

## Le travail du métal

Plusieurs loupes de fer, de moins d'un kilogramme, ont été étudiées. Leur faciès différents indiquent que les procédés d'extraction et de refroidissement pouvaient changer: l'examen métallographique montre des refroidissements lents ou rapides (trempé bainitique par exemple). Le forgeage de petits lingots plats (ou ébauches d'outils) est observé et l'analyse du métal sous cette forme précise sa qualité: les teneurs en phosphore sont élevées. On a pu aussi observer les transformations structurales du métal au cours de son travail à la forge. L'analyse élémentaire d'une vingtaine d'objets forgés, par spectrométrie d'émission, permet de définir un profil type du métal provenant de Bliesbruck et de distinguer des objets d'une autre provenance.

## Le recyclage du métal

Certains vestiges semblent prouver un recyclage presque systématique des ferrailles hors d'usage; des foyers contenaient des masses importantes de clous, fragments d'outils et débris divers. On a aussi trouvé des agrégats de petits clous à tête ronde entièrement minéralisés.

Les procédés de récupération sont encore imprécis: il peut s'agir d'une formation délibérée de magnétite par brûlage du fer dans une combustion oxydante, le produit obtenu étant ensuite utilisé comme minéral(?).

Les caractères de la métallurgie du fer à Bliesbruck se retrouvent sur d'autres sites lorrains (Eincheville [Meurthe-et-Moselle], notamment). Il est maintenant intéressant de comprendre la nécessité économique de ces petites unités sidérurgiques autonomes, dans une région et à une époque où la circulation de lingots de fer bipyramidaux est attestée (à Marsal en particulier).

Se référer aux deux publications suivantes: Forrières, Petit et Schaub 1987. – Forrières et Petit 1988 (à paraître).

OLAF HÖCKMANN

## EISENNÄGEL VON SPÄTRÖMISCHEN RHEINSCHIFFEN AUS MAINZ

Ich möchte hier kurz über einen Komplex von Eisengegenständen aus dem 4. Jahrhundert n. Chr. berichten, die durch ihre z. T. gute Erhaltung und besonders durch ihren Verbleib an der ursprünglichen Verwendungsstelle ein instruktives Bild vom einstigen Umgang mit diesem Metall vermitteln: Nägeln aus spätrömischen Flußschiffen, die im Winter 1981-82 in Mainz (Löhrstraße; »Hilton II«) ausgegraben wurden<sup>1</sup>.

Es sei vorausgeschickt, daß in den eichenhölzernen Rümpfen von fünf Schiffen an Eisenteilen fast nur Nägel gefunden worden sind. Allein ein einzelner Bolzen von 21,8 cm Länge (Abb. 2,1), der ursprünglich in den oberen Rand (Dollbord; zu technischen Ausdrücken s. Abb. 3,1) der linken Seite des Ruder-

<sup>1</sup> Zur Ausgrabung: G. Rupprecht (Hrsg.) 1984, 11 ff.

schiffs Nr. 1 eingebaut war<sup>2</sup>, deutet an, daß wohl noch weitere funktionelle Elemente der Schiffe aus Eisen bestanden haben werden. Zu welchen Leistungen im Dienste der Schifffahrt das römische Schmiedegewerbe imstande war, verdeutlichen eiserne Schiffsanker, von denen zwei Exemplare in Mainz gefunden wurden (Abb. 1,4,5)<sup>3</sup>. Sie gehören nicht zu den Schiffen, von denen hier die Rede ist.

Die Schiffsnägel halten sich im Rahmen zweier Größenklassen, die durch den Verwendungszweck bestimmt sind. Sämtliche Nägel sind handgeschmiedet und weisen einen quadratischen oder rechteckigen Schaftquerschnitt mit meißelförmiger Spitze auf (Abb. 1,1); auch die relativ großen, flachen Köpfe sind normalerweise rechteckig, seltener trapezoid oder polygonal. Irgendwelche Regeln, die solchen Varianten zugrundeliegen könnten, haben sich nicht aufspüren lassen.

An erster Stelle sei die weitaus umfangreichste Fundgruppe vorgestellt, deren Vertreter als »Spantnägel« bezeichnet werden sollen. Sie sind im Mittel ca. 15 cm lang; Abweichungen lassen keine Regeln erkennen. Zu dieser Gruppe werden auch etwas kräftigere Nägel gerechnet, mit denen die Bodenwrangen bzw. die Steven am Kiel (vgl. Abb. 3,1) befestigt sind (Abb. 2,2).

Das Gros der Spantnägel dient dazu, die Planken der Bordwand (Gänge) an den Spanten festzuhalten. Die Nägel sind, vermutlich durch dünne vorgebohrte Löcher<sup>4</sup>, von außen nach innen durch den Gang und den Spant getrieben, so daß die Spitze zunächst einige Zentimeter über die innere Oberfläche des Spants hinausragte. Dann wurde manchmal zunächst die Spitze selbst umgebogen und schließlich der Nagelschaft – parallel oder leicht schräg zur Längsachse des Spants – umgeknickt (gekröpft) und flach auf die Spantoberfläche gehämmert (Abb. 1,3). So ergab sich eine Verklammerung, die sich praktisch nicht lockern konnte. Die Methode ist auch im heutigen Zimmermannsgewerbe gang und gäbe.

Es sei hervorgehoben, daß die Verwendung von Metallnägeln im antiken Schiffsbau nichts weniger als selbstverständlich ist. Das hängt mit dem Grundkonzept der Bauweise zusammen.

Im Mittelmeerraum wurden Schiffe spätestens vom 3. Jahrtausend v. Chr. an auf eine Weise gebaut, die in Europa in frühbyzantinischer Zeit unüblich wurde: im sog. Schalenbau (»shell first«)<sup>5</sup>. Hierbei wurde zuerst aus Kiel, Steven und Plankengängen freitragend die »Schale« des Rumpfs – gewissermaßen die Außenhaut – errichtet (Abb. 3,2). Die Gänge wurden mit dem Kiel und untereinander durch hölzerne »Riegel« (Federn) verklammert, die in tiefen, einander gegenüberliegenden Schlitzen (Nuten) in den Schmalseiten der beiden miteinander zu verbindenden Gänge steckten und dort durch Holzstifte in quer hindurchgebohrten Löchern festgehalten wurden. Die Spanten wurden erst zum Schluß des Bauvorganges in die fertige Schale eingefügt. Auch sie wurden zumeist (s. unten) mit Holznägeln befestigt: auf diese »mediterrane« Weise ließ sich ein Schiffsrumpf ohne ein einziges Metallteil bauen.

Nägel kennzeichnen hingegen einen Bauvorgang anderer Art, der heute in Mittel- und Südeuropa das Feld beherrscht: den Skelettbau (»frame first«)<sup>6</sup>. Hier wird zunächst aus Kiel, Steven und Spanten das »Skelett« des Rumpfs errichtet (Abb. 3,3), das dann abschließend – u. U. in mehreren voneinander abhängigen Schritten<sup>7</sup> – beplankt wird (Abb. 3,4). So sind die Mainzer Schiffe erbaut. Solche Skelettbau-

<sup>2</sup> Nach seiner Lage etwa am Übergang vom Mittel- zum Achterschiff ist zu vermuten, daß an diesem Bolzen eines der Taue (Wanten) festgemacht werden sollte, die den Mast aufrecht hielten. Die Schiffe konnten bei günstigem Wind einen Segelmast aufstellen.

<sup>3</sup> Fotos desselben Stücks: 10 Jahre Ausgrabungen in Mainz 1965-1974 (Ausstellungskat. Mittelrhein. Landesmus. Mainz 1975) Abb. 8. – Höckmann 1985, 68 Abb. 57. Weitere Ankerfunde im Rhein: 1983, 425 mit Anm. 72. Ergänze nicht signierte Eisenanker aus Rindern, Stadt Kleve (F. Gorissen 1985, 17 Abb. 3) und dem »Rhein bei Mainz« (Mittelrheinisches Landesmuseum Mainz [hier Abb. 5,5]; mehrere [?] weitere Exemplare sollen sich in Mainzer Privatsammlungen befinden). Ein Ankerbruchstück bei dem Schleswiger Schiffsfund von Nydam zeigt, daß der römische Typ des Eisenankers mit Meißelenden im 4. Jahrhundert auch den Nordgermanen bekannt war (Chr. Westerdahl 1983, 39).

<sup>4</sup> Mehrere leer gebliebene Bohrlöcher in Spanten der spätrömischen Schiffe beweisen, daß die Schiffsbauer über (Löffel-?) Bohrer von ca. 4 mm Durchmesser verfügten. Bei der Demontage von Schiff 9 hat sich gezeigt, daß die Eisennägel häufig durch zuvor in Bohrlöchern von ca. 10 mm Durchmesser gesetzte Holzdübel getrieben worden sind. Die Technik ist im Mittelmeer schon viel früher bezeugt, z. B. an dem Wrack von Mahdia (Tunesien) aus dem frühen 1. Jh. v. Chr.

<sup>5</sup> Dazu z. B.: L. Casson 1971, 201 ff. – W. Böcking 1980, 16. – D. Ellmers 1983, 500; 510. – Höckmann 1983, 411 f. – Höckmann 1985, 52.

<sup>6</sup> Dazu z. B.: D. Ellmers 1969, 73 ff. – Ellmers 1983, 493 ff. – Höckmann 1983, 412. – Höckmann 1985, 56; 139.

<sup>7</sup> Höckmann 1983, 413 mit 414 Abb. 11.

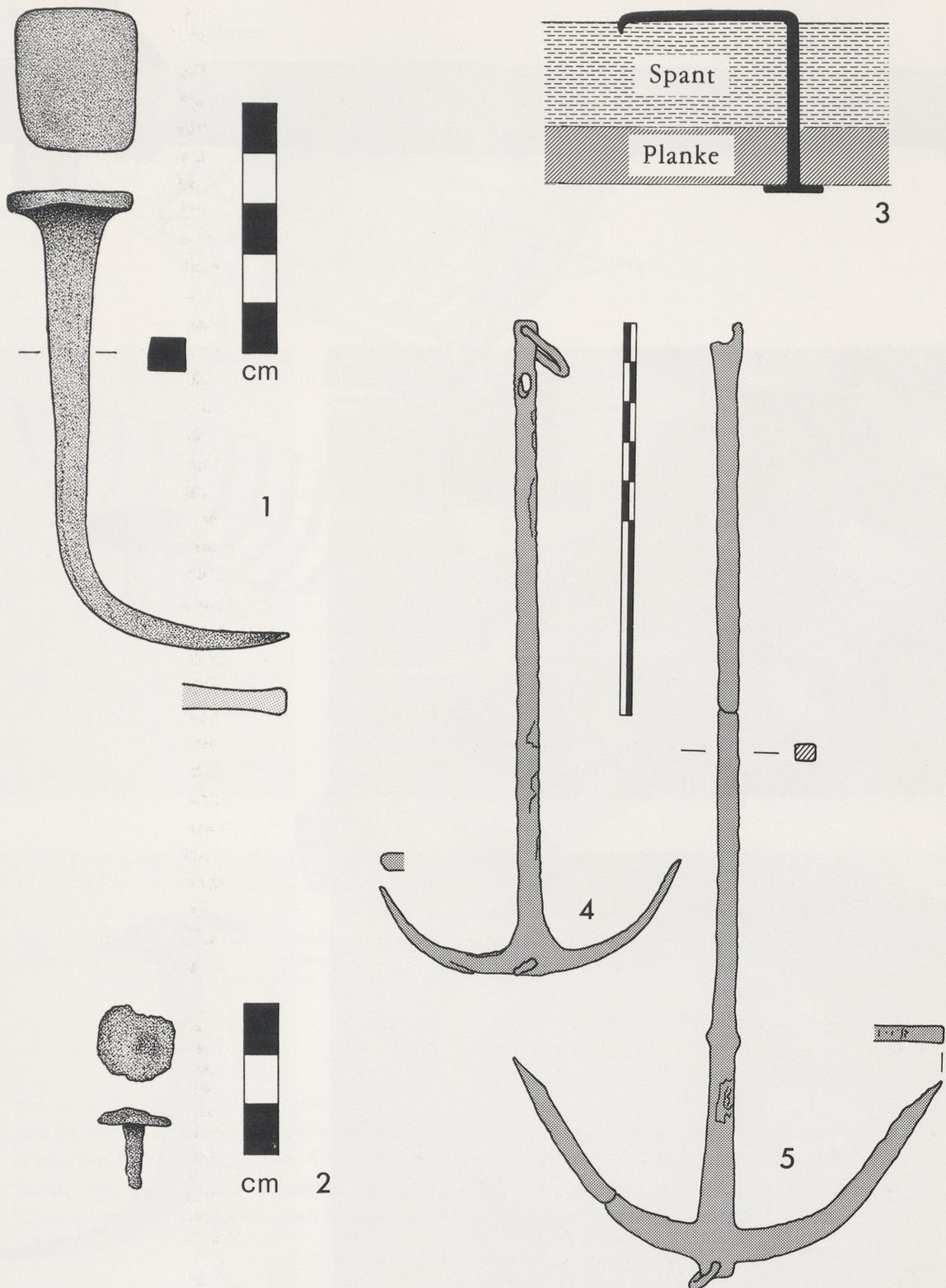
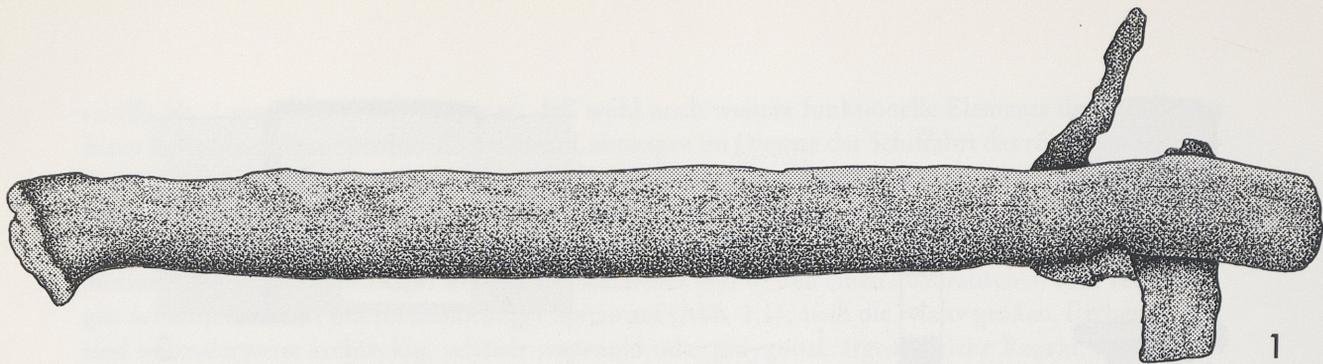


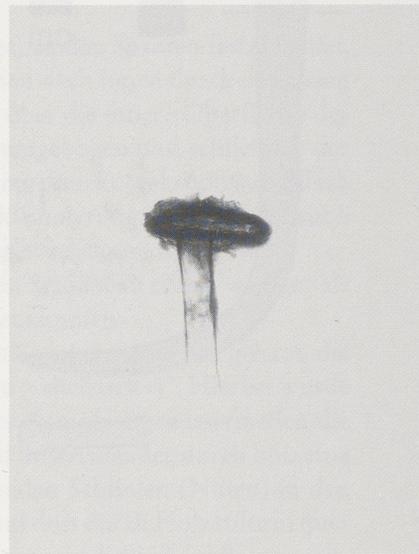
Abb. 1 Eisenteile römischer Rheinschiffe aus Mainz: 1 Spantnagel. – 2 Kalfatnagel. – 3 Schema: Funktion der gekröpften Spantnägel. – 4 Eisenanker von Mainz, vermutlich aus dem Rhein. – 5 Eisenanker von Mainz-Brand (4.5 Landesmuseum Mainz; M = 1 m).



1



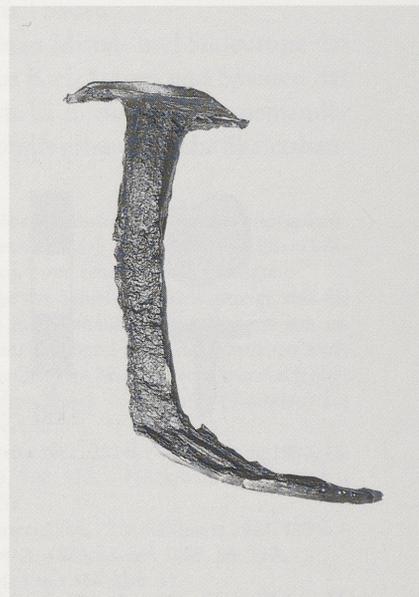
2



3



4



5

Abb. 2 Eisenteile spätrömischer Rheinschiffe von Mainz-Löhrstraße: 1 Bolzen (L. = 21,8cm) aus Schiff 1. – 2 Gekröpfte Nägel zur Befestigung einer Wrange am Kiel, in situ (Schiff 7). – 3 Röntgenaufnahme eines Korrosionsmantels: der Hohlraum des einstigen Nagels zeichnet sich deutlich ab. – 4 Korrosionsmäntel um Nägel, in situ (Schiff 3). – 5 Ausformung eines Nagellochs in einem Spant von Schiff 3.

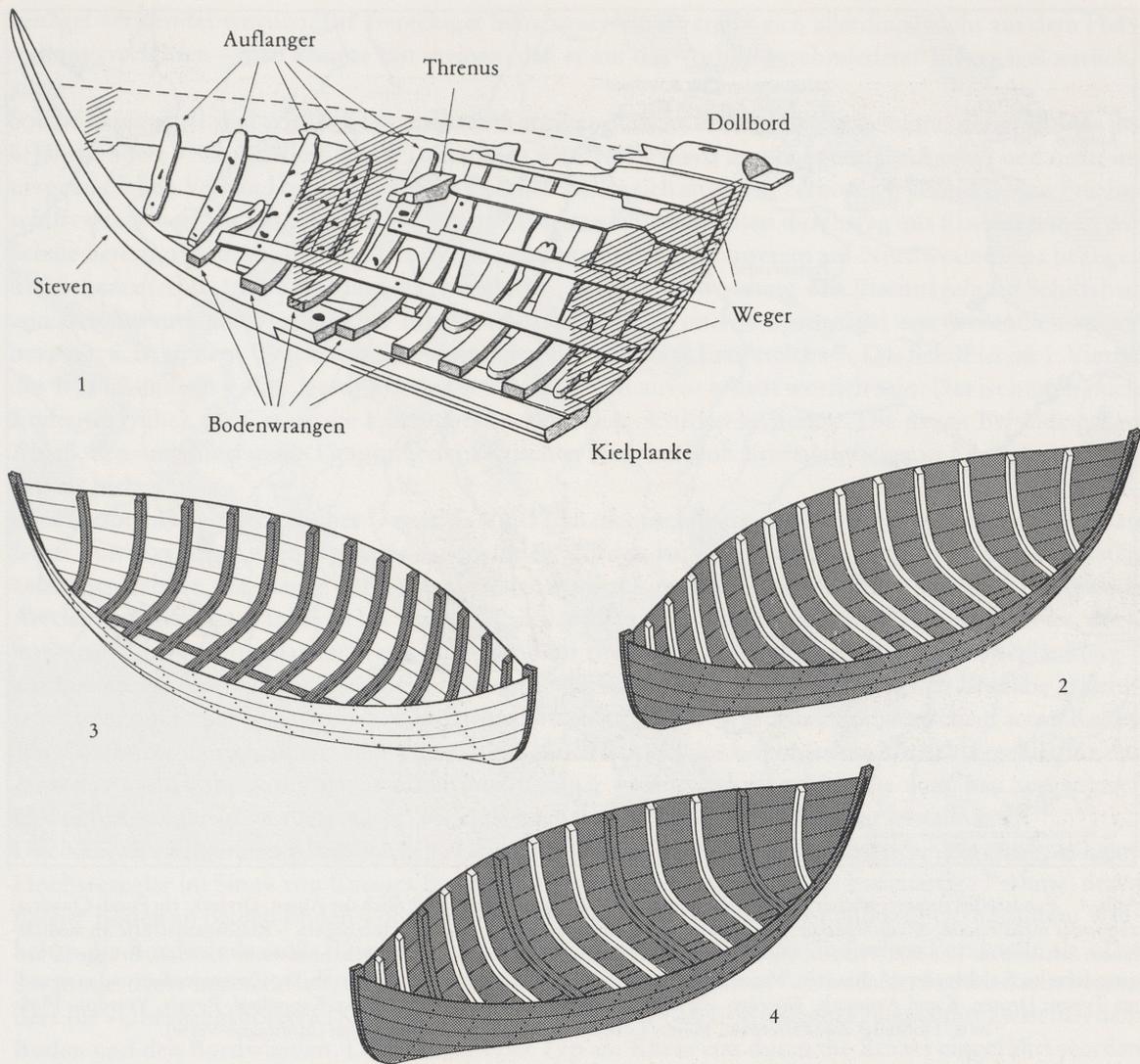


Abb. 3 Erläuterungen zum antiken Schiffsbau: 1 Technische Ausdrücke (erläutert am Beispiel des Hecks von Schiff 1, Mainz-Löhrstraße. Strichraster: Rumpfqerschnitte). – 2 Schema: mediterraner Schalenbau. – 3 Schema: Skelettbau. – 4 Schema: Mischbauweise (wie in Mainz-Löhrstraße). – Zu 2-4: erste Bauphase jeweils grau, zweite Bauphase weiß.

ten, deren Plankengänge nicht miteinander verbunden sind, sondern nur durch die Nagelbefestigung an den Spanten zusammengehalten werden, sind aus römischer Zeit bisher nur aus dem Nordwesten des römischen Reichsgebiets (Abb. 4)<sup>8</sup> bekannt. So lag es nahe, daß D. Ellmers diese Bauweise mit einheimisch-vorrömischen, d. h. keltischen Traditionen verbindet<sup>9</sup>. In diesem Sinne liegt, daß gekröpfte Eisennägel beim Bau der aus Holz und Stein bestehenden Mauern spätkeltischer Oppida massenhaft verwen-

<sup>8</sup> Die Fundkarte von 1982 (O. Höckmann 1982, 245 Abb. 7) ist um die Funde von Rindern (Gorissen 1985, 17 Abb. 2-3), Yverdon II (D. Weidmann u. M. Klausener 1985, 8 ff.) und Oberstimm, Gem. Manching (z. B. H. Schönberger, H.-J. Köhler u. O. Höckmann 1988) ergänzt.

<sup>9</sup> Ellmers 1969 passim (zu Nägeln: 75). – P. Marsden 1977, 281 ff. – Ellmers 1983, 497 ff.

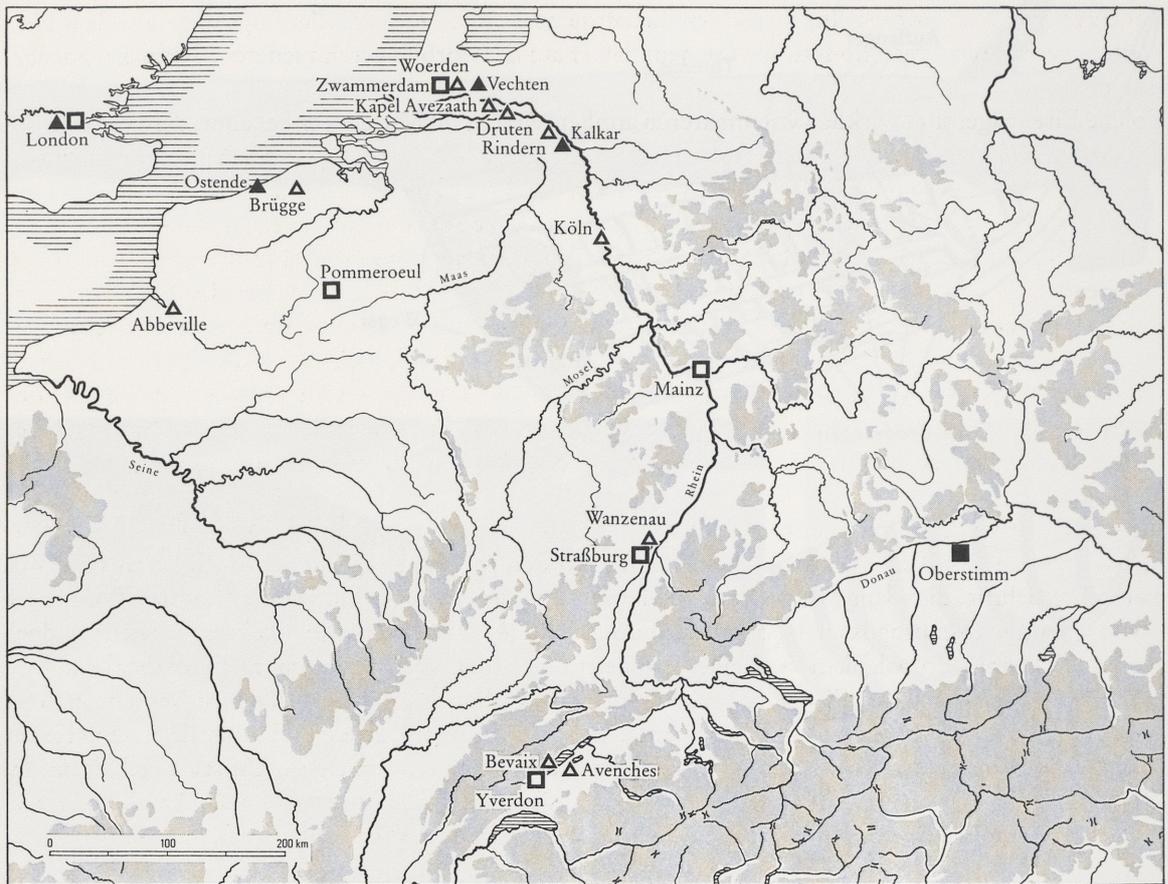


Abb. 4 Fundstellen römischer Schiffs-, Plankenboots- und Floßüberreste nördlich der Alpen: Dreieck: ein Fund; Quadrat: zwei oder mehr Funde; offene Signatur: mit Eisennägeln; geschlossene Signatur: mit Holznägeln. – Rundspantschiffe im mediterranem Schalenbau: London, Veichten, Oberstimm; Rundspantschiffe in Skelett- oder Mischbauweise: London, Brügge (Übergangsform zu Knickspanntyp), Rindern, Mainz-Löhrstraße, Wanzenau; Knickspantschiffe vom Typ Zwammerdam und verwandten Typen: Druten, Kapel Avezaath, Woerden, Zwammerdam, Pommeroeul, Köln, Mainz-Kappelhof, Bevaix, Yverdon; Flöße bzw. Floßteile: Zwammerdam, Mainz-Löhrstraße, Straßburg-Königshofen (Montagne-Verte).

det worden sind<sup>10</sup>, und daß Caesar um die Mitte des 1. Jahrhunderts v. Chr. bei der Beschreibung spät-keltischer Atlantikschiffe ausdrücklich von Eisennägeln oder -bolzen spricht<sup>11</sup>.

Das sind Fakten, an denen sich nicht rütteln läßt. Ganz gewiß haben die Kelten zu Caesars Zeit beim Schiffsbau Eisennägel verwendet. Ich möchte aber zu erwägen geben, ob sie nicht ihrerseits den Anstoß zu dieser Bauweise aus dem Süden erhalten haben könnten – d. h. von ihren technisch fortgeschritteneren kolonialgriechischen oder punischen Nachbarn<sup>12</sup>. Dann brauchte die Verwendung gekröpfter Metallnägel vielleicht kein so lupenrein keltisches Element zu sein, wie es aufgrund der römischerzeitlichen Schiffsfunde nördlich der Alpen (Abb. 4) den Anschein hat.

In diesem Sinne könnte liegen, daß bereits im 4. Jahrhundert v. Chr. an einem kleinen griechischen Frachtschiff, das vor Kyrenia (Zypern) gefunden wurde, die Spanten mit gekröpften Nägeln in der Schale befestigt sind<sup>13</sup> und daß dieselbe Technik an einem punischen Kriegsschiff wiederkehrt, das 241 v. Chr. in der Schlacht bei den Ägatischen Inseln vor Westsizilien sank<sup>14</sup>. In beiden Fällen sind gegossene Bron-

<sup>10</sup> Ellmers 1969, 77f.

<sup>11</sup> Bellum Gallicum III, 13ff.

<sup>12</sup> Höckmann 1983, 416.

<sup>13</sup> H. W. Swiny u. M. L. Katzev 1973, 348 Abb. 9.

<sup>14</sup> H. Frost (Hrsg.) 1976 (1981) 122 Abb. 58. Das Wrack enthielt auch Eisennägel (s. Anm. 15).

zenägel verwendet worden. Ihr viereckiger Schaftquerschnitt ergibt sich allerdings nicht aus dem Herstellungsverfahren – man könnte fast meinen, daß er auf das Vorbild geschmiedeter Eisennägel zurückginge.

Solche Eisennägel sind wirklich von mehreren antiken Wracks im Mittelmeer bekannt, deren ältestes ins 6. Jahrhundert v. Chr. datiert wird<sup>15</sup>; allerdings wurden sie meist in recht geringer Anzahl und nicht im ursprünglichen Verband beobachtet. Erst kürzlich stellte sich an einem vermutlich phönikischen Frachtschiffswrack von Ma'agan Michael in Israel<sup>15a</sup> heraus, daß die Spanten durchweg mit Eisennägeln in der Schale befestigt sind, die in derselben Weise gekröpft sind wie in unserem auf Nordwesteuropa bezogenen Schema (Abb. 1,3). Der Fund läßt annehmen, daß die Verwendung von Eisennägeln im Schiffsbau von der Levante ausgegangen ist. Im Westmittelmeer sind eiserne Spantnägel erst wesentlich später bezeugt, z. B. an dem Wrack von Dramont A vor der Südküste Frankreichs<sup>16</sup>. Das Schiff ist im 1. Viertel des 1. Jahrhunderts v. Chr. gesunken und muß einige Zeit zuvor erbaut worden sein. Das ist immer noch eindeutig früher, als Caesar die Eisennägel an keltischen Schiffen bemerkte. Die neuen Befunde geben Anlaß, den »mediterranen« Ursprung der keltischen Nageltechnik zuversichtlicher in Erwägung zu ziehen als bisher.

Dies ist aber nur ein technisches Detail: es wirkt sich nicht schlüssig auf die Frage aus, ob der Skelettbau selbst nun von den Kelten eigenständig erfunden worden ist. Das erscheint plausibel. Denn die ersten keltischen Schiffe, die – lange vor Caesar – in der antiken Literatur erwähnt werden<sup>17</sup>, waren Boote nach Art der heutigen »Curraghs« in Irland und Schottland<sup>18</sup>: sie besaßen schon ein hölzernes »Skelett«, doch war es nicht mit Holzplanken verkleidet, sondern mit Leder. Der Übergang zur Holzbeplankung<sup>19</sup> könnte auf das Vorbild mediterraner Holzschiffe zurückgehen, die den Kelten durch Besuche griechischer oder punischer Händler bekannt geworden sein mögen. Es würde nicht überraschen, wenn Kelten am Mittelmeer in Südgallien, oder auch an der Atlantikküste im bretonischen Umschlaggebiet für das Zinn aus Cornwall, durch das Vorbild mediterraner Handelsschiffe nicht nur zum Bau seegängiger Holzschiffe angeregt worden wären, sondern auch zur Verwendung gekröpfter Metallnägel.

Doch kehren wir an den Rhein zurück. Hier sind die meisten bisher gefundenen Schiffe (Abb. 4) keine Hochseesegler im Sinne von Caesars Beschreibung, sondern Binnenschiffe: kastenartige Prähme, deren flacher Boden an beiden Enden – ohne Steven – als Rampe hochgezogen ist und seitlich in rechtem Winkel an die Bordwände stößt. Dieser Binnenschiffstyp, nach einer niederländischen Fundstelle als »Typ Zwammerdam« bezeichnet<sup>20</sup>, dürfte vorrömische Elemente enthalten<sup>21</sup>. Dieser Verdacht besteht besonders für »Übergangshölzer« (Kimmstringer, chine girders) von L-förmigem Querschnitt zwischen dem Boden und den Bordwänden. Doch scheint der Typ am Rhein erst durch die Römer eingeführt worden zu sein<sup>22</sup>.

Reste von Zwammerdam-Prähmen sind auch in Mainz gefunden worden (am Kappelhof, im April 1982)<sup>23</sup>. Doch die spätromischen Schiffe von der Löhrrstraße (»Hilton II«) vertreten zwei grundsätzlich andere, in der Bauweise aber übereinstimmende Typen (»Mainz A« bzw. »B«). Dies sind leichtgebaute, meist schlanke Fahrzeuge mit Kiel und Steven und gerundeten Spanten, wie sie auch auf dem Nil<sup>24</sup> oder

<sup>15</sup> Beispiele: Höckmann 1983, 414f. mit Anm. 29. Ergänzungen: Frost 1976 (1981) 132ff. (Marsala); 134 (Parallelen). Frau Frost weist die Eisennägel Schiffsteilen zu, die nicht mit Seewasser in Berührung kamen. – Für nennenswerte Verwendung von Eisen im Schiffsbau schon während des späten 3. Jahrhunderts v. Chr. spricht auch die Zusage der etruskischen »Industriestadt« Populonia, für den Bau einer Flotte durch Scipio Africanus (205 v. Chr.) das benötigte Eisen zu liefern (Livius XXVIII, 45.15). Der Vergleich mit den Spenden anderer Etruskerstädte spricht für wesentlichen Umfang und Wert der freiwilligen Kontribution von Populonia (erwähnt bei Frost a. a. O. 117).

<sup>15a</sup> Dazu Referate von E. Linder und J. Rosloff auf dem 3. Symposium »Ship Construction in Antiquity« (Athen, 25.6.1989).

<sup>16</sup> L. Liou u. P. Pomey 1985, 572.

<sup>17</sup> Strabo, Geogr. III, 3.7. – Rufus Festus Avienus, Ora maritima (Hrsg. D. Stichtenoth; 1968) Vers 103ff. (Höckmann 1983, 415f. mit Anm. 30).

<sup>18</sup> Dazu: J. Hornell 1970, 111ff. – P. Johnstone 1980, 26ff.

<sup>19</sup> Höckmann 1983, 416.

<sup>20</sup> P. Marsden 1976, 23ff. – Marsden 1977 (Anm. 9). – M. D. de Weerd 1977, 187ff. – Ders. 1978, 15ff. – Ders. 1988.

<sup>21</sup> D. Ellmers 1984, 153ff.

<sup>22</sup> M. D. de Weerd 1988, 284ff. – Ders. 1989.

<sup>23</sup> Rupprecht 1984, 166ff.

<sup>24</sup> Zum Typ der Lusoria (navis) im römischen Ägypten: Casson 1971, 333; 340. Wahrscheinlich kann er mit dem Typ Mainz A gleichgesetzt werden (Höckmann 1983, 432f. – Höckmann 1985, bei 142).

auf dem Mittelmeer in dieser Hinsicht nicht aufgefallen wären. »Nicht mediterran« wäre mit Sicherheit allein der völlige Verzicht auf die Verbindung der einzelnen Plankengänge mittels Feder und Nut (s. oben); die Rumpfform hat mit dem Typ Zwammerdam überhaupt nichts gemeinsam, sondern dürfte der Form mediterraner Kriegsschiffe nahestehen. Daß die Mainzer Schiffe vom Typ A schlanke, schnelle Ruderschiffe waren, ist jedenfalls sicher, und daß sie als Kriegsschiffe bezeichnet werden dürfen, ist – wie ich meine – mehr als wahrscheinlich<sup>25</sup>. Wenn sich bestätigen sollte, daß der Skelettbau keltischen Ursprungs wäre, so könnte man meinen, daß hier Kriegsschiffe mediterraner Grundform auf eine nicht-mediterrane Weise gebaut worden wären.

Doch kehren wir zu unserem Ausgangspunkt zurück: den eisernen Spantnägeln der Schiffe von Mainz. Es blieb offen, ob solche Nägel (bzw. ihre Verwendung im Schiffsbau) als ursprünglich keltisches Element zu gelten haben oder ob sie nördlich der Alpen im Gefolge mediterraner Vorbilder üblich geworden sind. Das galt für die frühe und mittlere Kaiserzeit. Doch im 4. Jahrhundert n. Chr. als Erbauungszeit der Mainzer Schiffe läßt sich aus der Verwendung solcher Nägel schwerlich mehr ein Rückschluß auf die Nationalität der Zimmerleute oder auf den letztlichen Ursprung der von ihnen angewandten Bauweise ziehen: zu vielfältig sind die Hinweise, daß im Verlauf der Kaiserzeit Eisennägel auch im Süden immer häufiger verwendet worden sind<sup>26</sup>. In dieser Hinsicht waren die Mainzer Schiffe einfach auf der Höhe der Zeit.

Es mag den Technikhistoriker interessieren, welche Mengen an Eisen für den Bau eines solchen Fahrzeugs benötigt wurden. Da jeder Plankengang an jedem Spant bzw. Steven mit je zwei Nägeln befestigt ist, ergibt sich bei einer einstigen Rumpflänge von 19-20m eine Gesamtzahl von ungefähr 800 Spantnägeln. Für die Befestigung des Dollbords, der Weger und der (Steuer-) Rudereinrichtung, den »Kasten« und eventuelle andere – nicht erhaltene – Ausrüstungsteile<sup>27</sup> sowie durch »Werftunfug« dürften nochmals mindestens 100 Nägel verbraucht worden sein. Bei einem Gewicht um 45g pro Nagel ergibt sich ein Gesamtgewicht von mindestens ca. 40kg Eisen. Die Beschaffung und Verarbeitung dieser Menge (natürlich durch geübte Schmiede im Handbetrieb) dürfte unter den schwierigen Bedingungen der späten Kaiserzeit keine ganz leichte Aufgabe gewesen sein. Zu diesem metallurgischen Aufwand kommt hinzu, daß die Schmiede mit Holzkohle versorgt werden mußten. Aus diesem Grunde sei erwähnt, daß eines der Kriegsschiffe vom Typ A (Schiff 9) einmal dazu eingesetzt worden ist, eine Ladung Holzkohle zu befördern – offenbar als Schüttgut in dem schmalen zentralen Gepäckabteil (»Kasten«)<sup>28</sup>. Bei der Demontage hat sich jetzt noch deutlicher als einst bei der Ausgrabung<sup>29</sup> gezeigt, daß der »Kasten« in ganzer Länge mit losen Holzkohlebrocken gefüllt gewesen sein dürfte. Daß man ein Kriegsschiff von sehr geringer Ladekapazität, mit einer kostspieligen Rudermannschaft von 24-26 Mann, zu einem derartigen Transport herangezogen hat, läßt sich wohl am ehesten mit einem akuten Versorgungsengpaß in der »Rüstungsindustrie« erklären, in deren Rahmen das Schmiedegewerbe den wichtigsten Faktor bildete. Wer weiß, ob die Ladung von Schiff 9 zur Herstellung von Waffen bestimmt war oder aber von Eisenteilen für den Schiffsbau. Denn Schiffe waren für den Fortbestand der römischen Herrschaft am Rhein lebenswichtig – die Frachtschiffe im Dienst von Versorgung und Handel nicht weniger als die Kriegsschiffe, die den Grenzstrom kontrollierten<sup>30</sup>.

<sup>25</sup> Höckmann 1982, 244. – Höckmann 1983, 432.

<sup>26</sup> Dazu z. B. J. B. Ward-Perkins u. P. Throckmorton 1965, 207. – Höckmann 1983 (Anm. 15). Die neue Veröffentlichung der Tiberschiffe von Fiumicino durch M. Santamaria Scrinari ist mir noch nicht zugänglich.

<sup>27</sup> Zu Stakstangen: D. Ellmers 1972 (1984) 83 ff. mit 79f. Abb. 55-62.

<sup>28</sup> Höckmann in: Rupprecht 1984, 73. – Höckmann 1982, 244 ff. – Höckmann 1983, 409f. – Höckmann 1985, 142. Zur technischen Bedeutung von Holzkohle: L. Horne 1982, 6ff.

<sup>29</sup> Höckmann (Anm. 28) 75. – Höckmann 1982, 244f. – Höckmann 1983, 410.

<sup>30</sup> Für Bedeutung und Umfang der Versorgungsaufgaben vgl. z. B. Julians Maßnahmen im Jahre 359 (Ammianus Marcellinus 18, 2.3-4): zur Versorgung der Bevölkerung im Rheinland mit Getreide aus Britannien werden 400 Frachtschiffe requiriert und 200 weitere neu gebaut. – Zum normalen Seehandel z. B.: J. Rougé 1966 passim (zur – im Vergleich mit den Kosten des Landtransports bestechend günstigen – Preissituation bei der Güterbeförderung zu Schiff: 370 ff.). – L. Casson 1981, 37 ff. – Höckmann 1985 bes. 173f. – Zur militärischen Bedeutung der Flußflotten z. B.: D. Kienast 1966 bes. 148 ff. – O. Höckmann 1982, 40 ff. – Ders. 1986, 369-416.

Gemessen an den Spantnägeln fällt die zweite Kategorie von Eisennägeln an den Mainzer Schiffen kaum ins Gewicht. Da sie mit dem Abdichten der Plankennähte (kalfatern)<sup>31</sup> zusammenhängen, möchte ich sie »Kalfatnägel« nennen. Dies sind kleine Nägel (L = ca. 2 cm) mit großem Flachkopf (Abb. 1, 2), die dazu dienen, schnurartige Stränge (Kardeele) faserigen Dichtungsmaterials (Kalfats) in den Nähten festzuhalten. In einem Falle ließ sich nachweisen, daß das Kalfat in locker geknoteten Schlingen auf der Oberseite des einen Plankengangs ausgelegt worden war, bevor der nächsthöhere Gang angesetzt wurde<sup>32</sup>; an anderen Stellen mag es sich um nachträgliche Reparaturmaßnahmen handeln. Denn die Plankennähte sind keineswegs durchgehend kalfatert. Großenteils sind die aneinanderstoßenden Schmalseiten der Planken so sauber angepaßt, daß es keiner Abdichtung bedurfte bzw. daß der haarfeine Spalt dazwischen ausreichend durch den äußeren Schutzanstrich mit Holzteer geschlossen wurde. So konnte ich anfangs meinen, daß überhaupt nicht kalfatert worden wäre<sup>33</sup>. Das hat sich nicht bestätigt, doch kalfaterte Nähte sind nicht die Regel: die Eisenmenge der Kalfatnägel schlägt kaum zu Buche. Der Arbeitsaufwand bei der Herstellung dieser kleinen »Zwecken« dürfte allerdings kaum geringer gewesen sein als im Falle der Spantnägel. – Die Kalfatnägel waren in der Regel durch Korrosion zerstört und ließen sich nur an ihren Löchern und an Rostspuren im umgebenden Holz nachweisen.

An den Spantnägeln sind zwei unterschiedliche Arten der Erhaltung zu erkennen. Teils sind sie im Metall erhalten, mit rostiger Oberfläche, doch durch Reaktionen mit dem Schwefel des Faulschlammes chemisch verändert<sup>34</sup>.

Teils haben sich um die freiliegenden Teile von Spantnägeln aber feste sandig-lehmige Mäntel von ca. 1 cm Durchmesser gebildet (Abb. 2, 3). Wie durch Röntgenaufnahmen (Abb. 2, 4) und Brüche nachgewiesen werden konnte, ist das Eisen in den sandig-lehmigen Mantel diffundiert und hat lediglich einen Hohlraum hinterlassen, der die Form des einstigen Nagels genau bewahrt (Abb. 2, 5).

Mir erschien denkbar, daß diese differierenden Korrosionsarten auf unterschiedliche Konsistenz des Eisens zurückgingen, aus der sich u. U. archäologisch relevante Gesichtspunkte ergeben könnten. Ich bin Herrn Prof. Keemann für die Einladung, das genannte Problem auf dem Symposium vorzutragen, dankbar verbunden.

Für eine Antwort auf die angeschnittene Frage kann jetzt auf den Beitrag H. Weiland u. H. J. Bunes (vgl. folgenden Beitrag) verwiesen werden.

Dennoch mag es nicht überflüssig gewesen sein, hier einen selten in so großer Menge am ursprünglichen Ort erhaltenen eisernen Massenartikel vorzustellen und zugleich anzudeuten, welche schiffsarchäologischen Fragestellungen sich aus so anspruchslosen Handwerksprodukten wie Nägeln ergeben können.

<sup>31</sup> Dazu: B. Arnold 1977, 293 ff. – 1978, 31 ff. – Ellmers 1983, 495; 497. – Weidmann u. Klausener 1985, 13 mit Abb. 11a.

<sup>32</sup> Die schwierige Entschlüsselung des Befundes wird E. Wegner verdankt.

<sup>33</sup> Höckmann (Anm. 28) 57. – Höckmann 1983, 434.

<sup>34</sup> Angaben hierzu verdanke ich Prof. K.-H. Emmermann (Geologisches Landesamt Rheinland-Pfalz, Mainz).