

UNTERSUCHUNG EINES MITTELALTERLICHEN EISERNEN SCHIFFSANKERS

VON FRITZ BÖRSIG

Bei Baggerarbeiten im Jahre 1962 in der Weser, bei welcher Gelegenheit auch die Hanse-Kogge entdeckt und geborgen wurde, deformierte und zerriß der Saugbagger ARLESIIENNE etwa 50 bis 60 m unterhalb der Fundstelle der Kogge einen Anker. Das Oberteil dieses Ankers fand und barg im Juni 1965 der Saugbagger SAALÉ, und der eigentliche Anker (Ankerunterteil, Abb. 1) kam im Dezember 1965 durch den Schwimmgreifer WIKING an die Oberfläche. In dem Fundbereich des Ankers befanden sich auch weitere Bootsteile. Eine Zugehörigkeit des Ankers zur Kogge kann ausgeschlossen werden¹.

Das Ankerunterteil (Abb. 1) ist stark deformiert. Die beiden Bruchteile wurden zeichnerisch rekonstruiert und sind in der Skizze (Abb. 2) als ganzer Anker wiedergegeben. Danach hat der Anker eine Gesamtlänge von 1980 mm, eine Ausladung zwischen den Händen von 1000 mm und einen schwach konischen Schaft von etwa 56 x 34 mm am oberen und von 65 x 40 mm kurz über dem unteren Querteil. Der Querschnitt am Bruch betrug 53 x 30 mm. Das Gewicht des Ankers ist etwa 51 kg.

Der aus Eisen hergestellte Anker ist durch die langzeitige Einwirkung des Weserwassers stark korrodiert. Das gilt, wenn auch in wesentlich geringerem Maße, ebenfalls für die 1962 entstandene Bruchfläche. In den Korrosionsnarben, insbesondere denen des Schaftes, lassen sich Konturen erkennen, die über den Aufbau des Ankers gewisse Schlüsse geben. Abb. 3 zeigt einen Ausschnitt von der Breitseite des Schaftes (im Foto erkennbar sind Risse, die mit »r« bezeichnet werden). Man erkennt hier deutlich drei Schichten, von denen die beiden äußere-



Abb. 1
Der mittelalterliche eiserne Schiffsanker aus der Umgebung der Kogge-Fundstelle. (Foto: Meierdierks/DSM)

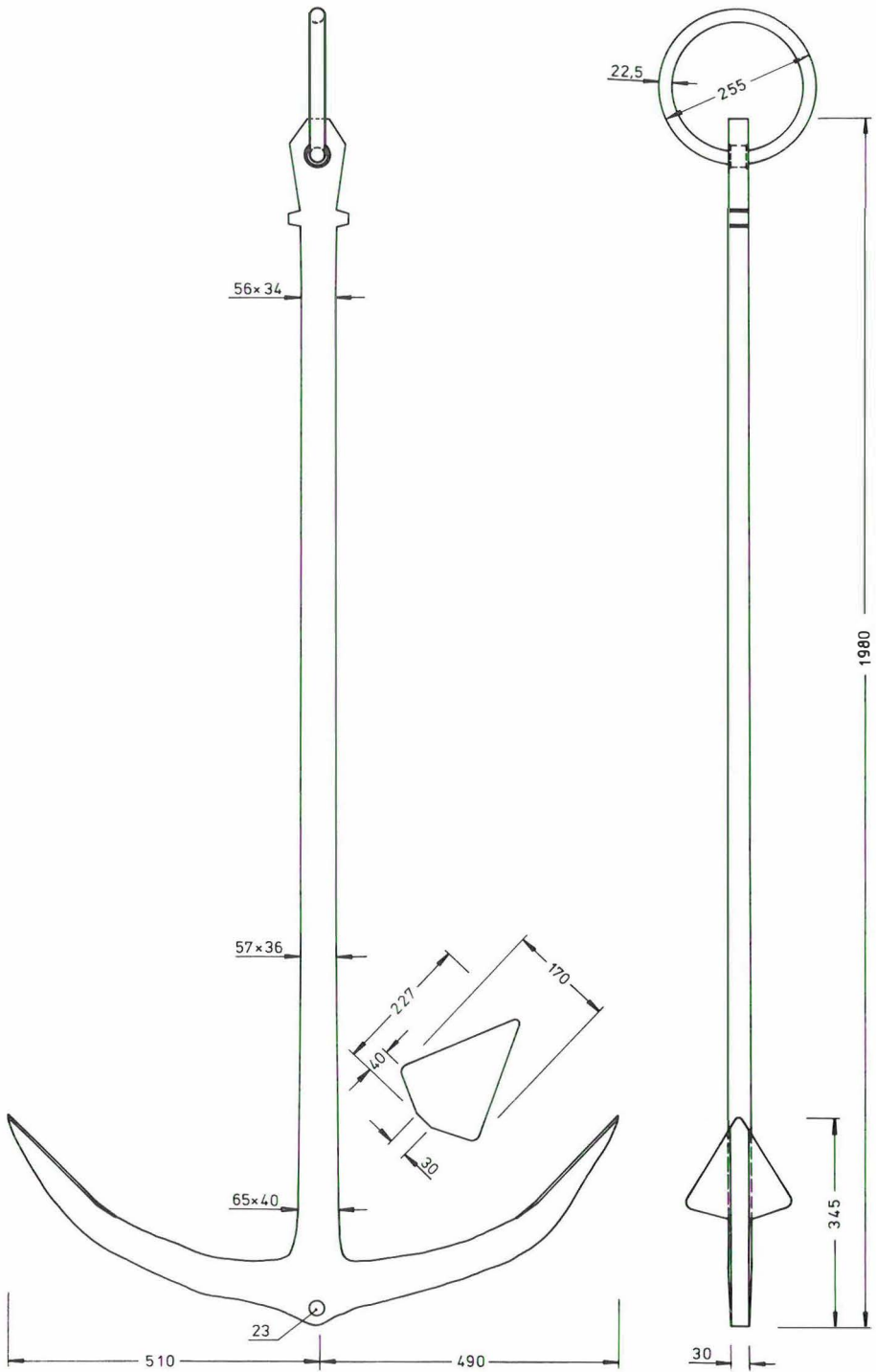


Abb. 2 Rekonstruktionszeichnung des eisernen Ankers. (Zeichnung: Runne, Breden/DSM)

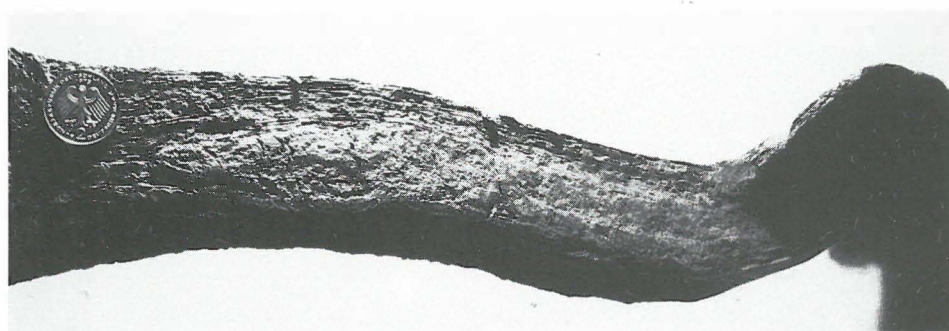
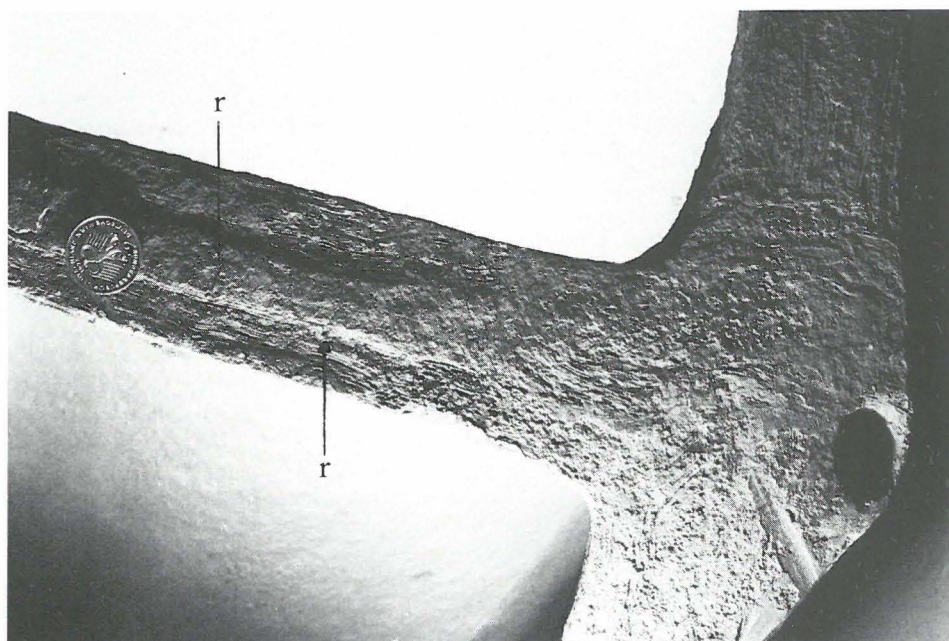
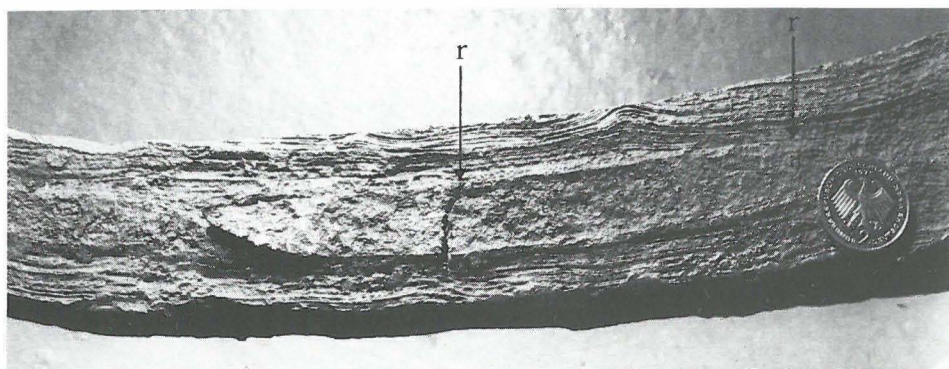


Abb. 3 Ansicht aus dem Ankerschaft. (Foto: Meierdierks/DSM)

Abb. 4 Das Kreuz des Ankers. (Foto: Meierdierks/DSM)

Abb. 5 Ankerarm mit aufgeschweißter Hand, Seitenansicht. (Foto: Meierdierks/DSM)

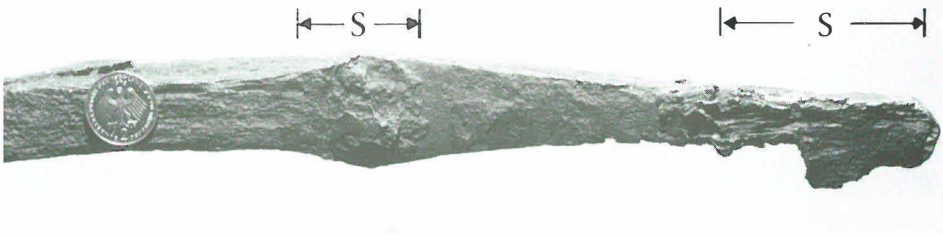


Abb. 6 Ankerarm, von dem die Hand abgebrochen ist. (Foto: Meierdierks/DSM)

ren eine von der Verschmiedung und nachträglichen Korrosion herrührende Längsstreifung aufweisen, der mittlere Bereich eine unregelmäßige, keinesfalls aber längsgerichtete Streifenkontur. An einigen Stellen, z.B. bei »r«, sind rißartige Erscheinungen bzw. Trennungen sichtbar, die auf zusammengeschweißte und durch die Deformation gerissene Einzelstücke hindeuten könnten (s.a. Abb. 4). Diese auffallende Dreiteilung des Schaftes reicht bis nahe zum Übergang Schaft/Ankerkreuz (Abb. 4), wo sie nicht mehr vorhanden ist. Diese Erscheinung dürfte mit der Verschweißung des Schaftes mit dem Ankerkreuz zurückzuführen sein. In den Armen bis zu den angeschweißten Dreiecksblättern (Händen) ist die Dreiteilung wieder vorhanden (Abb. 5), ein Zeichen, daß auch dieser Teil nach der gleichen Art aufgebaut ist wie der Schaft. Von dem einen Arm ist die Hand abgerissen (Abb. 6). Augenscheinlich war die Hand nur an den Enden bei »S« mit dem Arm verschweißt gewesen. Eine durchgehende Feuererschweißung mit Handschmiedung dürfte bei der vorliegenden Ausbildungsform wohl auch nicht möglich gewesen sein.

Für die Untersuchung wurde ein etwa 15 bis 20 mm langer Abschnitt mit der einen Bruchfläche zur Verfügung gestellt (Abb. 7a). Diese ist durch den Bruchvorgang (Gewaltbiegebruch) stark verformt und zerklüftet und darüber hinaus, wie schon oben erwähnt, verrostet. Außer der schon beschriebenen Dreiteilung gibt sie keine sichtbaren wesentlichen Hinweise.



Abb. 7a Bruchstelle des Ankerschaftes. (Foto: Meierdierks/DSM)

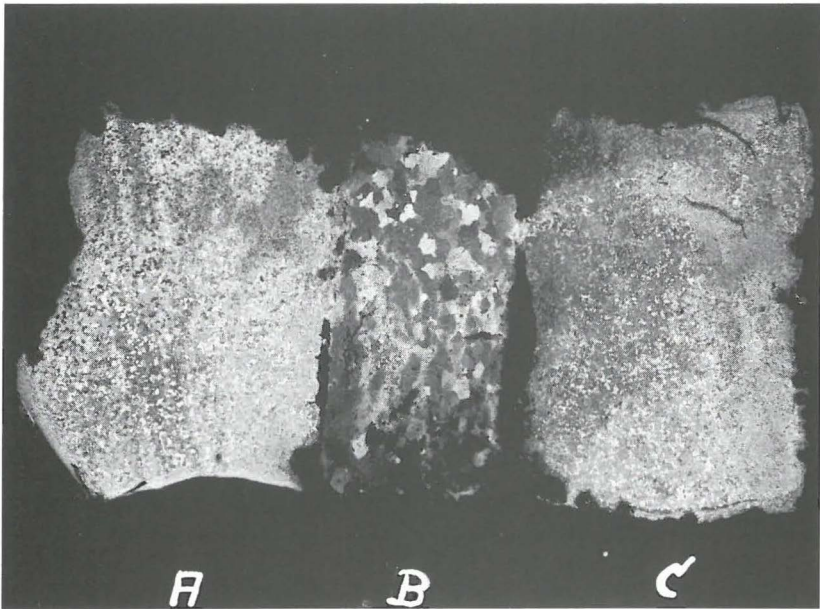


Abb. 7 Querschliff durch den Schaft in der Nähe des Bruches. $M 1,9 : 1$.
(Foto: AZT)

Metallographische Untersuchung:

Die Schnittfläche (Querschnitt durch den Schaft) ist nach der metallographischen Vorbehandlung durch Schleifen, Polieren und Ätzen in Abb. 7 wiedergegeben. Sie läßt die Dreiteilung des Aufbaus gut erkennen, von denen die beiden äußeren Teile A und C etwa 20×30 mm, der mittlere Teil B etwa 13×30 mm Querschnitt haben. Im Grobgefüge bestehen zwischen A und C keine wesentlichen erkennbaren Unterschiede, während der mittlere Teil B demgegenüber deutlich abweicht und ein grobes Korn erkennen läßt. Dies deutet auf unterschiedliche, zueinander quervergerichtete Faserrichtungen, die für die Seitenstreifen A und C in Längsrichtung des Schaftes liegen, wie dies bereits die Abb. 3 und 4 zeigen, für den Mittelteil B in Querrichtung derart, daß die Stirnflächen an der Breitseite des Schaftes der Trennfläche eines entsprechend geteilten Stabes entsprechen, der Faserverlauf quer zur Breitseite des Schaftes verläuft, also parallel zu den Berührungsflächen mit A und C. Die in den Abb. 3 und 4 bei »r« sichtbaren Risse entsprechen vermutlich den jeweiligen aneinanderliegenden Enden der Teilstücke von B. Dieser Faserverlauf wird bestätigt durch einen Längsschliff durch das Bruchende. Die Abb. 8 zeigt den Längsschliff durch die Gesamtbreite des Randteiles C mit einem Stück des Mittelteiles B, die Abb. 9 den Längsschnitt durch den Randteil A ebenfalls mit einem Teil des Mittelstückes B. Zwischen den beiden Abb. 8 und 9 fehlt also – bezogen auf das Original – ein etwa 5 mm breiter Ausschnitt von B, der jedoch für die Beurteilung bedeutungslos ist. Am linken Rand der beiden Schlibfbilder 8 und 9 ist die Bruchkante angeschnitten, die bei Teil A stark verformt ist, während sie im Bereich der Schlibffläche von Teil C einen mehr verformungslosen Trennbruch darstellt. Im Teil A (Abb. 9) ist die Längsfaserrichtung durch die langgestreckten Schlackeneinschlüsse deutlich ausgeprägt, bei Teil C (Abb. 8) wegen der hier im Schlibfbild zufällig nur wenigen Schlackeneinschlüsse dagegen nicht so deutlich. Der Mittelteil B (Abb. 8 und 9) zeigt kugelige Einschlüsse, d.h. die an sich langgestreckten Schlackeneinschlüsse sind hier quergeschnitten, die Faserrichtung liegt also, wie bereits oben dargestellt, senkrecht zur Bildfläche, d.h. zur Breitseite des Ankerschaftes.

Die Teile A/B und C/B sind durch Hammerschweißung miteinander verbunden. Die im Querschliff Abb. 7 geschnittenen Schweißnähte sind stark korrodiert, besonders zwischen B und C. Die im Bild sichtbaren schwarzen Bereiche sind keine Hohlräume, sondern Rost. Im Abb. 8 ist im Teil C neben der Schweißnaht mit B eine Dunkelfärbung des Gefüges durch die Ätzung sichtbar geworden, die im Bereich der Schweißung A/B (Abb. 9) nicht vorhanden ist. Das Feingefüge in diesem Bereich ist in den Abb. 10 bis 12 bei höherer Vergrößerung wiedergegeben, deren Lage in die Abb. 8 eingetragen ist. Abb. 11 erfaßt den dunklen Bereich in Abb. 8. Sie zeigt im oberen Teil ebenso wie im unteren von Abb. 10 Widmannstätten'sche Struktur, während im unteren, dunklen Bereich sorbitisches Gefüge vorliegt, das auch die ganze Breite des dunklen Schreifens in Abb. 8 ausmacht. Diese Gefügeausbildung ist auf eine örtliche Aufkohlung zurückzuführen, während das Widmannstätten'sche Gefüge darauf hindeutet, daß der Stahl hier bei der Erhitzung zum Schweißen örtlich bis zum Schmelzen erhitzt worden ist, also eine Temperatur erreicht wurde, die zu damaliger Zeit als ganz ungewöhnlich anzusehen ist. Abb. 12 zeigt den Übergang des Gefüges unterhalb des sorbitischen Bereiches entsprechend Abb. 11 und, getrennt durch die Schweißnaht S-S, das Gefüge des mittleren Bauteiles B. In diesem sind keine vom Schweißvorgang herrührenden Gefügeveränderungen sichtbar. In dem oberhalb der Schweißnaht zum sorbitischen Gefüge hin (Abb. 12) liegenden Bereich von Teil C sind neben Ferrit auch Perliteinschlüsse als Hinweis auf eine Aufkohlung vorhanden, die im Zusammenhang mit der Erhitzung beim Schweißen und dem Schweißvorgang auf nicht erklärbarer, wahrscheinlich unbeabsichtigter Weise durch örtliche Aufkohlung aufgetreten sind. Der restliche große Bereich von C besteht, ebenso wie das Gefüge des anderen Randstreifens A, im wesentlichen aus kohlenstofffreiem Ferrit (Abb. 13), ebenso auch das Gefüge des Mittelteiles B.

Eine eindeutige Erklärung für das Auftreten des besonderen, aufgekohlten Gefügestreifens in C neben der Schweißnaht kann nur vermutet werden. Auffallend ist, daß in dem Bereich der Schweißung A/B keine entsprechenden Gefügeänderungen erkennbar sind (Abb. 14). Da nur der kurze Abschnitt vom Bruchende des Schaftes für die Untersuchung zur Verfügung stand, kann nicht gesagt werden, ob diese Anomalität im Gefüge des Randstreifens C neben der Schweißung sich über eine größere Länge oder, was noch weniger wahrscheinlich ist, über die ganze Länge des Ankerschaftes hinzieht. Im Hinblick auf das Herstellungsverfahren durch Hammerschweißung aus der Schweißhitze ist kein ersichtlicher Grund für das Auftreten dieser Gefügeanomalität erkennbar. Hierbei ist außerdem zu beachten, daß Stähle mit Kohlenstoffgehalten über etwa 0.25% nur schwer, mit noch höheren C-Gehalten, etwa dem des Sorbits in Abb. 8 bzw. 11 gar nicht durch Hämmern feuerschweißbar sind. Eine beabsichtigte Aufkohlung des Eisenstabes durch die Ankerschmiede hat also mit Sicherheit nicht vorgelegen. Möglich ist, daß sich in der Ausgangsluppe, aus dem der Stab C hergestellt worden ist, durch Zufall ein Bereich mit höherem Kohlenstoffgehalt befunden hat. Das würde bedeuten, daß der Ausgangsrohling für den Stab aus Luppen mit unterschiedlichem C-Gehalt bzw. mit örtlich hohen C-Gehalten bestanden hat.

Festigkeitsuntersuchung:

Zur Ermittlung der Festigkeit wurden Härtemessungen nach Brinell HB 2.5 über den Querschnitt (Abb. 7) durchgeführt und daraus die Festigkeit berechnet. Die mittleren Zugfestigkeiten der drei Bauteile sind – bei nur jeweils geringen Streuungen –:

Teil	Festigkeit	
A	33	kp/mm ²
B	55	kp/mm ²
C	33	kp/mm ²

Abb. 8

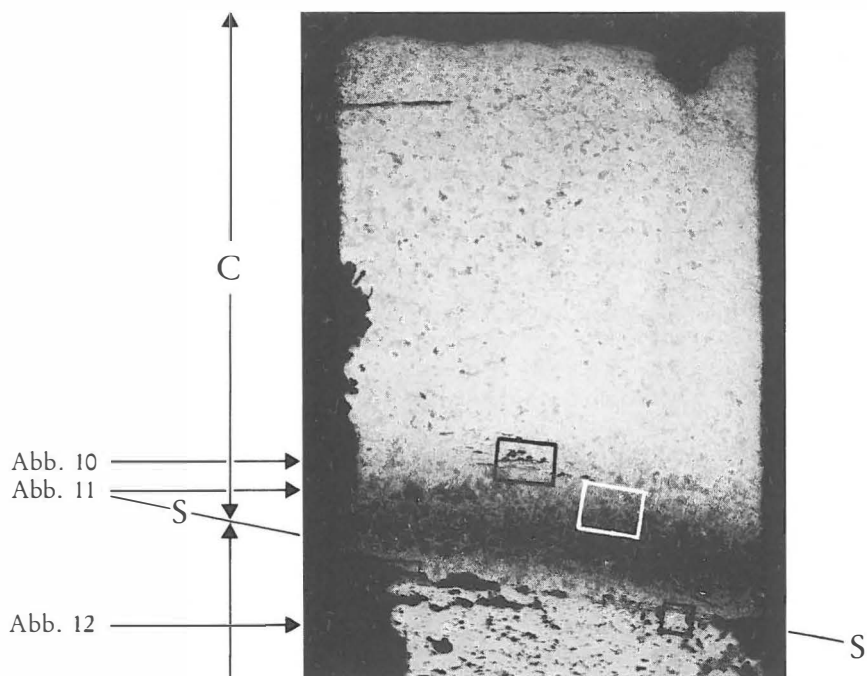


Abb. 10

Abb. 11

Abb. 12

C

S

S

B

S

S

Abb. 9

A

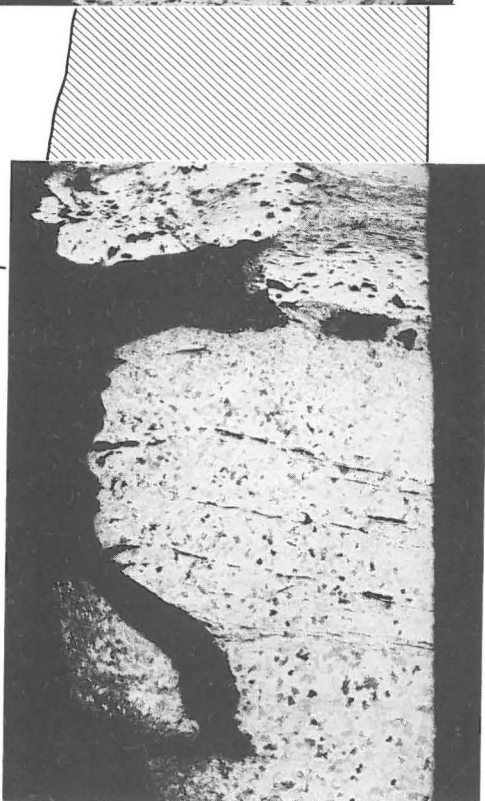


Abb. 8 und 9
 Längsschliff durch den Schaft
 im Bereich des Bruches.
 M 3,92 : 1. (Foto: AZT)

Die Zugfestigkeiten der beiden Außenstäbe A und C liegen danach auf gleicher Höhe, die des Mittelstabes B ist jedoch nicht unerheblich höher, was aber im Gefügezustand nicht zum Ausdruck kommt.

Die Ermittlung der Härte durch Kleinlasthärteprüfung nach Vickers HV 0.5 in dem dunkel angeätzten Bereich von Teilstück C neben der Schweißnaht (Abb. 8) ist, entsprechend dem Widmannstätten'schen bzw. sorbitischen Gefüge, erheblich höher. Der Verlauf der Vickershärte HV 0.5 über die Breite dieses Streifens ist:

im ferritischen Bereich (Abb. 10, oberer Teil)	: 108/110
im Widmannstätten'schen Bereich (Abb. 10 unten und Abb. 11 oben)	: 130
im dunklen, sorbitischen Bereich (Abb. 11 unten)	: 198
am Übergang zur Schweißnaht im ferritisch- perlitischen Bereich (Abb. 12 oben)	: 151
im Teil B unterhalb der Schweißnaht S-S (Abb. 12)	: 136

Durch diesen Härteverlauf wird die durch das Gefüge erkennbare Aufkohlung und Aufhärtung bestätigt.

Chemische Untersuchung:

Zur Ermittlung der Zusammensetzung des Werkstoffes der drei Bauteile wurden chemische Analysen teils nach dem Röntgen-Fluoreszenzverfahren (RFA), teils nach klassischen Verfahren durchgeführt. Das Ergebnis geht aus folgender Aufstellung hervor:

Teil		A	B	C
Kohlenstoff	C %	0.03	0.04	0.18
Silicium	Si %	0.13	0.51	0.13
Mangan	Mn %	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Phosphor	P %	0.056	0.93	0.031
Schwefel	S %	0.017	0.031	0.014
Chrom	Cr %	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Molybdän	Mo %	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Nickel	Ni %	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Kupfer	Cu %	< 0.06	< 0.06	0.07
Vanadin	V %	< 0.01	< 0.01	< 0.01

Danach bestehen alle drei Bauteile aus kohlenstoffarmem Stahl, also weichem Renneisen, ohne nennenswerte Mengen an Begleitelementen. Diese unter dem Strich aufgeführten, zu meist nur in Spuren vorhandenen Elemente können bei der Beurteilung außer acht bleiben.

Die Seitenstäbe A und C sind praktisch identisch. Der höhere C-Gehalt bei C bestätigt die aufgrund des Gefüges und der Härtemessungen in dem schmalen Bereich neben der Schweißnaht festgestellte Aufkohlung, die örtlich wesentlich über dem Mittelwert von 0.18% gelegen haben dürfte. Aufgrund des nur niedrigen P-Gehaltes ist anzunehmen, daß das dazu verwendete Renneisen nicht aus Raseneisenerz mit höherem Phosphorgehalt hergestellt worden ist.

Die Zusammensetzung des Kernteiles B weicht durch die z.T. erheblich höheren Gehalte an Si und P von den Randstäben A und C ab. Es handelt sich hier zweifellos um ein Renneisen anderer Herkunft. Der hohe Gehalt an Si ist durch die zahlreichen Schlackeneinschlüsse zu erklären, ist also kein integrierender Bestandteil des Eisens. Der sehr hohe Gehalt an P deutet

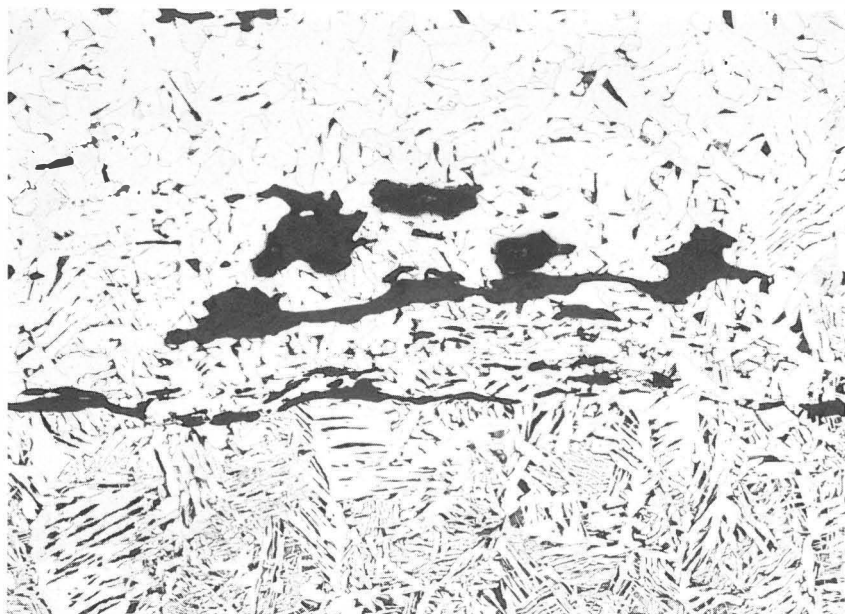


Abb. 10 $M 50 : 1$. (Foto: AZT)

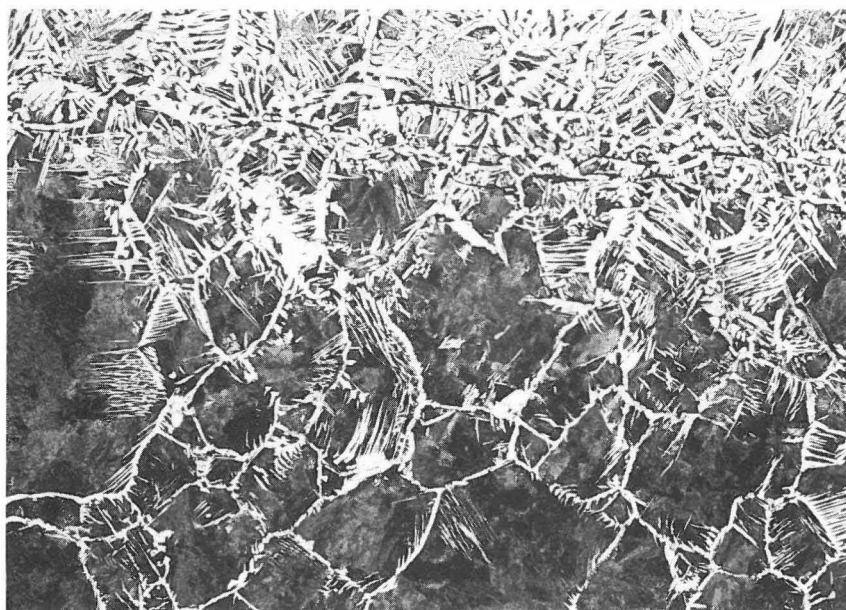


Abb. 11 $M 50 : 1$. (Foto: AZT)

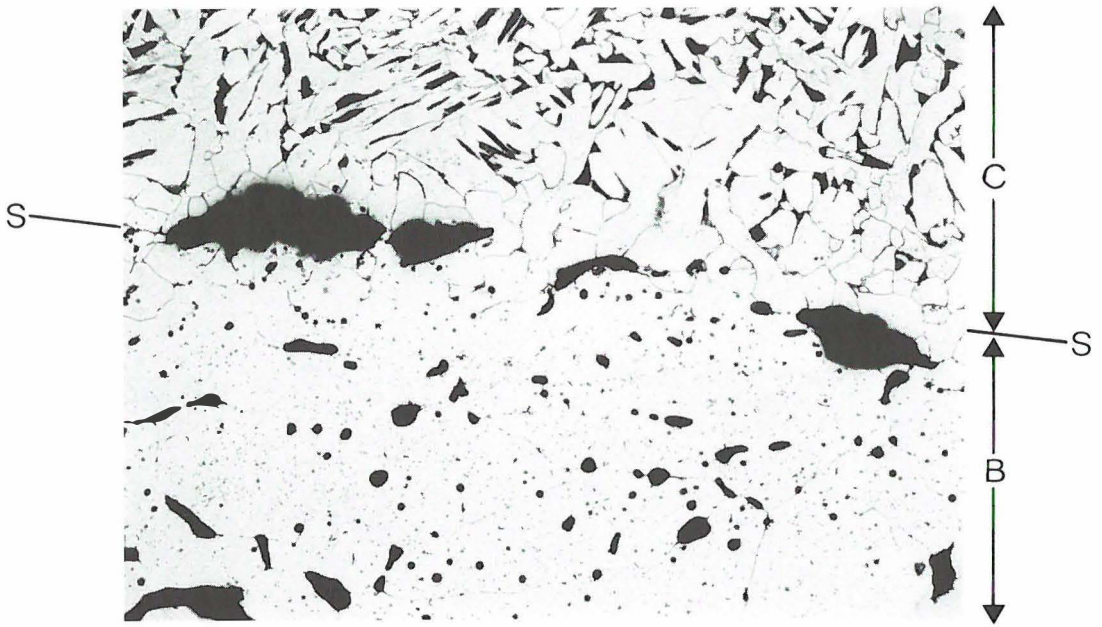


Abb. 12 M 100 : 1. (Foto: AZT)

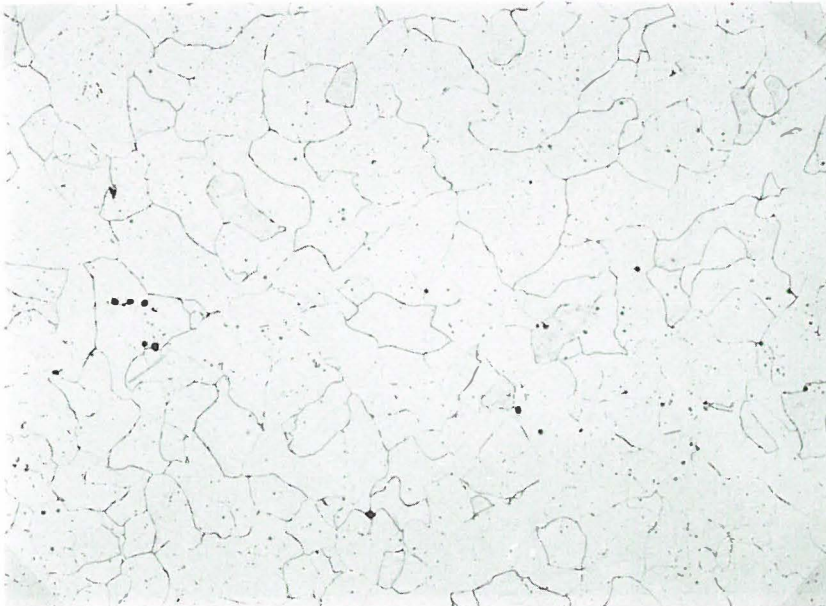


Abb. 13 M 100 : 1. (Foto: AZT)



Abb. 14 *M 50 : 1.* (Foto: AZT)

darauf hin, daß dieses Eisen wahrscheinlich aus hoch phosphorhaltigem Raseneisenerz hergestellt wurde. Dieser hohe P-Gehalt des Eisens erklärt auch die höhere Festigkeit des mittleren Bauteiles B.

Beurteilung des Aufbaues und der Herstellung des Ankers:

Der aus der Weser in der Nähe der Fundstelle der Hanse-Kogge im Jahre 1962 entdeckte und gebrochene und 1965 geborgene mittelalterliche Schiffsanker ist aus Renneisen hergestellt; er stammt aus einer Zeit, die auch in etwa der der Kogge entspricht.

Schaft, Kreuz und Arme sind aus drei Lagen von Eisenstäben durch Hammerschweißung hergestellt worden. Die beiden äußeren Stäbe von etwa 20 x 30 mm Querschnitt im Bereich des Bruches (am oberen und unteren Schaftende, sowie bei den Armen können die Querschnitte anders sein) liegen in Faserrichtung längs des Schaftes, der mittlere Teil besteht aus etwa 30 mm langen und 13 mm dicken Eisenabschnitten von unterschiedlichen Breiten von ca. 10–60 mm, deren Faserrichtung quer zu der der Seitenstäbe liegt.

Der Werkstoff aller drei Teile ist ein praktisch kohlenstoffreies Renneisen. Die beiden Außenstäbe sind identisch und bestehen aus einem phosphorarmen Eisen, das mit Sicherheit nicht aus Raseneisenerz hergestellt worden ist. Das Eisen des Kernteiles hat einen sehr hohen P-Gehalt und demzufolge auch eine höhere Festigkeit und kann aus norddeutschem Raseneisenerz stammen. Die unterschiedliche Zusammensetzung und damit Herkunft der Eisenstäbe ist auffällig. Eine Erklärung hierfür kann nicht gegeben werden; mit dem Herstellungsverfahren bzw. der Schweißung besteht kein erkennbarer Zusammenhang.

An der inneren Begrenzung des einen Seitenstabes zum mittleren Kernteil befindet sich in dem untersuchten Abschnitt ein schmaler Streifen mit hohem C-Gehalt und hoher Härte und abweichendem Gefüge. Die Ursachen dieser Erscheinung sind nicht erklärlich, und es ist auch nicht anzunehmen, daß sich diese Anomalität über eine große Länge des Stabes hinzieht. Sie hängt offenbar nicht mit der Herstellung zusammen. Möglicherweise handelt es sich um einen

zufälligen kleinen Bereich eines hochaufgekohlten Luppenteils. Diese örtliche Aufhärtung kann auch der Grund sein, daß gerade an dieser Stelle der Ankerschaft seinerzeit durch den Saugbagger ARLESIENNE zerbrochen wurde.

Aus diesen verschiedenen Erscheinungen in Aufbau und Gefüge des Ankerschaftes lassen sich hinsichtlich der Herstellung des Ankers folgende Schlüsse ziehen:

Auf einen Längsstab (in unserem Falle Seitenstab A) von im Mittel 30 x 20 mm Querschnitt wurden in Teilprozessen quer dazu liegende, 30 mm lange und 13 mm dicke Eisenstücke von etwa 10–60 mm Breite und anderer Herkunft durch Hammerschweißung aufgeschweißt, wahrscheinlich auf die ganze Länge dieses Stabes. Danach wurde dann, vermutlich ebenfalls wieder stufenweise, der andere Seitenstab (hier Teil C) auf gleiche Weise angeschweißt, wobei die bei dem ersten Schweißvorgang entstandenen Gefügeänderungen durch das Erhitzen für den zweiten Schweißvorgang wieder aufgehoben wurden, im Gefüge also nicht mehr erkennbar waren, während die des zweiten Schweißvorganges zum Teil erhalten blieben. Die Herstellung der Arme in gleichfalls drei Lagen dürfte ähnlich gewesen sein. Über die Verschweißung dieses unteren Querteiles mit dem Schaft läßt sich jedoch ohne weitere Untersuchung kein eindeutiges Bild gewinnen.

Die Art des Herstellungsverfahrens des Schiffsankers dürfte für die mittelalterlichen Ankerschmiede mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden gewesen sein, so daß, aus der Sicht der heutigen Schmiede- und Schweißtechnik gesehen, die Anfertigung des mittelalterlichen Schiffsankers als schmiedetechnisches Kunstwerk angesehen werden muß.

Anmerkungen:

Die Schliffe für die metallographische Untersuchung und die Anfertigung der zugehörigen Mikrofotos sowie die chemischen Untersuchungen wurden in dem Werkstoffforschungsinstitut des »Allianz-Zentrums für Technik« (AZT) in Ismaning bei München durchgeführt. Für diese Mithilfe spreche ich dem Institut meinen besten Dank aus.

1 Näheres zum Fund des Ankers bei Lahn, Werner, und Detlev Ellmers: Ein unfertiger Ankerstock der Bremer Hanse-Kogge. In: DSA 2 · 1978, S. 99–110.

Verfasser: Prof. Dr. G. W. ...
 Dr. G. W. ...
 Dr. G. W. ...
 Dr. G. W. ...