

Copernicus Satellitenprogramme für das Management, den Schutz und die Konservierung von Kulturstätten

Manfred Nawroth

Zusammenfassung

Das Copernicus-Programm der Europäischen Kommission wird mit seinen Diensten seit Jahren erfolgreich in vielen Bereichen der operationellen Erdüberwachung angewendet. Eine von der Kommission initiierte Copernicus Cultural Task Force hat nun in einer ersten umfassenden Studie den Bedarf des Programms für die Anwendung im Bereich von Kulturstätten erarbeitet und zukünftige Ziele definiert.

Abstract

With its wide range of applications, the Copernicus Programme of the European Commission has successfully served for years in numerous areas of operational global monitoring. In an initial comprehensive study, the Copernicus Cultural Task Force initiated by the Commission has now established requirements for the application of the programme in the field of cultural sites, and defined key goals for the future.

Gefährdung und Zerstörung von Kulturerbestätten

»Die Gesamtzahl der archäologischen Denkmäler in der Bundesrepublik, vom Steinbeil und dem Keramiktopf bis zum Römerkastell, wird auf rund 2 Millionen geschätzt. Die Zahl scheint auf den ersten Blick riesig groß. Auf die etwas 250.000 km² Fläche der Bundesrepublik bezogen, sind es aber nur 8 Fundstellen pro km². Davon sind bisher nur zwei tatsächlich erfasst. Und diese zwei archäologischen Denkmäler sind in etwa nur noch der 15. Teil dessen, was vor 150 Jahren vorhanden gewesen und dokumentiert war. Das heißt in anderthalb Jahrhunderten (und vor allem in den letzten 40 Jahren) sind gut 90% der Bodendenkmäler, die Jahrtausende überdauert hatten, unwiederbringlich zerstört und beseitigt worden:«¹

Dies schrieb das Deutsche Nationalkomitee für Denkmalschutz zu Beginn des 21. Jahrhunderts in einem Faltblatt. Auch in anderen Regionen Europas und der ganzen Welt sind die Denkmäler ständig Gefahren ausgesetzt. Wir alle wissen um die Gefährdung des kulturellen Erbes durch Natur, Umwelt und anthropogene Eingriffe und haben noch die schrecklichen Bilder von den Zerstörungen bedeutsamer Kulturstätten wie der Buddhastatuetten von Bamiyan in Afghanis-

tan im Jahr 2001 durch die Taliban oder in Palmyra durch den IS im Jahr 2015 vor Augen.

Gefährdung und Zerstörung von Kulturerbestätten und archäologischen Denkmälern können vielfältige Ursachen haben, viele von ihnen sind direkt oder indirekt vom Mensch gemacht, andere durch natürliche Einflüsse bedingt. Zu den anthropogenen Ursachen gehören private, gewerbliche und industrielle Bauten, Verkehrswege wie Straßen und Schienennetze, Kanäle, Leitungsbauten und Tiefbaumaßnahmen zu Lande, die einen enormen Flächenverbrauch haben. Ein weiterer Faktor ist die Ausbeutung von Rohstofflagerstätten in industriellem Umfang, die auf großen Flächen umfassende Eingriffe in Landschaft und Boden haben. Besonders die Landwirtschaft trägt zur Gefährdung von Denkmälern bei. Der Einsatz von stärkeren und tieferpflügenden Traktoren beseitigt Kulturschichten und lässt oberirdisch sichtbare Geländedenkmäler zunehmend verschwinden. Viehwirtschaft und der steigende Einsatz von Düngern tragen zu chemisch bedingten Zerstörungen an Funden und Befunden aus Kulturschichten bei. In manchen Ländern führt die durch die Landwirtschaft mitverursachte Versalzung der Böden zu Schäden an Denkmälern. Ein dauerhaftes Problem stellen Raubgrabungen dar, durch die nicht nur die Bodendenkmäler unwiederbringlich zerstört, sondern auch die darin geborgenen Kulturgüter ohne jeden wissenschaftlichen Kontext geborgen werden und danach auf dem Land-, Luft- und Seeweg in

¹ Archäologische Denkmäler in Gefahr. Faltblattreihe F 10. Deutsches Nationalkomitee für Denkmalschutz (Bonn o.J.)

den internationalen Handel von illegalem Kulturgut gelangen. Eine ebenso große Herausforderung stellen die Beschädigung und Vernichtung von Kulturstätten in Krisen- und Kriegsgebieten dar, die weltweit immer wieder zu beobachten sind. Auch der Tourismus kann zur Gefährdung archäologischer Stätten beitragen, vor allem dann, wenn eine steigende Zahl von Besuchern freien und unkontrollierten Zugang zu freigelegten Ausgrabungsstätten erhalten. Umweltfaktoren tragen ebenfalls zur Zerstörung von Bodendenkmälern bei. Feuer, Wasser und Erdbeben können sie teilweise vollständig zerstören. Wind und Wasser tragen Kulturschichten ab und ausgegrabene Bodendenkmäler unterliegen der Kraft der Erosion. Auch Schadstoffemissionen aus industrieller Produktion und Verkehrsmitteln zu Land, See und in der Luft führen in einem hohen Maß zu Beschädigungen kultureller Denkmäler. Schließlich tragen die zunehmenden klimatischen Veränderungen zu einer erheblichen Gefährdung und möglichen Zerstörung von Denkmälern bei. Dadurch verursachte Meeresspiegelschwankungen können bei einem Anstieg archäologische Spuren zu Lande überdecken und bei einem Rückgang die bislang vom Wasser bedeckten Denkmäler freilegen. In manchen Regionen der Welt führt das Abschmelzen der Gletscher dazu, dass bislang vom Eis geschützte Denkmäler und menschliche Hinterlassenschaften an die Oberfläche gelangen und dort dem Verwitterungsprozess der Natur ausgesetzt werden. Dramatisch zeigt sich dieser Prozess auch beim Auftauen der Permafrostböden in der Arktis wie es gerade in Sibirien zu beobachten ist. Die dort auf riesigen Flächen in den aufgetauten Böden an die Oberfläche gelangenden Relikte sind kaum zu dokumentieren, geschweige denn für die Nachwelt zu sichern.

Zahlreiche internationale Richtlinien und Konventionen zum Denkmal- und Kulturgüterschutz sind in der Vergangenheit verhandelt worden. Bereits im 19. Jahrhundert erkannte man die Gefährdungen des archäologischen und historischen Erbes und die Notwendigkeit seines Schutzes zum Erhalt als Gedächtnis der Menschheitsgeschichte. Vor allem seit der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurden wichtige Resolutionen verabschiedet und Übereinkünfte geschlossen. Zu nennen sind vor allem die Haager Konvention zum Schutz von Kulturgut bei bewaffneten Konflikten von 1954 (UNESCO), das Europäische Abkommen zum Schutz des archäologischen Kulturgutes aus dem Jahr 1969 (Europarat), das UNESCO-Übereinkommen über Maßnahmen zum Verbot und zur Verhütung der unzulässigen Einfuhr, Ausfuhr und Übereignung von Kul-

turgut 1970, das UNESCO-Übereinkommen zum Schutz des Kultur- und Naturerbes der Welt von 1972, das besonders bedeutsame Europäische Übereinkommen zum Schutz des archäologischen Erbes von La Valletta/Malta (Europarat 1992 revidiert), das 2002 von der Bundesrepublik Deutschland ratifiziert wurde und damit in die Gesetze der einzelnen Bundesländer umgesetzt werden muss, die UNESCO-Resolution zum Schutz des Kultur- und Naturerbes der Welt von 1999 und schließlich die UNESCO-Konvention zum Schutz des Kulturerbes unter Wasser, die von der Bundesrepublik Deutschland noch nicht ratifiziert ist. Für den Schutz und Erhalt archäologischen Kulturguts und der Denkmäler treten weltweit vor allem UNESCO, ICOMOS und ICOM ein, auf europäischer Ebene engagieren sich u. a. das Europae Archaeologiae Consilium (EAC) und die European Association of Archaeologists (EAA). In der Bundesrepublik Deutschland liegt der Schutz und Erhalt des archäologischen Kulturguts und der Bodendenkmäler vornehmlich in der Zuständigkeit der Bundesländer und wird in den jeweiligen Denkmalschutzgesetzen geregelt. Die Umsetzung erfolgt über die in den Ländern zuständigen Landesdenkmalämter, die sich bundesweit als Verband der Landesarchäologen (VLA) zusammenschließen und austauschen und als Verband 2001 Leitlinien zur Archäologischen Denkmalpflege veröffentlicht hat.² Für den Schutz des archäologischen Erbes setzt sich darüber hinaus vor allem das Deutsche Nationalkomitee für Denkmalschutz (DNK), aber auch der Deutsche Verband für Archäologie (DVA) sowie die Deutsche UNESCO-Kommission, ICOMOS Deutschland und ICOM Deutschland ein. 2016 wurde auf Initiative der Beauftragten für Kultur und Medien (BKM) schließlich das deutsche Kulturgutschutzrecht modernisiert und an europäische und internationale Standards angepasst.³ Es vereint erstmals alle bundesweit geltenden Bestimmungen zum Abwanderungsschutz und zur Rückgabe von Kulturgut in einem einheitlichen Gesetz. Ein wesentliches Ziel ist es, dem international tätigen illegalen Handel mit beweglichem Kulturgut entgegenzuwirken.

Sich für den Schutz und Erhalt archäologischer Denkmäler bundes-, europa- und weltweit einzusetzen, ist

² http://www.dnk.de/_uploads/media/226_2001_VdA_LeitlinienArchaeologie.pdf

³ S. dazu: DIE BEAUFTRAGTE DER BUNDESREGIERUNG FÜR KULTUR UND MEDIEN (Hrsg.), Das neue Kulturgutschutzgesetz. Handreichung für die Praxis (Rostock 2017).

eine wahre Herkulesaufgabe. Dazu ist es notwendig, den Bestand der Denkmalstätten bestmöglich zu kennen. In der Bundesrepublik Deutschland versuchen die Landesarchäologien eine möglichst vollständige Bestandsaufnahme der Bodendenkmäler und archäologischen Funde durchzuführen, zu kartieren und in Datenbanken zu erfassen. Dazu gehören auch sogenannte Negativkartierungen, also der Ausweis von Flächen die durch moderne Zerstörung, Unterkellerung und Bebauung im Stadt- und Landbereich archäologisch als »tote« Flächen auszuweisen sind. Ein traditionell wichtiges und bis heute unersetzliches Instrument archäologische Stätten zu entdecken, zu erkunden und mögliche Gefährdungen festzustellen ist die Begehung im Gelände sowie unter Wasser die Taucherkundung. Vielfach helfen hierbei auch chemische und physikalische Prospektionsmethoden wie die Phosphatanalyse, geomagnetische Messungen, der Einsatz von Georadar oder seismologische Messungen. Seit der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts ist die Luftbildarchäologie ein erfolgreiches Mittel zur Prospektion archäologischer Denkmäler. Seit einigen Jahren setzt man bei der Erkundung und dem Monitoring von Bodendenkmälern zunehmend Drohnen ein, die vor allem lokal begrenzt schnelle und umfangreiche Ergebnisse liefern können. Seit Jahren werden auch von verschiedenen international tätigen Anbietern angefertigte Satellitenbilder in der Archäologie genutzt, u.a. um noch nicht ausgegrabene Siedlungsstrukturen oder Zerstörungen durch Raubgrabungen oder Infrastrukturmaßnahmen zu erkennen. Solche Aufnahmen halfen z.B. 2015 um schnell die dramatischen Zerstörungen in Palmyra festhalten und dokumentieren zu können.⁴ Das Copernicus-Programm soll bei der Nutzung und Anwendung von Satellitendaten im Kulturbereich zukünftig über diese Form der Anwendung hinausgehen. Bevor darauf eingegangen wird, soll kurz das Programm und seine bisherigen Anwendungsbereiche vorgestellt werden

Das Copernicus-Programm

2001 beschloss die Europäische Union (EU) zusammen mit den Mitgliedsstaaten und der Europäischen Raumfahrtagentur (ESA) den Aufbau der globalen Umwelt- und Sicherheitsüberwachung »Global Monitoring for Environment and Security (GMES)«, die 2012 in Copernicus umbenannt wurde. 2013 legte man fest, dass die Daten für jedermann offen und frei zur Verfügung stehen sollen. Am 1. Januar 2014 trat schließlich die EU-Verordnung zur Einrichtung des Copernicus-Programms mit dem Ziel in Kraft, dass

dieses als operationelles Erdbeobachtungssystem für Europa wirken und grenzüberschreitend politische Entscheidungsprozesse der EU und ihrer Mitgliedsstaaten unterstützen soll. Bald darauf startete der erste Sentinel-Satellit vom europäischen Weltraumbahnhof in Kourou in die Erdumlaufbahn.

Die bis heute eingerichteten Services des Programms sind an die Bedürfnisse der Nutzer angepasst und decken vorrangig die Bereiche Umwelt, Klimaschutz, nachhaltige Entwicklung, humanitäre Hilfe sowie sicherheitsrelevante Themen ab. Copernicus umfasst dabei die miteinander vernetzten Komponenten neuer satellitengestützter Erdbeobachtungssysteme (die Sentinel-Satelliten) und die Nutzung von vorhandenen Erdbeobachtungssystemen in Europa, boden- und luftgestützte Beobachtungssysteme (sogenannte in-situ Komponente), Bodensegment, Informations- und Datenmanagement sowie Kern-Geoinformationsdienste.⁵

Die von Copernicus heute bereitgestellten Dienste lassen sich in sechs Bereiche unterteilen:⁶

1. Landüberwachung: Der Dienst zur Landüberwachung stellt geografische Informationen bereit sowie Daten zu Eigenschaften und Zustand der Landoberfläche inklusive der Binnengewässer – von der lokalen bis zur globalen Ebene.
2. Überwachung der Meeresumwelt: Dieser Dienst liefert Daten und Produkte, mit denen der international vereinbarte Schutz der Meere umgesetzt werden kann. Auch der Schutz von Seewegen und Küstenregionen wird hiermit unterstützt. Zudem dienen die Daten als wichtiger Bestandteil zum Beispiel bei Wetter- und Klimavorhersagen.
3. Überwachung der Atmosphäre: Der Service informiert über die globale Verteilung atmosphärischer Spurenstoffe, insbesondere Spurengase und Aerosole (Feinstaub). Dies dient insbesondere dazu, Verbesserungsmaßnahmen für die Luftqualität zu unterstützen und die Wirkung von Maßnahmen zur Luftreinhaltung zu dokumentieren.
4. Unterstützung des Katastrophen- und Krisenmanagements: Hier werden satellitenbasierte Informationen zur Bewältigung von Naturkatastrophen wie

⁴ B. JUNG/G. SCHREIER/G. STRUNZ, Sehen, was nicht verborgen bleiben darf. Der Welt Erbe im Blick von Satelliten. DLR Magazin 150, 2016, 23–27.

⁵ I. EHLERT/CH. SCHWEITZER (Hrsg.), Copernicus für das Umweltmonitoring. Eine Einführung (Hamburg 2018).

⁶ <https://www.copernicus.eu/de/dienste>

etwa Erdbeben, Vulkanausbrüchen oder Überflutungen sowie für humanitäre Einsätze zur Verfügung gestellt. Dazu gehören etwa Schadens- oder Referenzkarten, aber auch Vorhersagen von Hochwasserlagen an europäischen Flüssen.

5. Überwachung des Klimawandels: Dieser Dienst ist im Aufbau. Er wird europäische und nationale Entscheidungsträger dabei unterstützen, den Klimawandel und seine Folgen zu erfassen und zu bewerten. Seine Informationen unterstützen die Entwicklung von Strategien und politischen Maßnahmen zur Anpassung (Adaptation) an den Klimawandel.

6. Sicherheit: Ein Sicherheitsdienst ist ebenfalls im Aufbau. Thematische Schwerpunkte werden die Überwachung der EU-Außengrenzen und des Schiffsverkehrs sowie die Unterstützung von EU-Einsätzen außerhalb der Europäischen Union sein. Die Informationen der Dienste ermöglichen Anwendungsmöglichkeiten in vielen öffentlichen und ökonomischen Bereichen, etwa der Energieversorgung, Landwirtschaft, Raumordnung, Katastrophenhilfe und dem Verkehrssektor.

In Deutschland ist seit 2014 das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) zuständig für die Entwicklung des Copernicus-Programms, koordiniert nationale Begleitmaßnahmen und unterstützt in Deutschland die Implementierung mit Förderprogrammen. Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) begleitet für die Bundesregierung und im Auftrag des BMVI das Programm. Im September 2017 hat das Kabinett eine »Copernicus Strategie der Bundesregierung« beschlossen, die eine erfolgreiche Umsetzung des Copernicus-Programms in Deutschland und Europa vorsieht.⁷ Die bisherigen Anwendungsbereiche des Copernicus-Programms sind vielfältig und umfassen u. a. wichtige Bereiche wie Landwirtschaft, Umwelt- und Naturschutzmonitoring, Meeresforschung, globale Umwelt- und Entwicklungspolitik, Risiko- und Krisenmanagement, Fragen der Sicherheit, Verkehrsüberwachung zu Land und See oder den Klimawandel – bisher nicht oder nur am Rande berücksichtigt war das kulturelle Erbe.

Copernicus Satellitenprogramme und der Schutz von Kulturerbe

Satellitenbilder sind für die archäologische Forschung schon seit Jahren Bestandteil einer Überwachung von Bodendenkmälern. Über die einfache Nutzung solcher Fotos hinaus ist es ein Anliegen, das aktuelle und zukünftige Potenzial von Daten, Diensten und Produkten des Copernicus-Satellitenprogramms zur Unterstützung der Überwachung und des

Schutzes des kulturellen Erbes zu bewerten. Die Europäische Kommission hatte hierfür eine Studie in Auftrag gegeben, die 2018 von PricewaterhouseCoopers (PwC) unter dem Titel »Copernicus services in support to Cultural Heritage« vorgelegt wurde.⁸ Hierbei ging es um die Identifikation spezieller neuer Produkte oder Änderungen bestehender Produkte im bestehenden Copernicus-Portfolio. Auf Grundlage dieser Studie wurde vom Copernicus User Forum eine vom italienischen Ministerium für Kulturerbe und Aktivitäten sowie für Tourismus koordinierte »Copernicus Cultural Force Task Force« mit Experten aus den Bereichen Kulturerbe und Erdbeobachtung aus 15 Mitgliedsstaaten ins Leben gerufen – von deutscher Seite waren dies vor allem Benjamin Ducke vom Deutschen Archäologischen Institut und Manfred Nawroth für die Stiftung Preußischer Kulturbesitz. Sie nahm ihre Arbeit im Februar 2019 mit einem ersten Treffen in Rom auf und legte im März 2020 unter dem Titel »Report on the user requirements in the Copernicus domain to support Cultural Heritage management, conservation and protection« einen umfassenden Bericht vor.⁹ Hauptsächliche Ziele waren, die besten Optionen der PwC-Studie zu identifizieren, für eine Erleichterung des Zugangs der Kulturerbe-Community zu Copernicus-Produkten zu sorgen und eine Identifikation spezieller neuer Produkte oder Änderungen bestehender Produkte im Copernicus-Portfolio vorzunehmen. Es werden auch nachhaltige Maßnahmen und Strategien für die Integration von Erdbeobachtungstechnologien in das Management des kulturellen Erbes empfohlen. Auf dieser Grundlage setzte die Task Force eine größere Anzahl von Benutzeranforderungen auf und lieferte ein strukturiertes Modell zur Analyse ihrer Kompatibilität mit den Copernicus-Diensten. Der Bericht wurde der Europäischen Union zur Verfügung als Grundlage für eine Prüfung zur Verfügung gestellt, um zu ermitteln, wie bestehende Copernicus-Dienste für den Kulturbereich genutzt werden können und ob es Anpassungen und Neuentwicklungen geben muss. Auf deutscher Ebene haben auf ministerieller Seite das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, das Auswä-

⁷ https://www.d-copernicus.de/fileadmin/Content/pdf/170913_Copernicus_Strategie_der_Bundesregierung.pdf

⁸ EUROPEAN COMMISSION (Hrsg.), Copernicus services in support to Cultural Heritage (Brussels 2018).

⁹ Report on the user requirements in the Copernicus domain to support the Cultural Heritage management, conservation and protection (2019).

tige Amt und die Beauftragte für Kultur und Medien sowie auf fachlicher Seite das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt, das Deutsche Archäologische Institut und die Stiftung Preußischer Kulturbesitz aktiv an den Umsetzungen mitgewirkt bzw. diese unterstützt.

Gepprüft wurde u.a. die Machbarkeit von drei Szenarien. Option 1 zielt auf die Nutzung vorhandener Kernprodukte, Daten und Informationen, die für Anwendungen im Bereich des Kulturerbes geeignet scheinen, betont aber die Existenz solcher Produkte durch Sensibilisierung (kein Budget zugewiesen). Als Option 2 stuft die Expertengruppe die Schaffung einer spezifischen Benutzeroberfläche in Form einer webbasierten Plattform ein, die vollständig dem kulturellen Erbe gewidmet ist und auf der Benutzergemeinschaften vorhandene Copernicus-Daten und -Informationen finden können. Mit Option 3 kann zusätzlich zu den bestehenden ein Copernicus-Dienst geschaffen werden, der ausschließlich dem kulturellen Erbe gewidmet ist. Als ein Ergebnis der Analyse kann man festhalten, dass die Mehrheit der aktuellen Produkte die identifizierten Anforderungen erfüllt, und es scheint klar zu sein, dass kein neuer Kerndienst für die Überwachung des kulturellen Erbes erforderlich ist.

Der Bericht der Task Force soll unter anderem wichtige Ideen und Konzepte vermitteln, wie Copernicus die Verwaltung und den Schutz des kulturellen Erbes unterstützen kann. Dazu gehören:

1. Integrierte Pläne, Entscheidungshilfen und -modelle werden die verschiedenen Bereiche des Kulturerbes (gebaut und natürlich) zusammenführen, um die Effektivität zu fördern, Innovationen anzuregen und die Herausforderungen des Klimawandels und des Massentourismus anzugehen. Bei der Lieferung von Produkten, die für die Nutzergemeinschaft des Kulturerbes geeignet sind, sollte dieser spezielle Bedarf berücksichtigt werden.
2. Es sollte ein Beirat für das Europäische Kulturerbe eingerichtet werden, der sich aus Expertenvertretern aller EU-Mitgliedstaaten zusammensetzt, um das Copernicus-Benutzerforum über die Bedürfnisse der Benutzer des Kulturerbes zu informieren. Der Beirat für das kulturelle Erbe wäre offen für die freiwillige Teilnahme von Mitgliedstaaten. Die Einrichtung eines solchen Beratungsgremiums würde den Informationsaustausch über die Erdüberwachungspraktiken und die gemeinsamen Anforderungen zum Schutz des Kulturerbes unterstützen und zu einer weiteren Entwicklung der Copernicus-Produkte führen. Darüber hinaus könnte die Integration der Forschungsgeb-

nisse und der Anforderungen der öffentlichen Einrichtungen zur Definition und Entwicklung neuartiger Anwendungen durch die europäische Industrie beitragen.

3. Um eine Gruppe von Fachleuten für Kulturerbe mit Kenntnissen in den Bereichen Überwachung, Erhaltung und Schutz des Kulturerbes zu bilden, sollte die Kommission einen Beitrag leisten, indem sie akademische Kurse fördert, die sowohl Kenntnisse über Erdbeobachtungs- als auch Copernicus-Überwachungs-kapazitäten umfassen.

4. Eine europäische langfristige Strategie in Bezug auf die Erdbeobachtungskapazität für die Überwachung und den Schutz des Kulturerbes sollte mit einem entsprechenden Fahrplan ausgearbeitet werden.

5. Copernicus hat ein hohes Potenzial den Markt für kulturelles Erbe erheblich zu fördern. Das Potenzial offener Märkte und kommerzieller Initiativen in der Archäologie wird bereits in einigen EU-Ländern ausgeschöpft, in denen die archäologischen Arbeitsmärkte besonders stark sind und Bürger und Unternehmer einbeziehen. Die Schaffung einer gemeinsamen Plattform, auf der verschiedene Akteure (Benutzer und Anbieter) für die Definition und Entwicklung von auf Benutzeranforderungen basierenden Diensten interagieren können, würde den Marktentwicklungsprozess unterstützen.

Für eine wirksame Erhaltung von Kulturerbestätten in Zeiten des Klimawandels, des Massentourismus und zunehmender Umweltgefahren werden die Instrumente der Fernerkundung eine zunehmend wichtige Rolle einnehmen und sollten vollständig in die EU-weite Praxis der Bewirtschaftung des Kulturerbes integriert werden. Bisher sind die Anwendungen im Kulturbereich gegenüber anderen aber noch unterrepräsentiert. Aus Sicht des Managements des kulturellen Erbes ist klar, dass eine Katalysatorinvestition sowohl von öffentlichen als auch von privaten Akteuren der Mitgliedstaaten erforderlich ist, um den Markt für nachgelagerte Produkte zu vergrößern, die im professionellen Sektor des kulturellen Erbes genutzt werden sollen.

Aus der durchgeführten Analyse geht hervor, dass die meisten der identifizierten Benutzeranforderungen aus dem institutionellen Bereich stammen, wobei die Benutzer für die Verwaltung des Kulturerbes verantwortlich und für die Erfüllung nationaler, europäischer und internationaler Verpflichtungen verantwortlich sind.

Über viele Jahrzehnte hinweg konnte das Potenzial der Fernerkundung in der Archäologie und im kulturellen Erbe nur in begrenzten Fallstudien und bei-

spielhaften Anwendungen untersucht werden. Da das kulturelle Erbe eines der europäischen Vermögenswerte ist, sollte es von Copernicus durch einen systematischen Überwachungsansatz, der auf den von den Nutzern geäußerten Anforderungen basiert, konsequent unterstützt werden. Darüber hinaus besitzt das Copernicus-Programm die Fähigkeit, als Katalysator für einen Prozess zu fungieren, der in Kürze unterstützt wird.

Zusammenfassend sollte jede geplante Copernicus-Unterstützung das Natur- und Kulturerbe bei der Gestaltung oder Anpassung von Produkten gemeinsam berücksichtigen. Unser bauliches Erbe und unsere natürliche Umwelt haben sich über unzählige Generationen hinweg gemeinsam entwickelt, sind untrennbar miteinander verbunden und können nur gemeinsam geschützt und wirksam erhalten werden. Ein solcher ganzheitlicher Ansatz für die Bewirtschaftung des Kulturerbes fördert nicht nur Innovation und Effizienz durch gegenseitige Befruchtung und Harmonisierung der Bewirtschaftungspraxis, sondern ist auch ein idealer Ausgangspunkt für bereits entwickelte Fernerkundungstechnologien und abgeleitete Überwachungsprodukte für verschiedene Anwendungsbereiche.

Beispiel einer möglichen Anwendung bei den Staatlichen Museen zu Berlin

Die archäologischen Museen der Staatlichen Museen zu Berlin – Preußischer Kulturbesitz besitzen umfangreiche Sammlungen zur Archäologie Europas, Ägyptens, des Vorderen Orients und angrenzender Gebiete. Eine lange Tradition haben die beteiligten Museen (Ägyptisches Museum und Papyrussammlung, Museum für Islamische Kunst, Museum für Vor- und Frühgeschichte, Vorderasiatisches Museum) auch bei der Erforschung und dem Erhalt von Denkmälern in diesen Regionen.

Die Bestände des Vorderasiatischen Museums umfassen beispielsweise zum größten Teil Funde aus regulären deutschen und englischen Ausgrabungen in Syrien und dem Irak, die von Mitte des 19. Jahrhunderts an unternommen worden. Durch die Grabungsdokumentation und publizierten Grabungsberichte lassen sich viele Artefakte aus den Museumsbeständen genau in den Ruinenstätten verorten. Die umfangreichen Fotobestände zeigen die Grabungsbefunde nach der Ausgrabung und den Zustand von Architektureinheiten nach Erhaltungsmaßnahmen an archäologischen Stätten, die heute zunehmender Gefahr durch Krieg und Vandalismus ausgesetzt sind.

In Syrien können beispielhaft Tell Halaf und Palmyra genannt werden. Tell Halaf war zu Beginn des 1. Jahrtausends v.Chr. Hauptstadt des aramäischen Fürstentums Bit Bachiani und seit dem Ende des 9. Jahrhunderts v.Chr. assyrische Provinzhauptstadt mit zwei Palästen im Bereich der Zitadelle. Der sogenannte Westpalast und der assyrische Gouverneurspalast wurden durch deutsche Ausgrabungen 1911–1913, 1929 und deutsch-syrische Ausgrabungen 2006–2010 untersucht. Die Steinbildwerke des Westpalastes aus dem frühen 1. Jahrtausend v.Chr. (Orthostaten und Skulpturen) befinden sich aufgrund von Fundteilungen 1927 zum Teil im Vorderasiatischen Museum. Die in Syrien verbliebenen Funde werden im Museum Aleppo aufbewahrt. Die durch den IS schwer geschädigte Oasenstadt Palmyra erlebte ihre Blütezeit im 1. Jahrhundert n.Chr. als Teil der römischen Provinz Syria. Unter Königin Zenobia im 3. Jahrhundert n.Chr. wurde Palmyra kurzzeitig Widersacher Roms. Das Vorderasiatische Museum besitzt durch Ankäufe Grabreliefs aus den Grabtürmen der Westnekropole. Es ist bekannt, dass gerade Palmyra durch die Zerstörungen des IS schwer gelitten hat. Beide Beispiele zeigen, dass Museen mit herausragenden Sammlungen und wissenschaftlicher Vernetzung wichtige Beiträge zur Erforschung archäologischer Stätten im Vorderen Orient liefern können und zugleich mit ihrer Archivadokumentation zum Monitoring gefährdeter Stätten beitragen können. Ähnlich ist die Lage für Stätten im Irak. Nimrud war z.B. die assyrische Hauptstadt im 9. Jahrhundert v.Chr. Aus dem Nordwest-Palast Assurnasirpals II. befinden sich Alabasterreliefs im Vorderasiatischen Museum. Die Ruinenstädte, etwa 20 km südlich von Mossul gelegen, litt unter starken Zerstörungen durch den IS im Jahre 2015. Aus dem gleichen Kulturraum hat das Museum für Islamische Kunst umfangreiche Sammlungen zur islamischen Kunst und Geschichte. Seit Jahren führt das Museum zudem Projekte zur Dokumentation gefährdeter Denkmäler durch. Genannt seien hier: Das »Herat-Survey Project. Ancient Herat: Documentation of Monuments and Sites in Herat Province« wird in Kooperation mit dem Deutschen Archäologischen Institut Berlin und dem Dept. of Monuments and Sites in Afghanistan durchgeführt. Bisher wurden archäologische Surveys, Kartierung mit digitalem Geländemodell, Atlogis natural color Landsat 7 Satellitenbild und Luftbildern an den Stätten gefertigt. Satellitenbilder werden zur Ergänzung der terrestrischen Prospektion und des bisher vorliegenden Bildes von 2011 benötigt. Beim Projekt »3D Modell als Planungsgrundlage für die Diskussion zum

Wiederaufbau des Basars von Aleppo: Aufbau einer syrischen Experten – und Nachwuchsgruppe« wird in Kooperation mit der OTH Regensburg und unter Einbeziehung syrischer Doktoranden u.a. ein digitales 3D Modell des Basars von Aleppo generiert. Satellitenbilder werden für die Erstellung eines digitalen Geländemodells, zur Ermittlung der Geländehöhen, zur Ermittlung von Gebäudehöhen und zur Überprüfung unklarer Gebäudezuschnitte verwendet. Beides sind wichtige Projekte, bei denen zukünftig bei der Schadens- und Gefährdungsdokumentation die Copernicus-Dienste nützliche Dienste erweisen könnten.

Das Ägyptische Museum und Papyrussammlung besitzt aus alten Grabungen eine umfangreiche Sammlung verschiedener Epochen aus dem am unteren Nil gelegenen Grabungsort Abusir el-Meleq. Dort sind seit 2011 umfassende Raubgrabungen und Plünderungen zu beobachten. Die am unteren Nil gelegene Oase Fajum und seine Geschichte werden Thema einer zukünftigen, großen Sonderausstellung des Ägyptischen Museums, der Antikensammlung und des Museums für Byzantinische Kunst sein, die 2023–2024 im Humboldtforum stattfinden soll. Bei dieser umfassenden Darstellung spielt die klimatische Veränderung des Oasenraumes seit der Antike eine große Rolle und insbesondere auch die aktuellen Folgen der intensiven Bewässerung bei gleichzeitigem Fortschreiten der Aridisierung. Satellitengestützt durch Copernicus-Daten könnten hier die Veränderungen durch künstliche Bewässerung, Klimawandel und deren Auswirkungen auf antike Stätten und ihre Bedrohung gezeigt werden.

Das Museum für Vor- und Frühgeschichte ist seit 2007 federführend an einem internationalen und von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Forschungsprojekt an der größten bronzezeitlichen Fundstelle Europas beteiligt. Dabei handelt es sich um die befestigte Großsiedlung Cornești-Iarcuri im rumänischen Banat. Vier Befestigungswälle mit einer Gesamtlänge über 33 km umfassen eine Fläche von ca. 17,7 km². Sie sind heute zu weiten Teilen überirdisch zwar noch sichtbar, jedoch ist ihr Bestand durch die industrielle Landwirtschaft und Erosion in dieser Region mittel- bis langfristig massiv gefährdet. Es ist davon auszugehen, dass sie in ca. 20 bis 30 Jahren nahezu vollständig verschwunden sein werden. In den vergangenen Jahren konnten zahlreiche Daten zum Bestand der Anlage gesammelt werden, darunter 3D Airborne Laserscans, Orthofotos und weitere vermessungstechnische Dokumentationen. Von der Anlage

selbst existieren auch historische Luftbildaufnahmen der Deutschen Luftwaffe aus dem Zweiten Weltkrieg und zahlreiche kartografische Wiedergaben aus verschiedenen Jahrzehnten und Jahrhunderten. All dieses Material führt uns vor Augen, in welchem Maße und in welcher Geschwindigkeit die Anlage von der Oberfläche »verschwindet« und wie drängend der Bedarf einer umfassenden Dokumentation des noch vorhandenen Bestandes ist. Je höher der Grad der Dokumentation des Zerstörungsprozesses ist, desto höher ist die Möglichkeit Bewusstsein zu schaffen und Schutzkonzepte verwirklichen zu können. Die Copernicus-Dienste bieten auch hier eine hervorragende Ergänzung beim Monitoring archäologischer Stätten. Wie diese Beispiele von archäologischen Fundstellen mit Sammlungen in den Staatlichen Museen zu Berlin zeigen, hat die Sichtung und Auswertung der aktuellen und historischen Dokumentation der Ausgrabungsstätten ein hohes Potenzial als Datengrundlage für das Monitoring von Kulturerbestätten in Verbindung mit weltraumgestützten Satellitendaten aus dem EU Copernicus-Programm. Diese können durch die regelmäßige Überwachung des Territoriums genaue und zeitnahe Messungen zu Veränderungen und Gefahren für weitere Untersuchungen und Analysen an den erdbeobachteten Orten liefern. Bisher ist die Anwendung der Copernicus-Dienste für den Kulturbereich und die Verfügbarkeit von Satellitenbildern mit sehr hoher Auflösung, mehr Spektralbändern und kürzerer Wiederholungszeit noch begrenzt. Für die Zukunft ist es wichtig hierfür einen größeren Verfügbarkeit zu erreichen und damit die Wirksamkeit des Überwachungssystems und ein echtes Warnsystem für natürliche und strukturelle Bedrohungen zu realisieren. Die Implementierung des Copernicus-Programms für den Kulturbereich kommt in der Zukunft eine hohe Bedeutung zu.

