

# Dronesværmeri

Af Michael Linden-Vørnle

**Brugen af droner er i vækst. En ny banebrydende anvendelse er de såkaldte dronesvæme, hvor flere eller mange droner fungerer samlet som ét system. Denne brug af droner har store perspektiver til forskning og andre civile formål, men kan også åbne for et helt nyt paradigme i krigsførelse, der måske kan ende med status som masseødelæggelsesvåben.**

Åbningsceremonien for de Olympiske Lege har altid været et prestigeprojekt, hvor arrangørerne har gjort, hvad de kunne, for at imponere hele verden. Det var naturligvis også tilfældet ved åbningen af vinterlegene i 2018, hvor alle, der så med, blev vidne til et flyvende lysshow i luften over Pyeongchang i Korea: 1218 droner dannede i en smukt koreograferet dans imponerende mønstre herunder de olympiske ringe.

Var dette spektakulære optrin en såkaldt dronesvæm i aktion – et af de nyeste fænomener indenfor droner? Svaret på dette spørgsmål er overraskende

nok et nej. Dronesværme er nemlig ikke bare et spørgsmål om, at der er flere droner samlet i luften. Dronerne behøver heller ikke nødvendigvis at følges ad for at være en sværm. Ved drone-lysshow som det i Pyeongchang er de mange droner styret af en central computer, der sørger for, at hver enkelt drone er på sin plads i formationen og flytter sig rundt, så der ikke sker kollisioner. De enkelte droner har ingen information om de andre droner i formationen og behøver det heller ikke, da alt styres centralt.

## Fuglene flyver i flok

Med dette sagt giver det næsten sig selv, at dronerne i en dronesvæm interagerer på en helt anden måde. Her vil dronerne registrere hinandens tilstedeværelse og bevægelser og vil også løbende kommunikere med hinanden snarere end med en central styringsenhed.

Inspiration til dronesvæme kommer til en vis grad fra naturen. Vi ser fænomener i store fiskestimer eller fugleflokke, der begge udviser ekstremt

Michael Linden-Vørnle, ph.d., er ansat som astrofysiker og chefkonsulent ved Institut for Rumforskning og -teknologi ved Danmarks Tekniske Universitet (DTU Space). Her arbejder han blandt andet med, hvordan satellitter og droner kan anvendes til bedre overvågning og kommunikation i Arktis. Han er desuden leder af DTU Space DroneCenter.

hurtige og samtidigt meget komplekse bevægelsesmønstre.

Tidligere mente biologer, at der måtte

være en eller flere ledere i flokken, der sendte kommandoer til flokkens øvrige medlemmer ligesom den centrale computer i OL-lysshowet. Man gik dog væk fra den teori, da en central leder ville være for ineffektivt til at forklare flokkens adfærd.

Det har i stedet vist sig, at sværmadfærden i en fugleflok kan forklares ved, at fuglene følger nogle få og meget simple regler: Hold en minimumsafstand til dine nærmeste naboer, flyv i samme retning og med samme hastighed som dine nærmeste naboer, og bevæg dig mod samme position som dine nærmeste naboer. Dette blev eftervist med computersimuleringer i 1986 af computergrafikeksperten Craig Reynolds. Hans virtuelle fugle 'boids' opførte sig netop som en rigtig fugleflok og kunne bevæge sig mod en fælles destination og samtidig undgå forhindringer.

### **Autonom infrastruktur**

Dronesvæmme kan dog gøre meget mere end at få droner til at flyve i flok, så de undgår at kolliderer med hinanden eller støde ind i forhindringer. Hvor fiskestimer og fugleflokke er kendetegnet ved, at der er tale om en stor samling af samme art, er en af de interessante egenskaber ved en dronesvæm, at den kan være heterogen – altså sammensat af droner af forskellig type og endda droner i forskellige domæner: Til lands, til vands og i luften.

**Sværmadfærden i en fugleflok kan forklares ved, at fuglene følger nogle få og meget simple regler.**

På DTU Space Drone-Center arbejder man nu i samarbejde med danske og internationale partnere på at

udvikle og afprøve autonom infrastruktur, der kan siges at være en generaliseret udgave af dronesvæmme. Her handler det grundlæggende set ikke så meget om de enkelte platforme – altså de individuelle droner – men i højere grad om, hvordan de bringes til at samarbejde i en åben, fleksibel infrastruktur, der gør det muligt at løse opgaver mere effektivt og sikkert.

Grundtanken er, at den autonome infrastruktur skal være så uafhængig af menneskelig indblanding som muligt. De enkelte droner i infrastrukturen har forskellige kapaciteter at byde ind med i form af sensorer samt eventuelt udstyr til at udføre forskellige handlinger og påvirkninger af omgivelserne.

Når infrastrukturen får givet en opgave eller selv identificerer en, vil elementerne selv indbyrdes koordinere, hvem der skal være med til at løse opgaven, og hvordan det skal foregå. Hvis elementer enten kommer til skade eller forsvinder fra infrastrukturen, vil den omkonfigurere sig selv til en ny sammensætning. Denne selvorganiserende adfærd er en meget vigtig og central egenskab for den autonome infrastruktur og er derfor genstand for en betydelig forsknings- og udviklingsindsats.

### **Autonomi i aktion**

Et eksempel på en autonom infrastruktur kunne være en havn, hvor der er brug for kørende elementer i form af

kraner og transportkøretøjer, sejlede elementer som for eksempel slæbebåde og endelig flyvende elementer i form af droner til overvågning og koordinering af aktiviteterne. Nogle havne har allerede en meget høj grad af automatisering, men den fuldt udfoldede autonome infrastruktur vil kunne realisere et stort potentiale for effektiv, fleksibel og modular håndtering af opgaver.

Set fra et forskningsperspektiv er der ligeledes et stort potentiale at realisere. Med en dronesvøm vil det være muligt at lave undersøgelser, der ellers ville være yderst vanskelige eller endog umulige at gennemføre. Således vil en dronesvøm kunne bruges til at kortlægge vindfeltet og dermed turbulens bag en vindmølle og tilvejebringe målinger af stor værdi for at optimere design af nye møller. Tilsvarende kan en dronesvøm bruges til en fleksibel indsamling af data. Det kunne for eksempel være forureningsmålinger, hvor det vil være en fordel at lave de samme målinger på mange forskellige steder på samme tidspunkt.

Endelig vil en autonom forskningsinfrastruktur være en væsentlig kapacitetsforøgelse i særligt vanskeligt tilgængelige og klimatisk udfordrede områder som for eksempel Arktis. Her ville en kombination af droner til lands, til vands (både på og under overfladen) og i luften kunne give langt bedre muligheder for en kontinuert, men samtidig dynamisk og fleksibel dataindsamling for eksempel i forhold til klimaændringer eller miljøpåvirkninger.

## Militære dronesvømme

De samme egenskaber, der gør en dronesvøm attraktiv i forhold til civile opgaver, slår naturligvis også igennem i forhold til en militær anvendelse.

Alene det forhold, at en autonom dronesvøm ikke har nogen centraliseret styring, gør den langt mindre sårbar. For selvom dele af infrastrukturen bliver slået ud, kan den tilbageværende del omorganisere sig selv og fortsætte med at løse opgaven.

Ligeledes er den heterogene dronesvøm – altså forskellige slags droner – også meget anvendelig til militære formål. Dele af sværmen kan bestå af droner, der anvendes til at identificere, udpege og fastholde mål, mens andre droner fungerer som våbenplatforme. Dronesværmen behøver ikke være tæt samlet som en fugleflok, men kan være spredt over et stort område.

**Alene det forhold, at en autonom dronesvøm ikke har nogen centraliseret styring, gør den langt mindre sårbar.**

En dronesvøm med et stort antal elementer kan således koordinere og gennemføre angreb af en modstander fra mange forskellige sider og på den måde mætte og

i sidste ende overvælde for eksempel luftforsvarssystemer.

Selv uden brug af avanceret dronesvømmeteknologi kan et mere konventionelt angreb med mange droner have en afgørende effekt. Det blev tydeligt demonstreret i september 2019, hvor 25 droner og krydsermissiler i to bølger angreb saudiarabiske olieraffinerier. Her blev det saudiarabiske luftforsvar ganske enkelt løbet over ende og formåede ikke at afværge angrebet – også selvom man rådede over effekti-

ve våbensystemer som MIM-104 Patriot og Crotale NG.

Et andet eksempel er fra 2020 i konflikten mellem Armenien og Aserbajdsjan om det omstridte område Nagorno-Karabakh. Her førte en koordineret anvendelse af bevæbnede droner fra Aserbajdsjans side til en nedkæmpning af det armenske luftforsvar samt kampvogne, artilleri, pansrede maskinvogne og lastbiler. Også i konflikten i Syrien er koordinerede angreb med droner blevet anvendt. Således er russiske baser i Syrien siden 2018 gentagne gange blevet udsat for angreb med større flokke af droner.

### Effektive våben

Når selv en forholdsvis primitiv anvendelse af et større antal droner i et koordineret angreb kan have en så stor effekt, er det ikke vanskeligt at forstå, at militæret i adskillige lande gerne vil have dronesværme i deres arsenal. Et studie lavet af den amerikanske hær i 2018 har vist, at selv helt grundlæggende sværmedfærd vil gøre droner langt mere effektive som våbensystem, end hvis det bare er en flok droner, der sendes af sted i et koordineret angreb. Således ville sværmedfærden ifølge studiet gøre dronerne mindst 50 procent mere effektive i forhold til at nedkæmpe deres mål, samtidig med at dronesværmens egne tab ville blive reduceret med cirka 50 procent.

Flere praktiske forsøg og afprøvninger af dronesværme er allerede blevet succesfuldt gennemført.

En bemærkelsesværdig demonstration så vi i USA i oktober 2016, hvor i alt 103 droner af typen Perdix blev droppet fra en trio af F-18-jagerfly over China Lake i Californien. Dronerne samlede sig i en formation, kommunikerede med hinanden, tilpassede formationen og løste en række opgaver.

Ud over sværmedfærden i forsøget var det også bemærkelsesværdigt, at det ikke var folk fra det amerikanske militær, der havde skabt Perdix-sværmen, men ingeniørstuderende ved Massachusetts Institute of Technology (MIT). For selvom de studerende ved MIT er meget dygtige, er de dog stadig kun studerende. Alligevel havde de formået at realisere en fungerende dronesværme med kommercielt tilgængelige komponenter.

Og her finder vi måske den største fare ved dronesværme. For tilgængeligheden betyder i praksis, at selv små aktører som for eksempel terrororganisationer potentielt vil have adgang til dronesværme. Da droner også er særdeles velegnede til at bære biologiske eller kemiske kampstoffer, kan kombinationen med dronesværmeteknologi blive en meget giftig cocktail.

I forhold til de store statslige aktører er der mange udmeldinger om programmer til udvikling af dronesværme. Frankrig, Rusland, Spanien, Storbritan-

nien, Kina og Indien har programmer undervejs, og flere af disse er allerede nået langt.

Således demonstrerede den indiske hær i januar i år en dronesværme på 75 elementer med distribueret intelligens, der



**Selv små aktører som for eksempel terrororganisationer vil i princippet også have adgang til dronesværme.**

nedkæmpede forskellige simulerede mål med kamikaze-angreb. Anvendelsen af kamikaze-konceptet er også under udvikling i blandt andet USA, hvor det amerikanske marinekorps har sit eget program på vej.

### **Masseødelæggelse?**

Når man tænker på droner, er det ikke ligefrem begrebet masseødelæggelsesvåben, der kommer som den første association. Det siger sig selv, at en enkelt drone eller to ikke kan måle sig med et kernevåben eller et biologisk våben som en dødelig virus. Det kendetegnende ved et masseødelæggelsesvåben er jo netop, at det kan dræbe et stort antal mennesker, og at det ikke diskriminerer mellem kombattanter i en konflikt, der efter krigens love er legitime mål, og uskyldige civile.

Mens individuelle droner vanskeligt kan havne i den kategori, er det en anden sag for dronesværme. Hvis en dronesværme opnår en tilstrækkelig størrelse, og de enkelte droner har en tilstrækkelig kapacitet til at dræbe, kan en dronesværme principielt komme i samme liga som for eksempel et mindre kernevåben, når vi taler om antallet af dødsofre i forbindelse med et angreb. Hvis en dronesværme består af 10.000 droner, der hver kan dræbe tre til fem personer, kommer vi op på et dødstal, der er sammenligneligt med de umiddelbare dødsofre ved de amerikanske angreb på Hiroshima og Nagasaki.

Hvorvidt en dronesværme vil være i stand til at skelne mellem kombattanter og uskyldige civile, er en verserende debat. Mange indenfor feltet ud-

trykker en grundlæggende bekymring for at lægge beslutninger om liv eller død over på autonome systemer – eller rettere et computerprogram baseret på kunstig intelligens. Denne bekymring er særlig markant fra kampagnen med det selvforklarende navn 'Campaign to Stop Killer Robots'.

Det er dog ikke alle, der deler kampagnens skepsis overfor maskinernes evne til at skelne mellem legitime militære mål og uskyldige civile. Således mener Ronald Arkin fra universitetet Georgia Tech, at autonome våbensystemer – det være sig enkeltstående eller i form af dronesværme – med tiden vil være bedre til at skelne mellem kombattanter og civile og dermed effektivt set kan reducere de civile ofre i forbindelse med væbnede konflikter. Arkin anerkender dog, at en sådan kapacitet til at skelne stadig ligger ude i fremtiden. Det skyldes mest af alt, at kamppladsen – særligt på land og ikke mindst i byer – normalt er meget kompleks og vanskelig at analysere.

### **Den vigtige diskussion**

Hvad betyder det så i sidste ende for dronesværmenes mulige status som masseødelæggelsesvåben? I forhold til evnen til at skelne mellem kombattanter og civile, er det mest sandsynligt, at udviklingen af kunstig intelligens, som vi ser i disse år, vil bane vejen for, at en drone statistisk set vil være bedre til at skelne end selv den mest veltrænede soldat.

Det er også sandsynligt, at der vil komme et stigende pres fra såvel nationer som interesseorganisationer om at indføre en regulering af dronesværme.

Den vigtige pointe er, at vi er nødt til at fokusere på, hvad vi vil, og ikke hvad vi kan. Teknologi er hverken ond eller god – uanset hvilket potentiale, den måtte have for at slå mennesker ihjel. Med det udgangspunkt er det selvfølgelig helt afgørende, at diskussionen om autonome våbensystemer og herunder dronesværme bliver ført på et sagligt grundlag med teknologiens egenskaber som afsæt, og med de nødvendige etiske og moralske overvejelser som vigtige pejlemærker.

Endelig skal diskussionen ikke kun handle om dronesværme som våben, men om vores forhold til og anvendelse af autonom infrastruktur i vores samfund og vores hverdag generelt. Der er som nævnt et stort potentiale, der kan realiseres, men det skal gøres på en måde, så sværmeriet ikke ender som ulykkelig kærlighed.

○○○