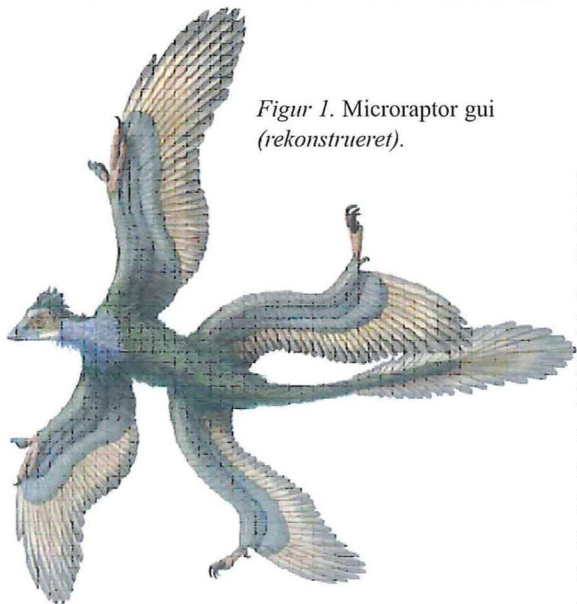


# 'TETRAPTERYX' OG FLYVNINGENS OPRINDELSE TOLKNINGER AF DE FIREVINGEDE KINESISKE DINOSAURER

Kasper Hansen og Niels Bonde

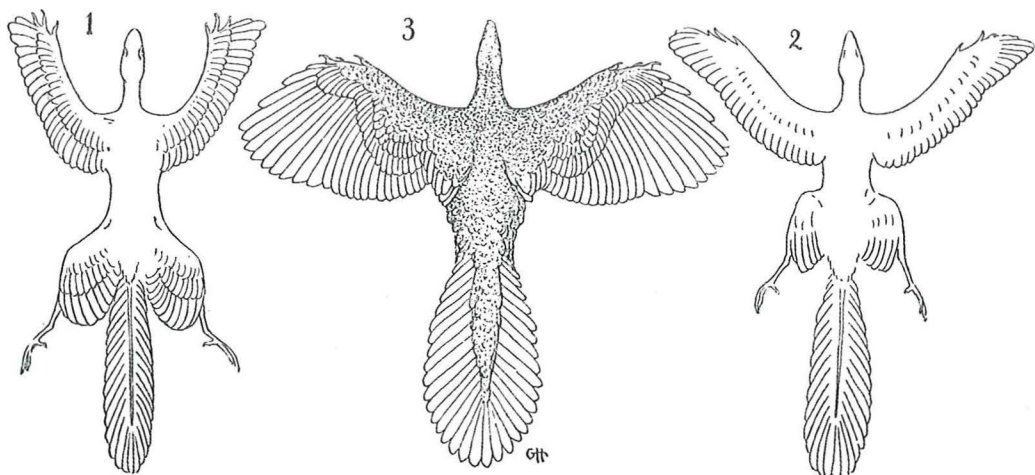
Figur 1. *Microraptor gui*  
(rekonstrueret).



Den kinesiske palæontolog Xu og kolleger opdagede i 2001 og 2002 i nogle søaflejringer - såkaldte dromaeosaurer - med fuldt udviklede (moderne) asymmetriske fjere på både forlemmer og baglemmer. Fundene var fossiler af den nyopdagede art *Microraptor gui*, og de er ca. 125 millioner år gamle, altså fra Tidlig Kridt. De kinesiske forskere mener, at arten kunne svæve eller glide igennem luften, og at en sådan firevinget organisme kaldet '*Tetrapteryx*' - blot i mere primitiv

form - kunne have været stamform fælles for fuglene og netop dromaeosaurerne.

Ideen om *Tetrapteryx* er ikke ny. Den blev udviklet i begyndelsen af 1900-tallet både af den engelske ornitolog Pycraft og den amerikanske William Beebe, som i en stor ornitologibog gjorde sig til talsmand for, at et forstadium til 'oldfuglen' (eller 'øglefuglen') *Archaeopteryx* ('gammel vinge') måtte have haft vinger også på baglemmerne. Dette var inspireret af det forhold, at der hos mange fugleunger meget tidligt udvikles de store fjere, som sidder i et fjerbed nærmest som en stribe på ydersiden af låret. Dette skulle vise, at tidligt i fuglenes udviklingshistorie måtte der have været et stadium, hvor sådan en bræmme af fjere virkede som et svæveplan, en slags bagvinge. Den danske tegner og amatørornitolog Gerhard Heilmann kendte ikke disse ideer, da han udgav sin bog 'Bidrag til Fuglenes Oprindelse (1913-16), man var påvirket af ideen, da han omarbejdede bogen til en engelsk udgave i 1926. Han gengav derfor både Beebes *Tetrapteryx*-stadium og hans *Archaeopteryx*-stadium sammenlignet med sin egen silhuet af *Archaeopteryx* baseret på Berlin-eksemplaret, det mest komplette fossil (figur 2).



Figur 2. Heilmanns sammenligning af Beebes *Tetrapteryx* (t.v.) med dennes 'Archaeopteryx og hans egen *Archaeopteryx*-rekonstruktion (t.h.).

Der har de seneste 150 år - efter fundet af den berømte øglefugl *Archaeopteryx* hersket en til tider intens debat omkring fuglenes oprindelse og evolution. *Archaeopteryx* blev fundet i den 'litografiske skifer' i Sydtykland to år efter udgivelsen af Darwins 'Arternes Oprindelse'. Fokus for debatten har været fuglenes opståen, fjerenes udvikling og flyvningens oprindelse.

Mysteriet om fjerenes oprindelse synes delvist opklaret via nyere forskning indenfor genetik og udviklingsbiologi, men kan også følges ved hjælp af en fylogenetisk (udviklingshistorisk) slægtskabsanalyse af de 'fjerede dinosaurer'. Tilbage står problematikken omkring flyvningens opståen og fuglenes nærmeste slægtninge, hvor forskerne i dag er delt i to lejre.

Den ene part hævder, at fuglenes oprindelse er at finde i undergruppen Paraves (næsten fugle), som opsplittes i fugle og disses slægtninge; gruppen Deinonychosauria (frygtelige 'kløegler'), hvortil dromaeosaurerne hører. Alle disse grupper tilhører gruppen Theropoda (på dansk 'rovdinosaurer'), hvor også f.eks. *Tyrannosaurus rex* og strudseøgler hører til. Denne model er bestemt ud fra en fylogenetisk analyse af fossiler med en såkaldt 'kladistisk' metode, der forsøger at lave den mest simple model for dyrenes slægtskabsforhold baseret på karaktertræk hos både nulevende og fossile former.

En del af tilhængerne af denne udviklingshistorie støtter samtidigt teorien om, at flyvningen opstod direkte ud fra små løbende rovdinosaurer, den såkaldte 'fra jorden og op - hypotese', netop fordi der stort set kun er den slags tilpasninger blandt fuglenes nærmeste slægtninge, der alle løber på to ben.

Den anden gruppe forskere mener, at 'fra træerne og ned – hypotesen' med svævning som et mellemstadium er mere plausibel, men de har dog divergerende holdninger til fuglenes oprindelse. F.eks. er der nogle der mener, at fuglenes stamform var et primitivt medlem af Archosauria gruppen, der rummer de nulevende fugle og krokodiller (samt de fossile flyveøgler og dinosaurer).

Desuden findes der forskere med teorier, som kombinerer aspekter fra begge lejre.

De kinesiske palæontologer hævder, at de nye kinesiske fund sandsynligvis understøtter 'fra træerne og ned – hypotesen'.

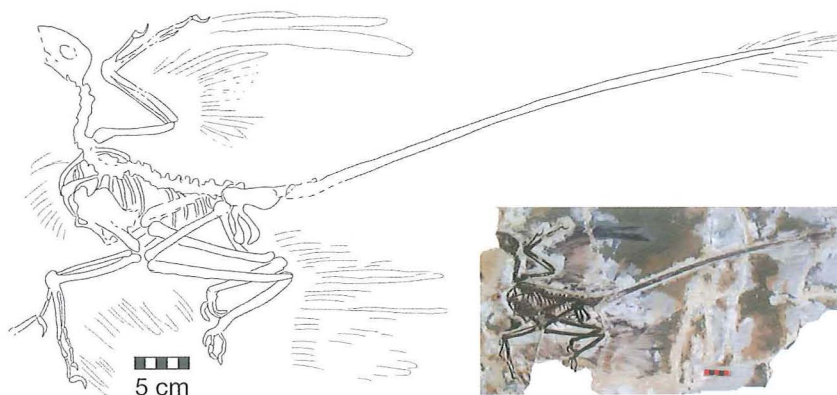
Det er derfor interessant at undersøge, om små primitive dromaeosaurer som *Microraptor gui* kunne svæveflyve eller glide igennem luften, og hvilke konsekvenser dette har for vores forståelse af flyvningens oprindelse. *Microraptor gui*'s mulige flyveegenskaber kan bl.a. sammenlignes med *Archaeopteryx*, der var det første kendte fossil med bevarede fjer og veludviklede vinger.

Her er derfor et overblik over de fremherskende meninger og teorier, som disse nye fossiler har virket inspirerende for.

### MICRORAPTOR GUI

Der blev fundet seks individer af *Microraptor gui* i det nordøstlige Kina (Liaoning Provinen) i søaflejringer med vulkanske askelag, der er dateret til mellem 125 og 130 millioner år (midt i Tidlig Kridt). Slægtsnavnet betyder 'lille røver', og artsnavnet er til ære for palæontologen Gu Zhiwei.

*Microraptor gui* var ca. 77 centimeter lang, havde en relativt lang hale og omkring 26 ryghvirvler. Dens krop var forholdsvis kort i forhold til bagbenene (ca. 50 % af dens længde). Brystbenet var en stor flad knogle, i modsætning til andre dromaeosaurer.



Figur 3. Holotypen IVPP V13352 af *Microraptor gui* fra Inst. Vertebrate Palaeont. and Palaeoanthropol. i Beijing. Tegning af skelet og fjer er baseret på det viste foto fra tidsskriftet *Nature* (2003).



rer, der havde to ikke-sammenvoksede brystbensplader. En del af *Microraptor gui*'s andre karaktertræk minder temmelig meget om den tidligere beskrevne og mindre *Microraptor zhaoianus*, den noget større dromaeosaur *Sinornithosaurus* (også med fjer og fra de samme aflejringer) og om basale fugles træk. *Microraptor gui* blev hurtigt kategoriseret som en primitiv dromaeosaur, og det, at den havde særligt buede skamben og skinneben, afgjorde siden hen, at der sandsynligvis var tale om en ny art af slægten *Microraptor*.

De var altså noget større end de andre *Microraptor* fossiler, som kun var på størrelse med en solsort (50-100 gram, kroppen hos *M. zhaoianus* er kun 4-5 centimeter lang). *Microraptor gui* var nærmest fuldstændig dækket af to slags fjer.

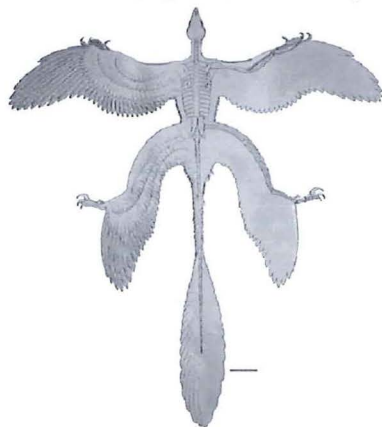
Kroppen og hovedet var dækket af dunagtige fjer med en længde på 2,5-4,0 centimeter - med de længste på hovedregionen. De lidt længere fjer på hovedet i form af en kam eller en top kunne tænkes at have indgået i *Microraptor gui*'s adfærd i forbindelse med at søge mage eller lignende, ligesom farvestrålende fjer-display indgår i mange af nutidige fugles adfærd.

Den anden *Microraptor* art har lange svingfjer på underarm og hånd ligesom fugle, men deres struktur er ikke så velbevaret, og førnævnte *Sinornithosaurus* har på arme- ne noget kortere, lidt 'hårlignende' fjer. Men *Microraptor gui* er meget usædvanlig, for der er svingfjer på både for- og baglemmer, som minder meget om nutidige fugles vingefjer. Fjerene på for- og baglemmer bliver mere asymmetriske ud mod de ydre dele af lemmerne, på fuldstændig samme måde som fjerene hos moderne fugle, som er længst og mest asymmetrisk på hånden. Dette betragtes som et af de centrale elementer i forbindelse med evnen til at flyve. Vingefjerene bestod af et kraftigt skaft med uens faner, der var asymmetriske og dermed i aerodynamisk sammenhæng i stand til at give 'løft' i forbindelse med enten svævning eller egentlig flyvning. En vigtig funktion af asymmetrien af svingfjer er også, at de overlapper nabofjeren på en sådan måde, at de presses tæt mod hinanden under nedslaget af vingen, mens de bedre kan åbne for passage af luft under opslag. De længste halefjer var i øvrigt mere end 12 centimeter lange (længere end hos *Archaeopteryx*).

Det er desuden vigtigt at lægge mærke til, at på foden angives tå nr. 1 og dens klo at vende modsat resten af tærnes kløer hos begge arter af *Microraptor* (og forskellig fra alle andre dromaeosaurer og rovdinosaurer). Dette forhold er altså som hos mange trælevende fugle, hvor fodens tå nr. 1 er modstillet og kan gribe om grene. *Archaeopteryx* er den første fugl, hvor fodens tå nr. 1 er vendt lidt bagud, men den kan næppe modstilles helt som hos moderne fugle. Kløerne, der er bevaret med noget af hornskeden hos begge former, er ganske krumme og skarpe på både for- og baglemmer, så man kan nok regne med, at dyrene kunne klatre. Og faktisk krummer kløerne hos *Microraptor gui* lige så meget som hos nutidige fugle, der løber op og ned ad træstammer!

Efter at have sammenlignet *Microraptor gui*'s flyveegenskaber med *Archaeopteryx*', konkluderede kinesiske palæontologer, at ikke blot var de basale dromaeosaurer pre-adapteret til flyvning, men også at for- og baglemmernes aerodynamiske form sammen med halens gav *Microraptor gui* evnen til at glide eller svæve. De kinesiske forskere formoder, at de 'vingeagtige' baglemmer med tiden blev reduceret, således at den generelle udvikling hen imod fugleflugt gik i retning af, at organismerne senere kun blev afhængige af ét par vinger. Dette med reduktion af 'bagvinger' er dog en tvivlsom konklusion i forhold til analysen af de kendte karakterer hos grupperne. Sådanne 'bagvinger' kunne lige så godt være en specialisering hos nogle tidlige dromaeosaurer. I denne sammenhæng skal det nævnes, at 'bagvinger' ikke er beskrevet hos den første *Microraptor* art, som syntes at have længere fjer på lårbenet end på underbenet, og som ikke har bevaret fjer på foden.

*Microraptor gui* må have haft vanskeligt ved at bevæge sig på landjorden på grund af fjerenes placering på fødderne. Derfor er det nærliggende at forestille sig, at flere af de relativt små udgaver af dromaeosaurer levede i træerne, og at de kunne udnytte tyngdekraften til at glide eller svæve mellem træerne. På den måde understøtter de nye fund af *Microraptor gui* 'fra træerne og ned – teorien' i form af 'mellemstadiet' på vejen til egentlig flyvning, konkluderer de kinesiske palæontologer. Tidligere antog de allerfleste palæontologer, at ingen dinosaurer var specialiseret til et liv i træerne – det var nærmest et dogme. Nogle få 'fremsynede', som f. eks. Robert Bakker, der er mest kendt for sine profetiske, men også kontroversielle ideer om dinosaurernes varmblodethed, har dog udstyret nogle med fjer og også ladet visse små dinosaurer 'klatre'.



Figur 4. Rekonstruktion af *Microraptor gui*. Skala 6 centimeter.

## TEORIER OM FLYVNINGENS OPRINDELSE

De klassiske hypoteser 'fra træerne og ned' og 'fra jorden og op' er næsten umulige at efterprøve. Det synes alligevel at være relevant at gennemgå dem, ikke mindst for at belyse forskelle i de to tidligere nævnte gruppers synspunkter, men samtidigt for at undersøge nuanceforskelle og variationer internt i de to lejre.

'Fra jorden og op – hypotesen' byggede oprindeligt på, at relativt små hurtige tobenede dinosauragtige organismer (sandsynligvis med fjer) løb på jorden og i spring forsøgte at fange flyvende byttedyr i form af insekter med hænderne. Efterhånden ville naturlig selektion udvælge de individer, der udviklede kombinationen af højere

spring og mere effektive 'vingeslag'. Til sidst ville organismen kunne flyve med afsæt fra jorden! En anden variation af denne hypotese går ud på, at det rent aerodynamisk var muligt for en organisme som *Archaeopteryx*, at løbe og samtidigt baske med vingerne med en sådan fart, at den kunne lette fra jorden, altså i løb frem for høje spring. Et yderligere bud på en effekt af konkurrence inden for arterne har været, at en adfærd i form af høje spring i forbindelse med seksuel selektion efterhånden ville favorisere individer med de højeste spring, og at disse spring kunne udvikles til egentlig flyvning. Ud fra beregninger har man i denne forbindelse estimeret, at mindre fugles hop svarer til 80-90 % af den samlede energi, der kræves til at påbegynde flyvning. Resten af energien kommer fra løb, fald i forbindelse med udspring, vindmodstand osv. Andre har foreslået, at løbende organismer kunne bruge løftet fra luftmodstand ved at løbe ned ad bakke og svæveflyve. Igen kunne denne svæveflyvning efterhånden videreudvikles til egentlig flyvning via naturlig selektion.

Det største problem med 'fra jorden og op – hypotesen' er nok, at der ikke findes ret mange nulevende arter, der jager på denne måde. En art af tropisk benfisk, arawanaen, kan springe lodret op af vandet efter føde (se den gøre det i Danmarks Akvarium), og visse insekter og edderkopper bruger en springteknik til jagt. Det er simpelthen vanskeligt at forestille sig et scenario med denne udvikling, når man ikke rigtigt har noget at sammenligne med. I dag er det stort set kun svaner og albatrosser, der letter løbende, og disse højt specialiserede og relativt store former er nok ikke sammenlignelige med de første flyvende dino-fugle. Man skal heller ikke undervurdere, hvor vanskeligt det er, selv for os mennesker, at fange et flyvende insekt med hænderne! Hvis man oven i købet skal kæmpe imod tyngdekraften, skal man være virkelig effektiv til at fange byttedyr, hvis det overhovedet skal kunne betale sig rent energimæssigt. Det er værd at bemærke, at den type 'baskende flugt på stedet', som så skal være begyndelsesstadiet, er ekstremt energikrævende.

'Fra træerne og ned – hypotesen' går i sin enkleste form ud på, at relativt små dromaeosaurer med fjer på krop og lemmer som isolering for varmblodetheden dels kunne klatre - for at undgå fjender - dels kunne hoppe ned fra et højt stade, måske endda for at overfalde et bytte. De havde derfor gavn af at kunne kontrollere disse hop. Det gøres bedst med den 'styrende flade' længst væk fra kroppen, hvorfor hændernes fjer først blev forlænget. Et sådant stadium kunne illustreres af *Caudipteryx*, der også er bevaret med fjer i de kinesiske aflejringer. *Caudipteryx* har relativt korte arme, men med de længste - dog symmetriske - 'svingfjer' på hænderne og blot dunagtige fjer på kroppen.

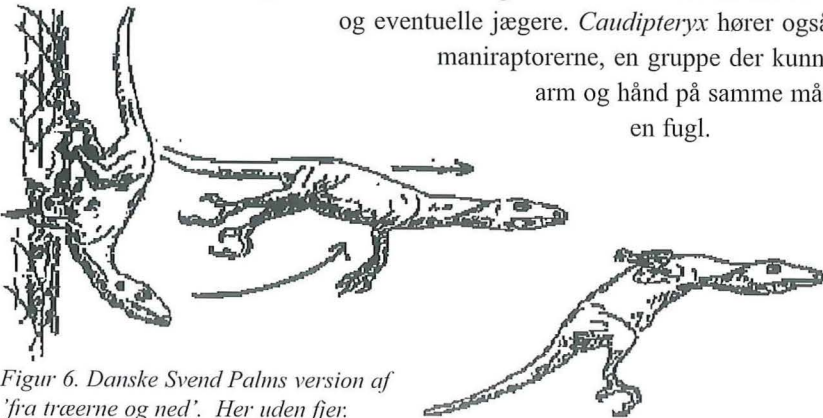




Figur 5. Caudipteryx ved søbred.

Senere kunne nogle bevæge sig hoppende rundt også i træerne (eventuelt på klipper), måske stadig primært for at gemme sig for større rovdinosaurer. Kontrollen med springene - fra gren til gren - fik gavn af endnu længere 'svingfjer' på hånd og underarm, som derefter gjorde svævning mulig, og som siden udvikledes til egentlig flyvning. Alt imens at svævestadiet blev opnået, udvikledes også asymmetriske svingfjer, som ud over at øge vingearbejdet også gav et større 'løft', der fik stor betydning for at egentlig flyvning blev mulig. En mulig fordel af relativt lange fjer på arme og hænder kunne til en begyndelse være som et 'signalapparat' til artsfæller, især hvis de var stærkt farvede (krybdyr og fugle har farvesyn i modsætning til de fleste pattedyr). Dette har intet med svævning-flyvning at gøre. Større flade - kraftigere signal - flere hunner og/eller mere skræmmende for rivaler og eventuelle jægere. Caudipteryx hører også under

maniraptorerne, en gruppe der kunne folde arm og hånd på samme måde som en fugl.



Figur 6. Danske Svend Palms version af 'fra træerne og ned'. Her uden fjer.



*Figur 7. Archaeopteryx lithografica fra Naturkundemuseum, Berlin.*

At bevæge sig i et tredimensionelt univers krævede en større hjernekapacitet til at koordinere bevægelse og udvikle synet, og samtidigt var en udvikling af lemmerne til at bevæge sig hensigtsmæssigt i og på grenene nødvendig. Derfor bagudvendingen af første tå.

Muligvis kunne svæveelementet springes helt over, hvis organismen sprang horisontalt, og kunne komme længere og længere ved at baske med vingerne, for til sidst at flyve rigtigt.

I dag har vi flere gode eksempler på organismer, der kan svæve. Pungflyveegern, pelsflagrere, frøer, gekkoer og endog slanger har udviklet denne evne. Derfor er det lettere at forestille sig scenarier med en svævende form, der senere udvikler flyveevnen.



I debatten inddrages flagermus ofte, idet man formoder, at disses stamform var en i træerne klatrende form, der siden udviklede evnen til flyvning, eventuelt via svævning. Dog savner man fortsat fossile eksempler på urformen, idet de tidligste fossiler fra Eocæn tiden (50 millioner år siden) er typiske flagermus. For at styrke hypotesen yderligere kan det nævnes, at der findes en art af papegøje (*Kakapo*) på New Zealand, som lever i træerne og svæveflyver mellem grenene for så at klatre op igen ved holde fast om stammen med klørne (og bruge næbbet). Det er således ikke vanskeligt at forestille sig, at stamformen til dromaeosaurer og fugle kunne have været en lille dinosaur, der kunne klatre og svæve og siden hen udviklede egentlig flyvning. Der skal laves relativt lidt om på en sådan lille 'før-fugl', for at den ligner *Archaeopteryx*. Det drejer sig om modifikationer af arm- og skulderknogler samt små ændringer af muskulaturen.

Derfor synes 'fra træerne og ned – hypotesen' på nuværende tidspunkt mest sandsynlig – og energetisk er den også den simpleste.

For begge hypoteser gælder det, at det er afgørende, hvilken fylogeni, man arbejder ud fra. Der er alt andet lige en stor forskel på, om man tror at fuglene nedstammer fra dinosaurerne inden for gruppen Paraves eller fra en tidlig archosaur! Men diskussionen om fuglenes oprindelse vil ikke blive gennemgået i detaljer her, da den om ikke andet er endnu mere omfattende at udrede end hypoteserne om flyvningens oprindelse!

Spørgsmålet er, om vi nogensinde løser mysteriet om flyvningens oprindelse? Måske er spørgsmålet ikke, hvorvidt flyvning opstod 'fra træerne og ned' eller 'fra jorden og op', men snarere hvorledes vingeslaget opstod! Nye indgangsvinkler til emnet og flere spændende fossiler vil med sikkerhed i fremtiden kaste yderligere lys over sagen.

*Artiklen om Tetrapteryx og flyvningens oprindelse fortsættes i næste nummer.*

#### **TIL VARVS LÆSERE**

Varv skal beklage de uregelmæssige udgivelser. Vi satser på at få rettet op på dette i 2006.

Vi skal også beklage, at vi har været nødt til at hæve prisen på abonnementet i Norge og Sverige.

Grunden er dels kursforskellen på dansk og henholdsvis norsk og svensk valuta og dels øgede udgifter til forsendelse.