

UNTERSUCHUNG EINES EISERNEN BOLZENS DER BREMER HANSEKOGGE

VON FRITZ BÖRSIG

Der Vorderstevan der Bremer Kogge ist zweiteilig ausgeführt und besteht aus einem Innenstevan, an dem die Bootsplanken durch Nagelung befestigt sind, und einem längeren und stärkeren Außenstevan, der die Plankenenden schützt. Die beiden Stevan waren durch vier starke Eisenbolzen miteinander verbunden. Zwei dieser Bolzen wurden bei der Bergung der Kogge 1962 aufgefunden, und zwar der untere, gerechnet vom Kiel, und der dritte. Beide Bolzen sind schwach konisch (Abb. 1). Der untere Bolzen hat bei einer Schaftlänge von 504 mm einen Durchmesser am oberen Ende von 43/46 mm, am unteren Ende von 19 mm. Am Kopf befindet sich ein Flansch von 78/81 mm Durchmesser, der der Beschaffenheit nach angestaucht worden ist (Abb. 2). Am unteren Ende ist der Bolzen mittels einer Unterlegscheibe und eines Keiles von 10/11 mm Dicke, 10/19 mm Breite und 130 mm Länge verkeilt. Der Bolzen 3 hat an dem einen Ende einen angestauchten Rundkopf von 71/76 mm Durchmesser, eine Länge von 800 mm und eine schwach konische Form von 45 auf 41 mm Durchmesser. Das errechnete Gewicht beträgt ca. 9,5/10 kg. Von diesem Bolzen ist das Ende mit dem Keil anscheinend abgebrochen (Abb. 3), so daß über ursprüngliche Länge und Gewicht nichts gesagt werden kann. Er ist im Bereich der Nahtstelle zwischen Innen- und Außenstevan, etwa 20 bis 30 mm von der Innenseite des Außenstevans entfernt, gebrochen. Das im Außenstevan steckende Bolzenende hatte eine Länge von ca. 300 mm¹.

Ein 25 mm langer Abschnitt dieses Bolzenstückes mit der Bruchfläche lag zur Untersuchung vor. Die Bruchfläche liegt etwa senkrecht zur Bolzenachse. Sie war bei der Bergung der Teile aus dem Weserschlamm 1962 mit einer schmierig-schlammigen, dunklen Rostschicht bedeckt. Nach längerem Lagern an der Luft und Trocknen hatte der Rost infolge Oxydation und Alterung eine normale dunkel-rostbraune Färbung angenommen. Die Bruchfläche ist unregelmäßig, muscheligenarbig und zerklüftet. Auch die Oberfläche des zylindrischen Teiles weist tiefe Rostnarben und streifige Struktur auf. Aus der Beschaffenheit der Bruchfläche, besonders dem Befund bei der Bergung, ist zu schließen, daß es sich um einen im wesentlichen verformungslosen Spröbruch handelt, der mit Sicherheit nicht erst bei der Bergung der Kogge aufgetreten ist, sondern schon zu einem wesentlich früheren Zeitpunkt, etwa bereits beim Eintreiben des Bolzens beim Bau der Kogge, was jedoch wenig wahrscheinlich ist, oder im Laufe der Havarie, bei einer möglichen versuchten und mißglückten mittelalterlichen Bergung.

Metallographische Untersuchung:

Für die metallographische Untersuchung wurden über eine Querschnittsfläche, etwa 20 mm von der Bruchfläche entfernt, und über einen Längsschnitt in axialer Richtung durch die Bolzenmitte Schiffe entnommen.

Die Abb. 4 zeigt die Gefügeausbildung an der Bruchkante des Axialschliffes über die ganze Dicke des Bolzens. Sie läßt stark unterschiedliche Gefügeausbildungen im Bereich der beiden Ecken A und B erkennen. Besonders im mittleren Bereich und zur Ecke A hin ist die Schlißfläche durchsetzt mit zahlreichen teils rundlichen, teils gestreckten Schlackeneinschlüssen-

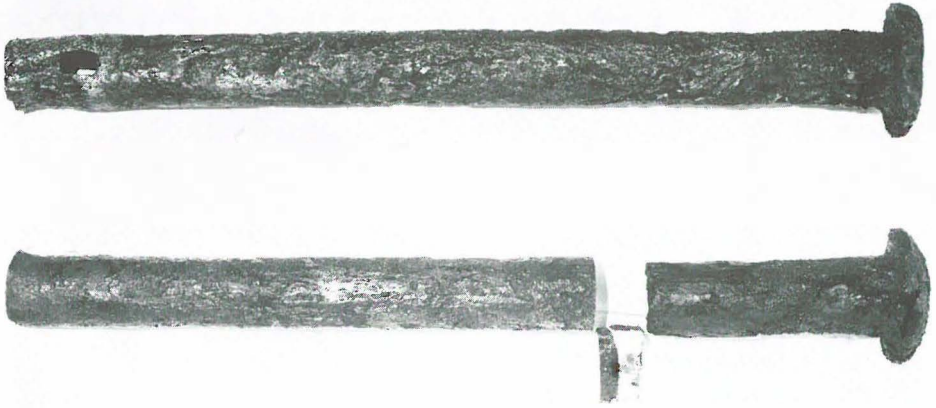


Abb. 1 Die zwei gefundenen Vordersteven-Bolzen der Hansekogge. (Foto: Laska, DSM)

sen, die für mittelalterliches Renneisen typisch sind. Im Bereich der Bruchkante sind darüber hinaus Reste des Rostbelages undeutlich sichtbar. Besonders auffällig ist der nahe der Ecke A von der Bruchfläche aus tief eindringende Rostkratzer. In seinem Bereich sind auch deutliche Verformungen erkennbar, die jedoch nicht vom Bruch des Bolzens herrühren, sondern vom Schmiedevorgang. Wie ein vergrößerter Ausschnitt am Auslauf des Rostkraters zeigt (Abb. 5), hängt diese Verschmiedung augenscheinlich mit einer Schweißnaht zusammen. Oberhalb der Rostfurche bzw. in deren Verlängerung zeigt das Gefüge fast reinen Ferrit, unterhalb ist auch deutlich Perlit, teils an den Korngrenzen, teils in Form selbständiger kleiner Körner im Gefüge erkennbar. Es sind hier Luppenteile unterschiedlicher Zusammensetzung hinsichtlich des Kohlenstoff-Gehaltes miteinander verschweißt worden. Während also das Gefüge im Bereich der Ecke A deutlich Verformungen durch das Verschmieden sowie Gefügeunterschiede zeigt, besteht es im Bereich der Ecke B fast ganz aus Ferrit.

Starke Gefügeunterschiede zeigt auch der in etwa 20 mm von der Bruchfläche entfernt entnommene Schliff über den Bolzenquerschnitt (Abb. 6). Hier sind im Gefüge zwei deutlich herausfallende Schweiß-Schmiedefalten erkennbar, von denen die eine auch in dem Längsschliff an der Ecke A angeschnitten ist. Es ist durchaus möglich, daß sich diese Schweiß-Schmiedefalte bis zur Bolzenoberfläche erstreckte und hier durch Kerbwirkung den Ausgang des Bruches des Bolzens bildete.



Abb. 2 (links) Gestauchtes Kopfende des gebrochenen Bolzens. (Foto: Laska, DSM)

Abb. 3 (rechts) Bruchstelle des defekten Bolzens. (Foto: Laska, DSM)

A

Abb. 5 →



Abb. 4 Axialschliff
an der Bruch-
kante des
Bolzens.
V = 5:1.
Ätzung:
2% alkohol.
HNO₃

B

Bei der weiteren mikroskopischen Untersuchung der Schiffe wurden beträchtliche Gefügeunterschiede erkannt, wie ein Vergleich der Abb. 7 – grober Ferrit mit Gleitlinien und Seigerungen –, Abb. 8 – feinkörniges Ferrit-Perlit-Gefüge – und Abb. 9 – Widmannstättenches Gefüge – erkennen läßt. Die Gefügeunterschiede geben Hinweise auf die Schmiedung und Weiterbehandlung des Bolzens.

Chemische Untersuchung:

Zur Ermittlung der Zusammensetzung des Bolzenwerkstoffes wurden chemische Untersuchungen teils nach dem Röntgen-Fluoreszenzverfahren (RFA), teils nach klassischen Verfahren (Verbrennung und nach Auflösung in Säuren) durchgeführt. Das Ergebnis geht aus der folgenden Aufstellung hervor:

Kohlenstoff	C	:	0.05 %
Silicium	Si	:	0.23 %
Mangan	Mn	:	<0.09 %
Phosphor	P	:	0.34 %
Schwefel	S	:	0.017%
<hr/>			
Chrom	Cr	:	<0.10 %
Nickel	Ni	:	<0.10 %
Molybdän	Mo	:	<0.05 %
Kupfer	Cu	:	<0.06 %
Vanadin	V	:	<0.01 %

Unter Hinweis auf die unterschiedliche Gefügeausbildung sind die vorstehend aufgeführten Analysenwerte nur als grobe Mittelwerte anzusehen. Örtlich können deutliche Unterschiede vorhanden sein, insbesondere hinsichtlich des C-Gehaltes, wobei in den ferritischen Bereichen geringere C-Gehalte, in den perlitischen jedoch höhere vorhanden sein werden.

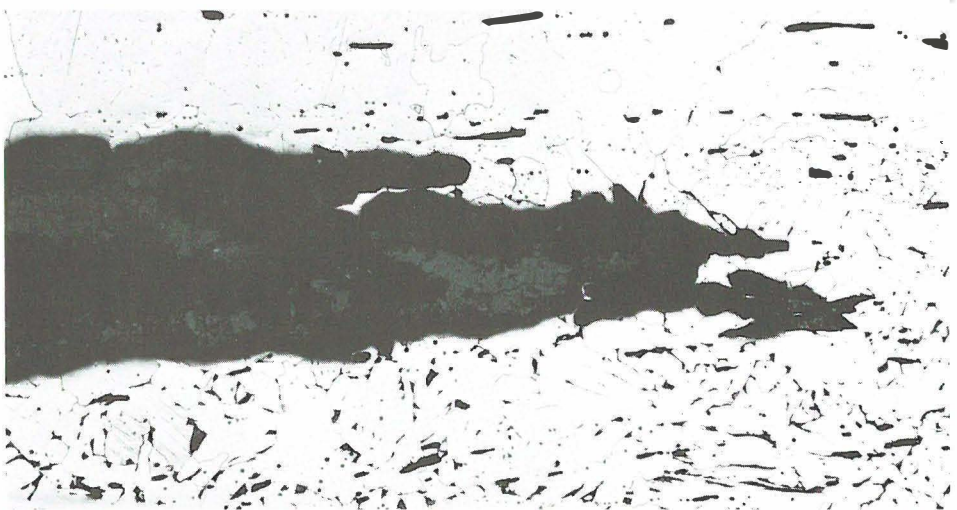


Abb. 5 Vergrößerter Ausschnitt aus Abb. 4. 50:1

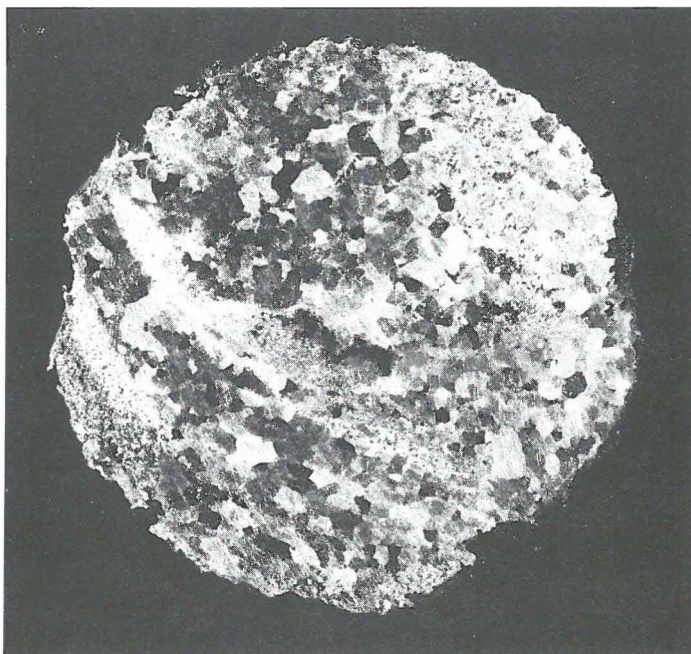


Abb. 6 Gefüge
über dem
Querschnitt
des Bolzens.
Ätzung: 10%
alkohol.
 HNO_3 .
 $V = 1.9:1$

Über die Herkunft des Eisens lassen sich keine endgültigen Schlüsse ziehen. Aufgrund des hohen P-Gehaltes und der geringen Mengen der unter dem Strich aufgeführten, im allgemeinen nicht üblichen oder nicht ermittelten Bestandteile ist eine Herkunft des Eisens aus norddeutschem Raseneisenerz im Rennofen möglich, aber nicht sicher. Ein Vergleich mit den Analysenwerten der Kalfatklammern der Bremer Kogge² zeigt, daß für Bolzen und Klammern Eisen unterschiedlicher Zusammensetzung und damit auch Herkunft verwendet worden ist.

Festigkeitsuntersuchung:

Zur Ermittlung der Festigkeit wurden über dem Querschliff eine Anzahl Härtemessungen nach Brinell HB 2.5 durchgeführt und daraus die Zugfestigkeit in N/mm^2 bzw. kp/mm^2 errechnet. Das Ergebnis ist in der folgenden Tabelle wiedergegeben:

HB 2.5	N/mm^2	kp/mm^2
126	422	43
124	415	42.3
151	507	51.7
157	535	54.6
151	507	51.7
170	570	58.1
130	440	44.9
Mittelwerte:	484	49.5

Danach beträgt die Zugfestigkeit im Mittel $49.5 kp/mm^2$, wobei die Einzelwerte entsprechend der unterschiedlichen Gefügeausbildung stark streuen.

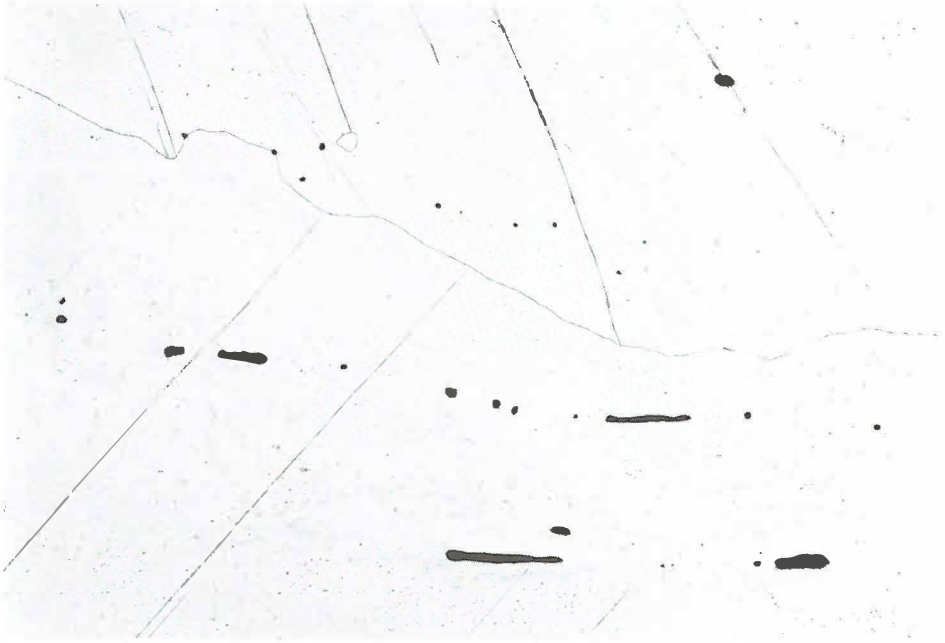


Abb. 7 100:1



Abb. 8 100:1

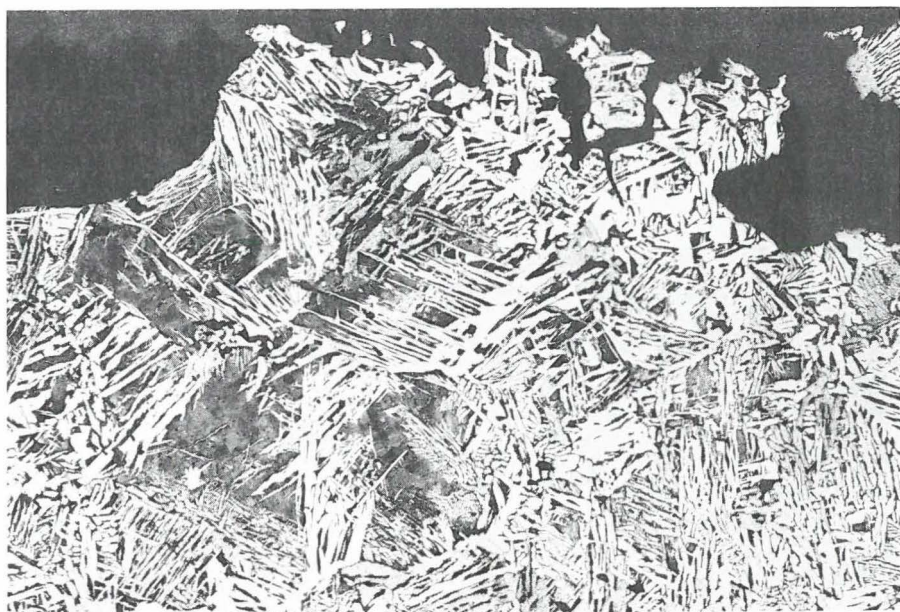


Abb. 9 50:1.

Abb. 7–9 Unterschiedliche Gefügeausbildung an verschiedenen Stellen der Schliffe. Ätzung: 2% alkohol. $\text{HN}\bullet_3$

Zusammenfassung und Folgerungen:

Die z. T. stark unterschiedlichen Gefügeausbildungen und die streuenden Härte- bzw. Festigkeitswerte sind eine Folge der Herstellungsweise des Bolzens. Bei einem Rohgewicht des Schmiedestückes von rd. 10 kg oder etwas darüber ist es möglich, daß es aus einer einzigen Rennfeuerluppe hergestellt worden ist, soweit dies anhand des untersuchten, nur kurzen Abschnittes von dem einen Bolzenende bzw. des Bruchendes beurteilt werden kann. Es kann aber auch sein, daß bei dem Bolzen – und das gleiche würde auch für die anderen Bolzen der Kogge gelten – mehrere Luppen zusammengeschweißt sind.

Die Erzeugung des Eisens im mittelalterlichen Rennofen ergab kein einheitliches, gleichmäßiges Produkt wie bei dem heutigen, aus dem Schmelzfluß erzeugten Eisen und Stahl. Die Rennfeuerluppe besteht aus einzelnen, unterschiedlich großen, zusammengeschweißten Einzelstücken, die auch in der Zusammensetzung, insbesondere hinsichtlich des Kohlenstoffgehaltes und damit des Perlitanteiles im Gefüge starken Schwankungen unterworfen waren. Das Ausbringen einer Charge ergab eine solche Luppe im Gesamtgewicht von rd. 10–15 kg. Durch wiederholtes Erhitzen im Ausheizherd und Schmieden wurden die einzelnen Luppenteile unter Herausquetschen der Schlacke miteinander verschweißt und bildeten einen kompakten Schmiederohling, wobei die in den Abb. 4 und 6 sichtbaren Schweißnähte und Verformungslinien auftraten und je nach den örtlichen C-Gehalten unterschiedliche Gefügebestandteile. Dies erklärt den z. T. stark unterschiedlichen Aufbau solcher alter Schmiedestücke.

Aus dem hier vorliegenden Gefügebau und den Härteunterschieden ist darüberhinaus zu schließen, daß der Bolzen nicht bei gleichmäßiger Temperatur geschmiedet und nach dem Schmieden nicht mehr ausgeglüht wurde. Man beherrschte im Mittelalter nicht die exakte Schmiedetechnik unter Einhaltung bestimmter Temperaturen, wie das heute der Fall ist. Die

Temperaturen konnten nur anhand der Oberflächenbeschaffenheit und der Glühfarbe beurteilt werden. Jedoch verfügten auch die Schmiede des Mittelalters über ein hohes Maß an Erfahrung und Geschicklichkeit, das nicht gering beurteilt werden darf.

Anmerkungen:

Die Analyse, Schliffe und Fotos wurden in der Werkstoffabteilung des „Allianz-Zentrums für Technik“ (AZT), Ismaning bei München, durchgeführt, wofür ich dem Institut an dieser Stelle vielmals danken möchte.

1 Baubeschreibung durch Werner Lahn, Deutsches Schiffahrtsmuseum. Noch unveröffentlicht.

2 F. Börsig: Untersuchung von Kalfatklammern der Bremer Kogge. In: Deutsches Schiffahrtsarchiv 2 · 1978. (=Schriften des Deutschen Schiffahrtsmuseums 9). Oldenburg/Hamburg 1978, S. 87-97.