraum	Art der Organisation Forschungsinstitut
	Verantwortlich	Alessandra Bonazza	
	Beschreibung	Daten und Produkte der Copernicus-Dienste (C3S und CAMS) und IMERG werden für die Erstellung von Karten und Zeitreihen zu Veränderungen der Klima- und Verschmutzungsparameter verwendet, die potenziell Schäden am kulturellen und natürlichen Erbe verursachen können. Extreme Schwankungen von Temperatur und Niederschlag werden in spezifischen Klimarisikoindeizes und Schadensfunktionen ausgearbeitet, um politische Entscheidungsträger*innen dabei zu unterstützen, gefährdete Gebiete in Europa und im Mittelmeerraum zu identifizieren, die hydrometeorologischen Risiken ausgesetzt sind. Alle Daten stehen Nutzer*innen über die webbasierte Plattform „Risk Mapping Tool for Cultural Heritage Protection“ (https://www.protecht2save-wgt.eu/) zur Verfügung. Das Praxisbeispiel wurde konzipiert und entwickelt, um politische Entscheidungsträger*innen bei der Planung von Maßnahmen zum Schutz des kulturellen und natürlichen Erbes vor den Auswirkungen des Klimawandels zu unterstützen.	
	Erforderliche Qualifikationen	Aus technologischer Sicht sind keine besonderen Kenntnisse erforderlich. Es stehen speziell dafür entwickelte Tutorials und Schulungskurse zur Verfügung.	
	Vorteile und Auswirkungen	Verbesserung der Widerstandsfähigkeit gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels (langsame und extreme Veränderungen)	
	Übertragbarkeit auf andere Kulturerbestätten und -organisationen	Das „Risikokartierungstool für den Schutz des Kulturerbes“ könnte neben den bereits enthaltenen Pilotstandorten auch andere Kultur- und Naturerbestätten integrieren.	
	Mehr	https://central.eu/projects/interregionaco/  Es sind zahlreiche Publikationen verfügbar, z. B. Bonazza A., Sardella A., 2023. Climate Change and Cultural Heritage: Methods and Approaches for Damage and Risk Assessment Addressed to a Practical Application. Heritage 6(4), 3578–3589. https://doi.org/10.3390/heritage6040190	
	Kontakt	a.bonazza@isac.cnr.it	
	Bildnachweis	© INACO Interreg Central Europe Project	



TRIQUETRA: TOOLBOX ZUR BEWERTUNG UND MINDERUNG VON RISIKEN DES KLIMAWANDELS UND VON NATURGEFAHREN, DIE DAS KULTURERBE BEDROHEN



Organisation Adam Mickiewicz Universität Poznań / Polen



**Land der
Anwendung** Polen

**Art der
Organisation** Universität



Kontakt Włodzimierz Rączkowski



Beschreibung

Ziele des Projekts waren:

- 1) Überwachung des Klimawandels auf globaler Ebene, Erkennung von Trends und Veränderungen an verschiedenen geografischen Standorten;
- 2) Überwachung von Landnutzungsänderungen, Vegetationsbedeckung und Hydrologie, nützlich für Analysen in historischer Perspektive (in Kombination mit anderen Daten, z. B. meteo-rologischen).

Das Projekt musste mit einer Einschränkung der optischen Bildgebung aufgrund von Wolken zurechtkommen, die zu einer unregelmäßigen, zufälligen Datenerfassung führten. Verwendete Datenarchive: USGS (CORONA & HEXAGON; Landsat); Sentinel HUB (Sentinel-1, Sentinel-2), Planet Lab.



Erforderliche Qualifikationen

Für eine effektive datengesteuerte Forschung war ein qualifiziertes, kooperatives Team erforderlich, da keine einzelne Person den gesamten Prozess von der Formulierung der Fragen bis hin zur Verarbeitung und Interpretation der Daten über verschiedene Fachgebiete hinweg bewältigen konnte.



Vorteile und Auswirkungen

Die Nutzung von Satellitendaten schützt eine archäologische Stätte nicht vor Zerstörung oder Plünderung. Sie ermöglicht es jedoch, das Ausmaß möglicher Zerstörungen abzuschätzen. Durch die Erfassung, Verarbeitung, Analyse und Interpretation stehen den zuständigen Institutionen diese Informationen auch im Nachhinein zur Verfügung. Lange Datenreihen ermöglichen es, Veränderungstrends zu analysieren und diese, soweit möglich, zu verhindern oder ihre Auswirkungen zu minimieren. Dies kann beispielsweise Veränderungen des Wasserspiegels eines Sees betreffen.



Übertragbarkeit auf andere Kulturerbestätten und -organi- sationen

Das Verfahrensmodell, getestet am Seeufer des polnischen Dorfs Smuszewo, kann im Kontext anderer Standorte angewendet werden.



Mehr



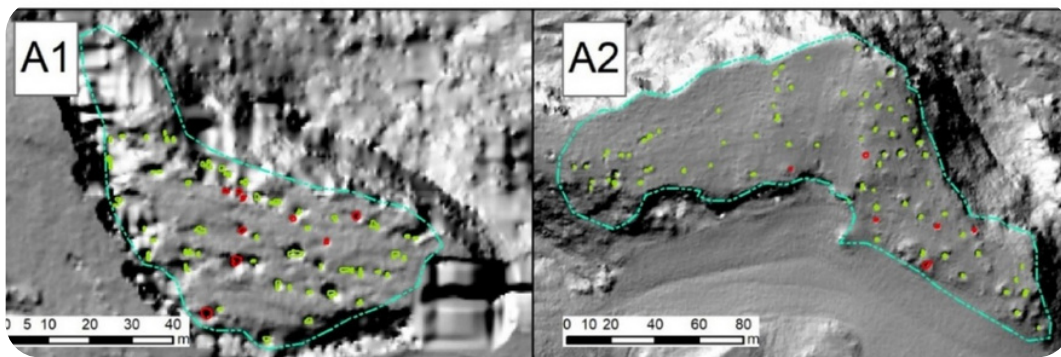
Graf R., Kaczmarek L., Królewicz S., Rączkowski W., Żuk L. 2025, Climate Change and Archaeological Heritage: risk identification and monitoring of a lakeshore archaeological site in Smuszewo (Poland) - a case study, Italian Journal of Engineering Geology and Environment.

Kontakt

wlodekra@amu.edu.pl

Bildnachweis

© USGS, TRIQUETRA, S. Kólewicz



ARCHÄOLOGISCHE PLÜNDERUNGEN: MUSTEREXTRAKTIONSMETHODEN UND LIDAR-TECHNOLOGIE ZUR ANALYSE UND KARTIERUNG



Organisation

Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Scienze del Patrimonio Culturale



Land der Anwendung

Italien

Art der Organisation

Forschungsinstitut



Verantwortlich

Maria Danese



Beschreibung

Dieses Praxisbeispiel demonstriert eine replizierbare und halb-automatische Methode zur Erkennung archäologischer Plünderungen mithilfe von LiDAR-basierten DTMs, die besonders in Waldgebieten, in denen optische Bildgebung versagt, effektiv ist. Die Integration fortschrittlicher Visualisierungstechniken und der Geomorphon-Landformklassifizierung ermöglichte die Identifizierung von Plünderungsgruben anhand ihrer mikrotopografischen Signaturen. Diese Methode verbessert die Überwachung und Quantifizierung von illegalen Ausgrabungen, die eine große Bedrohung für das kulturelle Erbe darstellen.



Technische und technologische Fähigkeiten:

Expertise in der LiDAR-Datenerfassung und -verarbeitung, einschließlich der Verwendung von Vollwellenformscannern, Punktwolkenfilterung und DTM-Generierung. Kenntnisse in GIS-Software (z. B. QGIS, SAGA GIS, Relief Visualization Toolbox) und Fernerkundungswerkzeugen waren erforderlich, um verschiedene Visualisierungstechniken wie Hillshade, Openness und Sky View Factor anzuwenden und zu interpretieren.

Georäumliche Analyse und Mustererkennung:

Fähigkeiten in der räumlichen Analyse und Geländeklassifizierung, insbesondere in der Anwendung des Geomorphon-Algorithmus zur halbautomatischen Erkennung von plünderungsbedingten Vertiefungen. Kenntnisse in topografischer Modellierung und Geländemorphologie unterstützten die Interpretation von Mikroreliefmerkmalen.

Erforderliche Qualifikationen

Archäologisches und denkmalpflegerisches Wissen:

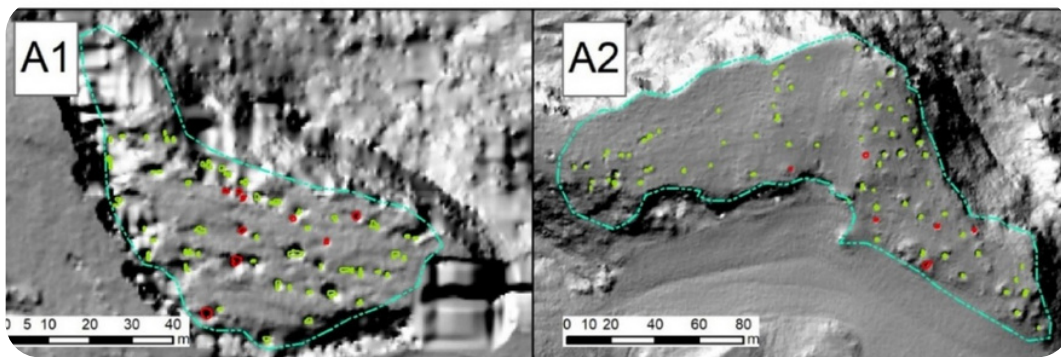
Fundierte Kenntnisse in Archäologie, insbesondere der etruskischen Kultur und der Entstehung von Stätten, waren unerlässlich, um die Funde zu kontextualisieren und Plünderungsgruben von natürlichen Merkmalen zu unterscheiden. Kenntnisse über historische Plünderungsmuster dienten der Auswahl der Zielgebiete.

Felduntersuchung und Validierung:

Für die Überprüfung und Validierung der Fernerkundungsergebnisse waren Kenntnisse in GNSS/RTK-GPS-Vermessungen erforderlich. Dazu gehörte die Fähigkeit, topografische Profile zu interpretieren und vor Ort Spuren von Plünderungen zu untersuchen.

Interdisziplinäre Zusammenarbeit:

Eine effektive Kommunikation und Zusammenarbeit zwischen Archäolog*innen, Fernerkundungsspezialist*innen und Geomatikexpert*innen waren entscheidend für die Integration unterschiedlicher Methoden und die Gewährleistung der Zuverlässigkeit der Ergebnisse.



Vorteile und Auswirkungen

- Die frühzeitige Erkennung von Plünderungen ermöglicht rechtzeitiges Eingreifen und eine verstärkte Überwachung gefährdeter Gebiete.
- Dokumentation und Schadensquantifizierung unterstützen rechtliche und administrative Maßnahmen gegen illegale Ausgrabungen.
- Fernüberwachung ermöglicht die kontinuierliche Bewertung schwer zugänglicher oder bewaldeter Stätten und reduziert so den Bedarf an invasiver Feldarbeit.
- Datenaustausch und Reproduzierbarkeit fördern die internationale Zusammenarbeit und die Entwicklung standardisierter Instrumente zum Schutz des kulturellen Erbes.
- Sensibilisierung und Abschreckung: Die Sichtbarkeit solcher Überwachungsmaßnahmen kann zukünftige Plünderungsversuche verhindern.

Insgesamt verbessert diese Methode die Fähigkeit, archäologische Landschaften durch nicht-invasive, skalierbare und replizierbare Methoden zu schützen.



Übertragbarkeit auf andere Kulturerbestätten und -organisationen

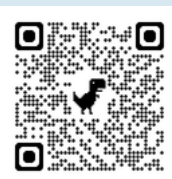
Dieses Beispiel bietet großes Potenzial für die Übertragung auf andere Kulturerbe-Organisationen, insbesondere auf solche, die in bewaldeten oder schwer zugänglichen archäologischen Landschaften arbeiten. Die Methodik basiert auf allgemein verfügbaren Technologien und ist daher leicht zugänglich und anpassbar.

- **Skalierbarkeit:** Der Ansatz lässt sich je nach Datenverfügbarkeit auf unterschiedliche räumliche Maßstäbe anwenden, von kleinen Standorten bis hin zu großen Regionen.
- **Reproduzierbarkeit:** Der Arbeitsablauf – von der LiDAR-Verarbeitung über die Visualisierung bis hin zur Mustererkennung – ist gut dokumentiert und mit minimalem Anpassungsaufwand reproduzierbar.
- **Open-Source-Tools:** Die meisten verwendeten Programme (z. B. QGIS, SAGA GIS) sind kostenlos und werden umfassend unterstützt, was die Einführungsbarrieren reduziert.
- **Interdisziplinäre Anwendbarkeit:** Die Methode lässt sich in bestehende Arbeitsabläufe in der Archäologie, der Konservierung oder dem Management integrieren und an unterschiedliche kulturelle Kontexte anpassen.
- **Schulungspotenzial:** Der Ansatz kann in berufsbegleitender Fortbildung vermittelt werden.

Diese Vorgehensweise ist besonders wertvoll für Institutionen in Regionen, in denen Plünderungen eine ständige Bedrohung darstellen und in denen traditionelle Felduntersuchungen aufgrund der Vegetation, des Geländes oder der Ressourcen eingeschränkt sind.



Mehr



Danese, M.; Gioia, D.; Vitale, V.; Abate, N.; Amodio, A.M.; Lasaponara, R.; Masini, N. Pattern Recognition Approach and LiDAR for the Analysis and Mapping of Archaeological Looting: Application to an Etruscan Site. Remote Sens. 2022, 14, 1587. <https://doi.org/10.3390/rs14071587>

Kontakt maria.danese@cnr.it

Bildnachweise © CNR



FORTBILDUNG ZUM EINSATZ VON SATELLITENBILDERN UND GEOINFORMATIONSTECHNOLOGIEN ZUR UNTERSTÜTZUNG DES KULTURGÜTERSCHUTZES IN DER UKRAINE



Organisation UNOSAT in Partnerschaft mit UNESCO



Land der Anwendung Ukraine

Art der Organisation Internationale Organisation



Verantwortlich Michelle de Gruchy



Beschreibung

Ziel dieser Schulung war die Bewertung von Kriegsschäden an Kulturerbestätten mithilfe von Satellitendaten. Die Teilnehmer*innen wurden mit der gesamten Bandbreite verfügbarer Raum- und Luft-/Satellitenbilddaten vertraut gemacht und erfuhren, wo diese Daten zu finden sind (verschiedene Repositorien, Anbieter usw.) sowie wie diese Daten gesammelt und erstellt werden. Der Schwerpunkt der Schulung lag auf der Nutzung von Open-Source-Satellitenbilddaten und -Software (Google Earth Pro, Google Earth Engine, QGIS, PRISMA Toolbox) sowie frei verfügbaren Daten, um sicherzustellen, dass die Teilnehmer*innen unabhängig vom Budget ihres Arbeitsplatzes nachhaltige Fähigkeiten erwerben.



Erforderliche Qualifikationen

Fachwissen in geografischer Informationstechnologie, angewandt auf kulturelles und natürliches Erbe.



Vorteile und Auswirkungen

Die beteiligten Expert*innen für kulturelles Erbe verfügen nun über verbesserte Kenntnisse in der geografischen Informationstechnologie und sind in der Lage, GIS- und Satellitenbildanalysen durchzuführen, um Kultur- und Naturerbestätten zu kartieren, zu analysieren und zu überwachen.

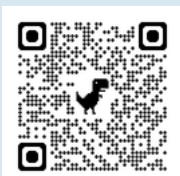


Übertragbarkeit auf andere Kulturerbestätten und -organisationen

Das Schulungsziel ist der Kompetenzaufbau. Wir möchten, dass die von uns geschulten Personen ihr Wissen an andere weitergeben können. Im Rahmen dieser Methode haben wir allen Teilnehmer*innen zwei Sätze mit je 20 Broschüren in ukrainischer Sprache mit dem Schulungsmaterial zur Verfügung gestellt, um (1) ihr individuelles Lernen nach der Rückkehr zu unterstützen und (2) ihnen zu helfen, ihr Wissen an andere weiterzugeben. Mit den beiden Broschürensätzen können sie ein Exemplar für sich selbst behalten (direkt oder zum Nachschlagen beim Unterrichten) und ein Exemplar an interessierte Kolleg*innen oder die Bibliothek ihrer Institution weitergeben.



Mehr



<https://unitar.org/about/news-stories/news/unesco-and-un-satellite-centre-join-forces-safeguard-ukraines-cultural-heritage-geospatial>
<https://unitar.org/about/news-stories/news/unosat-and-unesco-conduct-advanced-training-cultural-heritage-monitoring-ukraine>

Kontakt michelle.degruchy@unitar.org

Bildnachweis ©UNESCO/Vitaliy Hrabar



PRÄHISTORISCHE PFAHLBAUTEN: GIS-BASIERTE ATTRIBUTKARTIERUNG EINER UNESCO-WELTERBESTÄTTE



Organisation

UNESCO-Lehrstuhl für Erdbeobachtung und Geokommunikation von Welterbestätten und Biosphärenreservaten - 'geo an der Pädagogischen Hochschule Heidelberg



Land der Anwendung

Deutschland

Art der Organisation

Universität



Verantwortlich

Prof. Dr. Alexander Siegmund, Paul Bobsin



Beschreibung

Die transnationale, serielle Welterbestätte „Prähistorische Pfahlbauten rund um die Alpen“, die 2011 aufgrund ihres außergewöhnlichen universellen Wertes (Outstanding Universal Value - OUV) in die Liste des Weltkulturerbes aufgenommen wurde, umfasst 15 Seeufer- und Feuchtgebietssiedlungen in Baden-Württemberg. Um ihren OUV zu sichern und ihren langfristigen Erhalt zu gewährleisten, war eine systematische GIS-basierte Kartierung aller relevanten Merkmale dieser neolithischen und bronzezeitlichen Stätten (5000–500 v. Chr.) entlang des Bodensees und in den oberschwäbischen Feuchtgebieten erforderlich. Diese Kartierung bildet eine wichtige Grundlage für die kontinuierliche Überwachung, das Management, den langfristigen Schutz und den nachhaltigen Erhalt dieser Pfahlbaustätten. Der Bericht dient als praktischer Leitfaden, der einen klaren und detaillierten Überblick über den Schutzbedarf der Stätten bietet. Der im Rahmen des Projekts erarbeitete Bericht soll die Bewertung der Auswirkungen auf das Kulturerbe unterstützen und die Überprüfung potenzieller Eingriffe auf den OUV anleiten.



Erforderliche Qualifikationen

GIS-Kenntnisse, Fähigkeit zu interdisziplinärer Zusammenarbeit mit verschiedenen Expert*innen aus den Bereichen Unterwasserarchäologie, Limnologie und Verwaltung von UNESCO-Welterbestätten.



Vorteile und Auswirkungen

Der Ansatz wurde in einem mehrstufigen Prozess in enger Zusammenarbeit mit lokalen Institutionen, Partner*innen und Expert*innen entwickelt. Er umfasste die Identifizierung der spezifischen Werte und Merkmale des Geländes, deren Verknüpfung mit relevanten Geodaten, die Bewertung aktueller und potenzieller Bedrohungen für das OUV sowie die Formulierung einer umfassenden Schutzstrategie. Ein zentrales Element dieser Strategie war die Definition des „weiteren Umfelds“, das alle wesentlichen externen Faktoren umfasst, die den langfristigen Erhalt der Stätten beeinflussen können.



Übertragbarkeit auf andere Kulturerbestätten und -organi- sationen

Im Rahmen der für die Pfahlbaustätten Baden-Württembergs entwickelte GIS-basierte Attributkartierung wurde ein klar strukturierter, systematischer Katalog aller Attribute erstellt, die mit dem OUV in Zusammenhang stehen. Als Grundlage für Monitoring, Management und langfristigen Schutz ermöglicht die Kartierung die Bewertung der Auswirkungen auf das Kulturerbe und unterstützt die Beurteilung potenzieller Eingriffe in die Grundwerte. Die strukturierten Vorlagen und Arbeitsabläufe des Berichts können von anderen Denkmalbehörden und -organisationen problemlos übernommen werden und bieten ein übertragbares Instrumentarium für nachhaltigen Erhalt und risikobasierte Entscheidungsfindung an verschiedenen Welterbestätten.



Mehr



Bericht: "Attribute-Erfassung für den baden-württembergischen Teil der Welterbestätte "Prähistorische Pfahlbauten um die Alpen" (noch nicht publiziert vom Landesamt für Denkmalpflege Baden-Württemberg).

Kontakt

siegmund@ph-heidelberg.de, bobsin@ph-heidelberg.de

Bildnachweis

© Research Group for Earth Observation – 'geo, Pädagogische Hochschule Heidelberg



MONITORING VON STREUOBSTWIESEN



Organisation

UNESCO-Lehrstuhl für Erdbeobachtung und Geokommunikation von Welterbestätten und Biosphärenreservaten – 'geo an der Pädagogischen Hochschule Heidelberg



Land der Anwendung

Deutschland

Art der Organisation

Universität



Verantwortlich

Prof. Dr. Alexander Siegmund, Paul Joseph



Beschreibung

Das Praxisbeispiel zeigt, dass Satellitendaten durch die Integration mehrerer Beobachtungsebenen effektiv für das kulturelle Erbe genutzt werden können. Traditionelle Obstgärten sind wertvolle Kulturlandschaften, und durch die Kombination von Satellitenbildern mit Drohnendaten (UAVs) kann deren Überwachung, Erhaltung und Bewirtschaftung verbessert werden. Durch die Verwendung frei zugänglicher Daten und skalierbarer Methoden fördert das Projekt kostengünstige und replizierbare Verfahren und macht die Fernerkundung zu einem praktischen Instrument für den langfristigen Erhalt des kulturellen Erbes.



Erforderliche Qualifikationen

Für die erfolgreiche Umsetzung dieses Ansatzes ist eine Kombination aus technischen, methodischen und kulturhistorischen Kenntnissen erforderlich. Fernerkundungskenntnisse sind für die Verarbeitung und Analyse von Satelliten- und Drohnendaten, einschließlich Klassifizierungstechniken und Spektralindexberechnungen, unerlässlich. GIS-Kenntnisse sind für die Verwaltung und Visualisierung räumlicher Daten erforderlich. Technische und methodische Kenntnisse im Drohnenbetrieb und im maschinellen Lernen verbessern die Datenintegration und -genauigkeit. Darüber hinaus ist Kulturerbe-Wissen entscheidend, um die kulturelle Bedeutung traditioneller Obstgärten zu verstehen und sicherzustellen, dass die Überwachungsmaßnahmen mit den Naturschutzanforderungen in Einklang gebracht werden. Effektive Kommunikation und interdisziplinäre Zusammenarbeit unterstützen den Wissenstransfer und die Einbindung der Interessengruppen zusätzlich.



Vorteile und Auswirkungen

Da der ökologische Wert von Streuobstwiesen im Laufe der Zeit wächst, gewinnen alte, gepflegte und gesunde Wiesen an Bedeutung für die ökologische Vielfalt. Unser Ansatz hilft, den Bedarf an gezielten Pflegemaßnahmen in Streuobstwiesen zu identifizieren, um die Gesundheit und Langlebigkeit des Baumbestandes zu sichern. Diese Erkenntnisse können dann an lokale Behörden und die Öffentlichkeit kommuniziert werden, um Pflegemaßnahmen einzuleiten oder den Baumbesitz zu fördern.



Übertragbarkeit auf andere Kulturerbestätten und -organi- sationen

Es sollte möglich sein, einen etablierten Arbeitsablauf auf andere Kulturerbestätten zu übertragen, die mit ähnlichen Herausforderungen im Zusammenhang mit Vernachlässigung und Instandhaltungsproblemen konfrontiert sind.



Mehr



<https://www.rgeo.de/en/p/steggeo/>
<https://www.rgeo.de/en/p/streuobst/>

Kontakt

siegmund@ph-heidelberg.de, joseph@ph-heidelberg.de

Bildnachweis

© Research Group for Earth Observation - 'geo, Pädagogische Hochschule Heidelberg

Interdisziplinäre Zusammenarbeit ist entscheidend – Wie Satellitendaten zum Schutz des Kulturerbes beitragen



Eine kurze Analyse der Praxisbeispiele

Bei der Analyse der in dieser Broschüre vorgestellten Praxisbeispiele wird deutlich, dass die **interdisziplinäre Zusammenarbeit auf Augenhöhe** einer der wichtigsten Erfolgsfaktoren bei der Nutzung von Satellitendaten zum Schutz des kulturellen Erbes ist. Dazu gehört auch die **Bereitschaft, vertrauensvoll mit anderen Fachdisziplinen zusammenzuarbeiten**. Das mag einfach klingen, ist jedoch oft eine Herausforderung, und die **Notwendigkeit der Vertrauensbildung** wird in fast allen Praxisbeispielen deutlich. Das zweite wichtige Thema betrifft das **Risikomanagement**, wie es Esmeralda Paupério veranschaulicht, die eine **„Gefahrenkarte für das Kulturerbe von Museen und Denkmälern“** für ganz Portugal erstellt hat. Hier wird erläutert, wie Satellitendaten sowohl zur Untermauerung von Gefahren und Risikomodellen als auch zur Ermöglichung einer Echtzeit-Risikoreaktion eingesetzt werden können.

In Bezug auf die **erforderlichen Qualifikationen** wird überzeugend argumentiert, dass Kulturerbestätten diese nicht unbedingt intern vorhalten müssen. Im Rahmen des **Kerkennah-Insel-Projekts** organisierte Koordinatorin Katia Schörle das Fachwissen, indem sie Geoinformationsexperten einer öffentlichen Einrichtung bat, Daten bereitzustellen und zu interpretieren. Es geht also nicht unbedingt darum, spezielles Fachwissen aufzubauen und zu pflegen, sondern darum, **zu wissen, wie und welche Ressourcen genutzt werden können**. Michelle de Gruchy zeigt im Praxisbeispiel **„Einsatz von Satellitenbildern und Geoinformationstechnologien zur Unterstützung des Schutzes von Kulturgütern in der Ukraine“** einen ermutigenden Weg auf. Sie erklärt, wie der Einsatz von Geoinformationsdaten für Kulturerbe-Expert*innen in Kriegsgebieten durch eine zeitnah zu erwerbende Zusatzqualifikation möglich ist. „Die Umsetzung der Ergebnisse in die Praxis erweist sich als etwas schwierig“, so Paul Joseph über seine Erfahrungen im Praxisbeispiel **„Überwachung von Streuobstwiesen“**. Er zeigt, dass für eine historische Kulturlandschaft die Erfassung technischer Daten nicht ausreicht, sondern auch **die Fähigkeit zur Analyse und Umsetzung von Erhaltungsmaßnahmen** erforderlich ist.

Alle Praxisbeispiele betonen das **Transferpotenzial**, d. h., dass das Rad nicht ständig neu erfunden werden muss, sondern dass es sich lohnt, herauszufinden, was bereits genutzt werden kann und welche vergleichbaren Verfahren umgesetzt werden können. In der Fallstudie zu Chirokoitia beispielsweise zeigt Kyriacos Themistocleous deutlich das **Potenzial für Kulturerbestätten**, die ähnlichen geologischen Gefahren ausgesetzt sind (z. B. Stätten, die von Bodensenkungen, Erdbeben oder tektonischen Aktivitäten betroffen sind).



Im Praxisbeispiel „Bewährte Verfahren zur Mustererkennung und LiDAR-Technologie zur Analyse und Kartierung archäologischer Plünderungen“ zeigt Maria Danese, wie groß das **Transferpotenzial** sein kann, und verweist ausdrücklich auf die Möglichkeit, „lokale Institutionen zu befähigen, ihr Kulturerbe selbstständig zu überwachen und zu schützen“. Mehrere Praxisbeispiele wie das von Alessandra Bonazza vorgestellte INACO-Projekt und von Arianna Traviglia („Erhaltung des kulturellen Erbes von Aquileia...“) unterstreichen, **dass Erdbeobachtungs- und Satellitendaten politische Entscheidungsträger*innen bei der Strategieentwicklung und Maßnahmenplanung zum Schutz des Kulturerbes unterstützen können**, z. B. bei den Auswirkungen des Klimawandels, dem Druck durch die Ausdehnung der Städte und Veränderungen in der Landnutzung.

Deutlich wird auch, dass es im Kulturgüterschutz wie in der Geoinformation um **Wettbewerb** geht: um Fördermittel, Zugang zu attraktiven Märkten, Aufträge und wirtschaftlich vielversprechende Forschungsprojekte. Jungen Forscherinnen und Kulturerbe-Managern bieten Satellitendaten viele Chancen, sich zu profilieren und zu veröffentlichen.

Das Kulturerbe als wirtschaftlich attraktiver Markt ist noch lange nicht anerkannt, geschweige denn entwickelt. Es fällt auf, dass keines der Praxisbeispiele die Ebene eines unternehmerisch aktiven Geschäftsfelds erreicht. Zwar gibt es Dienstleistungsunternehmen, die beispielsweise Szenarien aus Satellitendaten für Kulturerbestätten erstellen, lokale Erdbeobachtungsdaten auswerten oder Schutzmaßnahmen organisieren, doch ist offensichtlich, dass eine wirtschaftliche Zusammenarbeit noch kaum entwickelt ist.

Vorteile und Empfehlungen

Werfen wir einen Blick auf einige der Vorteile, die die Autor*innen der Praxisbeispiele in dieser Broschüre aus ihren interdisziplinären Erfahrungen formuliert haben – aus technischer, sozioökonomischer und sicherheitsrelevanter Perspektive

- Die **Anwendung multimodaler Datenfusion**, bei der Satellitenbilder, historische Karten und hyperspektrale Daten kombiniert werden, ermöglicht ein umfassenderes Verständnis der Standortentwicklung. Dies verbessert historische Rekonstruktionen und Konservierungsstrategien.
- Es wird **Unterstützung für fundierte Entscheidungen auf lokaler Ebene** hinsichtlich Schutzmaßnahmen geboten.
- Risikokarten und Vulnerabilitätsbewertungen tragen zu **langfristigen Schutzmaßnahmen** bei.



- Eine **bessere Nutzung vorhandener Ressourcen** wird gefördert – sowohl in Bezug auf Forschungsergebnisse als auch in wirtschaftlicher Hinsicht.
- **Kosteneinsparungen** ergeben sich aus der frühzeitigen Erkennung und Vermeidung von Risiken.

Zusammenfassend lassen sich folgende Empfehlungen an die für Kulturerbestätten Verantwortlichen richten:

- Lassen Sie sich von unseren Beispielen **inspirieren und ermutigen**, und scheuen Sie sich nicht, direkt auf die darin genannten Expert*innen zuzugehen.
- **Suchen Sie Gelegenheiten zum Austausch mit Geoinformationsexpert*innen**, z. B. auf Konferenzen, in Workshops oder auch bilateral.
- **Engagieren Sie sich in Netzwerken** und suchen Sie nach kompetenten und zuverlässigen Partner*innen.
- Die **Notwendigkeit interdisziplinärer Projekte** und entsprechender Fördermöglichkeiten nimmt zu. Es ist wichtig, diese Möglichkeiten aktiv und selbstbewusst von den **zuständigen Stellen einzufordern** – sowohl auf nationaler als auch auf europäischer Ebene.

Öffentlichen und privaten Geoinformationsorganisationen sei empfohlen:

- **Suchen Sie aktiv den Kontakt zu Kulturerbe-Einrichtungen.** Probleme, die sich beispielsweise aus dem Klimawandel ergeben, sind für diese Einrichtungen längst zu einem Thema geworden, und die Mehrheit der Kulturerbe-Expert*innen ist sehr offen dafür, herauszufinden, welche Unterstützung sie in diesem hochwichtigen Bereich erhalten können. **Bringen Sie das Thema Satellitennutzung bei relevanten Kulturerbe-Veranstaltungen** ein, indem Sie die verfügbaren Möglichkeiten vorstellen – Aufmerksamkeit ist Ihnen garantiert.

Die wichtigste Empfehlung für beide Zielbereiche ist es, **ein gemeinsames Verständnis zu erreichen**. Es ist nach wie vor die Ausnahme, dass Fachleute über akademische Qualifikationen und Erfahrungen sowohl aus den Geisteswissenschaften wie den hochspezialisierten Naturwissenschaften verfügen. Umso wichtiger ist hier die berufliche Fortbildung, wie die Analyse der Praxisbeispiele zeigt: Dadurch können Forschungsergebnisse und Fachwissen schnell dorthin gebracht werden, wo sie dringend benötigt werden – nämlich in das Management von Kulturerbestätten. Dieses Ergebnis ist ermutigend, auch wenn beide Arbeitsbereiche noch einen langen Weg vor sich haben, bevor eine „**gemeinsame Sprache**“ gefunden ist. Das **SATCULT**-Projekt hat ein Forum geschaffen, um genau dies zu erreichen.

Karin Drda-Kühn
SATCULT Koordinatorin



SATCULT-UMFRAGE ERMITTELTE QUALIFIZIERUNGSBEDARFE

Warum hat der Einsatz von Satellitendaten im Kulturgüterschutz – trotz vielversprechender Beispiele und ermutigender Forschungsergebnisse – in der Praxis noch keinen breiten Durchbruch erzielt, und was ist zu tun? Eine **SATCULT**-Umfrage in den Sektoren Kulturgüterschutz und Geoinformation lieferte hierzu aufschlussreiche Erkenntnisse:

Die Akzeptanz und Nutzungsbereitschaft von Satellitendaten kann nicht auf ein technisches Problem reduziert werden: Die **technische Kapazität und das Interesse auf der Kulturerbe-Seite sind bereits hoch**; die begrenzenden Faktoren sind hauptsächlich organisatorischer, semantischer und wirtschaftlicher Art, d. h., **Angebote der Geoinformation in Arbeits- und Entscheidungsprozesse des Kulturerbe-Erhalts zu integrieren**. Es geht also nicht um "mehr Technologie", sondern **um interdisziplinäre Zusammenarbeit, Rollendefinitionen und Übersetzung von technischen, satellitengestützten Informationen** in Management- und Umsetzungsentscheidungen. Eine Zusammenarbeit muss deshalb **"Integrationsmöglichkeiten"** hervorbringen wie z. B. ein interdisziplinäres Glossar und interpretative Leitlinien, standardisierte Ergebnisse, Anforderungsprofile, Vorlagen und Verantwortungsmodelle.

Zum vollständigen Bericht der Umfrageergebnisse: <https://satcult.eu/survey/>





DER SATCULT-EXPERTENPOOL

Eine Datenbank mit:

- Kulturerbe-Einrichtungen und -expert*innen, die bereit sind, mit Geoinformationsspezialist*innen bei der Nutzung von Satellitendaten zusammenzuarbeiten, und
- Geoinformationsexpert*innen, die in der Lage und bereit sind, Fachleute des Kulturerbes bei der Nutzung von Satellitendaten für ihre Standorte zu unterstützen

ist über die SATCULT-Homepage zugänglich: <https://satcult.eu/expert-pool/>

Ziel ist, Expert*innen beider Sektoren zum beiderseitigen Vorteil für Projekte, Aktivitäten und Aufträge zusammen zu bringen. Bitte nehmen Sie Kontakt auf, wenn Sie die vielfältigen Möglichkeiten erkunden möchten, die sich aus der Nutzung von Erdbeobachtungs- und Satellitendaten ergeben.



Glossar



Künstliche Intelligenz (KI) ist die Simulation menschlicher Intelligenz in Maschinen, die Aufgaben wie Lernen, Schlussfolgern und Problemlösen ausführen können.

CORINE Land Cover ist ein europäisches Programm, das einheitliche, detaillierte Landbedeckungskarten für ganz Europa bereit stellt.

Kulturerbe: Bezieht sich auf das Erbe physischer Artefakte und immaterieller Güter, die von früheren Generationen übernommen wurden, darunter Traditionen, Sprachen, Denkmäler und Kunstwerke.

Erdbeobachtung ist die Erfassung von Informationen über die physikalischen, chemischen und biologischen Systeme der Erde mithilfe von Fernerkundungstechnologien, in der Regel von Satelliten oder Flugzeugen aus.

GNSS: Das Global Navigation Satellite System ist ein satelliten-gestütztes System, das Empfängern überall auf der Erde Geolokalisierungs- und Zeitinformationen liefert.

IoT: Das Internet der Dinge (Internet of Things) bezeichnet ein Netzwerk physischer Geräte (wie Sensoren, Haushaltsgeräte, Fahrzeuge und andere Objekte), das mit Software, Sensoren und Konnektivität ausgestattet ist, und ohne direkten menschlichen Eingriff Daten über das Internet sammeln und austauschen kann.

Landbedeckung bezieht sich auf die physischen Materialien auf der Erdoberfläche wie Vegetation, Wasser, Boden und städtische Infrastruktur, wie sie in Satelliten- oder Luftbildern zu sehen sind.

LiDAR (Light Detection and Ranging) ist eine Fernerkundungstechnologie, die Laserimpulse verwendet, um Entfernungen zu messen und präzise 3D-Karten von Objekten oder Landschaften zu erstellen.

Klimawandel: Bezieht sich auf langfristige Veränderungen der Temperaturen und Wetterverhältnisse, die hauptsächlich durch menschliche Aktivitäten verursacht werden.

Corona sind hochauflösende Luftbilder, die während des Kalten Krieges von US-Aufklärungssatelliten aufgenommen wurden und in erster Linie für militärische Aufklärungszwecke verwendet wurden. Später wurden sie für historische und umweltbezogene Forschungszwecke wiederverwendet.

Deep Learning ist ein Teilbereich des maschinellen Lernens, bei dem neuronale Netze mit vielen Schichten verwendet werden, um komplexe Daten zu analysieren und Entscheidungen oder Vorhersagen zu treffen.

Google Earth Engine ist eine cloud-basierte Plattform zur Verarbeitung und Analyse umfangreicher Geodaten, die für die Umweltüberwachung und -forschung genutzt wird.

HEXAGON-Bilder sind hochauflösende Aufklärungsfotos, die während des Kalten Krieges von US-amerikanischen KH-9-Satelliten aufgenommen wurden. Sie wurden für Kartierungen und Geheimdienste verwendet und sind heute für die historische und georäumliche Forschung wertvoll.

IMERG: Integrierte Multisatelliten-Datenabfrage für GPM. Die ist ein Algorithmus der NASA, der Daten von mehreren Satelliten, darunter das Kernobservatorium Global Precipitation Measurement (GPM) und andere Satelliten, kombiniert, um globale Niederschlagsmengen zu schätzen.

Landsat: Landsat-8/9-Bilder sind multispektrale Satellitenbilder mit mittlerer Auflösung, die zur langfristigen Überwachung der Landoberfläche der Erde verwendet werden.

Maschinelles Lernen ist eine Art der künstlichen Intelligenz, die es Systemen ermöglicht, aus Daten zu lernen und ihre Leistung im Laufe der Zeit ohne explizite Programmierung zu verbessern.

Das Copernicus-Programm ist die Erdbeobachtungsinitiative der Europäischen Union, die kostenlose und frei zugängliche Daten von Satelliten und Bodensystemen zur Überwachung der Umwelt und zur Unterstützung der Politikgestaltung bereitstellt.

COSMO-SkyMed ist ein italienisches Erdbeobachtungssatellitensystem, das mithilfe von Radar Tag und Nacht sowie bei allen Wetterbedingungen hochauflösende Bilder aufnimmt.

DTM: Ein digitales Geländemodell ist eine 3D-Darstellung der Erdoberfläche, die Höhendaten anzeigt und den nackten Boden ohne Vegetation oder Strukturen darstellt.

GIS: Ein Geografisches Informationssystem ist ein Rahmenwerk zur Erfassung, Speicherung, Analyse und Visualisierung von räumlichen und geografischen Daten.

Hyperspektrale Satellitendaten erfassen Bilder über Hunderte von schmalen, zusammenhängenden Spektralbändern und ermöglichen so eine detaillierte Analyse der Materialien auf der Erdoberfläche anhand ihrer einzigartigen spektralen Signaturen.

InSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar) ist eine Fernerkundungstechnik, die Radarbilder von Satelliten nutzt, um Bewegungen der Erdoberfläche mit hoher Präzision zu messen.

Landnutzung bezieht sich darauf, wie Menschen Landflächen für Aktivitäten wie Landwirtschaft, Stadtentwicklung, Industrie und Erholung nutzen.

MSWEP steht für Multi-Source Weighted-Ensemble Precipitation. Es handelt sich um einen globalen Niederschlagsdatensatz, der Beobachtungen von Regenmessern, Satellitendaten und Reanalyseprodukten kombiniert.



Multispektrale Satellitendaten erfassen Bilder über mehrere breite Spektralbänder und ermöglichen die Analyse von Land, Wasser und Vegetation durch die Erkennung von reflektiertem Licht im sichtbaren und infraroten Wellenlängenbereich.

Planet: Planetenbilder sind hochfrequente, hochauflösende Satellitenbilder, die von vielen kleinen Satelliten aufgenommen werden.

RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) ist ein mathematisches Modell zur Schätzung der Boden-erosionsraten unter Berücksichtigung von Faktoren wie Niederschlag, Bodentyp, Topographie, Landbedeckung und Bewirtschaftungspraktiken.

Sentinel-1 ist eine europäische Radar-satellitenmission, die bei jedem Wetter Tag- und Nachtbilder liefert.

Bodensenkung ist das allmähliche Absinken oder Setzen der Erdoberfläche, das oft durch natürliche Prozesse oder menschliche Aktivitäten verursacht wird.

UNESCO-Welterbestätten sind Wahrzeichen oder Gebiete, die aufgrund ihrer kulturellen, historischen, wissenschaftlichen oder natürlichen Bedeutung anerkannt sind und deren Erhaltung und Schutz vorgesehen ist.

NDVI (Normalised Difference Vegetation Index) ist ein numerischer Indikator, der Satelliten- oder Drohnenbilder verwendet, um die lebende grüne Vegetation durch Vergleich von reflektiertem Nahinfrarot- und Rotlicht zu messen.

Plejaden-Satellitenbilder sind hochauflösende Erdbeobachtungsbilder, die von der Plejaden-Satellitenkonstellation aufgenommen wurden und eine räumliche Auflösung von bis zu 50 cm bieten.

RTK GPS (Real-Time Kinematic Global Positioning System) ist eine hochpräzise Positionierungstechnik, die Satellitendaten und Echtzeitkorrekturen von einer Basisstation verwendet, um eine Genauigkeit im Zentimeterbereich zu erreichen.

Sentinel-2 ist eine europäische Erdbeobachtungsmission, die hochauflösende, multispektrale Bilder liefert.

Eine **Totalstation** ist ein Vermessungsinstrument, das elektronische Entfernungsmessung und Winkelmessung kombiniert, um Positionen und Höhen auf dem Boden genau zu bestimmen.

UTM zone ist einer von 60 Längsstreifen mit einer Breite von jeweils 6°, die im Universal Transverse Mercator-Koordinatensystem verwendet werden, um die Erdoberfläche mit minimaler Verzerrung abzubilden.

Persistent Scatterer Interferometry (PSI) ist eine fortschrittliche InSAR-Technik, die Bodenverformungen im Laufe der Zeit erkennt und überwacht, indem sie stabile Radarreflektoren, sogenannte persistente Streuer, über mehrere Satellitenbilder hinweg analysiert.

Unter **Fernerkundung** versteht man das Sammeln von Informationen über Objekte oder Gebiete aus der Ferne. Dabei werden in der Regel Satelliten oder Flugzeuge eingesetzt, um reflektierte oder emittierte Strahlung zu erkennen und zu messen.

Satellitenbilder sind Bilder der Erde oder anderer Planeten, die von Sensoren auf Satelliten erfasst werden und zur Überwachung und Analyse der Oberflächen- und Atmosphärenbedingungen verwendet werden.

Die **spektrale Auflösung** bezieht sich auf die Fähigkeit eines Sensors, zwischen verschiedenen Wellenlängen des Lichts zu unterscheiden, wobei eine höhere spektrale Auflösung schmalere und mehrere Spektralbänder erfasst.

UAV-Photogrammetrie (Unmanned Aerial Vehicle): Dabei werden mit Kameras ausgestattete Drohnen eingesetzt, um überlappende Bilder des Bodens aufzunehmen, die dann verarbeitet werden, um genaue 2D-Karten und 3D-Modelle zu erstellen.

WebGIS ist ein webbasiertes geografisches Informationssystem, das es ermöglicht, über das Internet auf räumliche Daten und Karten zuzugreifen, diese zu analysieren und zu teilen.

Dante Abate

Eratosthenes Centre of Excellence

Dank



Das **SATCULT**-Team dankt

- **„Staatliche Schlösser und Gärten Baden-Württemberg“** (SSG) für die finanzielle Unterstützung bei der Erstellung dieser Broschüre, insbesondere Frau Direktorin Patricia Alberth für thematische Aufgeschlossenheit und vielerlei praktische Unterstützung;
- den **Autor*innen der Praxisbeispiele** für die Bereitschaft zur Aufbereitung ihrer Beispiele und die vertrauensvolle Zusammenarbeit;
- den **Mitgliedern unseres Beirats** für ihre fachliche Beratung auf nationaler Ebene;
- **Frau Catherine Magnant und Herrn Arnaud Van Cutsem von der Generaldirektion Bildung und Kultur der Europäischen Kommission** in Brüssel (Belgien) für ihre organisatorische Unterstützung.

Inspirationen, Empfehlungen und Vorschläge verdankt diese Broschüre

- Alexander Siegmund, UNESCO-Lehrstuhl für Erdbeobachtung und Geokommunikation von Welterbestätten und Biosphärenreservaten, 'geo an der Pädagogischen Hochschule Heidelberg, Institut für Geographie und Geokommunikation;
- Jens Danzeglocke und Thomas Krauss, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Bonn und Oberpfaffenhofen;
- Benjamin Ducke, Deutsches Archäologisches Institut, Berlin.

Auch dafür aufrichtigen Dank.

Diese Broschüre ist auch in englischer Sprache erhältlich und wurde vom „Cultural Heritage Cluster“ des Eratosthenes Centre of Excellence in Limassol / Zypern maßgeblich zusammen gestellt. Der Dank für außergewöhnlich hohes Engagement in zeitlicher und organisatorischer Hinsicht gilt insbesondere Dante Abate, Georgios Leventis, Mahmoud Mardini und Maria Cristina Salvi.





***Kommen
Sie auf
uns zu!***



Kontakt



Dr. Karin Drda-Kühn - media GmbH (Koordinatorin)



Goethestr. 10, D-97980 Bad Mergentheim



satcult@media-k.eu



<https://satcult.eu>



<https://www.linkedin.com/groups/13118904/>



+49 7931 99 27 30