

90.000 Tonnen Diplomatie 2.0: Die Integration von unbemannten Systemen in den operativen Flugzeugträgerbetrieb am Beispiel der X-47B

Sebastian Schwartz · Christian Reuter

Online publiziert: 1. Juli 2020
© Der/die Autor(en) 2020

Zusammenfassung Die Debatte um die Integration von autonomen Systemen in Streitkräfte wird oftmals auf einer (militär-)strategischen Ebene geführt. Die technisch-operativen Aspekte werden außerhalb des Fachpublikums häufig nur am Rande erwähnt. Der Beitrag analysiert die Integration von U(C)AVs in den operativen Flugzeugträgerbetrieb am Beispiel der X-47B. Die Studie zeigt, dass es keine fundamentalen Probleme bei der Integration gibt, U(C)AVs in einem Fünf-Jahres-Horizont zur neuen maritimen Realität gehören und die Gefahr eines Rüstungswettlaufs in Bezug auf autonome Waffensysteme steigen wird.

Schlüsselwörter Autonome Systeme · Automatisierung des Krieges · Maritime Automatisierungsspirale · Technische Friedens- und Konfliktforschung · Drohnen · U(C)AV

90,000 Tons of Diplomacy 2.0: The Integration of Unmanned Aerial Vehicle Systems into Operational Aircraft Carrier Operations Using the X-47B as an Example

Abstract The debate on the integration of autonomous systems into armed forces is often conducted on a (military) strategic level. The technical-operational aspects are often only mentioned marginally outside a specialist audience. This paper analyses the integration of U(C)AVs into operational aircraft carrier operations using the example of the X-47B. Our study concludes that there are no fundamental problems

S. Schwartz (✉) · Prof. Dr. C. Reuter
Wissenschaft und Technik für Frieden und Sicherheit (PEASEC), Technische Universität Darmstadt,
Pankratiusstraße 2, 64289 Darmstadt, Deutschland
E-Mail: schwartz@peasec.tu-darmstadt.de

Prof. Dr. C. Reuter
E-Mail: reuter@peasec.tu-darmstadt.de

with the integration. U(C)AVs will belong to the new maritime reality within a five-year horizon and the danger of an arms race for autonomous weapon systems will increase.

Keywords Autonomous systems · Automation of war · Aircraft carrier · Technical Peace and Conflict Research · U(C)AV

1 Einleitung

Die stetige Beschleunigung von Kriegen durch Automatisierung in Bezug auf Streitkräfte ist eine der relevantesten Thematiken der heutigen Zeit. Dies ist nicht nur ein Thema innerhalb der naturwissenschaftlich-technischen Friedens- und Konfliktforschung (Reuter et al. 2020), sondern auch der IT-Friedensforschung, die explizit Entwicklungen der Informatik, inkl. Mensch-Computer-Interaktion, Robotik und IT-Sicherheit betrachtet (Reuter 2019, 2020).

Der enorme und stetig anhaltende technische Fortschritt sorgt für eine rasant fortschreitende Automatisierung militärischer Aufgaben, Aktivitäten und Prozesse. Die Konsequenzen dieser Entwicklung betreffen alle Bereiche des Militärs (Land-, Luft-, IT- und Seestreitkräfte) und könnten Auswirkungen auf nationale Streitkräfte weltweit haben. Am besten ist dies durch die immer selbstverständlichere Integration von Unmanned Aerial Vehicles (UAV) bzw. Unmanned Combat Aerial Vehicles (UCAV) in die weltweiten Streitkräfte zu verdeutlichen: Der Einsatz von Drohnen bzw. (teil-)autonomen Systemen mit teilweise tödlichen Konsequenzen ist alltäglich geworden (The Bureau of Investigative Journalism 2020). Obwohl diese Entwicklung vor allem bei Luftstreitkräften zu beobachten ist, halten sich strategische Implikationen dazu aktuell in Grenzen – UAVs/UCAVs können aktuell uneingeschränkt nur in nicht umkämpften Operationsräumen eingesetzt werden, in welchen eine Luftüberlegenheit hergestellt wurde (Alwardt 2019, S. 91; Haider 2014, S. 99–104). Anders verhält es sich in der maritimen Sphäre, in welcher die strategischen Implikationen bedeutend größer sein dürften (Martin et al. 2019, S. 29–40). Im Mittelpunkt der Integrationsbemühungen bzw. Gedankenspiele im maritimen Raum steht hierbei das sprichwörtliche Großwaffensystem Flugzeugträger.¹ In Bezug auf den Einsatz von Flugzeugträgerkampfgruppen ist ein inhärent strategisches Interesse für einen verstärkten Einsatz von autonomen Systemen, insbesondere UCAVs, gegeben. Auf diese Weise ist es möglich, relativ kostengünstig und ohne fundamentale Änderung des Trägersystems die Reichweitenproblematik² im Kontext von *Anti-Access/*

¹ Flugzeugträger können als eines der stärksten Symbole für Machtprojektion gewertet werden. Hierauf spielt auch der Titel dieser Studie an, der auf die mittlerweile in der Populärkultur angekommene Bezeichnung für Flugzeugträger verweist.

² Im Fall der U.S. Navy basiert die Reichweitenproblematik auf der limitierten Reichweite der F-18, welche im regulären Betrieb auf Luftbetankungen angewiesen ist. Mit der Außerdienststellung der S-3B 2009 verbleibt nur das Buddy-Buddy-Verfahren, bei dem eine F-18 mit externen Kraftstoffbehältern andere F-18 betankt. Dies reduziert einerseits die Anzahl der Maschinen, die für offensive Zwecke genutzt werden können, und führt andererseits zu einem erhöhten Verschleiß (Clarc et al. 2018, S. 54; Eckstein 2015).

Areal Denial-Strategien (A2/AD-Strategien)³ zu adressieren. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass diese Planspiele bei allen Seestreitkräften, die über Flugzeugträger verfügen, stattfinden.

Die Diskussion über den militärstrategischen Wert von Flugzeugträgern ist so alt wie das Waffensystem selbst. Dennoch steigt die Anzahl der weltweit eingesetzten Flugzeugträger aktuell an. Während die United States Navy (USN) mittelfristig die Anzahl der Flugzeugträger reduziert (Freedberg 2019), wurde im Mai 2019 bekannt, dass China mit dem Bau eines dritten Flugzeugträgers (Typ 002) begonnen hat. Ebenso modernisieren die USA ihre Trägerflotte durch die Inbetriebnahme einer völlig neuen Klasse von Flugzeugträgern (Ford-Klasse). Dies erscheint nur teilweise nachvollziehbar, da aktuell ein globaler, starker Ausbau in Bezug auf A2/AD-Fähigkeiten zu konstatieren ist, was den langfristigen militärstrategischen Wert von Flugzeugträgern tendenziell sinken lässt, da Operationsräume eingeschränkt werden.

Die politikwissenschaftliche Debatte über die vielfältigen potenziellen Auswirkungen unbemannter bewaffneter Systeme auf verschiedene Bereiche der Kriegsführung ist breit aufgestellt und multidimensional. Daher ist es erstaunlich, dass die Implikationen der Entwicklung hochleistungsfähiger Kampfdrohnen für den Einsatz auf Flugzeugträgern in der Literatur – außerhalb des Fachpublikums – nicht im erwartbaren Ausmaß diskutiert werden.⁴ Die strategische Ebene der Debatte wird nur äußerst selten verlassen – es wird oftmals vergessen, die ebenso wichtigen, sehr technischen und praxisnahen Fragen zu stellen: *Ist es technisch überhaupt umsetzbar? Welche Herausforderungen werden sich bei der praktischen Umsetzung im alltäglichen Betrieb ergeben? Sind diese Probleme einfach zu lösen?* Diese Studie konzentriert sich daher auf die technischen Aspekte der Realisierung einer Integration von autonomen Systemen in den operativen Flugzeugträgerbetrieb und adressiert die folgende Forschungsfrage: *Wie ist der Stand der Integration von UCAVs in den operativen Flugzeugträgerbetrieb und welche Entwicklungen sind zu erwarten?*

Die Streitkräfte der USA stellen in diesem Bereich die technologische Speerspitze dar: Kein Land gibt vergleichbar viel Geld für sein Militär aus (SIPRI 2019); kein Land verfügt über vergleichbare maritime Fähigkeiten weltweit, ständiger Machtprojektion (Scholik 2018, S. 29); und kein Land forscht intensiver an der Autonomisierung des Krieges, um diese Fähigkeiten aufrechtzuerhalten. Aus diesem Grund zielt diese Studie darauf ab, am Beispiel der X-47B den aktuellen Stand der Integration von UCAVs in den operativen Flugzeugträgerbetrieb darzustellen und zukünftige Entwicklungen abzuleiten. Hierfür ist eine Darlegung des aktuellen Forschungsstandes bezüglich des Großwaffensystems Flugzeugträger, A2/AD und der Reaktion auf ebendiese notwendig. Dies wird in Kapitel 2 geleistet. In Kapitel 3 und 4 werden öffentlich zugängliche Daten in Bezug auf die Integration der X-47B

³ Das Konzept A2/AD wird im zweiten Kapitel dieser Studie genauer erläutert.

⁴ Dies ist in Relation zum gesamten sicherheitspolitischen Publikationsaufkommen zu sehen. Selbstverständlich bedeutet dies nicht, dass es keine Debatte gibt. Ein Wegbereiter ist hierbei sicherlich *Wired for War* von Peter Singer (2009). Paul Scharre (2018) liefert mit *Army of None* einen guten, aktuellen Überblick. Die technische Dimension wird immer wieder von den *Proceedings* des U.S. Naval Institutes aufgegriffen.

mithilfe einer auf der zivilen Luftfahrt basierenden Clusterung untersucht und im Anschluss die Implikationen diskutiert.

2 Grundlagen und Stand der Forschung

2.1 Hintergrund: Das Waffensystem Flugzeugträger

Als offensichtliche Großwaffensysteme zählen Flugzeugträger zu den komplexesten technischen Gerätschaften überhaupt (Scholik 2018, S. 33). Sie vereinen verschiedene Elemente eines Schiffs, eines Luftwaffenstützpunktes und einer Kleinstadt. Diese Komplexität ist notwendig, um die vier Kernaufgaben eines Flugzeugträgers möglich zu machen. Diese umfassen 1) den maritimen Transport verschiedener Flugzeugtypen, 2) die Fähigkeit, Flugzeuge starten und landen zu lassen, 3) das fungieren als militärisches Kommandozentrum für militärische Operationen und 4) die Beherbergung des Personals (Harris 2002, S. 1–2). Flugzeugträger können als ein Kernstück US-amerikanischer maritimer Sicherheitspolitik angesehen werden. Durch Flugzeugträger soll eine permanente, globale und im Ernstfall auch militärisch wirksame Machtprojektion sichergestellt werden. Aktuell sind die USA (respektive die USN) weltweit der einzige Staat, der im maritimen Raum eine dauerhaft wirksame Machtprojektion aufrechterhalten kann. Sie verfügen über die Fähigkeit, weltweit „ihre geostrategischen Interessen vertreten zu können“ (Scholik 2015, S. 166), wenn auch räumlich und zeitlich begrenzt.

Ein Flugzeugträger ist ein offensives militärisches Waffensystem. Die von ihm ausgehende Machtprojektion kann in *weiche* (Sichern von Seewegen, Evakuierung ohne Kampfeinsätze, humanitäre und friedenserhaltende Einsätze) und *harte* (Flagge zeigen, Abschreckung, Bestrafung und bewaffnete Interventionen) militärische Einsatzprofile bzw. Zwecke unterteilt werden (Scholik 2015, S. 245–246). Ein Flugzeugträger bzw. eine Carrier Strike Group (CSG) kann aufgrund seiner taktischen Flexibilität, der ihm inhärenten Mobilität und der langen Operationsdauer und Durchhaltefähigkeit als „kalibrierbares Werkzeug zum Zwecke bewusster Eskalation“ (Bruns 2013, S. 177) gewertet werden. Dies wird durch das „konsequente Aufrechterhalten des power projection Konzepts der USN [...] auf allen Ebenen [...] [sichergestellt]. Alle wichtigen Komponenten unterliegen permanenten Verbesserungen, Erneuerungen und besonders die ständige Verbesserung der elektronischen Kampfführung“ (Scholik 2015, S. 169) steht im Fokus. Trotz dem immer noch ersichtlichen qualitativen wie quantitativen Unterschied zu anderen Marinen der Welt haben Russland und China mittlerweile ebenfalls ein konkurrenzfähiges Niveau erreicht (Jopp 2016; Clarc et al. 2018; O’Rourke 2020).

2.2 Strategische Implikationen: Die Integration von UCAVs als Antwort auf A2/AD

Die Proliferation von „guided munitions and battle networking technologies“ (Work und Brimley 2014, S. 5), in Kombination mit fortgeschrittenen *Cruise Missile*-Projekten und einem enormen Fortschritt im Bereich Anti-Ship Ballistic Missiles sowie

bei der Bekämpfung von Flugzeugen durch Air-to-Air Missiles und Surface-to-Air Missiles haben im maritimen Bereich zur Realisierung von A2/AD-Strategien geführt.⁵ A2/AD ist ein „taktisch-operatives Konzept gegen einen potentiellen maritimen Gegner, der über eine starke *power projection* Kapazität verfügt“ (Scholik 2015, S. 211, Hervorhebung im Original). A2 subsumiert dabei

Aktionen und Fähigkeiten – auch über große Distanzen – um gegnerische [...] Kräfte vom Zugang in einem Operationsraum (meist den eigenen, erweiterten Küstenbereich) abzuhalten. AD [hingegen] sind Aktionen und Fähigkeiten – eher über geringere Distanzen – nicht, um gegnerischen Kräften den Zugang zu verwehren, sondern seinen Handlungsspielraum im Operationsbereich einzuengen (Scholik 2015, S. 211).

Um die neuen Rahmenbedingungen zu adressieren, entwickelt die USN das operative Konzept der „Distributed Lethality“ mit dem Ziel, auch in A2/AD-Umgebungen effektiv operieren zu können (Rowden et al. 2015; USN 2015, 2016).

In der Konsequenz führt dies dazu, dass die Reichweite eines Waffensystems zur wichtigsten Kennziffer wird. Besonders pointiert bringt dies Eric Heginbotham (2015, S. 326) zum Ausdruck: „Distances (Even Relatively Short Distances) Matter“. Vor allem der Reichweitenvorteil der Länder, welche A2/AD anwenden, muss aus USN-Sicht negiert werden, um den Trägerverband zu schützen und so die strategische Funktion weiterhin uneingeschränkt zu erfüllen. Da nicht mehr von einer uneingeschränkten Luftvorherrschaft der USA ausgegangen werden kann, ist der Einsatz von Trägerflugzeugen in den letzten Jahren deutlich riskanter und schwieriger geworden. Deshalb ist es aus militärischer Sicht logisch, dass UCAVs⁶ auf Flugzeugträgern eingesetzt werden sollen, da diese der Situation optimal angepasste Vorteile aufweisen: „Improved performance, such as increased range, endurance, persistence, speed, stealth or maneuverability, or reduced size“. Und daraus resultierend: The „[i]ncreased ability to take risk with the platform“ (Scharre 2014a, S. 10).

2.3 Maritime Automatisierungsspirale

CSGs sollen auch in heißen Konfliktumfeldern dazu in der Lage sein, einen militärisch gut ausgerüsteten Gegner militärisch zu kontrollieren oder zu besiegen. Dadurch kommt es zu einer neuen Form des Sicherheitsdilemmas: Die USA müssen davon ausgehen, dass in einem von A2/AD geprägten Umfeld potenzielle militärische Gegner ebenfalls über UCAVs verfügen, welche eventuell vollautonom agieren. Da „Algorithmen meist schon die Fähigkeiten von Pilotinnen und Piloten“ (Schörning 2013, S. 20) übertreffen, wäre es aus militärischer Sicht fahrlässig, nicht die

⁵ Zur theoretischen und strategischen Einordnung: Tangredi (2013, 2018).

⁶ Lynn Davis et al. (2014, S. 1) definieren die Eigenschaften und Möglichkeiten von UAVs wie folgt: „It is a powered, aerial vehicle that does not carry a human operator. It uses aerodynamic forces to provide vehicle lift. It can fly autonomously or be piloted remotely. It is designed to be recoverable. It can carry a lethal or nonlethal payload. It includes those components (necessary equipment, network, and personnel) to control the vehicle.“

notwendigen Schritte zu unternehmen, um vollautonome Kampfsysteme zumindest in der Hinterhand zu haben. Bei Gefechtseinsätzen im umkämpften Luftraum entscheiden in der modernen Kriegsführung auch bei einer Konfrontation zwischen bemannten Systemen mitunter Sekundenbruchteile über den Ausgang eines Gefechtes. Überträgt man dies auf UCAVs, muss festgestellt werden, dass es aufgrund der menschlichen Reaktionsfähigkeit und der Verzögerung des Signalaustauschs (bei der Steuerung via Satellit ein bis zwei Sekunden) unmöglich ist, in der militärisch notwendigen Reaktionszeit einen Waffeneinsatz zu autorisieren (Schörnig und Weidlich 2013, S. 6; Schörnig 2014, S. 6). Es ist daher aus einer militärischen Logik zwingend notwendig, unbemannte Systeme, die im umkämpften Luftraum agieren sollen, zumindest mit der Fähigkeit zum teilautonomen Agieren auszustatten. Dies gilt insbesondere für Umfelder, in denen potenzielle Konfliktparteien mit Zugriff auf UCAVs aufeinandertreffen. Langfristig kann ein „Zwang zu immer mehr Autonomie“ (Schörnig und Weidlich 2013, S. 7) festgestellt werden. Denn wer sich zuerst vollautonomen Systemen bedient, „gewinnt [...] einen gewaltigen militärischen Vorteil“ (Sauer 2013, S. 52). Aktuelle technologische Entwicklungen zielen darauf ab, mehrere UAVs/UCAVs durch Operator*innen steuern und überwachen zu können, was einen anfänglichen Vorteil noch vergrößern würde. Dies gilt ebenfalls für den in Zukunft geplanten Einsatz von Schwarmtechnologien⁷ (Altmann 2013, S. 55; Scharre 2014b).

Diese Beobachtung bzw. Entwicklung ist nicht nur in den Strategiepapieren von Think Tanks und Einschätzungen von Expert*innen, sondern auch in den offiziellen Strategie- und Forschungsberichten der US-Streitkräfte zu finden. So stellt der Chief Scientist der United States Air Force (USAF) Folgendes fest:

[I]ncreasing levels of flexible autonomy will be needed for a wider range of Air Force functions during 2010–2030 and beyond. These will include fully unattended systems with reliable levels of autonomous functionality far greater than is possible today, as well as systems that can reliably make wide-ranging autonomous decisions at cyber speeds to allow reactions in time-critical roles far exceeding what humans can possibly achieve. (USAF 2011b, S. 53)

Ebenso geht die *Naval Aviation Vision 2014–2025* der USN (2014, S. 8) davon aus, dass

integration of technological improvements enables persistent observations of large areas of maritime battlespace with both manned and unmanned Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance (ISR) platforms⁸ and payloads enabled through robust command, control, and communications. If challenged, aircraft will be capable of countering or defeating any anti-access/area denial (A2/AD) challenges. Aircraft will also be capable of establishing sea control

⁷ Hier wäre das Skyborg Wingman Drone Program der USAF ein gutes Beispiel, das sich zum Ziel gesetzt hat, „low-cost, high-performance armed drones that can accompany manned fighter jets into combat“ (Axe 2020) zu entwickeln, die beispielsweise durch eine F-35 gesteuert werden.

⁸ Dies konnte bereits mit der Boing P8-Poseidon und der im Januar 2020 bereitgestellten Northrop Grumman MQ-4C Triton realisiert werden (Jennings 2020).

through networked maritime domain awareness, coupled with the lethality of offensive anti-surface warfare weapons.

2.4 Die maritime Leerstelle im Diskurs

In den gängigen Modellen der Internationalen Beziehungen (IB) ist ein (technischer) Diskurs bezüglich Autonomie und maritimer Sphäre im Grunde nicht vorhanden. Lutz Feldt (2013, S. 19) konstatiert: „Die See wurde sehr verkürzt nur als Transport- und Aufmarschgebiet betrachtet, alle anderen Bereiche der maritimen Sicherheit waren und sind nur bedingt ein Thema.“⁹ Dies änderte sich nur bedingt durch die enormen technologischen Entwicklungen im Rahmen der sogenannten Revolution in Military Affairs und den dahinterliegenden Prozessen. Diese Entwicklungen betrafen auch die USN: In den 1990er Jahren begann ein Prozess der „Modernisierung der Flotte, die sich zunehmend auf die umfassende Computerisierung von Systemen und Sensoren stütze“ (Bruns 2015, S. 17).

Eine im Verhältnis explosionsartige Vermehrung der Literatur zum Thema maritimer Sicherheit mit explizitem Bezug auf Flugzeugträger und deren (notwendige) technische Weiterentwicklung konnte vor allem im Kontext des Konfliktfelds im Südchinesischen Meer beobachtet werden. Dennoch wurde bzw. wird die Debatte über den Sinn oder Unsinn und die notwendigen operativ-technischen Weiterentwicklungen von Flugzeugträgern bis heute fast ausschließlich von Autor*innen¹⁰ mit einem speziellen maritim-militärischen Hintergrund geführt. In Publikationen der letzten Jahre stehen insbesondere die Grenzen US-amerikanischer Machtausübung im Fokus, welche durch die A2/AD-Fähigkeiten Chinas deutlich gemacht werden. Es ist davon auszugehen, dass „die Ozeane wieder stärker in das Blickfeld der internationalen Staatengemeinschaft [rücken] und die Bedeutung der Verteilung von Macht, Einfluss und vor allem der Gestaltungskraft im maritimen Bereich [...] in naher Zukunft an Virulenz zunehmen“ (Feldt 2013, S. 19) werden. Aber selbst hier dominieren Veröffentlichungen, welche sich mit Teilaspekten maritimer Sicherheit beschäftigen. Die Feststellung Sebastian Bruns' (2015, S. 4), dass die akademische Auseinandersetzung mit dem maritimen Raum als Ganzem nicht angemessen erfolge, kann weiterhin als valide angesehen werden.

2.5 Forschungslücke

Verlässt man die militärstrategische Ebene und versucht, die tatsächlich stattfindenden Prozesse (Operations, Ops) auf einem Flugzeugträger zu beleuchten, ist deutlich eine Forschungslücke in der akademischen Literatur festzustellen: Die praktischen Prozesse werden häufig als gegeben angenommen oder schlichtweg ignoriert. Ops werden im maritimen Kontext höchstens in Bezug auf technische Prozesse beleuch-

⁹ Zur Einordnung maritimer Sicherheit in den sicherheitspolitischen Kontext siehe Jopp (2014), Bruns et al. (2013), Scholik (2015).

¹⁰ Siehe hierzu beispielsweise Sayler (2016), Hendrix (2015), Cropsey et al. (2015), Barno et al. (2014), Wills (2016) oder Farley (2015).

tet, was ebenfalls auf die genauen Arbeitsabläufe und bestimmte technische Details zutrifft. Dies hängt sicherlich auch damit zusammen, dass Wissen, Abläufe und Erfahrungen vor allem informell vorhanden sind (Rochlin et al. 1987, S. 77). Die fundiertesten öffentlich zugänglichen Informationen über diese Thematik stammen von der USN selbst, sie werden unter dem Titel *Naval Air Training and Operating Procedures Standardization* (NATOPS) veröffentlicht (USN 2004). Sie wurden zu sämtlichen Flugzeugtypen und allen damit verbundenen Bereichen der US-amerikanischen Marinefliegerei freigegeben. In diesem Kontext betonen Gene Rochlin et al. (1987, S. 80), dass NATOPS „and other written guidelines represent the book of historical errors. They provide boundaries to prevent certain actions known to have adverse outcomes, but little guidance as to how to promote optimal ones“. Im Bestreben, die Forschungslücke zumindest ansatzweise zu schließen, ist es sinnvoll, auf ein Thema zurückzugreifen, welches bereits wissenschaftlich besser beleuchtet ist: Airline und Airport Operations. Aber auch in diesem Wissenschaftsbereich kann nicht von einer befriedigenden Literaturlage gesprochen werden, da es sich um ein sehr anwendungsorientiertes Forschungsfeld handelt. Dass in Bezug auf Aircraft Carrier Flight Operations nur wenig Literatur vorhanden ist, könnte damit zusammenhängen, dass sich die Ops auf einem Flugzeugträger seit dem Aufkommen der Waffengattung nicht fundamental verändert haben. Dessen ungeachtet werden Ops zukünftig infolge der enormen Technologiesprünge und Möglichkeiten zu elementaren Stellschrauben in Bezug auf den Wert bzw. Nutzen von Flugzeugträgern.

3 Methodik

3.1 Untersuchungsgegenstand: X-47B

Die X-47B ist aus einem Programm der USN – der Unmanned Carrier Air System Demonstration (UCAS-D) – hervorgegangen. Dieses Programm „is focused on developing and demonstrating an aircraft carrier (CV) suitable, low observable (LO) unmanned air system in support of persistent, penetrating surveillance, and penetrating strike capabilities in high threat areas“ (Marks 2010). Es handelt sich um ein düsenbetriebenes Nurflüger-UAV, welches die Potenziale und Möglichkeiten eines trägergestützten, unbemannten Flugobjektes ausloten und demonstrieren sollte. So konnte der erste autonom durchgeführte Katapultstart vom Deck eines Flugzeugträgers, die erste Landung auf einem Flugzeugträgerdeck und der erste vollautonome luftgestützte Tankvorgang eines UCAVs (Naval Air Systems Command 2015) durchgeführt werden. Allerdings wurde die X-47B eher zu Demonstrationszwecken entwickelt: „X-47B is an Unmanned Combat Air System demonstrator, not a working aircraft ready for mass production and deployment“ (Holmes 2013).

Die X-47B stellt neben der MQ-25 eines der technisch ausgereiftesten Konzepte einer marinegestützten (Kampf-)Drohne im Einsatz dar (Scharre 2018, S. 60–62). Gegenüber klassischen bemannten Systemen benötigt ein UCAV „60 % New or Modified Requirements“ (Engdahl 2012, S. 5) und nutzt „40 % Common Requirements with Manned Systems“ (Engdahl 2012, S. 5). Hierdurch werden die enormen technologischen Herausforderungen in Bezug auf die Integration deutlich. Flugaktivitäten

auf Flugzeugträgern können wohl zu den herausforderndsten Aktivitäten in der militärischen Luftfahrt gewertet werden. Hierzu stellen Rochlin et al. (1987, S. 76) fest: „[F]light operations at sea is the closest to the ‚edge of the envelope‘ – operating under the most extreme conditions in the least stable environment, and with the greatest tension between preserving safety and reliability and attaining maximum operational efficiency.“ Die X-47B wurde an die bestehenden Bedingungen und Vorgaben auf US-amerikanischen Flugzeugträgern angepasst und auf drei verschiedenen Trägern erprobt. Das Programm wurde aus Sicht der USN 2015 erfolgreich abgeschlossen. Im Jahr 2016 wurde das Ziel der Entwicklung eines Unmanned Carrier Launched Aerial Strike And Surveillance UAVs zugunsten eines Carrier Based Aerial Refueling System geändert, welches unter dem Projektnamen MQ-25 Stingray läuft. Im September 2019 hatte die MQ-25 ihren Jungfernflug. 2022 soll mit operativen Tests im Flugzeugträgerbetrieb begonnen werden, um sie 2024 in den aktiven Dienst zu integrieren (Werner 2019). Die X-47B kann deshalb als Referenzmodell für den Stand der Integration von UCAVs in den operativen Flugzeugträgerbetrieb beschrieben werden.

3.2 Technologieintegration als notwendige Beobachtungsdimension

Welch große Bedeutung der Themenkomplex *Integration von neuer Technologie in bestehende hochkomplexe Systeme* besitzt, kann nicht oft genug betont werden. Die militärstrategischen Implikationen des zunehmenden Einsatzes autonomer Systeme in nationalen Streitkräften bzw. die Auswirkungen werden in den IB aus verschiedensten Perspektiven¹¹ diskutiert. Dennoch ist vor allem in Beiträgen außerhalb des Fachdiskurses eine Tendenz feststellbar: Häufig wird zwar die Integration angesprochen, der Prozess wird aber in den meisten Fällen nicht näher beleuchtet. Hierbei werden „relevante Fragen zu Effizienz, sinnvollem Einbau in die militärische Plattform und vor allem der Grad der zu erwartenden Aufgabenerfüllung unter sich ständig ändernden Bedingungen [...] aber oft geflissentlich unterschätzt“ (Scholik 2015, S. 192). Denn Großwaffensysteme wie Flugzeugträger geben einen klaren Integrationsrahmen vor, da Standards wie beispielsweise Größe, maximale Energieleistung, verfügbarer Platz, Schnittstellen oder Ähnliches unveränderbar und damit unbedingt zu berücksichtigen sind.

Aus den genannten Gründen kann schon im Prozess der Integration das Scheitern des Einsatzes von neuer Technologie absehbar werden. Insbesondere bei militärischen Systemen muss eine möglichst fehlerfreie Funktionsweise sichergestellt werden, da im Ernstfall die Konsequenzen bei auftretenden Fehlern tödlich sein können. Ebenso darf nicht vergessen werden, dass auch Streitkräfte große, komplexe Organisationen sind, bei denen Beharrungskräfte und eine gewisse Ablehnung gegenüber neuer Technologie beobachtbar sind.

¹¹ Beispielsweise: Schörnig (2019), Altmann und Sauer (2017), Alwardt (2019).

3.3 Fallauswahl und Datenerhebung

Die Integration von UCAVs in den operativen Flugzeugträgerbetrieb wird als Referenzfall bzw. Anschauungsbeispiel im Rahmen einer holistischen Einzelfallstudie für die allgemeine Integration von UAVs in bestehende avionisch-operative Systeme gewertet. Durch die aufgezeigte Forschungslücke kann davon gesprochen werden, dass mit der Integration der X-47B die Chance besteht, „wissenschaftlich unerreichte Untersuchungsgegenstände“ (Schmidt 2006, S. 114) in die Gesamtbetrachtung mit einfließen zu lassen. Die vorliegende Studie beschäftigt sich mit einem militärischen Thema. Folglich liegen aufgrund der Geheimhaltung keine Rohdaten seitens des Militärs vor. Deshalb muss auf öffentlich zugängliche Informationen von Expert*innen bzw. der USN und den zugehörigen Regierungsstellen zurückgegriffen werden. Es wurde eine umfangreiche Literaturrecherche auf Basis von Onlineblogs und -magazinen¹² durchgeführt. Es ist hierbei davon auszugehen, dass der tatsächliche Stand der Integration von UAVs wesentlich weiter fortgeschritten ist. Konkret kann angenommen werden, dass man bezüglich der Kenntnisse im Bereich Forschung und Entwicklung¹³ „dem Stand der Technik ein, zwei Jahre“ (Schörning, zit. n. Lobenstein und Piegsa 2013, S. 23) hinterherhinkt.

3.4 Clusterung

Im Grunde handelt es sich bei einem Flugzeugträger um einen Flughafen auf dem Wasser mit angegliederter Airline. Vergleicht man die zivile und militärische Luftfahrt, muss konstatiert werden, dass die Gemeinsamkeiten in der operativen Ebene (Ops)¹⁴ überwiegen. Die eingesetzten Flugzeuge bzw. das Fluggerät müssen jeweils gewartet, betankt, aufmunitioniert, abgefertigt, repariert und fachgerecht gelagert werden. Hierfür wird eine gewisse Infrastruktur am Boden bzw. auf See benötigt, um die Maschinen flugfähig zu halten. Ebenso müssen die Pilot*innen und die Crews die richtige Zertifizierung, die Flugtypenscheine, das notwendige Training und die allgemeine Fitness aufweisen, um ihre jeweiligen Aufgaben absolvieren zu können. Das Ziel ist hierbei ein möglichst reibungsloser Flugbetrieb. In Ermangelung etablierter Analyseverfahren bezüglich der Operationen auf Flugzeugträgern wird auf eine Clusterung der zivilen Luftfahrt zurückgegriffen (s. Tab. 1). Die Operations einer Airline werden gegenwärtig durch ein Integrated Operation Control Center (IOCC) gesteuert. Konkret bedeutet dies, dass alle für den stabilen Flugbetrieb notwendigen Stakeholder in physischer Form zusammengebracht werden. Um die Forschungslücke im Bereich Operations zu überbrücken, wurden zwei Exper-

¹² Dazu zählen: Center for a New American Security (CNAS); Center for International Maritime Security (CIMSEC); War is boring; The National Interest; Defense One; Defense News; The Diplomat; War on the Rocks.

¹³ Zu den oftmals vergessenen *Spillover*-Effekten im Bereich Forschung und Entwicklung siehe Riebe et al (2020).

¹⁴ Eine allgemeingültige Definition des Terminus Operations gibt es nicht. Allgemein muss in diesem Bereich eine erhebliche Forschungs- und Literaturlücke festgestellt werden, Helge Wieske-Hartz (2004, S. 8) konstatiert sogar, dass in „Ermangelung entsprechender Literatur [...] seit Jahren das Prinzip des ‚Training on the Job‘ vor[herrsche]“.

Tab. 1 Relevante Clusteringseinheiten

Abteilung	Funktion	Aufgabe
Operations Control/ Flight Control	Sicherstellen und Steuerung des Flugverkehrs	Flugsteuerung/ Luftraummanagement/ Flug- decksteuerung/ Krisenmanagement
Maintenance Control	Sicherstellen der technischen Einsatzfähigkeit	Wartung, Reparatur/ Ersatzteilmanagement
Crew Control	Steuerung der den Fluggerä- ten zugeordneten Crews	Crew-Management/ Aus- und Fortbildungs- management
Mission Support	Sicherstellen der Informatio- nal Awareness	Verfügbarmachen aller missionspezifischen Informationen während des Fluges

Quelle: Experteninterviews

teninterviews geführt, auf deren Basis die Clustering vorgenommen wurde. Die für die Analyse der Integration der X-47B wichtigen Bestandteile wurden im Folgenden nach den Analyseeinheiten geclustert untersucht.

4 Bewertung

Im Folgenden wird der Stand der Integration von UCAVs in den operativen Flugzeugträgerbetrieb und die absehbare Entwicklung in den Bereichen *Operations Control/Flight Control*, *Maintenance Control*, *Crew Control* und *Mission Support* dargelegt. Der Prozess der Integration von UCAVs ist schon so weit fortgeschritten, dass die Folgen und Auswirkungen konkret sichtbar bzw. benennbar sind.

4.1 Operations Control/Flight Control

Aktueller Stand. Der Bereich Operations Control/Flight Control stellt wohl den wichtigsten Untersuchungsbereich in Bezug auf den Stand der Integration von UCAVs in den operativen Flugzeugträgerbetrieb dar. Da hier die Steuerung des Flugverkehrs am Boden und in der Luft koordiniert wird, handelt es sich um einen kritischen und sehr relevanten Aspekt der Thematik. Selbst wenn davon ausgegangen wird, dass in mittelfristiger Perspektive eine gewisse Anzahl von UCAVs auf einem Flugzeugträger im Einsatz sein werden, wird es sich weiterhin um einen Mischbetrieb aus bemannten und unbemannten Luftfahrzeugen handeln. Diese Tatsache erhöht die Komplexität enorm, da neben den technischen Herausforderungen auch die menschliche Komponente zu beachten ist.

Deshalb verwundert es nicht, dass laut der Abteilung Unmanned Aviation & Strike Weapons der USN (Engdahl 2013, S. 13–15) bezogen auf die erste Landung der X-47B auf der USS George H. W. Bush am 10. Juli 2013 vor allem Aspekte im Kontext der Operations Control bzw. Flight Control angesprochen wurden. Diese wurden als „Critical Technology Elements“ in Bezug auf die „Flight Hardware in Operational Environment“ bezeichnet. Hierunter fallen „Precision Navigation Algorithms“, „Guidance, Navigation, and Control Software“, „Deck Handling and Control Software“, „Autonomous Bolter Logic“, „Autonomous Wave-off Logic“, „Airframe Aerodynamics and Structure“, „Flight Controls“ und „Air Data Sensors“

(Engdahl 2013, S. 14). Es konnten alle angestrebten Ziele des UCAS-Programms mit der Konzipierung der X-47B erreicht werden: „Demonstrate Carrier Control Area (CCA) Operations“, „Demonstrate Launch Performance“, „Completed Arrested Landing Performance including Approach, Wave-Off and Bolter“, „Integrate Mission Control Segment (MCS) into Carrier“ und „Develop UCAS Interface with Carrier“ (Engdahl 2013, S. 3).

Für die Entwicklung der X-47B wurden verschiedene Technologien genutzt und etabliert. Hierzu zählt u. a. ein „Precision GPS Navigation (PGPS)“-System. Hierbei handelt es sich um ein hochpräzises, militärisches GPS-System mit „ship-relative precision navigation algorithms“, welches vor allem die Rollbewegung des Schiffes ausgleichen soll und sich allgemein durch „High Accuracy, Integrity, [and] Continuity“ (Engdahl 2013, S. 10) auszeichnet. Ebenso konnte ein „Low Latency Datalink“ in Verbindung mit der „Tactical Targeting Network Technology (TTNT)“ (Engdahl 2013, S. 10) erreicht werden. Die Steuerung und Kontrolle der X-47B erfolgt über ein „IP Based Interface“, welches eine „Distributed Control Capability“ der „Government Owned Interfaces“ durch die „Open Architecture Designs and Protocol“ (Engdahl 2013, S. 10) bietet. Vereinfacht ausgedrückt, ist hiermit die Möglichkeit gemeint, die X-47B von verschiedenen Standorten weltweit in regierungseigenen und somit besonders gut geschützten bzw. gesicherten Netzen zu steuern. Diese IT-Architektur ist nicht statisch, sondern kann an verschiedenste Anforderungen angepasst werden.

Aus diesen technologischen Entwicklungen ergeben sich bestimmte neue Anwendungsgebiete: Die „Triple-Redundant Guidance, Navigation and Control supports unmanned integrity requirements“; das „Digitized Air Traffic Control Environment supports autonomous UCAS operations in CCA“; die Möglichkeit zur Durchführung von „Unmanned Flight Deck Operations“, von „Catapult Launch Procedures“ sowie von „Autonomous Precision Landing[s]“ (Engdahl 2013, S. 10) von X-47B.

Absehbare Entwicklungen. Mit der X-47B ist es zum ersten Mal erfolgreich gelungen, einUCAV in den operativen Flugzeugträgerbetrieb zu integrieren und zu beweisen, dass ein Mischbetrieb aus bemannten und unbemannten Fluggeräten an Bord eines Flugzeugträgers prinzipiell möglich ist. Hier liegt die eigentliche Herausforderung der Integrationsleistung von autonomen Systemen. Daher kann davon ausgegangen werden, dass im Bereich Operations Control/Flight Control in den nächsten Jahren die notwendigen infrastrukturellen Voraussetzungen und Verbesserungen auf allen Flugzeugträgern der USN geschaffen werden. Einen guten Indikator für diese Entwicklung stellt die Installation des ersten UAV Command Centers an Bord der USS Carl Vinson dar. Dieser Vorgang soll 2022 abgeschlossen sein (Gady 2016). Des Weiteren sind alle Flugzeugträger der neuen Ford-Flugzeugträgerklasse „designed to facilitate integration of unmanned systems, with a goal of launching all future aircraft projected in the inventory through 2050“ (USN 2014, S. 12).

Als mindestens genauso relevant wie die notwendige infrastrukturelle Hardware dürfte die softwareseitige Entwicklung in Bezug auf das Informationsmanagement und die Datenanalyse in diesem Bereich eingestuft werden. Der immer umfangreichere Einsatz vonUCAVs und UAVs wird diese Datenmenge weiter ansteigen

lassen. In Zukunft werden diese Datenmengen unmöglich manuell bearbeitet bzw. verwendet werden können:

[T]he large data set generated by sensors today offers the possibility of using analytics to shift through them and draw conclusions. However, this will only happen if managers design suitable architectures to extract the data post-flight, store it and make it available (Glynn 2015).

4.2 Maintenance Control

Aktueller Stand. Maintenance Control stellt den diffusesten der Untersuchungsbereiche dar. Dies ist nicht weiter verwunderlich, da die Wartung und die Reparatur von UAVs einen sicherheitskritischen Bereich bilden, der die benutzte Hard- und Software unmittelbar betrifft. Dennoch wird diese Untersuchungseinheit oftmals marginalisiert oder schlichtweg vergessen. Es handelt sich um einen Bereich, der im Hintergrund abläuft und als Basis für alle weiteren Bereiche dient – denn das Funktionieren der Fluggeräte wird schlicht vorausgesetzt, ohne es weiter zu hinterfragen. Hierzu stellt das U.S. Department of Defense in seiner Unmanned Systems Integrated Roadmap (2013, S. 62) lediglich fest: „Reliability and maintainability are critical performance attributes for unmanned systems to accomplish their missions and to achieve required operational availability.“

Da es sich bei der Entwicklung der X-47B eher um eine Machbarkeitsstudie zu Demonstrations- und Testzwecken handelt und diese nicht in nennenswerten Stückzahlen auf den verschiedenen Flugzeugträgern eingesetzt wird, ist nicht davon auszugehen, dass es in Bezug auf Maintenance Control zu gravierenden Änderungen momentan gängiger Abläufe und Prozesse¹⁵ gekommen ist.

Absehbare Entwicklungen. Da UAVs noch eine höhere Unfallrate aufweisen als bemannte Systeme (Hobbs und Herwitz 2006a, S. 1; Petritoli et al. 2018a, S. 1; Cole 2019, S. 5; Lu et al. 2019, S. 2; Petritoli et al. 2018b, S. 430), wird der *Maintenance, Repair and Operations*-Bereich (MRO) in Zukunft von größerer Relevanz sein – insbesondere im Hinblick auf Flugzeugträger, auf welchen Unfälle besonders drastische Konsequenzen nach sich ziehen können. Im Bereich von Unfällen mit UAVs der US-Army „[m]aintenance factors were involved in 2–17% of the reported accidents“ (Hobbs und Herwitz 2006a, S. 2). Yi Lu et al. (2019, S. 16) stellen des Weiteren fest, dass bezüglich der Unfallursache von UAVs „the maintenance accident issues have risen to a comparable level as that of the flight crew errors.“ Es kann festgehalten werden, dass „system reliability may be emerging as a greater threat to UAVs than it currently is to conventional aircraft. This trend may serve to increase the criticality of maintenance“ (Hobbs und Herwitz 2006a, S. 2).¹⁶

¹⁵ Diese können im Grundsatz ausführlich in den NATOPS bezüglich CVN Flight/Hangar Deck (USN 2008) nachgelesen werden.

¹⁶ Für weiterführende Informationen bezüglich der operationellen Risiken von UAVs siehe Scharre (2016) sowie USAF (2011a).

Folglich ist anzunehmen, dass die USN parallel zur technologischen Komponente bezüglich der Integration der MQ-25 ebenfalls die notwendigen personellen Voraussetzungen im MRO-Bereich schafft, um das UAV vollumfänglich im täglichen Flugzeugträgerbetrieb einsetzen zu können. Zwar bleibt festzuhalten, dass „in most cases, the skill and knowledge required for UAV maintenance is broadly similar to that required to maintain conventional aircraft“ (Hobbs und Herwitz 2006b, S. 22). Allerdings werden „AE 8361 Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Systems Organizational Maintenance Technician[s]“ (Hobbs und Herwitz 2006b, S. 20) – so die offizielle Bezeichnung der USN – sich in Zukunft wahrscheinlich noch weiter spezialisieren. Grundsätzlich wird im militärischen Bereich zwischen „basic operational maintenance and major repairs“ (Hobbs und Herrwitz 2006b, S. 23) unterschieden. Ersteres „includes servicing, fueling, daily inspections, simple preventative maintenance and replacement of line replaceable units (LRUs)“ (Hobbs und Herrwitz 2006b, S. 23). Letzteres „include[s] complex structural repairs, complex overhauls and, diagnosis/resolution of complex faults“ (Hobbs und Herrwitz 2006b, S. 23). Auf einem Flugzeugträger müssen beide Bereiche abgedeckt werden, da ein Einsatz durchschnittlich sechs Monate dauert und die Möglichkeiten für die Versorgung mit Ersatzteilen dadurch eingeschränkt sind. Aus diesem Grund ist es notwendig, Spezialist*innen für die Wartung und Reparatur von UCAVs an Bord zu haben. Es ist erwartbar, dass diese über eine spezielle Ausbildung im Bereich Software und Übertragungstechnik verfügen werden. Im Grundsatz stellen Hobbs und Herwitz (2006a, S. 5) klar: „UAV maintenance requires attention not just to the aircraft, but to the entire system, including the ground control station, wireless communication links, sense-and-avoid instrumentation, and in some cases, specialized launch and recovery equipment.“

4.3 Crew Control

Aktueller Stand. Ähnlich wie bei Maintenance Control ist wenig bis gar nichts über die Situation im X-47B-Programm bezüglich Crew Control bekannt. Es ist unklar, wo genau sich das Kontroll- und Überwachungsteam befunden hat – allerdings ist davon auszugehen, dass es sich hierbei um ein redundantes System handelte, in dem Teams an Land und auf dem Flugzeugträger selbst im Notfall eingreifen können. Hierfür spricht, dass in der Präsentation von Jaime Engdahl (2013, S. 8) von einem „[t]ransfer of aircraft command and control from shore to shipboard mission operator“ die Rede ist. Da das Programm allerdings ohne nennenswerte (bekannte) Zwischenfälle abgeschlossen wurde, musste die Crew aufgrund des teilweise vollautonomen Agierens der X-47B wahrscheinlich nicht eingreifen. Auch hier muss nochmals auf den besonderen Status der X-47B hingewiesen werden: Zwar konnte bewiesen werden, dass ein UCAV auf und von einem Flugzeugträger eingesetzt werden kann, dies bedeutet jedoch nicht, dass schon etablierte Verfahren, Prozesse oder Abläufe entwickelt werden konnten. Deshalb ist es sehr wahrscheinlich, dass es sich bei der Crew, die die X-47B überwachte und gegebenenfalls steuerte, um speziell geschulte Testpilot*innen, welche bereits Erfahrung in der Steuerung und Kontrolle von UAVs sammeln konnten, handelte.

Absehbare Entwicklungen. Im Zusammenhang mit der geplanten Integration von UAVs wird häufig die Vermutung geäußert, dass es beim Einsatz von voll- und teilautonomen Systemen zu einem massiven Rückgang des zuständigen Personals kommen könnte, was jedoch keinesfalls die Regel ist. So ist beispielsweise der Betrieb der beiden UAVs MQ-1 Predator oder MQ-9 Reaper¹⁷ enorm personalintensiv (Scharre 2018, S. 16): „Not only do they need maintenance crews, intelligence analysts, and sensor operators, each drone requires a human pilot flying it by remote control every second it’s in the air“ (Freedberg 2015). Allerdings ist dies in Bezug auf die MQ-25 nicht im selben Maße zu erwarten, da es sich um die neueste eingesetzte UAV-Technologie handeln wird und „[m]ore advanced drones [...] require less constant hand-holding“ (Freedberg 2015). Trotzdem wird die USN in den nächsten Jahren einen Pool aus qualifizierten UAV-Operator*innen aufbauen müssen und es ist davon auszugehen, dass hierbei das Training und die Standards am *Unmanned Aircraft System Commander’s Guide and Aircrew Training Manual* der U.S. Army (2014) orientiert sein werden.

Da es sich um einen Mischbetrieb zwischen unbemannten und bemannten Systemen handeln wird, sind die erwartbaren Veränderungen¹⁸ im Bereich Crew Control insgesamt gering. Einen wichtigen Bereich stellt allerdings der Aspekt des Trainings der Crew in Bezug auf den Umgang mit den eingesetzten UAVs und das Bilden von Vertrauen in das Funktionieren der UAVs im alltäglichen Betrieb dar. Denn die Integration

of unmanned aircraft requires a level of trust in autonomous systems that does not yet exist in naval aviation. Building trust will require technical improvements that increase the ‚trustworthiness‘ of UAVs, but it will also require naval aviation to establish organizations that enhance trust in UAVs with the goal of fully integrating them into the fight (Smith 2015).

4.4 Mission Support

Aktueller Stand. Auch im Bereich Mission Support sind praktisch keine Erkenntnisse über das Vorgehen und die Abläufe bekannt. Zudem stellt sich die Frage, ob dieser Bereich in Bezug auf die X-47B ebenso relevant ist wie im Kontext bemannter Flugaktivitäten. In der zivilen Luftfahrt ist der Bereich Mission Support dafür zuständig, alle missionsspezifischen Informationen während eines Fluges verfügbar zu machen. In Bezug auf die X-47B kann Mission Support in diesem speziellen Fall keinen eindeutigen Mehrwert generieren, bzw. ist sogar als überflüssig zu erachten. Denn die Testflüge fanden in bestimmten Luftkorridoren in US-Küstennähe statt und die Steuerung und Luftraumüberwachung wird im Bereich Operations Control/

¹⁷ Hierzu stellt Arash Pashakhanlou (2019, S. 341) fest: „Yet, these human operators are still essential as these UAVs are only capable of acting autonomously in the simplest of missions.“

¹⁸ Ein weiterer wichtiger Punkt in diesem Bereich sind die oftmals unterschätzten sozialpsychologischen Faktoren. Durch die Integration von UAVs könnte der Status der Trägerpilot*innen langfristig geringer werden, was zu Spannungen zwischen den verschiedenen Plattformen (Pilot*innen gegenüber Controller*innen) führen kann. Ebenso dürfen institutionelle Beharrungskräfte nicht vergessen werden, die beispielsweise dazu führten, dass die X-47B nicht weiterentwickelt wurde (Pashakhanlou 2019, S. 344).

Flight Control geleistet. Da die relevanten Daten hier also schon gebündelt vorliegen, ist dieser Bereich bei UAVs nicht notwendig.

Absehbare Entwicklungen. Die Beobachtung der eher untergeordneten Bedeutung von Mission Support beim Einsatz von UCAVs dürfte sich in Zukunft fortsetzen. Bei bemannten Flugzeugen jedoch müssen sich zahlreiche Abteilungen miteinander abstimmen und zusammenarbeiten, um die Flugzeuge adäquat und dem Einsatz angepasst zu steuern und sie mit allen benötigten Informationen zu versorgen. Die Abteilungen umfassen das Combat Information Center (CIC), also das „Gefechts- und Nervenzentrum des Schiffs“ (Clancy 2001, S. 187); das Tactical Flag Command Center, welches für die Gefechtsverbandsführung verantwortlich ist; das Joint Intelligence Center, also der „zentrale Filter für sämtliche Informationen, die auf dem Schiff, im Gefechtsverband und von den an Bord befindlichen Einheiten gebraucht werden“ (Clancy 2001, S. 189), mit Zugriff auf alle relevanten nachrichtendienstlichen Datenbanken; sowie das Ships Signals Exploitation Space, welches die Abteilung für alle geheimdienstlichen Informationen und elektronische Kriegsführung bzw. Feindaufklärung ist (Clancy 2001, S. 187–189). Da es sich auch in mittelfristiger Perspektive um einen Mischbetrieb handeln wird, ist trotzdem nicht davon auszugehen, dass der Bereich Mission Support an Relevanz verliert, zumindest beim Einsatz von bemannten Flugzeugen.

Bei unbemannten Systemen gestaltet sich die Lage anders. Ein UAV Command Center wird tief in die (digitalen) Schiffssysteme¹⁹ verankert werden, weshalb sich die Rolle des Command Centers in Bezug auf Mission Support beim Einsatz der MQ-25 enorm verändern wird. Da alle relevanten Informationen für den Einsatz bereits verfügbar sein werden, wird kein Bedarf mehr für spezifische Kommunikation bezüglich der Einsatzrahmenbedingungen zwischen der UCAV-Crew und den befehlshabenden Stellen bestehen. Vielmehr ist von Folgendem auszugehen:

Full integration of UAV data into the combat management system and the operational integration of the UAV operator into the CIC (Combat Information Centre) turn the UAV into a ‘telescopic arm’ of the ship, extending its operational capabilities by providing real-time data from the theatre of operations beyond the range of its onboard sensors. (Naval Group 2014)

Das UCAV wird also vielmehr zu einem weiteren Datenlieferanten, um die Gefechtsfeldaufklärung weiter zu verbessern. Dies deckt sich zudem mit dem Ziel der *battlespace awareness*, also „the ability to understand the disposition and intension of potential adversaries as well as the characteristics and conditions of the operational environment“, welche in der *U.S. Navy Information Dominance Roadmap, 2013-2028* (USN 2013, S. 15) dargelegt ist.

¹⁹ Es gibt bisher keine validen Informationen bezüglich der Größe oder der Platzierung auf dem Flugzeugträger (Vergakis 2016).

4.5 Analyse

Wie in den untersuchten Bereichen herausgearbeitet wurde, ist die Integration im speziellen Fall der X-47B – basierend auf den öffentlichen zugänglichen Dokumenten – planmäßig und ohne größere Probleme gelungen. Die erfolgreiche Entwicklung der X-47B hat bewiesen, dass es prinzipiell möglich ist, UCAVs in den operativen Flugzeugträgerbetrieb ohne größere Einschränkungen zu integrieren. Zwar handelt es sich hierbei nicht um einen Einsatz mit nennenswerten Stückzahlen im Normalbetrieb, allerdings konnten wertvolle Erfahrungen in Bezug auf die technische und operative Integration in das bestehende System Flugzeugträger und das damit verbundene operative Umfeld gesammelt werden. Die Erkenntnisse und Erfahrungen, welche mit dem X-47B-Programm gewonnen wurden, sollen zeitnah flottenweit um- und eingesetzt werden, um die hard- und softwareseitige Infrastruktur, die Schiffsysteme sowie die Besatzung der Flugzeugträger auf die neue Realität *UCAVs auf Flugzeugträgern* in den 2020er Jahren vorzubereiten.

Die Integration von UCAVs in den operationalen Flugzeugträgerbetrieb ist nicht nur eine rein technische Angelegenheit, sondern umfasst auch andere Aspekte. Denn selbst bei optimaler Anpassung unbemannter Systeme an die auf einem Flugzeugträger gegebenen Vorgaben und Abläufe arbeiten auch auf langfristige Sicht immer noch Menschen mit diesen Systemen – vorausgesetzt, dass es beim heutigen Flugzeugträgerdesign bleibt. Wie wichtig die Mensch-Maschinen-Interaktion im festgelegten Rahmen und den Prozessen des Flugzeugträgers ist, wird in den Lessons Learned von Engdahl (2013, S. 14) deutlich: 2. Human factors are critical to success, not just technology [...] 3. Do not impact CVN standard procedures [...] 4. Specific man-machine interface is critical[.] 5. Focus on human verbal and gestural communication[.] 6. Understand how to convey machine ‘trust’ during high intensity CVN ops[.] 7. Digital environments and automation improve manned aircraft operations.

5 Implikationen für die naturwissenschaftlich-technische Friedens- und Konfliktforschung

„Naturwissenschaftlich-technische Friedensforschung ist ein Forschungsfeld, welches sich mit der Rolle naturwissenschaftlicher und technischer Möglichkeiten im Kontext von Krieg und Frieden, Bewaffnung und Abrüstung befasst“ (Reuter et al. 2020, S. 2). UCAVs sind ein aktuelles Thema dieser Forschung. Bisher existieren noch keine UCAVs, „die gegen Menschen gerichtet sind und die ohne menschliche Bestätigung scharfe Waffen gegen Menschen einsetzen“ (Schörnig und Weidlich 2013, S. 2; Scharre 2018, S. 4–6). Ob dieser Zustand beibehalten werden kann, ist fraglich. Aus einer militärischen Logik heraus lässt die rapide Entwicklung im Bereich Software, speziell im Bereich Künstliche Intelligenz einen inhärenten Zwang zu mehr Autonomie vermuten. Diese Systeme werden aber in der mittelfristigen Perspektive in bestehende Systeme – vor allem softwareseitig – integriert werden müssen.

Es verwundert also nicht, dass die USN in ihrer *Naval Aviation Vision 2014–2025* (2014, S. 14) festhält, dass der Integrationsprozess neuer Technologie nicht mehr

nur ingenieursgetrieben im klassischen Sinn – also von der Hardware gedacht – sein darf. Vielmehr soll der Ansatz von einem „traditional point-to-point integration of platforms, weapons, networks, and sensors [to a] [...] SoS [Anmerkung der Autoren: System of Systems] approach where achieving a mission-based warfighting capability becomes part of thinking, planning, and executing across program and system boundaries from the very start“ transformiert werden. Denn plakativ ausgedrückt, kann davon gesprochen werden, dass es sich bei einemUCAV eigentlich um einen Programmiercode mit Flügeln handelt, der in ständigem Austausch mit anderen Programmiercodes steht und bei dem der Mensch nur noch partiell in das System eingebunden ist.

Um solche Entwicklungen kritisch zu hinterfragen bzw. zu begleiten, bedarf es einer weitaus interdisziplinäreren Herangehensweise, als dies heute der Fall ist. Unabdingbar ist hierbei die Kooperation von Friedens- und Konfliktforschung und Informatik (Reuter 2020), um sowohl empirische Studien zur Rolle von IT für Frieden und Sicherheit durchzuführen als auch Technologie so zu entwickeln, dass sie zu Frieden und Sicherheit beitragen kann. Dies sollte sowohl aus Perspektive der Sozialwissenschaften als auch der Technikwissenschaften erfolgen. Da Software die Grundvoraussetzung für das Funktionieren vonUCAVs darstellt, muss die Expertise in diesem Bereich deutlich ausgebaut werden. Integrationsprojekte in bestehende Waffensysteme eignen sich hierbei besonders gut, da die Basisinformationen der Plattformen bekannt sind und in Verbindung mit der bestehenden Fachliteratur valide Informationen trotz Geheimhaltung für neue unbemannte Systeme abgeleitet werden können.

6 Zusammenfassung

Grundsätzlich erscheint eine Fokussierung auf das Großwaffensystem Flugzeugträger bzw. die CSG den Autoren besonders geeignet, um Integration, Wechselwirkungen und Implikationen der Einführung neuer Technologie in bestehende militärische Systeme zu beobachten. Die Betrachtung der Thematik der Autonomisierung von Kriegen und des zunehmenden militärischen Einsatzes von unbemannten Systemen birgt die Gefahr, sich in Detailbetrachtungen zu verlieren, da nicht nur militärische und technologische, sondern auch gesellschaftliche Aspekte zu beachten sind. Aus diesem Grund kann durch das relativ eingegrenzte Beobachtungsfeld Flugzeugträger diesem Phänomen Vorschub geleistet werden. Ebenso stellt ein Flugzeugträger eines der herausforderndsten Umfeldler fürUCAVs dar – wennUCAVs hier eingesetzt werden können, ist es überall möglich. Durch die buchstäbliche Sichtbarkeit des Forschungsobjekts kann besonders gut auf öffentliche Quellen und Beobachtungen zurückgegriffen werden. Diese Stärke ist aber auch gleichzeitig eine Schwäche: Durch die Beobachtungsbedingungen, die aufgrund der spezifischen Verhältnisse auf einem Flugzeugträger herrschen, und die Exponiertheit können nicht zwangsläufig Erkenntnisse über den Stand der Integration von autonomen Systemen allgemein abgeleitet werden.

Die Möglichkeiten für weitere Forschung sind vielfältig. Es bieten sich hierbei Forschungsdesigns an, die sich vor allem auf tatsächlich sichtbare Prozesse

fokussieren, da so besonders gut technisch notwendige Erkenntnisse und Voraussetzungen abgeleitet werden können. Selbstverständlich folgt auf äußere Sichtbarkeit nicht zwangsläufig die Möglichkeit zur tieferen Analyse von Integrationsprojekten, allerdings ist durch die relative klare *Öffentlichkeit* des Subjekts Flugzeugträger die Überprüfung weiterer Quellen und Fachliteratur deutlich einfacher gegeben als beispielsweise bei UAVs der US-amerikanischen Geheimdienste. Da der operative Flugzeugträgerbetrieb zweifelsfrei als *High-Risk*-Umgebung bezeichnet werden kann, ist hier vor allem der Bereich der Mensch-Maschinen-Interaktion interessant. Das Deck eines Flugzeugträgers dürfte eine der intensivsten Operationsumgebungen darstellen, in der Mensch und Maschine zusammenarbeiten müssen.

Die Forschungsfrage nach dem Stand der Integration von UCAVs in den operativen Flugzeugträgerbetrieb und der absehbaren Entwicklung wurde in diesem Beitrag konkret adressiert. Es konnte anhand der X-47B gezeigt werden, dass die Integration in den operativen Flugzeugträgerbetrieb wesentlich weiter fortgeschritten ist, als allgemein angenommen wird, und konkret in einem ca. Fünf-Jahres-Horizont realisiert werden dürfte. Die Integration von UCAVs in den Carrier Air Wing, also die Zusammenarbeit zwischen Mensch und Maschine, wird in einem absehbaren Zeitraum zur neuen Normalität werden. Die Folgen, vor allem für die technische Friedens- und Konfliktforschung, sind enorm. In einer Welt, in der Autonomie und Automatisierung in absehbarer Zeit zum Alltag gehören werden, muss es die Aufgabe der technischen Friedens- und Konfliktforschung sein, diesen Prozess vor allem in der militärischen Anwendung kritisch zu überwachen und zu begleiten.

Danksagung Diese Forschungsarbeit wurde innerhalb des Projekts IT Research and Development of Concern der IANUS-Förderlinie des Forum interdisziplinäre Forschung der TU Darmstadt sowie vom Bundesministerium für Bildung und Forschung und vom Hessischen Ministerium für Wissenschaft und Kunst im Rahmen ihrer gemeinsamen Förderung für das Nationale Forschungszentrum für angewandte Cybersicherheit ATHENE unterstützt. Wir möchten uns bei Dr. Niklas Schörmig für seine umfangreichen Kommentare zu unserem Manuskript sowie bei den anonymen Gutachter*innen bedanken.

Funding Open Access funding provided by Projekt DEAL.

Open Access Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

- Altmann, J. (2013). Bewaffnete unbemannte Fahrzeuge – Beschränkungen dringend nötig. In Heinrich-Böll-Stiftung (Hrsg.), *High-Tech-Kriege. Frieden und Sicherheit in Zeiten von Drohnen, Kampfdrohnen und digitaler Kriegsführung* (Schriften zur Demokratie, Bd. 36) (S. 53–65). Berlin: Heinrich-Böll-Stiftung.
- Altmann, J., & Sauer, F. (2017). Autonomous weapon systems and strategic stability. *Survival*, 59(5), 117–142.
- Alward, C. (2019). Unbemannte Systeme als Herausforderung für die Rüstungs- und Exportkontrolle. In I. Werkner, & M. Hofheinz (Hrsg.), *Unbemannte Waffen und ihre ethische Legitimierung* (S. 85–109). Wiesbaden: Springer VS.
- Axe, D. (2020, 08. Jan.). Meet ‘Skyborg’: The drone wingman the Air Force wants for the F-35. The National Interest. <https://nationalinterest.org/blog/buzz/meet-skyborg-drone-wingman-air-force-wants-f-35-111971>. Zugegriffen: 14. Apr. 2020.
- Barno, D., Bensahel, N., & Davis, T. (2014). The carrier air wing of the future. Center for a New American Security. https://www.files.ethz.ch/isn/177815/CNAS_CarrierAirWing_white.pdf. Zugegriffen: 14. Okt. 2019.
- Bruns, S. (2013). Weltmacht und maritime Sicherheit: Vereinigte Staaten von Amerika. In S. Bruns, K. Petretto, & D. Petrovic (Hrsg.), *Maritime Sicherheit* (S. 165–182). Wiesbaden: Springer VS.
- Bruns, S. (2015). Seemacht USA: Marinestrategie, Politik und Einsätze 1981–2011. Kieler Analysen zur Sicherheitspolitik, 39. <https://www.ispk.uni-kiel.de/en/publications/working-papers/sebastian-bruns-seemacht-usa-2013-marinestrategie-politik-und-einsaetze-198120132011>. Zugegriffen: 22. Mai 2020.
- Bruns, S., Petretto, K., & Petrovic, D. (Hrsg.). (2013). *Maritime Sicherheit*. Wiesbaden: Springer VS.
- Clancy, T. (2001). *Supercarrier. Die Welt der amerikanischen Flugzeugträger*. München: Heyne.
- Clark, B., Lemon, A., Haynes, P., Libby, K., & Evans, G. (2018). *Regaining the high ground at sea. Transforming the U.S. Navy’s carrier air wing for great power competition*. Washington, D.C.: Center for Strategic and Budgetary Assessments.
- Cole, C. (2019). Accidents will happen. A review of military drone crash data as the UK considers allowing large military drone flights in its airspace. Drone Wars UK. <https://dronewars.net/wp-content/uploads/2019/06/DW-Accidents-WEB.pdf>. Zugegriffen: 17. Apr. 2020.
- Cropsey, S., McGrath, B. G., & Walton, T. A. (2015). Sharpening the spear: The carrier, the joint force, and high-end conflict. Hudson Institute. <https://www.hudson.org/research/11731-sharpening-the-spear-the-carrier-the-joint-force-and-high-end-conflict>. Zugegriffen: 14. Okt. 2019.
- Davis, L. E., McNemey, M. J., Chow, J., Hamilton, T., Harting, S., & Byman, D. (2014). Armed and dangerous? UAVs and U.S. security. RAND Corporation. http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research_reports/RR400/RR449/RAND_RR449.pdf. Zugegriffen: 14. Okt. 2019.
- Eckstein, M. (2015, 12. Aug.). Navy getting ‘smarter’ about tanking mission as Super Hornets approach 6,000 hours. USNI News. <https://news.usni.org/2015/08/12/navy-getting-smarter-about-tanking-mission-as-super-hornets-approach-6000-hours>. Zugegriffen: 14. Apr. 2020.
- Engdahl, J. (2012). Navy Unmanned Combat Air System Carrier Demonstration (UCAS-D) overview. NAVAIR Public Release 11-1529. Naval Postgraduate School. https://my.nps.edu/documents/105302057/105304198/2012_02_Engdahl.pdf/5b6108db-ff3e-47f5-ab37-7f4df46fbffe. Zugegriffen: 14. Okt. 2019.
- Engdahl, J. (2013). Navy Unmanned Combat Air System (UCAS-D) final CVN demonstration. NAVAIR Public Release 2013-622. <http://md-calvertcounty.civicplus.com/DocumentCenter/View/4403>. Zugegriffen: 14. Okt. 2019.
- Farley, R. (2015, 16. Aug.). 5 ways U.S. aircraft carriers will soon be more lethal. The National Interest. <http://nationalinterest.org/feature/5-ways-us-aircraft-carriers-will-soon-be-more-lethal-13589>. Zugegriffen: 14. Okt. 2019.
- Feldt, L. (2013). Sea Blindness – ein Faktor der Maritimen Sicherheit. In S. Bruns, K. Petretto, & D. Petrovic (Hrsg.), *Maritime Sicherheit* (S. 17–21). Wiesbaden: Springer VS.
- Freedberg, S. J. Jr. (2015, 15. Jan.). Drones need humans, badly; pilots getting more dough. Breaking Defense. <http://breakingdefense.com/2015/01/drones-need-humans-badly/>. Zugegriffen: 14. Okt. 2019.
- Freedberg, S. J. Jr. (2019, 27. Feb.). Pentagon to retire USS Truman early, shrinking carrier fleet to 10. Breaking Defense. <https://breakingdefense.com/2019/02/pentagon-to-retire-uss-truman-early-shrinking-carrier-fleet-to-10/>. Zugegriffen: 13. Apr. 2020.

- Gady, F. (2016, 26. Apr.). US Navy installs first drone command aboard aircraft carrier. *The Diplomat*. <http://thediplomat.com/2016/04/us-navy-installs-first-drone-command-aboard-aircraft-carrier/>. Zugegriffen: 14. Okt. 2019.
- Glynn, M. (2015, 19. Sep.). Information management and the future of naval aviation. Center for International Maritime Security. <http://cimsec.org/information-management-and-the-future-of-naval-aviation/18870>. Zugegriffen: 14. Okt. 2019.
- Haider, A. (2014). Remotely piloted aircraft systems in contested environments. A vulnerability analysis. Joint Air Power Competence Centre. <http://www.japcc.org/wp-content/uploads/2015/03/JAPCC-RPAS-Operations-in-Contested-Environments.pdf>. Zugegriffen: 14. Okt. 2019.
- Harris, T. (2002). How aircraft carriers work. HowStuffWorks. <http://science.howstuffworks.com/aircraft-carrier.html>. Zugegriffen: 14. Okt. 2019.
- Heginbotham, E. (2015). The U.S.-China military scorecard. Forces, geography and the evolving balance of power 1996-2017. RAND Corporation. http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research_reports/RR300/RR392/RAND_RR392.pdf. Zugegriffen: 14. Okt. 2019.
- Hendrix, J. (2015). Retreat from range. The rise and fall of carrier aviation. Center for a New American Security. <https://www.files.ethz.ch/isn/194448/CNASReport-CarrierAirWing-151016.pdf>. Zugegriffen: 30. Apr. 2020.
- Hobbs, A., & Herwitz, S. (2006a). Human factors in the maintenance of unmanned aircraft. https://www.faa.gov/about/initiatives/maintenance_hf/library/documents/media/human_factors_maintenance/maint_uav_nasa.pdf. Zugegriffen: 14. Okt. 2019.
- Hobbs, A., & Herwitz, S. (2006b). Human challenges in the maintenance of unmanned aircraft systems. https://humanfactors.arc.nasa.gov/publications/UAV_interimreport_Hobbs_Herwitz.pdf. Zugegriffen: 14. Okt. 2019.
- Holmes, J. (2013, 23. Juli). America's X-47B – The future of war at sea? *The National Interest*. <http://nationalinterest.org/commentary/x-47b%E2%80%94the-future-war-sea-8758>. Zugegriffen: 14. Okt. 2019.
- Jennings, G. (2020, 27. Jan.). US Navy deploys Triton UAV for first time. *Janes*. <https://www.janes.com/article/93924/us-navy-deploys-triton-uav-for-first-time>. Zugegriffen: 13. Apr. 2020.
- Jopp, H. D. (Hrsg.). (2014). *Maritime Sicherheit im 21. Jahrhundert*. Baden-Baden: Nomos.
- Jopp, H. D. (2016). Die neue GERALD R. FORD Flugzeugträger Klasse. Die Revolution on Military Affairs und die Zukunft der Träger. *MarineForum*, 12, 8–11.
- Lobenstein, C., & Piegsa, O. (2013). Roboterkräfte sind keine Science-Fiction. *Zeit Campus*, (5), S. 22–23.
- Lu, Y., Qian, Y., Huangfu, H., Zhang, S., & Fu, S. (2019). Ensuring the safety sustainability of large UAS: Learning from the maintenance risk dynamics of USAF MQ-1 Predator fleet in last two decades. *Sustainability*, 11(4), 1129.
- Marks, W. (2010, 13. Feb.). X-47B Unmanned Combat Air System taking shape on board Lincoln. United States Navy. https://www.navy.mil/submit/display.asp?story_id=51239. Zugegriffen: 20. Sept. 2019.
- Martin, B., Taraf, D. C., DeWeese, J., Kenney, C., Schmid, J., & DeLuca, P. (2019). Advancing autonomous systems: An analysis of current and future technology for unmanned maritime vehicles. RAND Corporation. https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research_reports/RR2700/RR2751/RAND_RR2751.pdf. Zugegriffen: 14. Okt. 2019.
- Naval Air Systems Command. (2015, 22. Apr.). X-47B first to complete autonomous aerial refueling. https://www.navy.mil/submit/display.asp?story_id=86710. Zugegriffen: 29. Mai 2020.
- Naval Group. (2014, 10. Jan.). UAV integration with naval combat systems: DCNS opens a new chapter in naval aviation. <http://en.dcnsgroup.com/news/uav-integration-with-naval-combat-systems-dcns-opens-a-new-chapter-in-naval-aviation/>. Zugegriffen: 14. Okt. 2019.
- O'Rourke, R. (2020). *China naval modernization: Implications for U.S. Navy capabilities – Background and issues for Congress*. Washington, D.C.: Congressional Research Service.
- Pashkhanlou, A. H. (2019). AI, autonomy, and airpower: The end of pilots? *Defence Studies*, 19(4), 337–352.
- Petricoli, E., Leccese, F., & Ciani, L. (2018a). Reliability and maintenance analysis of unmanned aerial vehicles. *Sensors*, 18(9), 3171. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6165073/pdf/sensors-18-03171.pdf>. Zugegriffen: 24. Okt. 2019.
- Petricoli, E., Leccese, F., & Ciani, L. (2018b). Reliability degradation, preventive and corrective maintenance of UAV systems. In Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) (Hrsg.), *5th IEEE International Workshop on Metrology for AeroSpace (MetroAeroSpace)* (S. 430–434). Rom: IEEE.
- Reuter, C. (Hrsg.). (2019). *Information technology for peace and security. IT-applications and infrastructures in conflicts, crises, war, and peace*. Wiesbaden: Springer Vieweg.

- Reuter, C. (2020). Towards IT Peace Research: Challenges at the interception of Peace and Conflict Research and Computer Science. *S+F Sicherheit und Frieden*, 38(1), 10–16.
- Reuter, C., Altmann, J., Götsche, M., & Himmel, M. (2020). Zur naturwissenschaftlich-technischen Friedens- und Konfliktforschung: Aktuelle Herausforderungen und Bewertung der Empfehlungen des Wissenschaftsrats. *Zeitschrift für Friedens- und Konfliktforschung*. <https://doi.org/10.1007/s42597-020-00035-z>.
- Riebe, T., Schmid, S., & Reuter, C. (2020). Measuring spillover effects from defense to civilian sectors – A quantitative approach using LinkedIn. *Defence and Peace Economics*. <https://doi.org/10.1080/10242694.2020.1755787>.
- Rochlin, G. I., La Porte, T. R., & Robertz, K. H. (1987). The self-designing high-reliability organization: Aircraft carrier flight operations at sea. *Naval War College Review*, 40(4), 76–90.
- Rowden, T., Gumataotao, P., & Fanta, P. (2015). ‘Distributed lethality’. U.S. Naval Institute. <https://www.usni.org/magazines/proceedings/2015/january/distributed-lethality>. Zugegriffen: 15. Apr. 2020.
- Sauer, F. (2013). Die Drohne: „Von der Zielscheibe zum Killerroboter?“. In Heinrich-Böll-Stiftung (Hrsg.), *High-Tech-Kriege. Frieden und Sicherheit in der Zeit von Drohnen, Kampfrobotern und digitaler Kriegsführung* (Schriften zur Demokratie, Bd. 36) (S. 44–52). Berlin: Heinrich-Böll-Stiftung.
- Sayler, K. (2016). Red alert: The growing threat to U.S. aircraft carriers. Center for a New American security. <https://s3.amazonaws.com/files.cnas.org/documents/CNASReport-CarrierThreat-160217.pdf?mtime=20160906082229>. Zugegriffen: 14. Okt. 2019.
- Scharre, P. (2014a). Robotics on the battlefield. Part I: Range, persistence and daring. Center for a New American Security. https://s3.amazonaws.com/files.cnas.org/documents/CNAS_RoboticsOnTheBattlefield_Scharre.pdf. Zugegriffen: 14. Okt. 2019.
- Scharre, P. (2014b). Robotics on the battlefield. Part II: The coming swarm. Center for a New American Security. https://www.files.ethz.ch/isn/184587/CNAS_TheComingSwarm_Scharre.pdf. Zugegriffen: 14. Okt. 2019.
- Scharre, P. (2016). Autonomous weapons and operational risk. Center for a New American Security. https://www.files.ethz.ch/isn/196288/CNAS_Autonomous-weapons-operational-risk.pdf. Zugegriffen: 14. Okt. 2019.
- Scharre, P. (2018). *Army of none: Autonomous weapons and the future of war*. New York: W. W. Norton & Company.
- Schmidt, L. (2006). *Technologie als Prozess. Eine empirische Untersuchung organisatorischer Technologiegestaltung am Beispiel von Unternehmenssoftware*. Dissertation. Berlin: Freie Universität Berlin.
- Scholik, N. (2015). *Seemacht im 21. Jahrhundert. Handbuch & Lexikon*. Wien: Cesarpress.
- Scholik, N. (2018). Seemacht im internationalen Staatensystem und die Krise im Südchinesischen Meer. *Zeitschrift für Außen- und Sicherheitspolitik*, 11(1), 25–38.
- Schörnig, N. (2013). Noch Science Fiction, bald Realität? Die technische Leistungsfähigkeit aktueller und zukünftiger Drohnen. *Internationale Politik*, 68(3), 15–21.
- Schörnig, N. (2014). Automatisierte Kriegsführung – Wie viel Entscheidungsraum bleibt dem Menschen? *Aus Politik und Zeitgeschichte*, 64(35–37), 27–34.
- Schörnig, N. (2019). Unmanned systems: The robotic revolution as a challenge for arms control. In C. Reuter (Hrsg.), *Information technology for peace and security. IT-applications and infrastructures in conflicts, crises, war, and peace* (S. 233–256). Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Schörnig, N., & Weidlich, C. (2013). Keine Macht den Drohnen! Warum Deutschland sich jetzt gegen autonom tötende Militärsysteme einsetzen muss. HSFK Standpunkte, (8). https://www.hsfk.de/fileadmin/HSFK/hsfk_downloads/standpunkt0813.pdf. Zugegriffen: 08. Juni 2020.
- Singer, P. W. (2009). *Wired for war. The robotics revolution and conflict in the 21st century*. New York: Penguin Books.
- SIPRI – Stockholm International Peace Research Institute. (2019, 29. Apr.). World military expenditure grows to \$1.8 trillion in 2018. <https://www.sipri.org/media/press-release/2019/world-military-expenditure-grows-18-trillion-2018>. Zugegriffen: 18. Juli 2019.
- Smith, G. (2015, 18. Sep.). Trusting autonomous systems: It’s more than technology. Center for International Maritime Security. <http://cimsec.org/trusting-autonomous-systems-its-more-than-technology/18908>. Zugegriffen: 14. Apr. 2020.
- Tangredi, S. J. (2013). *Anti-access warfare: Countering A2/Ad strategies*. Annapolis: US Naval Institute Press.
- Tangredi, S. J. (2018). Antiaccess warfare as strategy. From campaign analyses to assessment of extrinsic events. *Naval War College Review*, 71(1), 33–51.
- The Bureau of Investigative Journalism. (2020). Drone warfare. Human rights. <https://www.thebureauinvestigates.com/projects/drone-war>. Zugegriffen: 15. Okt. 2019.

- U.S. Army. (2014). Unmanned aircraft system commander's guide and aircrew training manual. Training Circular No. 3-04.61. http://asktop.net/wp/download/5/tc3_04x61.pdf. Zugegriffen: 14. Okt. 2019.
- U.S. Department of Defense. (2013). Unmanned systems integrated roadmap. FY2013-2038. <http://archive.defense.gov/pubs/DOD-USRM-2013.pdf>. Zugegriffen: 14. Okt. 2019.
- USAF – U.S. Air Force. (2011a). Operational risk analysis of Predator/Reaper flight operations in a corridor between Cannon AFB and Melrose Range (R-5104A). https://www.eff.org/files/filenode/coa_special_circum_doc4.pdf. Zugegriffen: 14. Okt. 2019.
- USAF. (2011b). Technology horizons. A vision for Air Force science and technology 2010–2030. <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a562237.pdf>. Zugegriffen: 14. Okt. 2019.
- USN – U.S. Navy. (2004). NATOPS general flight and operating instructions. OPNAV Instruction 3710.7U. [http://www.public.navy.mil/airfor/vaw120/Documents/OPNAVINST_3710.7U%20\(IC%2045\).pdf](http://www.public.navy.mil/airfor/vaw120/Documents/OPNAVINST_3710.7U%20(IC%2045).pdf). Zugegriffen: 14. Okt. 2019.
- USN. (2008). CVN flight/hangar deck NATOPS manual. NAVAIR 00-80T-120. <https://info.publicintelligence.net/USNavy-CVN-FlightDeck.pdf>. Zugegriffen: 14. Okt. 2019.
- USN. (2013). U.S. Navy information dominance roadmap, 2013–2028. https://defenseinnovationmarketplace.dtic.mil/wp-content/uploads/2018/02/Information_Dominance_Roadmap_March_2013.pdf. Zugegriffen: 14. Okt. 2019.
- USN. (2014). Naval aviation vision 2014–2025. https://defenseinnovationmarketplace.dtic.mil/wp-content/uploads/2018/02/Naval_Aviation_Vision_2014-2025.pdf. Zugegriffen: 14. Okt. 2019.
- USN. (2015). A cooperative strategy for 21st century seapower. <http://www.navy.mil/local/maritime/150227-CS21R-Final.pdf>. Zugegriffen: 14. Okt. 2019.
- USN. (2016). Surface force strategy. Return to sea control. https://www.public.navy.mil/surfor/Documents/Surface_Forces_Strategy.pdf. Zugegriffen: 14. Apr. 2020.
- Vergakis, B. (2016, 22. Apr.). Navy installs first drone command center aboard aircraft carrier. Military.com. <https://www.military.com/daily-news/2016/04/22/navy-installs-first-drone-command-center-aircraft-carrier.html>. Zugegriffen: 17. Apr. 2019.
- Werner, B. (2019, 20. Sep.). 'Boring' first flight of MQ-25A prototype was the result Boeing and Navy wanted. USNI News. <https://news.usni.org/2019/09/20/boring-first-flight-of-mq-25a-prototype-was-the-result-boeing-and-navy-wanted>. Zugegriffen: 24. Sept. 2019.
- Wieske-Hartz, H. (2004). *Airline Operations. Praxisbuch für Personal von Fluggesellschaften und Flughäfen*. Norderstedt: Books on Demand.
- Wills, S. (2016). Four carrier crises, but yet no funeral for the large flattop. Center for International Maritime Security. http://cimsec.org/21018-2/21018#_ftn14. Zugegriffen: 14. Okt. 2019.
- Work, O. R., & Brimley, S. (2014). 20YY. Preparing for war in the robotic age. Fortuna's Corner. https://fortunacorner.com/wp-content/uploads/2014/05/cnas_20yy_workbrimley.pdf. Zugegriffen: 14. Okt. 2019.