



**KUML**

1967

# KUML

ÅRBOG FOR JYSK ARKÆOLOGISK SELSKAB

1967

*With Summaries in English*  
*Mit deutschen Zusammenfassungen*

---

UNIVERSITETSFORLAGET I ÅRHUS

1968

*Omslag:*

Flintdolk fra Roun Hedegaard

*Redaktion:*

OLE KLINDT-JENSEN OG POUL KJÆRUM

*Copyright 1968*

*by*

*Jysk Arkæologisk Selskab*

---

Printed in Denmark

by

Aarhus Stiftsbogtrykkerie A/S

## INDHOLD/CONTENTS

<i>Henrik Thrane: En bronzealderhøj ved Vesterlund</i> .....	7
Ein bronzezeitlicher Grabhügel bei Vesterlund, Jütland .....	32
<i>H. Hellmuth Andersen og Poul Kjærum: Senneolitiske gravanlæg i Tønning skov</i> .....	37
Spätneolithische Gräber in Tønning skov .....	58
<i>R. og E. Blankholm, Søren H. Andersen: Stallerupholm</i> .....	61
Stallerupholm .....	109
<i>Märta Strömberg: Undersökningarna rörande Hagestad i Skåne</i> .....	117
Untersuchungen in Hagestad, Schonen .....	122
<i>Robert Thomsen: Undersøgelse af jernalderslagger og jerngenstande fra Hagestad i Skåne</i> .....	124
Untersuchungen von eisenzeitlichen Schlacken und Eisengegenständen aus Hagestad .....	142
<i>Ole Klindt-Jensen: Hoved og hove</i> .....	143
Kopf und Hufe .....	147
Mindre Meddelelser	
<i>Ole Christensen: Skeletfundet ved Vædebro</i> .....	151
<i>Per Lysdahl Jensen: En brændtbenskiste fra Langtved</i> .....	157
<i>Niels Thomsen: To jernalderildbukke</i> .....	161
<i>Niels Thomsen: En stensat brønd?</i> .....	162

# UNDERSØGELSE AF JERNALDERSLAGGER OG JERNGENSTANDE FRA HAGESTAD I SKÅNE

Af ROBERT THOMSEN

De slaggestykker samt rester af jernredskaber, der skal omtales i det følgende, stammer alle fra udgravninger ved Hagestad i Skåne. De er stillet til rådighed for kemisk og metallografisk undersøgelse af docent Märta Strömberg, Lunds Universitets Historiska Museum. Undersøgelseernes formål var at skønne, om slaggestykkerne var affaldsprodukter fra en jernudvindingsproces med myremalm som udgangsmateriale, eller om der var tale om slagger fra en smedie. Samtidigt skulle muligheden for, at jerngenstandene var smedet af jern fra en sådan proces undersøges. (Metallurgiske udtryk se side 141).

## *Slaggeundersøgelse*

De kemiske analyser af slagger kan ikke forventes at lede til sikre følgeslutninger om slaggenes oprindelse. Det skyldes, at smedeslaggenes kemiske sammensætning i høj grad er afhængig af arten af det smedearbejde, der er udført på stedet.

Almindeligt smedearbejde foregår ved relativt lave temperaturer. Herved dannes der glødeskaller, der næsten udelukkende består af jernoxider.

Fortidsjern er let at smede også ved lave temperaturer, forudsat at det ikke indeholder store mængder urenheder i form af slagger fra jernudvindingsprocessen. Der findes imidlertid ofte store mængder slagger i jernet. Det urene jern lader sig også smede, men smedningen skal foregå ved temperaturer, der ligger over slaggens smeltepunkt, d. v. s. over  $1100^{\circ}$  C. Under smedningen trænger denne slagge ud til overfladen, og man kan således få en smedeslagge med nøjagtig samme kemiske sammensætning som jernudvindingslaggen.

Fortidssmeden har ofte måttet arbejde ved høje temperaturer for at sammen svejse små jernstykker. Den glødeskal, der dannes under opvarmningen, kan gøres letsmeltelig ved tilsætning af sand til jernstykkernes overflader, medens jernet endnu befinder sig i essen. Det er nødvendigt at fjerne denne glødeskal for at skaffe metallisk kontakt mellem de jernstykker, man vil sammensvejse. Den letsmeltelige silikatslagge, der dannes under essesvejsningen kan tænkes at have en kemisk sammensætning meget nær sammensætningen for jernudvindingslagger.

Selv om der således er mulighed for forveksling af jernudvindingslagger med smedeslagger, har man indtil videre intet andet holdepunkt for en sikker bedømmelse af slaggenes oprindelse. Man må lade sig nøje med at vurdere

Nr.	Sili- cium	Man- gan	Fosfor
	Si	Mn	P
1	.52	.00	.210
2	.14	.00	.458
3			
4			
5	.22	.00	.276
6	.27	.09	.152
7	.15	.02	.044
8	.12	.00	.060
9	.40	.02	.200
10	.10	.01	.347

Fig. 1. Jerngenstande fundet ved Hagestad, Skåne, Sverige. 1:1.  
Eiserne Gegenstände, gefunden in der Nähe von Hagestad, Schonen, Sweden. 1:1.

slagger med samme sammensætning som de slagger, man med sikkerhed ved, stammer fra et jernudvindingsanlæg, som affaldsprodukter fra en jernudvindingsproces. Der er udført talrige analyser af sådanne slagger; derimod vistnok ingen analyser, der med sikkerhed kan henføre materialet til en jernaldersmedie.

Der blev undersøgt tre slaggestykker mærket:

Hagestad 8<sup>3</sup> – fra område med ovne fra jernalderen

Hagestad 6<sup>3</sup> – smedeanlæg fra romersk jernalder

Hagestad 38<sup>4</sup> – slagge fra jernudvindingsplads i husgrund fra vikingetiden.

Af slaggernes udseende fremgår, at materialet har været helt smeltet og letflydende. Smeltepunkterne blev søgt bestemt på den måde, at slaggeprøverne opvarmedes i en elektrisk ovn til temperaturer mellem 1100 og 1300° C.

Prøverne viste alle begyndende smeltning ved 1300° C, men ingen af prøverne var helt smeltet ved denne temperatur. Eftersom man næppe kan opnå temperaturer væsentligt over 1300° C i en ovn med naturligt træk, må slaggerne stamme fra et anlæg forsynet med blæsebølge.

De to prøver mærket 6<sup>3</sup> og 8<sup>3</sup> har næsten samme kemiske sammensætning

	6 <sup>3</sup>	8 <sup>3</sup>
SiO <sub>2</sub> (Siliciumdioxid) . . . . .	9,0	9,4
Fe (Jern) . . . . .	58,5	58,0
MnO (Manganoxid) . . . . .	0,7	0,6
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (Fosforpentoxid) . . . . .	1,3	2,6
CaO (Kalciumoxid) . . . . .	1,4	1,7
MgO (Magnesiumoxid) . . . . .	0	0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Aluminiumoxid) . . . . .	1,8	3,1

Sammensætningen svarer ganske til analysen for de mest jernholdige myremalmsorter. I myremalmen findes den væsentligste del af jernet som Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, medens slagger fra jernudvindingsanlæg, der jo har været underkastet en reduktion, fortrinsvis indeholder FeO. Bestemmelser af jernets iltningstrin giver følgende resultater

	6 <sup>3</sup>	8 <sup>3</sup>
FeO (Ferrooxid) . . . . .	28,4	21,7
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Ferrioxid) . . . . .	51,5	59,0

Slaggernes indhold af jern, der som omtalt er det samme som indholdet i den mest jernrige myremalm, viser, at der ikke kan være udvundet jern af malmen, men slaggerne kan stamme fra et tidspunkt af en jernudvindingsproces, hvor ovnens atmosfære ikke har været tilstrækkeligt reducerende til, at jern-dannelsen kunne finde sted. Det er dog også muligt, at slaggerne kan stamme fra smedeprocesser.

Slaggeprøven mærket 38<sup>4</sup> har en kemisk sammensætning meget nær sammensætningen af de slaggeklumper fra romersk jernalder, der er udgravet ved Drenghsted i Sønderjylland. Den sønderjydske myremalm har ganske vist et

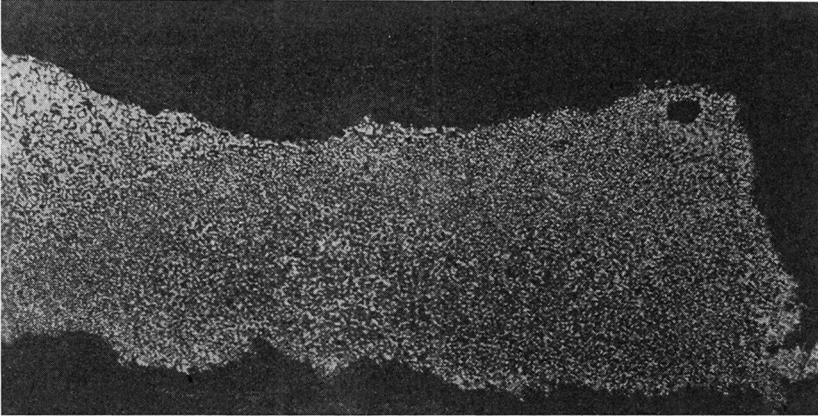


Fig. 2. Tværsnit i genstand nr. 1. Ætset med Nital. 50:1.  
Querschnitt durch den Gegenstand Nr. 1. Mit Nital geätzt. 50:1.

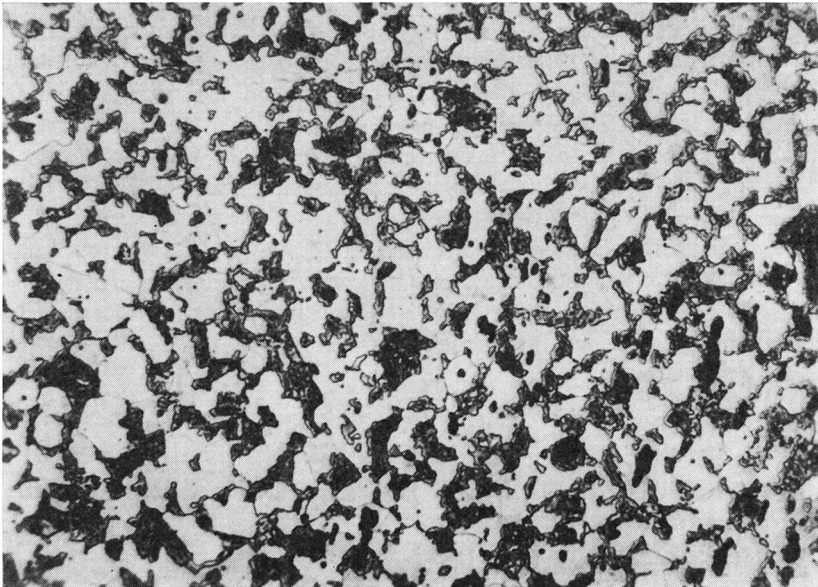


Fig. 3. Som fig. 2, men 500:1.  
Wie Abb. 2, aber 500:1.



højt indhold af mangan (Mn), men mangan må antages at have samme betydning for slaggen som jern (Fe), bortset fra at det ikke kan reduceres ud af malmen ved de fremgangsmåder, man har anvendt i jernalderen. I nedenstående opstilling er jernoxid (FeO) og manganoxid (MnO) derfor regnet sammen. Den skånske slagge indeholder 0,2 % MnO. Den sønderjydske indeholder 13,9 % MnO.

	Hagestad 38 <sup>4</sup>	Drengsted MF
SiO <sub>2</sub> (Siliciumdioxid) . . . . .	27,2	25,0
FeO + MnO (Ferro + Manganoxid) .	53,2	59,7
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (Fosforpentoxid) . . . . .	2,2	2,7
CaO (Calciumoxid) . . . . .	1,4	0
MgO (Magnesiumoxid) . . . . .	0	3,6
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Aluminiumoxid) . . . . .	3,6	2,0

Ligheden mellem de to analyser sandsynliggør, at også den skånske slagge stammer fra et anlæg til udvinding af jern af myremalm.

#### *Kemiske analyser og metallografiske undersøgelser af jerngenstandene.*

Jerngenstandenes udseende fremgår af fig. 1, hvor også indholdet af silicium (Si), mangan (Mn), og fosfor (P) er angivet. Si og Mn-indholdet har kun ringe interesse, eftersom disse stoffer praktisk talt kun findes i form af slaggeindslutninger i fortidsjernet. Analyserne er medtaget, fordi de kan udføres med den stamopløsning, der skal anvendes ved fosforbestemmelsen.

Hensigten med undersøgelserne var at skønne, om redskaberne kunne være fremstillet af myremalmsjern og således være lokale produkter. Myremalm har et højt indhold af fosfor, og jern fremstillet af myremalm vil ligeledes have et højt fosforindhold [1]. Man kan ikke anføre en grænse for fosforindholdet, der entydigt bestemmer om genstanden er smedet af jern udvundet af myremalm eller ej, men det er sikkert, at nr. 8 og nr. 9 med de meget lave fosforindhold ikke kan være smedet af myremalmsjern. Som råmateriale for nr. 2 og nr. 5 har man sandsynligvis anvendt myremalm, medens der til de andre genstande kan have været anvendt bjergmalm eller myremalm.

Selv om man ville postulere, at alle disse redskaber bortset fra nr. 8 og nr. 9 var fremstillet af myremalmsjern, ville det naturligvis ikke være noget bevis for, at jernet var fremstillet på stedet. Sandsynligheden herfor må ses i forbindelse med sandsynligheden for, at de undersøgte slaggestykker stammer fra en jernudvindingsproces.

#### *Jerngenstand nr. 1.*

Genstanden indeholder under et tykt rustlag en kerne af metallisk jern med følgende kemiske sammensætning:

0,52 % Si – 0,00 % Mn – 0,210 % P

Det relativt høje P-indhold viser, at det materiale, som genstanden er smedet af, kan have været udvundet af myremalm.

På mikrofotografiet fig. 2 ses i 50 gange forstørrelse og på fig. 3 i 500 gange forstørrelse en meget firnkornet ferrit-perlitsstruktur, der antyder et kulstofindhold på ca. 0,3. Hårdheden blev målt med tre indtryk, der alle viste HV1 = 185 Kp/mm<sup>2</sup>.

Når denne genstand er smedet af stål og ikke af kulstoffrit jern, der almindeligvis blev anvendt til fortidens simplere redskaber, kan det skyldes en tilfældighed. Hvis det er tilsigtet, må man efter genstandens udseende skønne, at formålet med at anvende det dyre stål, har været at fremkalde fjederkraft og ikke hårdhed.

### *Jerngenstand nr. 2.*

Nr. 2 har følgende gennemsnitsanalyse:

$$0,14 \% \text{ Si} - 0,00 \% \text{ Mn} - 0,458 \% \text{ P}$$

og har således det højeste fosforindhold af alle de her omtalte jerngenstande. Den er utvivlsomt fremstillet af myremalmsjern.

Redskabet er sammensvejest af tre lag, af hvilke midterlaget har et højere kulstofindhold end de to yderlag. De tre lag ses på fig. 4, hvor tværsnittet er forstørret 50 gange. Det meget høje fosforindhold vanskeliggør en bedømmelse af midterlagets kulstofindhold. Kulstofindholdet er imidlertid højt nok til, at redskabet har kunnet hærdes. I den tynde, flade ende er de to yderlag helt rustet bort. Her finder man en martensitisk struktur der viser, at redskabet har været hærdet i vand. Hærdestrukturen er senere delvis ændret ved en opvarmning. Denne anløbning, der gør materialet lidt blødere, kan være fremkommet under konserveringen.

Hårdhedsmålingerne giver følgende resultater

$$\text{Yderlag: HV1} = 217 - 217 - 217$$

$$\text{Midterlag: HV1} = 185 - 195$$

$$\text{Yderlag: HV1} = 242 - 257$$

Det er ejendommeligt, at det kulstoffoldige midterlag er blødere end yderlagene. Resultaterne blev bekræftet ved mikrohardhedsmålinger.

Mikrohardhedsmålingerne:

$$\text{MH}_{10} \text{ for midterstykket} = 205$$

$$\text{MH}_{10} \text{ for yderlagene} = 225$$

Dette omvendte forhold, at kulstoffoldigt jern er blødere end kulstoffattigt, må skyldes, at fosforindholdet i høj grad bidrager til materialets hårdhed, hvilket igen viser, at midterlaget har et lavere P-indhold end yderlagene. Eftersom analysen er gennemsnit for alle tre lag, medfører dette, at yderlagenes fosforindhold er væsentligt højere end gennemsnittet på 0,458 %.

Som allerede omtalt er spidsen hærdet i vand. Dette giver sig til kende ved hårdhedsmålingerne, der viser:

$$\text{HV1 i den hærdede ende} = 378 - 439 - 439$$

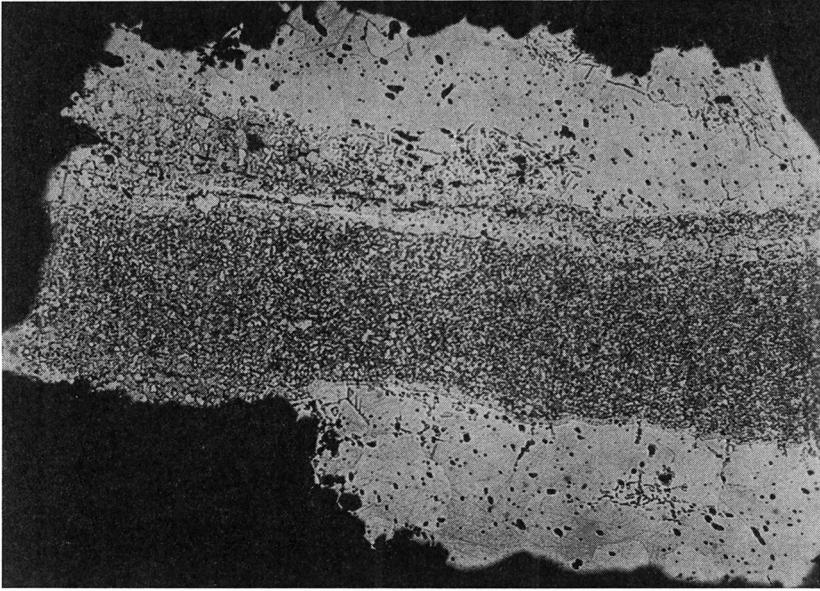


Fig. 4. Genstand nr. 2. Et lag stål er svejst ind mellem to lag blødt jern. 50:1.

Gegenstand Nr. 2. Eine Schicht Stahl, eingeschweißt zwischen zwei Schichten von weichem Eisen.  
50:1.

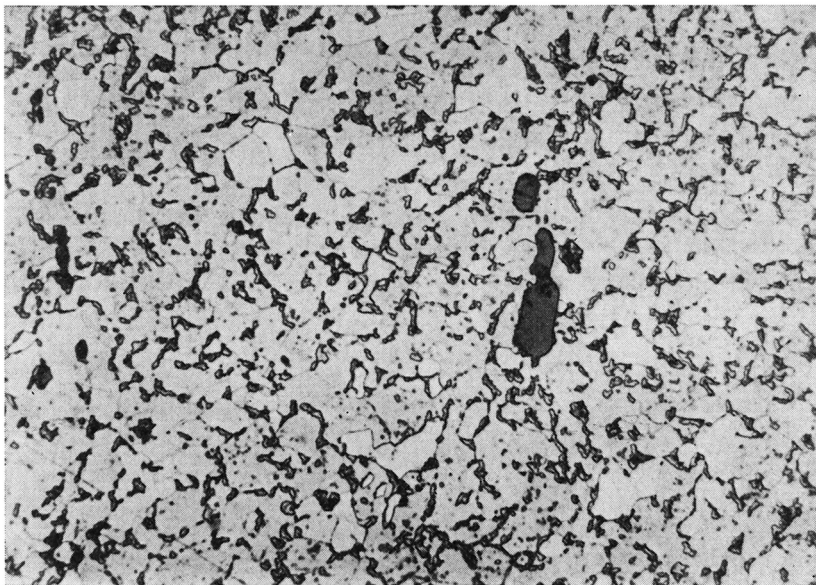


Fig. 5. Som fig. 4, men 500:1.

Wie Abb. 4, aber 500:1.

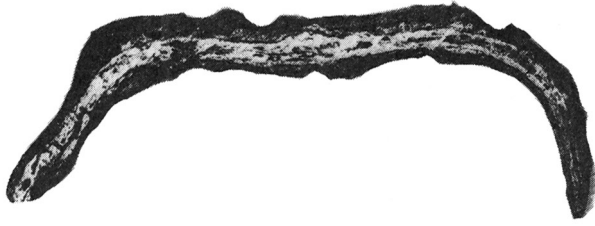


Fig. 6. Tværsnit af genstand nr. 4, der kun består af rust. 5:1.  
Querschnitt des Gegenstandes Nr. 4, der nur aus Rost besteht. 5:1.

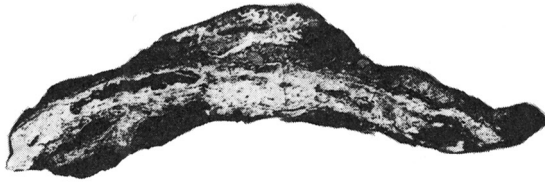


Fig. 7. Tværsnit af genstand nr. 5, der sandsynligvis er en del af et spyd. 5:1.  
Querschnitt des Gegenstandes Nr. 5, der wahrscheinlich ein Teil eines Speeres ist.

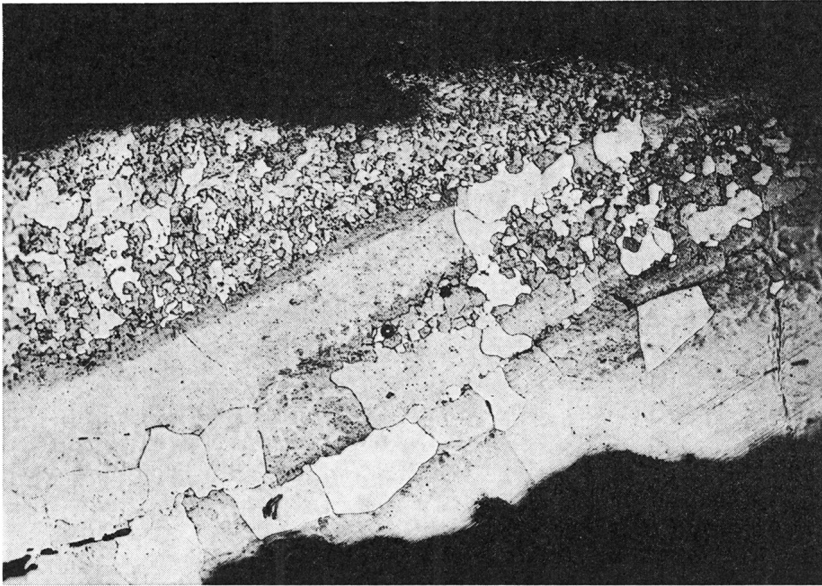


Fig. 8. Genstand nr. 5 er fremstillet af en plade, der er bukket om en cylindrisk genstand. Pladens kanter har overlappet hinanden og er sammensvejst på det sted, der er vist på mikrofotografiet. 50:1.

Der Gegenstand Nr. 5 ist aus einer Platte hergestellt worden, die um einen zylinderförmigen Gegenstand gebogen ist. Die Enden der Platte, die sich überschneiden, sind an der Stelle, die auf der Mikrophotographie gezeigt ist, zusammengeschnitten worden. 50:1.

Det er sikkert, at der her er tale om et skærende værktøj. Et snit gennem den yderste flade ende antyder, at skæret har været således placeret, at redskabet snarere må betegnes som stemmejern end som kniv.

Stemmejernet er ligesom knivene nr. 6 og nr. 7 fornemme eksempler på fortidig smedekunst.

#### *Jerngenstandene nr. 3 og nr. 4.*

Disse genstande består hovedsageligt af rust med ganske få korn af rent jern. Stykkernes kemiske sammensætning er:

Nr. 3	2,53 % Si	– 0,00 % Mn	– 0,908 % P
Nr. 4	1,55 % Si	– 0,04 % Mn	– 0,530 % P

For at undersøge en eventuel sammenhæng mellem rustens og det oprindelige metalliske jerns fosforindhold, blev der af genstandene nr. 1, nr. 2 og nr. 5, der alle er stærkt angrebet af rust, men som indeholder en kerne af rent jern, udført analyser af både rust og metal.

Nr. 1. rust:	1,22 % Si	– 0,07 % Mn	– 0,490 % P
jern:	0,52 % Si	– 0,00 % Mn	– 0,210 % P
Nr. 2. rust:	0,53 % Si	– 0,00 % Mn	– 0,750 % P
jern:	0,14 % Si	– 0,00 % Mn	– 0,458 % P
Nr. 5. rust:	3,82 % Si	– 0,03 % Mn	– 0,910 % P
jern:	0,22 % Si	– 0,00 % Mn	– 0,347 % P

Undersøgelserne viser, at man ikke ud fra analyser af rust kan drage direkte slutninger om jernets oprindelige kemiske sammensætning. De kemiske analyser af genstandene nr. 3 og nr. 4 er således uden værdi.

Fig. 6 viser et tværsnit af nr. 4 i 5 gange forstørrelse.

#### *Jerngenstand nr. 5.*

Nr. 5 er et svagt konisk rør, der åbenbart er beregnet til at fastgøres på et skaft. Størrelsen og formen antyder, at røret kan være en del af en spyddølle.

Størstedelen af materialet er gennemrustet (fig. 7), men i midterpartiet er der en kerne af rent metallisk jern. Jernets kemiske sammensætning er: 0,22 % Si – 0,00 % Mn – 0,347 % P. Mikrostrukturen er ren ferritisk, hvilket vil sige, at jernet kun indeholder en ringe mængde kulstof. Det høje fosforindhold viser, at jernet mest sandsynligt er fremstillet af myremalm, og råmaterialet til denne genstand kan således være fremstillet på stedet.

Røret er smedet på den måde, at en tynd plade er bukket over en cylindrisk genstand. Den ombøjede plades to kanter har overlappet hinanden. Røret er derefter opvarmet til svejsevarme og de overlappende kanter sammensvejest ligeledes over en cylindrisk genstand.

På fig. 8 ses i 50 gange forstørrelse stedet, hvor sammensvejsningen har fundet sted.



Fig. 9. Genstand nr. 6 er resterne af en kniv. Den punkterede linie viser knivens oprindelige omrids.

Der Gegenstand Nr. 6 ist der Rest eines Messers. Die punktierte Linie zeigt den ursprünglichen Umriß des Messers.

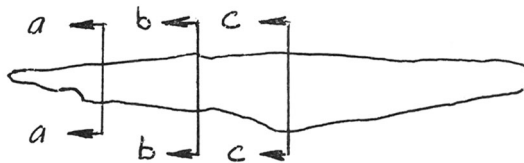


Fig. 10. Snitmarkeringerne viser, hvor kniven blev gennemsavet for metallografisk undersøgelse. 1:1.

Die Schnittzeichen zeigen, wo das Messer für die metallographische Untersuchung durchgesägt worden ist. 1:1.

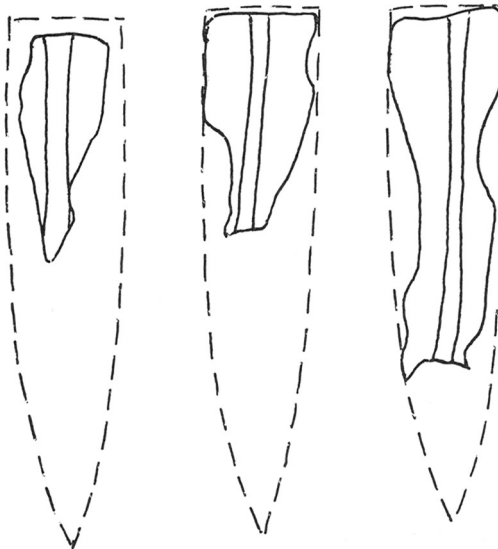


Fig. 11. Snittene indtegnet i knivens oprindelige omrids. Die Schnitte, eingezeichnet in den ursprünglichen Umriß des Messers.

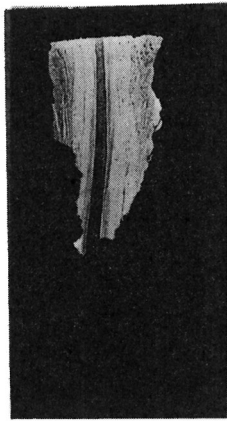


Fig. 12. Genstand nr. 6  
snit b-b. 5:1.  
Gegenstand Nr. 6,  
Schnitt b-b. 5:1.



Fig. 13. Genstand nr. 6  
snit c-c. 5:1.  
Gegenstand Nr. 6,  
Schnitt c-c. 5:1.

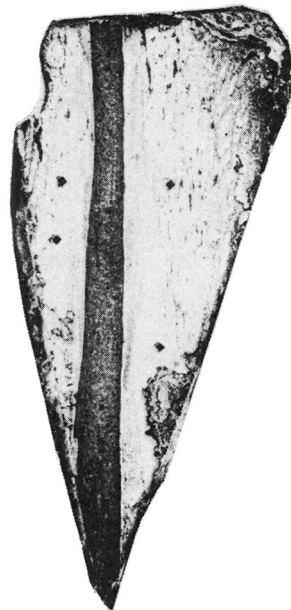
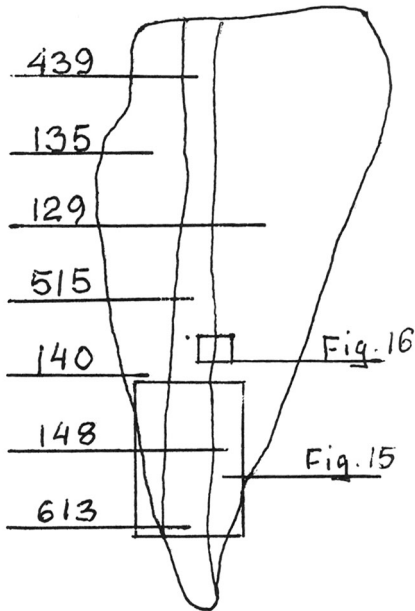


Fig. 14. Genstand nr. 6 snit a-a. Den mørke stribe i midten er kulstofstål med højt kulstofindhold. 11:1. Skitsen viser hårdhedstal.

Gegenstand Nr. 6, Schnitt a-a. Der dunkle Streifen in der Mitte ist Stahl mit einem hohen Inhalt an Kohlenstoff. 11:1. Die Skizze zeigt die Härtezahl.

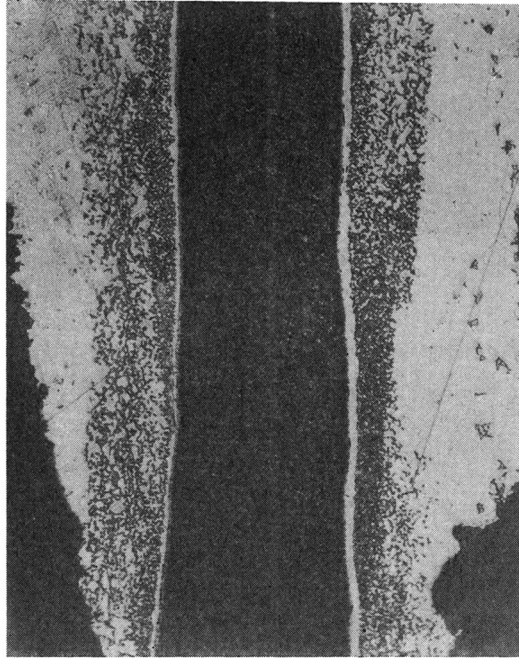


Fig. 15. Genstand nr. 6. De bløde ferritiske lag er opkullet på overfladen. De tynde lyse striber indeholder ca. 1 % As. 50:1.

Gegenstand Nr. 6. Die weichen Ferrit-Schichten sind an der Oberfläche gekohlt. Die dünnen hellen Streifen enthalten ca. 1 % Arsen. 50:1.

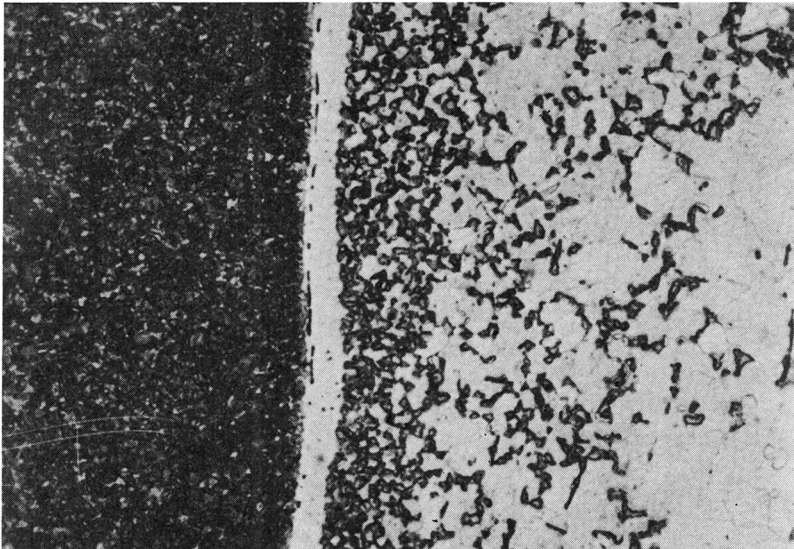


Fig. 16. Som fig. 11, men 500:1.  
Wie Abb. 11, aber 500:1.



### *Jerngenstand nr. 6.*

Nr. 6 er resterne af en kniv og er set fra et metallurgisk synspunkt den mest interessante af de undersøgte genstande.

Dens gennemsnitlige kemiske sammensætning er 0,27 % Si – 0,09 % Mn – 0,276 % P.

Kniven har åbenbart været brugt i mange år, og resterne af den har samme form som en moderne kniv, der har været slebet mange gange. Dette er søgt illustreret ved fig. 9, hvor knivens nuværende form er indtegnet fuldt optrukket. Kniven blev gennemsavet på de steder, der er markeret i fig. 10. Snitfladernes udseende fremgår af fig. 11, hvor knivens oprindelige overflade er punkteret. Snitfladerne b–b og c–c ses i fotografisk gengivelse på fig. 12 og fig. 13. Snit a–a er gengivet i 11 gange forstørrelse på fig. 14.

Kniven er sammensvejest af tre lag, hvoraf det midterste har et meget højt kulstofindhold. Midterribben er omgivet af to stykker blødt jern, der kun indeholder kulstof på overfladerne. Mellem midterribben og lagene af blødt jern er der et ganske tyndt område, der ætzes hvidt med salpetersyre. (Fig. 15 og Fig. 16).

Midterribbens mikrostruktur er anløbet martensit, der viser, at kniven har været hærdet i vand og derefter anløbet. Anløbningen kan dog stamme fra opvarmningen under konserveringen. Midterribbens hårdhed er målt til HV 1 = 439 – 515 – 613, medens hårdheden af de omgivende lag varierer mellem HV 1 = 129 og 148. Mikrohårdhedsmålinger af de tynde, hvide områder viser samme hårdhed som ferritten i yderlagene.

Hensigten med denne besværlige fremstillingsteknik, hvor hårdt stål og blødt jern er sammensvejest, har åbenbart været at smede et redskab, hvor den hårde og skøre æg er beskyttet af blødt og sejt jern.

De tynde, hvide lag stammer antageligt fra et forsøg på at lette svejsningen ved tilsætning af et stof, der kan nedsætte den nødvendige svejsetemperatur. En sådan teknik har været anvendt ved påsvejsning af æggen på et sværd fra romertiden. Becker [3] har fundet, at æggen er samlet med selve klingens ved hjælp af arsenholdigt jern med et så lavt smeltepunkt, at processen snarere må karakteriseres som slaglodning end som essesvejsning.

Materiemængderne i de tynde overgangszoner er for små til at muliggøre en våd-kemisk analyse. Områderne er derfor undersøgt med elektronmikrosonde, der tydeligt viser et forhøjet arsenindhold. De lyse områder indeholder ca. 1 % As, medens de tilsvarende områder af det før omtalte romerske sværd indeholdt ikke mindre end 7 % As. Det er vanskeligt at forestille sig den teknik, der har været anvendt ved tilsætning af dette arsenholdige materiale, men der kan næppe være tvivl om, at det er tilsat med forsæt, og at hensigten har været at nedsætte den nødvendige svejsetemperatur.

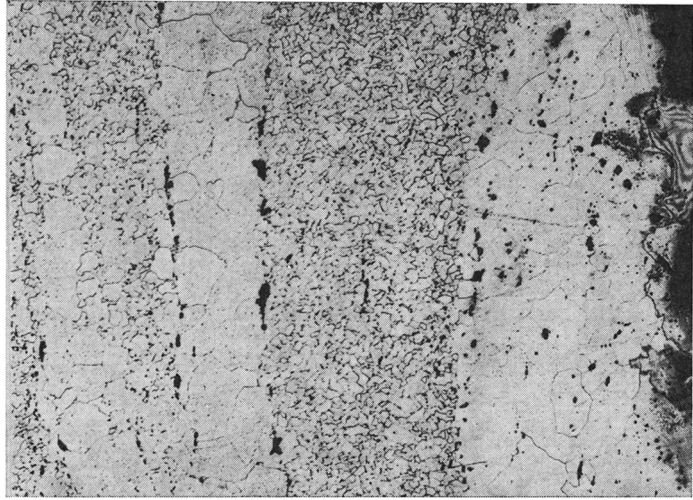
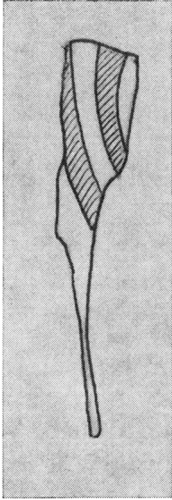


Fig. 17. Genstand nr. 7 er en kniv, der er sammensvejst af skiftende lag af grovkornet og finkornet ferritisk jern. 5:1.

Der Gegenstand Nr. 7 ist ein Messer, das aus wechselnden Schichten von mehr oder weniger grobkörnigem Ferrit zusammengesweißt worden ist. 5:1.

Fig. 18. Genstand nr. 7. 50:1.

Der Gegenstand Nr. 7. 50:1.

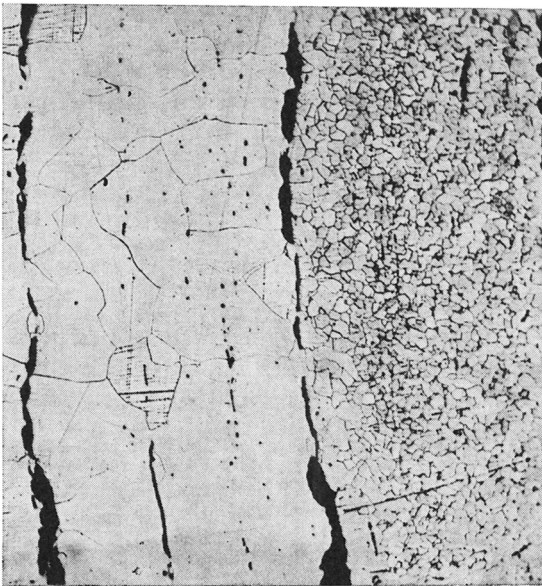


Fig. 19. Der er anvendt samme smedeteknik ved fremstillingen af øksen fra Hedeby, som ved kniv nr. 7. 50:1.

Bei der Herstellung des Beils von Hedeby ist die gleiche Schmiedetechnik angewandt worden wie bei dem Messer Nr. 7. 50:1.

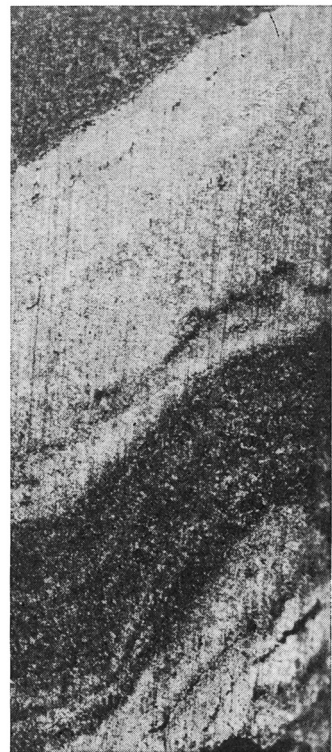


Fig. 20. Hedeby-øksens overflade. 5:1.

Die Oberfläche des Hedeby-Beils. 5:1.

### *Jerngenstand nr. 7.*

Nr. 7 er resterne af en kniv. Den er sammensvejst af mindst 5 stykker, hvoraf hvert andet lag er finkornet og de øvrige af et grovkornet materiale. Alle lagene er kulstoffrie og bløde, og hårdhedsmålingerne viser kun ringe forskel mellem finkornede og grovkornede lag.

Finkornede lag HV1 = 106 – 110

Grovkornede lag HV1 = 88 – 100 – 110

Den kemiske analyse er: 0,15 % Si – 0,02 % Mn – 0,152 % P.

Der kendes et eksempel på en tilsvarende teknik anvendt ved smedningen af en lille økse, der er fundet i Hedeby. Denne økse var ligeledes sammensvejst af lag af finkornet og grovkornet materiale, og ligheden mellem de to redskabers mikrostruktur ses tydeligt ved sammenligning mellem fig. 18 fra kniven og fig. 19 fra Hedeby-økse.

Ved undersøgelsen af denne økse var det på grund af svejsningens relativt dårlige kvalitet muligt at adskille finkornede og grovkornede lag. En kemisk analyse viste, at de grovkornede lag indeholdt mere end 0,2 % P, medens de finkornede indeholdt ca. 0,06 % P.

Ved slibning og ætsning af Hedeby-økstens overflade kunne man fremkalde et meget smukt »damasceret« mønster, hvor det fosforrige jern fremtrådte helt hvidt, medens den anden strukturbestanddel blev grå. (Fig. 20).

På grund af den ringe hårdhed har hverken Hedeby-økse eller den her omtalte kniv været effektive våben. Begge redskaber har imidlertid haft en smuk overflade, og der kan næppe herske tvivl om, at de først og fremmest har skullet tjene dekorative formål.

### *Jerngenstand nr. 8.*

Nr. 8 er hovedet af et søm eller en nagle. Det fremgår af fig. 21 og 22 hvor såvel mikrostruktur som slaggeindeslutninger følger deformationsretningen, at hovedet er smedet ved stukning. Sømmet har et højt kulstofindhold, hvilket ikke skulle være nødvendigt for en genstand, der selv i vore dage fremstilles af blødt kulstoffattigt jern. Man har dog fundet søm med endnu større kulstofindhold fra romersk jernalder [2].

De lyse områder på tværsnittet indeholder intet eller kun lidt kulstof. Disse områder findes på steder, hvor der også findes slaggeindeslutninger. Det er slaggeindeslutningernes oxygen, der har forårsaget afkulingen.

Genstandens kemiske sammensætning: 0,12 % Si – 0,00 % Mn – 0,044 % P viser, at sømmets råmateriale ikke kan hidrøre fra myremalm.

Hårdhedsmålinger:

Kulstoffattige områder: 102 – 115 – 129

Områder med middel kulstofindhold: 140 – 148 – 168

Områder med højt kulstofindhold: 205 – 205

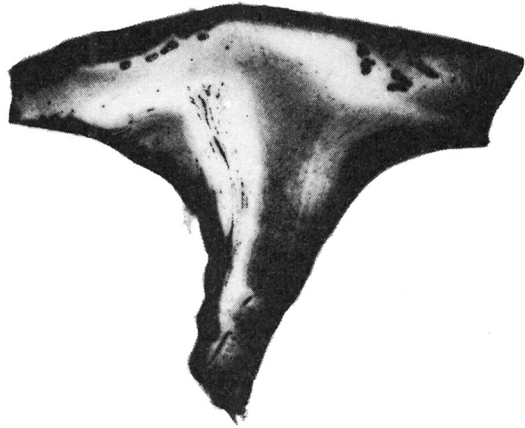


Fig. 21. Genstand nr. 8. Snit gennem sømhovede. Ved de lyse partier omkring slaggeindeslutningerne er stålet afkullet. 5:1.

Der Gegenstand Nr. 8. Schnitt durch den Kopf eines Nagels. Bei den hellen Stellen dicht bei den eingekapselten Schlacken ist der Stahl abgekühlt. 5:1.

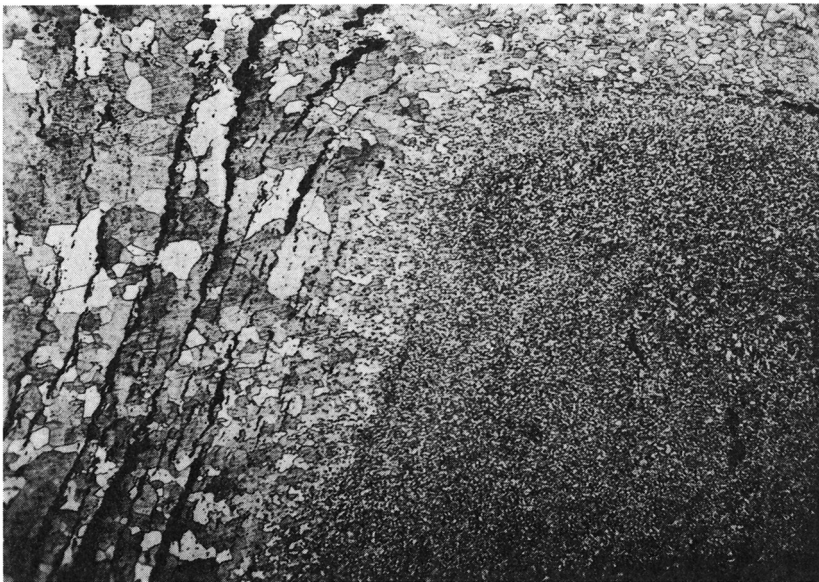


Fig. 22. Genstand nr. 8. Forløb af mikrostrukturer og slaggeindeslutninger viser, at sømhovedet er smedet ved stukning. 50:1.

Der Gegenstand Nr. 8. Der Verlauf der Mikrostrukturen und der eingekapselten Schlacken zeigt, daß der Nagelkopf durch Stauchen geschmiedet worden ist. 50:1.

*Jerngenstand nr. 9.*

Nr. 9 kan ligesom nr. 8 være resterne af et søm. Tværsnittet fig. 23 og 24 viser, at den jernbarre, som sømmet er smedet af, har været sammensvejet af flere stykker, af hvilke den del, der danner den mørke trekant øverst i billedet, har haft et højere kulstofindhold end de øvrige bestanddele.

Sømmets kemiske sammensætning: 0,40 % Si – 0,02 % Mn – 0,060 % P viser, at råmaterialet for sømfremstillingen ikke kan være fremstillet af myremalm.

Hårdhedsmålinger:

Kulstofholdige trekant: 119

Øvrige områder: 88 – 82

*Jerngenstand nr. 10.*

Det mørke lag, der omgiver den helt hvide kerne på fig. 25 er rustlaget. Den hvide kerne er rent ferritisk jern, der ikke indeholder kulstof. Den kemiske sammensætning: 0,10 % Si – 0,01 % Mn – 0,200 % P viser, at materialet kan være fremstillet af myremalm.

Hårdhedsmålinger: 125–135–115–135–148.

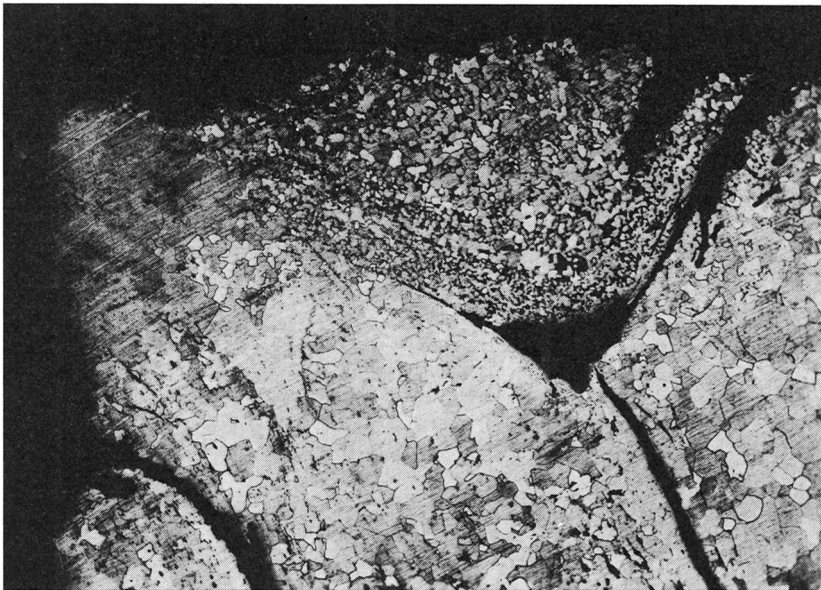


Fig. 24. Som fig. 23, men 50:1.

Wie Abb. 23, aber 50:1.



Fig. 23.

Fig. 23. Genstand nr. 9. Tværsnittet af dette søm viser, at råmaterialet har været sammensvejet af flere jernstykker. 5:1.

Der Gegenstand Nr. 9. Der Querschnitt dieses Nagels zeigt, daß das Rohmaterial aus mehreren Eisenstücken zusammengesweißt worden ist. 5:1.

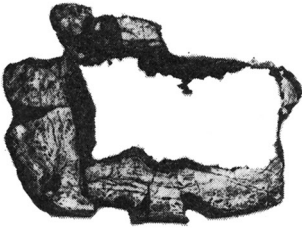


Fig. 25.

Fig. 25. Genstand nr. 10. Den hvide kerne er kulstoffrit ferritisk jern. Det mørke yderlag er rust. 5:1.

Der Gegenstand Nr. 10. Der weiße Kern ist Ferrit ohne Kohlenstoff. Die dunkle Außenschicht ist Rost. 5:1.

#### METALLURGISKE UDTRYK

<i>Anløbning</i>	Opvarmning af hærdet stål til en relativt lav temperatur for at gøre stålet mindre skørt.
<i>Elektron mikrosonde</i>	Kombination af mikroskop og røntgenfluorescens-spektrometer. Områder på få $\mu^2$ kan analyseres. En røntgenstråle anslår materialets atomer, hvorved elektroner skydes ud af de inderste baner. Ved genopfyldningen af disse indre baner med elektroner fra andre baner udsendes en stråling, der er karakteristisk for det pågældende atom. Strålingens intensitet, der måles med en Geiger-tæller eller et lignende apparat, angiver mængden af grundstoffet.
<i>Ferrit</i>	Mikrostrukturen for rent jern med praktisk talt intet kulstofindhold.
<i>HV 1</i>	Vickershårdhed ved 1 kg belastning. En diamantpyramide trykkes med 1 kg belastning ned i stålets overflade og efterlader et indtryk. Indtrykkets diagonal er et mål for materialets hårdhed.
<i>Martensit</i>	Den mikrostruktur, der opstår, når stål med et tilstrækkeligt højt indhold af kulstof hærdes.
<i>Mikrohårdhed</i>	Omtrent som Vickershårdhed, blot er diamantpyramiden meget mindre. Den kan anvendes ved måling af de enkelte strukturbestanddeles hårdhed. Ved $MH_{10}$ forstår man den belastning i $kg/mm^2$ , der skal til for at danne et indtryk med en diagonal på 10 $\mu$ .
<i>Perlit</i>	Mikrostruktur for stål med ca. 0,8 % kulstof. Lamellar opbygning af skiftevis lag af ferrit og jernkarbid (Cementit). Stål med mindre end 0,8 % kulstof består af enkeltkorn af ferrit og enkeltkorn af perlit. Stål med mere end 0,8 % kulstof består af perlitkorn og jernkarbider.
<i>Stål</i>	Jern med kulstofindhold op til 1,7 %.

## Zusammenfassung

### *Untersuchungen von eisenzeitlichen Schlacken und Eisengegenständen aus Hagestad*

Drei Schlackenstücke und 10 Reste von eisernen Gegenständen wurden untersucht in Hinblick auf die Feststellung einer eventuellen vorgeschichtlichen Eisengewinnung in Schonen.

Die zwei Schlackenstücke weisen eine chemische Zusammensetzung auf, die der von teilweise reduzierten Raseneisenerz entspricht. Sie können von dem Prozess der Eisengewinnung stammen, es kann sich aber auch um Schmiedeschlacken handeln. Die Analyse des dritten Schlackenstückes steht einer Analyse von Schlacken, die mit Sicherheit dem Prozess der Eisengewinnung angehören, sehr nahe. Es handelt sich wahrscheinlich um ein Abfallprodukt der Eisengewinnung von Raseneisenerz.

Die Eisenstücke waren sehr klein und sehr korrodiert, und es war an sich nur die Absicht, Phosphorbestimmungen vorzunehmen um nachzuweisen, daß die Stücke aus Raseneisenerz hergestellt sein könnten. Es zeigte sich jedoch, daß eine metallographische Untersuchung trotz ihrer Kleinheit interessante Aufschlüsse geben konnte.

Der eiserne Gegenstand Nr. 1 besteht ganz aus Stahl, und die Form deutet an, daß man die Federkraft des Stahls mehr als die Härte hat ausnutzen wollen. Der Inhalt an Phosphor ist so hoch, daß der Gegenstand aus Raseneisenerz geschmiedet worden sein kann.

Der eiserne Gegenstand Nr. 2 scheint ein Stemmeisen zu sein. Er ist aus einer Schicht hartem und sprödem Stahl, beschützt von zwei Schichten von weichem Eisen zusammengeschiedet worden. Die Spitze ist in Wasser gehärtet worden. Das Stemmeisen enthält den größten Inhalt an Phosphor von sämtlichen eisernen Gegenständen und wurde wahrscheinlich aus Raseneisenerz geschmiedet. Die eisernen Gegenstände Nr. 3 und 4 sind völlig verrostet.

Der eiserne Gegenstand Nr. 5 scheint eine Speertülle zu sein. Sie ist wie ein Rohr geformt, und das Schweißen in der Esse ist von guter Ausführung. Der Inhalt an Phosphor ist hoch, und der Gegenstand wurde daher höchstwahrscheinlich aus Raseneisenerz geschmiedet.

Der eiserne Gegenstand Nr. 6 ist wahrscheinlich der Rest von einem Messer. Wie Nr. 2 besteht er aus einem harten Stahlkern umschlossen von weichem Eisen. Die Verbindung der drei Bestandteile hat man zu erleichtern versucht durch den Zusatz eines arsenhaltigen Flußmittels. Zwei ganz dünne Übergangszonen zwischen Stahl und Eisen enthalten ungefähr 1 % Arsen. Das Messer kann aus Raseneisenerz hergestellt worden sein.

Der eiserne Gegenstand Nr. 7 ist gleichfalls der Rest von einem Messer. Es ist von wechselnden Schichten von Eisen mit hohem Phosphorinhalt und Eisen mit niedrigem Phosphorinhalt zusammengeschiedet worden.

Nach dem Polieren und Ätzen wird der Gegenstand eine sehr hübsche Oberfläche erhalten aufgrund der Farbunterschiede zwischen den beiden Bestandteilen.

Die eisernen Gegenstände Nr. 8 und 9 sind Reste von Nägeln. Sie haben einen so niedrigen Inhalt an Phosphor, daß das Rohmaterial bei der Herstellung nicht Raseneisenerz gewesen sein kann.

Der eiserne Gegenstand Nr. 10 enthält 0,2 % Phosphor und kann aus Raseneisenerz geschmiedet worden sein.

*Robert Thomsen,  
Varde Staalværk.*

## LITTERATURHENVISNINGER

1. O. Arrhenius: Die Grundlagen unsere älteren Eisenherstellung. Stockholm 1959.
2. O. Schaaber: Eisenwerkstoffe vor 2000 Jahren, Mitteilung aus dem Institut für Härtereitechnik, Abhandlung 81.
3. Gerh. Becker: Niedrig schmelzende Eisen-Arsen-Legierungen als Hilfsmittel für den Verbund römischer Schwertklingen. Archiv für das Eisenhüttenwesen, Okt. 1961.