

Monitoring in archäologischen Denkmälern in der Flachwasserzone. Eine Einführung in Techniken und Methoden

Martin Mainberger und Wolfgang Hohl¹

Erosion in Unterwasserfundstellen umfasst oft schlechende Prozesse, die nur mit wiederholten Beobachtungen und langfristigen Programmen kontrolliert werden können. Planmäßiges Monitoring bietet in solchen Denkmälern Möglichkeiten, Schäden zu erkennen und gegebenenfalls mit Schutzmaßnahmen gegensteuern zu können. Voraussetzung ist eine archäologische Bestandsaufnahme auf der Grundlage quantitativer Informationen, die als Referenz für alle späteren Messungen und Kontrollen dient. Zu ergänzen ist diese Inventur durch Ortsaktenstudium und die Analyse öffentlich zugänglicher und in staatlichen Einrichtungen vorhandener Geodaten wie Orthofotos oder Satellitenbilder. In der Geländearbeit können die konventionellen archäologischen Aufnahmeverfahren mit hydrographischen Untersuchungen kombiniert werden. Effektive Monitoring-Werkzeuge stellen Erosionsmarker unterschiedlicher Materialien dar, die mit geringem Aufwand eingebracht und bei späteren Kontrollmessungen »abgelesen« werden können. Die Zeiträume, die ein vollständiger Monitoring-Zyklus einnimmt, sind ebenso wie die Auswahl der im Gelände eingesetzten Methoden in großem Maß abhängig von den jeweiligen Bedingungen in der Fundstelle.

Erosion at archaeological sites located in shallow water zones is often caused by gradual processes that can only be supervised by repeated, long-term observations. Monitoring techniques offer the possibility of controlling damage by soil movement and, potentially, of taking adequate measures. The pre-requisite is an archaeological inventory based on measurements, which can be used as a reference for later recordings and controls. This baseline investigation is to be supplemented by the analysis of information recorded in the past and by an appraisal of spatial data provided by governmental institutions or by using open source sites, like satellite imagery or aerial photographs, on the internet. Fieldwork can consist of a combination of conventional archaeological documentations and hydrographical investigations. Erosion markers made from different materials promise to be effective and easy to install tools for conveniently monitoring the amounts of erosion. The time span of a complete monitoring cycle and the range of the methods selected in the fieldwork, depend, to a great degree, on the respective conditions at the site.

Vorbemerkung

Der nachfolgende Text stellt ein gemeinsames Arbeitsergebnis der Arbeitsgruppe »Monitoring« des Interreg IV-Projektes »Erosion und Denkmalschutz am Bodensee und Zürichsee« dar. Die Gruppe formierte sich unter dem Vorsitz H. Schlichtherles am 29.2.2008 und setzte sich aus Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Stadtarchäologie Zürich (U. Hügi, T. Scherer), des Amtes für Archäologie des Kantons Thurgau (M. Schnyder), des Landesamtes für Denkmalpflege/Regierungspräsidium Stuttgart, Fachbereich Feuchtbodenarchäologie (W. Hohl, J. Königer, M. Mainberger, A. Müller, H. Schlichtherle) sowie der LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Institut für Seenforschung Langenargen (M. Wessels) zusammen.

1. Denkmalpflegerisches Monitoring als Komponente des Kulturgutmanagements

»Monitoring« (lat. »monere – mahnen; Monitor – Mahner, Warner; engl. to monitor – überwachen, beobachten, kontrollieren) wird im Allgemeinen als »Überbegriff für alle Arten der unmittelbaren systematischen Erfassung, Beobachtung oder Überwachung eines Vorgangs« verstanden (www.wikipedia.de/Monitoring). Im Kern geht es dabei also immer um Prozesse und um die Möglichkeiten, steuernd eingreifen zu können, sofern diese nicht den gewünschten Verlauf nehmen. Monitoring-Techniken finden vor allem in naturwissenschaftlichen und medizinischen, aber auch in sozialwissenschaftlichen Disziplinen breite Anwendung. Etwa in der Ökologie (z.B. FFH-Richtlinie; Europäische Kommission 1992, Art. 11) ist Monitoring rechtlich und administrativ verankert. In der staatlichen Denkmalpflege spielt Monitoring als Bestandteil des Managementplans für UNESCO-Weltkulturerbestätten (Ringbeck 2009) und auch als Auflage in Umweltverträglichkeitsstudien (z.B. Blankenfeldt/Mainberger 2011) eine zunehmend wichtige Rolle.

Unterwasserfundstellen und gerade die Denkmale in den Flachwasserzonen der großen Voralpenseen stellen aus denkmalpflegerischer Sicht besondere Herausforderungen dar. Aus jedem Eingriff – etwa dem Bau einer Ufermauer oder der Ausbaggerung eines Hafens – resultieren hier komplexe hydrologische Reaktionen, die in aller Regel mit Sedimentverlagerung und Sedimentabtrag verbunden sind.

¹ Anschrift der Verfasser: Martin Mainberger, Ballrechterstr. 3, 79219 Staufen, Deutschland, martin.mainberger@uwarc.de; Wolfgang Hohl, Landesamt für Denkmalpflege Baden-Württemberg, Regierungspräsidium Stuttgart Referat 85 – Feuchtbodenarchäologie, Fischersteig 9, 78343 Gaienhofen-Hemmenhofen, Deutschland, wolfgang.hohl@rps.bwl.de

Die Schäden, die solche Vorgänge am schützenden Sedimentbett verursachen, können in ihrer Summe die negativen Begleiterscheinungen des initialen Eingriffes erheblich übertreffen. Gute Beispiele bilden hier etwa die Sipplinger und die Bodmaner Bucht (vgl. Fallstudie Sipplingen in diesem Band). Mit einer einmaligen Untersuchung und den konventionellen unterwasserarchäologischen Prospektionsmethoden allein sind solche Sachverhalte kaum zu kontrollieren. Auch bleiben solche Schäden vielfach über lange Zeiträume unerkannt, weil sie unter dem Wasserspiegel verborgen ablaufen und weder von der Öffentlichkeit noch von den zuständigen Denkmalpflegeeinrichtungen unmittelbar wahrgenommen werden können. An dieser Stelle kann unterwasserarchäologisches Monitoring einsetzen. Mehrfaches, in zeitlichen Abständen wiederholtes Protokollieren eröffnet auch bei langsam und unmerklich ablaufenden Vorgängen die Chance, Entwicklungen abzuschätzen, Schäden rechtzeitig zu erkennen und gegebenenfalls gegensteuern zu können.

Voraussetzung ist, dass die jeweiligen Beobachtungen miteinander vergleichbar sind. Eine wesentliche Komponente jedes Monitorings stellen deshalb Messungen dar; qualitatives Beobachten alleine reicht nicht aus. Eine besondere Bedeutung hat dabei die erste Bestandsaufnahme, da diese die Referenz für alle nachfolgenden Untersuchungen darstellt. Jedes denkmalpflegerische Monitoring wird mit einer Inventur des Bestandes beginnen. Hierzu gehören zunächst alle Informationen aus den jeweiligen Ortsakten. Im Gelände sind nicht nur die archäologischen Strukturen, sondern auch alle Komponenten, die den Erhalt des Denkmals betreffen können, aufzunehmen. Insbesondere sind in dieser Hinsicht die leichten, beweglichen Deckschichten zu nennen, die wir in der Vergangenheit vielfach als archäologisch irrelevant vernachlässigt haben. In vielen Fällen wird man die Inventur des Bestandes mit dem Einbau von Kontrolleinrichtungen – Messmarken zur Ermittlung möglicher Erosionsvorgänge – verbinden.

Liegen für die betreffende Fundstelle bereits vor der Zustandserfassung verwertbare Informationen vor, kann Monitoring auch im Rückblick erfolgen. Voraussetzung ist immer, dass die entsprechenden Beobachtungen reproduzierbar und vergleichbar sind. In der Regel wird man zumindest einen genauen Ortsbezug solcher Daten brauchen. Zum Beispiel können Luftbilder, die nicht georeferenzierbar sind, durchaus wertvolle Informationen enthalten – aber eben nicht im Bezug auf konkrete Veränderungen an einer ganz bestimmten Stelle. Liegen belastbare Messdaten bereits vor, stellt die systematische Zustandserfassung gleichzeitig eine Kontrolle dar, die wichtige Informationen zur Dynamik von Veränderungen und Prognosen für künftige Entwicklungen ermöglicht. In manchen Fällen wird man sofort eingreifen und Rettungs- oder Schutzmaßnahmen einleiten müssen. Werden Schutzvorrichtungen – etwa Abdeckungen – eingebaut, müssen diese in zukünftige Beobachtungen eingeschlossen werden, um gegebenenfalls optimiert werden zu können.

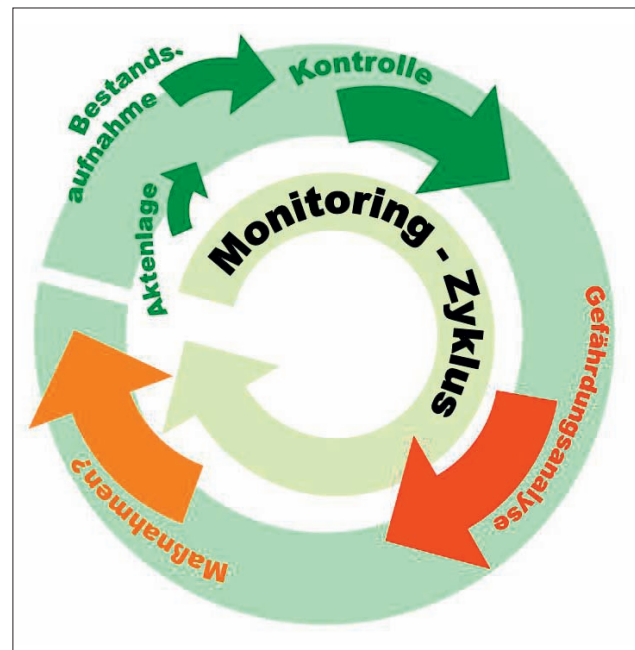


Abb. 1: Denkmalpflegerischer »Monitoring-Zyklus«. Schematischer Ablauf eines Monitorings in archäologischen Unterwasserfundstellen. Grafik: RPS/LAD, M. Mainberger.

Abgeschlossen ist ein vollständiger Monitoring-Zyklus (Abb. 1) mit der ersten Vergleichsuntersuchung. 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.

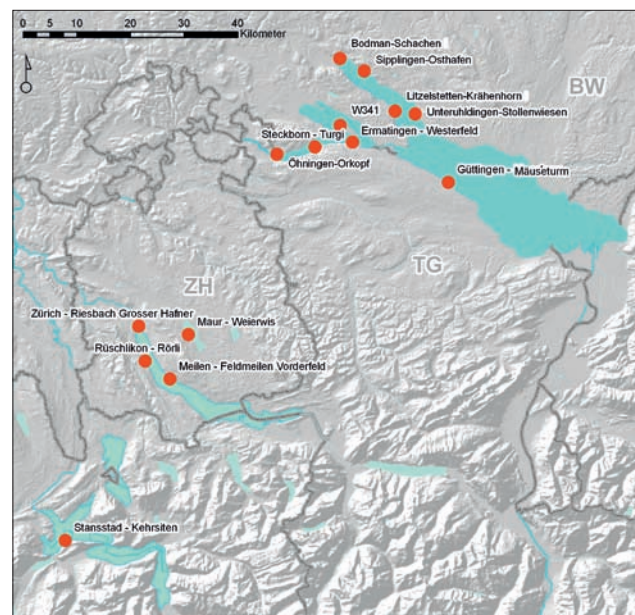


Abb. 2: Schauplätze der Fallstudien im Rahmen des Interreg IV-Projektes. Grafik: RPS/LAD, M. Mainberger.

Ähnliches gilt für die Auswahl der Methoden. Nicht jede Technik ist überall sinnvoll einsetzbar. Unsere Fallbeispiele beschäftigen sich mit Siedlungsbefunden im Bodensee und im Zürichsee (Abb. 2). Sie umfassen Fundstellen im Flachwasser und in der Halde, in ruhigen Buchten und in stark durchströmtem Wasser, aus vorgeschichtlichen und historischen Epochen, Wasserfahrzeuge, Wasserbauten und vor allem Siedlungsanlagen. Die unten dargestellten Methoden sind teilweise über Jahrzehnte entwickelt worden, andere Techniken wurden erst in den letzten Jahren im Projektzusammenhang eingesetzt und erprobt. Insofern stellt die nachfolgende Auflistung ein Werkzeugarsenal dar, aus dem geschöpft werden kann, das aber in Zukunft weiter ausgebaut und das in anderen Gewässern an andere Bedingungen angepasst werden muss.

2. Archäologische Geländemethoden

2.1. Messmethoden

Rein qualitative Beobachtungen können im Zusammenhang mit Monitoring von Unterwasserfundstellen zwar wertvolle Informationen enthalten, sind aber kaum zu verwerten und zu reproduzieren, wenn sie nicht oder unzureichend verortet sind. In den meisten Fällen wird Monitoring deshalb mit Messvorgängen verbunden sein. In der Regel wird es sich dabei um geodätisches Vermessen handeln. Letztlich wird es immer darum gehen, Koordinaten innerhalb dreidimensionaler Bezugssysteme zu ermitteln.

Der ersten an einem bestimmten Denkmal gemessenen Datenreihe kommt im Rahmen eines Monitorings eine besondere Bedeutung zu. Sie stellt den Ausgangspunkt und die Bezugsgröße dar, mit der bei allen späteren Beobachtungen verglichen wird. Die Wahl der Methode und die Genauigkeit der eingesetzten Messeinrichtungen ist deshalb für den Erfolg entscheidend. Der erste Schritt eines Monitorings – die Einrichtung von Messsystemen – wird dadurch in der Regel der aufwendigste Schritt sein.

Die Präzision der Messungen ist in hohem Maß von der Aufgabenstellung abhängig. Für die Festlegung der Umriss eines Pfahlfeldes reicht eine Messgenauigkeit von mehreren Metern aus. Die Ermittlung von Sedimentabträgen im Zentimeterbereich muss hingegen mit einem Gerät durchgeführt werden, das innerhalb von Fehlergrenzen von wenigen Millimetern arbeitet. Für spätere Beurteilungen der entsprechenden Daten ist es deshalb unbedingt notwendig, mit jeder Messung zu notieren, welche Messvorrichtung verwendet worden ist. Zusätzlich ist die Messungenauigkeit zu ermitteln und zu notieren. Bei Lasertachymetern kann zurück auf den Ausgangspunkt mit bekannten Koordinaten gemessen werden, um den Messfehler zu eruieren; Hand-GPS-Einheiten können für einen bestimmten Tag und ein bestimmtes Messareal geeicht werden, indem man einen bereits bekannten Punkt (idealerweise einen amtlichen Messpunkt) einmisst. RTK-GPS-Einheiten geben die aktuelle Messungenauigkeit laufend an.

(Horizontale) Messungen mit Maßband oder (vertikale) Messungen über die Wasseroberfläche mit Meterstab oder Schwimmer (Abb. 3) sind erfahrungsgemäß problematisch. Örtliche Phänomene (am Bodensee: »Rinnen«, starke Veränderung des Wasserstandes selbst im Tagesgang), starke Strömung oder hoher Wellengang sind zu berücksichtigen, gegebenenfalls zu notieren. Die Benutzung existierender Messraster (stählerne Messrahmen, Schnurraster etc.) führt hingegen erfahrungsgemäß zu sehr genauen Ergebnissen.



Abb. 3: Taucharbeiten im Degersee, Bodenseekreis. Im Vordergrund Styroporschwimmer zur Ermittlung der Wassertiefe über einem Messobjekt. Der Schwimmer ist an der Oberseite mit einer Klemme ausgestattet, mit der das Maßband an unterschiedlichen Positionen befestigt und so an wechselnde Wasserstände angepasst werden kann. Foto: RPS/LAD, J. Merkt.

In der Binnengewässerarchäologie kommen für geodätische Arbeiten/Messungen im Wesentlichen drei Geräte/Gerätestandards in Frage.

2.1.1. Lasertachymeter (Abb. 4)

Handelsübliche Lasertachymeter ermitteln mit Hilfe eines Laserstrahls von einem gegebenen, bekannten Punkt aus Strecken und Winkel und ermöglichen das punktgenaue Einmessen von Objekten in unterschiedlichen Koordinatensystemen (Messgenauigkeit im niederen Zentimeterbereich möglich).



Abb. 4: Lasertachymeter beim Einsatz am Orkopf (Eschenz TG / Öhningen BW). Foto: RPS/LAD, M. Mainberger.



Abb. 5: Reflektor mit »Fuß«. Hier ist der »Knoten« eines stählernen Messrahmens verwendet. Entsprechende Einrichtungen sind im Handel als Zubehör erhältlich. Foto: RPS/LAD, M. Mainberger.



Abb. 6: Sprechfunkeinrichtung für Unterwasserkommunikation. Mit dem Gerät können Taucher untereinander sowie mit der Aufsicht oder dem Vermesser kommunizieren. Foto: RPS/LAD, M. Mainberger.

Das eigentliche Messgerät kann dabei im Uferbereich bleiben, der Reflektor wird in die Flachwasserzone mitgeführt. Theoretisch sind Messungen in Wassertiefen bis zu 4–5 m möglich. Die Reflektoren sind gegen das Eindringen von Wasser geschützt. Schlechte Erfahrungen, besonders bei Wassertiefen, die den Tauchern kein Stehen mehr erlauben, gibt es selbst bei schwachem Wellengang – Messungenauigkeiten bis 0,3 m sind keine Seltenheit. In solchen Fällen kann man zu genaueren Ergebnissen kommen, indem man »reflektorlos« misst, d.h. der Laserstrahl wird nicht von dem (exakt reflektierenden) Prismenspiegel, sondern von einer kleinen Boje etc. reflektiert. Im Bezug auf vertikale Messgenauigkeit ist darauf zu achten, dass am Fuß des Reflektors ein Teller etc. befestigt ist, um das gewichtsbedingte Eindringen des Reflektors in das zu messende Objekt/Sediment zu minimieren (Abb. 5).

Eine in der Praxis bewährte Methode ergibt sich aus der Möglichkeit, die Spiegelstange nicht aufzusetzen, sondern sie um eine exakt vordefinierte Distanz in das (weiche) Sediment zu stecken. Dadurch steht der Spiegel wesentlich stabiler, auch bei unruhigem Wellengang. Die ermittelte Höhe muss dann um den entsprechenden Wert korrigiert werden. In den meisten Fällen hat es sich als sinnvoll erwiesen, solche komplexeren Messvorgänge mit dem Einsatz von Unterwasser-Sprechverbindungen (Abb. 6) und mit Funkgeräten zu kombinieren.

Ein Nachteil der Vermessung mit Lasertachymeter ist, dass im Uferbereich, insbesondere abseits moderner Bebauung, in den seltensten Fällen fest vermarktete Festpunkte (in Deutschland: TP) mit bekannten Koordinaten als Ausgangspunkte vorhanden sind. Oftmals ist es nötig, über weite Strecken (mehrere hundert Meter) Messstrecken aufzubauen, woraus stets erhöhte Ungenauigkeiten resultieren.

2.1.2. Hand-GPS (Abb. 7)

Die Geräte arbeiten auf der Grundlage von NAVSTAR-GPS, einem weltweit zugänglichen Ortungs- und Navigationssystem auf Satellitenbasis. Die Einheiten sind im Handel leicht zugänglich und mit 200 bis 400 Euro sehr preiswert. Sie ermöglichen Messungen ohne jeden Bezug vom Land, ihr Einsatz ist daher sehr unkompliziert und unaufwendig. Die Messungenauigkeit, von den Herstellern mit 10–15 m angegeben, ist in den Flachwasserzonen (und auf Seen) wegen der freien Horizonte allerdings in der Praxis wesentlich kleiner. Bei Einschalten von Korrekturdiensten, die bei vielen Geräten empfangen werden können (WAAS/EGNOS), und unter Einsatz bestimmter Menüs (Messungen im »Average-Modus«, bei dem aus vielen Einzelmessungen ein Durchschnittswert errechnet wird), können horizontale Messgenauigkeiten unter 2 m erreicht werden, was zum Finden bzw. Wiederfinden einer bestimmten Position oder eines bestimmten Objektes – etwa einem vermarkten Messpunkt – im Allgemeinen ausreicht. Wichtig ist, dass dem Messenden das Koordinatensystem bekannt ist, in dem gemessen wird.



Abb. 7: Hand-GPS. Das Gerät ist wasserdicht und schwimmt auf. Auf dem Bildschirm ist ein vom Taucher geschwommener Kurs zu erkennen. Foto: RPS/LAD, M. Heine.



Abb. 8: Taucher mit Transportbehälter für Hand-GPS. Die Geräte erhalten unter dem Wasserspiegel keine Signale und müssen als Boje an der Wasseroberfläche mitgeführt werden. Foto: RPS/LAD, M. Heine.

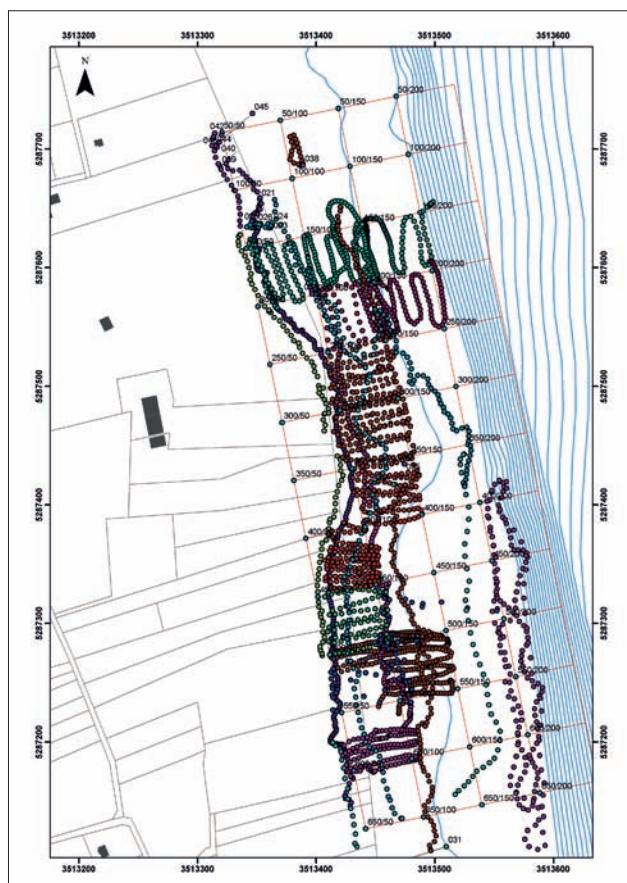


Abb. 9: Vom GPS aufgezeichnete Kurse in der Station Litzelstetten-Krähenhorn. Grafik: RPS/LAD, M. Mainberger.

Die entsprechenden Bezeichnungen können von Gerät zu Gerät unterschiedlich sein, in Deutschland: »German Grid« – der richtige Meridianstreifen und das »Datum« (Potsdam) wird von den neueren Geräten erkannt und berücksichtigt. Falls man das richtige Koordinatensystem nicht kennt, ist es ratsam, »WGS84« einzustellen – alle GPS-Geräte messen zunächst mit diesem »Datum«, um dann, in Abhängigkeit der Einstellung, in andere Koordinatensysteme umzurechnen. Ein wesentlicher Vorteil von Hand-GPS-Geräten stellt ihre

geringe Größe dar. Die meist wasserdichten Geräte können bei Begehungen oder in einer Boje verpackt (Abb. 8) mitgeführt werden und zeichnen dann im »Track«-Modus die zurückgelegten Wege auf (Abb. 9; vgl. auch Abb. 4 der Fallstudie Litzelstetten-Krähenhorn in diesem Band).

2.1.3. RTK-GPS (Abb. 10)

Die Geräte arbeiten im Prinzip ebenfalls mit NAVSTAR-GPS, rechnen aber über Funkverbindung in Echtzeit Korrekturdaten ein, die Messgenauigkeiten in der Größenordnung landgestützter Vermessungsgeräte (Lasertachymeter) im niederen Zentimeterbereich (<3 cm) ermöglichen. In der Praxis hat sich das benutzte LEICA GPS 900 vor allem dort sogar als genauer erwiesen, wo vermarkte Punkte (TP) weit entfernt lagen oder lange Polygonzüge notwendig wurden, um die Messobjekte bzw. örtliche Koordinatensysteme zu erreichen und einzurichten. Nachteil: Die Geräte sind (noch) sehr teuer, auch die Funkverbindungen kosten Gebühren. Die Messanlagen funktionieren bei Bebauung (z.B. Steganlagen) oder Baumbewuchs im direkten Umfeld nur eingeschränkt. Vermessungen sind auch nur bis in maximal 1,5 m Wassertiefe, in denen der Vermesser noch kontrolliert stehen kann, möglich.



Abb. 10: RTK-GPS im Einsatz in Litzelstetten-Krähenhorn. Foto: RPS/LAD, M. Mainberger.

2.2. Unterwasserarchäologische Prospektionsmethoden

Die Erkundung des geologischen Untergrundes, der stratigraphischen Verhältnisse, der räumlichen Ausbreitung der archäologischen Befunde und auch die Erhebung von Daten zu Erhaltung und Gefährdung gehören vielfach zu den ersten in einer Unterwasserfundstelle durchgeführten Arbeiten. Dies bedeutet, dass es für zahlreiche Unterwasserdenkmale in den jeweiligen Ortsakten Unterlagen gibt, die als Ausgangspunkt für Monitoringarbeiten genutzt werden können. Insofern können in der Vergangenheit durchgeführte unterwasserarchäologische Prospektionen wichtige Basisdaten für ein Monitoring enthalten. Gleichzeitig enthalten konventionelle archäologische Prospektionsmethoden wichtige Techniken für ein systematisches denkmalpflegerisches Monitoring.

2.2.1. Befragungen von Privatsammlern

Die ersten Hinweise auf prähistorische Pfahlbausiedlungen, aber auch auf Veränderungen in bekannten Stationen geben oft private Sammler. In vielen Fällen bilden Areale mit besonders hohem Fundaufkommen auch Flächen mit verstärkter Erosion. So ergeben sich nach Stürmen, wenn Decksedimente verlagert und aus Kulturschichten neue Funde auserodiert sind, hohe Fundzahlen. Umgekehrt kann starkes Abnehmen des Fundaufkommens bedeuten, dass die entsprechenden Flächen infolge natürlicher Vorgänge mit Decksediment überschüttet oder die Kulturschichten vollständig erodiert sind.

2.2.2. Begehungen

Das Begehen von Fundstellen kann vor allem bei Tiefwasserstand gute Ergebnisse erbringen, wenn mit Watstiefeln große Teile der Uferplatte zu erreichen sind. Die Systematik des Begehens richtet sich nach den örtlichen Gegebenheiten. Bewährt haben sich uferparallele Untersuchungsstreifen (Orientierung an Wassertiefe möglich) oder Zickzackkurse (an Landmarken orientiert). In den meisten Fällen können dabei erste Beobachtungen zur Geologie (z.B. ausbeißende Glazialbasis), Ausbreitung des Pfahlfeldes, Beschaffenheit und Expositionshöhe der Pfähle, Art und Mächtigkeit der Decksedimente oder Hinweise auf freiliegende Kulturschichten ermittelt werden (vgl. Abb. 4 der Fallstudie Litzelstetten-Krähenhorn). In seltenen Fällen gelangen gute Beobachtungen durch Eis (»Spiegeleis«, vgl. Beitrag zur Umbettung von Wrack 341 bei Reichenau-Genslehorn in diesem Band).

2.2.3. Befahrungen

Befahrungen können zur Begehung eine Alternative darstellen, wenn das Wasser zu tief oder der betreffende Uferabschnitt zu groß ist. Eine Begutachtung von der Wasseroberfläche aus ist nur bei exzellenter Sichttiefe des Wassers (>5m) und bei sehr ruhiger Wasseroberfläche (»spiegelglatt«) möglich. Erprobt und angewandt wurden außerdem Schlepptechniken, bei denen ein Taucher an einer Leine hinter dem Boot hergezogen wird. Hierbei muss allerdings die Arbeitssicherheit gewährleistet sein!

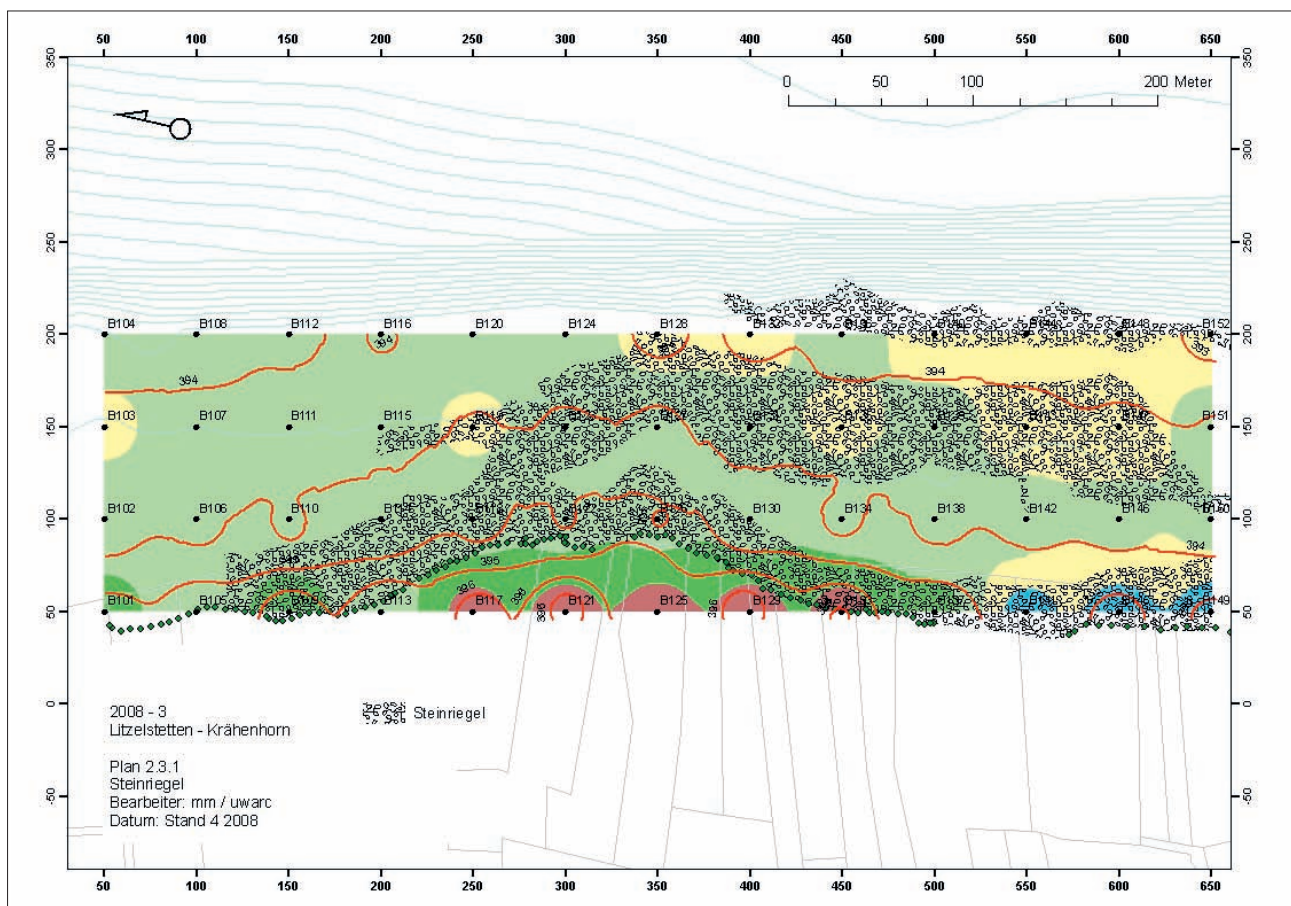


Abb. 11: Kartierte Steinriegel in Litzelstetten-Krähenhorn. Grafik: RPS/LAD, M. Mainberger.

2.2.4. Abschwimmen

Für Abschwimmaktionen gilt das Gleiche wie für Begehungen. Tauchergestützte Erkundungen führen aber stets zu genaueren und qualitativ wie quantitativ besseren Beobachtungen. So können z.B. Messungen (Mächtigkeiten der Decksedimente, Exposition der Pfähle etc.) vorgenommen werden. Der Zeitaufwand für die Prospektion eines einzelnen Pfahlfeldes von 50 × 80 m beträgt mit mehreren Tauchern ein bis drei Tauchgänge von je 2–3 Stunden, wobei Größe und Umriss des Pfahlfeldes ermittelt werden und erste geomorphologische und stratigraphische Beobachtungen vorgenommen werden können.

Für alle genannten Methoden gilt, dass auch Merkmale aufgenommen werden müssen, denen im Rahmen archäologischer Prospektionen bislang wenig Aufmerksamkeit geschenkt wurde. Zu nennen sind insbesondere die Decksedimente. In der Regel handelt es sich um leichte, mobile, rezente Ablagerungen (Sand, Schlack, Feinkiese, Schill, Faulschlamm). An manchen Uferabschnitten können solche Ablagerungen mehrere Dezimeter betragen und für eine wirkungsvolle Abdeckung von Pfahlfeldern, Seekreidebänken und Kulturschichten sorgen. Andernorts stellen sie keinen Schutz dar, sondern erschweren nur die archäologische Zugänglichkeit. Im Bezug auf archäologisches Monitoring ist die Ausdehnung und Mächtigkeit solcher Sedimente zu erfassen. Gleiches gilt für »Steinriegel« (an der Oberfläche oder unter Decksedimenten liegende, flächige Ansammlungen von durch Erosion an der Oberfläche akkumulierten Geröll; Abb. 11). Weiterhin sind Faktoren zu berücksichtigen, die auf das Denkmal potentiell störend bzw. zerstörend wirken. Hierzu zählen alle Einbauten in die Flachwasserzone, die die Wirkung von Wind, Wellengang, Strömung etc. verstärken – bei Weitem nicht alle dieser Einrichtungen sind in den amtlichen Plänen verzeichnet. Als Beispiele können Mauern, Stege, rezente Pfahlstellungen, Seewasserleitungen, Bojensteine, Badeplattformen etc. genannt werden (vgl. Fallbeispiele Litzelstetten-Krähenhorn und Sipplingen-Osthafen in diesem Band).

2.2.5. Bohrungen

Der Aufbau eines Bohrnetzes dient in erster Linie der Erkundung stratigraphischer Verhältnisse. Aus Bohrungen gewonnene Beobachtungen können aber auch wertvolle Anhaltspunkte für den Erhaltungszustand bzw. für Veränderungen des Erhaltungszustandes darstellen. Relevant sind vor allem die absolute Höhe und die Mächtigkeit der Decksedimente. Weiterhin wichtig ist das Verhältnis von Weichsedimenten (Seekreide), Kulturschichten und der Holozänbasis – der landwärtige Rand der Seekreideausdehnung bezeichnet gleichzeitig die Grenze, jenseits derer mit Sicherheit keine Kulturschichten mehr nachzuweisen sind. Weicht diese (optisch für erfahrene Ausgräber leicht erkennbare) Grenze bei nachfolgenden Sondierungen in Richtung See zurück, ist mit entsprechenden Erosionsvorgängen zu rechnen. Schließlich ist von großer Relevanz, ob



Abb. 12: Bohrung mit dem Marschlöffel. Schemazeichnung nach Lang 1994, Abb. 3.1.3-3, Foto: RPS/LAD, M. Mainberger.

Kulturschichten (ggf. unmittelbar unter Decksedimenten) an der Oberfläche liegen.

Bewährt haben sich einfache, offene Bohrer (»Marschlöffel«; Abb. 12), die ein schnelles Begutachten des erbohrten Sedimentes ermöglichen. Die Bohrungen sollten zur Ermittlung der geologischen bzw. geomorphologischen Verhältnisse stets die Holozänbasis (Beckentone, Sande, Kiese) erreichen. Bohrungen über 4 m Tiefe sind aber selbst für zwei Ausführende mühsam und kraftraubend.

Im Bezug auf Monitoringaufgaben ist hinsichtlich der Einmessung der Bohrung nicht nur die horizontale, sondern vor allem auch die absolute vertikale Position von großem belang. In vielen Fällen kann man aus den ermittelten Höhen Geländemodelle errechnen, die genauer sind als die verfügbaren amtlichen Karten und die als Referenz für spätere Messungen an denselben Punkten dienen können (Abb. 13).

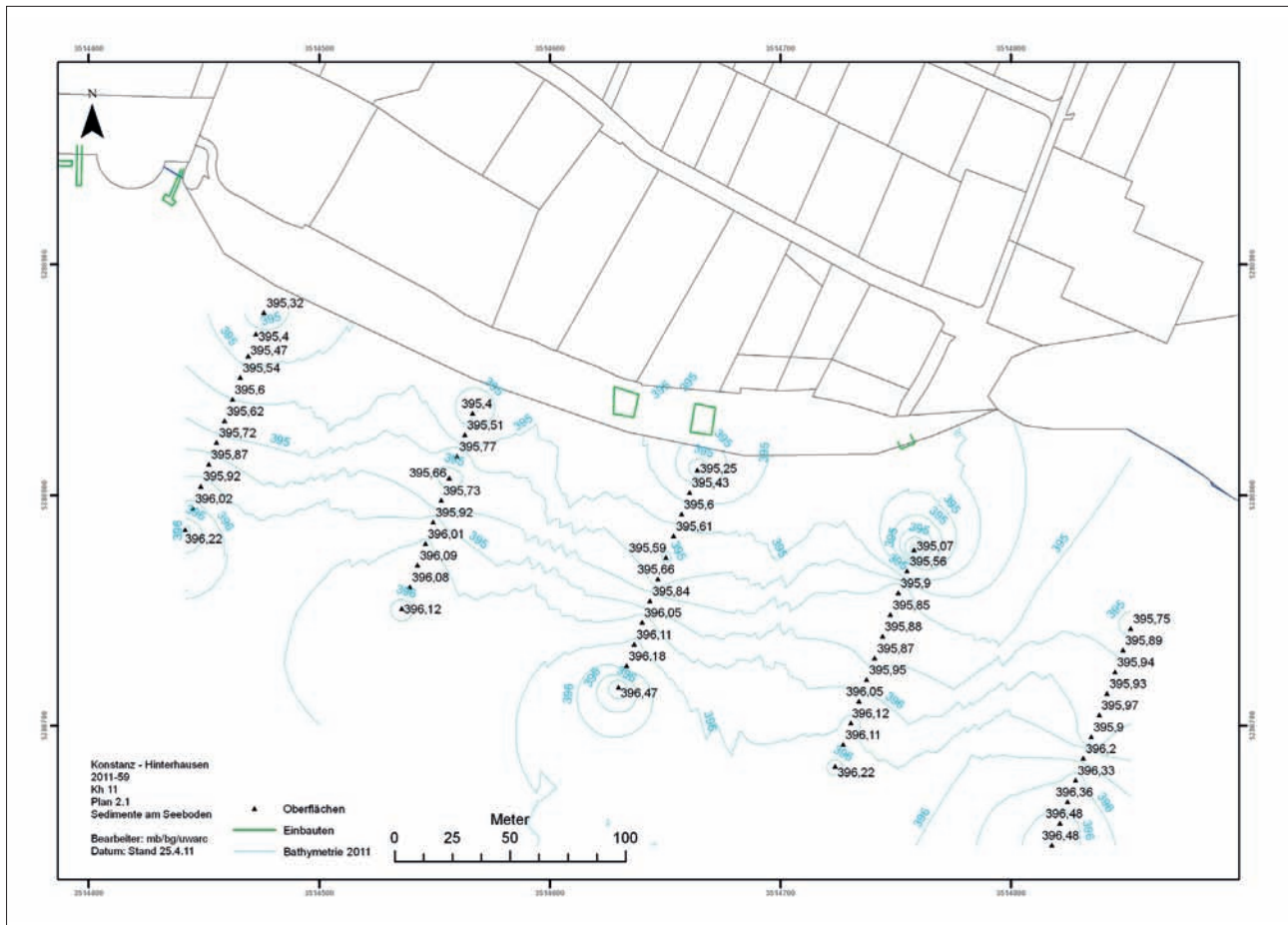


Abb. 13: Höhenlinienplan in der Station Konstanz-Hinterhausen. Die Isobathen sind aus den Oberkantenniveaus von Bohrungen extrapoliert. »Einbauten« entstammen einer Geodatensammlung des Landratsamtes Konstanz. Grafik: RPS/LAD.

2.2.6. Planimetrische Beobachtungen an Einzelobjekten

In Einzelfällen sind Ausmaß und Verlauf von Erosionsvorgängen an einzelnen archäologischen Objekten dokumentierbar. In Frage kommen vor allem klar abgrenzbare Objekte, deren Umrisse sich mit dem Angreifen der Erosion und den entsprechenden Auswirkungen auf den Seegrund verändern. Die erste Aufnahme bildet die Datengrundlage für das nachfolgende Monitoring (vgl. Abb. 2 in Beitrag zu Reichenau-Genslehorn und Fallstudie Meilen-Feldmeilen Vorderfeld in diesem Band).

2.2.7. Planimetrische Beobachtungen an freiliegenden Kulturschichten

Voraussetzung ist hier wieder die Existenz eines Messrasters. In den entsprechenden Maßeinheiten (i.d.R. Quadratmetern) wird nun ein kleiner Teil des Seebodens aufgewedelt, d.h. die rezenten Decksedimente entfernt. Die Beschaffenheit des archäologischen Befundes wird nun in einem einfachen Raster (Kulturschicht ja/nein, Hölzer? Funde?) aufgenommen. Die entsprechenden Daten bilden die Grundlage für das nachfolgende Monitoring.

2.2.8. Messungen an Pfählen

Im jeweiligen Pfahlfeld werden bestimmte Pfähle ausgewählt, wobei räumlich wiederum darauf geachtet wird, dass

möglichst unterschiedliche Wassertiefen bzw. Befundsituationen abgedeckt sind. Die ausgewählten Pfähle werden mit haltbaren Plaketten versehen und auf der Höhe des aktuellen Seegrundes eingesägt. Die Höhe des Schnittes wird eingemessen. Der Seegrund wird beschrieben. Die entsprechenden Daten bilden die Referenz für das nachfolgende Monitoring (vgl. Fallstudie Unteruhldingen-Stollenwiesen in diesem Band). Bereits verprobte Pfähle als Messgrundlage zu nutzen ist eine Variante dieses Vorgehens. Als Messebene dient dann die durch Säge- oder Kellenschnitt plane Oberkante des Pfahls.

3. Hydrographische Methoden

Hydrographische Aufnahmen basieren auf der besonders guten Übertragung von Schallwellen im Wasser. Sie können ähnlich wie die Fernerkundung aus der Luft oder dem All schnell eine Übersicht über verhältnismäßig große Areale verschaffen. Die derzeit üblichen und im Projekt erprobten Methoden sind in einem eigenen Beitrag (vgl. Beitrag von M. Wessels, F. Anselmetti, M. Mainberger und M. Hilbe in diesem Band) beschrieben.

Aus denkmalpflegerischer Sicht ist bei allen eingesetzten Methoden ratsam, Referenzpositionen befahren bzw. peilen zu lassen, die durch unabhängige Messungen bereits in drei Dimensionen bekannt sind und damit eine Kontrolle der

Messgenauigkeit bzw. eine Eichung der hydrographischen Daten ermöglichen. Wichtig ist außerdem eine Absprache über das verwendete Koordinatensystem, da spätere rechnerische Transformationen stets problembehaftet sind und auf Kosten der räumlichen Genauigkeit gehen können.

4. Fernerkundungsmethoden

Fernerkundung aus der Luft oder dem All bietet die Möglichkeit, sich schnell einen Überblick über relativ große Flächen zu verschaffen. Naturgemäß ist dabei die Höhe und Durchsichtigkeit der Wassersäule von entscheidender Bedeutung. Im Allgemeinen bietet das Winterhalbjahr (niedere Wasserstände, klares Wasser, weniger Makrophyten) die besten Voraussetzungen für aussagefähige Bilder. Die Genauigkeit der Bilder reicht (bei gut aufgelösten Orthofotos) bis in den Dezimeterbereich. Höheninformationen sind in Fernerkundungsdaten in der Regel nicht enthalten.

4.1. Google Earth und Satellitenbilder

Google Earth ist eine frei herunterladbare Software, die Satelliten- und Luftbilder unterschiedlicher Auflösung mit Geodaten überlagert und auf einem digitalen Höhenmodell der Erde zeigt. Das Programm kann einen ersten Einblick in die Verhältnisse an bestimmten Örtlichkeiten bzw. in die allgemeinen naturräumlichen Umstände geben. Die Auflösung dieser Daten hat sich in den letzten Jahren außerordentlich verbessert; Baggerkanten sind in der Regel deutlich zu erkennen, aber auch Seewasserleitungen oder Bojenschwimkreise sind abgebildet. Die entsprechenden Koordinaten können vom Bildschirm abgegriffen und z.B. in ein GPS-Gerät übertragen werden. Die entsprechenden Bilder sind in unserem Raum oft aktueller als amtliche Luftbilder. Google-Earth-Bilder können zwar heruntergeladen werden, sind aber urheberrechtlich geschützt.

Andere im Internet z.T. frei verfügbare Fernerkundungsdaten (z.B. LANDSAT) sind wegen ihrer verhältnismäßig groben Auflösung und ohne entsprechende, spezialisierte Software nicht analysierbar. Aus physikalischen Gründen (Aufteilung des Lichtes/der Bilder in einzelne Spektren/mangelnde Durchdringung von Wasser) dürften solche Daten auch in Zukunft keine große Rolle für die Beobachtung der Flachwasserzonen spielen.

4.2. LIDAR

»Light detection and ranging« ist eine dem Radar verwandte Methode zur Fernmessung. Es werden hochfrequente Lichtstrahlen verwendet. LIDAR-Daten können große Oberflächen hervorragend genau (Auflösung in Süddeutschland/Baden-Württemberg bei 0,25 m horizontal, 0,3 m vertikal) dreidimensional darstellen. Die Auswertung von LIDAR-Daten hat in Deutschland bei unterschiedlichen archäologischen Projekten z.T. ausgezeichnete Ergebnisse erbracht (Bofinger 2007). Zur Bearbeitung der bei den Landesvermessungsämtern vorgehaltenen, im Ascii-Format gelieferten Daten ist spezielle Software notwendig. Datensätze gibt es nur bis

zur Uferlinie; sie können also nur dem Wasser abgewandte Teile der Uferplatte (z.B. Strandwälle oder über der Mittelwasserlinie liegende Pfahlfelder) abbilden (vgl. Fallbeispiel Litzelstetten-Krähenhorn, Abb. 4 in diesem Band).

4.3. Orthofotografie

Es handelt sich um hoch aufgelöste, exakt entzerrte, georeferenzierte Luftbilder, die von den Landesvermessungsämtern in digitaler Form vorgehalten und abgegeben werden. Die Kachelgröße beträgt jeweils 1 km². Befliegungen werden regelmäßig (mehrjährige Rhythmen) durchgeführt. Es ist jeweils nur im Einzelfall zu klären, ob und bis in welche Wassertiefe ein Orthofoto verwertbare Informationen enthält (abhängig von der Wassertrübung zum Zeitpunkt der Befliegung; vgl. Fallstudie Litzelstetten-Krähenhorn, Abb. 4 in diesem Band).

4.4. Luftbilder (archäologische Befliegungen)

Im Unterschied zu Orthofotos sind Luftbilder zunächst nicht entzerrt und nicht georeferenziert. Wichtige Voraussetzung für eine genaue Verortung der Bilder ist, dass genügend eindeutig zu identifizierende Passpunkte im Bild erkennbar sind. Eine Schwierigkeit stellen wegen der zu den Rändern hin ungleichen Verzerrung Schrägbilder dar. Entzerrung ist nur mit entsprechender Software (AutoCAD Photoplan, GIS-Software) möglich (vgl. auch Fallstudie Orkopf in diesem Band). Im Gelände eingebrachte Passpunkte/Georeferenzen sollten einen Durchmesser von mindestens 1 m haben und farblich sehr stark gegen den Seeboden kontrastieren (Abb. 14). Punkte an Land bzw. über der Wasseroberfläche eignen sich besser als unter Wasser eingebrachte Punkte. Ein Beispiel für eine Kombination von Luftbildfotografie und hydroakustischen Methoden stellen Untersuchungen am Neuchâtel See, Bevaix Sud (NE) (Arnold 2006) dar.



Abb. 14: Luftbildkreuz in der Station Litzelstetten-Krähenhorn. Das Kreuz ist für den Transport zusammenklappbar, mit Signalfarbe lackiert und besitzt Schenkellängen aus Edelstahl von 1 m. Foto: RPS/LAD, M. Mainberger.

5. Einsatz öffentlich zugänglicher Geodatenätze

In vielen Administrationen unterschiedlicher Ebene liegen Datensätze vor, die von hoher Relevanz für Monitoring-Auf-

gaben in Flachwasserzonen sind. In erster Linie handelt es sich um Vektordaten (bathymetrische Linien, Einbauten, Zuflüsse, Hafenanlagen, Badeplätze etc. – vgl. etwa Abb. 13) im Shapefile- oder CAD-Format. Die Genauigkeit und Auflösung dieser Daten ist unterschiedlich und bedarf im Einzelfall der Überprüfung. So haben sich etwa die bathymetrischen Tiefenlinien der Amtlichen Tiefenvermessungskarte Bodensee (Braun/Schärpf 1994) in der Flachwasserzone des Bodensees an manchen Stellen als sehr unzuverlässig erwiesen (vgl. Fallbeispiele Orkopf, Litzelstetten-Krähenhorn in diesem Band). Ebenso zu berücksichtigen ist, dass sich bestimmte Verhältnisse auf der Zeitachse verändert haben können. Die Daten sind in der Regel über die staatlichen Vermessungsämter zu beziehen, wobei für öffentliche Stellen üblicherweise keine Kosten entstehen.

6. Einbringung von Erosionsmarkern

Erosionsmarker (in der Schweiz gebräuchlicher: Erosionsmarken) sind Vorkehrungen, die ein langfristiges objektives Beobachten von Sedimentbewegungen und vor allem von Sedimentabträgen ermöglichen. Im Laufe des Projekts waren mehrere Varianten in Erprobung.

Die Verteilung in der Station sollte sich an den örtlichen Gegebenheiten (Pfahlfelder, Kulturschichten) orientieren. Das Einbringen von Dreiersets wurde während des Projekts wieder aufgegeben; wesentlich aussagefähiger sind mehrere land-seewärtige Transekte, die jeweils aus drei bis fünf Markern bestehen.

Alle Marker sind dreidimensional möglichst präzise einzumessen. Die Marker sind eindeutig zu benennen und die Bezeichnung ist, wenn es die Bauart erlaubt, am Marker anzubringen.

6.1. Einzelne Erosionsmarkerpflocke aus Holz oder Metall

Eingesetzt werden runde oder eckige Eichen- und Koniferenpflocke mit einem Durchmesser bzw. Kantenlänge von mindestens 50 mm und einer Länge von mindestens 1 m (Abb. 15). Holzpflocke haben den Vorteil eines geringeren Verletzungsrisikos bei Badegästen bzw. der geringeren Wahrscheinlichkeit, dass Schäden an Booten entstehen. Daneben handelt es sich bei Holz um einen natürlichen Rohstoff, der die ökologisch sensible Flachwasserzone nicht stört. Holzpflocke sind relativ leicht zu handhaben, das Einschlagen mit einem Vorschlaghammer ist ohne großen Aufwand möglich. Die Pflocke werden so eingebracht, dass ihr Kopf 5 cm aus dem Sediment ragt, damit sie also auch dann noch aufzufinden sind, wenn eine gewisse Sedimentakkumulation stattgefunden hat. Außerdem werden sie mit Schwimmschnüren markiert (Abb. 16). Um eine Kontrolle von Erosionserscheinungen am Pflock selbst zu ermöglichen, werden die Pflocke von oben beginnend auf 30 cm Länge in Abständen von 10 cm mit einer zunehmenden Anzahl von verzinkten Nägeln markiert. Die eigentliche Ablesung der Erosionswerte erfolgt mit dem Meterstab.

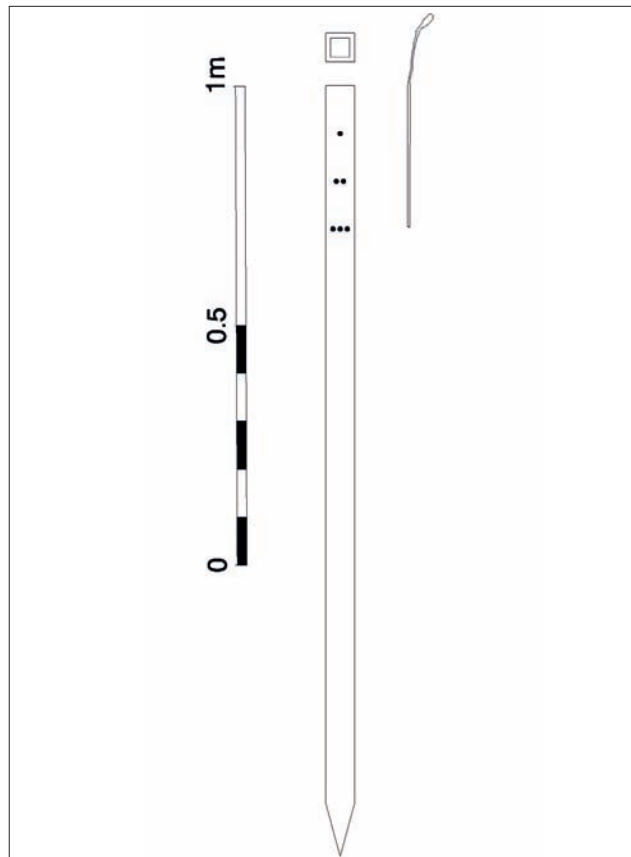


Abb. 15: Erosionsmarkerpflock und Schwimmschnur. Bewährt haben sich Eichenpflocke, deren Kanten am oberen Ende etwas abgefast sind. Die in regelmäßigen Abständen eingeschlagenen Nägel erlauben ein »Ablesen« auch dann noch, wenn der Pflock oben abwittert. Zeichnung: RPS/LAD.



Abb. 16: Schwimmschnur zur Kennzeichnung eines Erosionsmarkerpflocks. Der Pflock selbst ist durch Sediment verschüttet. Foto: RPS/LAD, M. Mainberger.

Holzpflocke eignen sich nicht für Flächen, die im Winter trocken fallen. In solchen Arealen besteht – ähnlich wie bei prähistorischen Pfählen (vgl. Fallstudie Litzelstetten-Krähenhorn in diesem Band) – die Gefahr, dass Frostplatten die Pflöcke nach oben heben und als Messmarken unbrauchbar machen. Auch in stark strömendem Wasser können sich Holzpflocke als problematisch erweisen, da sie Kolke ausbilden und selbst Erosionsprobleme verursachen (vgl. Fallstudie Orkopf, Abb. 8 in diesem Band). Hier haben sich Marker aus Metall bewährt. Es werden verschlossene Metallrohre von ca. 2 cm Durchmesser verwendet (Abb. 17). Daneben kommen in solchen Arealen auch Ketten in Frage (siehe unten).

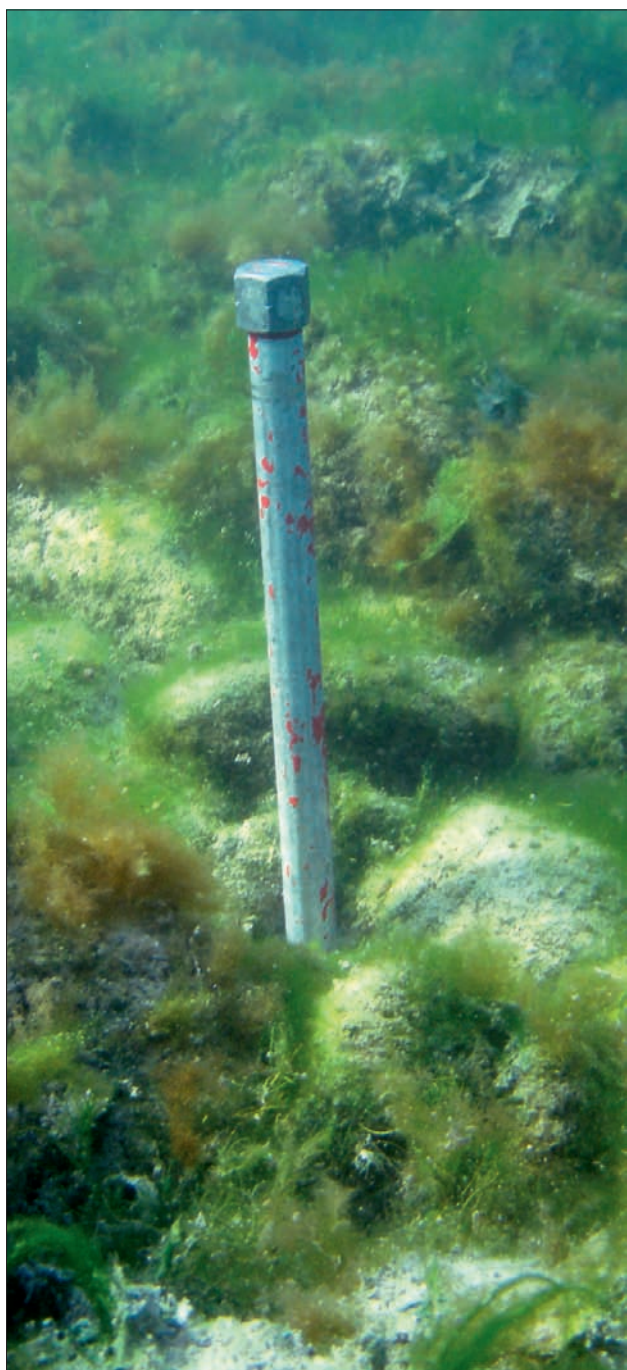


Abb. 17: Erosionsmarker aus Stahlrohr. Foto: Amt für Archäologie des Kantons Thurgau, M. Schnyder.

6.2. Sets aus Pflöcken und einem Maßband oder einer Schnur (Abb. 18)

Entlang eines Maßbandes werden Pflöcke eingeschlagen. Anfangs- und Endpunkt des Maßbandes sowie die einzelnen Pflöcke werden eingemessen. Das Maßband – oder auch eine einfache Schnur – ist dabei in dreidimensional eingemessenen Kerben befestigt und bildet somit eine Messebene. Nun kann an definierten Punkten der Abstand zum Seeboden gemessen werden (Zollstock). Die Pflöcke bleiben nach der Messung im Sediment, die Schnüre und Maßbänder werden abgebaut, können aber zu Folgemessungen jederzeit wieder in der gleichen Position angebracht werden (vgl. Fallstudie Maur-Weierwis, Abb. 7 in diesem Band).



Abb. 18: Teilausschnitt einer Erosionskontrolle im Bereich der Fundstelle NW Stanstad-Kehrsiten. Foto: Afs Stadt Zürich – Unterwasserarchäologie.

6.3. Messketten

Messketten werden, zusammen mit anderen, vergleichbaren Verfahren, in der Limnologie von Fließgewässern eingesetzt (Nawa/Frisell 1993; Matthaei/Townsend 2000). Im Rahmen unseres Projekts haben wir Ketten insbesondere in Arealen eingebracht, die im Winter trocken fallen, sowie in Bereichen starker Strömung.



Abb. 19: Erosionsmarker aus Kunststoffkette. Am unteren Ende ist ein Klappdübel befestigt, am oberen Ende eine Schwimmschnur. Foto: RPS/LAD, S. Mainberger.

Ketten (verzinkt, aus Edelstahl oder Kunststoff, Abb. 19) von mindestens 1 m Länge werden mit Hilfe eines entsprechenden Werkzeugs in den Sedimentuntergrund eingebracht. Sehr gut eignen sich dafür Marschlöffel mit einer Bohröffnung von 30 mm. Die Kette wird in den halbseitig offenen Bohrer gelegt und mit dem offenen, quer gelegten Klappdübel auf Zug gehalten (Abb. 20). In weiche oder nur schwach sandige Untergründe lässt sich die Kette nun kontrolliert eindrücken. Der Klappdübel hält, nach dem sich das Bohrloch nach kurzer Zeit wieder zusedimentiert hat, die Kette im Untergrund, der Marschlöffel lässt sich problemlos wieder entfernen.



Abb. 20: In den Marschlöffel eingelegte Kette. Foto: RPS/LAD, J. MacIntosh.

Am oberen Ende wird eine Schwimmschnur zur Markierung befestigt. Der Überstand der Kette muss in Zentimetern angegeben werden – es reicht nicht aus, die Anzahl der Kettenglieder anzugeben, da die Größe der Glieder bauartbedingt und von Hersteller zu Hersteller schwankt. Ketten aus Kunststoff haben den Vorteil, dass sie schwimmend im Wasser stehen.



Abb. 21: Kunststoffstab. Foto: RPS/LAD, J. Königer.

6.4. PVC-Stäbe

Verwendet werden PVC-Stäbe von mindestens 16 mm Durchmesser und – je nach Beschaffenheit des Sediments – bis zu 2 m Länge (Abb. 21). Am oberen Ende wird wiederum eine Schwimmschnur zur besseren Wiederauffindbarkeit angebracht.

PVC-Stäbe lassen sich sehr leicht in weiches Sediment (Seekreide) eindrücken. Wegen des geringeren Durchmessers und der Licht absorbierenden Farbe, die für ein Auftauen des Eises rund um den Pflöck sorgt, ist die Gefahr einer Frosthebung wohl geringer. Der Nachteil der Pflöcke besteht in ihrer Sprödigkeit – bei festem Sediment und unter Frostbedingungen brechen die Pflöcke leicht ab und bilden dann scharfe Spitzen und Kanten, die im Bereich von Badeplätzen Probleme verursachen können.

6.5. Betonplatten

Diese Marker werden zu ihrer Kennzeichnung und um einen eindeutig definierten Messpunkt zu erhalten in ihrer Mitte angebohrt. Sie werden mit Hilfe einer Wasserwaage horizontal am Seeboden ausgebracht. Die Platten müssen zum Ermitteln der Erosionsraten jedes Mal erneut eingemessen werden, was relativ aufwändig ist. Sedimentation lässt sich an aufliegendem Sediment ablesen, Erosion deutet sich mit Unterspülungen an. Wegen des hohen Messaufwandes haben sich diese Marker in der Praxis nicht bewährt.

7. Dokumentation

Grundsätzlich können Monitoring-Beobachtungen in jeder beliebigen schriftlichen Form festgehalten werden. So kann auch eine Handskizze oder ein in einer gebräuchlichen Textverarbeitungssoftware geschriebenes Dokument eine wichtige Referenz darstellen. Planmäßige Analysen sind mit vertretbarem Aufwand aber nur mit entsprechend spezialisierter Software herzustellen. Als Standard zur Darstellung graphischer Informationen haben sich in unseren Dienststellen und den beauftragten Firmen im letzten Jahrzehnt CAD-Programme durchgesetzt. In der Regel wird

AutoCAD oder das an archäologische Zwecke besonders angepasste ArchäoCAD verwendet.

Daneben werden immer öfter Geographische Informationssysteme (GIS) eingesetzt. Diese erlauben schnelles und effektives Darstellen und Analysieren aller Daten, die auf Koordinatensystemen beruhen, also aller im Gelände erhobenen Daten. Darüber hinaus können weitere Informationsquellen (LIDAR-Daten, Luftbilder, historische Karten etc.) in die Analysen integriert werden.

Das Verwalten und Verarbeiten von Informationen, die an unterschiedlichen Orten und zu unterschiedlichen, aufeinander folgenden Zeiten erhoben worden sind, wird man am besten in einer Datenbank vornehmen. Hierzu bietet sich MS Access an. Die Datenbanksoftware kommuniziert unkompliziert mit CAD- und GIS-Programmen und erlaubt die Erstellung von Eingabeformularen und von »Berichten«, also zusammenfassenden, auf definierbaren Auswahlkriterien beruhenden Texten.

Neben diesen großen und mit Investitionen verbundenen Programmen ist an den verschiedenen Einsatzstellen

weitere Software in Verwendung, die oft als Freeware frei aus dem Internet herunterzuladen ist und wertvolle Erleichterungen der täglichen Arbeit darstellen kann. Als Beispiel kann etwa GPS Utility, eine Software, die der Kommunikation zwischen GPS-Einheit und Rechner dient, genannt werden. Nützlich ist IrfanView, das auch seltene Dateiformate (z.B. Luftbilder) lesen kann und zahlreiche Funktionen der Bildverwaltung kennt. Die Möglichkeiten entwickeln sich bei solchen Applikationen sehr schnell, so dass jede Auflistung hier innerhalb kurzer Zeit überholt wäre.

Für manche Beobachtungen empfiehlt es sich, eigene Formblätter zu entwerfen. Dies gilt etwa für das Einbringen und spätere »Ablesen« von Erosionsmarkern. Die entsprechenden Informationen sind nur auswertbar, wenn die Art des Markers, die Koordinaten, der Überstand über dem Seeboden und das Datum der Einbringung bekannt sind. Dazu sollten Informationen über das Vermessungsgerät und die Messgenauigkeiten kommen. Ein Beispiel hierfür sind die Formblätter des RPS/LAD (Abb. 22).

Pfahlbauarchäologie Bodensee-Oberschwaben – Referat Unterwasser- und Feuchtbodenarchäologie			
Formblatt Erosionsmarker			
Bezeichnung Erosionsmarker			
<input type="text"/>			
Art des Erosionsmarkers		Oberkante Marker über Seeboden	
<input type="text"/>		<input type="text"/>	
Koordinaten	Rechtswert	Hochwert	Höhe
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Datum der Einbringung		Bearbeiter	
<input type="text"/>		<input type="text"/>	
Kurzbeschreibung Vermessungsmethode			
<input type="text"/>			
Messgenauigkeit:	Rechtswert	Hochwert	Höhe
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Vermessungsskizze	Anlage <input type="checkbox"/>		
Bohrskizze	Anlage <input type="checkbox"/>		
Allgemeine Bemerkungen			
<input type="text"/>			
Kontrollablesungen			
Datum	Gemessener Wert (positiver Wert: Sedimentation negativer Wert: Erosion)	Kommentar	Kontrolliert durch
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Abb. 22: Erosionsmarkerformblatt beim Landesamt für Denkmalpflege, Referat 85 (Feuchtbodenarchäologie) in Hemmenhofen. Grafik: RPS/LAD.

Literatur- und Quellenverzeichnis

Arnold 2006:

B. Arnold, Bevaix-Sud (NE): Photographies aériennes et relevés acoustiques, des outils au service de la fouille subaquatique d'un village Bronze final. *Archäologie der Schweiz* 29, 2006, 26–31.

Blankenfeldt/Mainberger 2011:

R. Blankenfeldt/M. Mainberger, Fragestellung und Methodik bei der Erstellung archäologischer Gutachten im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfungen für die geplanten Fahrrinnenanpassungen von Elbe und Weser. *Archäologisches Nachrichtenblatt* 16, 2011, 163–177.

Bofinger 2007:

J. Bofinger, Flugzeug, Laser, Sonde, Spaten. Fernerkundung und archäologische Feldforschung am Beispiel der frühkeltischen Fürstensitze (Esslingen 2007).

Braun/Schärpf 1994:

E. Braun/K. Schärpf, Internationale Bodensee-Tiefenvermessung 1990: eine Dokumentation über die von 1985 bis 1990 durchgeführte Tiefenvermessung der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee (Stuttgart 1994) 1–98.

Lang 1994:

G. Lang, Quartäre Vegetationsgeschichte Europas (Jena/Stuttgart/New York 1994).

Matthaei/Townsend 2000:

C. D. Matthaei/C. R. Townsend, Long-term effects of local disturbance history on mobile stream invertebrates. *Oecologia* 125, 2000, 119–126.

Nawa/Frisell 1993:

R. K. Nawa/C. A. Frisell, Measuring Scour and Fill of Gravel Streambeds with Scour Chains and Sliding-Bend Monitors. *North American Journal of Fisheries Management* 16, 1993, 634–639.

Ringbeck 2009:

B. Ringbeck, Managementplan für Welterbestätten. Ein Leitfaden für die Praxis (Bonn 2009).