Cyril Dworsky, Henrik Pohl, Helena Seidl da Fonseca

Monitoring von Unterwasserdenkmälern in Österreich am Beispiel des UNESCO-Weltkulturerbes „Prähistorische Pfahlbauten um die Alpen“

Monitoring underwater monuments in Austria using the example of the UNESCO World Cultural Heritage Site “Prehistoric Pile Dwellings Around the Alps”

After the prehistoric pile dwellings were added to the list of UNESCO World Heritage Sites in 2011, management structures for protecting, researching, and conveying knowledge about these archaeological sites was established in all participating countries. The monitoring of sunken sites plays a central role in the management plans. Since cataloguing and documenting underwater were widely discontinued in Austria in the mid-1990s, new structures had to be created in this country with the founding of the Kuratorium Pfahlbauten (board of curators for pile dwellings) in 2012. Annual condition checks show that various animal and plant species, human activity, and acts of nature can be hazardous to monument conservation. Moreover, the increasing challenges through climate change and invasive species highlight the need for more comprehensive monitoring and a strategic conservation plan for all of Austria's underwater cultural heritage.

Das Management im UNESCO-Weltkulturerbe „Prähistorische Pfahlbauten um die Alpen“

Nach der Eintragung der Prähistorischen Pfahlbauten als UNESCO-Welterbe im Jahr 2011 stand man in Österreich vor der Herausforderung, ein komplexes Managementsystem für diese sensiblen archäologischen Stätten zu etablieren. Im Nominierungsdossier waren bereits ein internationaler und auch nationale Managementpläne enthalten, die eine regelmäßige Kontrolle des Welterbes beinhalteten und nun umgesetzt werden mussten. Eine strukturierte Bestandsaufnahme und die Dokumentation des Zustandes der versunkenen Seeufersiedlungen im Rahmen einer Kooperation zwischen dem österreichischen Bundesdenkmalamt und ehrenamtlichen Sporttaucher:innen wurden bedauerlicherweise bereits 1986 mehr oder weniger eingestellt. Auch spätere Anläufe von studentischen Vereinen (z. B. Triton und TUWA), diese Aufgaben wieder aufzugreifen, sind über einzelne kleine Projekte nicht hinausgegangen.[1] Somit existierte zum Zeitpunkt der Gründung des Kuratoriums Pfahlbauten im Jahr 2012 schon sehr lange keine etablierte Pfahlbauforschung bzw. nur eingeschränkte unterwasserarchäologische Denkmalpflege im Allgemeinen in Österreich. Völlig neue Organisations- und Managementstrukturen mussten erst geschaffen werden.

Von den insgesamt 111 Fundstellen des Pfahlbau-Welterbes liegen fünf in Österreich. In seiner Gesamtheit erstreckt sich die serielle und transnationale Welterbestätte über sechs Länder – die Schweiz, Italien, Deutschland, Frankreich, Österreich und Slowenien – und über einen Zeitraum von ca. 5000 bis 500 v. Chr. Die Partnerländer koordinieren das Management und teilen sich die Verantwortung, diese meist unter Wasser

1 Cyril Dworsky, KG Kammer, MG Schörfling am Attersee, VB Vöcklabruck, in: Fundberichte aus Österreich (FÖ) 20, 2001, S. 581 f.; Cyril Dworsky / Thomas Reitmaier, Moment, da war doch noch was! Neues zur Pfahlbauarchäologie im Mond- und Attersee. 1854–2004: 150 Jahre Entdeckung der Pfahlbauten, in: Archäologie Österreich (AÖ) 15/2, 2004, S. 4–15; Viktor Jansa / Daniel Neubauer, KG Weyregg, OG Weyregg am Attersee, PB Vöcklabruck, in: Fundberichte aus Österreich (FÖ) 49, 2010, S. 369 f.; Daniel Neubauer, KG Seewalchen, MG Seewalchen am Attersee / KG Kammer, MG Schörfling am Attersee, in: Fundberichte aus Österreich (FÖ) 50, 2011, S. 350; Daniel Neubauer / Michael Konrad, Neue Methoden und Erfahrungen im Pfahlbau-Monitoring TUWA-Survey Seewalchen I/II und Kammer I (Attersee), in: Skyllis 12/2, Tagungsbeiträge „In Poseidons Reich XVII: Seeschlachten“, Stralsund 2012, S. 183–194.



Abb. 1: Managementdiagramm, Kuratorium Pfahlbauten, 2024

oder in Mooren verborgenen Fundstellen zu schützen, zu erforschen und sichtbar zu machen. Gemeinsam setzen sie sich dafür ein, den außergewöhnlichen Wert dieser prähistorischen Stätten für die Menschheit zu vermitteln und für kommende Generationen zu bewahren.

Das Kuratorium Pfahlbauten ist dabei mit einem umfassenden Aufgabenspektrum betraut, das weit über reine Kontrollen und Denkmalpflegeaufgaben hinausgeht. Zentral war von Beginn an das Ziel, neue Netzwerke zu knüpfen, Expertise aufzubauen und im Sinne der Welterbekonvention eine breite Teilhabe am Welterbe zu ermöglichen. Das Management sollte sich nicht auf reine Verwaltung oder Konservierung beschränken, sondern aktiv Forschung, Vermittlung und Erhalt verbinden (Abb. 1).[2]

Die Arbeit des Kuratoriums umfasst verschiedene Kernbereiche: Gemeinsam mit Vertretern der Republik Österreich und der Bundesländer Kärnten und Oberösterreich werden Schutzmaßnahmen für die Unterwasserfundstellen entwickelt. Dies reicht von technischen Lösungen wie der Umrüstung von Ankerbojen oder dem Einsatz von gewässerneutralen Geotextilien bis hin zur Betreuung von behördlichen Prozessen wie der Verordnung von Ankerverbotszonen am Attersee und Mondsee.

Die Entwicklung einer Pfahlbauforschung ist von besonderer Bedeutung, da sie eine Grundlage sowohl für die Vermittlung des UNESCO-Welterbes als auch für dessen nachhaltigen Erhalt bildet. Das Kuratorium Pfahlbauten legt dabei besonderen Wert auf die Schaffung von Synergien mit Universitäten und Forschungseinrichtungen. Das Welterbe soll dabei nicht nur als Forschungsobjekt, sondern als inspirierendes Beispiel für den Umgang mit kulturellem Erbe dienen und als Medium für eine nachhaltige Zukunftsgestaltung wirken.

Ein besonderer Fokus liegt auf der Vermittlung der Aktivitäten rund um das UNESCO-Welterbe. Sie spielt eine zentrale Rolle in der Durchsetzung von Schutzmaßnahmen (beispielsweise die Einhaltung eines Fischereiverbots), ebenso wie in den Möglichkeiten zur Erforschung der Seenlandschaft durch den Einbezug regionalen Wissens. Parallel zu diesen nationalen Managementaufgaben fungiert das Kuratorium als Schnittstelle zu internationalen Partnern, insbesondere über die Internationale Koordinierungsgruppe (ICG).

Die Herausforderungen sind komplex: Rechtliche Rahmenbedingungen müssen verbessert, Aufmerksamkeit für die oft unsichtbaren archäologischen Stätten geschaffen und Auswirkungen der intensiven touristischen Nutzung der Seen sowie Klimawandel bewältigt werden. In manchen Bereichen kommt es dadurch auch zu Interessenkonflikten und mangelndem Verständnis für die Sensibilität der Fundstellen, die unter anderem auch durch deren „Unsichtbarkeit“ über der Wasseroberfläche verschärft werden. Hierbei gilt es, möglichst konstruktiv und frühzeitig Konflikte aufzulösen. Dabei geht es nicht nur um die Erhaltung, sondern um eine zukunftsorientierte Perspektive, die globale Zusammenhänge und länderübergreifende Kooperationen in den Mittelpunkt stellt.

Verständnis und Wertschätzung des Kulturerbes hängen von vielen verschiedenen Faktoren ab und können durch unterschiedliche Maßnahmen gefördert werden. Diese inkludieren eine transparente Forschung und Wissensaustausch, aber auch Beteiligungsprojekte und zielgruppengerechte Information. Im Kern aller Schutzmaßnahmen steht jedoch das Monitoring der Fundstätten mit einer möglichst umfänglichen Dokumentation des Zustandes und der auftretenden Veränderungen.

2 Cyril Dworsky / Fiona Poppenwimmer / Helena Seidl da Fonseca, Die Prähistorischen Pfahlbauten um die Alpen: Ein Unterwasserwelterbe mit Herausforderungen, in: Mitteilungen Anthropologischen Gesellschaft 151–152, 2022, S. 55–68.

Entwicklung von Standards im unterwasserarchäologischen Monitoring um die Alpen

Das Monitoring des seriellen UNESCO-Welterbes „Prähistorische Pfahlbauten um die Alpen“ unterliegt besonderen Herausforderungen. Da sich die 111 Fundstellen in unterschiedlichen landschaftlichen Umgebungen, Uferzonen, Insellagen oder versteckt in Moorböden befinden, gibt es keine einheitliche Methode, deren Erhaltungszustand zu überwachen. Zudem bedingen unterschiedliche Gefährdungen individuelle Schutzmaßnahmen, die, selbst bei ähnlichen Bedrohungen, nicht immer problemlos bei anderen Fundstellen angewendet werden können. Die Konzeption und Durchführung des Monitorings ebenso wie der notwendigen Schutzmaßnahmen an den UNESCO-Welterbestätten werden demnach auf nationaler Ebene organisiert und sind in jedem Land unterschiedlich aufgebaut (Abb. 2).

Die Internationale Koordinierungsgruppe legt jedoch auch allgemeine Ziele und Strategien für die Welterbestätten im gemeinsamen Managementplan fest.[3] Hier wird im aktuellen Aktionsplan, der die Bereiche Schutz, Forschung und Vermittlung abdeckt, auf die Notwendigkeit der Erhaltung der in-situ-befindlichen Bodendenkmäler und der Bewahrung in Feuchtbodenlage hingewiesen. Ebenso wird auf die Notwendigkeit aufmerksam gemacht, durch neue Forschungen das Gefährdungspotenzial des Klimawandels für die Feuchtbodenfundstellen genauer zu untersuchen. Die tatsächliche Umsetzung von denkmalpflegerischen Maßnahmen und die Initiierung bzw. Teilnahme an Forschungsprojekten ist jedoch von den Möglichkeiten der jeweiligen Länder abhängig.

Da der Managementplan regelmäßig aktualisiert wird, kann er fortlaufend weiterentwickelt und verbessert werden. Aus diesem Grund beinhaltet der neue Managementplan 2024–2030 neben einem internationalen Aktionsplan auch Informationen zum Aufbau eines international abgestimmten Monitorings der Welterbestätten. Dieses sieht eine umfassende Bestandsaufnahme der Maßnahmen im Monitoring der jeweiligen Länder vor sowie die Erarbeitung von Empfehlungen für gemeinsame grundlegende Überwachungsstandards (noch unveröffentlichter Managementplan 2024–2030).

Um die zu erhaltenden Bestandteile des UNESCO-Welterbes besser fassbar zu machen, wurden für alle Kulturerbestätten Attribute definiert. Diese „greifbaren“ Attribute verkörpern den außergewöhnlichen universellen Wert jeder Stätte auf der UNESCO-Welterbeliste (OUV – Outstanding Universal Value). Für die „Prähistorischen Pfahlbauten um die Alpen“ wurden von der Internationalen Koordinierungsgruppe folgende Attribute bestimmt:

- Feuchtbodenerhaltung
- Archäologische Schichten
- Archäologische Strukturen
- Archäologische Objekte und organische Materialien
- Der Kontext der archäologischen Überreste in Bezug auf Seen und Flussufer

Die Sammlung umfassender Informationen zur Umsetzung der Welterbekonvention im Zuge des Periodic Reports 2023 an die UNESCO machte Lücken im Einblick der Entwicklungsprozesse der Pfahlbaufundstellen deutlich. Aufgrund unterschiedlicher Ressourcen und Verwaltungen in den verschiedenen Ländern werden nicht alle Fundstellen in derselben Häufigkeit und mit denselben Methoden überwacht. So stehen von einigen eingeschriebenen Fundstellen umfangreiche Datensätze zum Erhaltungszustand und dessen Entwicklung zu Verfügung, während bei anderen diese Datengrundlage bisher nicht umfangreich erhoben wurde. Ebenso stellt die Zugänglichkeit zu den Fundstellen ein Hindernis dar, denn 78 der 111 Welterbestätten befinden sich ganz bzw. teilweise unter Wasser und benötigen für deren Untersuchung spezialisiertes Fachpersonal bzw. teures Equipment. Bevorstehende Pensionierungen erzeugten zudem den Druck, das bestehende Wissen um die Fundstellen und Erfahrungen in ihrer regelmäßigen Überwachung zu sammeln und zu dokumentieren. Ebenso erscheint es notwendig, bei immer wiederkehrenden drohenden Budgetkürzungen auf die Bedeutung eines regelmäßigen und nachhaltigen Monitorings der UNESCO-Welterbestätte aufmerksam zu machen.

Aus diesem Grund wurde durch die ICG eine internationale Arbeitsgruppe ins Leben gerufen, die sich mit dem Monitoring der Unterwasserfundstellen des UNESCO-Welterbes „Prähistorische Pfahlbauten um die Alpen“ beschäftigt.

3 https://palafittes.org/files/Seiteninhalte/Produkte/MP_2019-2023_kl.pdf (20.12.2024).

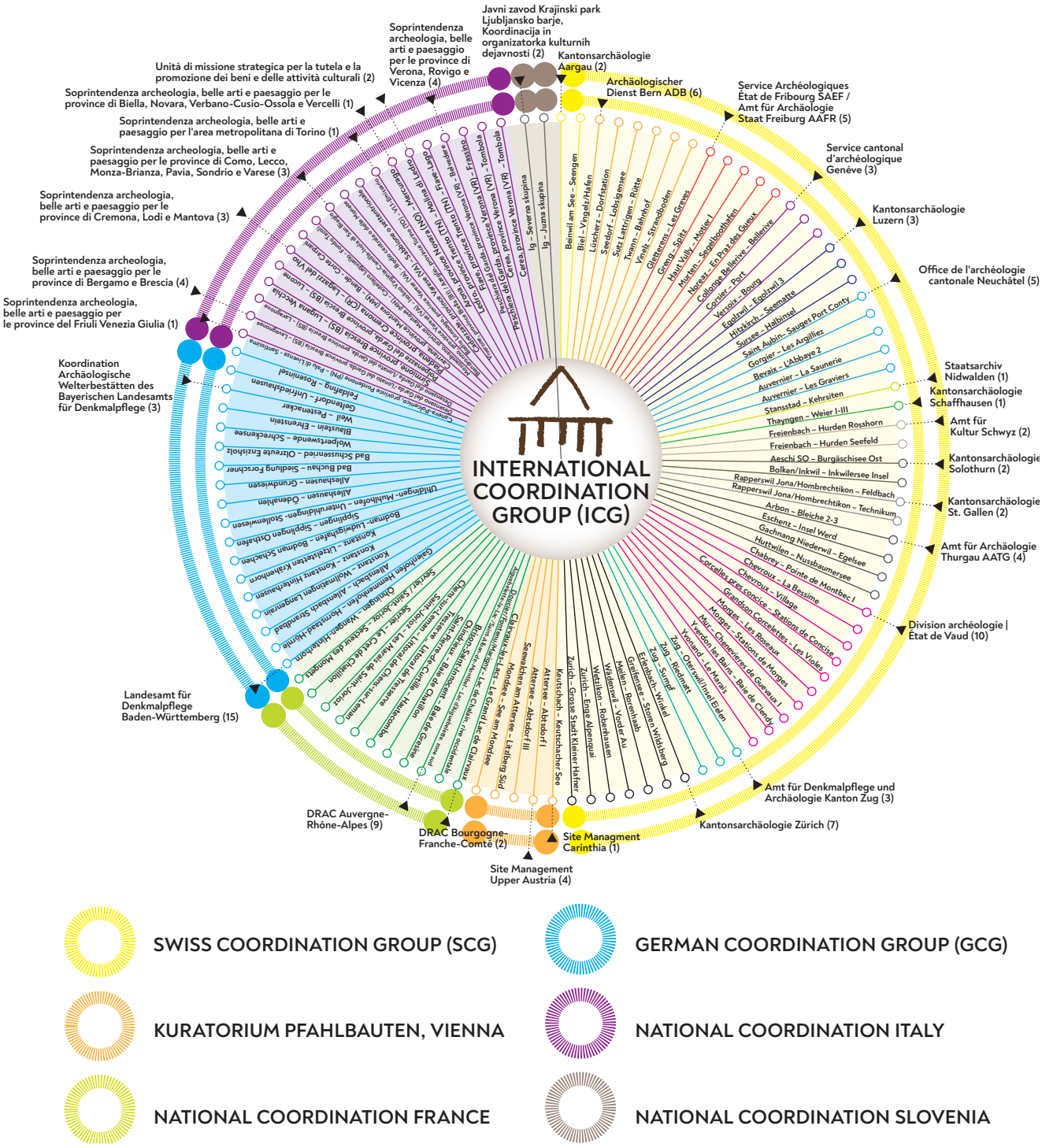


Abb. 2: Internationale Managementstruktur, International Coordination Group (ICG) Palafittes, 2024

Die Arbeitsgruppe setzt sich aus Ländervertreter:innen, die im UNESCO-Welterbemanagement tätig sind, und externen Expert:innen, die das Monitoring an der UNESCO-Welterbestätte durchführen, zusammen:

- Deutschland: Sabine Hagmann, Martin Mainberger und Joachim Köninger
- Frankreich: Karim Gernigon, Camille Gorin und Yves Billaud
- Italien: Cristina Longhi, Giovanna Bucci und Barbara Davidde
- Österreich: Helena Seidl da Fonseca und Henrik Pohl
- Schweiz: Anna Kienholz und Andreas Mäder
- Slowenien: Ana Branceli
- Internationale Koordinierungsstelle des UNESCO-Weltkulturerbes „Prähistorische Pfahlbauten um die Alpen“: Barbara Fath

Gemeinsam wird an der Entwicklung von Strategien gearbeitet, um den Erhaltungszustand der Unterwasserfundstellen besser erfassen zu können und das Monitoring an dem transnationalen UNESCO-Welterbe zu verbessern.

Im Zuge dieser Arbeit wurde deutlich, dass Adaptionen in der Überwachung der einzelnen Fundstellen auch in Österreich nötig sind, um den OUV und die Attribute im Bestand zu gewährleisten. Derzeit ist ein umfassendes Strategiepapier zum Monitoring der Unterwasserfundstellen im Entstehen, welches die Umsetzung der im Aktionsplan gesetzten Ziele des internationalen Managementplans detaillierter definiert und ihre Umsetzung fördert. Es bildet zudem eine Ausgangslage für die Bildung einer weiteren Arbeitsgruppe mit dem Fokus auf das Monitoring der Feuchtbodenfundstellen.

Das Monitoring des versunkenen UNESCO-Welterbes in Österreich 2013–2024

„*Monitoring ist die Überwachung von Vorgängen. Es ist ein Überbegriff für alle Arten von systematischen Erfassungen (Protokollierungen), Messungen oder Beobachtungen eines Vorgangs oder Prozesses mittels technischer Hilfsmittel oder anderer Beobachtungssysteme. Eine Funktion des Monitorings besteht darin, bei einem beobachteten Ablauf oder Prozess festzustellen, ob dieser den gewünschten Verlauf nimmt und bestimmte Schwellwerte eingehalten werden, um andernfalls steuernd eingreifen zu können. Monitoring ist deshalb ein Sondertyp des Protokollierens.*“[4]

Im Zusammenhang mit dem Monitoring von Unterwasserdenkmälern bedeutet dies, dass an den einzelnen Fundstellen eine systematische und kontinuierliche Überwachung der dort ablaufenden Prozesse und Veränderungen durchgeführt wird. Ziel ist es, Veränderungen im Zustand der Denkmäler frühzeitig zu erkennen, um mögliche Schutzmaßnahmen rechtzeitig einleiten zu können. Diese Überwachung erfolgt vor allem durch regelmäßige und strukturierte Statuskontrollen, bei denen die jeweiligen Fundorte sorgfältig dokumentiert und analysiert werden. Dabei können beispielsweise Veränderungen an der Substanz der Denkmäler, die Auswirkungen von Umweltfaktoren oder menschliche Einflüsse erfasst und bewertet werden.

Das Monitoring des Kuratoriums Pfahlbauten dient vorwiegend der frühzeitigen Erkennung und Eindämmung von Gefahren für die UNESCO-Welterbestätten der prähistorischen Pfahlbauten. Es ist fester Bestandteil sowohl des nationalen als auch des internationalen Managementplans für die Welterbestätten. Neben den UNESCO-Welterbestätten engagiert sich das Kuratorium Pfahlbauten im Rahmen seiner Möglichkeiten auch für die Überwachung und Erforschung weiterer Pfahlbaustationen und anderer Unterwasserfundstellen in Oberösterreich und Kärnten.

Der Schutz der Welterbestätten hat dabei oberste Priorität. Unsere Untersuchungen verfolgen das Ziel, den aktuellen Erhaltungszustand der Siedlungen detailliert zu dokumentieren und eine fundierte Gefährdungsanalyse zum Schutz des Welterbes zu erstellen. In Folge werden zusammen mit dem österreichischen Bundesdenkmalamt Konzepte für geeignete Schutzmaßnahmen entwickelt und umgesetzt.

Seit dem Beginn des Site Managements im Kuratorium Pfahlbauten im Jahr 2013 werden die österreichischen Teilkomponenten des UNESCO-Welterbes regelmäßigen Zustandskontrollen unter und über Wasser unterzogen. Nach zwölf Jahren des unterwasserarchäologischen Monitorings sind der allgemeine Zustand der fünf Welterbestätten sowie Veränderungen und Trends in ihrer Entwicklung gut dokumentiert. Die ausgezeichnete Erhaltung der Fundstellen, insbesondere des organischen Materials, ist von zentralen Faktoren abhängig: überwiegender Luftabschluss unter Wasser bzw. in wassergesättigten Milieus, schützende Sedimentschichten über den Kulturschichten und niedrige Temperaturen im See. Obwohl es auch in der Vergangenheit bereits Schwankungen bei diesen Umwelteinflüssen gab und damit auch schon früher ein schnellerer Verfall der archäologischen Hinterlassenschaften stattgefunden hat, gab es auch lange Zeiten stabiler Umgebungsbedingungen, die ein Überdauern der Siedlungsreste über Tausende Jahre ermöglichte.

Im Zuge der modernen Nutzung der Seen machen sich jedoch deutlich zunehmende Gefährdungen durch menschliche Aktivitäten und deren zerstörerische Auswirkungen bemerkbar. Zu den größten Bedrohungen zählen Uferverbauungen, Bootshäuser mit den zugehörigen Stegen, Ankerbojen und Ankerungen sowie die private Fischerei.

Zusätzlich zu diesen anthropogenen Einflüssen sind die Fundstellen zunehmend von extremen Naturereignissen betroffen. In den letzten zwölf Jahren wurden markante kurzzeitige Umweltveränderungen beobach-

4 https://de.wikipedia.org/wiki/Monitoring (20.12.2024)



Abb. 3: Hochwasser, See am Mondsee, 2013

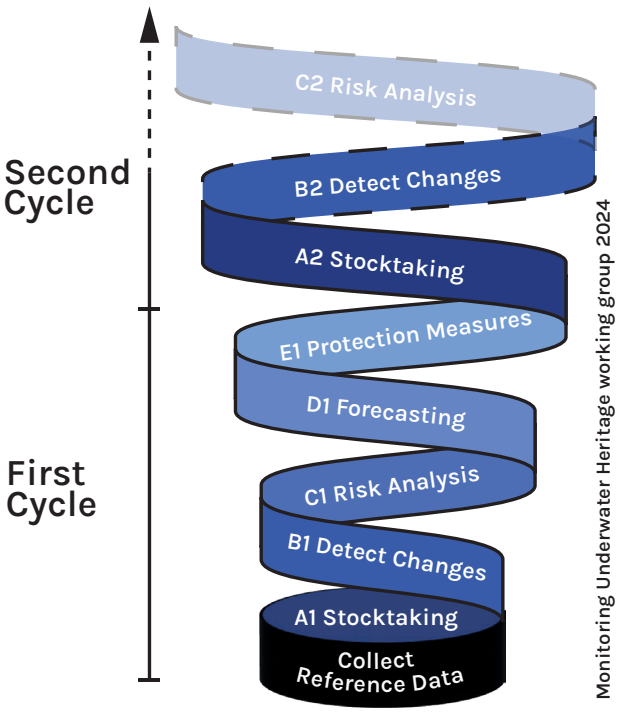


Abb. 4: Monitoring Helix, Kuratorium Pfahlbauten, 2024

tet, darunter Dürreperioden mit starkem Rückgang des Wasserspiegels oder auch Starkregenereignisse mit Hochwasser (Abb. 3) und starker Strömung. So wurde z. B. während eines Extremniedrigwassers eine (ungenehmigte) Baggerung am Rande der Welterbestätte See am Mondsee durchgeführt, um Messeinrichtungen weiterhin mit Wasser zu versorgen. Eine jüngst von der Universität für Bodenkultur Wien durchgeführte Machbarkeitsstudie schlägt zum verbesserten Hochwasserschutz am Mondsee vor, in der Denkmalschutzzone See am Mondsee massive Sohlabtiefungenen vorzunehmen, um einen verbesserten Abfluss des Mondsees zu erreichen.[5]

Außerdem wurde die verstärkte Ausbreitung von Neozoen und Neophyten beobachtet sowie ein Anstieg der Wassertemperatur festgestellt. Eine aktuelle Studie des Bundesamtes für Wasserwirtschaft bestätigt eine durchschnittliche Erwärmung des Oberflächenwassers des Mondsees von 1975 bis 2015 um 2°C.[6]

Die oben genannten Faktoren begründen die Notwendigkeit eines umfassenden Monitorings und daraus resultierender Schutzmaßnahmen. Im Folgenden wird erläutert, wie ein unterwasserarchäologisches Monitoring gestaltet werden kann. Dabei handelt es sich nicht um eine einmalige Maßnahme, sondern um einen kontinuierlichen Prozess aus miteinander verknüpften Elementen. Eine visuelle Darstellung der verschiedenen Phasen dieses Prozesses könnte man in Form einer Helix darstellen (Abb. 4).

A1: Bestandsaufnahme (stocktaking)

Als Ausgangspunkt dient eine initiale Bestandsaufnahme, da sie als Referenzpunkt für alle zukünftigen Untersuchungen dient. Jedes denkmalpflegerische Monitoring beginnt mit einer Inventarisierung des vorhandenen Bestands. Dazu zählen auch alle zugänglichen bisherigen Daten zu den Fundstellen aus der Literatur bzw. den Ortsakten des Bundesdenkmalamtes. Direkt vor Ort führt das Kuratorium Pfahlbauten seit 2013 regelmäßige Zustandskontrollen an den fünf österreichischen UNESCO-Welterbestätten durch. Diese Zustandskontrollen beinhalteten in den ersten Jahren vorwiegend die Aufnahme des aktuellen Erhaltungszustandes und die Installation eines Erosionsmessrasters. Diese Zustandsaufnahmen haben in dieser ersten Phase die in Tabelle 1 angeführten Daten erfasst.

5 Christoph Klingler / Max Preiml / Helmut Habersack / Hubert Holzman, Optimierung der Klauswehrordnung des Mondsees, Teil II – Hydrologie, in: Österr. Wasser- und Abfallwirtschaft 76, 2024, S. 193–202, https://doi.org/10.1007/s00506-023-01014-3 (28.03.2025).

6 Harald Ficker / Martin Luger / Hubert Gassner, From dimictic to monomictic: Empirical evidence of thermal regime transitions in three deep alpine lakes in Austria induced by climate change, in: Freshwater biology, Volume 62 Issue 8, 2017, S. 1335–1345, http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/fwb.12946/full (09.04.2025).

Archäologische Kerndaten zur Fundstelle	Umweltbedingungen an der Fundstelle	Seenutzung an der Fundstelle
Kartierung obertägig sichtbarer Funde	Topografische Lage	Schifffahrt und Ankerbojen
Kartierung der obertägig sichtbaren Pfahlfeldausdehnung	Zusammensetzung des Materials an Seegrundoberfläche (Steine, Schotter, Seekreide etc.)	Uferbauten
Kartierung der Kulturschicht-ausdehnung	Pflanzen und Tierarten	Fischerei
Aufbau und Datierung der Kulturschichten	Kartierung von Sedimentüber-deckung (mit Rückschlüssen auf freiliegende Kulturschichtbereiche)	Badebetrieb

Tabelle 1: In der Zustandsaufnahme erfasste Daten der UNESCO-Welterbestätten

Die Bestandsaufnahme ermöglichte eine Bewertung des Erhaltungszustandes der fünf UNESCO-Welterbestätten sowie eine erste Erfassung ihrer akuten Bedrohungen.

B1: Erkennen von Veränderungen (detect changes)

Die regelmäßige Durchführung jährlicher Zustandskontrollen ermöglicht es, Veränderungen an den Fundstellen systematisch zu identifizieren. Eine zentrale Voraussetzung hierfür ist die Vergleichbarkeit der erhobenen Daten über die Zeit hinweg. Qualitative Methoden, beispielsweise rein visuelle Zustandskontrollen und deren Beschreibung, sind alleine nicht ausreichend, um subtile oder langfristige Veränderungen zuverlässig zu dokumentieren oder nachzuvollziehen.

Daher nimmt die Integration quantitativer Ansätze eine Schlüsselrolle im Monitoringprozess ein. Messungen stellen hierbei eine wesentliche Komponente dar, da sie möglichst objektive Daten liefern, die sowohl die Erfassung des aktuellen Zustands als auch die Bewertung von Veränderungen im zeitlichen Verlauf erlauben. Durch die Kombination von qualitativen Beobachtungen und quantitativen Messungen wird nicht nur die Genauigkeit erhöht, sondern auch eine fundierte Grundlage für mögliche Maßnahmen zur Erhaltung der Fundstellen geschaffen. Ein beispielhaftes Verfahren für quantitative Messungen sind die jährlichen Ablesungen von Erosionsmarkern, die genutzt werden, um Sedimentations- und Erosionsprozesse am Seegrund zu bewerten (Abb. 5). Obwohl es sich dabei um punktuelle Messungen handelt, deren Werte zwischen den einzelnen Messstationen auf die Fläche interpoliert werden, liefern diese Markermessungen hinreichend valide Daten zur Dynamik der Sedimentbewegungen und ermöglichen eine Analyse der Veränderungen im Zeitverlauf.

C1: Risikoanalysen (risk analysis)

Die jährlichen Zustandskontrollen und Erosionsmessungen haben wesentlich dazu beigetragen, akute Risikofaktoren der einzelnen Seeufersiedlungen präzise zu identifizieren. Die Ergebnisse der Erosionsmessungen werden für jedes Jahr bzw. jeden Messzyklus in Form von Density Maps (Dichtekarten) visualisiert (Abb. 12). Auf diesen wird die räumliche Verteilung der Sedimentations- und Erosionsvorgänge im Areal der Fundstelle verdeutlicht, indem die Messwerte durch Farben oder Farbintensitäten grafisch dargestellt werden. Diese Darstellungsform erleichtert es, komplexe Prozesse der Seegrundveränderungen anschaulich und verständlich

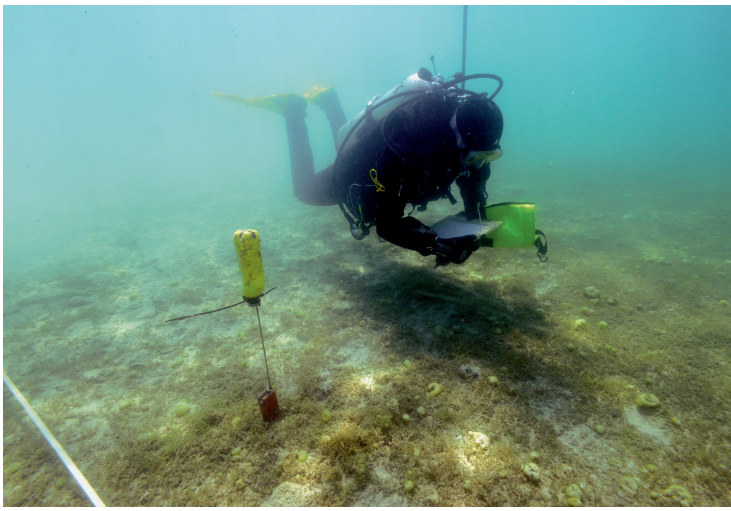


Abb. 5: Erosionsmarker, Abtsdorf I am Attersee, 2015

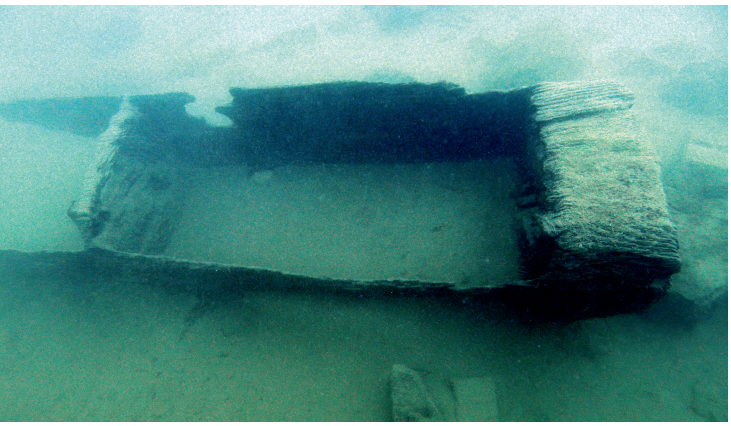


Abb. 6: Einbaum, Weyregg am Attersee, 2017

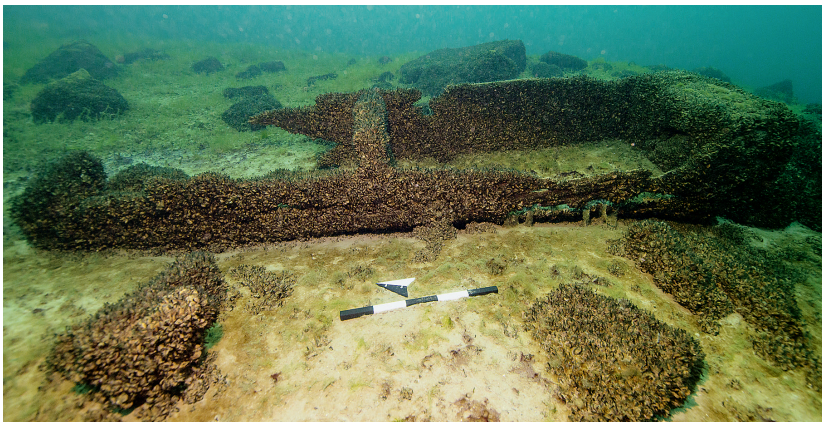


Abb. 7: Einbaum mit Quagga, Weyregg am Attersee, 2024

zu präsentieren. Density Maps unterstützen die wissenschaftliche Analyse und bieten eine effektive Grundlage für die Identifikation von Hotspots sowie die Ableitung gezielter Schutzmaßnahmen. Durch die Verknüpfung dieser Visualisierungen mit weiteren Daten wie hydrologische Bedingungen (Erosion durch Seeabfluss) oder menschliche Eingriffe (Erosion durch Schifffahrt) wird eine Bewertung der Prozesse möglich, die für die Denkmalpflege und den Erhalt der Fundstellen notwendig ist.

Neben diesen anthropogenen Einflüssen wirken sich auch natürliche Prozesse auf die Fundstellen in allen untersuchten Seen aus. Zu den wesentlichen Faktoren gehören Dürreperioden mit starkem Rückgang des Wasserspiegels, Starkregenereignisse, die zu Hochwasser führen, die verstärkte Ausbreitung von Neozoen und Neophyten (Abb. 6 und 7) sowie der Anstieg der Wassertemperaturen. Die Identifikation und Analyse dieser spezifischen Risiken haben es nachfolgend ermöglicht, gezielte Schutzmaßnahmen zu planen und umzusetzen.

D1: Vorhersagemodellierungen (predictive modelling)

Ein Vorhersagemodell ist ein mathematisches oder statistisches Modell, das entwickelt wurde, um zukünftige Ereignisse oder Werte auf der Grundlage von verschiedenen Daten und Mustererkennungen vorherzusagen. In der Archäologie werden solche Modelle häufig verwendet, um Verdachtsflächen archäologischer Fundstellen in einer Landschaft zu berechnen.[7] In der Denkmalpflege können Vorhersagemodelle angewendet werden, um zukünftige Trends in den Gefährdungen einer Fundstelle besser abzuschätzen. Vorhersagemodelle sind besonders nützlich, um fundierte Entscheidungen für notwendige Handlungen zu treffen und Ressourcen effizient zu planen. Damit sind Vorhersagemodelle Teil einer erweiterten Risikoanalyse. In der Anwendung von Vorhersagemodellen muss jedoch immer klar sein, dass es sich dabei um Berechnungen von Möglichkeiten handelt, die an den realen Gegebenheiten geprüft werden müssen.

Eine fundierte Aussage zur zukünftigen Entwicklung der Prozesse an den Fundstellen ist von großer Bedeutung und ein Ziel im Rahmen des Monitorings. Durch Vorhersagemodelle können potenzielle Gefahren frühzeitig erkannt und Maßnahmen ergriffen werden, bevor es zu einer Beschädigung an den Fundstellen kommt.

Ein Beispiel für predictive modelling ist die Simulation windinduzierter Wellen auf dem Zürichsee mit dem Programm SWAN (Simulating Waves Nearshore, Deltares). Dieses Tool ermöglicht die Vorhersage der Exposition archäologischer Fundstellen gegenüber Gefährdungsfaktoren wie Wind, Wellen und die dadurch verursachte Erosion. Auf dieser Grundlage wurde die Strategie *Site Management 2022+: HYPER-MODE (Hydrodynamic Predictive Erosion Modelling)* entwickelt. Sie zielt darauf ab, die Expositionsrisiken innerhalb bekannter Fundstellen präziser vorherzusagen. Ein Schichtinventar und die 3D-Modellierung des Untergrunds ergänzen diese Methode und bilden zentrale Elemente des Monitorings.[8]

Bisher konnte an den österreichischen Pfahlbauten noch kein umfassendes predictive Modelling durchge-

7 Phillip Mink / B. Jo Strokes / David Pollack, Points vs. Polygons: A Test Case Using a Statewide Geographic Information System, in: Mark W. Mehrer / Konni L. Wescott (Hg.), GIS and archaeological site location modeling, New York 2006, S. 219–239, DOI: 10.1201/9780203563359.sec5.

8 Andreas Mäder / Nils Bleicher, Unterwasserdenkmalpflege quo vadis – ein archäologischer Blick in die Zukunft, in: digitalisieren und optimieren, Fachbericht Nr. 6, Zürich 2024, S. 8–13; Andreas Mäder / Hilmar Hofmann / Tim Wehrle, Windwellenexposition der Pfahlbaufundstellen am Zürichsee, in: verstehen und vorausschauen, Fachbericht Nr. 4, Zürich 2022, S. 40–49.

führt werden. Im Hinblick auf Veränderungen durch den Klimawandel und dessen unbekannte Auswirkungen auf die Unterwasserdenkmäler Österreichs wird eine umfassende Erforschung der Thematik immer dringlicher. Einfache Berechnungen zum Ausmaß der Exposition von prähistorischem Material bei der virtuellen Herabsenkung des Seespiegels reichen hier nicht aus. Zu komplex sind die in den Seeboden einwirkenden zerstörerischen Prozesse, als lediglich das Gefährdungspotenzial einer Fundstelle durch Austrocknung darzustellen. Um ein solches Vorhersagemodell zur Erfassung des Gefahrenpotenzials erfolgreich umzusetzen, sind eine Verbesserung der Datenaufnahme sowie die Entwicklung und der Einsatz dafür geeigneter Tools erforderlich. Die bisherige Monitoringarbeit hat eine solide Grundlage geschaffen, auf der zukünftige Forschungen aufbauen können, um präzisere Prognosen und gezieltere Maßnahmen für ein nachhaltiges Management im Unterwasserkulturgüterschutz in Österreich aufzubauen.

E1: Schutzmaßnahmen (protective measures)

Nach den ersten zwei Jahren der Zustandskontrollen an den Fundstellen wurden die wichtigsten Gefährdungsfaktoren identifiziert. In intensiven Diskussionen mit verschiedenen Stakeholdern wurden daraufhin die bestmöglichen Schutzmaßnahmen erarbeitet. „Bestmöglich" bedeutete in diesem Kontext, dass die Maßnahmen von allen Beteiligten akzeptiert, finanziell tragbar und durch das Kuratorium Pfahlbauten umsetzbar waren. Teilweise mussten Arbeiten aus Haftungsgründen an Dritte ausgelagert werden, deren Ausführung in enger Absprache mit dem Bundesdenkmalamt umgesetzt worden sind. Für jede Fundstelle wurden individuell angepasste Schutzkonzepte entwickelt, die die regionalen Gegebenheiten und lokalen Zerstörungsursachen berücksichtigten. Anschließend wurde mit der Umsetzung konkreter Maßnahmen begonnen. Dieser Entscheidungsprozess konnte je nach Umständen unterschiedlich viel Zeit und Ressourcen in Anspruch nehmen.

Am Attersee konnten beispielsweise erste Schutzkonzepte relativ schnell realisiert werden. Hier bestand die Hauptgefährdung für die Erhaltung der UNESCO-Welterbestätten (Litzlberg-Süd, Abtsdorf 1 und 3) in der destruktiven Wirkung von Ankerbojenketten. Infolge guter Erfahrungen aus der Schweiz wurden in Zusammenarbeit mit der lokalen Wasserbaufirma „Männer unter Wasser" speziell angepasste „denkmalgerechte Ankerbojen" entwickelt (Abb. 8). Nach Aufklärung und Einholung des Einverständnisses der Bojenbesitzer:innen konnte bereits 2015 mit der Umrüstung der alten Ankerbojen auf dieses neue System begonnen werden.

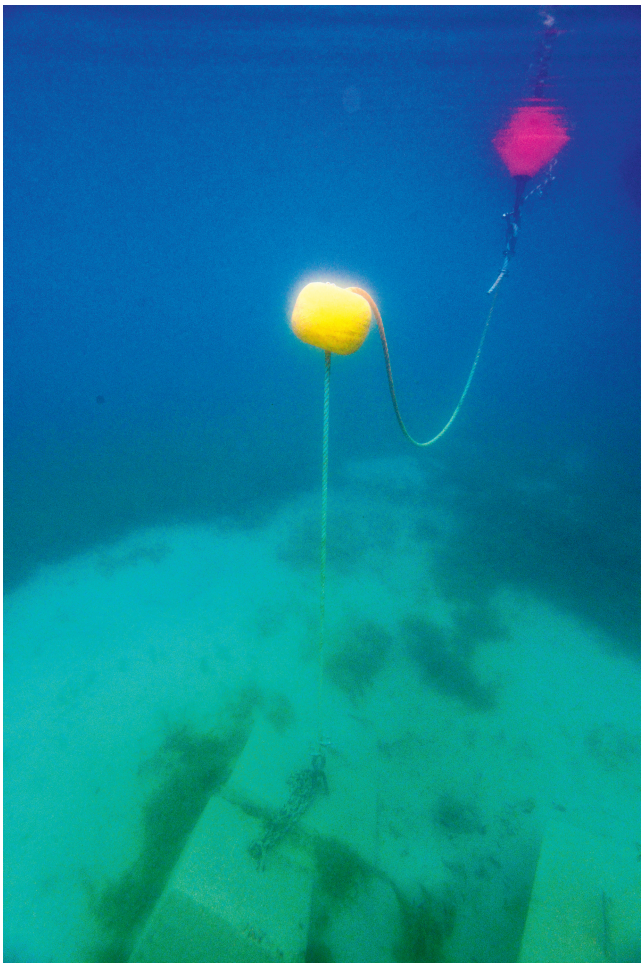


Abb. 8: Denkmalgerechte Ankerboje, Kammer am Attersee, 2019

Am Keutschacher See gestaltete sich der Entscheidungsprozess deutlich langwieriger. Neben den natürlichen Erosionsprozessen stellten hier insbesondere die Laichtätigkeit des Zanders (Abb. 9) sowie Ankerungen und Sportfischerei an der Untiefe eine erhebliche Ge-



Abb. 9: Zandernester, Keutschacher See, 2015

fährdung für die prähistorischen Siedlungsreste dar. In Zusammenarbeit mit den lokalen Stakeholdern wurden verschiedene Maßnahmen diskutiert, darunter vertikale Absperrnetze, Schutzgitter oder Eingriffe in die Fischpopulation. Dabei war jedoch die notwendige Rücksichtnahme auf die Interessen der privaten Seebesitzerin mit Einschränkungen in der denkmalpflegerischen Handlungsfähigkeit verbunden. Ein dauerhafter Stopp der Zander-Nachbesetzung oder die Installation einer obertägig sichtbaren Sperrkette erwiesen sich als nicht umsetzbar. Trotz der Bemühungen des Kuratoriums Pfahlbauten und des Bundesdenkmalamtes, eine Einigung über die Notwendigkeit von Schutzmaßnahmen zu erzielen, konnten nur Teilerfolge verbucht werden, die noch nicht alle Gefährdungen und Schäden am Denkmal beseitigen. Mit der aktuellen Novelle des österreichischen Denkmalschutzgesetzes 2024, in der auch das Welterbe erstmals explizit behandelt wird, scheint nun auch eine rechtliche Handhabe durch spezifische Verordnungen in greifbare Nähe gerückt. Ziel bleibt es jedoch, einen stabilen Konsens aller Stakeholder im Denkmalschutz zu erreichen. Insbesondere im Hinblick auf die Herausforderungen der Berücksichtigung öffentlicher und privater Interessen sowie die Erhaltung des Welterbes mit und für die Gesellschaft im Sinne der Konvention von 1972.

Im Jahr 2019 konnte das Kuratorium Pfahlbauten mit der Abdeckung an den am stärksten gefährdeten Arealen beginnen. Nach einer Testphase wird nun schrittweise der oberste Bereich der Untiefe mit Kulturschichterhaltung durch Erosionsschutzmatten aus ökologisch unbedenklichem Basalttextil geschützt (Abb. 10).

Mit dem Abschnitt E1 „Schutzmaßnahmen“ wird die erste Phase der „Monitoring-Helix“ abgeschlossen. Der Monitoringprozess selbst endet jedoch nicht, sondern setzt sich spiralförmig fort. In Phase 2 des Monitorings erfolgt eine erweiterte Bestandsaufnahme (A2), die etwaige neue zum Vorschein gekommene Attribute an der Fundstelle (z. B. neue freiliegende Hölzer, Einbaumfunde in der Nähe der Fundstelle etc.) wie auch neue Gefährdungen (z. B. das Vorkommen einer neuen Tierart) aufnehmen. In den darauffolgenden Zustandskontrollen (B2) wird nun zu den Beobachtungen und Messungen der eingetretenen Veränderungen an der Fundstelle auch die Wirkung der umgesetzten Schutzmaßnahmen dokumentiert und geprüft.

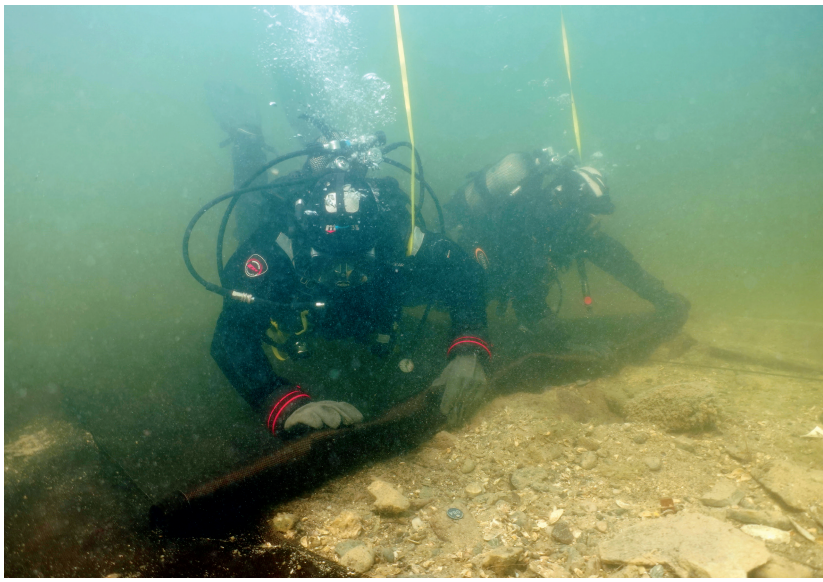


Abb. 10: Schutzmatten aus Basalt, Keutschacher See, 2023

Martin Mainberger schreibt 2013: „*Aus der systematischen Gegenüberstellung der Daten aus der Bestandsaufnahme und den Vergleichsbeobachtungen werden sich zahlreiche neue Anhaltspunkte zur Erhaltung des jeweiligen Denkmals und den damit verbundenen Prozessen ergeben. Damit kann ein neuer Zyklus beginnen. Die Abstände zu weiteren Kontrollen können dabei – je nach Fundstelle und den angetroffenen natürlichen, denkmalpflegerischen und archäologischen Bedingungen – unterschiedlich lang sein und Fristen von Monaten, Jahren oder auch einem Jahrzehnt umfassen.*“[9]

Die fünf österreichischen UNESCO-Welterbestätten der prähistorischen Pfahlbauten unterliegen halbjährlichen bis jährlichen Zustandskontrollen. In Oberösterreich erfolgen diese Kontrollen vorrangig im Mai, während der Keutschacher See im Oktober begutachtet wird, um eine gute Vergleichbarkeit der erhobenen Daten zu gewährleisten. Andere Unterwasserdenkmäler werden abhängig von den gegebenen Möglichkeiten inspiziert. Das 2015 gestartete Forschungsprojekt *Zeitensprung* widmet sich der intensiven Untersuchung ausgewählter Seeufersiedlungen. Gleichzeitig wurden dadurch Schutzmaßnahmen für die mit dem UNESCO-Welterbe verbundenen Fundstellen angestoßen und erfolgreich umgesetzt.[10]

9 Martin Mainberger / Wolfgang Hohl, Monitoring in archäologischen Denkmalen in der Flachwasserzone. Eine Einführung in Techniken und Methoden, in: Erosion und Denkmalschutz am Bodensee und Zürichsee, Vorarlberg – Museum Schriften 1, Bregenz 2013, S. 183–196.

10 Henrik Pohl, KG Seewalchen, MG Seewalchen am Attersee, in: Fundberichte aus Österreich 53, Wien 2014, S. 299 f.

Methodenentwicklung im Monitoring von 2013 bis 2024

Mit dem Beginn eines regelmäßigen Monitorings von Unterwasserfundstellen durch das Kuratorium Pfahlbauten im Jahr 2013 wurde ein Wendepunkt im Umgang mit versunkenen Denkmälern erreicht. Erstmals war es möglich, langfristige Konzepte für deren Beobachtung zu entwickeln und systematisch umzusetzen. Dabei wurde vorhandenes Fachwissen aus dem transnationalen Netzwerk des UNESCO-Welterbes gezielt genutzt und weiterentwickelt.

Wesentliche Grundlagen für die Bestandsaufnahme lieferten die Aktivitäten des Bundesdenkmalamtes aus den 1970er und 1980er Jahren. Insbesondere die Arbeiten von Johann Offenberger und Karl-Heinz Czech, die in Berichten zur Bestandsaufnahme des Unterwasserkulturerbes in den Salzkammergutseen dokumentiert sind, spielten hierbei eine zentrale Rolle.[11]

Die Entwicklung von Methoden für ein unterwasserarchäologisches Monitoring wurde und wird maßgeblich durch die umfangreichen Erfahrungen und Forschungsarbeiten von Fachkolleg:innen aus der Schweiz und Deutschland geprägt. Seit 2013 werden diese Ansätze durch das Kuratorium Pfahlbauten kontinuierlich angewendet und an die Gegebenheiten in den österreichischen Gewässern angepasst, um den komplexen und spezifischen Anforderungen des Schutzes von Kulturerbe unter Wasser gerecht zu werden. Zum derzeitigen Methodenspektrum für ein unterwasserarchäologisches Monitoring gehören:

Visuelle und fotografische Zustandskontrollen

Die jährlichen Zustandskontrollen erfolgen durch den Einsatz von Forschungstaucher:innen. Durch die visuelle Erfassung und Auswertung von Daten wird einerseits eine subjektive Einschätzung vorgenommen, die auf dem Vergleich mit bereits vorhandenen Erfahrungen beruht. Andererseits erfolgt eine objektive Dokumentation durch den Einsatz von Fotos und Videos, um Veränderungen detailliert und nachvollziehbar zu erfassen (Abb. 11).

Messungen von Sedimentveränderungen

Alle fünf Welterbestätten der prähistorischen Pfahlbauten in Österreich wurden sukzessive mit einem Netz aus Erosionsmarkern ausgestattet, um eine quantitative Erfassung von Erosions- bzw. Sedimentationsvorgängen zu ermöglichen. An systematisch eingebrachten Holz-



Abb. 11: Taucher mit Unterwasserkamera, Attersee, 2020

pflöcken werden jährlich die Veränderungen zum Seegrund gemessen. Die erfassten Werte werden zwischen den einzelnen Markern interpoliert und in Form von Density Maps visualisiert (Abb. 12, siehe auch Absatz C1). Insgesamt wurden in den fünf Welterbestätten 126 Erosionsmarker eingebracht. Im Rahmen eines Projekts zur Denkmalpflege in Seewalchen am Attersee wurden zusätzlich 80 Erosionsmarker gesetzt. Ziel war es, mittelfristig die potenziellen Auswirkungen einer neu errichteten Steganlage und der nachfolgenden Fahrgastschifffahrt zu überwachen. Dieses Fallbeispiel verdeutlicht die Vor- und Nachteile des Erosionsmarkersystems: Während das System für die Erfassung großflächiger Veränderungen wie in den Welterbestätten gut geeignet ist, zeigt es bei sehr punktuellen Veränderungen, wie sie in Seewalchen auftreten, seine methodischen Grenzen. Für die Zukunft stellt sich die Frage nach Weiterentwicklungen, die eine präzisere Erfassung lokaler Sedimentdynamiken ermöglichen.

Kernbohrungen

Unter Kernbohrungen wird die Probeentnahme von Sedimenten mittels geeigneter Bohrgeräte verstanden. Die damit gewonnenen Bohrkerne ermöglichen eine detaillierte Untersuchung der Stratigrafie archäologischer Fundstätten und der vertikalen Ausdehnung des Unterwasserdenkmals. Zudem können sie für weitere Analysen und Datierungen herangezogen werden. Die Entnahme der Bohrkerne erfolgt idealerweise in einem

11 Johann Offenberger, Pfahlbauten, Feuchtbodensiedlungen und Packwerke: Bodendenkmale in einer modernen Umwelt, in: Archaeologia Austriaca, Band 70, 1986, S. 205–226.

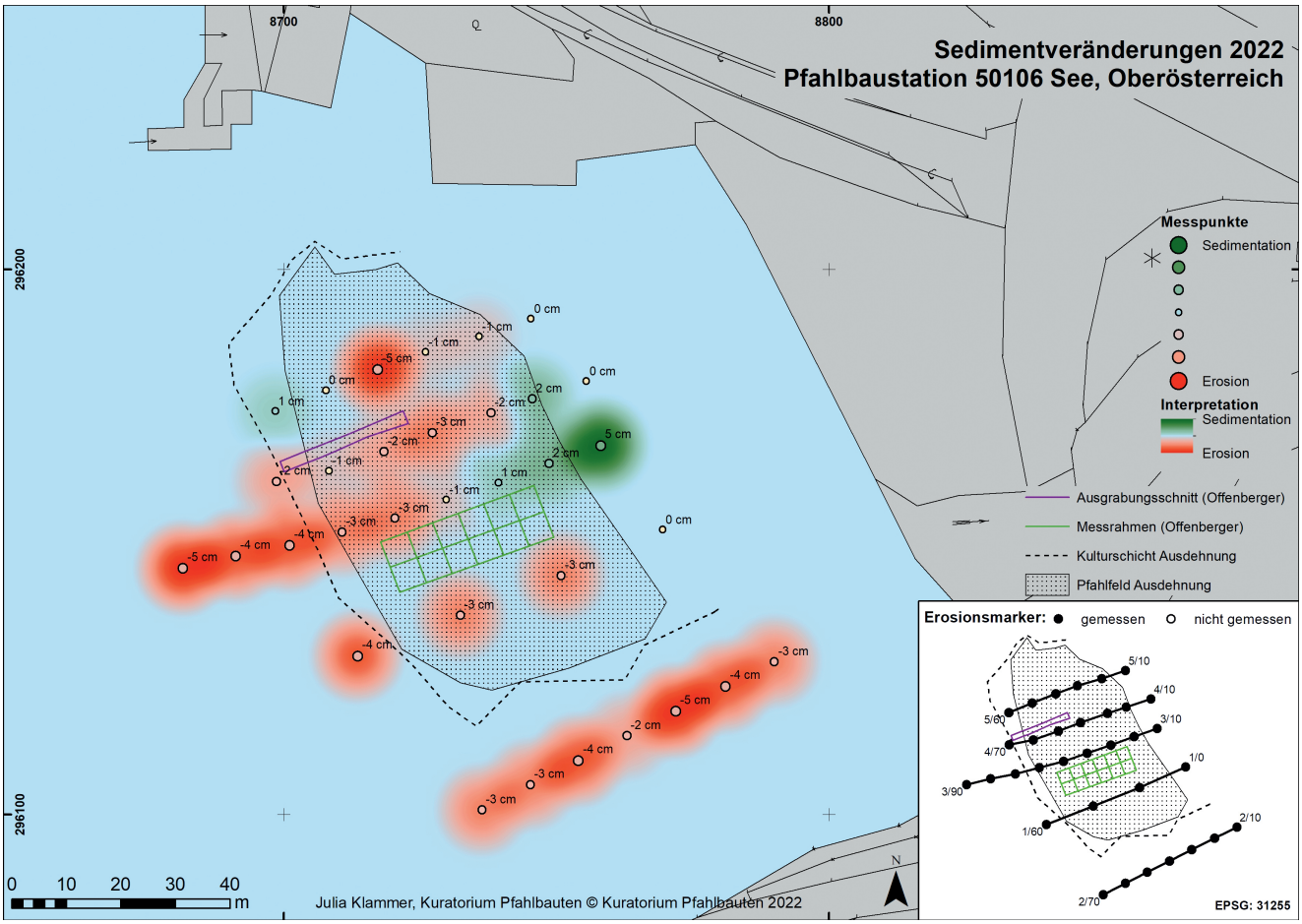


Abb. 12: Density Map Sedimentveränderung, See am Mondsee, 2022

systematischen Bohrraster. Das Kuratorium Pfahlbauten verwendet zwei unterschiedliche Systeme zur Gewinnung von Kernproben. Eine besonders effiziente Methode, um größere Flächen durch Forschungstaucher:innen zu beproben, ist der Einsatz eines Pürckhauer-Bohrers mit einem Durchmesser von 3 cm.

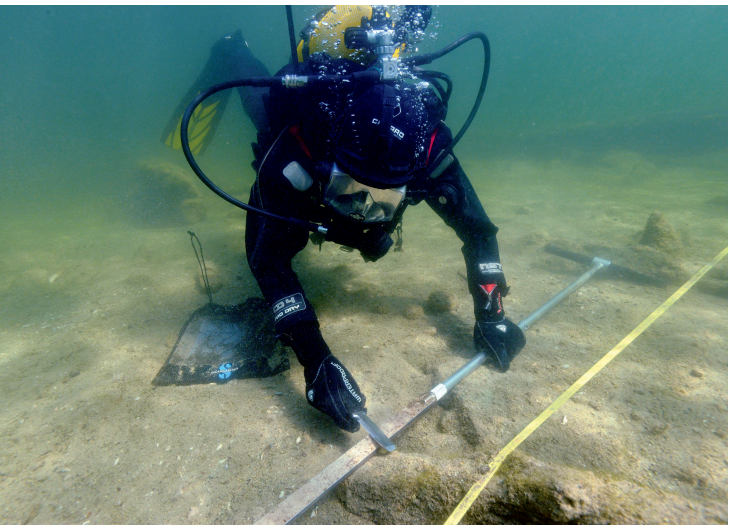


Abb. 13: Kernbohrung mit Pürckhauer, Keutschacher See, 2015

Damit können Sedimenttiefen von bis zu 2 m erreicht werden. Die entnommenen Bohrkerne werden unter Wasser fotografisch dokumentiert, hinsichtlich ihrer Schichtabfolge beschrieben und bei Bedarf beprobt. Anschließend wird das Material der Handbohrung unter Wasser verworfen (Abb. 13).

Für detaillierte Analysen können Bohrkerne mit einem Durchmesser von 9 cm entnommen werden. Dazu werden 2 bis max. 3 m lange Kunststoffröhren mithilfe eines speziell angefertigten Bohrgeräts der Firma UWITEC von einem:r Forschungstaucher:in unter Wasser in den Sedimentboden eingeschlagen und anschließend vom Boot aus mithilfe einer Winde geborgen. An Land werden die Bohrkerne luftdicht verschlossen und licht- sowie temperaturgeschützt im Kulturrettungscontainer der OÖ Landes-Kultur GmbH gelagert. Diese Kernbohrungen ermöglichen weitere umfassende Untersuchungen der Bodensedimente im Labor.

Structure from Motion

Structure from Motion (SfM) ist eine fotogrammetrische Methode, mit der aus einer Serie von überlappenden

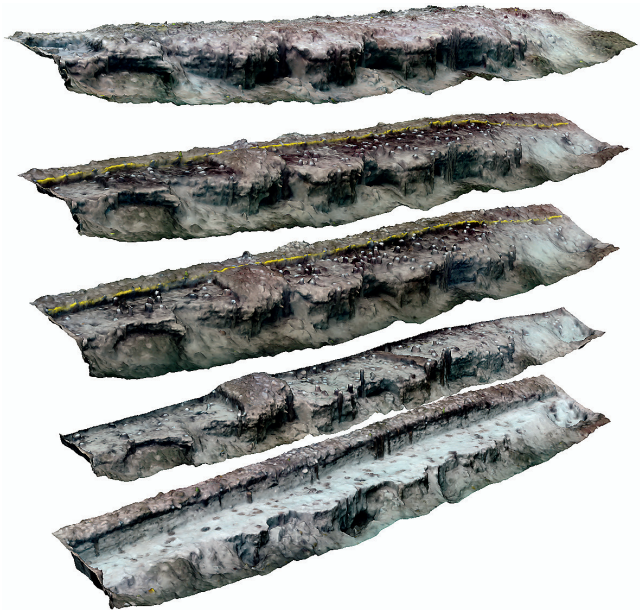


Abb. 14: Grabungsdokumentation mit SfM, Projekt Zeitensprung, Sprungturmgrube Seewalchen am Attersee, 2015

Fotografien eines Objekts, einer Fläche oder einer Landschaft eine dreidimensionale Rekonstruktion erstellt wird. SfM ist besonders in der Archäologie, der Geowissenschaft und der Architektur beliebt, da sie kostengünstig, flexibel und präzise ist. Anwendungsbeispiele sind die Erstellung von 3D-Modellen von Fundstätten, Landschaften oder Objekten sowie die Vermessung von Strukturen. Diese Methode kam bereits 2015 während einer Ausgrabung in Seewalchen am Attersee in Zusammenarbeit mit dem 3D-Studio Crazy Eye zum Einsatz (Abb. 14). Seitdem wird sie sowohl zur Dokumentation von Oberflächen im Zuge von Grabungen als auch zur Erfassung von Schutzflächen verwendet. Im Keutschacher See dient SfM der Dokumentation von Flächen vor deren Abdeckung mit Geotextilien. Spätere Aufnahmen derselben Flächen (z. B. im Rahmen einer Phase B2 der Monitoring-Helix) ermöglichen es, Veränderungen im Erhaltungszustand sichtbar zu machen.

Seit 2024 wird versucht, auch großflächige Siedlungsareale mit dieser Methode zu dokumentieren. Arbeiten dieser Art werden in einer Masterarbeit von Stefan Krojer an der Universität Wien behandelt (erwartete Fertigstellung 2025). Diese Ansätze sollen weiterentwickelt werden, um ihre Anwendungsmöglichkeiten zu optimieren.

Luftbildprospektion

Einige etablierte Methoden der Luftbildprospektion lassen sich auch in der Unterwasserarchäologie erfolgreich einsetzen. Strukturen unter Wasser sind aus größerer Höhe häufig gut sichtbar. Die prähistorischen Pfahlbauten in den Flachwasserzonen österreichischer Seen bieten bei guten Sichtverhältnissen ideale Voraussetzungen für diese Technik. Verdachtspositionen müssen durch Forschungstaucher:innen überprüft werden. Beispielsweise konnten auf Luftbildaufnahmen (Abb. 15 und 16) der UNESCO-Welterbestätte Abtsdorf I im Attersee Verdachtspositionen ausgemacht werden. Bei anschließenden Untersuchungen konnten an diesen hölzerne Bauelemente freigelegt werden. Deren C14-Datierungen belegten bislang unbekannte Zeiträume menschlicher Aktivität in diesem Gebiet. Die Luftbildprospektion ermöglicht zudem eine rasche Erfassung der Vegetationsverteilung auf größeren Flächen. Besonders auffällig sind Störungen der natürlichen Vegetation, etwa die Ausmaße und Anzahl von Kratern, die durch Ankerbojen am Attersee entstanden sind. Am Bodensee werden Luftbildauf-



Abb. 15: Luftbild, Abtsdorf I am Attersee, 2015



Abb. 16: Rechteckige Strukturen am Seeboden, Abtsdorf I am Attersee, 2015

nahmen genützt, um die massive Ausbreitung der Quagga-Muschel innerhalb der letzten Jahre an den Uferbänken zu visualisieren.[12]

LIDAR Grünlaser

Als eine Sonderform der Luftbildprospektion kann der Einsatz von LIDAR betrachtet werden. Es handelt sich um laserbasierte Vermessung, die auch unter dichter Vegetation bzw. unter Wasser verborgen liegende Strukturen sichtbar machen kann. Die Firma Skyability GmbH führte im Auftrag des Kuratoriums Pfahlbauten im April 2022 ein solches Laserscanning des Seebodens der Station See im Mondsee durch (Abb. 17). Ähnlich wie bei klassischen Lidaraufnahmen an Land wurden eine hochauflösende Bathymetrie und ein 3D-Modell der Bucht von See am Mondsee erstellt.[13] Damit ist es nun möglich, sowohl eine bessere Gesamtverortung der verschiedenen bereits untersuchten Teilbereiche als auch eine bessere Planung von Schutzmaßnahmen zu erreichen. Auf dieser Basis sollen in Zukunft z. B. auch Modellierungen von Strömungsvorgängen möglich sein. Ob die Genauigkeit der Messergebnisse bei regelmäßig wiederkehrenden Aufnahmen ausreicht, um auch Erosionsvorgänge hinreichend genau zu erfassen, muss noch geklärt werden.

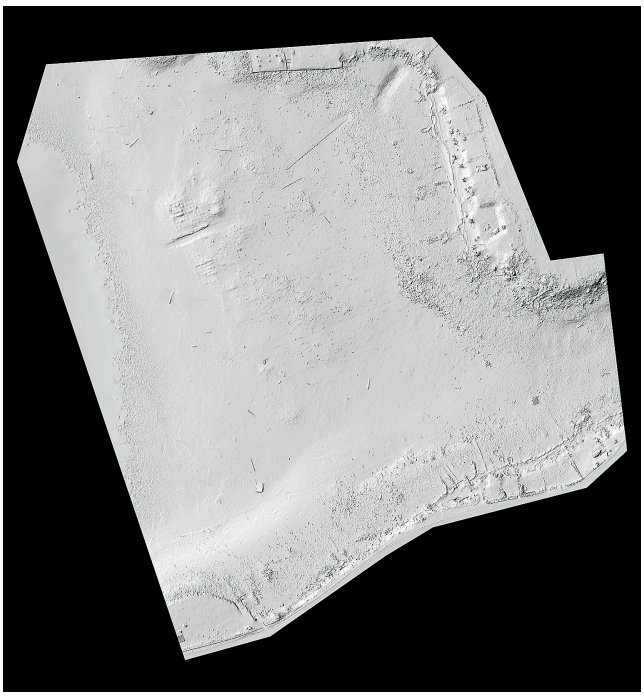


Abb. 17: Lidar Scan, See am Mondsee, 2022

Berichtslegung

Zustandskontrollen an den Welterbestätten erfolgen ein- bis zweimal pro Jahr. Weitere Fundstellen werden anlassbezogen und je nach personeller sowie zeitlicher Kapazität besichtigt. Nach jeder Betauchung wird ein Besichtigungsprotokoll erstellt. Während der umfassenderen Monitoring-Tauchkampagnen im Herbst und Frühjahr werden nach dem Ablesen der Erosionsmarker die genannten Density Maps erstellt. Bei Maßnahmen mit Bodeneingriff gemäß § 11 DMSG gelten die Berichtsrichtlinien des Bundesdenkmalamtes. Alle unterwasserarchäologischen Aktivitäten des Kuratoriums Pfahlbauten werden in einem ausführlichen Monitoringbericht dokumentiert. Dieser Bericht ist Teil des Jahres- und Wirkungsberichts und wird sowohl an ICOMOS als auch an das Bundesdenkmalamt übermittelt.

Zukunftsaussichten für das Unterwasser-Monitoring in Österreich

Das derzeitige Monitoring des Kuratoriums Pfahlbauten fokussiert sich seit 2013 auf die fünf versunkenen UNESCO-Welterbestätten in Österreich. Durch den Aufbau von Infrastruktur, eine valide Datengrundlage und Expertise sowie den limitierten Ressourcen, um eine Vielzahl von zusätzlichen Themen des Welterbemanagements abzudecken, war das Team mit dieser Anzahl an Fundstellen ausreichend ausgelastet. Die denkmalpflegerischen Maßnahmen zur Erhaltung von Österreichs UNESCO-Welterbestätte unter Wasser gestalten sich als herausfordernd und divers.

Am Attersee zählen zu den Hauptgefährdungsfaktoren der UNESCO-Welterbefundstellen menschliche Aktivitäten insbesondere in Form von Ankerbojen und Ankerungen sowie Uferverbauungen und die Errichtung von Bootshäusern bzw. Steganlagen. Durch ein umfassendes Umrüstungsprogramm der Bojen und die Verordnung eines Ankerverbotes sowie dessen Ausschilderung am Attersee konnten große Erfolge im Schutz der Welterbefundstellen erzielt werden. Zusätzliche Stressfaktoren durch Starkwetterereignisse und Hochwasser konnten erstmals im Jahr 2013 dokumentiert werden. Auch die Versetzungen ganzer Bojenankersteine am Seegrund, wie bei der UNESCO-Welterbestätte Litzlberg Süd dokumentiert, hängen

12 Martin Mainberger / Joachim Köninger / Sabine Hagmann, Unterwasserkulturgut im Klimawandel: Monitoring in den Fundstellen des baden-württembergischen Bodenseeufers, in: Palafittes News 4, Wien 2023, S. 24–29 (Mainberger et al. 2023).

13 Katharina Riederer / David Simböck / Gottfried Mandelburger, Ein Blick unter Wasser. Untersuchungen der Pfahlbausiedlung Mondsee mit optischer Bathymetrie, in: Palafittes News 5, Wien 2024, S. 44–49.

aller Wahrscheinlichkeit nach mit heftigen Stürmen zusammen. Noch gibt es keine valide Einschätzung dazu, inwiefern solche Ereignisse am Attersee zukünftig vermehrt in Erscheinung treten werden. Gemeinsam mit der Ausbreitung invasiver Arten in den Gewässern Österreichs müssen diese Wetterextreme als mögliche Gefährdungen und Auswirkung des Klimawandels für die Unterwasserdenkmäler genauer untersucht werden.

An der UNESCO-Welterbefundstelle See im Mondsee stellt die starke natürliche Erosion der oberen Deckschichten ein zentrales Risiko dar. Weit aus dem Seegrund ragende Pfähle zeugen von einem relativ starken Abtrag von Decksedimenten in einem bisher nicht näher zu definierendem Zeitraum. In der Station See werden z. B. durch Wind und Strömung aufgewirbelte Sedimente durch den nahe gelegenen Seeabfluss abtransportiert und können sich nicht wieder ablagern. Damit liegen große Flächen der 6000 Jahre alten prähistorischen Kulturschichten direkt an der Oberfläche des Seebodens und sind von Erosion betroffen. Maßnahmen zur Optimierung der Klauswehrordnung der Seeache und eine potenzielle Abtiefung des Ausflusses des Mondsees für einen besseren Hochwasserschutz können die Strömungsverhältnisse an der Fundstelle verändern und zu einem schnelleren Abtrag der prähistorischen Schichten führen.[14] Aus diesem Grund müssen Lösungen zum Schutz der prähistorischen Befunde gefunden und Schutzmaßnahmen durchgeführt werden, bevor es zu Bauarbeiten in diesem Bereich kommt.

An der UNESCO-Welterbestätte im Keutschacher See zeigt sich zusätzlich zu der natürlichen Erosion ein Hauptrisikofaktor durch das Laichverhalten der Zander sowie die Aktivitäten der Sportfischerei im Bereich der Untiefe. Auch hier ragen Pfähle aus dem Untergrund und es befindet sich kaum natürliche Überdeckung über den fragilen Kulturschichten. Große Bereiche der direkt an der Seebodenoberfläche befindlichen Kulturschicht werden vom Zander jährlich erheblich geschädigt und es kommt beim Bau von Laichgruben zu Materialverlust an dieser UNESCO-Welterbestätte. Mit dem Test erster Schutzmatten aus verschiedenen Materialien wurde im Jahr 2019 begonnen. Nachdem sich ihre Schutzwirkung bewährte, wurde in den darauffolgenden Jahren ein intensives Abdeckungsprogramm an der Fundstelle gestartet. Im Jahr 2025 kann das Ziel, alle Bereiche mit erhaltener Kulturschicht durch Schutzmatten abzudecken, voraussichtlich erreicht werden. Damit sind die UNESCO-Welterbestätten heute deutlich besser vor Zerstörung geschützt als noch vor zehn Jahren, doch keinesfalls vollständig davon befreit (siehe Tabelle 2). Das Monitoring und die Umsetzung von Schutzmaßnahmen am UNESCO-Welterbe der Pfahlbauten gehen also weiter.

MONITORING UND DENKMALPFLEGEMASSNAHMEN AN DEN UNESCO-WELTERBEFUNDSTELLEN UNTER WASSER

UNESCO-Welterbestätte	A1 Bestandsaufnahme	B1 Messung	C1 Risikoanalyse	E1 Schutzmaßnahmen	Aktuelle Gefährdungen (Stand 2024)
Abtsdorf I, Attersee (OÖ)	Natürliche Deckschichten, darunter Kulturschichten; Erfassung Kulturschichtausdehnung; an Oberfläche sichtbare Pfähle, liegende Hölzer und Funde	Erosionsmessungen seit 2013, Vermessung Bojenkrater	Segelbojen, Ankerschleifspuren, Schifffahrt	DMS-Ankerbojen, Ankerverbotszone, Abstandsregelung mit Schifffahrt, Vermittlung (Vorträge, Printmaterial, Anrainergespräche etc.)	Quaggamuscheln, Klimawandel / Wetterextreme

14 Max Preiml / Christoph Klinger / Hubert Holzmann / Petr Lichtneger / Christine Sindelar / Helmut Habersack, Optimierung der Klauswehrordnung des Mondsees, Teil I – Hydraulik, in: Österr. Wasser- und Abfallwirtschaft 76, 2024, S. 182–192, https://link.springer.com/article/10.1007/s00506-023-01013-4.

MONITORING UND DENKMALPFLEGEMASSNAHMEN AN DEN UNESCO-WELTERBEFUNDSTELLEN UNTER WASSER					
UNESCO-Welterbestätte	**A1 Bestandsaufnahme**	**B1 Messung**	**C1 Risikoanalyse**	**E1 Schutzmaßnahmen**	**Aktuelle Gefährdungen (Stand 2024)**
Abtsdorf III, Attersee (OÖ)	Natürliche Deckschichten, darunter Kulturschichten; Erfassung Kulturschichtausdehnung; Pfähle in Bojenkrater sichtbar	Erosionsmessungen seit 2013, Vermessung Bojenkrater	Segelbojen, Ankerschleifspuren, Schifffahrt	DMS-Ankerbojen, Ankerverbotszone, Abstandsregelung mit Schifffahrt, Vermittlung (Vorträge, Printmaterial, Anrainergespräche etc.)	Quaggamuscheln, Klimawandel / Wetterextreme
Litzlberg Süd, Attersee (OÖ)	Natürliche Deckschichten, darunter Kulturschichten; Erfassung Kulturschichtausdehnung; Funde an Oberfläche, Pfähle in Bojenkrater sichtbar	Erosionsmessungen seit 2013, Vermessung Bojenkrater	Segelbojen, Ankerschleifspuren, Ufererosion	DMS-Ankerbojen, Ankerverbotszone, Vermittlung (Vorträge, Printmaterial, Anrainergespräche etc.)	Klimawandel / Wetterextreme
See, Mondsee (OÖ)	Erfassung Kulturschicht- und Pfahlfeldausdehnung; Erfassung offen liegender Kulturschicht, liegende Hölzer und an Oberfläche sichtbare Funde	Erosionsmessungen seit 2013	Fischerei, Ankerschleifspuren, Ufererosion, Strömungerosion, Klifferosion (ehem. Grabungsschnitt 1980er Jahre)	Ankerverbotszone, Abdeckungen an ehem. Grabungsschnitt 1980er Jahre	Ufererosion, Strömungserosion, Quaggamuscheln, Hochwasserschutz, Klimawandel / Wetterextreme
Keutschach, Keutschacher See (K)	Erfassung Kulturschicht- und Pfahlfeldausdehnung; Erfassung offen liegender Kulturschicht, liegende Hölzer und an Oberfläche sichtbarer Funde	Erosionsmessungen seit 2013, Sammlung Angelgut, Vermessung Laichgruben	Ankerschleifspuren, Fischerei, Zander, Krebs, Klifferosion	DMS-Ankerbojen, Ankerverbots- und Fischereiverbots-zone, Abdeckungen der Kulturschichten	Fischerei, Quaggamuscheln, Zander, Klifferosion, Klimawandel / Wetterextreme

Tabelle 2: Ergebnisse des Monitorings an den UNESCO-Welterbestätten



Abb. 18: Gefährdungszonen an Schiffsanlegesteg, Seewalchen I am Attersee, 2022

Neben der Hauptaufgabe, die Erhaltung der UNESCO-Welterbefundstellen unter Wasser zu gewährleisten, gelang es dem Kuratorium Pfahlbauten, gelegentlich auch andere assozierte Fundstellen in den Seen Österreichs zu besichtigen. Auch wenn die finanziellen Ressourcen derzeit kein umfassendes Monitoring aller Unterwasserdenkmäler Österreichs ermöglichen, konnte in den Besichtigungsprotokollen eine aktuelle Zustandserfassung begonnen und eine erste Gefahreneinschätzung erfasst werden. Durch Sonderaufträge mit zusätzlicher Finanzierung war es beispielsweise auch möglich, ein zusätzliches umfassendes Monitoring der Fundstelle Seewalchen I im Bereich der 2014 errichteten Schiffsanlegestelle über einen Zeitraum von vier Jahren durchzuführen. In jährlichen Berichten wurde die drastische Entwicklung an der unter Denkmalschutz stehenden Unterwasserfundstelle durch die Schifffahrt aufgezeigt (Abb. 18). Für die Umsetzung denkmalschützerischer Maßnahmen fehlte es jedoch auch hier bisher an Ressourcen.[15] Dafür konnte im Strandbad Seewalchen erfolgreich eine Schutzmaßnahme umgesetzt werden, bei der die Installation einer Spundwand am Rande der Sprungturmgrube den rapiden Verfall der Fundstelle Seewalchen I in diesem Bereich gestoppt hat. Auch hier zeigt sich, dass durchgeführte Schutzmaßnahmen weiterführende Betreuung benötigen. So kommt es in manchen Bereichen der Spundwand zu einer Unterspülung, welche verfüllt werden muss, bevor Erosion die prähistorischen Schichten erreicht. Die Tätigkeiten rund um die Unterwasserfundstellen legen die dringende Notwendigkeit offen, auch die anderen Unterwasserdenkmäler Österreichs in einen Denkmalpflegeplan aufzunehmen und einem regelmäßigen und strategischen Monitoring zu unterziehen.

Durch die immer rascher voranschreitenden Veränderungen in den Gewässern Österreichs durch Temperaturanstiege und die Ausbreitung invasiver Arten werden das Monitoring und die Denkmalpflege unter Wasser grundsätzlich vor neue Herausforderungen gestellt.[16] Diese Veränderungen betreffen nicht nur die

15 Henrik Pohl / Cyril Dworsky / Helena Seidl da Fonseca / Fiona Leipold, Erosion unter dem Steg: Herausforderungen des Denkmalschutzes im oberösterreichischen Attersee, in: Palafittes News 4, Wien 2023, S. 12–17.

16 Mainberger et al. 2023, S. 24–29.



Abb. 19: Fernschreiber der C. Lorenz AG, Attersee, 2022



Abb. 20: Fernschreiber mit Quaggabefall, Attersee, 2024

UNESCO-Welterbestätten, sondern alle Unterwasserdenkmäler Österreichs.

Wie schnell die Ausbreitung einer invasiven Art in österreichischen Seen erfolgen kann, zeigt derzeit sehr eindrucksvoll die Quagga-Muschel (*Dreissena rostriformis bugensis*), die ursprünglich in den Zuflüssen des Schwarzen Meeres verbreitet war. Mithilfe von Haftfäden (Byssus) heftet sie sich vor allem an Steine und Holzteile, aber auch an Abwasserleitungen und ähnliche Gegenstände. Selbst auf feinen Seesedimenten kann die Muschel ganze Teppiche bilden und große Flächen überwuchern. Im Gegensatz zu anderen invasiven Muscheln (z. B. der Zebramuschel) sind für die Quagga-Muschel niedrige Temperaturen, große Wassertiefen und eine geringe Nährstoffversorgung kein Hindernis bei der Fortpflanzung. Nicht nur einheimische Arten werden zurückgedrängt, auch archäologische Funde können Schaden nehmen, da sich die Muschel mit ihren Byssusfäden am Material anheftet. Unterwasserkulturerbestätten wie die prähistorischen Pfahlbauten, aber auch Denkmäler aus anderen Zeitstellungen werden durch die Ausbreitung der Quagga-Muschel für zukünftige Beobachtungen unkenntlich. Wie stark der Materialverlust an organischem Material durch das Haftverhalten der Muschel voranschreitet, muss genauer untersucht werden, um das Gefährdungspotenzial für die UNESCO-Welterbestätte und alle weiteren Unterwasserdenkmäler einschätzen zu können (Abb. 19 und 20).

Die Beobachtungen und Aufzeichnungen des Kuratoriums Pfahlbauten belegen, dass für eine ausreichende Denkmalpflege der österreichischen Unterwasserkulturgüter zusätzliche Kapazitäten geschaffen und mehr Mittel zur Verfügung gestellt werden müssen. Der rasche Fortschritt in der Entwicklung neuer Monitoringmethoden sowie Überlegungen zum Einbezug der Sporttauchcommunity in Citizen-Scientists-Monitoringprogramme könnten deutliche Verbesserungen der aktuellen Situation hervorrufen. Im Hinblick auf neue Herausforderungen in der Erhaltung der Unterwasserdenkmäler durch den Klimawandel braucht es zudem intensivierte Partnerschaften mit dem Natur- und Umweltschutz und eine strategische Zielsetzung in der Priorisierung notwendiger Maßnahmen. Denn was nicht erhalten werden kann, muss rechtzeitig archäologisch aufgenommen werden. Im nationalen Managementplan des Kuratoriums Pfahlbauten ist die Entwicklung eines neuen, umfangreicheren Monitoringkonzepts bereits ein fixer Bestandteil, auch wenn dieses wieder primär die UNESCO-Welterbestätte ins Auge fasst.