Framtidens officer: ledarskap i en autonom värld

av Michael Winberg

Résumé

This article examines how remote and autonomous platforms and AI-based decision-support systems are changing the officer's role and the competencies required to face the future of warfare. It explores not only the potential of technology but also its limitations and how the human factor remains central in an increasingly technological world. The future officer must be a hybrid of a tactician with deep technical understanding, an ethical decision-maker, and an inspiring leader. While technology is changing the nature of war, the human factor remains central. Education and training must, therefore, evolve to ensure that officers can combine classic leadership skills with new technical and analytical requirements.

I BOKEN *Vägval – framtiden för svensk säkerhet*, utgiven år 2021, skriver general Michael Claesson tillsammans med Zebulon Carlander att det är ”(…) angeläget att ta ställning i vilken riktning och hur långt vi vill gå när det gäller militärt nyttjande av AI med eller utan koppling till autonoma system”.[1] Även om fokus i kapitlet ligger på det juridiska och etiska kring nyttjande av artificiell intelligens (AI) och autonoma system i krig är ställningstagandet applicerbart även på den här artikelns tema: officersutbildningen. Nu när vi har tagit ställning för att arbeta aktivt för att införa såväl AI-baserat beslutstöd som autonoma farkoster, står vi inför ett ställningstagande kring vilken riktning vi vill ta med att utbilda våra yrkes- och reservofficerare inför framtiden.

Den fulla potentialen handlar inte enbart om att skapa en syntes av tekniska komponenter.[2] För att uppnå en godtagbar förmåga kräver det också att vår personal stegvis utbildas i takt med att de olika autonoma och AI-baserade systemen införs. Vi står helt enkelt inför ett vägval om vi vill fortsätta med det traditionella värvet där teknik är en särart, eller om vi vill gå i en riktning där gränsen mellan olika tekniska funktionsinriktningar och den ”generiska” officeren suddas ut och vi får en form av hybridofficer.

Officersrollen i förändring

Krig har historiskt inneburit teknologiska språng vilket i sin tur också påverkat officerens roll och kompetensprofil. Från introduktionen av stigbygeln och krutvapen till stridsvagnar och flygplanets införande har varje ny innovation ställt nya krav på officerens förmåga och kunnande. Nu står vi i nästa stora språng: fjärrstyrning, autonomi och artificiell intelligens (AI). Med drönarsvärmar, autonoma markfordon och AI-styrda beslutsstödsystem på väg att bli en självklar del av slagfältet utmanas officerens roll som beslutsfattare, ledare och taktiker.

Framtidens officer måste vara en specialist bl a på olika UAV system. Foto: Antonia Sehlstedt/Försvarsmakten.

Det är lätt att fascineras av teknologins möjligheter i form av snabbare beslut, större precision och mindre risk för soldaters liv, men utvecklingen väcker också en del frågor. Hur förändras officersyrket när det inte längre ”enbart” handlar om att leda soldater i strid, utan även att leda och förstå komplexa tekniska system? Vilka färdigheter är det vi eftersöker hos framtidens befäl för att hantera samordning och samverkan mellan människor och autonoma system? Redan idag finns det fog för att säga att framtidens officer inte bara behöver vara en ledare med ett taktiskt kunnande, utan också en teknologisk innovatör med en moralisk kompass som klarar av att navigera i en värld där människa och maskin möts på slagfältet.

> *Framtidens officer behöver inte bara veta hur systemen fungerar utan också kunna bedöma deras kapacitet, begränsningar och potentiella sårbarheter.*

Ett införande av autonoma system och AI-stödda beslutsplattformar kräver en djup teknisk förståelse för att användas effektivt. Djupare än vad vi antagligen är vana vid idag med dagens ledningsstödssystem. Framtidens officer behöver inte bara veta hur systemen fungerar utan också kunna bedöma deras kapacitet, begränsningar och potentiella sårbarheter. Autonoma verkansplattformar som själva kan välja mål baserat på algoritmer men där en människa finns i ”loopen”, för att verkställa bekämpning, vilken måste förstå hur dessa algoritmer fungerar för att

kunna förutse en händelsekedja eller för den delen hantera oförutsedda händelser.

Idag ser vi hur sårbarheter som upptäckts i kommersiella plattformar såsom ”First Person View”-farkoster utnyttjas för att omprogrammeras av en fiende för att störa eller avbryta angrepp. Den enskilde officeren måste därför kunna upptäcka och hantera sådana hot i realtid. I en framtid där elektronisk krigföring och cyberhot kan komma att vara ett dimensionerande hot mot Försvarsmaktens operativa förmåga behöver officeren kunna aktivera reservalternativ eller tillgripa ”manuella” handgrepp omgående. Teknisk kunskap är alltså inte längre ett specialistområde utan en kärnkompetens för alla officerare. Där vi tidigare premierat språklig kunskap i form av ryska, arabiska eller franska kommer programmeringsspråk tillsammans med grundläggande nätverkskunskaper vara av betydligt större vikt. Vilket medför en djupare förståelse för cybersäkerhet och förmågan att leda operationer i en miljö där elektromagnetisk krigföring är en central del av konflikten.

Den snabba utvecklingen av autonoma system och fokus på multidomänoperationer ställer nya krav på hur vår personal utbildas. Tidigare fokus på stridstekniska och taktiska färdigheter i traditionella stridsdomäner måste nu kompletteras med teknisk expertis, analytisk förmåga och en förståelse för etiska och juridiska spörsmål. Framtidens officersutbildningar behöver därför genomgå en omfattande modernisering för att säkerställa att framtidens officerare kan leda effektivt i en högteknologisk och multidomänmiljö.

I den här artikeln undersöks hur fjärrstyrda och autonoma plattformar samt AI-baserade beslutsstödsystem förändrar officerens roll samt vilka kompetenser som krävs för att möta framtidens krigföring. Artikeln utforskar inte enbart teknologins potential utan också dess begränsningar och hur människans roll förblir central även i en alltmer teknologisk värld.

Obemannade plattformar gör entré på slagfältet

Fjärrstyrda farkoster kan härledas långt tillbaka i tiden, så tidigt som till år 1849, när österrikiska styrkor belägrade Venedig och skickade omkring 200 luftburna obemannade ballonger bestyckade med brandbomber in över staden. Händelsen avgjorde inte belägringen och bidrog inte heller till något teknologiskt språng, och det kan diskuteras om den mer ska ses som flygbombning än födelsen av obemannade farkoster. Oavsett har konceptet förfinats stegvis genom varje krig och under sent 1960-tal nyttjade Israel, i kriget mot Egypten, fjärrstyrda farkoster på ett sätt som direkt påminner om hur vi använder dem idag.

I Sverige började utvecklingen av fjärrstyrda farkoster under 1970-talet vid Försvarets forskningsanstalt. I mitten på 80-talet påbörjades olika former av försök vid Arméns underrättelseskola i Karlsborg som under 90-talet mynnade ut i en fjärrstyrd farkost med tillhörande fordonsburen markstation.[3] Trots flera år av lyckade försök och förevisningar dröjde det till 2000-talet innan Försvarsmakten började nyttja fjärrstyrda system i militära operationer utomlands som i Afghanistan och i Mali. I respektive insats var fjärrstyrda farkoster en naturlig integrerad del i de militära operationerna intill att insatserna avslutades.

Efter att Israel varit drivande under flera år i utvecklingen med fjärrstyrda system tog USA på sig ledartröjan under eran med ”Global War on Terror” (GWOT). System som MQ-1 Predator och MQ-9 Reaper bidrog inte bara till att förändra krigföringen på marken; nyttjandet av plattformarna för att slå mot enskilda individer skapade en

debatt kring vad som är etiskt och juridiskt lämpligt. Under det andra kriget i Nagorno-Karabakh slog sig Turkiet in på marknaden med Bayraktar TB2, ett system som sedermera kom att köpas in av Ukraina och som fick genomslag i början av den ryska fullskaliga invasionen 2022.[4] Därefter har civila system från företag som DJI och Autel dominerat tillsammans med farkoster ursprungligen byggda för hobbyflygning. Resten är historia.

Utvecklingen inom det fjärrstyrda området sker i rasande fart och en till synes oändlig mängd företag är involverade i att utveckla hela plattformar eller delsystem till de ukrainska styrkorna. Kriget har i sin tur medfört att allt fler länder, inkluderat Sverige, lägger stora resurser på att komma i kapp utvecklingen med fjärrstyrda och autonoma farkoster, vilket innebär en konkurrens om kompetens och tillverkningskapacitet. Detta har i sin tur öppnat upp för militär personal på lokal nivå att utforska olika tekniska lösningar och metoder för att förbereda sig för framtidens krig.

I Ukraina sker ledning av enheter genom olika chattapplikationer, och en ledningscentral på bataljonsnivå har inte sällan flera väggmonterade tv-apparater som visar videoflöden ifrån flera olika fjärrstyrda farkoster under pågående uppdrag. Mängden information som strömmar in från olika former av sensorer (inkluderat mänskliga) har skapat ett behov av AI-baserade stödsystem till ukrainska officerare som bearbetar och sammanställer beslutsunderlag, bland annat för bekämpning, Detta för att kunna hålla ett högre tempo än fienden på det sätt som överbefälhavaren och Carlander beskriver i *Vägval*.[5] Det innebär att vi idag har åtminstone en stridande part i världen där människoliv i stor omfattning hänger på det beslutsunderlag som sammanställs av AI.

Nyttjandet av fjärrstyrda och autonoma farkoster tillsammans med AI ställer krav på att officerskåren inte bara kan samordna olika förmågor och nivåer av autonomi. De behöver även förstå vilka begränsningar teknologin medför och hur de behöver förhålla sig till beslutsunderlag som skapas av stödsystem med olika nivåer av AI-stöd.

> *En av de största förändringarna med autonoma system är mängden data som blir tillgänglig i realtid.*

Beslutsfattande i en datadriven miljö

När AI egentligen tar sitt kliv in på slagfältet kan diskuteras men under 1990 introducerar amerikanska försvaret ”Dynamic Analysis and Replanning Tool” (DART), ett logistikplaneringssystem med AI-stöd. Systemet användes under operationen Desert Shield och reducerade planeringstiden för logistiken från dagar till minuter.[6] En av de största förändringarna med autonoma system är mängden data som blir tillgänglig i realtid. Sensorer, drönare och AI samlar in enorma mängder information som kan ge officerare en komplett bild av slagfältet men också skapa informationsöverflöd. Framtidens officer måste utveckla en förmåga att snabbt filtrera, tolka och agera på bearbetade data. Detta kräver en balans mellan förtroende för teknologin och kritiskt tänkande. Det är här människans intuition och erfarenhet fortfarande har en viktig roll. En AI kan föreslå det ”optimala” beslutet baserat på algoritmiska beräkningar, men en officer måste avgöra om detta är lämpligt i en kontext som AI inte kan förstå fullt ut, exempelvis politiska eller kulturella faktorer.

I jakten på snabbare beslutsfattande krävs ett aktivt kritiskt tänkande från individen

som väntas fatta beslut på informationen som presenteras av AI, precis på samma sätt som när människor sammanfattar beslutsunderlag. Autonoma system kan analysera data och agera över flera domäner i realtid, något som är avgörande för multidomäna operationer (MDO) där samtidighet och snabb respons är centralt. Exempelvis kan en autonom undervattensfarkost samla in sensorinformation i sjödomänen medan ett ledningssystem säkerställer att informationen kan delas säkert med luft- och markenheter. Ett autonomt stödsystem kan även fungera som en ”brygga” mellan olika domäner, exempelvis genom att koordinera satellitbaserade sensorer i rymden med operationer på marken. Vidare kan en autonom plattform i luftdomänen skicka måldata till fjärrstyrda artillerisystem på marken samtidigt som ett cybersystem slår mot fiendens kommunikation.

I samtliga exempel finns en människa som inte bara är mottagaren av informationen utan som också behöver fatta snabba beslut om verkan (såväl kinetisk som icke-kinetisk) ska genomföras. Därutöver måste individen kunna identifiera de konsekvenser som beslutet kan få i olika domäner. MDO ställer krav på officerare att förstå inte bara teknologin i varje enskild domän, utan också hur dessa samspelar. Ett misstag i en domän kan snabbt eskalera och påverka operationens framgång i andra.

Detta ställer höga krav på officerens förmåga att kunna tolka och prioritera i ett till synes oändligt informationsflöde från flera domäner.

Nya krav på officerskompetens

Utvecklingen av autonoma och fjärrstyrda plattformar samt AI-baserade stödsystem innebär att officeren förändras från att enbart vara en taktiker och ledare av människor i strid till att bli en teknisk expert, etisk beslutsfattare och ledare av system. Med system som kan samla in och bearbeta enorma mängder data, fatta beslut i realtid och agera med precision ställs nya krav på den enskilde officerens förmåga att inte bara förstå systemet som denne är satt att leda eller ta stöd ifrån, utan också att kunna identifiera när systemet har nått sin begränsning och missar viktig kontextuell information.

I Försvarsmaktens strategiska plan framhålls det flera gånger vikten av att kunna fatta beslut snabbare än motståndaren och att detta i sin tur kräver automatiserade bearbetningssystem som klarar av att hantera stora mängder data. Samtidigt kräver detta att den data som förs in i systemet är kvalitativ för att kan tolkas korrekt av AI. Det innebär således att officeren redan idag behöver förstå vad som är kvalitativa data och hur den konstrueras för att kunna uppnå ett korrekt beslutsunderlag. Den logiska följden av det är att officeren också måste kunna identifiera när data inte uppnår rätt nivå av kvalité och är felaktigt strukturerad. Likt med dagens informationsbearbetning behövs en förmåga till rimlighetsbedömning byggas upp hos individen.

Autonoma system som drönare, markfordon eller ytgående farkoster kräver en teknisk förståelse för att kunna användas effektivt. Framtidens officer behöver inte bara veta hur systemen fungerar utan också kunna, likt med dagens system, bedöma

> *Teknisk kunskap är inte längre enbart ett specialistområde utan en kärnkompetens för alla officerare.*

deras kapacitet, begränsningar och potentiella sårbarheter. Egna sårbarheter tenderar

ibland att bli särskilt skyddsvärda och delges en begränsad krets av människor vilket samtidigt är förenat med risk då det påverkar möjligheten till att upptäcka felfunktioner som potentiellt utnyttjas av en motståndare. Elektronisk krigföring och cyberhot kommer i all väsentlighet vara ständigt närvarande hot. Om en drönarsvärm hackas eller störs, behöver officeren kunna aktivera reservförfaranden eller återta kontrollen ”manuellt”.

En återkommande diskussion gällande juridiken kring autonoma farkoster är att det måste finnas en människa med i bekämpningsloopen. En autonom plattform som själv kan välja mål baserat på algoritmer, ska inte få lov att bekämpa målet på eget bevåg. I stället behöver en människa fatta beslutet och ”trycka på knappen”. Detta ställer krav på att människan i loopen måste förstå hur dessa algoritmer fungerar för att kunna rimlighetsbedöma måldata och hantera oförutsedda händelser. Framför allt att detta sker med minimal tidsfördröjning för att inte missa ett tillfälle att bekämpa ett högvärdigt mål.

Teknisk kunskap är inte längre enbart ett specialistområde utan en kärnkompetens för alla officerare.

Skydda autonoma system från elektroniska hot och cyberattacker

Trots fördelarna med autonoma system i multidomänoperationer finns betydande utmaningar. Ett av de mest underskattade områdena inom autonom teknologi är dess sårbarhet. Autonoma plattformar är inte bara fysiska enheter som kan utsättas för fysisk påverkan, utan också digitala system som kan attackeras med cybervapen. Ett autonomt system som används över flera domäner är mer exponerat för elektronisk krigföring och cyberattacker, vilket kan få kedjeeffekter i andra domäner. Ett exempel på detta är de sårbarheter som upptäcks i kommersiella drönare i pågående konflikter där plattformar omprogrammeras under pågående uppdrag av en fiende. Officeren måste därför kunna identifiera och hantera sådana hot i realtid. Detta innebär en djupare förståelse för cybersäkerhet och förmågan att leda operationer i en miljö där elektronisk krigföring är en central del av konflikten.

Autonoma cyberverktyg kan lanseras för att identifiera, infiltrera och neutralisera fiendens digitala nätverk i offensiva operationer. Autonoma system kan även användas i defensiva operationer för att skydda militära nätverk genom att upptäcka och neutralisera cyberattacker i realtid. De kan reagera snabbare än mänskliga operatörer och motverka avancerade hot, som ”ransomware” eller koordinerade DDoS-attacker.

Cyberdomänen är central för multidomänoperationer i framtidens konflikter

Autonoma system i cybermiljön kan samverka med autonoma farkoster i andra domäner för att maximera effektivitet. Ett cybersystem skulle kunna ta sig in i fiendens kommunikationssystem samtidigt som autonoma drönare utför en precisionsattack baserat på den nya informationen. Samtidigt innebär det en risk. Autonoma system i cyberoperationer kan förvisso agera snabbt, men utan mänsklig insyn kan de oavsiktligt orsaka eskalering av en konflikt. Den strategiska

> *Den strategiska korpralen har nu blivit den strategiska algoritmen.*

korpralen har nu blivit den strategiska algoritmen. Vem bär ansvaret om ett autonomt cybersystem orsakar skada utanför det ursprungliga uppdraget? Kan vi acceptera att ansvaret ligger där? Förmågan att hantera dilemman kring datorernas beslutsfattande.

I framtiden kommer en svensk officer att leda en operation där autonoma verkansplattformar ingår för att slå ut olika mål i en stridsmiljö där det kan finnas civila eller folkrättsskyddade byggnader. Hur ska vi balansera mänsklig kontroll mot ”maskinens” beslut utan att begränsa verkansplattformen eller för den delen riskera att civila mål bekämpas?

> *En ledare som kan balansera effektivitet med etisk integritet kommer att vara avgörande i en alltmer automatiserad militär miljö.*

Med autonoma system uppstår etiska och juridiska frågor som inte har enkla svar. Om ett autonomt cybervapen bekämpar ett civilt nätverk för civil sjukvård, utan ett mänskligt ingripande, vem bär i så fall ansvaret? Hur säkerställs att autonoma system agerar i enlighet med folkrätten och internationella krigslagar i samtliga domäner? Framtidens officer måste kunna göra etiska avvägningar i realtid, särskilt i miljöer där autonoma system har begränsad mänsklig övervakning. Detta kräver inte bara teknisk och juridisk kunskap utan också en stark moralisk kompass. En ledare som kan balansera effektivitet med etisk integritet kommer att vara avgörande i en alltmer automatiserad militär miljö.

I komplexa, multidomänmiljöer blir frågan om ansvar och kontroll ännu mer central, särskilt när autonoma system används i offensiva operationer.

Människans roll

Trots den teknologiska utvecklingen kvarstår behovet av mänskligt ledarskap. Soldater och underordnade måste känna förtroende för sina befäl, särskilt när beslut fattas med stöd av maskiner. Det innebär att officerare måste bygga broar mellan människa och dator genom att skapa en förståelse för teknologin utan att förlora de mellanmänskliga aspekterna av ledarskap. Hur ska framtidens officer hantera en oro över att soldatens liv sätts på spel av en abstrakt algoritm? Hur ska framtidens befäl bemöta informationskrigföring som påstår att soldater offras i en iskall kalkyl utförd av en dator?

Officerare måste också förbli skickliga på att leda i kaotiska situationer där teknologin kan och kommer fallera eller där närvaron av teknologin skapar friktioner. Historiska exempel visar att tillgång till avancerad teknologi inte alltid garanterar framgång utan att det är den mänskliga faktorn som ofta avgör. I detta behöver det finnas en insikt att teknologin är och förblir ett verktyg i händerna på människor. AI är inte en ersättare för mänskligt beslutsfattande

Praktiska tillämpningar och träning

Den snabba utvecklingen av autonoma system och multidomänoperationer ställer helt nya krav på hur officerare utbildas. Tidigare fokus på stridstekniska och taktiska färdigheter i traditionella stridsdomäner måste nu kompletteras med teknisk expertis, analytisk förmåga och en förståelse för juridiska frågor utöver den traditionella folkrättsutbildningen. Utbildningen behöver därför genomgå en omfattande modernisering för att säkerställa att framtidens officerare kan leda effektivt i en högteknologisk och multidomänmiljö. Förutom att utbildningarna

ska träna den blivande officeren att fatta beslut baserat på underlag från AI eller hur denne samordnar autonoma och fjärrstyrda resurser, behöver utbildningarna förbereda individen för att hantera etiska dilemman under tidspress.

Medan teknologin förändrar krigets karaktär, förblir människan central i beslutsprocessen. Utbildning och träning måste därför utvecklas för att säkerställa att officerare kan kombinera klassiska ledarskapsfärdigheter med nya tekniska och analytiska krav.

För att förbereda framtidens yrkes- och reservofficer för det framtida slagfältet behöver de olika utbildningsinriktningarna ses över. Samtidigt vore det orealistiskt att föreslå att alla inriktningar ska inrymma samma kurser eller ens samma omfång. Däremot behöver vi våga se bortom de traditionella utbildningsplanerna och sudda ut vissa gränser som idag finns mellan den ”generella” officeren, officeren i teknisk tjänst och specialistofficeren. Nedan följer en lista över förslag på tematiska upplägg för kurser.

- *Multidomänsimuleringar:* Träningsscenarier där land-, luft-, sjö-, cyber- och rymddomäner samverkar bör bli en del av utbildningen.
- *Samarbete över gränserna:* Utbildningen bör uppmuntra samarbete mellan officerare och tekniska experter från olika domäner för att skapa en gemensam förståelse för multidomänoperationer. Kursen kan vara ett sätt att knyta kontakter mellan operatören, forskaren och tillverkaren.
- *Datahantering och AI-stöd:* Utbildningen bör innehålla moment i hur man arbetar med beslutsstödsystem som använder AI. Officeren måste förstå hur dessa system fungerar, hur de kan användas och vilka deras begränsningar är för att kunna fatta beslut i realtid. Det är av särskild vikt att våra befäl utvecklar en förmåga att ifrågasätta och verifiera den information som system genererar, för att undvika att beslut fattas baserat på felaktiga data eller algoritmfel.
- *Kunskap om system och sensorer:* Utbildningen måste inkludera kurser i hur autonoma farkoster och deras sensorer fungerar, inklusive AI, maskininlärning, cybersäkerhet och signalbehandling.
- *Praktisk träning:* Simuleringar och övningar med autonoma system bör integreras i utbildningen för att ge officerare praktisk erfarenhet av att leda operationer med dessa verktyg. Exempelvis genom spel eller övningar där autonoma plattformar, drönarsvärmar och cybersystem samverkar för att lösa taktiska problem.
- *Resiliens och improvisation:* Träning i att hantera situationer där teknologin fallerar, och där mänsklig kreativitet och beslutsförmåga blir avgörande.
- *Integrering av cyber och fysiska operationer:* Utbildningen bör visa hur cybersäkerhet kopplas till operationer i andra domäner, till exempel hur ett hackat drönarsystem kan påverka en markoperation.

En balans mellan människa och maskin

Framtidens officer kommer att behöva vara en kombination av taktiker med djup teknisk förståelse, etisk beslutsfattare och inspirerande ledare. I multidomänoperationer förstärker autonoma och fjärrstyrda system möjligheten att agera snabbt, precist och integrerat över flera domäner. Men teknologin innebär också ökade krav på officerens förmåga att leda i en komplex, högteknologisk miljö. Framtidens officer måste ha en vilja att bli en expert på att kombinera teknik, taktik och mänsklig institution för att skapa överlägsenhet i varje del av slagfältet. De uppgifter vi idag tar förgivet att ett

sambandsbefäl eller en teknisk officer ska lösa ut kommer i framtiden att behöva lösas av varje officer. Detta behöver inte vara mer omvälvande än att officeren idag kan använda en bärbar dator eller koppla upp en surfplatta mot en trådlös internetuppkoppling. Det är i allt väsentligt möjligt att driva igenom de förändringar som föreslås i den här artikeln om vi är villiga att här och nu ta ställning och besluta oss för att vandra den vägen.

Författaren är fanjunkare.

Noter

1. Claesson, Michael och Carlander, Zebulon: *Vägval: framtiden för svensk säkerhet*, Ekerlids förlag, Stockholm 2021, s 89.
2. Ibid.
3. Paulsson, Larsåke (red): *K3 – 25 år i Karlsborg*, K3 historiekommitté, Karlsborg 2009, s 292 och 192.
4. Även om det i efterhand framkommit att de ukrainska farkosterna efter en initial framgång nedkämpades och därmed hade svårt att påverka striderna, vore det orimligt att förneka dess påverkan i den fysiska såväl som kognitiva domänen.
5. Claesson och Carlander, *Vägval*, s 87-88.
6. Hedberg, Sara R: *DART: Revolutionizing Logistics Planning*, 2002, *https://gwern.net/doc/ai/2002-hedberg.pdf*, (2025-01-18).