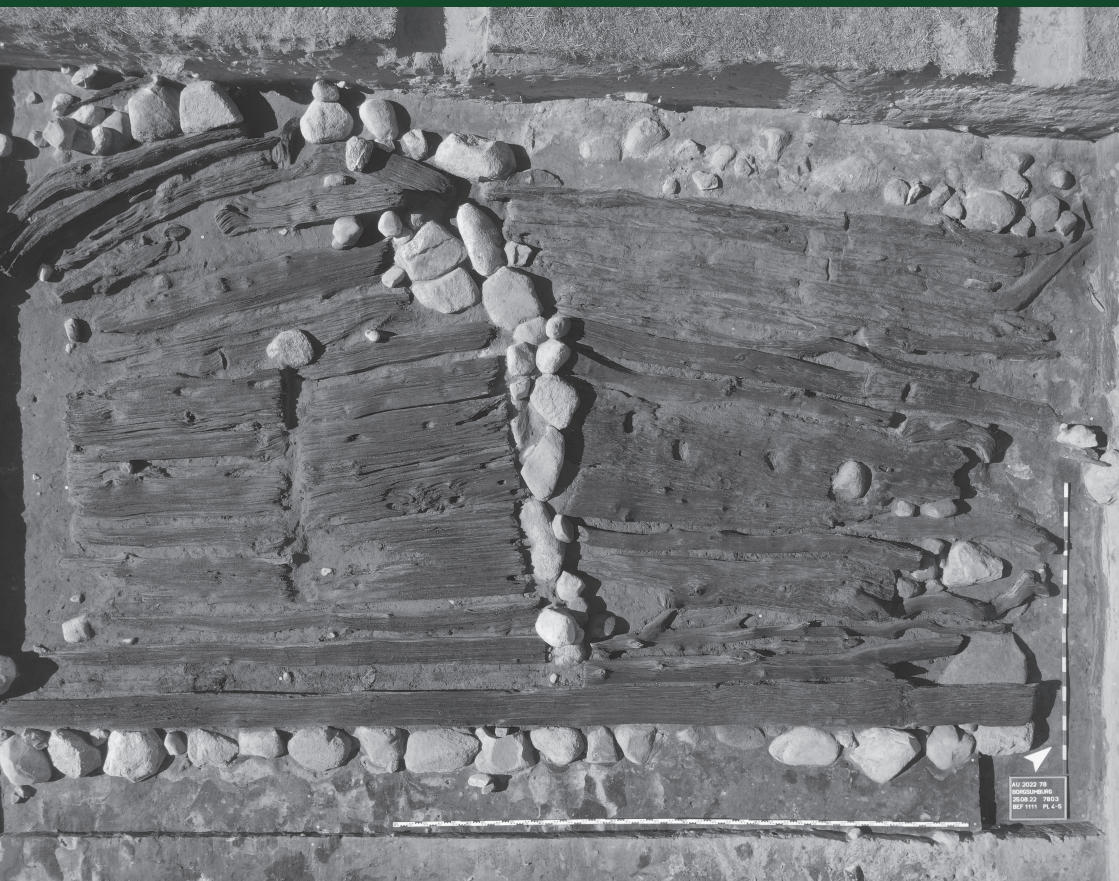


AIS

20 | 2024

Arkæologi i Slesvig | Archäologie in Schleswig



Arkæologi i Slesvig
Archäologie in Schleswig

20 · 2024

Symposium Jaruplund
2.-3.2.2024

Kolofon / Impressum

Arkæologi i Slesvig / Archäologie in Schleswig 20 · 2024

Redaktion og udgivelse / Redaktion und Herausgabe

Stefanie Kloß, Archäologisches Landesamt Schleswig-Holstein, stefanie.klooss@alsh.landsh.de

Pernille Kruse, Museum Sønderjylland-Arkæologi Haderslev, pekr@msj.dk

Ingo Lütjens, Archäologisches Landesamt Schleswig-Holstein, ingo.luetjens@alsh.landsh.de

Bente Sven Majchczack, Christian-Albrechts-Universität Kiel, bmajchczack@roots.uni-kiel.de

Lilian Matthes, Museum Sønderjylland-Arkæologi Haderslev, lima@msj.dk

Ralf Opitz, Christian-Albrechts-Universität Kiel, r.opitz@ufg.uni-kiel.de

Mette Sørensen, Museum Sønderjylland-Arkæologi Haderslev, mesr@msj.dk

Trykt med støtte fra / Gedruckt mit Unterstützung von

Museum Sønderjylland-Arkæologi Haderslev

Omslag, grafisk design og opsætning / Umschlag, Layout und grafische Gestaltung

Ralf Opitz, Christian-Albrechts-Universität Kiel

Foto: Pièrre Leon Frederiks, Niedersächsisches Institut für historische Küstenforschung

Tryk / Druck

UAB BALTO print

ISSN 0909-0533 | ISBN 978-87-87584-00-5

Alle Beiträge in der AiS unterliegen einem Peer-Review-Verfahren durch auswärtige Gutachter:innen.

Copyright

Ophavsretten til artikler (inklusive ophavsretten til indsendte og accepterede manuskripter), der er publiceret i AIS før d. 1. januar 2023 er ejet af de respektive forfattere. Disse artikler er ikke licenseret med Creative Commons. Artiklerne må downloades, og der må linkes til dem, men de må ikke deles og redistribueres uden tilladelse af forfatterne.

Ophavsretten til artikler publiceret efter den 1. januar 2023 er ejet af de respektive forfattere. Artiklerne er licenseret med Creative-Commons-licensen CC-BY-NC-SA, der giver ret til at kopiere og videredistribuere artiklerne i ethvert medie eller format, samt bruge artiklerne til kommercielle formål, forudsat at brugerne krediterer forfatterne.

Das Urheberrecht für Artikel (einschließlich des Urheberrechts für eingereichte und angenommene Manuskripte), die vor dem 1. Januar 2023 in AIS veröffentlicht wurden, liegt bei den jeweiligen Autoren. Diese Artikel sind nicht unter Creative Commons lizenziert. Die Artikel dürfen heruntergeladen und verlinkt- aber ohne Genehmigung der Autoren nicht geteilt oder weiterverbreitet werden.

Das Urheberrecht für Artikel, die nach dem 1. Januar 2023 veröffentlicht sind, liegt bei den jeweiligen Autoren. Die Artikel sind unter der Creative-Commons-Lizenz CC-BY-NC-SA lizenziert, die das Recht einräumt, die Artikel in jedem Medium oder Format zu kopieren und weiterzuverbreiten sowie die Artikel für kommerzielle Zwecke zu verwenden, sofern die Nutzer die Autoren benennen und zitieren.

Indhold/Inhalt

Ulf Ickerodt

100 år med arkæologiske undersøgelser i Slesvig-Holsten – et kig tilbage 11

Per Ethelberg

En analyse af de sønderjyske middelalderkirkers placering i forhold til
den samtidige landbebyggelse.. 21

*Rainer Atzbach, Philip Højen Wørss Brønnum Hansen,
Christine Lundgård Kisum Nielsen und Victoria Lyder Tissot*

Burg Brink: Bischofshof des 13. Jahrhunderts und spätmittelalterliche Burg. 45

Kirsten Hüser und Martin Segschneider

Grüße von Harald Blauzahn? – Neue Forschungen in der Borgsumburg
auf der nordfriesischen Insel Föhr 63

Jule Kurz

Eine angelsächsische Riemenzunge aus Rieseby an der Schlei. 73

Anders Hartvig og Kirstine Pommergaard

Guldringen fra Emmerlev og dens ophav 83

Alexander Maaß

Leben am Ochsenweg – die völkerwanderungszeitliche Siedlung von Kropp 123

Ringo Kloof

Die völkerwanderungszeitliche Siedlung Taarstedt LA 167,
Kreis Schleswig-Flensburg. 141

Rolf Schulze

Brebel LA 49: En bosættelse under overgangen fra ældre til
yngre romersk jernalder i nærheden af Thorsberg Mose. 153

Lorenz Harten

Eine ländliche Siedlung der römischen Kaiserzeit mit Eisenverhüttung auf der
Schleswiger Geest. Der Fundplatz Bollingstedt LA 41 165

Jette Maria Nørgaard Madsen

Padholm – en større udgravning syd for Kolding,
med et interessant pollenmateriale 177

Lars Grundvad og Martin Egelund Poulsen

Stavsager Høj ved Fæsted – de bronzealderlige aktivitetsspor
og deres atypiske karakter 197

Ilian Finkeldey

Röntgenfluoreszenzgestützte Analyse der zwei bronzezeitlichen Hortinventare
von Schellhorn und Fahrdorf (Schleswig-Holstein). 213

Simone Bøgh Jensen

Bronzens usynlige farver 241

Bronzens usynlige farver

Simone Bøgh Jensen

Abstract

This paper presents a study of the use of colours in bronze jewellery and decorative ornaments from Denmark's late Bronze Age (around 1100–500 BC). These analyses result in a more detailed knowledge of the bronzesmiths' production of bronze artifacts. Based on previous research on possible colours of tin-bronzes, the colours are divided into five groups: red, orange, golden, silver, and tinned. XRF-analyses are used to determine the chemical composition of the chosen artifacts, thus making it possible to estimate the original colours of the bronzes used. Based on this, it is possible to recognize certain tendencies in specific artifact groups, such as the tutuli, which have mostly been produced in a golden colour and within a different range of 3% in tin content. Furthermore, two possible options to produce artifacts in a chosen colour are presented by applying the theories about the bronzesmith and this person's skills and knowledge. This study shows the perspective of future research on the colours in bronze artifacts from the bronze age.

Indledning

I dag ser vi på de forhistoriske bronzer i korrosionens grønne og blå nuancer, og

glemmer, at der engang har eksisteret en verden af farver, der i dag er usynlig. Ved at kontrollere mængden af tin, der bliver tilsat kobberet, er det muligt at manipulere bronzens farve, og det har det været muligt at skabe farver fra rød til orange til gylden og til sølvhvid. Undersøgelser af Maries Minde II-fundet, et depotfund fra ældre bronzealder på Østfyn, som blandt andet indeholdt en armring i højtinsbronze og en vulstring, der var produceret i to lag. Som højtinsbronze var armringens farve sølvhvid, hvilket har betydet at metallet var sprødt og nemt har kunnet gå i stykker. Vulstringen var produceret i to lag, en kerne af en stabil bronze og et ydre lag af en højtinsbronze. Derved har det været muligt at opnå en bestemt farve, uden at gå på kompromis med kvaliteten (THRANE/JOUTTIJÄRVI 2020). Denne viden medførte en overvejelse om, hvorvidt der var brugt forskellige farver i bronzealderens smykker, eller om disse armringe var et særligt tilfælde.

Nærværende artikel undersøger, om der er tegn på et bevidst brug af farver i smykke- og dekorationsgenstande fra yngre bronzealder. Ved brug XRF-analyser på udvalgte smykke- og dekorationsgenstande, bliver kobber/tin-rationen og derved deres farver bestemt. Farverne på de 136 genstande præsenterer et muligt perspektiv til fremtidige undersøgelser af bronzealderens bronzegenstande.

En (usynlig) verden af farver

Ved produktionen af bronze kan mængden af tin reguleres for at ændre farven og dermed den fysiske fremtoning. Med et stigende tinindhold ændrer bronzen sig fra kobberets naturlige røde farve til en gullig farve, indtil metallets gule farve falmer og det til sidst vil fremstå som sølv. Der er delte meninger i litteraturen om præcis, hvor højt tinindhold, der kræves for farveskift (MECKING 2020; MÖDLINGER et al. 2017; RADIVOJEVIĆ et al. 2018). Undersøgelserne viser, hvordan og hvornår tinnet påvirker bronzernes farve. Dog består de undersøgte bronzer af næsten rene metaller. MÖDLINGER et al. (2017) beskriver hvad der sker når rent kobber blandes med metaller som arsen, antimon og nikkel. Metaller der i bronzealderen ikke bruges som legeringselementer, men findes som væsentlige forureninger. Disse er dog analyseret som forskellige kobberlegeringer, f.eks. arsen-bronze. Derfor er påvirkningen af nævnte metaller i kombination med tin og kobber ikke undersøgt.

Ud fra disse analyser (MECKING 2020; MÖDLINGER et al. 2017; RADIVOJEVIĆ et al. 2018) er bronzerne blevet inddelt i fire grupper, der er navngivet efter deres respektive farve.

- Rød: Disse genstande har et indhold på 0–5% tin, hvor metallet ligner kobber. Ved et tinindhold på under 5%, er metallet blødt og nemt at arbejde med og særligt godt til genstande, der skal formes meget.
- Orange: fra 5 til 10% tin. Fra et indhold af 5–12% tin, er metallet godt at støbe og forudsigeligt at arbejde med (MÖDLINGER et al. 2017, 13).
- Gylden: 10–18% tin, denne gruppe er gylden. Når bronzerne indeholder mere end

12% tin bliver metallet sværere at arbejde med. Det fungerer godt til genstande, der skal være hårdt-støbte, men det bliver mere sprødt og det er svært at bearbejde efter nedkøling.

- Sølvhvid: Bronzer med mere end 18% tin. Ved denne mængde af tin er den gullige farve tydeligt forsvundet, og metallet begynder at blive sølvhvidt. Hvis bronzen indeholder mere end 20% tin (højtins-bronzer), er metallet nemt at støbe, men det er samtidig ekstremt sprødt og knækker nemt (MÖDLINGER et al. 2017, 13).

Ved et højere indhold af tin reduceres korrosion og derved beholder genstanden sin oprindelige farve i længere tid. Derudover kan farven vedligeholdes ved pudsning af genstanden. »Farve« er i denne undersøgelse begrebet for den farve, genstanden har når metallet er slebet og pudset. Selvom hver gruppe navngivet efter deres respektive farve, er det med en erkendelse af, at farverne har varieret i nuancer og toner inden for grupperne.

Efter produktionen, har det været muligt at ændre farven på genstandene. Dette er blevet undersøgt i et eksperimentalt arkæologisk forsøg (DEVOGELAERE 2017), hvor bronzer er blevet farvet med midler, der har været tilgængelige i Romerriget. På denne måde har det været muligt at opnå farver som mat rød, blå, grøn, grå og sort. Det er ikke alle metoder, der er relevante for det danske materiale, men metoder såsom at holde genstanden over ild eller dyppe den i urin har været mulige. Dette har gjort, at bronzen vil have fået mindre chroma, altså mindre intensitet i farven, og er blevet sort/grå. Derudover vil polerede genstande efterhånden, uden vedligeholdelse af overfladen, have fået naturlig patina og være blevet blå/grønne. Hvor stor påvirkning de kunstige og naturlige

patineringer har haft på bronzen, afhænger af bronzens sammensætning og derved forholdene mellem de forskellige metaller. Når det i Romerriget har været muligt at frembringe sådanne farver i/på metallet, starter det en tanke om, hvad der har været muligt at fremskabe af farver ved patinering i Norden, og om håndværkeren her har haft andre metoder til at regulere farven på genstanden. Det er dog desværre næsten umuligt at erkende dette på genstandene i dag, da laget vil være forsvundet i naturlig patinering og korrosion. Der findes dog en form for farveændring, der stadig kan ses spor af i dag: fortinning af genstandenes overflader. Dette kan ses med XRF-analyser og mikroskop. Ved fortinning skabes en tinfarvet overflade, mens metallet vedholder stabil kerne. Dette foregår ved, at der lægges et lag af tin på overfladen enten ved, at genstanden dypes i smeltet tin eller et stykke tin køres hen over en opvarmet genstand. Derefter kan tinnet varmebehandles og trænge ind i bronzen. Indtrængningen af tin kan forsætte til overfladen er højere i tin-indhold end selve genstanden, og al tinnet er trængt ind (MANTI/WATKINSON 2010). Fortinning bliver derved tilføjet som en femte farvegruppe til undersøgelsen.

Shaman eller håndværker?

I forskningslitteraturen beskrives bronzealderen ofte som en periode, der er præget af forandring, ritualer og skabelse af elitære sociale klasser. Bronzen og bronzegenstandene er ofte midtpunkt for disse tolkninger, da metallet anses for at have været et sjældent materiale og bliver derved et symbol på en særlig gruppe af mennesker, som havde adgang til processen omkring skabelsen og de færdige

genstande (HARDING 2000, 239; KRISTIANSEN/LARSSON 2005, 141). Denne tolkning ses også i beskrivelsen af bronzesmeden, hvor denne person bliver et synonym med høvdinge, shamaner og kultiske processer (KRISTIANSEN/LARSSON 2005, 51–52). Dette begrundes med, at smeden har viden og evner til at gøre metallet flydende og derved ændre formen på metallet på samme måde, som guderne kan ændre form fra menneske til dyr.

Et andet syn på bronzesmeden fokuserer på, hvilke evner og hvilket kendskab denne person havde til materialet. SØRENSEN/APPELBY (2018 a; 2018 b) mener også, at bronzesmeden skal ses som en håndværker, der har haft et kendskab til materialet gennem repetition og øvelse, og at der er en sandsynlighed for, at de har tillært sig deres håndværksmæssige kundskaber gennem lokale og måske endda internationale netværk. Ved at overveje tillæringen af disse kundskaber som et håndværk og ikke en rituel praksis, bliver det også relevant at undersøge lighederne mellem genstande og genstandstyper, så den habitus, der følger håndværkeren, ikke forsvinder i diminutive forskelle i genstandene. KUIJPERS (2013; 2018) er enig i, at det er muligt at anerkende bronzesmeden som en crafts(wo)man (håndværker). Han mener, at de ovennævnte tolkninger af bronzesmeden bliver forvrænget af nutidens syn på metalbearbejdning, da det i dag er et håndværk, der ikke er udbredt kendskab til. Gennem dette syn opfattes alle metalgenstande som værende af høj kvalitet og derigennem noget særligt, der er produceret af en specialist. KUIJPERS (2018) kommer ydermere frem til, at man i det arkæologiske materiale kan se fire niveauer af evner indenfor bearbejdningen af bronzegenstande. De fire niveauer beskrives således (KUIJPERS 2018, 231–232):

- 1) Amatører, der har en basisviden indenfor håndværket, men ikke større evner.
- 2) Håndværkere, der kan lave praktiske genstande af god kvalitet.
- 3) Mesteren, der forsøger at skabe det perfekte produkt og sætter standarden for de to andre grupper og.
- 4) Virtuoso, der er så god til sit håndværk, at personen kan producere innovative og unikke genstande.

Ved at prøve at forstå produktionen af bronze fra dette håndværksmæssige perspektiv, er metallet ikke længere noget, der kun eksisterer i relation til eliten. Håndværket bliver til en evne med variation, hvor genstandene bliver produceret af forskellige mennesker i forskellige kvaliteter. Derudover skal det også understreges, at denne evne kunne besiddes af alle køn. Hvis man som HARDING (2000, 239) antager, at bronzesmeden kan genkendes i grave baseret på gravgaver af værktøj til støbning og bearbejdning af bronze, anerkendes det også, at der har været kvindelige bronzesmede i bronzealderen. I Europa er der fundet 518 grave med værktøj til bearbejdning af bronze; 34 af disse er blevet antropologisk bestemt, hvoraf fem af disse er bestemt til at være kvinder (MOLLOY/MÖDLINGER 2020, 176).

Analysel metode

For at undersøge farverne, blev kobber-tin ratioen i genstandene analyseret med X-ray fluorescence (XRF) analyser. Denne metode er valgt, da det giver mulighed for at arbejde med præcise data. Analyserne blev foretaget af Heimdal Archaeometry på en stationær micro-XRF (Bruker tornado M4) ved Bevaringscenter Sjælland. Dataene er normaliseret ved analysen.

For at sikre at analyserne blev foretaget på den oprindelige bronze, var det nødvendigt at slibe et lille område af genstanden. Dette gøres, da overfladelaget vil have en anden kemisk sammensætning end det oprindelige metal, da det består af korrosion eller er blevet konserveret. Ved hjælp af en diamantbelagt spids blev et område på ca. 1 mm² slebet, hvorpå der blev lavet to til fem bestemmelser af hver genstand. Dette er muligt ved micro XRF, hvor der bruges en fint fokuseret røntgenstråle, og derfor kan laves analyser af punkter ned til ca. 20 µm. Metoden virker ved, at en fokuseret røntgenstråle rammer det fritlagte område på genstanden, og idet strålen rammer, vil energien skubbe nogle elektroner væk fra atomerne i genstanden. Derefter vil elektronerne igen hoppe ind på de tomme pladser, og ved denne proces udsendes igen en energi. Denne energi kan måles, og da forskellige grundstoffer har forskellige energier, er det muligt at måle, hvilke grundstoffer genstanden består af. Ved måling af mængden af røntgenstråling vil det også være muligt at beregne, hvor meget af de enkelte grundstoffer, der er i genstandene.

Til undersøgelsen er gennemsnittet af det procentmæssige indhold af grundstofferne blevet udregnet og brugt til at bestemme farven af bronzen. Når bronzegenstandene korroderer, vil korrosionslaget normalt have et højere indhold af klor eller svovl. Derfor er der ved analyserne og gennemgangen af bestemmelserne blevet holdt øje med disse. I tilfælde af at indholdet af et af disse elementer blev skønnet for højt, blev slibningen gentaget, og der blev lavet nye analyser.

Det analyserede materiale

For at undersøge om der var et bevidst brug af forskellige farver af bronze i bronzealderen, er der blevet analyseret smykke- og

dekorationsgenstande fra periode IV–VI (1100 f.Kr.–500 f.Kr.). Disse kategorier er udvalgt i nærværende artikel, da de ikke er afhængige af bronzens praktiske kvalitet på samme måde, som f.eks. en kniv med skærende æg. Dette muliggør, at der i produktionen af disse genstande har været et større fokus på det æstetiske og dermed farverne på genstandene. Der er i alt lånt 60 genstande til analyse fra Museum Sønderjylland, Museum Silkeborg, Museum Midtjylland og Museum Nordsjælland. Genstandstyperne består af armringe, bronzeringe, dobbelt-knapper, dragtnåle, halsringe, spiralringe, en stangknop og tutuli. Alle de undersøgte genstande er fra Jylland med undtagelse af en enkelt dobbeltknop fra Nordsjælland.

Dertil er tilføjet 76 analyseresultater fra eksternt litteratur i undersøgelsen. På nuværende tidspunkt findes der ikke andet litteratur, hvis formål har været at undersøge brugen af farver i bronzegenstande fra bronzealderen. Der er dog litteratur (MELHEIM et al. 2018; LIVERSAGE 2000), der har til formål at undersøge sporelementer og proveniens, derved bliver genstandenes sammensætning tilgængelig. Dette gør at det muligt ud fra kobber-tinforholdet i bronzen at vurdere, hvilken farve genstanden blev produceret i.

I alt er 136 genstande inddraget i undersøgelsen. Data er vedhæftet i appendix.

Et gyldent skær

Fra Museum Sønderjylland blev der analyseret 16 genstande: en dragtnål, to armringe og 13 tutuli. En genstand lå i den røde farvegruppe, fire genstande i den orange farvegruppe og ti genstande i den gyldne farvegruppe (fig. 1). Genstanden i den røde farvegruppe er dragtnålen. Denne

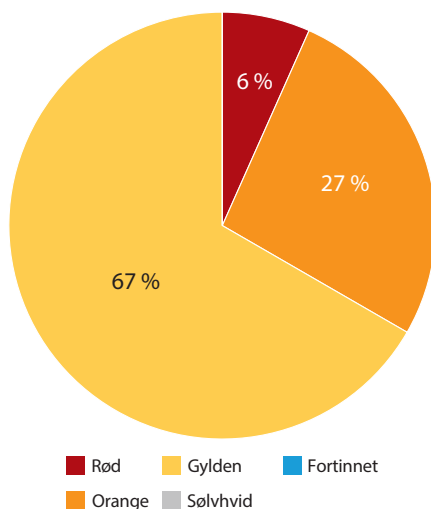


Fig. 1. Fordeling af farver i genstandene fra Museum Sønderjylland (grafik: S.B. Jensen).

Fig. 1. Distribution of colors in the artifacts from Museum Sønderjylland (graphics: S.B. Jensen).

indeholder 4,6 % tin og vil stadig have været i samme nuance som kobber. De fire genstande i den orange farvegruppe er en armring og tre tutuli. Armringen indeholder 7,7 % tin og tutuli mellem 6,6–9,4 % tin. Den ene tutuli med 9,4 % tin ligger dog tæt på den gyldne gruppe, og vil sandsynligvis have lignet disse i farven. De ti genstande i den gyldne farvegruppe består af en armring og ni tutuli. Armringen indeholder 10,8 % tin. Fire af de gyldne tutuli indeholder under 12 % tin, og to ligger lige under 13 % tin. Som nævnt er det omkring et indhold på 12 % tin, at bronzens mekaniske egenskaber begynder at ændre sig, og metallet bliver mere sprødt. Dette kan tyde på et indgående kendskab til materialet, hvor det er muligt at vide, hvilken forskel få procent gør i det færdige produkt. Af de

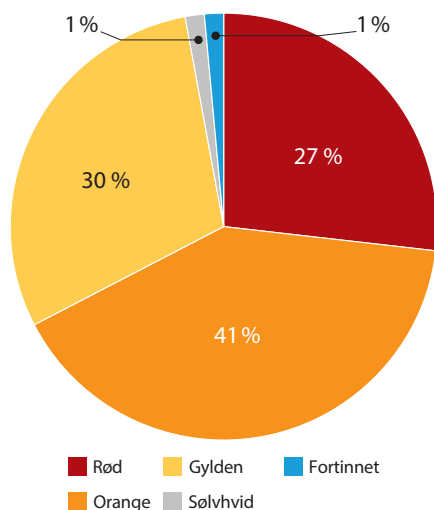


Fig. 2. Fordelingen af farver i det samlede analyserede materiale (grafik: S.B. Jensen).
Fig. 2. Distribution of colors in the total analyzed material (graphics: S.B. Jensen).

tre genstande med det højeste indhold af tin har to af dem ca. 14 % tin og den sidste 16 % tin; sidstnævnte er den mest guldliggende genstand i undersøgelsen.

Sammenlignes de analyserede genstande fra Museum Sønderjylland med det resterende materiale, ses det, at de sønderjyske genstande er mere gyldne i farverne (fig. 1 og 2). I de 120 genstande, der er tilbage, ses det, at den orange farvegruppe er den største. I yngre bronzealder ligger tinindholdet generelt på 6–11% (THRA-NE/JOUTTIJÄRVI 2020). Dette tinindhold svarer nogenlunde til den orange farvegruppe, som den er defineret i denne undersøgelse. Genstandene har varieret i nuancen i den orange farvegruppe, da de spænder fra 5,4–9,4 %, derved er farven gået fra en lyserød til orangebrun i takt med, at kobberets røde tone er forsvundet.

I den gyldne farvegruppe ses den samme tendens som i det sønderjyske materiale: 25 ud af 41 af de gyldne genstande har et tinindhold på mellem 10–12 %, hvilket kan tyde på, at håndværkerne har været meget bevidste om, at bronzens mekaniske egenskaber ændrer sig og bliver mere sprødt ved 12 %. Også de 16 genstande, der indeholder over 12 % tin, kan tyde på, at man har forsøgt at frembringe den gyldne farve, men at håndværkerne stadig har været påpasselige med, hvor sprødt metallet bliver. Denne overvejelse kommer af, at ni af de 16 genstande indeholder mellem 12–13 % tin og derved kun ligger på grænsen af, hvor bronzens mekaniske egenskaber ændres. De resterende syv genstande ligger mellem 13,1–16,4 %. Den røde farvegruppe varierer i tin-indhold på mellem 0–5 %. Det er dog først ved et indhold på over 4 % tin, at der sker en tydelig forskel i bronzernes farve (MECKING 2020). Dette betyder, at der har været en markant forskel i tonen af denne gruppe i forhold til de førnævnte farvegrupper, da den stadig vil have haft kobberets røde farve. Den sølvhvide gruppe indeholder to genstande, begge er armringe i små størrelser og uden dekorationer. Det kan overvejes, om disse er blevet produceret til gravgaver, da metallet nemt ville knække. De to fortinnede genstande tyder på, at håndværkerne har været bevidste om både kvaliteten, egenskaberne og farverne af bronzegenstandene ved produktionen. At der er taget et bevidst valg om at tage den færdigproducerede bronzegenstand og efterbearbejde den på en måde, der ikke har betydning for mekaniske egenskab, men kun for farven. At dette er blevet gjort ved disse to genstande, er et eksempel på, at der har været en bevidsthed og i disse tilfælde også meget bevidste valg om, hvilken farve genstandene skulle have.

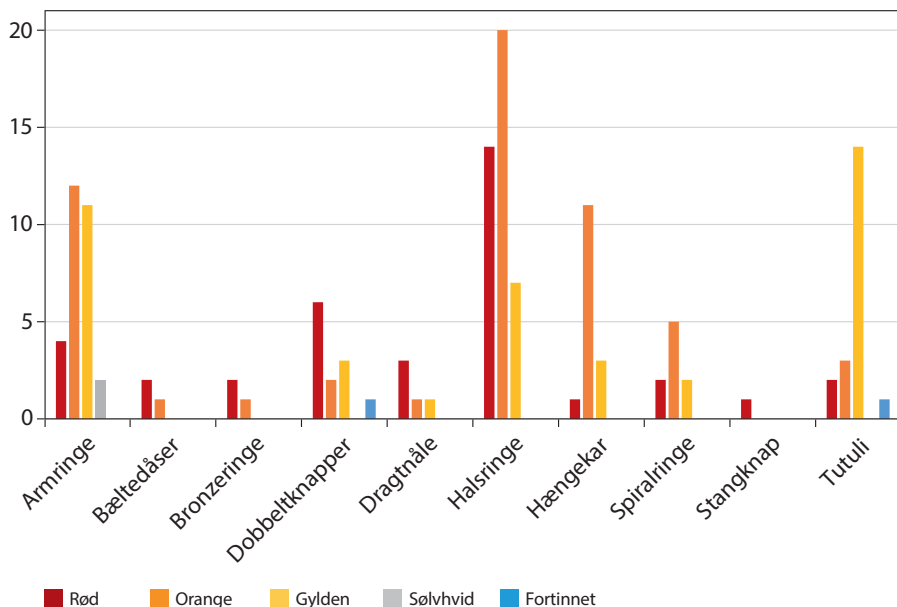


Fig. 3. Farverne fordelt på de forskellige genstandstyper (grafik: S. B. Jensen).

Fig. 3. The distribution of colour according to artifact type (graphics: S. B. Jensen).

Brugen af de forskellige farver peger ikke blot på, at der er bevidst brug af farve, men også at nogle farver er markant mere til stede i bestemte genstandsgrupper (fig. 3). Særligt tutuli er markant anderledes end de andre genstandstyper, da gennemsnitsmængden af tin i denne genstandsgruppe er 11,4%. Armringene er den gruppe med det næsthøjeste tingennemsnit på 9,2%. Der er et tydeligt skel mellem tin-indholdet i den orange og den gyldne farvegruppe, men de to farvegrupper ligger begge inden for 2% tin. Dette tyder på at det har været forsøgt at opnå en orange farve og en gylden farve, hvor to grupper var tydelige. Genstandsgrupperne med de laveste gennemsnit af tin i bronzen er dobbeltnapperne med 5,4% tin og dragtnålene med 6% tin. Dette er en markant

forskel fra armringene og tutuli, og der vil have været en tydelig farveforskel mellem de forskellige genstandstyper. Der er dog analyseret færre dragtnåle og dobbeltnapper, og derfor er der en mulighed for, at det ikke er lige så retvisende, og at der ved et større materiale vil optræde en anden variation i farverne. Der er også mulighed for, at de forskelle i farver afhænger af metallens kvalitet.

Det er dog vigtigt at være opmærksom på, at et arkæologiske materiale ikke består af rene metaller, og der er redegjort for de kombinationer af metaller, der er i bronzerne, og hvilken effekt disse har haft. Antimon blandet med tin er en variabel i bronzenes farve. Indholdet af antimon i genstandene ligger på mellem 0–2% (se fig. 4), dog med undtagelse af to dobbeltnapper. Denne mængde af

antimon er dog ikke højt nok til, at det alene har skabt en synlig forskel i bronzens farve, men det er ikke undersøgt, om det i en kombination med tin vil sænke bronzens røde og/eller gule værdier. I tilfælde af, at kombinationen af de to metaller har en synlig effekt, ville 14 af de 31 røde genstande skulle rykkes til den orange farvegruppe.

Kendskab til materialet

For at prøve at forstå en teknologi er det vigtigt at være opmærksom på, at der både er sociologiske, biologiske og psykologiske faktorer. Det handler ikke kun om, hvad håndværkeren har kunnet, men at personerne har arvet og er blevet oplært i traditioner og sociale konstruktioner. Datidens håndværkere vil sandsynligvis have haft en sanselig forståelse for metallens egenskaber og kvaliteter, da det er gennem deres krop og sanser, at de har lært at arbejde med materialet (KUIJPERS 2013; MOLLOY/MÖDLINGER 2020; SØRENSEN/APPELBY 2018 a). Selvom der kun er en lille forskel i tinprocenten, er det muligt for en person med erfaring og kendskab til bronzerne at se en farveforskel ved en ændring på 2 % tin (KUIJPERS 2013). Vi kan derfor overveje, hvor tydelige de forskellige farver har fremstået for datidens øjne, hvor metallet har optrådt ofte i forskellige former og kontekster. Med sanserne, tid og tillært fingerfærdighed, må håndværkerne have lært at genkende de forskellige typer bronze på mere end blot farven.

Det varierende indhold af tin ændrer metallernes mekaniske egenskaber og farver, dette viser en anerkendelse og forståelse af, hvordan metallet ville udforme sig (MÖDLINGER et al. 2017). I *Moving Metals III* (MELHEIM et al. 2018) er sammenlægningen af bronzer fra bronzealderen i

det danske område blevet undersøgt. Her fandt man frem til, at de bronzegenstande kommer fra forskellige malme (og forskellige områder): »Rent« kobber og kobber, der indeholder forureninger. Urenhederne er dog i små mængder i materialet til denne undersøgelse og ligger ofte under 1%. I det analyserede materiale og de eksterne analyser ses ligeledes bestemmelser, der tyder på brug af forskellige malme. Bronzernerne, der indeholder arsen, antimon og nikkel er oftest lave i tinindholdet, hvor bronzer, der ikke indeholder disse metaller, er lidt mere varieret i tinindhold og dermed farverne. Når indholdet overstiger 10 % tin er der under 1 % antimon i genstandene (fig. 4). Der er to genstande, der ikke følger denne tendens: armringen HEM 2224 og dragtnålen SIM 1436 har et indhold af antimon på næsten 3%.

Når vi overvejer, hvilke mulige tanker og arbejdsgange, der ligger bag et bevidst brug af farve, vil der blive beskrevet to mulige processer. Den ene er, at bronze er blevet produceret og fragtet som barrer: Inden metallerne blandes for at lave kobberlegeringen, tages der en beslutning om, hvilke farver og/eller mekaniske egenskaber bronzen skal have. I denne proces er det ikke relation til den færdige genstand, men for at producere en eller flere typer barrer der senere kan bruges. Det er også muligt at der, som førnævnt, har været opskrifter og/eller normer om hvilke kobberlegeringer der skulle produceres, og at håndværkeren på denne måde allerede har vidst hvad og måske hvor meget der skulle produceres. Når bronzebarrerne omsmeltes til genstande, ved håndværkeren derfor allerede hvilken farve/kvalitet barrerne har. På denne måde ved han/hun hvad de skal vælge, alt efter genstandstypen. Derefter bliver genstanden produceret, ved omsmelting af barre til genstand. Der er også mulighed for at

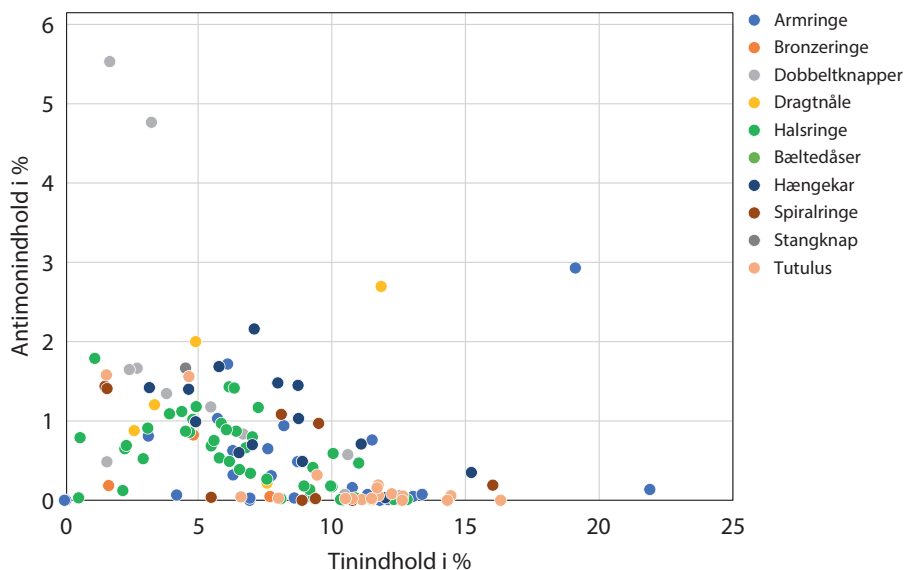


Fig. 4. Antimon-tin rationen i genstandene (grafik: S.B. Jensen).

Fig. 4. Antimon-tin ratio in the artifacts (graphics: S.B. Jensen).

der er forskellige personer, der har været en del af arbejdsprocessen. De mennesker der har blandet kobberlegeringen, er ikke nødvendigvis de samme som de mennesker der har produceret genstandene, da dette er to områder der kræver to forskellige sæt af viden/evner (NØRGAARD 2018, 7–8). Hertil er også tolkningen af, at der var opskrifter på bronzen, på denne måde vil bestemte bronzer være produceret af bestemte mennesker/bestemte steder/bestemte malme, hvortil fordelingen af urenheder i bronzerne understøtter dette.

Den anden mulighed er at legeringerne er blevet produceret med henblik på den færdige genstand. Dette betyder at det er en proces der har fundet sted på samme lokalitet, der er mulighed for at det kan være gjort af en eller flere håndværkere. I dette tilfælde ved håndværkerne hvordan

det færdige produkt skal være i farve, kvalitet og mekaniske egenskaber. Derved laver håndværkerne legeringen, der derefter bliver lavet direkte om til den planlagte bronzegenstand. Dette vil betyde at håndværkerne har haft det rene kobber og tin, for at kunne producere egne legeringer. Hvad der i de analyserede genstande tyder på at de har været denne metode er, at der trods en tendens i antimonindholdet også er genstande der både har et lav antimon- og tinindhold. Derved kan legeringerne være blandet på stedet, men der har stadig været en opskrift til hvilket kobber der kunne legeres med høje mængder tin. Derudover er der, som nævnt, to genstande der har været fortinne. For at dette er muligt, må håndværkerne have haft rent tin tilgængeligt, efter genstanden er blevet færdig produceret.

Konklusion

Ud fra det analyserede materiale kan det konkluderes, at der er brugt forskellige farver af bronze til smykke- og dekora-tionsgenstande fra yngre bronzalder. 134 af 136 af genstandene har ligget mellem 0,001–16,4% tin, mens de resterende to genstande indeholder mellem 19,1–24,8% tin. Dette viser, at der har været brugt en variation af de røde, orange og gyldne farver, mens der har været et sparsomt brug af den sølvhvide farve. Tutuli viser, at det æstetiske kan være førsteprioritet i valget af bronzen. Her er de fleste i den gyldne farvegruppe og tinindholdet er ofte lige på grænsen for ændringen af bronzens egenskaber. De øvrige genstandstyper viser andre fordelinger af farvegrupperne, hvilket kan tyde på, at der enten var normer for farver, eller at det i visse tilfælde var metallets mekaniske egenskaber, der vægtede højest. Det kan også tolkes til, at der har været opskrifter på, hvordan genstandene skulle produceres. Hertil

viser antimonindholdet at bronzen (og farverne) er blevet brugt på bevidst. Dette indikerer også særligt kendskab til metallet, da indholdet ofte er så lavt, at det ikke har været synligt med det blotte øje, men det må alligevel have været muligt for håndværkerne at kende forskel. Derfor skal bronzesmeden først og fremmest anerkendes som en håndværker, der på tværs af forskellige niveauer af evner var bevidst om sit materiale. De har vidst, at bronzens mekaniske egenskaber har ændret sig grundet tinindholdet, og derved hvilken farve, der blev produceret i den færdige genstand. I tilfælde af videre undersøgelser skal større materiale inddrages, for et mere retvisende billede. Ifølge disse undersøgelser burde indholdet af forureninger i bronzen undersøges for at se, om der ligeledes er tegn på opskrifter af bronzer. Dette er dog ikke en konklusion på hele det danske materiale men en indikator på, hvad der er af farver i bronzalderens bronzegenstande og hvilke perspektiver, der er værd at inddrage ved videre undersøgelser.

Tab. 1. *Analysér af de i artiklen omtalte genstande. MSJ = Museum Sønderjylland; MNS = Museum Nordsjælland; MMJ = Museum Midtjylland; MS = Museum Silkeborg; HA = Heimdal archaeometry.*
 Table 1. *Analyses of the finds discussed in this article. MSJ = Museum Sønderjylland; MNS = Museum Nordsjælland; MMJ = Museum Midtjylland; MS = Museum Silkeborg; HA = Heimdal archaeometry.*

Genstandstype	museum/ lokalitet	journalsnavn	x-nr.	Cu (%)	Sn (%)	Sb (%)	Pb (%)	Ni (%)	As (%)	Ag (%)	Sum (%)	Kilde
Tutulus	MSJ	HAM 0888	5627	83,86	14,45	0,06	0,04	0,68	0,36	0,00	99,44	HA
Tutulus	MSJ	HAM 5798	1	86,65	12,25	0,08	0,11	0,17	0,16	0,01	99,43	HA
Tutulus	MSJ	HAM 0888	2055	86,45	11,50	0,01	0,02	0,74	0,20	0,00	98,91	HA
Tutulus	MSJ	HAM 0888	3047	80,74	16,32	0,00	0,37	0,58	0,41	0,00	98,42	HA
Tutulus	MSJ	HAM 0888	3269	87,63	9,45	0,32	0,04	1,02	0,88	0,00	99,34	HA
Tutulus	MSJ	HAM 0888	4279	92,59	6,61	0,04	0,03	0,23	0,15	0,00	99,65	HA
Tutulus	MSJ	HAM 0888	5651	84,76	12,66	0,05	0,00	0,51	0,21	0,00	98,20	HA
Armring	MSJ	HAM 0888	9496	87,96	10,77	0,16	0,15	0,20	0,28	0,02	99,53	HA
Tutulus	MSJ	HAM 0888	9510	91,11	8,01	0,03	0,05	0,04	0,06	0,00	99,30	HA
Armring	MSJ	HAM 0888	9513	90,76	7,74	0,31	0,02	0,38	0,32	0,03	99,57	HA
Tutulus	MSJ	HAM 0888	20166	86,01	11,75	0,06	0,12	0,71	0,40	0,01	99,06	HA
Tutulus	MSJ	HAM 1594	2987	86,46	11,73	0,19	0,01	0,60	0,33	0,00	99,32	HA
Dragtnål	MSJ	HAM 2269	973	86,25	4,91	2,00	2,97	0,48	1,21	0,64	98,47	HA
Tutulus	MSJ	HAM 5798	55	84,51	14,32	0,00	0,01	0,15	0,09	0,00	99,09	HA
Tutulus	MSJ	HAM 5798	56	87,94	11,12	0,01	0,03	0,17	0,10	0,00	99,37	HA
Dobbeltknap	MNS	A2039	719	89,54	2,72	1,67	3,58	0,50	1,05	0,56	99,62	HA
Armring	MMJ	HEM 11/1928	–	86,22	12,56	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	98,80	HA
Armring	MMJ	HEM 35/1932	–	89,17	6,11	1,72	0,85	0,26	0,76	0,61	99,47	HA

Tab. 1, fortsættelse. Analyser af de i artiklen omtalte genstande. MSJ = Museum Sønderjylland; MNS = Museum Nordsjælland; MMJ = Museum Midtjylland; MS = Museum Silkeborg; HA = Heimdal archaeometry.

Table 1, continued. Analyses of the finds discussed in this article. MSJ = Museum Sønderjylland; MNS = Museum Nordsjælland; MMJ = Museum Midtjylland; MS = Museum Silkeborg; HA = Heimdal archaeometry.

Genstandstype	museum/ lokalitet	journalsnavn	x-nr.	Cu (%)	Sn (%)	Sb (%)	Pb (%)	Ni (%)	As (%)	Ag (%)	Sum (%)	Kilde
Dobbeltknap	MMJ	HEM 37/1932 a	–	88,12	10,48	0,07	0,03	0,15	0,23	0,00	99,08	HA
Dobbeltknap (mulig fortinning)	MMJ	HEM 37/1932 b	–	81,54	16,39	0,07	0,12	0,11	0,38	0,00	98,61	HA
Armring	MMJ	HEM 89/1933	–	89,22	5,73	1,03	1,28	0,54	1,05	0,26	99,11	HA
Halsring	MMJ	HEM 90/1933	–	88,71	6,79	0,66	1,59	0,31	0,51	0,25	98,82	HA
Tutulus	MMJ	HEM 147/1932	–	86,46	11,49	0,02	0,17	0,28	0,19	0,00	98,61	HA
Tutulus	MMJ	HEM 147a/1932	–	87,71	10,77	0,02	0,21	0,22	0,08	0,00	99,01	HA
Dobbeltknap	MMJ	HEM 2422	19	86,64	3,25	4,77	1,61	0,78	1,87	0,53	99,46	HA
Armring	MMJ	HEM 2422	34	73,11	19,11	2,93	0,31	0,22	1,47	1,21	98,35	HA
Stangknap	MMJ	HEM 2422	80	81,15	4,53	1,67	9,33	0,47	1,69	0,22	99,05	HA
Armring, lille	MMJ	HEM 5287	38	90,93	7,69	0,05	0,36	0,02	0,19	0,00	99,24	HA
Armring, stor	MMJ	HEM 5287	38	91,34	6,93	0,00	0,23	0,02	0,25	0,00	98,77	HA
Armring	MS	SIM 2 1988	–	85,00	13,04	0,05	0,00	0,56	0,05	0,00	98,71	HA
Dobbeltknap	MS	SIM 7 1994	–	89,95	6,69	0,83	0,26	0,37	0,52	0,18	98,80	HA
Armring	MS	SIM 213 1981 A	–	85,18	13,38	0,07	0,04	0,15	0,14	0,00	98,96	HA
Armring	MS	SIM 213 1981 B	–	90,58	8,60	0,03	0,05	0,11	0,06	0,02	99,45	HA
Dragnål	MS	SIM 273 1975	–	90,47	7,58	0,22	1,10	0,14	0,08	0,01	99,60	HA
Armring	MS	SIM 277 1975	–	72,78	21,89	0,14	0,83	0,08	0,25	0,08	96,05	HA

Dobbeltknäp	MS	SIM 280 1959	–	93,10	2,43	1,65	0,76	0,36	0,80	0,36	99,45	HA
Dobbeltknäp	MS	SIM 624 1959	–	88,77	10,38	0,00	0,01	0,20	0,15	0,00	99,51	HA
Dragtnål	MS	SIM 1436	–	79,83	11,85	2,70	0,82	0,71	2,20	0,42	98,52	HA
Dobbeltknäp	MS	SIM 1437	–	91,34	5,47	1,18	0,24	0,49	0,72	0,24	99,68	HA
Bronzering	MS	SIM 1441	–	94,55	1,66	0,19	2,21	0,12	0,31	0,12	99,16	HA
Armring	MS	SIM 1450	–	86,52	11,80	0,00	0,06	0,59	0,30	0,00	99,27	HA
Tutulus	MS	SIM 2-1968	S	88,54	10,51	0,02	0,02	0,19	0,10	0,00	99,39	HA
Spiralring	MS	SIM 65 1981	–	94,42	1,52	1,44	0,41	0,41	0,82	0,65	99,66	HA
Spiralring	MS	SIM (1)66-1981	–	94,80	1,60	1,41	0,26	0,40	0,72	0,59	99,77	HA
Dobbeltknäp	MS	SIM 189-1981	–	87,04	10,60	0,57	0,23	0,19	0,34	0,00	98,98	HA
Dragtnål	MS	SIM 190-1981	–	94,92	2,61	0,88	0,48	0,28	0,22	0,17	99,56	HA
Armring	MS	SIM 199-1981	–	90,76	6,30	0,63	0,45	0,38	0,64	0,15	99,31	HA
Armring	MS	SIM 200-1981	–	88,80	8,72	0,49	0,48	0,37	0,51	0,18	99,55	HA
Dragtnål	MS	SIM 204-1981	–	90,67	3,37	1,20	2,11	0,52	0,68	0,28	98,84	HA
Spiralring	MS	SIM 205-1981	–	79,60	8,11	1,08	0,79	0,55	1,23	0,79	92,16	HA
Dobbeltknäp	MS	SIM 214a-1981	–	90,43	1,59	0,49	6,62	1,37	1,59	0,02	102,11	HA
Dobbeltknäp	MS	SIM 214b 1981	–	87,42	1,70	5,53	1,18	0,60	0,36	0,95	97,74	HA
Dobbeltknäp	MS	SIM 214c 1981	–	92,75	3,82	1,35	0,19	0,50	0,54	0,35	99,49	HA
Tutulus	MS	SIM 238-1987 A	–	86,61	11,70	0,16	0,00	0,41	0,33	0,00	99,21	HA
Tutulus	MS	SIM 280-1975	–	69,16	24,79	0,10	0,01	2,64	2,13	0,00	98,85	HA
Armring	MS	SIM 1438	–	86,53	11,33	0,07	0,03	0,93	0,39	0,01	99,29	HA
Armring	MS	SIM 1510	–	86,43	12,57	0,06	0,00	0,17	0,08	0,00	99,31	HA
Armring	MS	SIM 1518	–	87,26	12,12	0,01	0,01	0,17	0,07	0,00	99,63	HA

Tab. 1, fortsættelse. Analyser af de i artiklen omtalte genstande. MSJ = Museum Sønderjylland; MNS = Museum Nordsjælland; MMJ = Museum Midtjylland; MS = Museum Silkeborg; HA = Heimdal archaeometry.

Table 1, continued. Analyses of the finds discussed in this article. MSJ = Museum Sønderjylland; MNS = Museum Nordsjælland; MMJ = Museum Midtjylland; MS = Museum Silkeborg; HA = Heimdal archaeometry.

Genstandstype	museum/ lokalitet	journalsnavn	x-nr.	Cu (%)	Sn (%)	Sb (%)	Pb (%)	Ni (%)	As (%)	Ag (%)	Sum (%)	Kilde
Ring	MS	SIM fingerring	–	91,49	4,82	0,82	0,34	0,39	0,53	0,35	98,74	HA
Halsring	MS	SIM 1493	–	91,39	4,80	1,02	1,45	0,34	0,43	0,19	99,62	HA
Tutulus	MS	SIM 1511	–	85,76	12,64	0,00	0,17	0,35	0,26	0,00	99,17	HA
Spiralarmring	Blæsbjerg	–	–	89,80	9,19	0,05	0,12	0,33	0,21	0,04	99,74	Livsage
Spiralarmring	Blæsbjerg	–	–	–	10,82	0,01	0,11	0,36	0,22	0,03	11,55	Livsage
Hængekar	Kostræde	–	–	92,60	4,65	1,40	0,13	0,29	0,40	0,42	99,89	Livsage
Tutulus	Kostræde	–	–	–	4,66	1,56	0,24	0,28	0,40	0,44	7,58	Livsage
Tutulus	Kostræde	–	–	94,30	1,57	1,58	0,08	0,46	1,24	0,63	99,86	Livsage
bæltedåse	Vrensted	–	–	–	3,18	1,42	0,00	0,48	0,50	0,41	5,99	Livsage
bæltedåse	Øster Han	–	–	–	4,91	0,99	0,12	0,42	0,16	0,26	6,86	Livsage
Halsring	Vallensgård	–	–	–	6,16	1,43	0,17	0,61	0,83	0,29	9,49	Livsage
Hængekar	Toftehøj	–	–	87,60	12,00	0,03	0,10	0,04	0,13	0,07	99,97	Livsage
Hængekar	Toftehøj	–	–	87,80	8,76	1,03	0,53	0,53	0,90	0,36	99,91	Livsage
Hængekar	Toftehøj	–	–	87,60	8,74	1,45	0,20	0,72	0,78	0,34	99,83	Livsage
Halsring	Toftehøj	–	–	87,50	10,33	0,01	0,15	0,02	1,64	0,05	99,70	Livsage
Halsring	Toftehøj	–	–	90,90	8,10	0,02	0,15	0,00	0,46	0,03	99,66	Livsage
Halsring	Toftehøj	–	–	89,10	9,32	0,04	1,08	0,08	0,22	0,03	99,87	Livsage
Halsring	Toftehøj	–	–	–	10,88	0,03	0,05	0,05	0,18	0,04	11,23	Livsage

Spiralarmring	-	Toftehoj	-	90,00	7,61	0,65	0,45	0,38	0,45	0,28	99,82	Liversage
Spiralarmring	-	Toftehoj	-	91,90	6,31	0,32	0,16	0,37	0,16	0,15	99,90	Liversage
Spiralarmring	-	Toftehoj	-	87,80	11,47	0,01	0,07	0,00	0,12	0,02	99,49	Liversage
Spiralarmring	-	Toftehoj	-	99,70	0,06	0,00	0,04	0,00	0,12	0,02	99,94	Liversage
Spiralarmring	-	Toftehoj	-	99,80	0,00	0,00	0,10	0,00	0,12	0,00	100,02	Liversage
Hængekar	-	Flø	-	88,80	7,98	1,48	0,09	0,46	0,50	0,68	99,99	Liversage
Hængekar	-	Flø	-	88,60	8,90	0,49	1,02	0,27	0,40	0,22	99,90	Liversage
Halsring	-	Flø	-	91,30	6,43	0,87	0,34	0,43	0,10	0,34	99,81	Liversage
Halsring	-	Flø	-	95,80	2,26	0,65	0,11	0,37	0,20	0,30	99,69	Liversage
Spiral	-	Flø	-	92,40	5,49	0,04	0,73	0,06	0,77	0,05	99,54	Liversage
Spiral	-	Flø	-	85,50	9,51	0,97	2,39	0,19	0,93	0,19	99,68	Liversage
Spiral	-	Flø	-	90,70	8,89	0,00	0,02	0,00	0,16	0,02	99,79	Liversage
Spiralarmring	-	Lysemosegård	-	88,50	8,21	0,94	0,88	0,40	0,26	0,36	99,55	Liversage
Hængekar	-	Lysemosegård	-	87,60	5,78	1,69	2,89	0,50	0,51	0,27	99,23	Liversage
Halsring	-	Horne	-	89,20	7,25	1,17	0,52	0,46	0,74	0,48	99,82	Liversage
Halsring	-	Horne	-	90,30	4,93	1,18	1,90	0,41	0,87	0,29	99,88	Liversage
Halsring	-	Horne	-	91,40	5,87	0,97	0,23	0,70	0,33	0,27	99,77	Liversage
Halsring	-	Horne	-	91,40	3,93	1,09	0,74	1,11	1,00	0,31	99,58	Liversage
Halsring	-	Horne	-	93,50	3,12	0,91	0,38	0,25	1,16	0,54	99,86	Liversage
Spiral	-	Horne	-	88,70	10,77	0,00	0,07	0,00	0,23	0,03	99,80	Liversage
Spiral	-	Horne	-	-	16,02	0,19	0,33	0,14	0,59	0,10	17,37	Liversage
Hængekar	-	Horne	-	82,70	15,22	0,35	0,24	0,23	0,68	0,15	99,57	Liversage
Halsring	-	Sogneskell	-	-	6,06	0,89	1,07	0,36	0,20	0,17	8,75	Liversage

Tab. 1, fortsættelse. Analyser af de i artiklen omtalte genstande. MSJ = Museum Sønderjylland; MNS = Museum Nordsjælland; MMJ = Museum Midtjylland; MS = Museum Silkeborg; HA = Heimdal archaeometry.

Table 1, continued. Analyses of the finds discussed in this article. MSJ = Museum Sønderjylland; MNS = Museum Nordsjælland; MMJ = Museum Midtjylland; MS = Museum Silkeborg; HA = Heimdal archaeometry.

Genstandstype	museum/ lokalitet	journalsnavn	x-nr.	Cu (%)	Sn (%)	Sb (%)	Pb (%)	Ni (%)	As (%)	Ag (%)	Sum (%)	Kilde
Halsring	Sognekell	–	–	86,20	10,05	0,59	0,12	0,56	1,45	0,24	99,21	Liversage
Vendelring	Antvorskov	–	–	88,00	9,18	0,13	0,65	0,12	0,11	0,14	98,33	Liversage
Vendelring	Antvorskov	–	–	87,40	9,29	0,41	0,29	0,10	0,57	0,09	98,16	Liversage
Halsring	Antvorskov	–	–	–	4,68	0,86	2,13	0,41	1,27	0,39	9,73	Liversage
Halsring	Antvorskov	–	–	90,00	5,79	0,53	0,39	0,26	1,22	0,22	98,42	Liversage
Vendelring	Råddenkær	–	–	–	1,14	1,79	3,16	0,60	0,86	0,77	8,32	Liversage
Halsring	Råddenkær	–	–	92,30	4,39	1,12	0,62	0,43	0,57	0,54	99,97	Liversage
Spiral	Langebjergshuset	–	–	–	9,39	0,02	0,12	0,02	0,11	0,04	9,70	Liversage
Halsring	Langebjergshuset	–	–	89,80	8,96	0,18	0,20	0,17	0,24	0,12	99,67	Liversage
Halsring	Stoense	–	–	87,30	12,32	0,01	0,12	0,03	0,12	0,04	99,94	Liversage
Halsring	Hammershus	–	–	87,50	11,01	0,47	0,17	0,16	0,40	0,13	99,84	Liversage
Halsring	Tongmark Mose	–	–	–	2,32	0,69	0,83	0,37	0,19	0,36	4,76	Liversage
Halsring	Tongmark Mose	–	–	95,80	0,59	0,79	1,63	0,34	0,43	0,41	99,99	Liversage
Vendelring	Sattrup	–	–	91,30	6,96	0,34	0,72	0,25	0,14	0,17	99,88	Liversage
Hængekar	Varde	–	–	91,10	7,03	0,70	0,10	0,45	0,20	0,25	99,83	Liversage
Hængekar	Varde	–	–	91,50	6,53	0,60	0,24	0,39	0,37	0,23	99,86	Liversage
Halsring	Sjælland	–	–	66,20	0,53	0,03	2,64	0,01	0,99	0,08	70,48	Liversage
Vendelring	Sjælland	–	–	94,80	2,19	0,12	2,08	0,05	0,37	0,10	99,71	Liversage

Vendeling	Korup Trøstrup	–	–	86,70	12,82	0,01	0,09	0,00	0,01	99,63	Livsage
Halsring	Skovsbo Mark	–	–	84,70	6,35	1,42	2,45	0,56	0,59	96,54	Livsage
Vulstring	Roskilde	–	–	71,80	6,94	0,03	0,48	0,14	0,23	79,64	Livsage
Vulstring	Roskilde	–	–	94,80	4,20	0,07	0,12	0,07	0,37	99,68	Livsage
Halsring	Borregård	–	–	92,00	5,49	0,69	0,50	0,28	0,42	99,65	Livsage
Halsring	Borregård	–	–	–	2,95	0,52	0,44	0,26	0,47	5,00	Livsage
Vendeling	Flintinge	–	–	88,90	5,59	0,75	3,01	0,28	0,13	99,01	Livsage
Halsring	Lammefjorden	–	–	–	6,55	0,39	1,15	0,21	0,73	9,20	Livsage
Hængekar	Lammefjorden	–	–	88,60	7,57	0,27	0,63	0,26	0,54	97,93	Livsage
Armring	Ejstrup	–	–	83,50	11,51	0,76	0,39	0,33	0,29	96,92	Melheim
Hængekar	Flø	–	–	88,80	7,98	1,48	0,09	0,46	0,50	99,99	Melheim
Hængekar	Flø	–	–	88,60	8,90	0,49	1,02	0,27	0,40	99,90	Melheim
Armring	Lysemosegård	–	–	94,30	3,14	0,81	0,14	0,45	0,31	99,51	Melheim
Hængekar	Lysemosegård	–	–	86,00	7,10	2,16	0,86	0,54	0,68	97,56	Melheim
Halsring	Antvortskov	–	–	85,60	10,01	0,17	0,29	0,11	0,05	96,27	Melheim
Halsring	Antvortskov	–	–	84,80	9,96	0,18	0,51	0,14	0,12	95,80	Melheim
Halsring	Antvortskov	–	–	91,50	4,53	0,87	5,00	0,44	0,80	103,57	Melheim
Halsring	Antvortskov	–	–	92,10	6,17	0,49	0,29	0,27	0,17	99,70	Melheim
Halsring	Flintinge	–	–	87,90	7,03	0,80	1,93	0,23	0,42	98,63	Melheim
Hængekar	Lammefjorden	–	–	84,40	11,10	0,71	1,58	0,34	0,56	98,86	Melheim

Litteratur

- Devogelaere 2017: J. Devogelaere, The colour palette of antique bronzes: an experimental archaeology project. EXARC 2017, 2, n.p.
- Harding 2000: A. F. Harding, European societies in the Bronze Age (Cambridge 2000).
- Kristiansen/Larsson 2005: K. Kristiansen/T. B. Larsson, The rise of Bronze Age society: travels, transmissions and transformations (Cambridge 2005).
- Kuijpers 2013: M. H. G. Kuijpers, The sound of fire, taste of copper, feel of bronze, and colours of the cast: sensory aspects of metalworking technology. In: M. L. Stig Sørensen/K. Rebay-Salisbury (red.) Embodied knowledge: Historical perspectives on belief and technology (Oxford 2013) 137–150.
- Kuijpers 2018: M. H. G. Kuijpers, An Archaeology of Skill: Metalworking Skill and Material Specialization in Early Bronze Age Central Europe. Routledge Studies in Archaeology 29 (London/New York 2018).
- Liversage 2000: D. Liversage, Interpreting impurity patterns in ancient bronze. Nordiske fortidsminder C1 (København 2000).
- Manti/Watkinson 2010: P. Manti/D. Watkinson, Hot-tinning of low tin bronzes. Presented at Metal 2010 – Proceedings of the Interim Meeting of the ICOM-CC Metal Working Group, Charleston, South Carolina, USA, 11–15 October 2010 (92–98).
- Mecking 2020: O. Mecking, The colours of archaeological copper alloys in binary and ternary copper alloys with varying amounts of Pb, Sn and Zn. Journal of Archaeological Science 121, 2020, 105–199.
- Melheim et al. 2018: L. Melheim/P. O. Grandin/K. Persson/K. Billström/Z. Stos-Gale/J. Ling/A. Williams/I. Angelini/C. Canovaro/E. Hjärthner-Holdar/K. Kristiansen, Moving metals III: Possible origins for copper in Bronze Age Denmark based on lead isotopes and geochemistry. Journal of Archaeological Science 96, 2018, 85–105.
- Mödlinger et al. 2017: M. Mödlinger/M. H. G. Kuijpers/D. Braekmans/D. Berger, Quantitative comparisons of the color of CuAs, CuSn, CuNi, and CuSb alloys. Journal of Archaeological Science 88, 2017, 14–23.
- Molloy/Mödlinger 2020: B. Molloy/M. Mödlinger, The Organisation and Practice of Metal Smithing in Later Bronze Age Europe. Journal of World Prehistory 33/2, 2020, 169–232.
- Nørgaard 2018: H. W. Nørgaard, Bronze Age Metalwork: Techniques and Traditions in the Nordic Bronze Age 1500–1100 BC (Oxford 2018).
- Radivojević et al. 2018: M. Radivojević/J. Penđić/A. Srejić/M. Korać/C. Davey/A. Benzonelli/Ž. Kamberović, Experimental design of the Cu-As-Sn ternary colour diagram. Journal of Archaeological Science 90, 2018, 106–119.
- Sørensen/Appleby 2018a: M. Sørensen/G. Appleby, The Production of Metal Objects. In: L. Bender Jørgensen/J. Sofaer/M. Stig Sørensen (red.), Creativity in the Bronze Age: Understanding Innovation in Pottery, Textile, and Metalwork Production (Cambridge 2018) 75–80.
- Sørensen/Appleby 2018b: M. Sørensen/G. Appleby, Forming Metal: The Development of Moulds. In: L. Bender Jørgensen/J. Sofaer/M. Stig Sørensen (red.), Creativity in the Bronze Age: Understanding Innovation in Pottery, Textile, and Metalwork Production (Cambridge 2018) 99–106.
- Thrane/Jouttijärvi 2020: H. Thrane/A. Jouttijärvi, A new Bronze Age hoard from Marie-minde at Langeskov on Funen, Denmark. Acta Archaeologica 91/2, 2020, 11–46.

Simone Bøgh Jensen
<simone@archaeometry.dk>
Smedeholm 20
2730 Herlev