



# MUSEUMSKUNDE

FACHZEITSCHRIFT FÜR DIE MUSEUMSWELT

Die Fachzeitschrift *Museumskunde* bietet vertiefende, vielseitige Positionen zu aktuellen museumsspezifischen Themen. Die Zeitschrift wurde 1905 als Ausdruck der Zusammengehörigkeit von Museumsfachleuten gegründet und setzt sich seitdem mit relevanten Themen für das Museumswesen auseinander. Die *Museumskunde* wird seit 1917 vom Deutschen Museumsbund herausgegeben.

[www.museumsbund.de](http://www.museumsbund.de)

ISSN 0027- 4178

# MUSEUMSKUNDE

1/2021

FACHZEITSCHRIFT FÜR DIE MUSEUMSWELT



**Die Soziale  
Dimension  
der Nachhaltigkeit**

**Umwelt- und  
Klimaschutz**

# Digitales Nachhaltigkeitsmanagement im Museum

Von CONSTANZE FUHRMANN



ABB. 1 — Digitale Abbilder sind zentral für besseres Gebäudemanagement (Vatikan Museum). Foto © Michele Bitetto on Unsplash.

**Angesichts der großen Herausforderungen, die der Klimawandel an alle gesellschaftlichen Bereiche stellt, müssen auch Museen einen Beitrag zu mehr Nachhaltigkeit leisten. Dies bedingt ein ganzheitlich gedachtes und implementiertes Nachhaltigkeitsmanagement. Digitale Technologien sind hierfür zentrale *Enabler* und ermöglichen ein intelligentes Monitoring sowie eine bessere Aussteuerung von relevanten Prozessen. Von smartem Gebäudemanagement, über intelligente Logistik- und Prozessplanung im Rahmen des Sammlungs- und Verleihmanagements bis hin zu neuen Formen der Vermittlung bieten sie zahlreiche Anknüpfungspunkte für Museen zur Optimierung ihrer Nachhaltigkeitsbilanz. Der Artikel gibt einen Überblick über den aktuellen Stand, wie zum Beispiel IoT, KI oder Blockchain in Museen genutzt werden können, um den eigenen ökologischen Fußabdruck zu verkleinern. Besprochen werden auch typische Fallstricke im Museumskontext.**

Nachhaltigkeit hat sich angesichts globaler Herausforderungen wie insbesondere dem Klimawandel zu einem Megathema und strategischem Imperativ für Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Kultur entwickelt. Während umfassende Konzepte der Nachhaltigkeit in der Regel auf die drei Dimensionen Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft als relevante Handlungsfelder verweisen und damit einem mehrschichtigen Nachhaltigkeitsbegriff nutzen, steht im allgemeinen Verständnis vor allem der Umweltbezug im Vordergrund. Nachhaltigkeit bezieht sich hier primär auf einen möglichst schonenden und effizienten Umgang mit Ressourcen mit dem Ziel, den eigenen ökologischen Fußabdruck zu verringern.

Der Aufruf, in diesem Sinne nachhaltig zu sein, erreicht auch die rund 55.000 Museen weltweit. Dies erfordert Anstrengungen im Rahmen des eigenen Vermittlungsauftrags, also eine stärkere Einbeziehung von Nachhaltigkeitsthemen in Ausstellungskonzepte und die eigene Bildungsarbeit mit dem Ziel, das Bewusstsein für Res-

sourcenschonung zu erhöhen.<sup>1</sup> Notwendig ist jedoch auch ein umfassend gedachtes und ganzheitlich implementiertes Nachhaltigkeitsmanagement, das auf Basis von definierten Zielen eine Planung und Steuerung der unterschiedlichen Aspekte der Museumsarbeit im Hinblick auf Ressourceneffizienz und Verringerung des eigenen ökologischen Fußabdrucks erlaubt. Hierbei können gerade digitale Technologien einen wichtigen Beitrag leisten, denn sie ermöglichen ein intelligentes und vernetztes Monitoring relevanter Datenpunkte sowie eine effizientere Steuerung zahlreicher Prozesse und Workflows in der Museumsarbeit. Damit bietet die Digitalisierung von Museen neben neuen Formen der Interaktion und Vermittlung auch vielfältige Anknüpfungspunkte für die Optimierung ihrer Nachhaltigkeitsbilanz. Im Folgenden werden innovative Ansätze für den Einsatz digitaler Technologien in drei zentralen Handlungsbereichen der Museumsarbeit aufgezeigt und beispielhaft illustriert.

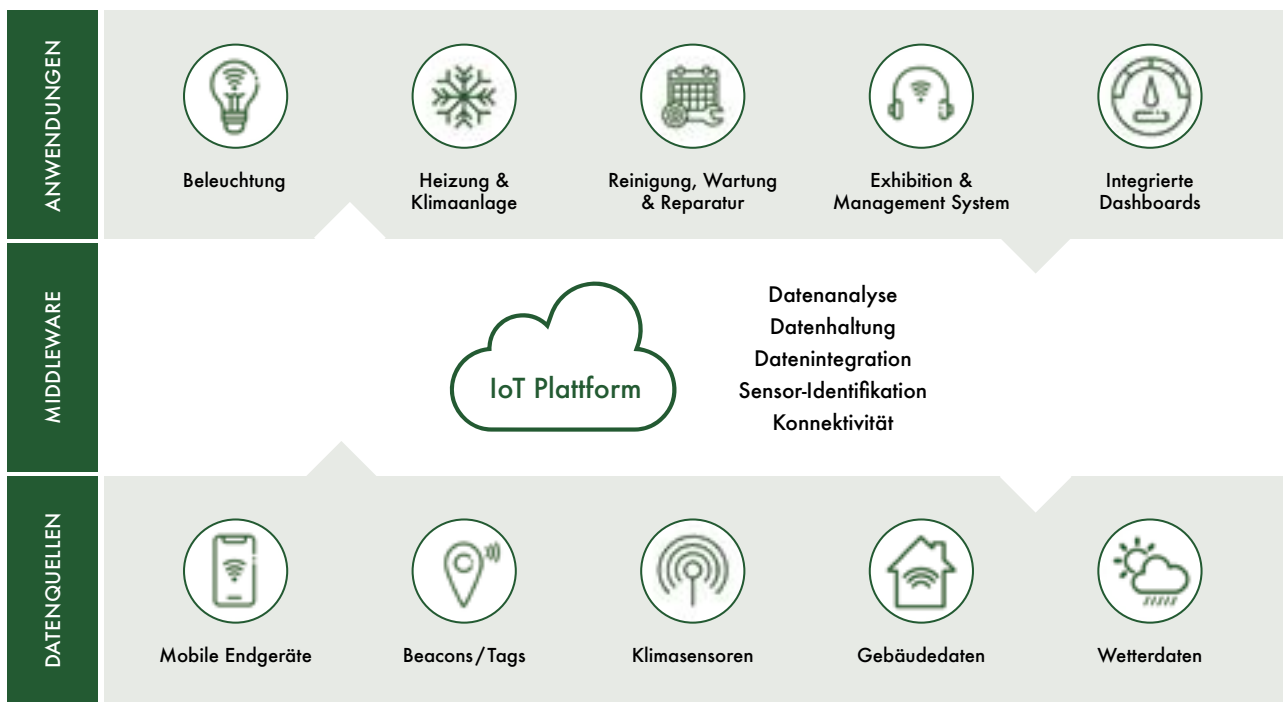


ABB. 2 — Schaubild einer digitalen Infrastruktur.

© Constanze Fuhrmann.

DIGITALES GEBÄUDE- UND INFRASTRUKTURMANAGEMENT  
Museen sind vor allem physische Orte. Entsprechend stellt die Bewirtschaftung von Gebäuden und Liegenschaften einen zentralen Teil des Museumsmanagements dar. Auch unter Gesichtspunkten der Nachhaltigkeit sind Gebäude-, Raum- und Flächenmanagement zentrale Einflussgrößen auf die ökologische Bilanz, in die Energie-, Wasser- und andere Verbräuche eingehen. Unter dem Oberbegriff *Smart Building* haben sich zahlreiche Ansätze für einen ressourceneffizienteren Betrieb von Gebäuden etabliert, bei denen digitale Technologien kombiniert zum Einsatz kommen. Kerngedanke ist ein kontinuierliches Monitoring relevanter Betriebsdaten aus dem Gebäude wie Raumtemperatur, Luftfeuchtigkeit, aktuelle Besucher\*innen- beziehungsweise Belegungszahlen mit Hilfe von entsprechender Sensorik. Der zugrunde liegende Ansatz ist der des Internet of Things (IoT), also einer konsequenten Vernetzung von Sensoren und Aktoren auf Basis einer Datenplattform, die die Zusammenführung und Auswertung der gesammelten Daten sowie die Ableitung von Steuerungsbeehlen erlaubt.<sup>2</sup> Kombiniert mit externen Informationen wie Tageszeit, Lichtverhältnisse und Wetterdaten lässt

sich so eine nutzungs- und kontextabhängige Steuerung von Licht-, Heizungs- und Klimaanlage realisieren, die beispielsweise die Raumtemperatur automatisch danach reguliert, wie viele Besucher\*innen sich in einem Ausstellungsbereich befinden. So installierte das Metropolitan Museum of Art in New York bereits 2011 großflächig IoT-Sensoren in Archiv- und Ausstellungsräumen, um eine bessere Steuerung der Umgebungsbedingungen zu ermöglichen.<sup>3</sup> Die Integration eines IoT-basierten Überwachungssystems ermöglicht es dem Museum, Umweltparameter wie Luftfeuchtigkeit und Temperatur präzise in Echtzeit zu erfassen und zu analysieren, darüber die Betriebskosten zu senken und gleichzeitig die Aufwände für Restaurierungsmaßnahmen zu reduzieren. Studien zeigen, dass gerade IoT-Lösungen die Erreichung von Nachhaltigkeitszielen entscheidend unterstützen können.<sup>4</sup>

Eine IoT-Datenplattform macht die aus unterschiedlichen Quellen gesammelten Daten einheitlich zugänglich und ermöglicht umfangreiche Auswertungen auf Basis von Data Analytics und künstlicher Intelligenz (KI). Die Instandhaltung von Gebäuden und Infrastruktur lässt sich auf diese Weise optimieren sowie Energie und Kosten

effizient verwalten. Licht, Klima und Heizung werden auf Basis von Gebäude-, Wetter- und Besucher\*innen-Daten so geregelt, dass das aus konservatorischer Sicht erforderliche Raumklima mit dem minimal möglichen Energieverbrauch erreicht wird. Auch können Wartungs-, Reinigungs- oder Reparaturarbeiten statt auf Basis fester zeitlicher Intervalle anlass- und nutzungsbezogen gesteuert werden.

Während digitale Gebäudetechnik im Bereich von Büro- und Handelsbauten bereits häufig eingesetzt wird, liegen Museen hier weit zurück. Es sind singuläre Neubauten wie das Riverside Museum in Glasgow oder das Bauhaus Museum in Dessau, die digitale Smart-Building-Technologien einsetzen und dadurch neue Standards in der Museumswelt setzen.<sup>5</sup> Meist stellt die historische Bausubstanz der Mehrzahl der Museen hohe Hürden auf. Aber auch in bestehenden Gebäuden können nachträglich Wasser-, Wärme- und Stromkreisläufe digitalisiert werden. Meist scheitert dies eher an den oft klammen Finanzen vieler Häuser, denn an der technischen Machbarkeit. Eine ganzheitliche Betrachtung des Einsparpotenzials kann hier aufzeigen, wann sich eine solche Investition in digitale Gebäudetechnik lohnt beziehungsweise in welchem Zeitraum sie sich amortisiert. Dass auch Neubauten nicht automatisch eine bessere Klimabilanz haben, zeigen Berechnungen für das in Planung befindliche Museum des 20. Jahrhunderts in Berlin. Mit einem geschätzten Energieverbrauch von bis zu 450 kWh/m<sup>2</sup> schneidet es bei weitem schlechter ab als manch historischer Museumsbau.<sup>6</sup>

Neben dem unmittelbaren Einsparpotenzial in der Gebäudebewirtschaftung bietet IoT auch neue Möglichkeiten, die Interaktion von Besucher\*innen mit der eigenen Sammlung besser zu verstehen. Die Analyse von Daten zu Besucher\*innen-Strömen und Verweildauern vor individuellen Exponaten erlaubt die Ableitung von typischen „Visitor Journeys“ und Besuchsmustern. Dies hilft, die Attraktivität bestimmter Ausstellungskonzepte oder Sammlungsbestände zu messen und künftige Angebote besser auf die Besucher\*innen-Interessen anzupassen. Auf diese Weise können Ressourcen gezielter auf erfolgreiche Ausstellungsformate konzentriert werden. Erste interessante Ansätze zur Analyse des Besucher\*innen-Verhaltens werden derzeit beispielsweise in der National Gallery in London erprobt.<sup>7</sup>

#### DIGITAL GESTÜTZTE AUSSTELLUNGSKONZEPTION UND -PRODUKTION

Auch bei der Konzeption und Umsetzung von Ausstellungen als Kernaufgabe der Museumsarbeit kann mit Hilfe von digitalen Technologien die eigene Nachhaltigkeitsbilanz verbessert werden. Im Rahmen der Produktion von Content und Ausstattung für Ausstellungen fällt heute vielfach vermeidbarer Abfall an. Stellwände, Aufsteller, Leitsysteme, Begleitblätter und andere Assets werden für jede Ausstellung individuell produziert, werden nach Ausstellungsende überflüssig und wandern dann meist in den Müll. Hier setzen digitale Exhibition-Management-Systeme (EMS) an, die auf digitale Displays und Leitsysteme setzen und ein umfassendes digitales Management von Ausstellungsinhalten von deren Erstellung bis zur Auspielung erlauben.<sup>8</sup> Texte, Bilder und grafische Inhalte werden zentral über eine Plattform verwaltet und können auf beliebigen digitalen Kontaktpunkten präsentiert werden. Die Auspielung kann digitale Displays auf den Ausstellungsflächen, Kiosk-Module, digitale Leitsysteme, mobile Endgeräte wie Smartphones, Tablets oder Smartwatches sowie Museums-Websites und -Apps umfassen. Auf diese Weise lässt sich nicht nur Material einsparen, es lassen sich auch ohne zusätzlichen Materialverbrauch unterschiedliche, auf verschiedene Themenschwerpunkte oder Besucher\*innen-Interessen zugeschnittene Ausstellungsangebote machen. Während EMS-Systeme in Museen erst langsam Einzug halten, sind sie im Bereich von Industriemessen oder in leicht abgewandelter Form im Einzelhandel zur Verlängerung von Kampagnen in den Filialen bereits weiter verbreitet.

#### SMARTERES VERLEIHMANAGEMENT

Die im Rahmen der Verleihlogistik anfallenden Energieaufwände und Abfälle lassen sich mit digitalen Technologien reduzieren oder vermeiden. Es handelt sich um einen gewichtigen Posten in der Nachhaltigkeitsbilanz: Die aus dem Leihverkehr des National Museums in Wales resultierenden CO<sub>2</sub>-Emissionen betragen 2006 beispielsweise ganze 53 Tonnen und machten damit allein 52 Prozent des gesamten CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks des Hauses aus.<sup>9</sup> Insbesondere im Rahmen des Transports von Exponaten bieten sich hier zahlreiche Reduzierungsstrategien an. Eine intelligente Logistikplanung, die den Leihverkehr auf CO<sub>2</sub>-Emissionsvermeidung optimiert, lässt sich mit Hilfe moderner Logistiksoftware erreichen. Vorbild sind

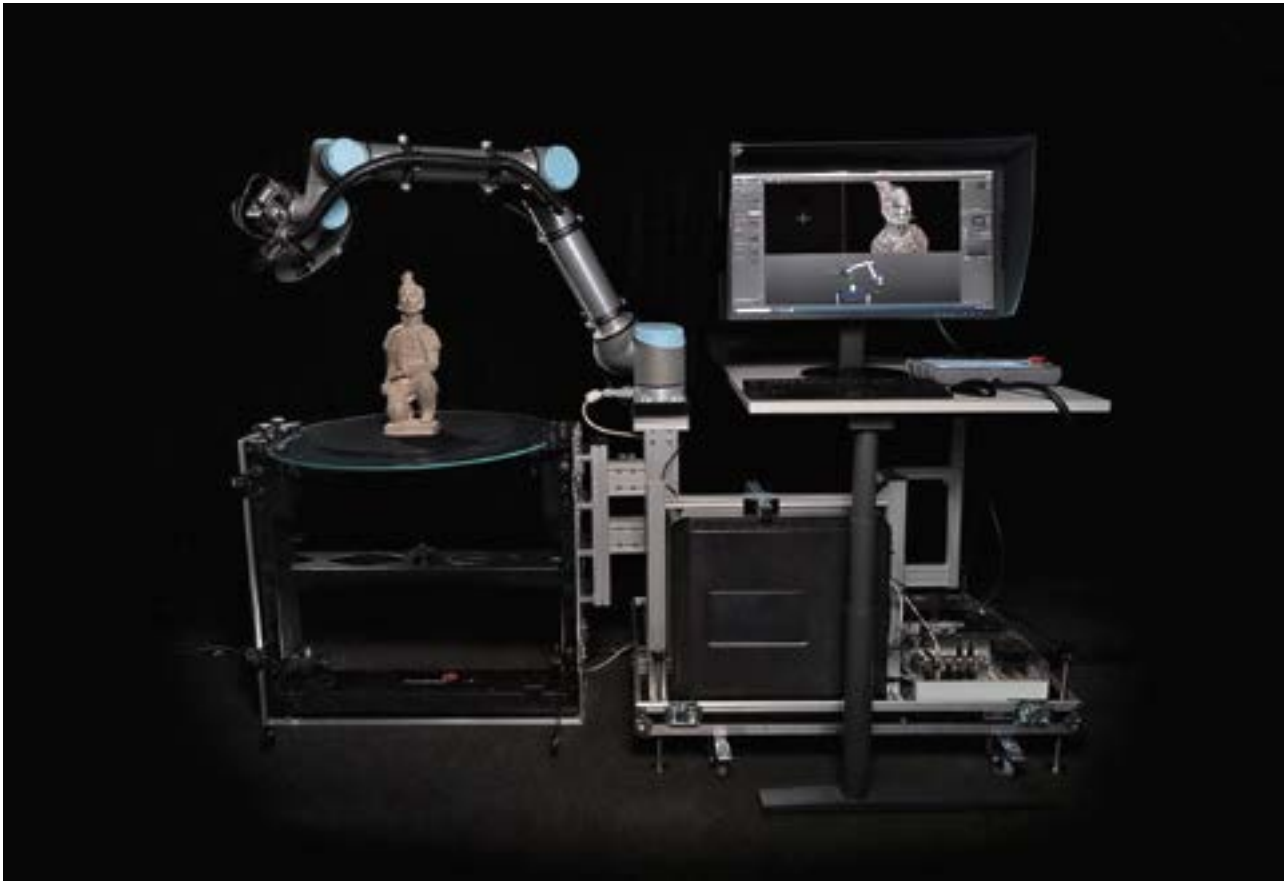


ABB. 2 — *CultArm3D GT10* — autonomes, farbechtes 3D-Scansystem vom Fraunhofer IGD, Abteilung Digitalisierung von Kulturerbe. © Fraunhofer IGD, 2021.

hier datengetriebene Ansätze aus dem Supply-Chain-Management von Industrie- und Handelsunternehmen, die häufig unter dem Sammelbegriff *Green Logistics* zusammengefasst werden. Diese bieten eine erhöhte Transparenz über die anfallenden Energieaufwände und CO<sub>2</sub>-Emissionen alternativer Transportformen und Reisewege und können genutzt werden, um die Logistikplanung auf Nachhaltigkeitsziele hin zu optimieren. Datenanalyse und KI-gestützte Optimierungsverfahren wählen die beste, das heißt nachhaltigste Kombination aus Transportweg und -mittel.

Interessante weiterführende Ansätze bietet zudem die Blockchain-Technologie, die eine automatische und weitestgehend fälschungssichere Dokumentation von Datenpunkten entlang der Logistikkette erlaubt. Damit lässt sich einerseits etwa die durchgehende Einhal-

tung von klimatischen Bedingungen beim Transport von Exponaten kontrollieren, indem etwa Luftfeuchtigkeits- oder Temperaturwerte kontinuierlich mithilfe von Sensoren am Exponat erfasst und protokolliert werden. Es lassen sich aber auch Nachhaltigkeitsvereinbarungen in der Form von sogenannten smarten Kontrakten aufsetzen, beispielsweise zwischen Museum und Logistikdienstleister. Die Erfüllung von vereinbarten Zielen, etwa der Einhaltung von definierten CO<sub>2</sub>-Emissionwerten je Kilometer, wird automatisch entlang der Route erfasst und berechnet und beispielsweise eine variable Vergütungskomponente automatisch bei Zielerreichung ausgelöst.<sup>10</sup> Auch die Entsorgung oder das Recycling von Verpackungsmaterialien lassen sich mit Hilfe von Blockchain-Einträgen dokumentieren und damit auch außerhalb des eigenen Museums sicherstellen. Ansätze, etwa

ABB. 3 — Goldener Halsring des Keltenfürsten (400 v. Chr.). Von links nach rechts: Dreiecksnetz, Farblos, Texturiert, Keltenwelt am Glauberg, gescannt mit dem Roboterscanner *CultArm3D* vom Fraunhofer IGD, Abteilung Digitalisierung von Kulturerbe. © Fraunhofer IGD, 2021.



Tarife für Exponat-Versicherungen auf Basis eines sich von Reiseabschnitt zu Reiseabschnitt sinkenden Risikos zu berechnen und damit insgesamt zu senken, weisen über die ökologische Nachhaltigkeit hinaus und können die Kosten für den Versand von Kunstwerken verringern und so finanzielle Spielräume eröffnen.

Digitale Technologien können durch digitale Reproduktionen und Leihgaben auch Transporte und Verpackungsabfälle komplett vermeiden und so den ökologischen Fußabdruck reduzieren. Neue Ansätze im Bereich des 3D-Scannings mit hochauflösenden Scannern und (teil-)automatisierten Verfahren ermöglichen eine originalgetreue Digitalisierung von Sammlungen und zielgruppengerechte Wiedergabe über 3D-Viewer, VR/AR und 3D-Druck und bieten damit eine überzeugende Alternative zum physischen Transport.<sup>11</sup> Vor Ort können

entweder digitale Kopien gezeigt oder aber realistische Kopien mit Hilfe von 3D-Druckverfahren erstellt werden. Mit Hilfe der Digitalisierung konnte etwa das Museum für Naturkunde in Berlin den jährlichen Leihverkehr mit bestimmten Exponatgruppen um 80 Prozent reduzieren.<sup>12</sup>

#### DIE TYPISCHEN FALLSTRICKE DER DIGITALISIERUNG VERMEIDEN

Damit digitale Technologien ihr Potenzial im Museumskontext entfalten können, ist eine abgestimmte und integrierte Einführung und Umsetzung notwendig. Zu häufig machen Museen als digitale „Late Adopter“ die gleichen Fehler, die sich in den ersten Wellen der Digitalisierung auch in der Wirtschaft beobachten ließen. Hier sollte von den dort gemachten Erfahrungen gelernt und diese auf die besonderen Anforderungen von Museen adaptiert



werden. In der Praxis zeigen sich insbesondere folgende Stolperfallen:

Ein zentrales Problem ist häufig eine Silo-orientierte Verankerung digitaler Themen im Museum. Die Einführung digitale Technologien wird primär als „Technikthema“ begriffen und nicht als transformatives Vorhaben des gesamten Museums. Als Folge werden digitale Projekte schnell an die hauseigene IT delegiert — ohne breite Einbindung anderer für den Erfolg notwendiger Teams. Studien zeigen, dass die meisten Digitalinitiativen nicht an technischen Herausforderungen scheitern, sondern an einer mangelnden abteilungsübergreifenden Zusammenarbeit und fehlender Nutzer\*innen-Zentrierung. Aber auch ein mangelndes Bewusstsein für die Potenziale digitaler Technologien auf Führungsebene verhindert noch immer in vielen Fällen eine konsequente Umsetzung.<sup>13</sup> Es ist notwendig, die verschiedenen Museumsbereiche in Digitalvorhaben einzubinden und spätere Anwendungskontexte und Nutzungsszenarien gemeinsam zu entwickeln. Agile Arbeitsmethoden und Design-Thinking-Ansätze tragen dazu bei, die Digitalisierung des eigenen Hauses kollaborativ und abgestimmt voranzutreiben.

Auch die richtige Skalierung von digitalen Vorhaben erweist sich häufig als schwierig. Die Bandbreite reicht vom Komplettumbau hin zum digitalen Museum bis zur kleinteiligen Umsetzung von Mini-Pilotprojekten. Der große Wurf, so er denn budgetär überhaupt möglich ist, scheitert oft an hoher Komplexität und zu vielen losen Enden auf einmal. Das Pilotprojekt, meist ein isoliert gedachter Proof-of-Concept, beispielsweise die Einführung einer Besucher\*innen-App, ist nett gemeint, aber zu klein, um ein Haus wirklich digital nach vorne zu bringen. Es gilt, die richtige Balance finden. Dabei hilft eine digitale Strategie mit einem klaren Zielbild, die Kernaspekte wie Zukunftsfähigkeit, Anschlussfähigkeit zu Industrie-Standards und Anbindung von existierenden IT-Legacy-Systemen berücksichtigt, kurz: die das künftige digitale Betriebssystem des Museums beschreibt. Auf dieser Basis lassen sich dann handhabbare Arbeitspakete schnüren und die resultierende Roadmap Stück für Stück abarbeiten.

Als klassischer Fallstrick stellt sich häufig auch eine zu starke Fokussierung auf Best Practices aus der Museumswelt heraus. Die Tendenz, sich bei der eigenen digitalen Ambition primär an anderen Museen und Kulturinstitutionen zu orientieren, ist zwar verständlich, verstellt aber in vielen Fällen den Blick auf innova-

tive Ansätze in anderen Branchen mit in Teilbereichen durchaus vergleichbaren Anforderungen. Auch der Einzelhandel muss Flächen bewirtschaften und Besucher\*innen-Ströme optimal steuern, auch Industrieunternehmen präsentieren sich auf Messen mittlerweile mit technisch ausgefeilten thematischen „Ausstellungen“. Daher lohnt sich für Museumsverantwortliche ein Blick über den Tellerrand. Häufig sind die speziell für den Museumsbereich angebotenen digitalen Lösungen weder technologisch noch kostenseitig State of the Art.

Museen müssen einen Beitrag zu einem nachhaltigeren Umgang mit Ressourcen leisten. Die Einführung unterstützender digitaler Technologien stellt aufgrund knapper Budgets und unsteter Finanzierung noch immer eine große Herausforderung dar. Auch ist die Digitalisierung in zu vielen Museen weder strukturell noch strategisch ausreichend verankert.<sup>14</sup> Doch eine solche Verankerung ist dringend notwendig, wenn digitale Technologien den Weg hin zu grüneren Museen ebnen sollen. Notwendig ist eine Nachhaltigkeitsstrategie, die die Umweltbilanz des jeweiligen Hauses definiert und hierfür auch digitale Anwendungen berücksichtigt.

### Constanze Fuhrmann

Leitung Referat „Umwelt und Kulturgüter“  
Deutsche Bundesstiftung Umwelt  
An der Bornau 2, 49090 Osnabrück  
c.fuhrmann@dbu.de  
[www.dbu.de/2949.html](http://www.dbu.de/2949.html)  
[www.linkedin.com/in/constanze-fuhrmann/](https://www.linkedin.com/in/constanze-fuhrmann/)

### Anmerkungen

- 1 Vgl. Sarah Sutton, „The evolving responsibility of museum work in the time of climate change“, in: *Museum Management and Curatorship*, 35:6, November 2020, S. 618–635, online unter: [www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09647775.2020.1837000](http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09647775.2020.1837000) (letzter Aufruf am 5. April 2021).
- 2 Vgl. Ghada Alsuhly und Ahmed Khattab, „An IoT Monitoring and Control Platform for Museum Content Conservation“, International Conference on Computer and Applications (ICCA), August 2018, online unter: [eece.cu.edu.eg/~akhattab/files/ICCA\\_IoT\\_Museum.pdf](http://eece.cu.edu.eg/~akhattab/files/ICCA_IoT_Museum.pdf) (letzter Aufruf am 5. April 2021).
- 3 Vgl. Sam Cece, „IoT Helps Museums Save Art, Artifacts, Animals and Resources“, 4. Juli 2019, online unter: [www.iotforall.com/iot-helps-museums-save-art-artifacts-animals-resources](http://www.iotforall.com/iot-helps-museums-save-art-artifacts-animals-resources) (letzter Aufruf am 5. April 2021).

Vgl. Max Burkhalter, „How museums are using IoT to protect priceless artifacts“, 25. Juli 2019, online unter:

- [www.perle.com/articles/how-museums-are-using-iot-to-protect-priceless-artifacts-40186129.shtml](http://www.perle.com/articles/how-museums-are-using-iot-to-protect-priceless-artifacts-40186129.shtml) (letzter Aufruf am 5. April 2021).
- 4 Vgl. Ariane Elena **Fuchs**, „Sustainable with the Internet of Things“, online unter: [www.telekom.com/en/company/details/sustainable-with-the-internet-of-things-608428](http://www.telekom.com/en/company/details/sustainable-with-the-internet-of-things-608428) (letzter Aufruf am 5. April 2021).
- 5 Vgl. „Riverside Museum“, Glasgow, 2018, online unter: [www.iesve.com/icl/case-studies/2572/riverside-museum-glasgow](http://www.iesve.com/icl/case-studies/2572/riverside-museum-glasgow) (letzter Aufruf am 5. April 2021).  
Vgl. „ABB smart technology puts prestigious Bauhaus art in the right light at the new Bauhaus museum“, 9. September 2019, online unter: [new.abb.com/news/detail/31559/abb-smart-technology-puts-prestigious-bauhaus-art-in-the-right-light-at-the-new-bauhaus-museum](http://new.abb.com/news/detail/31559/abb-smart-technology-puts-prestigious-bauhaus-art-in-the-right-light-at-the-new-bauhaus-museum) (letzter Aufruf am 5. April 2021).
- 6 Vgl. Tobias **Timm**, „Künstliche Winde. Das Museum des 20. Jahrhunderts in Berlin galt bislang als Millionengrab. Jetzt sehen manche darin auch einen Klimakiller“, online unter: [www.zeit.de/2021/14/museum-20-jahrhundert-berlin-klimaschutz-kostenrahmen?utm\\_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F](http://www.zeit.de/2021/14/museum-20-jahrhundert-berlin-klimaschutz-kostenrahmen?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F) (letzter Aufruf am 5. April 2021).
- 7 Vgl. Lauren **Styx**, „How are museums using artificial intelligence, and is AI the future of museums?“, 18. September 2020, online unter: [www.museumnext.com/article/artificial-intelligence-and-the-future-of-museums/](http://www.museumnext.com/article/artificial-intelligence-and-the-future-of-museums/) (letzter Aufruf am 5. April 2021).  
Vgl. Chloe **Dobinson**, „The National Gallery turns to AI to better predict attendance figures“, 28. August 2017, online unter: [www.computerworld.com/article/3427486/the-national-gallery-turns-to-ai-to-better-predict-attendance-figures.html](http://www.computerworld.com/article/3427486/the-national-gallery-turns-to-ai-to-better-predict-attendance-figures.html) (letzter Aufruf am 5. April 2021).
- 8 Vgl. Brian **Dawson** und Darran **Edmundson**, „Building a smart museum: Tackling in-gallery challenges with digital experience at scale“, MW 2018, 16. März 2016, online unter: [mw18.mwconf.org/paper/building-a-smart-museum-tackling-in-gallery-challenges-with-digital-experience-at-scale/](http://mw18.mwconf.org/paper/building-a-smart-museum-tackling-in-gallery-challenges-with-digital-experience-at-scale/) (letzter Aufruf am 5. April 2021).
- 9 Vgl. Simon **Lambert** und Jane **Henderson**, „The carbon footprint of museum loans: a pilot study at Amgueddfa Cymru — National Museum Wales“, in: *Museum Management and Curatorship*, 26, 3, August 2011, S. 13.
- 10 Vgl. Bing Qing **Tan**, Fangfang **Wang**, Jia **Liu**, Kai **Kang** und Federica **Costa**, „A Blockchain-Based Framework for Green Logistics in Supply Chains“, in: *Sustainability* 2020, 12(11), 7. Juni 2020.
- 11 Vgl. Constanze **Fuhrmann**, „3D-Massendigitalisierung — Anforderungen an die nächste Dimension der digitalen Bewahrung von Kulturgut“, in: Andrea **Geipel**, Johannes **Sauter** und Georg **Hohmann**, „Das digitale Objekt — Zwischen Depot und Internet“, in: *Deutsches Museum Studies*, Bd. 7, 2020, S. 39–44, online unter: [www.deutsches-museum.de/fileadmin/Content/010\\_DM/060\\_Verlag/studies-7.pdf](http://www.deutsches-museum.de/fileadmin/Content/010_DM/060_Verlag/studies-7.pdf) (letzter Aufruf am 5. April 2021).  
Vgl. Constanze **Fuhrmann**, „Zukunft 3D — Aufgaben und Anforderungen an das moderne Museum“, in: *Museumskunde*, Bd. 84 (= Sonderheft *Update — Museen im digitalen Zeitalter*), 2019, S. 54–61.
- Das Fraunhofer IGD arbeitet seit über 20 Jahren an Technologien zur Präsentation von Artefakten in 3D — von der Erfassung über die Visualisierung bis hin zur Reproduktion, etwa durch 3D-Druck. Die Abteilung Digitalisierung von Kulturerbe ist auf die Entwicklung von innovativen 3D-Scantechnologien spezialisiert, die der digitalen Dokumentation, Präsentation und Erhaltung von Kulturgütern dient. Vgl. für weiterführende Informationen zu 3D-Digitalisierung, 3D-Visualisierung und 3D-Druck die Projektwebseiten des Fraunhofer Instituts für Graphische Datenverarbeitung IGD, [www.igd.fraunhofer.de/](http://www.igd.fraunhofer.de/); [www.igd.fraunhofer.de/projekte/fraunhofer-innovationen-fuer-kulturerbe](http://www.igd.fraunhofer.de/projekte/fraunhofer-innovationen-fuer-kulturerbe); [www.cultarm3d.de/](http://www.cultarm3d.de/); [www.cuttlefish.de/](http://www.cuttlefish.de/) (letzte Aufrufe am 7. April 2021).
- 12 Vgl. Nadine **Wojcik** (Deutsche Welle), „How environmentally sustainable are Germany’s museums?“, 12. Dezember 2019, online unter: [www.dw.com/en/how-environmentally-sustainable-are-germanys-museums/a-51643169](http://www.dw.com/en/how-environmentally-sustainable-are-germanys-museums/a-51643169) (letzter Aufruf am 5. April 2021).
- 13 Vgl. **MuseumNext**, „Survey: Effect of Covid-19 Pandemic on Museums?“, Februar 2021, online unter: [www.museumnext.com/article/survey-effect-of-covid-19-pandemic-on-museums/](http://www.museumnext.com/article/survey-effect-of-covid-19-pandemic-on-museums/) (letzter Aufruf am 5. April 2021).
- 14 Vgl. Rielle **Ullberg** (Axiell), „Culture at a Crossroads, Digital Transformation in the Age of COVID-19. 2020 GLAM Digital Transformation Survey Findings“, Dezember 2020, S. 4–5, online unter: [www.axiell.com/report/report-culture-at-a-crossroads-digital-transformation-in-the-age-of-covid-19/](http://www.axiell.com/report/report-culture-at-a-crossroads-digital-transformation-in-the-age-of-covid-19/) (letzter Aufruf am 5. April 2021).  
Vgl. **Axiell**, „Digital Transformation in the Museum Industry. Museum Report 2016“, online unter: [www.axiell.com/app/uploads/2019/04/digital-transformation-in-the-museum-industry.pdf](http://www.axiell.com/app/uploads/2019/04/digital-transformation-in-the-museum-industry.pdf) (letzter Aufruf am 5. April 2021).