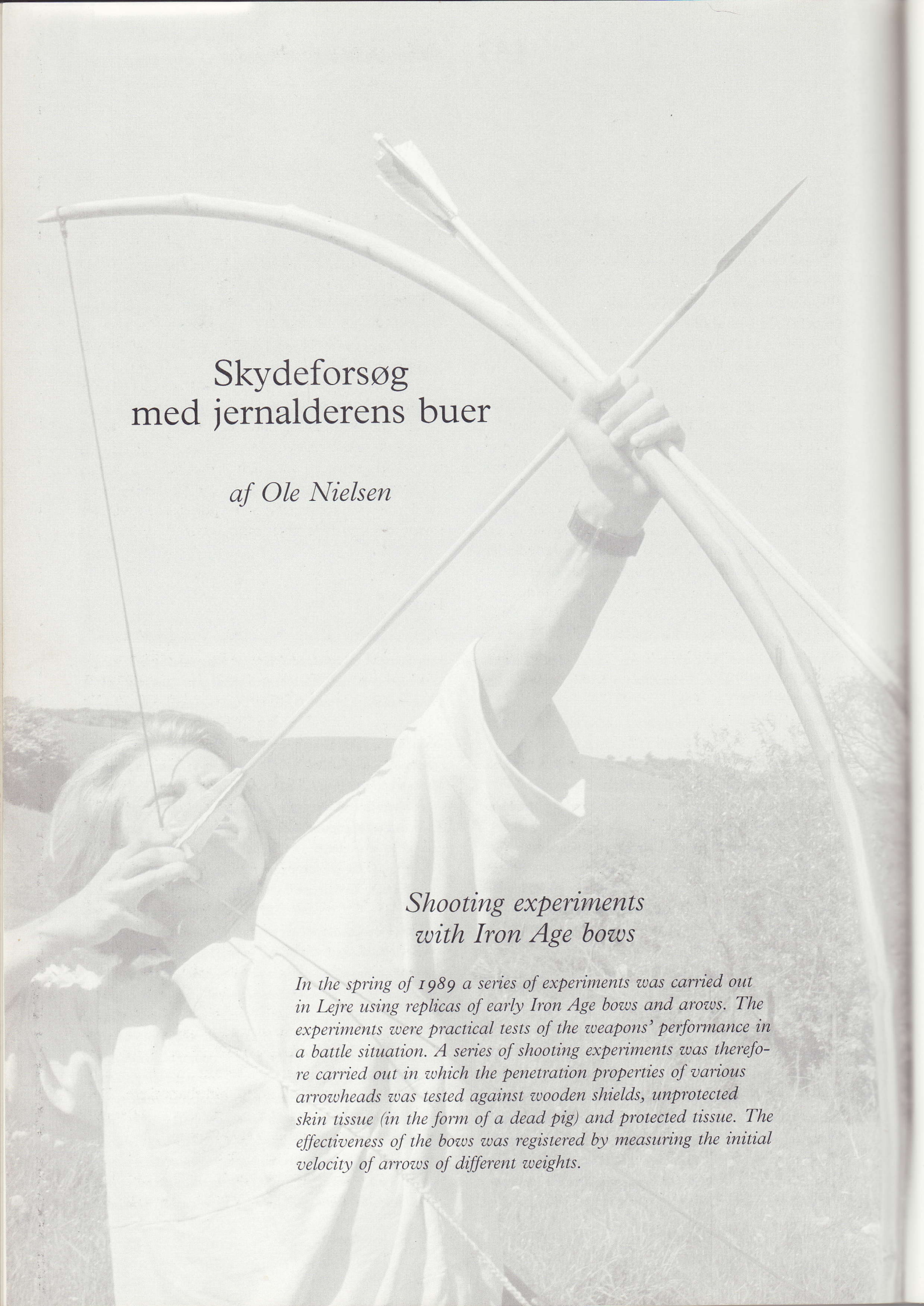


Eksperimentel Arkæologi

studier i teknologi og kultur
nr. I. 1991



Historisk-Arkæologisk Forsøgscenter
LEJRE



Skydeforsøg med jernalderens buer

af Ole Nielsen

Shooting experiments with Iron Age bows

In the spring of 1989 a series of experiments was carried out in Lejre using replicas of early Iron Age bows and arrows. The experiments were practical tests of the weapons' performance in a battle situation. A series of shooting experiments was therefore carried out in which the penetration properties of various arrowheads was tested against wooden shields, unprotected skin tissue (in the form of a dead pig) and protected tissue. The effectiveness of the bows was registered by measuring the initial velocity of arrows of different weights.

GRUNDIGE UNDERSØGELSER AF langbuerne fra de store kendte våbenofferfund Thorsbjerg, Vimose, Nydam I og Kragehul, er denne artikels udgangspunkt. De fire mosefund med store mængder af ofret militært udstyr, blev på eksemplarisk vis udgravet og publiceret af Conrad Engelhardt i 1860'erne (Engelhardt 1863, 1865, 1867a og 1867b). Foruden sværd, spyd, lanser, skjolde og personligt udstyr indeholder fundene også en unik samling af velbevarede langbuer og pile fra omkring 200-400 e.kr.

Tiden er løbet fra publikationerne af fundene, og vil man idag have et mere nuanceret billede af disse våben, må der nye undersøgelser til. Siden 1860'erne er der enkelte der har beskæftiget sig med buerne og pilene (Clark 1963; Beckhoff 1963 og 1968; Raddatz 1963; Rausing 1967), men oftest 'en passant', ved behandling af andre buer. Forfatteren besluttede derfor at lave en grundig undersøgelse af de buer og pile fra fundene, der idag findes på Nationalmuseet i København. Ved undersøgelserne opstod en række spørgsmål, der ikke umiddelbart lod sig besvare; spørgsmål af mere eller mindre teknisk karakter: Hvor langt kunne man skyde? Hvor kraftige var buerne? Og hvilken effekt havde pilene, når de ramte?

I forsommeren 1989 blev der på Historisk Arkæologisk Forsøgscenter – økonomisk støttet af centrets forskningssum – foretaget en række forsøg med replika ¹ af den ældre jernalders buer og pile. Forsøgene var en praktisk afprøvning af våbnets effektivitet i en kampsituation. Derfor udførtes en række indskydningsforsøg hvor forskellige pilespiders gennemtrængningsevne blev prøvet mod træskjolde, ubeskyttet vævsmateriale – i form af en død gris, samt beskyttet vævsmateriale. Buernes effektivitet målt gennem registrering af udgangshastigheden for pile med forskellig vægt.

Buerne

Ældre jernalders krigsbuer er langbuer – oftest lavet af takstræ (*Taxus baccata*).² De er nærmest tenformede, idet de er tykke på midten og spidser til mod begge ender. Buernes tværsnit kan være rundt, ovalt eller afrundet D-formet. Rygsiden, dvs. den side, der vender ud mod målet, er i reglen fladere end bugsiden. De fleste har en længde på mellem 170 og 190 cm, men der findes såvel kortere som længere

eksemplarer. Bredden på midten varierer fra 2,6 til 3,0 cm, mens tykkelsen kan variere fra 2,1 til 2,9 cm. Henved 4-9 cm fra begge ender er der i den ene side indskåret en kærve som har tjent til fastholdelse af strengen, når buen var spændt.

Buerne er, som de ser ud i dag, reflekse, dvs. at de buer den forkerte vej. Det fik i sin tid udgraveren, Conrad Engelhardt til at antage, at buernes flade side var den, der vendte ind mod skytten (Engelhardt 1865:29). Den måde buerne er bygget på, med træets splintved på den flade side, viser imidlertid at det må være lige omvendt.³ Den sandsynligste årsag til at buerne idag vender den anden vej må skyldes at splintvedet, der er mindre bastant end kernevedet, har trukket sig sammen under opholdet i mosen, og således trukket hele buen mod rygside.

Pilene

Pileskafterne er af udspaltet ved, oftest fyr (*Pinus silvestris*) eller ask (*Fraxinus excelsior*). Også disse er tenformede, idet de er tykke på midten og smalner til mod begge ender. Længden ligger oftest mellem 70-90 cm, og 10-17 cm fra bagenden er der skåret en afsats, der markerer overgangen til fjerlejet – det sted på pilen, hvor styrefjerene er monteret. Fjerlejet bliver gradvist tyndere indtil 2-3 cm fra bagenden, hvor skaffet igen udvides og ender i en kærveknop med omtrent samme tykkelse som pilens midte. I kærveknoppen er indskåret/filet en U- eller V-formet kærve for at sikre buestregens greb i pilen under afskydning. Styrefjerene ses i dag kun som aftryk i den masse af birkebarkstjære,⁴ der sammen med en bevikling har holdt fjerene fast. Langt de fleste jernalderpile har haft 4 radialt monterede styrefjer, men der kendes eksempler på pile med 3 eller 5 fjer. Ofte ligger styrefjerens længde på mellem 9 og 12 cm men variationsbredden rækker fra 5,5 cm til 13,5 cm. Skaffet er i spidsenden enten spaltet til en pilespid med tange eller tilspidset til montering af pilespid med dølge. Tangespidser har været holdt fast med en trådsurring, der ligesom på fjerlejet har været sikret med birkebarkstjære. Døllespidserne har enten været naglet fast til skaffet eller været fæstet med tjære eller andet klæbestof.⁵

Pilespidserne kan være af såvel ben som jern. De hyppigste former er spidser med fladt skærende blad, smalt firsidet blad med en eller to fortykninger eller

tresidet blad. De to førstnævnte typer findes i både jern og ben, mens den sidstnævnte kun findes i ben.

Produktion af replika

Til forsøgene blev der produceret to langbuer i taks-træ og en række pile i fyrretræ. Pilene fik monteret styrefjer og pilespidser, i ben og jern af forskellig type. Til skydeforsøgene blev der ydermere lavet et stykke ringbrynje og 2 træskjolde.⁶

Buerne

Buerne der blev lavet til forsøgene, svarer til de kraftigste af de originale langbuer, hvilket man naturligvis må huske på, når man vurderer forsøgsresultaterne.

Bue I er lavet af et stykke dansk, langsomt vokset taks med meget tætte årringe. Selve buen indeholder 56 årringe, hvoraf de 16 er splint. Stykket indeholder desuden mange knaster. Buen er lavet af 'grønt', dvs. helt friskt og endnu saftholdigt træ.

Bue II er lavet af et stykke taks fra Lübeck. Det er noget hurtigere vokset, idet stykket kun indeholder 18 årringe, hvoraf de 8 er splintringe. Denne bue indeholder kun få og små knaster. Træet havde været tørt i ca 1½ år, da bue 2 blev lavet.

| Replikabuernes data: | Bue I: | Bue II: |
|----------------------|----------|----------|
| Totallængde | 173,5 cm | 191,0 cm |
| Aktiv længde | 165,0 cm | 177,5 cm |
| Bredde på midten | 3,0 cm | 3,1 cm |
| Tykkelse på midten | 2,8 cm | 2,8 cm |
| Vægt ved 72 cm træk | 25,0 kg | 30,0 kg |

Buestrengene blev lavet af hør, et materiale, man har haft i ældre jernalder og, som er fhv. let, stærkt og uelastisk. Strengene blev imprægneret med beg og bivoks for at beskytte mod fugt og hindre, at hør-taverne flossede op under brugen.

Pileskafterne

Disse blev fremstillet af fyrreved. De er 80 cm lange, mellem 1,0 og 0,9 cm tykke på midten, og smalner til mod begge ender. 3 cm fra spidsen er diameteren ca 0,8 cm, mens det tyndeste sted på fjerlejet er 0,6-0,7 cm. Tværsnittet er rundt i hele pilens længde.

Spidsenden er spaltet op til montering af pilespidser med tange. Spidserne holdes fast til spalten med en stram trådsurring, der igen er sikret af birke-barkstjære.⁷

På fjerlejet sidder styrefjerene monteret i en klæbemasse,⁸ fastholdt af en trådbevikling. I skydeforsøgene anvendtes altid pile med fire, 11,5 cm lange styrefjer. I andre forsøg, der havde til hensigt at belyse fjerenes funktion, var styrefjerenes antal, længde og øvrige udformning varierende.

Kærven er U-formet og fileet ned i den fortykkede kærveknop. For at forhindre buestrengen i at spalte pilens bagende ved afskydningen er fjerbeviklingen ført helt op til kærveknoppen.

Pilespidserne

Til forsøgene valgtes seks spidstyper – 3 i ben, 3 i jern – der er almindelige i Nydam I, Vimose og Kragehul. Typerne C og F svarer til Raddatz's type B, mens A, B, D og E alle svarer til type A (Raddatz 1963:49-50). Alle typer er med tange. Spidstyperne ses afbildet på fig. 1.

| beskrivelse | længde | vægt |
|-----------------------------------------------------|---------|---------|
| A: Tresidet benspids. | 16,5 cm | 15-18 g |
| B: Firsidet benspids m. én fortykning på bladet. | 16,5 cm | 14-15 g |
| C: Bladformet benspids. | 14,5 cm | 10-13 g |
| D: Firsidet jernspids m. to fortykninger på bladet. | 14 cm | 11-12 g |
| E: Firsidet jernspids med én fortykning på bladet. | 11,5 cm | 7-8 g |
| F: Bladformet jernspids | 14 cm | 20-23 g |

Skjoldene

To runde træskjolde blev lavet til skydeforsøgene. De er sammensat af 10 glathøvlede brædder.⁹ Diameteren er ca 95 cm, de er 0,9-1,0 cm tykke på midten og ca. 0,7 cm ved kanten. Sidstnævnte er forstærket med en skindkantning. I modsætning til originalerne, blev der ikke monteret skjoldbuler på replika-skjoldene.¹⁰

Det ene skjold er lavet halvt i lind (*Tilia vulgaris*) og halvt i egetræ (*Quercus robur*), for på én gang at undersøge en blød, let og en hård, tung træsort.¹¹ Det andet skjold er helt i lind, beklædt på forsiden med blødt 1,5-2,0 mm tykt blødt skind. Begge skjolde havde håndtag i egetræ.

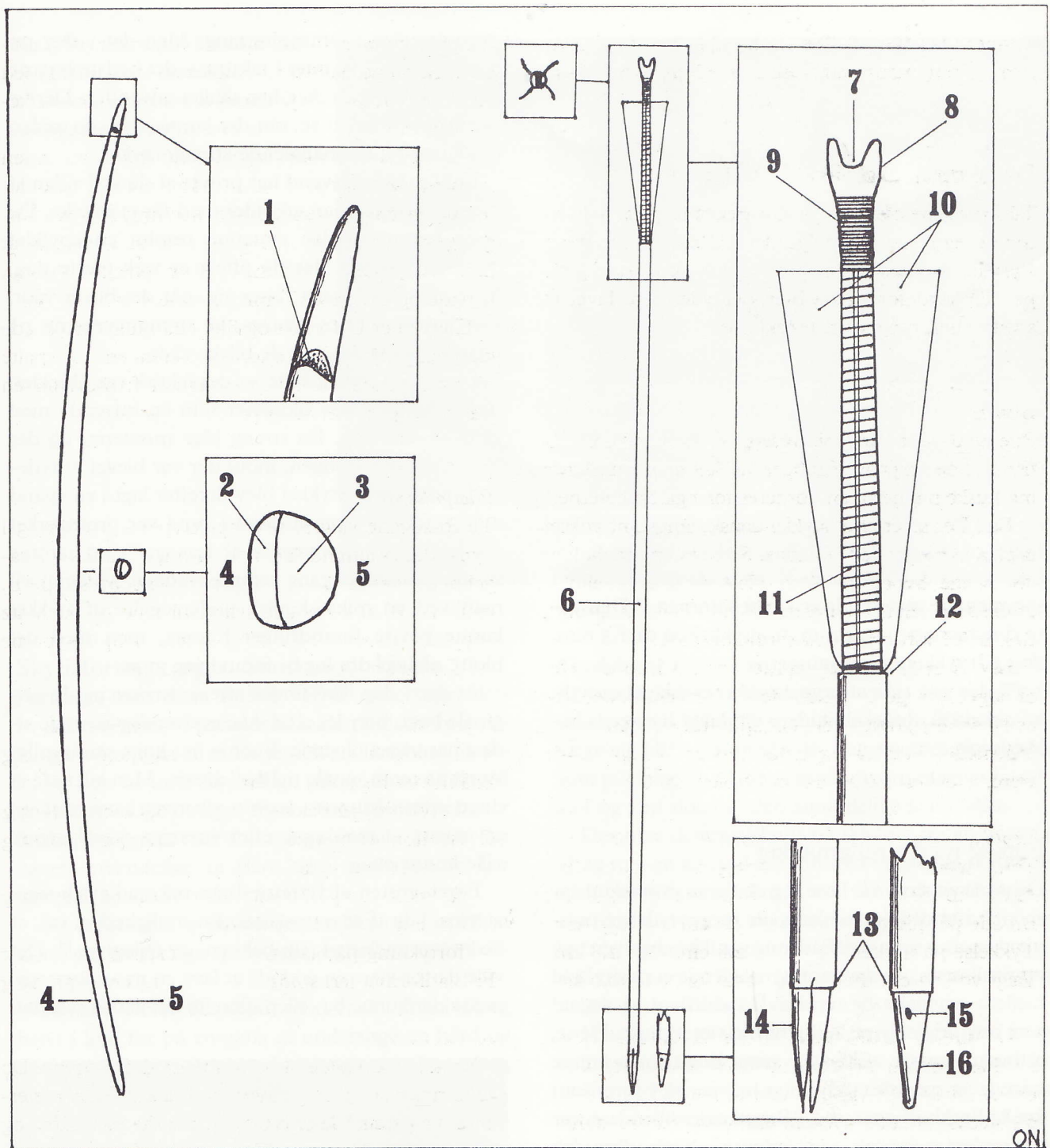


Fig. I. Nomenklaturark. 1. kærve; 2. Splintved; 3. kerneved; 4. ryg; 5. bug; 6. pileskaft; 7. kærve; 8. kærveknop; 9. trådsurring; 10. styrefjer; 11. fjerleje; 12. afsats; 13. afsats; 14. pileskaft spaltet til montering af pilespids med tange; 15. naglehul; 16. Pileskaft spidset til montering af pilespids med dølge.

■ 1. nock; 2. sapwood; 3. heartwood; 4. back; 5. belly; 6. arrowshaft; 7. nock; 8. thickening around the nock; 9. winding; 10. tail feathers; 11. feather-logde; 12. shoulder; 13. shoulder; 14. arrowshaft, split for tanged arrowhead; 15. rivet hole; 16. arrowshaft pointed for arrowhead with socket.

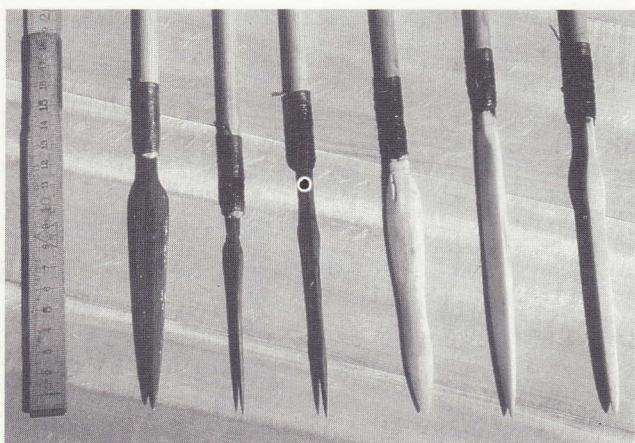


Fig. 2. Fra venstre ses replika af pilespidstype F, E, D, C, A, B
 ■ Arrowhead replicas, from left to right: F, E, D, C, A, B

Ringbrynjen

Der blev lavet et brynjestykke på ca. 40 x 40 cm med omkring 6000 ringe. Hveranden ring er svejset sammen, de resterende er klempt sammen.¹² Den ydre ringdiameter er 12 mm, trådtykkelsen ca 1,5 mm, dog lidt tykkere i svejsningerne.

På den ene side af brynjestykket er påsyet et stykke uldtekstil, der skal illudere en del af bærerens beklædning.

Forsøg med strengmærker

Da replikabuerne var lavet, og de første prøveskud var skudt, viste der sig ved kærvene meget tydelige presmærker efter strengen. Sådanne var ikke observeret på originalbuerne, så der var tilsyneladende et misforhold mellem originaler og replika. Umiddelbart så det ud som om, originalerne aldrig havde været brugt. Dette, at buerne måske aldrig har været brugt, men kunne være lavet specielt med ofring for øje, blev foreslået i 1968 (Beckhoff 1968:100). Baggrunden for ideen var en undersøgelse af 14 Nydam I buer, der idag befinder sig i Slesvig. Undersøgelsen viste, at kun halvdelen af disse var lavet af takstræ, mens de resterende var af fyr (Beckhoff 1963). Da fyrretræ er så godt som uanvendelig som buetræ til simple langbuer, undrede det naturligvis en del, at halvdelen af buerne var af denne træsort. Offerteorien skulle forklare buernes manglende funktionsduelighed.

Umiddelbart betragtet peger de manglende

strengmærker i samme retning. Men det virker nu ikke logisk at lave buer i takstræ – det bedste buetræ i verden – hvis de ikke har skullet anvendes. Derfor var det naturligt at se, om der kunne være en anden forklaring på de manglende strengmærker.

Enhver tømrersvend har prøvet at slå ved siden af et søm, så træet han arbejder med får et mærke. De fleste placerer i den situation resolut en spytklat oven på mærket, der da oftest er væk næste dag. Med andre ord træet rejser sig, når det bliver vådt. Det kunne således tænkes, at strengmærkerne på buerne forsvinder, når de bliver våde.

Et simpelt forsøg viste, at det faktisk var tilfældet. Et stykke taks blev tildannet som en buende med kærve til strengen. En streng blev monteret, og der blev trukket i strengen, indtil der var blevet et tydeligt presmærke. Stykket blev derefter lagt i en spand med vand, og efter et døgn i vand var presmærket forsvundet. En gentagelse af forsøget med samme stykke gav nok engang samme resultat. Muligvis vil man ved en mikroskopisk undersøgelse af stykket kunne påvise forandringer i træet, men med det blotte øje var der ingen forandring at se.

At der i dag ikke findes strengmærker på de originale buer, betyder altså ikke nødvendigvis, at de aldrig har været til stede. Buerne har højst sandsynligt været anvendt, nogle måske i årevis. Men allerede et døgn efter ofringen i mosen vil træet have rejst sig så meget, at mærkerne efter strengen ikke længere ville kunne ses.

Forekomsten af fyrretræs-buer må stadigvæk siges at være lidt af et mysterium. En mulighed er vel, at vedbestemmelserne simpelthen er fejlagtige.¹³ Det ville derfor være en god idé at lave en ny vedbestemmelse der kunne be- eller afkræfte det gamle resultat.

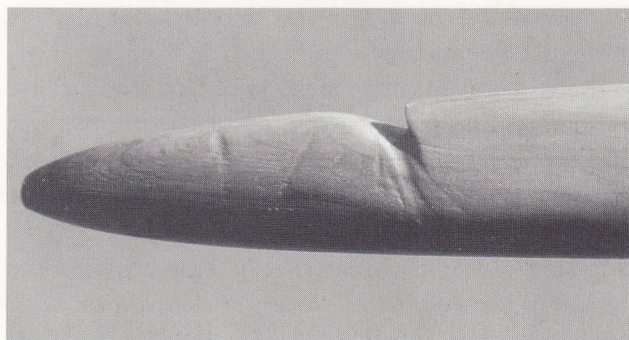
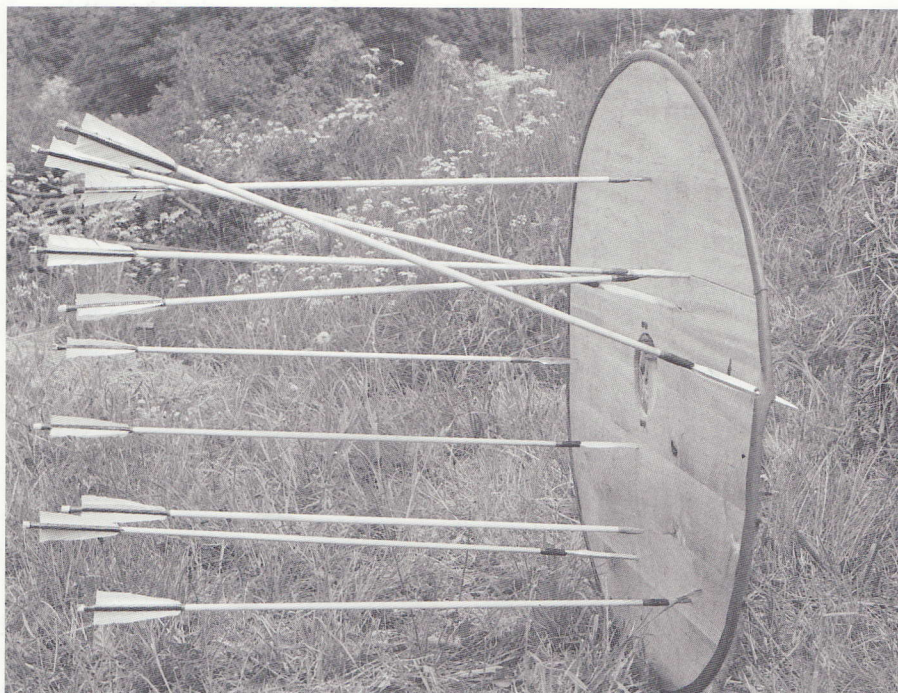


Fig. 3. Presmærker efter strengen på replika-bue I, Fot: HAF.
 ■ Pressure marks left by the string on bow I

Fig.4. Skydeforsøg 1: Skjold af lind og eg efter første skudserie.

■ *Shooting experiment 1: Lime and oak shield after the first series of shots.*



Skydeforsøg 1 og 2: Skud mod skjolde

Formålet med disse forsøg var at undersøge, dels hvordan replika af jernalderskjolde modstår beskydning med replika af ældre jernalders langbuer og pile, og dels at teste forskellige pilespiders effekt på skjoldene. De mange forskellige spidstyper der findes, har givet haft forskellige formål. Nogle har været anvendelige til flere ting, mens andre har været til specialformål.

Skydeforsøg 1-4 havde derfor bl.a. til formål at klarlægge forskellige spidstypers egnethed til forskellige opgaver.

I forsøg 1 blev der skudt mod et skjold halvt i eg halvt i lind for på én gang at undersøge en hård og en blød træsort. Skjoldet havde en skindkantning, men ingen skjoldbule.

I forsøg 2 blev der skudt mod et skindbeklædt lindeskjold for at undersøge, om en skindbeklædning har en forstærkende effekt på skjoldet. Der kendes en del eksempler på skindbeklædte jernalderskjolde (Arvidsson 1942:35-44, 1954:53-61, 1977:33-39; Engelhardt 1863:31-38)

I hvert forsøg anvendtes tolv fyrretræspile monteret med de 6 forskellige spidstyper samt replikabue I og II.

Skydeforsøg 1

Et træskjold blev i håndtaget bundet fast til en pæl således, at det var fikseret, men alligevel kunne bevæge sig lidt fra side til side. Bag skjoldet placeredes som pilefang en plade af et skumgummiagtigt kunststof og ved siden af den almindelige halmballer.

Der blev derefter skudt på skjoldet fra en afstand af 29 m – en afstand der intuitivt valgtes af skytterne som værende nogenlunde træfsikker. I den forbindelse skal nævnes, at skytterne ikke på forhånd havde haft lejlighed til at afprøve pilene, der i vægt svangede fra 34-57 g. Disse faktorer var medvirkende ved valget af den forholdsvis korte distance.

Hver af de to skytter¹⁴ fik seks pile, en med hver spidstype, som de skød mod målet. De pile, der ikke ramte ved første forsøg, blev indsamlet og, såfremt spidserne ikke var beskadigede, atter skudt mod målet, indtil alle havde ramt eller var blevet ødelagt. Efter første skudserie blev proceduren gentaget med de endnu uskadte pile.

Hver enkelt pil var nummereret, så skudhullerne i skjoldene kunne mærkes med pilens nummer samt skudserienummeret. Skaderne kunne således senere undersøges og beskrives under et. Såvel skudserier som arbejdet imellem serierne, blev desuden dokumenteret på video og foto.¹⁵

Resultater

Alle spidstyper formåede at trænge igennem skjoldbrædderne, så spidsen var synlig på bagsiden. Der kunne ikke umiddelbart ses nogen forskel på effekten af pile skudt med bue I i forhold til bue II. Efter begge skudserier var skjoldet sønderskudt. Flere lindebrædder var flækket helt eller delvist igennem. Enkelte steder var det udelukkende skindkanten, der holdt skjoldet sammen. Det fremgik, at den halvdel af skjoldet, der var af egetræ holdt bedst til beskyddingen. Der var i denne halvdel ingen brædder, der flækkede ret igennem.

Spidstype A var uden sammenligning den type, der havde den største ødelæggende effekt på skjoldet. Den kompakte benspids fungerede nærmest som en kile, der flækkede brædderne op. Foruden den spaltende effekt lavede den også nogle karakteristiske trekantede huller, som det burde være muligt at genfinde i det arkæologiske materiale. Spidserne tog ikke skade ved anslaget. Selv når spidserne traf noget så solidt som den stolpe, skjoldet var bundet til, gik de ikke i stykker. Til gengæld havde de en evne til at kile sig så fast, at de oftest brækkede under forsøget på at rykke dem fri.

Spidstype B fungerede lidt på samme måde som type A. Blot var dens ødelæggende kraft knap så imponerende. Den noget spinklere spids var også mere udsat for skader. Hullerne blev meget karakteristiske, firsidede og må kunne genfindes i det arkæologiske materiale. Bladets udposning havde ingen effekt i dette forsøg. Spidsen trængte aldrig helt ind til denne. Type B er sandsynligvis type D - E, blot om-sat til ben. Både den firsidede form og udposningen peger i den retning.

Spidstype C var helt klart ikke egnet til at beskyde skjolde med. Typen var ganske enkelt for spinkel til dette formål. Begge spidser blev ødelagt ved første anslag. Gennemtrængningsevnen var afhængig af hvorledes den brede spids ramte træets fibre. Når spidsen ramte parallelt med fibre, var gennemtrængningsevnen bedst, men dog ikke imponerende. Hullet efter spidserne blev fladt-rombisk.

Spidstype D havde kun en meget lille ødelæggende effekt på skjoldbrædderne, men til gengæld en god gennemtrængningsevne. Spidserne satte sig i reglen fast mellem de to fortykninger på bladet og kunne være meget svære at rykke ud igen. På bagsiden af skjoldet sad de som syle og gjorde nærkontakt med

skjoldet ubehageligt. Hullerne efter dem var kvadratiske med udtrukne hjørner, nærmest som efter et almindeligt søm.

Spidstype E fungerede helt som type D, blot satte spidserne sig fast lige foran bladets fortykning og var således lettere at rykke ud igen.

Spidstype F har ikke den store gennembrydnings-evne i træ, og ligesom ved type C afhænger gennemtrængningen af, hvordan spidsen træffer i forhold til træets fiberforløb. Spidsen er helt klart ikke konstrueret til at gennembryde træskjolde. Hullerne blev smalle, spidsovale og noget fladere end hullerne efter type C.

Den almindeligste skade på jernspidserne var at den yderste spids blev krøllet rundt. Skader det vil være ganske let at udbedre. Mere fatale er skaderne på benspidsene. På de spinkle type C spidser, splintres den yderste spids fhv. let. Type A og B er mere kompakte og splintres ikke så let ved anslaget. Derimod brækker de næsten uundgåeligt, hvis de har kilet sig fast i et stykke træ, og man forsøger at rykke dem ud.

Skader på skafterne er sjældne. Der blev anvendt ialt 48 pile i de samlede skydeforsøg, men der opstod kun to skaftskader – begge i dette forsøg. Den ene skade skyldtes et svagt sted i træet. Skaftet brækkede derfor under forsøg på at rykke pilen ud af skjoldet. I det andet tilfælde var en type C spids blevet trykket lidt tilbage i skaftet ved anslaget. De yderste snore i surringen sprang, men skaftet spaltedes ikke.

Skydeforsøg 2: Udførelse og dokumentation

Forsøget forløb i det store hele som ved første forsøg, blot blev der denne gang kun skudt en enkelt serie pile før skjoldet kollapsede. Forsøget dokumenteredes som ved første forsøg. Desuden blev der denne gang målt hvor langt pilene stak ud på skjoldets bagside.

Resultater

Der sås i det store hele det samme billede som ved første forsøg. Skindet på skjoldets yderside havde tilsyneladende ikke nogen bremsende effekt på pilene. Det formåede heller ikke at holde bedre sammen på



Fig. 5. Skydeforsøg 1: Skjoldet efter anden skudserie. Pil med type A er trængt igennem på den anden side.

■ *Shooting experiment 1: The same shield after the second series of shots. The arrowhead type A has penetrated the shield through to the other side.*

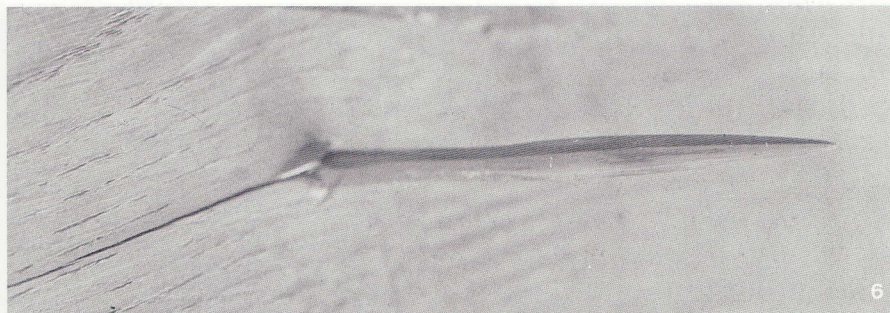


Fig. 6. Skydeforsøg 1: En type D spids har gennemtrængt et egebrædt. Fot: H.S.Rasmussen, HAF.

■ *Shooting experiment 1: A type D arrowhead has penetrated an oak plank.*



Fig. 7. Skydeforsøg 1: En type F spids stikker ud på skjoldets bagside. Fot: H.S.Rasmussen, HAF.

■ *Shooting experiment 1: A type F arrowhead sticking out from the back of the shield.*

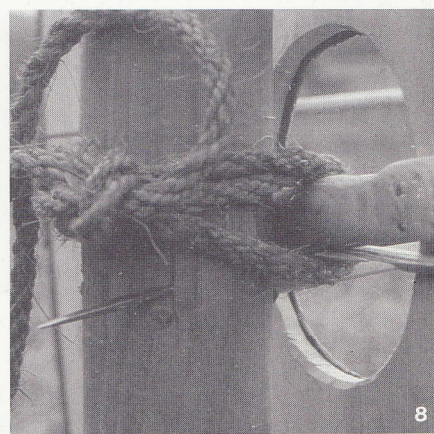


Fig. 8. Skydeforsøg 2: En type D spids har gennemboret skjoldets håndtag og den bagved stående pæl.

■ *Shooting experiment 2: A type D arrowhead has pierced the shield handle and the post behind it.*

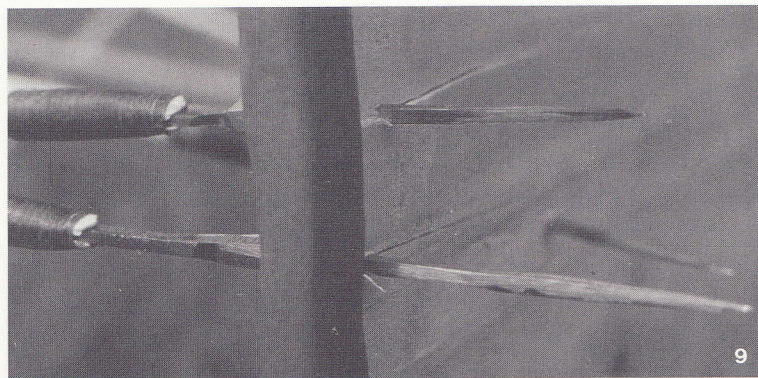


Fig. 9. Skydeforsøg 2: Type D og E spidser har gennemboret det skindbeklædte skjold. Fot: H.S.Rasmussen, HAF.

■ *Shooting experiment 2: Types D and E have pierced the skin covered shields.*

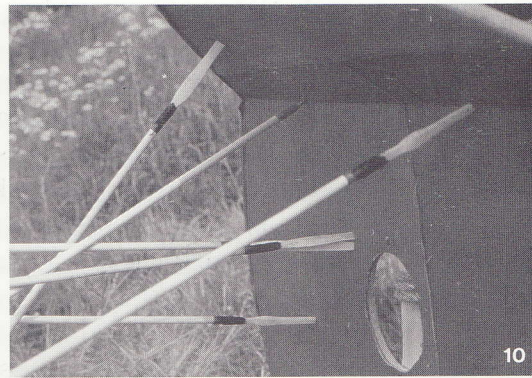


Fig. 10. Skydeforsøg 2: Skjoldet kolapsede efter en enkelt skudserie.

■ *Shooting experiment 2: The shield collapsed after the first series of shots.*

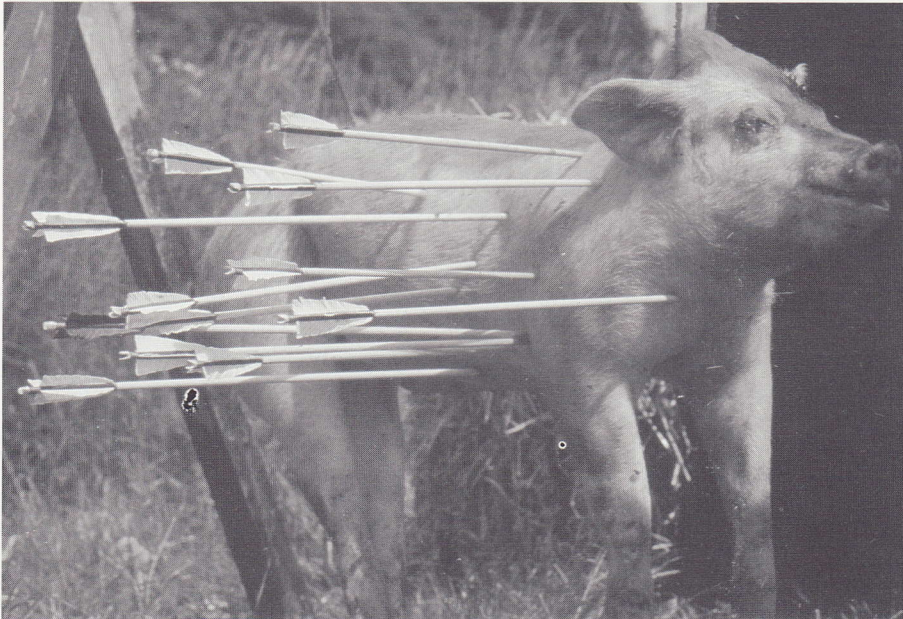


Fig. 11. Skydeforsøg 3. Grisen, som den så ud efter beskydningen.

Fot: H.S.Rasmussen, HAF.

■ *Shooting experiment 3.*

skjoldet, der i sidste skud kollapsede helt. Det er muligt, at en dobbeltsidig skindbeklædning, som den kendes fra skjoldene i Valsgårde (Arvidsson 1942, 1954 og 1977), vil kunne holde bedre sammen på skjoldet, men det vil næppe forhindre brædderne i at flække.

Ved at måle spidsernes gennemtrængning var det muligt at se en lidt større gennemtrængningsevne ved pile skudt med bue II i forhold til bue I. Forskellen var dog ikke stor og ville sandsynligvis ikke være blevet bemærket, hvis der ikke var blevet målt efter.

Skydeforsøg 3: Skud mod gris

De undersøgte langbuer har først og fremmest været et krigsvåben, anvendt mod mennesker. Formålet med dette forsøg var at give et indtryk af, hvilke skader buerne og pilene vil kunne forvolde på et menneske. Valget af grisen som forsøgsdyr skyldes derfor, at grisens anatomi på mange måder minder meget om menneskets. Såvel huden som torso's dimensioner svarer meget godt til menneskets.

Dette forsøg danner desuden sammenligningsgrundlag for det fjerde skydeforsøg: Skud mod gris med ringbrynje.

I forsøget anvendtes en aflivet gris på ca. 60 kg, et stativ til ophængning af grisen, 12 pile samt bue I og II.

Udførelse og dokumentation

Grisen blev hængt op i et stativ, så den var lidt hævet fra jorden. Bag den var det samme pilefang som ved skjoldforsøgene.

En enkelt serie pile blev derefter skudt mod grisen fra en afstand af 25 m. De pile der ikke ramte i første forsøg blev indsamlet og skudt igen, indtil alle havde ramt.

Hvert skudsår blev mærket med pilenummer samt skudserienummer, så det under obduktionen af grisen ville være muligt at følge de enkelte piles vej ind i grisen. Pilenes indtrængning i grisen blev målt. Desuden blev forsøget foto- og videodokumenteret.

Resultater

Fra en afstand af 25 m var alle pilene i stand til at gennemtrænge grisens hud og trænge ind i kroppen. En enkelt pil gik endda igennem kroppen, så spidsen stak ud på den anden side. Indtrængningen i grisen svingede fra 9,5-44,2 cm, hvor sidstnævnte som sagt stak ud på den anden side. Ved 9 ud af 12 pile lå indtrængningen dog imellem 16 og 28 cm.

En grisekrop er langt fra homogen. Pilenes indtrængen vil derfor i høj grad afhænge af, hvor på kroppen man rammer. En pil, der rammer i den bløde, knoglefattige bugregion vil derfor oftest gå dybere, end en pil, der rammer i den knoglerige brystregion. Man kan derfor ikke tage pilenes indtrængen

som et absolut udtryk for hverken buernes kraft eller spidsernes gennemtrængningsevne.

Spidstype A laver et sår, nærmest som en trebenet stjerne med konkave sider, og minder således om de gammeldags bajonetter med tre ægge. Et sår af den type lukkes kun vanskeligt og rammes vitale organer eller blodkar, må man regne med et betydeligt blodtab.¹⁶ Gennemtrængningsevnen i kødvæv er god.

Spidstype B laver et sår af form som en firkant med let udtrukne hjørner. Da kanterne ikke er direkte skarpe, formodes spidsen at ødelægge en del væv, i det den presser sig vej. Det resulterer i, at blødningen hurtigere stopper.¹⁷ Gennemtrængningsevnen i kødvæv er nogenlunde.

Spidstype C laver et spidsovalt sår, i det de forholdsvist skarpe ægge skærer sig i hver sin retning. Rammes vitale organer eller blodkar, er blødningen betydelig – oftest dødelig. Såret lukkes imidlertid let igen, hvis intet vitalt rammes. Gennemtrængningsevnen i kødvæv er god.

Spidstype D laver et lille firkantet sår med udtrukne hjørner, præcis som et søm. Blødningen fra sådan et sår er begrænset, så medmindre et af de allermest vitale organer som hjerte, lunger eller pulsårer rammes, vil en sådan spids sjældent være hurtigt dræbende. Gennemtrængningsevnen i kødvæv er glimrende.

Spidstype E fungerer næsten som type D. Eneste forskel er, at type E har lidt dårligere gennemtrængningsevne. Det behøver imidlertid ikke have noget med selve spidsens udformning at gøre, men kan sim-

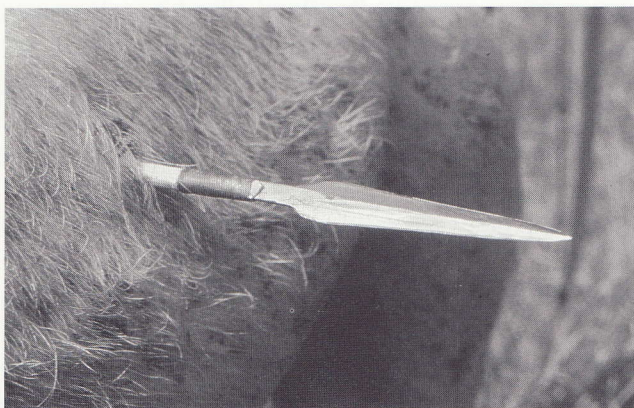


Fig.12. En pil med en type F spids er trængt igennem grisens bagkrop, og stikker ud på den anden side. Fot: HAF.

■ *An arrow with a type F head has pierced the back of the pig and emerges from the other side.*

pelthen skyldes, at de pile, der blev udstyret med type E spidserne, var lettere end pilene med type D spidser.

Spidstype F laver et bredt spidsovalt sår. Snittet er rent, og læderingen af det omliggende væv begrænset. Såret kan sammenlignes med det, man pådrager sig, når man skærer sig med en skarp kniv. Blødningen er kraftig, og rammes vitale organer eller blodkar er såret dødeligt inden for få minutter. Hvis ingen vitale organer rammes, lukkes såret imidlertid forholdsvist let, og de rene sårflader vokser nemt sammen. Gennemtrængningsevnen i kødvæv er glimrende.

Pilene slap næsten uskadte fra forsøget. Kun 3 pile havde fået beskadiget den alleryderste spids ved kontakt med grisens knogler. To benspids – type B og C – havde fået afsprængt den alleryderste lille spids. Skaderne var dog så ubetydelige at ingen af skaderne sås ved første øjekast. En type E spids fik desuden krøllet den alleryderste spids rundt.

Skydeforsøg 4: skud mod gris med brynje

Selvom det uden tvivl kun har været et fåtal af jernalderens krigere, der har haft brynjer, kunne det være interessant at se, om de virkelig har ydet en effektiv beskyttelse – i dette tilfælde mod pileskud – eller om der udelukkende er tale om et statussymbol.

Da der desuden er uenighed om, hvordan de originale ringbrynjer er lavet, var der her en mulighed for at teste de to opfattelser ud fra et funktionelt synspunkt.¹⁸ I forsøget anvendtes den samme gris som i skydeforsøg 3. Et stykke ringbrynje ca. 40x40 cm, med omkring 6000 ringe. Desuden 12 pile med forskellige spidstyper, samt bue I og II.

Udførelse og dokumentation

Opstillingen var helt den samme som i forsøg 3, blot blev brynjestykket monteret, så den dækkede grisen i et ca 35 cm bredt bælte rækkende fra skulder og ryg til nedenfor bugen, hvor den hang løst. Der blev fra en afstand af 25 m skudt indtil alle spidstyper havde haft kontakt med brynjen.

Skudsårene blev mærket med pilenummer og skudserienummer til brug ved obduktionen af grisen. Brynjestykket samt udfaldne ringe blev gemt som dokumentation. Desuden blev forsøget foto- og videodokumenteret.

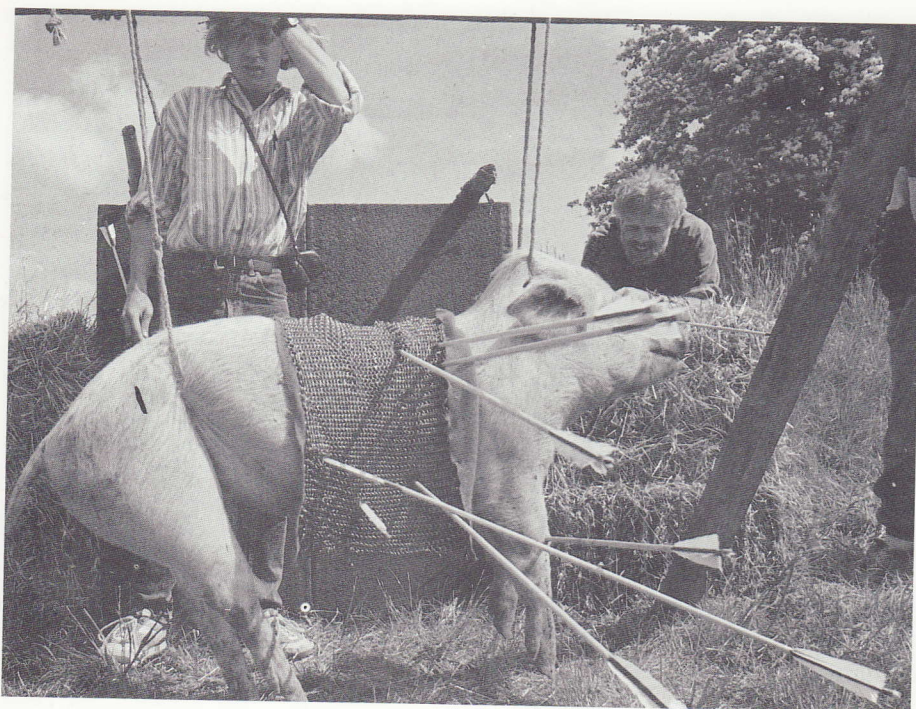


Fig.13. Skydeforsøg 4. Nogle pile er gået igennem brynjen mens andre er blevet fanget af de svejsede ringe. Fot: H.S.Rasmussen, HAF.

■ *Shooting experiment 4. Some arrows have pierced the chain mail, others have been stopped by the welded rings.*

Resultater

Det var meget tydeligt, at ringbrynjen havde sin effekt. Generelt må siges, at de ringe, der blot var klemte sammen ikke kunne holde pilene ude. I de tilfælde, hvor pilene åbnede de sammenklemte ringe og fortsatte ind i grisen, var der dog kun et enkelt tilfælde, hvor de trængte længere ind end tilurringen mellem skaft og spids. Så selv om disse ringe ikke var i stand til at afvise pilene helt, tabtes en stor del af pilens energi ved sammenstødet.

De svejsede ringe viste sig derimod at være særdeles modstandsdygtige over for de fleste spidstyper. Ikke en eneste gang blev en svejset ring sprængt. Spidstyperne D og E var så smalle, at de kunne gå igennem ringenes huller, uden at skulle sprænge disse. Deres indtrængen blev dog i alle tilfælde stoppet ved skaftet. Typerne A, B, C og F blev afvist af brynjen. Ofte, når en svejset ring blev ramt, åbnedes de fire omgivende, samlede ringe. Af den grund er det rimeligt at antage, at de svejsede ringe nok ikke er blevet belastet helt så meget, som hvis de havde været omgivet af sammennittede ringe – som på originalerne.

De afviste spidstyper fik karakteristiske skader ved sammenstødet med de svejsede ringe. Benspidsene fik spidsen omdannet til en tap med samme

diameter som den indre ringdiameter. I et enkelt tilfælde opstod der ved sammenstødet et brud på skafttungen. Jernspidserne fik, udover de sædvanlige omrullede spidser, også skrabespor efter ringen. Den brede type F spids fik et hak i hver af æggene, hvor ringen havde stoppet spidsen.

I forsøget blev der skudt på målet i en ret vinkel fra 25 meters afstand. Det er tænkeligt at de samlede ringe i højere grad vil være istand til at afvise pilene, hvis skudafstand eller -vinkel blev ændret. Ligeledes vil en tyk vams af læder, skind eller filt sandsynligvis kunne øge brynjens effektivitet. Svejsningerne på ringene er foretaget med et moderne svejseapparat, der i modsætning til en essesvejsning tilfører ringen lidt materiale. Det er en mulig fejlkilde i dette forsøg, idet det ikke er sikkert, at begge svejsninger har samme styrke.

Forsøg med længdeskydning

Det spørgsmål jeg oftest er blevet stillet i forbindelse med arbejdet med langbuerne er: "Hvor langt kan de skyde?" Spørgsmålet lader sig ikke besvare uden videre. Det kommer nemlig i høj grad an på, hvad der skydes med. Pilens tyngde, befjedring og buens

kraft er alt sammen elementer, der har stor indflydelse på skudlængden.

For at forsøge at give et svar på spørgsmålet, blev der lavet en omfattende forsøgsserie, som det ikke er muligt fuldt ud at redegøre for her. I forsøgene blev der skudt med en række pile med forskellig befjedring. Den overordnede konklusion på forsøget var, at en forøgelse af fjerlængden, -bredden og antallet af fjer er ensbetydende med forkortelse af skudlængden. Særligt brede fjer har en stor bremsende effekt.

Skudlængden med bue I varierede fra 85-152 m. Med en pil der vejer 36-38 g og med en befjedring, der mht. befjedringslængden og antallet af styrefjer ligger inden for det gennemsnitlige for ældre jernalder, var det muligt at skyde 130-140 m. Bue II skød i reglen 5-10 m længere end bue I. Begge buer svarer til de kraftigste buer i fundene, så adskillige af originalbuerne vil have haft en noget kortere skudlængde.

Resultatet skal naturligvis tages med forbehold. Det vides nemlig ikke nøjagtigt, hvordan fjerene har været udformet. Antallet og længden af styrefjerene kan ses på originalerne, men selve fjerfanernes udformning kendes ikke. Netop fjerenes udformning har stor betydning for skudlængden. Buestrengen kendes heller ikke fra fundene. Har materialet været tungere eller mere elastisk end den anvendte hørstreng, vil det decimere skudlængden.

Måling af piles udgangshastighed

Formålet med forsøget var at måle udgangshastigheden, V_{ud} , for pile med forskellig vægt, afskudt fra bue I og II. Derefter, ud fra de konkrete målinger at kunne opstille en formel således, at udgangshastigheden, V_{ud} , for enhver pil med en masse, mp vil kunne udregnes.

Udgangshastigheden giver et mere objektivt, måleligt udtryk for buernes effektivitet, end anslagskaderne i skydeforsøgene. Tallene vil desuden være direkte sammenlignelige med tal fra lignende forsøg med andre buer og giver altså mulighed for at sammenligne bue I og II's effektivitet med andre buer i fremtidige forsøg.

Endelig indgår resultaterne som del i en større undersøgelse af gammeldags og moderne buer, foretaget af Foreningen Af Danske Buejægere (FADB).

I forsøget anvendtes bue I og II, samt FADB's

testpile, vejende fra 24,9-86,2 g. Desuden en elektronisk hastighedsmåler.

Udførelse og dokumentation

Testpilene blev gentagne gange skudt igennem hastighedsmålerens fotoceller. Hermed var forsøget i marken afsluttet. Det var de samme skytter, der skød disse pile som ved skydeforsøgene. Udgangshastighederne blev noteret umiddelbart efter målingen. Forsøgsopstillingen blev desuden video- og fotodokumenteret.

Resultater

På baggrund af målingerne blev buernes effektivitet udregnet,¹⁹ og flg. formel kunne opstilles:

$$V_{ud} = \sqrt{\frac{2 \times E_s}{m_p + \Omega}}$$

V_{ud} = udgangshastigheden målt i m/sek. E_s = den hysteretiske spredning – et udtryk for buens energitab, målt i joule, Ω = buens virtuelle masse, eller buens faktiske masse målt i kg, og m_p = pilens masse målt i kg.

For bue I er $\Omega = 0,0022$ kg og $E_s = 43,71$ joule.

For bue II er $\Omega = 0,0028$ kg og $E_s = 55,93$ joule.

Disse tal kan direkte indsættes i ovenstående formel, og udgangshastigheden for enhver pil med en given vægt, m_p , vil nu kunne udregnes. En pil på 37 g, som dem der anvendtes ved længdeskydningsforsøget, vil således, når den bliver skudt med bue I, have en udgangshastighed på 38,5 m/sek., mens den skudt med bue II vil have en udgangshastighed på 41,5 m/sek.

Udgangshastigheden er et mere objektivt udtryk for buernes effektivitet for hvor megen energi, buerne formår at overføre til pilen.

Konklusion

Forsøgene efterlader os med det indtryk, at den ældre jernalders langbuer har været effektive krigsvåben; fuldt ud i stand til at dræbe eller alvorligt såre

mennesker. Med en skudvidde på 100-150 m har bueskytterne allerede på lang afstand kunnet sprede død og rædsel blandt fjenden.

Ved at forsyne pilene med forskellige spidstyper har man haft ammunition til forskellige formål. Nogle spidser har været særdeles velegnede til at flække skjolde og samtidig været dødsens farlige, hvis de traf et menneske. Andre har været mindre ødelæggende og, på kort sigt, knap så farlige at blive ramt af. Til gengæld har de så haft en imponerende gennemtrængningsevne. Blev man ramt af en pil med de sylespidse type D eller E spidser, blev man måske ikke dødeligt såret, men højst sansynligt gjort ukampdygtig. Resulterede blodtabet ikke i øjeblikkelig død, var faren ikke forbi. Chansen for at blive slagtet under den efterfølgende nærkamp eller dø af sårinfektion har været en del af krigerens højst ubehagelige virkelighed. Der optræder også deciderede jagtspidser i fundene, og anvendt i kamp har de været dødsensfarlige, når de ramte. Gennemtrængningsevnen i andre materialer end kød har til gengæld været beskedene. Endelig er det tænkeligt, at man af og til har jaget for at skaffe mad. I en egentlig jagtsituation har spidser som type C og F været skyttens foretrukne.

Skjoldene fungerede efter hensigt, idet ingen pile var i stand til at skyde tværs igennem skjoldet og skade bæreren. Pilene formåede dog at ødelægge skjoldet på den ene eller anden måde. Enten flækkede skjoldbrædderne simpelthen og efterlod bæreren med et noget ustabilt skjold, eller også gennemborede pilene skjoldet, og spidse syle gjorde kontakt med skjoldets bagside ubehageligt. Begge dele vil have effekt ved en evt. efterfølgende nærkamp. Hvor let skjoldbrædderne flækker op afhænger i høj grad af, hvilken træsort, der er anvendt. Derimod ser det ikke ud til at en beklædning af blødt skind har nogen som helst forstærkende virkning. Skal skindet have en forstærkende effekt på skjoldet, må det være langt kraftigere. Såvel i Afrika som Nordamerika har skjolde, udelukkende af læder været i anvendelse. Læderets tykke kvalitet og elasticitet har ydet et effektivt værn mod hug og stød. Moderne forsøg har bekræftet læderskjoldenes effektivitet (Coles, 1962:156-90). Fælles for læderskjoldene er, at de ikke - som de danske jernalderskjolde - har en kerne af træ. De består enten udelukkende af læder, eller af læder, udspændt over en let ramme.

Skjoldbulens betydning for skjoldets stabilitet og beskyttelse er ikke undersøgt.

Ringbrynjens beskyttende effekt er endnu ikke helt klarlagt. Ovennævnte forsøg viser imidlertid, at ringene ikke har nogen særlig beskyttende effekt mod pileskud hvis, de blot er klemt sammen. De svejsede ringe viste sig derimod at være i stand til at afvise de bredeste spidstyper. Mod de smalle, sømformede spidser var der imidlertid ikke noget at stille op. Spidserne er så smalle, at de går igennem ringene uden at behøve sprænge disse. Hvorledes sammennittede ringe reagerer på pileskud er ikke belyst, ligesom de svejsede ringe også kunne tænkes at reagere anderledes, hvis de var omgivet af sammennittede i stedet for sammenklemte ringe. Endelig findes der ringbrynjer i mange kvaliteter. Den, der indgik i forsøgene, svarer til de kraftigste fra fundene.

I middelalderen anvendtes ringbrynjen altid sammen med en quiltet vams. Sammen udgjorde brynje og vams et beskyttende lag (Liebgott 1976:45) I fundene fra jernalderen ses imidlertid ingen vidnesbyrd om brug af vams i forbindelse med ringbrynjerne: Har brynjerne været anvendt sammen med en vams, er det næsten sikkert at de ikke er blevet nedlagt sammen med sådanne. Tekstiler bevares ofte helt eller delvist når de er i berøring med metalgenstande, men i brynjerne fra Thorsbjerg og Vimose, der fandtes tæt sammenrullede, ofte nedlagt i lerkar, sås ingen tekstilrester (Engelhardt 1863:26-27, 1867a:12).

Det er overvejende sandsynligt, at de mosefundne buer virkelig har været brugt. At der i dag ikke ses trykspor efter strengen, behøver ikke betyde, at de aldrig har været der. Når buerne bliver lagt i vand rejser træet sig, og strengmærkerne forsvinder. Tilstedeværelsen af fyrretræsruer er dog et problem. Forsøg har vist, at fyrretræ er decideret dårligt som buetræ i en simpel langbue, så jeg vil i første omgang stille mig skeptisk til vedbestemmelsen. Skulle en ny vedbestemmelse af buerne imidlertid give samme resultat, må situationen omkring disse buer og deres funktion selvfølgelig revurderes.

Endelig har hastighedsmålingerne givet et mere sammenligneligt indtryk af replika-buernes effektivitet. Via den opstillede formel vil det være muligt at sammenligne disse buer med andre buer, det være sig moderne buer eller replika af oldtidsbuer.

Efterbearbejdning

Et af resultaterne af forsøgene er, at man sidder tilbage med skadede pilespidser og skjolde. Som en naturlig efterbearbejdning af forsøgsresultaterne vil det være rimeligt at gå tilbage til originalmaterialet for at prøve at genfinde de samme skademonstre der. Er der f.eks. pilespidser der har ramt en ringbrynje, skulle det være muligt at genfinde de karakteristiske skader, der sås ved forsøgene. Det må også være muligt at finde skudhuller i nogle af skjoldbrædderne, men før en undersøgelse af disse vil det være fornuftigt med endnu et lille forsøg. Som det fremgik af forsøget med strengmærkerne, rejser træet sig når det kommer i vand. Også skjoldbrædderne har været deponeret i vand, og de karakteristiske skudskader kan have ændret sig under vandets påvirkning. Det vil derfor være en idé at placere replikaskjoldene i våde omgivelser et stykke tid for at kunne studere, hvorledes skudhullerne ændres, når træet rejser sig. Det er tænkeligt, at specielt de små huller vil have en tendens til at lukke sig og måske komme til at se ubetydelige og ukarakteristiske ud.

Det er således planen nu at vende tilbage til originalmaterialet for at sammenligne skaderne dér med dem, der opstod ved forsøgene.

Noter

1. Med ordet "replika" menes en funktionel kopi, der er lavet af de samme materialer som originalerne. Replika holder nødvendigvis ikke de samme mål som én bestemt original, hvorfor det ikke kan kaldes en kopi. Forsøget har HAF j.nr 4688
2. B. Brorson-Christensen bliver i Gad Rausings legendariske "The Bow" citeret for oplysninger om at buerne fra Thorsbjerg, Vimose, Nydam I og Kragehul er af taks (Rausing 1967:57)
3. Takstræ er fra naturens side bygget til at honorere de fysiske krav, der stilles til en bue. På buens yderside/rygsiden kommer der en stor trækbelastning, mens indersiden/bugsidens bliver udsat for presbelastning. Netop taksens splintved er fantastisk trækbestandigt, mens kernevedet er presbestandigt. Af samme grund er det også utænkeligt, at buerne har haft splintvedet på bugsidens og kernevedet på rygsiden. Kærvens stilling bekræfter desuden, at buerne oprindeligt har vendt den anden vej.
4. Klæbemassen fra en af de Thorsbjerg-pile der befinder sig på "Schleswig-Holsteinischen Landesmuseum für Vor- und Frühgeschichte" i Slesvig, er blevet bestemt som værende birkebarkstjære- Venligst oplyst mig af Harm Paulsen, Slesvig.
5. Det har været foreslået, at spidser med opslidsede døller har været holdt fast til skaftet af døllens fjederkraft alene (Radatz 1963:52). Jeg mener imidlertid, at en sådan skæftning vil være alt for ustabil. Et lille slag eller en rystelse vil være nok til at slå spidsen af skaftet, eller i bedste fald, slå den skæv. Fra Kragehul kendes iøvrigt skaftender beregnet til dølge, uden naglespor, men med tjærespor på den yderste spids. Andre steder, hvor der mangler spor af klæbemassen, kan man have anvendt et klæbestof der hurtigt forsvinder, f.eks. benlim.
6. Leo Hansen har smedet jernspidserne, rekonstruktionsafdelingen på Moesgård v. Flemming Andersen har lavet skjoldene, Niels Møller Andersen har lavet brynjestykket og undertegnede har lavet buer, pileskafter samt benspidser.
7. Da der ikke var birkebarkstjære nok, blev en del af pilespidserne skæftet med almindelig moderne lim. Der sås imidlertid ingen forskel i holbarheden af pile med lim kontra tjære.
8. Anfangsvis lavedes to pile med birkebarkstjære på fjerlejet for på den måde at finde ud af hvor meget tjærebelægningen vejede, på de øvrige pile monteredes styrefjerene i en moderne lim der havde den fordel at den ikke behøvedes at varmes op. Pile blev vejet før og efter monteringen af fjerene, for at sikre at fjer og klæbestof vejede det samme som på pile med tjære.
9. Replika-skjoldene er limet sammen med almindelig tømmerlim. Hvordan originalerne har været limet vides ikke, men at de har været limet, vil jeg anse for givet. Der findes ingen tværgående lister, der holder sammen på brædderne, og den tynde metalkant, de fleste skjolde har haft, vil efter mit skøn ikke være i stand til at holde skjoldet sammen alene.
10. Der var ikke råd til at få produceret to skjoldbuler.
11. Fra Hjortespring kendes skjolde af el lind eller birk (Kaul 1988:23-28). Fra Thorsbjerg kendes skjoldbrædder af el, eg og fyr (Engelhardt 1863:31-38). Fra Vimose kendes skjoldbrædder af ask og eg (Engelhardt 1867a:12-14). Fra Nydam I kendes skjoldbrædder af el og ahorn (Engelhardt, 1865:20-21). Fra Vålsgårde 7 graven kendes skjolde af fyr og bævreasp/poppe (Arvidsson 1977:33-39). Fra Nydam III kendes skjoldbrædder af gran (Petersen 1987:131). Man har således anvendt en rig variation af træsorter til skjolde igennem jernalderen, såvel hårde som bløde træsorter har fundet anvendelse.
12. I de originale brynjer har hveranden ring været svejset sammen, og hveranden været nittet sammen. Således har hver nittet ring været omgivet af fire svejsede ringe.
13. Det nævnes i publikationen ikke hvordan og af hvem buerne

- er blevet vedbestemt (Beckhoff 1963).
14. I alle penetreringsforsøg samt hastighedsmålinger skød Flemming Alrunne med bue I, og Jan Reinholdt med bue II. De skal her takkes for hvert pletskud.
 15. HAF's fotografier, Ole Malling og Henrik S. Rasmussen stod for hhv. video og stills.
 16. Jeg har haft lærerige samtaler med stud. med. Lene Birk angående pilespidsernes effekt. Obduktionen af forsøgsgrisen, ved Nanna Noe-Nygård er endnu ikke afsluttet.
 17. Ved beskadigelse af vævsceller frigøres et protein, der bevirker, at blodet koagulerer, desuden udvikles en krampe i blodkarrenes muskellag, som trækker blodkarret sammen og gør det snævrere. Begge reaktioner er medvirkende til at standse blødningen og er kraftigere jo flere celler, der beskadiges (Georén 1989:22)
 18. Konservator Bjarne Lønborg, Fyns Stiftsmuseum og konservator Lars Møller Andersen, Moesgård har været primus moteres i diskussionen om, hvorledes ringbrynjerne var lavet. Stridspunktet var de ringe, der ikke var nittede: har de været svejsede, eller er de blot klemt sammen til en ring? Bjarne Lønborg mener – efter at have undersøgt ringe fra en brynje fra Vimose – at de kun er klemt sammen. Han er desuden i tvivl om, hvorvidt det er muligt, at essesvejse så små ting som brynjeringe. Lars Møller Andersen mener, at ringene må være sammensvejsede og lavede sammen med cand.phil. Søren Mainz et forsøg, hvor de essesvejsede et antal små ringe. Forsøget lykkedes, men det skal dog siges, at ringene var lidt for grove til en ringbrynje. Desuden var svejsningerne meget tydelige at se, hvilket naturligvis ikke er tilfældet med originalerne.
 19. Civil ing. Søren Højsgård fra Foreningen Af Danske Buejægere har udregnet Es og Ω samt opstillet formlen til udregning af Vud.
- COLES, J. 1962: European Bronze Age Shields. *Proceedings of the Prehistoric Society*. Vol XXVIII. p. 156-190.
- ENGELHARDT, C. 1863: Thorsbjerg Mosefund. Sønderjyske og Fynske Mosefund bd. I (m. forord af M. Ørsnes, genoptrykt 1969). - 1865: Nydam Mosefund 1859-1863
- 1867a: Kragehul og Viemosefundene. Sønderjyske og Fynske Mosefund. bd. I. (m. forord af M. Ørsnes, genoptrykt 1970).
- 1867b: Kragehul Fundet. Fynske Mosefund I.
- GEORÉN, B. 1989: Jagtpilens Virkningsmekanisme. *Buejægeren* 1989:2, p. 20-23
- KAUL, F. 1988: Da våbene tav. Hjortespringfundet og dets baggrund.
- LIEBGOTT, N-K. 1976: Middelalderens våben.
- PETERSEN, P. V. 1987: Nydam III - et våbenoffer fra ældre germansk jernalder. *Årb.* 1987. p.105-137.
- RADDATZ, K. 1963: Pfeilspitzen aus dem Moorfund von Nydam. *Offa* bd. 20. p. 49-56.
- RAUSING, G. 1967: The Bow. Some Notes On Its Origin And Development. *Acta Archaeologica Lundensia* series in 8. No. 6.
- ØRSNES, M. 1969: Forord til Thorsbjerg Mosefund.
- 1970a: Forord til Kragehul og Viemosefundet.
- 1970b: Forord til Nydam Mosefund.

Litteratur

- ARVIDSSON, G. 1942: Valsgårde 6. Die Gräberfunde von Valsgårde.
- 1954: Valsgårde 8. Die Gräberfunde von Valsgårde II.
- 1977: Valsgårde 7. Die Gräberfunde von Valsgårde III.
- BECKHOFF, K. 1963: Die eisenzeitlichen Kriegsbogen von Nydam. *Offa* bd. 20, p. 39-48.
- 1968: Eignung und Verwendung einheimischer Holzarten für prähistorische Pfeilbogen. *Die Kunde* bd. 19. p.85-101.
- CLARK, J. G. D. 1963: Neolithic Bows from Somerset, England, and the Prehistory of Archery in Northwestern Europe. *Proceedings of the Prehistoric Society*, Vol. XXIX. p. 50-98