

## Fallstudie Litzelstetten-Krähenhorn

Martin Mainberger<sup>1</sup>

Die in der Flachwasserzone am Krähenhorn bei Konstanz-Litzelstetten bekannten prähistorischen Seeufer-siedlungen (Litzelstetten-Krähenhorn I und II) wurden ab 2008 Gegenstand umfangreicher archäologischer Bestandsaufnahmen. Zunächst erfolgte eine Übernahme aller bereits bekannten archäologischen Daten in ein GIS. Ergänzt wurden die entstehenden Karten durch digitale Raumdaten von Behörden und aus öffentlich zugänglichen Geodatensätzen. Im Gelände wurde eine flächendeckende Untersuchung der stratigraphischen Verhältnisse durchgeführt, wobei der Schwerpunkt auf der Untersuchung der Decksedimente und der Ermittlung absoluter Höhen lag. Es wurden 18 Erosionsmarker eingebracht. Die bisherigen Beobachtungen lassen erkennen, dass vor allem die am höchsten gelegenen Areale der Fundstelle (>394,5 m ü. NN) gefährdet sind. Hier gehen auf der im Winter trockenfallenden Uferplatte regelmäßig Pfähle durch Frosthebung verloren. Als Schutzmaßnahmen müssen Rettungsgrabungen erwogen werden. An den 2009 und 2010 eingebrachten Versuchsflächen mit Kiesschüttungen treten Hinweise auf randliche Auskolkungen auf. Sie sind weiterhin zu kontrollieren.

Since 2008, prehistoric sites, located in the shallow water zone at the Krähenhorn (Litzelstetten-Krähenhorn I and II, Konstanz-Litzelstetten) have been investigated within the framework of a comprehensive archaeological appraisal. As a first step, archaeological data known from earlier field actions were transferred to a GIS. The respective plans were supplemented by spatial data provided by governmental offices and by open source geodata. Fieldwork comprised of a systematic documentation of stratigraphical conditions and focused on the movable surface sediments. 18 erosion markers were installed at the site. Observations made so far suggest that the most elevated areas are particularly threatened. Piles are lost by frost heaving at surfaces higher than 394.5 m above sea level, which become dry in wintertime and freeze regularly. Rescue excavations are to be considered. Erosion markers near test areas with gravel covers, which were laid in 2009 and 2010, show signs of peripheral scouring. The respective areas should be monitored in future.

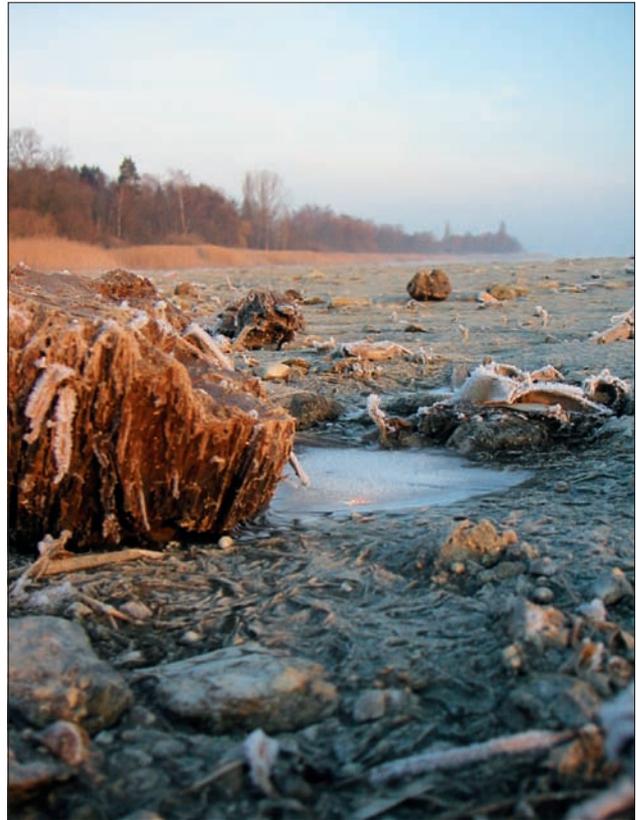


Abb. 1: Blick über die Uferplatte am Krähenhorn. Im Vordergrund aufgefrorene Pfahlköpfe.

### 1. Einleitung

Das Krähenhorn bezeichnet einen bei Niedrigwasser aus dem Ufer hervortretenden Geländevorsprung in der Flachwasserzone zwischen Dingelsdorf und Litzelstetten (Stadt Konstanz) am Überlingersee. Die zwischen natürlichem Strandwall und Seehalde 110–160 m breite, recht genau nach Norden verlaufende Uferzone setzt sich landwärts in einem Niedermoorstreifen fort. Geologisch ist das Horn aus Seekreiden und beweglichen Sanden über glazialen Tonen aufgebaut. Das Areal liegt innerhalb des Flora-Fauna-Habitat-Gebietes, der Gewässerschutzzone 1 und in seinem landwärtigen Bereich im Naturschutzgebiet. Seine Aufnahme in das Interreg-Programm (vgl. auch die Beiträge Ostendorp sowie Hoffmann in diesem Band) verdankt es vor allem dieser Lage und dem Zustand des Ufers. Die ost-exponierte, unverbaute Strandplatte in Leelage zu den im Hinterland aufragenden Moränenketten des Bodanrück

<sup>1</sup> Anschrift des Verfassers: Martin Mainberger, Dr., Ballrechterstr. 3, 79219 Staufen, Deutschland, martin.mainberger@uwarc.de

steht in starkem Kontrast zu den westwindexponierten, steilen Ufermauern, Molen und Hafengebäuden der Referenzstationen am gegenüberliegenden Nordufer des Überlingersees.

Der Entdeckung von Pfahlbaufundstellen im Umfeld des Horns im 19. Jahrhundert (Keller 1863, 150; Tröltzsch 1902, 217) folgten erste Kartierungen durch den ortsansässigen Gärtner H. Schiele in den 1950er Jahren (Reinerth 1952, Abb. 3). Ab den 1970er Jahren wurden die Fundstellen intensiv von Privatsammlern begangen, denen wir einigermaßen genaue Angaben über Fundverteilungen und Fundmaterial aus dem Jung- und Endneolithikum (Pfyner bis Horgener Kultur) verdanken (Schlichtherle 1990, 203). Die nach 1979 einsetzenden Prospektionen des Landesamtes für Denkmalpflege konzentrierten sich zunächst auf die Pfahlfelder an der Hornspitze. Tauchprospektionen griffen dann 2003 und 2004 auch in das Flachwasser sowie nach Norden und Süden aus. Begleitet wurden diese Prospektionsarbeiten durch Side-Scan-Sonarfahrten des Seenforschungsinstitutes Langenargen, die die Untersuchungen auf die benachbarten Halden- und Tiefwasserbereiche ausdehnten. Die Untersuchungen erbrachten den Nachweis mehrerer Kulturschichten und ausgedehnter Pfahlformationen in der Flachwasserzone und einiger Fischereianlagen im tieferen Wasser. Aus der Beobachtung räumlich voneinander abgesetzter Pfahlfelder und Kulturschichten resultierte eine Unterscheidung von Litzelstetten-Krähenhorn (LK) I vor dem eigentlichen Horn und LK II südlich des Horns (Mainberger 2004). Dendrodaten, die im Dendrochronologischen Labor des Landesamtes für Denkmalpflege/RPS in Hemmenhofen ermittelt wurden, und Radiokarbondaten liegen für das untere Schichtpaket von LK I vor (Waldkantendaten von Pfählen: 3833 und 3805 v. Chr., <sup>14</sup>C-Datum: 3960–3805 BC cal.). Die beiden Stationen genießen seit Juni 2011 UNESCO-Weltkulturerbe-Status.

### Bestandsaufnahme

Der erste Schritt im anlaufenden Interreg-Programm war 2008 die Übernahme der bereits vorhandenen Geländedaten in ein digitales Dokumentationssystem. Hierzu wurde ein GIS (ArcView 9.1) eingesetzt. In einem zweiten Schritt wurden öffentlich zugängliche, teilweise kostenlose Geodaten in diese Software eingelesen. Zu nennen sind hier insbesondere Orthofotos des Landesvermessungsamtes Baden-Württemberg, weitere Geodaten des Landratsamtes Konstanz sowie vom Landesvermessungsamt vorgehaltene LIDAR-Daten.

Systematische Beobachtungen im Gelände setzten im Frühjahr 2008 ein. Sie wurden im Wesentlichen wieder von Forschungstauchern durchgeführt. Vermessungsarbeiten (Schnitteinmessungen, Pfahlpositionen) erfolgten mit Lasertachymeter, später auch mit RTK-GPS (Leica 900); zahlreiche weitere Messungen wurden mit Hand-GPS (Garmin CX60) durchgeführt. Einen ersten Schwerpunkt der Zustandsermittlung bildete die großräumige Untersu-



Abb. 2: Vermessung in der Flachwasserzone – Arbeit mit Hand-GPS.

chung der stratigraphischen Verhältnisse durch Bohrungen. Ein wichtiges Augenmerk galt dabei den Decksedimenten, deren absolute Höhe so exakt wie möglich festgehalten wurde. Hierzu wurde ein Bohrraster im Abstand von 50 m angelegt, das von der Halde über den Strandwall hinaus bis an den Moränenfuß reichte, ein Areal von 9 ha überspannte und 52 Bohrungen umfasste. Als Bohrgerät wurde ein Marschläffel verwendet. Die Bohrungen erreichten maximale Tiefen von 5 m unter Seebodenoberfläche.

Parallel wurde die Fundstelle durch Abschwimmen prospektiert und bei ruhigem Wetter mit entsprechenden Sichtbedingungen Befahrungen mit Boot und Begehungen durchgeführt (Abb. 2 und 3). Die Untersuchungsfläche wurde hierzu in Sektoren unterteilt, die anschließend systematisch begangen, betaucht oder befahren werden konnten. Das Augenmerk galt nicht nur archäologischen Strukturen (Pfahlfeldern, Kulturschichtkeilen, Einzelfunden), sondern auch Anomalien (z.B. Seewasserleitungen) oder natürlichen Gegebenheiten, etwa dem Verlauf des Strandwalls oder dem Auftreten von Makrophytenbeständen. Wichtigstes Messwerkzeug war bei diesen Arbeiten das Hand-GPS. Es erwies sich dabei als sinnvoll, die entsprechenden Daten täglich auszulesen und in Pläne umzusetzen; in vielen Fällen ergaben sich aus den ständig aktualisierten Kartenbildern neue Fragestellungen für den Folgetag. Die Befliegung der Fundstelle durch O. Braasch im April 2008 bereiteten wir mit dem Einbau von Messkreuzen, die bei der Auswertung der Luftbilder als Georeferenzen dienen sollten, vor (Abb. 3).

Zur Ermittlung verlässlicher Höhendaten erfolgten 2008 Befahrungen mit einem Fächerecholot (Leitung: M. Wessels, Seenforschungsinstitut Langenargen; Durchführung: V. Böder, Hafenumiversität Hamburg). Diese blieben allerdings wegen des Tiefganges des Forschungsschiffes auf Arealen unter etwa 393 m ü. NN, also weitgehend außerhalb der prähistorischen Strukturen, begrenzt. Wir mussten deshalb ergänzend eine weitere Vermessung der Höhenverhältnisse der Flachwasser- und Uferzone in Angriff nehmen. Da eine Aufnahme des etwa 600 × 120 m großen Areals mit land-

gestützten Methoden als zu aufwändig erschien, setzten wir unter Mitwirkung von K. Storch (SoSo Jena) ein für besonders flaches Wasser konzipiertes Sedimentsonar ein. Mit einem extrem flachgehenden Boot konnten wir damit bei einem Pegel von 320 über Pegelnull Konstanz fast bis zum Strandwall navigieren. Aus den vorliegenden Daten konnte schließlich ein Höhenmodell gerechnet werden, das die Fundstelle wesentlich genauer darstellt als die bis dahin vorliegenden Daten und das in Zukunft in einem gewissen Umfang eine Referenz für vergleichende Messungen bilden kann (vgl. Beitrag Wessels/Anselmetti/Mainberger/Hilbe in diesem Band).

Ein erster Erosionsmarkerpflock (vgl. Beitrag Mainberger/Hohl in diesem Band) war bereits 2003 gesetzt worden. Im Verlauf des Projekts installierten wir weitere 17 Marker in der Fundstelle. Im seewärtigen Bereich und im Bereich der Kiesschüttungen kamen generell über 2 m lange, tief in der Seekreide gründende Eichenpflocke zum Einsatz. Oberhalb der 394er Linie setzten wir hingegen Betonplatten und Ketten ein – zum einen wegen der Schwierigkeiten, die mit dem Einbringen massiver Pflöcke in den anstehenden glazialen Untergrund verbunden sind, zum anderen wegen der Gefahr, dass diese Pflöcke sich im Frost heben und dadurch als Messmarken wertlos werden.

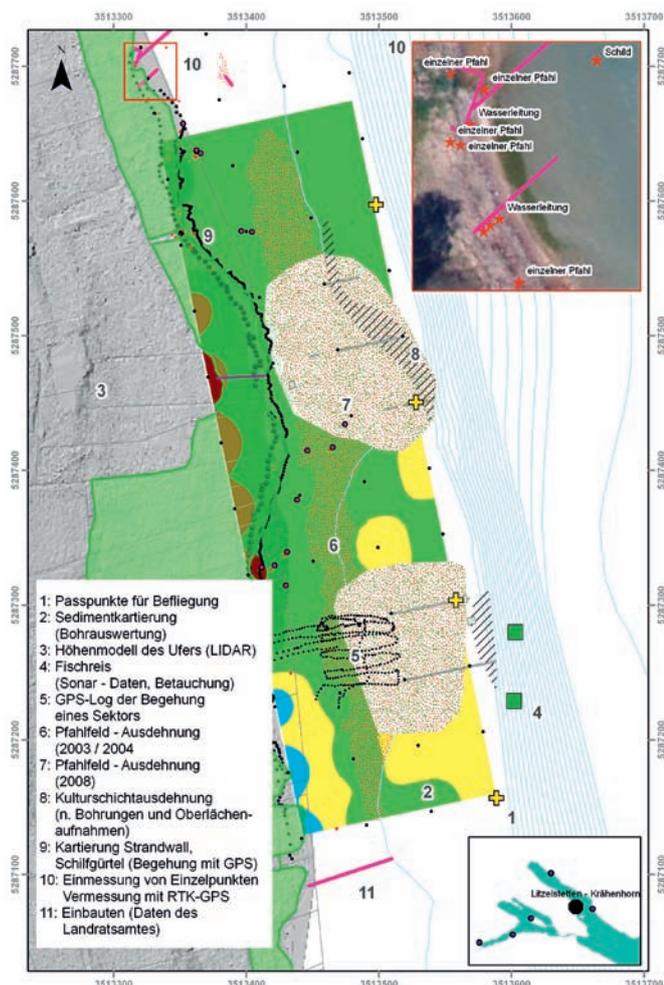


Abb. 3: Überblick über die Ergebnisse der archäologischen Bestandsaufnahme.

Im Herbst 2009 und Frühjahr 2010 wurden Versuchsflächen mit Kiesdecken angelegt (vgl. Beitrag Königer in diesem Band). Die Auswahl der entsprechenden Areale in LK I und LK II orientierte sich vor allem an der Position bekannter Kulturschichten, die in manchen Arealen unmittelbar an der Oberfläche liegen. Allerdings zwang das Ausbleiben ausreichend hoher Wasserstände zu Kompromissen, weshalb die »Waben« in LK I landwärtig offen bleiben mussten.

### Erste Monitoringergebnisse

Wir wussten bereits aus den Prospektionen der 1980er und frühen 2000er Jahre, dass die am höchsten gelegenen Flächen des Horns bei winterlichen Tiefwasserständen trockenfallen und umfangreiche Pfahlfelder freigeben. Die Beobachtung, wonach hier alljährlich auf großen Flächen Pfähle auffrieren und im Frost zerfallen (Abb. 1), hat sich nachdrücklich bestätigt. Der Frost sprengt sogar Gerölle (Abb. 4). Ob dies gleichzeitig mit Sedimentverlusten einhergeht, ist wahrscheinlich, aber vorderhand nicht zu erweisen. Die Betonplatten, die wir weit uferwärts als Erosionsmarken positionierten, haben sich in den Jahren seit 2009 nicht messbar verändert, ebenso wenig wie die in der Nähe des Strandwall positionierten Ketten.

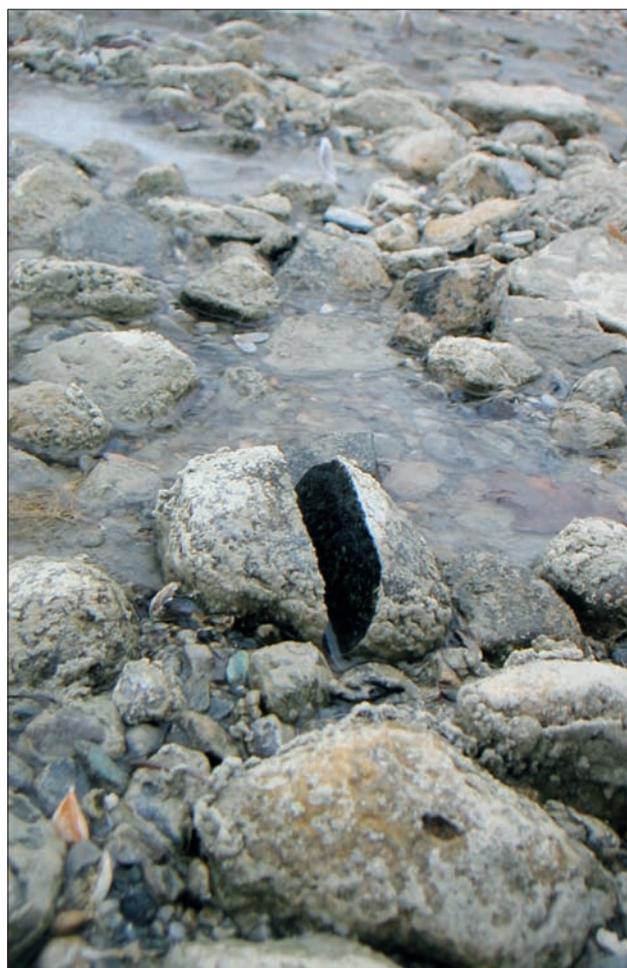


Abb. 4: Vom Frost gesprengtes Geröll auf der trockengefallenen Uferplatte am Krähenhorn.

Im Übrigen haben sich die Umriss des Pfahlfeldes gegenüber 2004 erheblich verschoben. Die Pfähle ließen sich nun nicht nur deutlich weiter nach Süden und nach Norden verfolgen, sondern nun auch zwischen den beiden Stationen LK I und LK II. Nach den Ergebnissen von 2008 handelt es sich um eine durchgängige Struktur von mindestens 520 m Länge. Dass diese Beobachtungen aus Sedimentverlagerungen resultieren, steht außer Zweifel. Ob wir daraus bereits auf fortschreitende Erosionsvorgänge schließen müssen, bleibt hingegen auch in diesem Zusammenhang unsicher. Im flachen Wasser des Krähenhorns genügt wohl das Zusammenkommen weniger Faktoren – etwa ein Starkwindereignis bei niedrigem Wasserstand –, um ausgedehnte Areale von leichten Decksedimenten zu entblößen und sie an anderer Stelle wieder abzulagern. Die deutlichen Unterschiede, die man am Seeboden nördlich und südlich des Horns antrifft, sprechen allerdings nicht für kurzfristige Vorgänge. Im Norden stehen an der Oberfläche vielfach massive, bis 50 cm starke Sandschichten an, während im Süden des Krähenhorns Seekreiden freiliegen. Diese Unterschiede gehen mit einer Zunahme der Wassertiefe von Nord nach Süd einher.

Die Erosionsmarker liefern im Bezug auf solche Überlegungen angesichts noch sehr kurzer Beobachtungszeiträume vorderhand keine belastbaren Ergebnisse. Zwar lassen sich innerhalb der zwei Beobachtungsjahre an den Erosionsmarkern vor und südlich des Horns starke Abträge von mehr als 5 cm ablesen (Abb. 6). Da die Marker mit den stärksten Erosionsbeträgen aber stets in unmittelbarer Nähe unserer Schutzeinbauten liegen, zeigen sie eher die Sedimentreaktion am Rand dieser Anlagen als die Verhältnisse in der Fläche an. Nachdenklich stimmt, dass ein 2003 eingebrachter Pflock über Jahre nicht mehr aufzufinden – also ein-sedimentiert – war, um 2009 – kurz nach dem Einbau der Kiesdecken – erstmals wieder zum Vorschein zu kommen. Der Pflock steht im Zentrum der großen »Wabe« der Kies-schüttung unmittelbar vor dem Horn. Die Beobachtungen an diesem und an einigen benachbarten Markern erbringt somit Hinweise, dass die erhoffte Verfüllung der »Waben« mit beweglichen Leichtsedimenten zumindest in den ersten Monaten und Jahren nach dem Einbau nicht eingetroffen ist. Wir haben nach diesen Beobachtungen an den Rändern der Kieseinbauten eher mit Auskolkungsvorgängen zu rechnen. Hier bleiben allerdings sicherlich weitere Kontrollen abzuwarten, bis wir zu einem eindeutigen Ergebnis kommen.

### Gefährdung und Handlungsoptionen

Die Verhältnisse am Krähenhorn sind von Gegensätzen periodisch trockenfallender und ständig überfluteter Flächen gekennzeichnet. Nachdem einige der Areale mit zum Seeboden aufstoßenden Kulturschichten im Verlauf des Projektes durch Kies abgedeckt werden konnten, bleiben vor allem die regelmäßig luftexponierten Areale als Problemzonen. Gefährdungen stellen hier weniger Erosionsvorgänge als Frostschäden dar. Im Hintergrund stehen Frosthebungsvor-

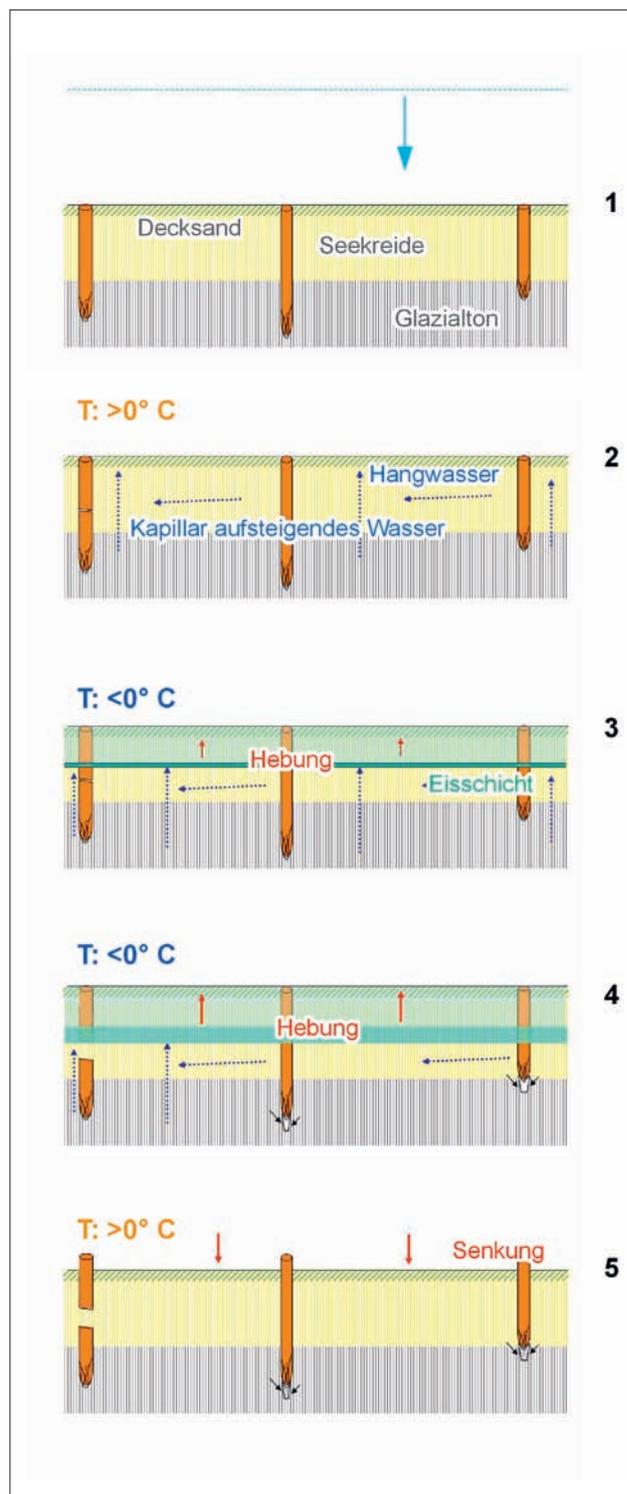


Abb. 5: Schematisches Modell der Frosthebung am Krähenhorn – eine Arbeitshypothese: (1) Flachwasserzone mit glazialen Untergrund und Seekreideauflage. Die Pfahlköpfe befinden sich im Decksediment. (2) Bei sinkenden Wasserspiegeln fällt die Strandplatte frei. (3) Bei Frost friert der durch kapillar aufsteigendes Wasser und Hangwasser durchfeuchtete Seeboden. Es kommt zur Bildung einer Eisplatte an der Frostgrenze. (4) Mit Anhalten der Frostperiode wächst die Eisplatte. Kapillare Kräfte und/oder Hangwasser speisen die Platte von unten. Die Pfähle werden an ihrem oberen Ende vom Eispanzer eingeschlossen. Das deckende Sediment wird, zusammen mit den Pfählen, nach oben gedrückt und hebt sich. Die an der Unterseite der Pfähle entstehenden Hohlräume verfüllen sich mit seitlich einfließendem Sediment. Manche Pfähle reißen ab. (5) Bei Abtauen der Eisplatte senkt sich der Seeboden wieder auf das ursprüngliche Niveau. Die Pfähle stoßen auf den Widerstand der inzwischen in den Pfostenlöchern befindlichen Sedimente. Die Pfostenköpfe ragen nun über den Seeboden hinaus.

gänge und damit physikalische Prozesse, die man geographisch eher in kalten Klimaten als in Mitteleuropa verorten würde. Das Phänomen Frosthebung ist erstmals Ende der 1920er Jahre experimentell nachvollzogen und beschrieben worden (Taber 1929). Ausgangspunkt der entsprechenden Untersuchungen war die Beobachtung, dass sich manche Böden bei Frost viel stärker heben, als durch bloße Volumensveränderung von Wasser zu Eis zu erwarten wäre. Möglich sind Hebungen bis zu 60 % des Betrages, mit dem der Frost in den Boden eindringt. Voraussetzung für solch starke Hebungen sind Untergründe, die kapillaren Wassertransport ermöglichen. In solchen Böden kann es an der Frostgrenze zur Abscheidung von Eis kommen. Aufsteigendes Wasser speist die entstehende Eisplatte und lässt sie – je nach Länge der Frostperiode – immer mächtiger anwachsen. Da die Eisschicht sich nur nach oben ausdehnen kann, wird der auflastende Boden nach oben gedrückt.

Ob die Hebung von Pfählen am Krähenhorn mit genau diesem Mechanismus zu verbinden ist, sei dahingestellt. Empirische Untersuchungen gibt es hierzu bislang nicht. Eine bedeutsame Rolle könnte am Krähenhorn Hangwasser, das aus dem hinter dem Strandwall gelegenen Niedermoor gespeist wird, spielen. Abb. 5 kann also nur eine Arbeitshypothese darstellen. Es wäre nach diesem Modell vorstellbar, dass Pfähle bei ausreichend starkem Frost von Platten aus Eis und gefrorenem Oberboden eingeschlossen und an ihrem oberen Ende wie in einem Schraubstock festgehalten werden. Kommt es nun im Zusammenhang mit kapillarem Aufsteigen von Wasser oder mit seitlich einströmendem, gespanntem Hangwasser zur Bildung von Eislinsen und zu Hebungen des Bodens, werden die Pfähle aus ihren Verankerungen gehoben oder reißen ab. Bei Tauwetter und schmelzenden Eisplatten kann sich der Boden dann wieder senken, nicht aber die Pfähle, da sich die entsprechenden Hohlräume mit nachfließendem Sediment verfüllt haben. Da sich solche Prozesse innerhalb nur eines Winters mehrfach wiederholen können, genügen für den einzelnen Vorgang Millimeter, um in der Summe zu den Hebungen im Dezimeterbereich zu gelangen, die wir an zahlreichen Fundstellen des Bodensees beobachtet haben (Köninger 2006; Schlichtherle/Mainberger 2006).

Auf der Höhe des Horns besteht damit Handlungsbedarf (Abb. 6). Die fraglichen Flächen mit Höhen über 394,5 m umfassen etwa  $60 \times 120$  m bzw.  $5.780 \text{ m}^2$ . Kiesdecken von 20–30 cm Mächtigkeit, wie sie in den überfluteten Bereichen eingebracht sind, stellen hier bei längeren Frostperioden keinen wirksamen Schutz dar. Höhere Kiesdecken dürften an dem unter Naturschutz stehenden Ufer, das nur von der Seeseite her zugänglich ist, kaum aufzubringen sein. Zur Rettung der archäologischen Befunde bleibt also wohl keine Alternative zu Rettungsgrabungen, die sich allerdings auf das systematische Verproben von Pfählen beschränken können und eine überschaubare Zukunftsaufgabe darstellen.

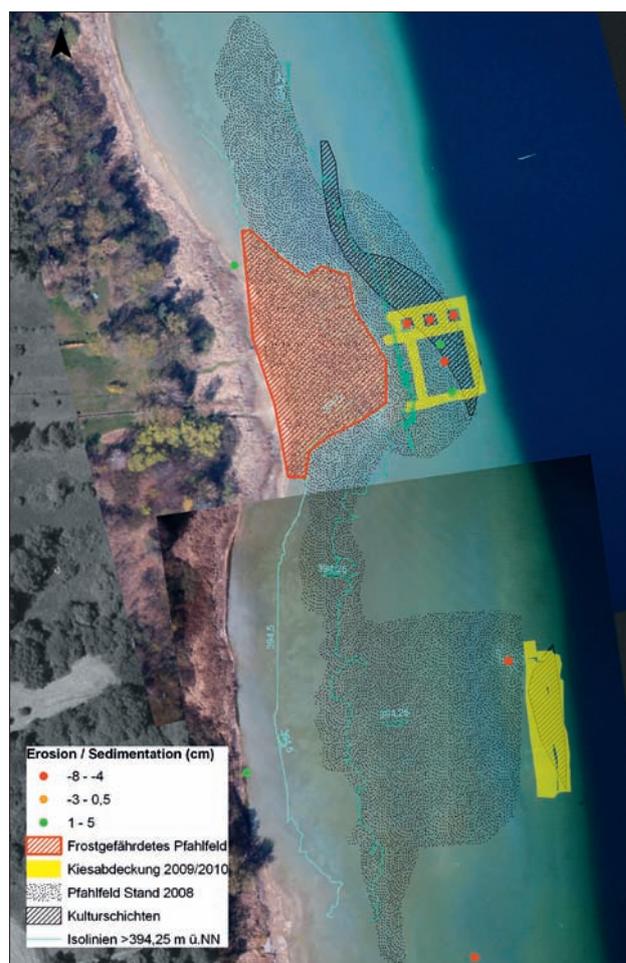


Abb. 6: Schutzzeibauten, erste Ergebnisse des Monitorings der Erosionsmarker und mögliche Areale für Schutzzeibauten oder Rettungsgrabungen.

## Literatur- und Quellenverzeichnis

Keller 1863:

F. Keller, Pfahlbauberichte 5. Mitteilungen der Antiquarischen Gesellschaft in Zürich 14/6, 1863.

Königer 2006:

J. Königer, Unterwasserarchäologie am Überlingersee im Zeichen extremer Niedrigwasserstände. Nachrichtenblatt Arbeitskreis Unterwasserarchäologie (NAU) 13, 2006, 64–73.

Mainberger 2004:

M. Mainberger, Tauchprospektion am Südufer des Überlinger Sees. Archäologische Ausgrabungen in Baden-Württemberg 2003, 31–33.

Reinerth 1952:

H. Reinerth, Fließhorn. Ein neu entdecktes Pfahldorf der Steinzeit bei Dingsdorf am Überlinger See. Vorzeit am Bodensee 1952, Heft 1/2, 1–13.

Schlichtherle 1990:

H. Schlichtherle, Die Sondagen 1973–1978 in den Ufersiedlungen Hornstaad-Hörnle I. Siedlungsarchäologie im Alpenvorland I. Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg 36 (Stuttgart 1990).

Schlichtherle/Mainberger 2006:

H. Schlichtherle/M. Mainberger, Klimawandel. Probleme für das archäologische Kulturgut unter Wasser in den Seen und Mooren des Alpenvorlandes. Nachrichtenblatt Arbeitskreis Unterwasserarchäologie (NAU) 13, 2006, 59–63.

Taber 1929:

S. Taber, Frost heaving. Journal of Geology 37, 1929, 428–461.

Tröltzsch 1902:

E. von Tröltzsch, Die Pfahlbauten des Bodenseegebietes (Stuttgart 1902).