MILITÄRISCHE DROHNENNUTZUNG: ERFAHRUNGEN, TECHNOLOGIE UND SCHWEIZER OPTIONEN

Von Constant Despont, Dominika Kunertova und Niklas Masuhr

Der militärische Einsatz von Drohnen macht weltweit Schlagzeilen. Auch auf die Schweiz kommen Fragen zu, wie man sich angesichts der wachsenden Verbreitung kommerzieller und militärischer unbemannter Systeme und ihrer fortlaufenden technologischen Verbesserung positionieren sollte. Einerseits ist die Schweiz als technologische Spitzenreiterin mit Dilemmata konfrontiert, etwa hinsichtlich globalisierter Lieferketten. Andererseits muss die Armee relevante Lehren aus derzeitigen Konflikten ziehen.

1. EINLEITUNG[1]

Der Einsatz bewaffneter Drohnen in konventionellen Kriegen in Bergkarabach und insbesondere in der Ukraine hat die politischen und militärischen Debatten um diese Systeme neu angefacht. Oft argumentieren Fachleute, Drohnen seien revolutionäre militärische Systeme, die eine neue Ära der Kriegsführung einläuteten.[2] Drohnen seien für Streitkräfte unverzichtbar geworden, ältere Waffensysteme seien daher obsolet.[3]

Die Realität ist jedoch komplexer. Drohnen werden zunehmend im Krieg eingesetzt und Technologie macht rapide Fortschritte. Eine Bewertung ihrer Rolle muss jedoch den Kontext der jeweiligen Drohneneinsätze berücksichtigen. Dieser umfasst technologische Entwicklungen, welche die Militarisierung der Drohne erst erlauben, sowie das globale Wirtschaftssystem bis hin zu politischen und gesellschaftlichen Toleranzgrenzen. Dieses Kapitel schätzt dies mit Blick auf die Schweiz ein.

1 Zusätzlich zu den in Fussnoten ausgewiesenen Interviews wurden im August und September 2022 Hintergrundgespräche mit AkteurenInnen im für das Oberthema relevanten Schweizer Kontext und internationalen Forschenden geführt.

2 Jonathan Marcus, «Combat drones: We are in a new era of warfare – here's why», *BBC News,* 04.02.2022.

3 Rob Lee, «The Tank is not Obsolete, and Other Observations about the Future of Combat», *War on the Rocks,* 06.09.2022.

Das Ziel ist somit, die Implikationen zunehmender militärischer Drohneneinsätze seit 2020 und ihre Auswirkungen auf die Schweiz einzuordnen. Dabei geht es zum einen um die Bedrohungslage für die Schweiz, zum anderen darum, welche staatlichen Strukturen Drohnen nutzen würden. Daraus ergeben sich Schlussfolgerungen hinsichtlich des zukünftigen Nutzens von Drohnensystemen für die Schweiz.

Hierfür typologisieren wir *erstens* kommerzielle und militärische Drohnen und grenzen diese ab. *Zweitens* betrachten wir die Anwendung von Drohnen in militärischen Konflikten in Bergkarabach und der Ukraine. Während die Analyse dieser beiden Beispiele zum Schluss kommt, dass Drohnen keinen revolutionären Effekt auf die Kriegsführung haben, können Bereiche identifiziert werden, in denen sie von besonderem Wert sind. Diese Einsichten setzen wir, *drittens,* mit beobachteten und erwarteten technologischen Trends in Bezug. Festzuhalten ist insbesondere, dass es eine grosse Herausforderung bleibt, Drohnensysteme in bestehende Streitkräfte zu integrieren. Dies betrifft, *viertens,* auch die Schweiz. Der Ukrainekrieg verdeutlicht eine Verschiebung politischer und militärischer Parameter, die auf die Schweiz wirken. Diese sind nicht auf die Armee beschränkt, sondern wirken sich auch auf die innere Sicherheit und die Aussenpolitik aus. Entscheidend ist also eine möglichst breite und faktenorientierte Debatte als Basis für technische, politische und strategische Entscheidungen.

Drohnen werden zunehmend im Krieg eingesetzt und Technologie macht rapide Fortschritte.

Drohnenkriegsführung entwickelt sich rapide. Technologie verschiebt beständig die Grenzen des militärisch Machbaren – dieser Effekt ist bei Drohnen jedoch besonders stark ausgeprägt. Dies hängt mit der Dynamik des wachsenden kommerziellen Sektors zusammen, in dem Drohnen genutzt werden und der Auswirkungen auf den militärischen Bereich hat. Im Vergleich zu klassischen militärischen Ausrüstung ist eine stark ausgeprägte improvisierende Dynamik «von unten» zu beobachten: Konfliktakteure setzen dezentral kommerzielle Drohnen zu verschiedenen Zwecken ein und erfinden so neue militärische Funktionen. Dies bedeutet auch, dass strategische Entscheidungen aufgrund von Beobachtungen und Bewertungen kontinuierlich an ein dynamisches Umfeld angepasst werden müssen.

2. TYPOLOGIE UND DEFINITIONEN

Dieses Kapitel betrachtet ein breites Spektrum ziviler und militärischer Systeme, die sowohl aufgrund physischer Merkmale, Leistung als auch militärischer Rolle klassifiziert werden können. Aufgrund ihrer Bedeutung in der öffentlichen Debatte und ihrer herausgehobenen Rolle in Kriegen der jüngeren Vergangenheit beschränkt sich dieses Kapitel auf Luftsysteme. Robotische Landsysteme und autonome Über- und Unterwasserfahrzeuge sind somit ausgenommen. Bei der folgenden Klassifikation kommen anstelle funktionaler Faktoren technische Parameter zum Tragen.[4]

Mikrodrohnen: Sie können zum Beispiel in Gebäuden eingesetzt werden und wiegen oft unter zwei Kilogramm. Die US-Drohne *Black Hornet* ist ein Beispiel.

Minidrohnen: Diese Systeme sind leicht zu bedienen und können von einer Person gesteuert sowie im Rucksack mitgeführt werden. Auch deshalb werden diese Drohnen häufig im Hobby- und Fotografiekontext verwendet.

Kleindrohnen: Hierbei handelt es sich um Drohnen mit erweiterten Leistungsparametern. Militärisch werden sie auf taktischer Ebene eingesetzt, variieren jedoch stark, da sie eine sehr breite Kategorie darstellen.

Taktische Drohnen: Im Gegensatz zu Mini- und Kleindrohnen handelt es sich hierbei um spezifisch militärisch entwickelte Systeme, definiert durch ein Gewicht von über 150 Kilogramm. Entsprechend werden sie in höheren militärischen Ebenen wie Bataillone oder Brigaden eingesetzt, um in einem weiteren Gebiet zu wirken. Sie werden häufig als Aufklärungsdrohnen eingesetzt.

Medium Altitude Long Endurance (MALE)-Drohnen: MALE-Drohnen können lange im Zielgebiet operieren. Diese grosse «Stehzeit» ist von grossem Wert für militärische Planungen und Operationen. Systeme wie MQ-9 *Reaper* der USA, aber auch die chinesische *Wing Loong* II und die türkische Baykar TB2 *(Bayraktar)* gehören in diese Kategorie. Sie wurden in der Vergangenheit mit der Fähigkeit ausgestattet, Munition zu tragen. Ein zentrales Element explizit militärischer Drohnen

4 Definitionen lehnen an der NATO-Klassifikation an. NATO, *STANAG 4671 – Unmanned Aircraft Systems Airworthiness Requirements, Annex A,* Februar 2017, A-5.

Drohnenklassifikation (archetypisch)

Kategorie	Gewicht	Organisatorische Verortung	Flughöhe	Reichweite	Beispiele
High Altitude Long Endurance (HALE)	6000 – 14 000kg	Strategisch	< 20 km	Unbegrenzt*	Global Hawk
Bewaffnete Drohne	600 – 6000 kg	Strategisch/Operationell	< 17 km	Unbegrenzt*	Reaper, Gray Eagle, Wing Loong, TB2 Bayraktar, Samad-3, Orion
Medium Altitude Long Endurance (MALE)	600 – 1200 kg	Strategisch/Operationell	< 14 km	Unbegrenzt*	Heron, Hermes 900
Taktische Drohne	150 – 600 kg	Taktisch (Brigade/Batterie)	< 5,5 km	200 km	Hermes 450, Orlan-10, Sky-Eye, Harop**
Kleindrohne	15 – 150 kg	Taktisch (Bataillon)	< 1,5 km	50 km	Scan Eagle, Puma, Switchblade 600**, Phoenix Ghost**, KUB BLA**, Lancet-3**, RAM-II**
Minidrohne	2 – 15 kg	Taktisch (Kompanie/Zug)	< 0,9 km	25 km	Switchblade 300**, Warmate**; DJI Mavic
Mikrodrohne	0 – 2kg	Taktisch (Trupp/Gruppe/ Einzelperson)	60 m	5 km	Black Widow; Black Hornet

*Durch Satellitensteuerung unbegrenzt; **Loiteringmunition/«Kamikazedrohne»

sind zudem redundante Kommunikationskanäle. Während die bisher genannten Systeme auf Funkverbindung angewiesen sind, verfügen grössere und komplexere Drohnen über Satellitensteuerung, was ihre Reichweite massiv erhöht und sie vor Störsendern schützt.

High Altitude Long Endurance (HALE)-Drohnen: Hierbei handelt es sich um Aufklärungssysteme, die in grosser Höhe operieren und mit besonders leistungsfähigen Sensoren ausgestattet sind. Das prominenteste Beispiel ist die RQ-4 *Global Hawk* im Dienst der USA. Wie ihr Name suggeriert, handelt es sich hierbei um eine Systemklasse, die auf strategischer Ebene nachrichtendienstlich und aufklärerisch operieren kann.

Schliesslich muss der Blick auf *Loitering*-Munition gelenkt werden. Hierbei handelt es sich nicht um eine Drohnenklasse, die durch Gewicht oder maximale Reichweite definiert wird, sondern um Flugobjekte, die mit Sprengköpfen ausgestattet sind und sich – befohlen oder teilautonom – auf ein Ziel stürzen. Daher werden sie häufig als «Kamikazedrohnen» bezeichnet. In teilautonomen Konfigurationen können diese Geschosse so programmiert werden, dass sie in einem Zielgebiet kreisen und auf Aktivierung warten (daher *loitering,* also «herumlungern») – beispielsweise ausgelöst durch das Erfassen feindlichen Radars, auf das sich die Drohne dann stürzt.[5] Ein Beispiel hierfür ist die israelische *Harop* sowie die amerikanische *Switchblade*-Serie.

Von einer «bewaffneten Drohne» ist dann die Rede, wenn die Drohne selbst über einen Effektor[6] verfügt. In dieser Definition ist beispielsweise eine *Orlan*-10, welche zur Artillerieaufklärung verwendet wird, nicht erfasst. Sowohl das Internationale Komitee vom Roten Kreuz (IKRK), als auch das US-Verteidigungsdepartement sprechen überdies dann von einem «autonome Waffensystem», wenn keine menschliche Eingabe für die Zielauswahl und -bekämpfung notwendig ist.[7]

5 Andrew Everdsen, «‹Bigger, faster, longer›: As market grows, loitering munition makers eye next evolution», *Breaking Defense,* 21.07.2022.

6 Effektor: Technologie, die den Zustand eines Ziels verändert (kann also sowohl eine Rakete oder Kanone sein, genauso wie ein Störsender) und integriert mit weiteren Technologien (Sensoren, Steuerungssysteme, Flugwerk) ein Waffensystem (wie eine Drohne) bildet. Siehe: UK Ministry of Defence, *Defence Technology Framework,* September 2019, S. 27.

7 Neil Davidson, «A legal perspective: Autonomous weapon systems under international humanitarian law», in: *UNODA Occasional Papers,* No. 30, 31.01.2018; Congressional Research Service, Defense Primer: U.S. Policy on Lethal Autonomous Weapon Systems, 12.09.2022.

3. DROHNENEINSATZ IM KRIEG: MUSTER, DYNAMIKEN UND TRENDS

Fliegende Drohnen sind zu einem omnipräsenten militärischen Element in konventionellen und asymmetrischen Konflikten geworden. Wie das breite Spektrum der obigen Definitionen nahelegt, können sie zur Erfüllung vielfältiger militärischer Aufgaben genutzt werden. Ihr jeweiliger Einsatz ist aber stark kontextabhängig. Insbesondere kommerzielle Drohnen sind nicht von vornherein auf militärische Zwecke zugeschnitten, sondern werden von Konfliktakteuren häufig modifiziert und improvisiert eingesetzt.[8]

In der Hochphase des «Kriegs gegen den Terror» setzten die USA militärische Drohnen vorwiegend als «fliegende Augen» über patrouillierenden Bodentruppen ein. Ferner setzte die US-Regierung die gleichen Drohnentypen zur Beobachtung und gezielten Tötung mutmasslicher Terroristen ein. Letzteres löste eine breite politische und moralische Debatte aus. Auch europäische Diskussionen zur Ausrüstung der eigenen Streitkräfte mit bewaffneten Drohnen nahmen häufig Rückgriff auf kontroverse Verwendungsmuster.[9] «Drohnenkriegsführung» wurde so als besondere Kategorie militärischer Handlungen betrachtet, sowohl aufgrund ihrer normativen Implikationen als auch aufgrund der Häufigkeit ihres Einsatzes durch verschiedene US-Regierungen.[10]

Auch nicht- und halbstaatliche Akteure erkannten das Potenzial von Drohnen, einschliesslich bewaffneter Varianten. Im Libanonkrieg 2006 versuchte die iranisch unterstützte Hisbollah-Miliz erfolglos, Sprengsätze per Kleindrohne nach Israel zu tragen.[11] Erfolgreicher waren in dieser Hinsicht die Bemühungen des sogenannten «Islamischen Staats» (IS), der 2014 weite Teile des Iraks und Syriens unter seine Kontrolle gebracht hatte. Irakische und syrisch-kurdische Kräfte sahen sich in ihren

8 Abigail Watson / Alasdair McKay, «Remote Warfare: A Critical Introduction», *E-International Relations,* 11.02.2021.

9 Sandra Petersmann, «Umstrittene Waffen im Kampf gegen Terror», *Deutschlandfunk,* 05.07.2014.

10 Die Nichtregierungsorganisation Airwars führt eine Datenbank mit Luft- und Drohnenschlägen in Konflikten des Nahen und Mittleren Ostens, die nicht auf die USA beschränkt ist: *Airwars,* airwars.org.

11 Milton Hoenig, «Hezbollah and the Use of Drones as a Weapon of Terrorism», *Federation of American Scientists,* 14.06.2014.

westlich unterstützten Gegenoffensiven 2015 und 2016 nicht nur mit verschanzten paramilitärischen Kräften konfrontiert, sondern auch mit kommerziellen Minidrohnen. Taktisch wurden diese nicht nur zur Gefechtsfeldüberwachung aus der Luft, sondern auch als Waffe verwendet, indem sie Granaten abwarfen. Vergleichbare Taktiken wandten auch die Taliban an, mutmasslich inspiriert durch Syrien und Irak.[12]

Staaten setzen zunehmend intensiver auf Drohnen im Kriegseinsatz. Zwei Beispiele verdeutlichen dies besonders. Zum einen spielten bewaffnete Drohnen und Loiteringmunition eine Schlüsselrolle im Karabachkrieg, in dem Aserbaidschan Ende 2020 den grössten Teil der armenisch kontrollierten Exklave Bergkarabach einnahm. Hierbei erhielt Baku bedeutsame Unterstützung durch die Türkei, die ihrerseits Erfahrungen mit dem Einsatz bewaffneter Drohnen in Syrien und Libyen gesammelt hatte. Dabei handelte es sich vor allem um militärisch entwickelte MALE-Drohnen. Die sich aus diesen Einsätzen ergebenden Schlussfolgerungen sind also vergleichbar mit Luftoperationen, die früher von bemannten Kampfflugzeugen durchgeführt wurden.

Zum anderen setzten im Krieg in der Ukraine erstmals beide Seiten Drohnen nahezu jeder Grösse und Funktion ein. Diese interagierten mit den teilweise jahrzehntealten Fuhrparks und Materialreserven der russischen und ukrainischen Streitkräfte. Zudem verfügten beide Seiten auch Monate nach Kriegsbeginn über Luftabwehrsysteme. Drohnen operierten hier somit in einem für sie weit gefährlicheren Umfeld als im Karabachkrieg. Daher erlaubt der Krieg in der Ukraine die differenzierteste Analyse von Drohneneinsätzen.

3.1 BERGKARABACH: EINSEITIGER EINSATZ BEWAFFNETER DROHNEN

Auf den ersten Blick war der Einsatz der in der Türkei entwickelten MALE-Systeme Baykar TB2 und ANKA S im Krieg Aserbaidschans gegen Armenien um die Exklave Bergkarabach sehr erfolgreich.[13] Diese fügten armenischen Truppen schwere Verluste zu, was das Vorrücken

12 Nick Waters, «DJI Phantoms, 40mm grenades with tails and shuttlecock stabilisers», twitter.com, 27.01.2021.

13 Verlässliche Datenbank, trotz zweifelhafter politischer Neutralität bezüglich des Karabachkrieg: Stijn Mitzer *et al.,* «The Fight for Nagorno-Karabakh: Documenting Losses on the Sides of Armenia and Azerbaijan», *Oryx,* 27.09.2020.

aserbaidschanischer Bodentruppen ermöglichte. Zur Analyse des Kriegs und der Wirkung bewaffneter Drohnen gehört allerdings auch die andere Seite der Gleichung; nämlich, dass Aserbaidschan mit verhältnismässig geringem Aufwand Luftüberlegenheit erringen konnte.

Armenien setzte häufig auf technisch veraltete sowjetische Luftabwehrsysteme, die es zudem nicht überlappend einsetzte.[14] Weil die Luftwaffen beider Staaten, auch aus politischen Gründen, am Boden blieben, konnte Aserbaidschan in wenigen Tagen mit Drohnen die armenische Luftverteidigung ausschalten und eine vollständige Luftüberlegenheit erringen. Dabei setzte Baku israelische *Harop*-Loiteringmunition ein, die sich auf armenische Luftverteidigungsradars stürzte.[15] Dies zeigt, dass tief und langsam fliegende, kleinere Drohnen derzeit genutzte Luftverteidigungssysteme – ursprünglich entwickelt für die Erfassung und Bekämpfung von Hubschraubern und Kampfflugzeugen – vor Probleme stellen. Dies unterstreicht die Notwendigkeit, klassische Luftverteidigungssysteme mit spezialisierten Anti-Drohnen- und Nahbereichsverteidigungssystemen zu ergänzen.[16] Mini- und Kleindrohnen können zu tief für die Radarerfassung fliegen und auch MALE-Drohnen wie die TB2 können ausserhalb der Wirkung von Luftverteidigungssystemen kurzer und mittlerer Reichweite bleiben.[17]

Für Aserbaidschan waren unbemannte TB2 und *Harop* auch aus anderen Gründen das ideale Mittel. Die lange Stehzeit im Einsatzgebiet erlaubte die dauerhafte Beobachtung und eventuelle Bekämpfung von Zielen auf abgewandten Bergseiten und Tälern, was für Kampfflugzeuge und ihre geringere Verweildauer im Einsatzgebiet schwieriger ist.[18] Dennoch beendete Baku den Konflikt erst dann zu seinen Guns-

14 John R. Hoehn / G. James Herrera, «Integrated Air Defense Systems (IADS) and Military Ranges», *Congressional Research Service,* 24.02.2021.

15 Paul Iddon, «Azerbaijan's Growing Drone Arsenal May Have Led It To Believe It Has Edge Over Armenia», *Forbes,* 07.10.2020.

16 Michael Kofman, «A Look at the Military Lessons of the Nagorno-Karabakh Conflict», *Russia Matters,* Belfer Center for Science and International Affairs, Harvard Kennedy School, 14.12.2020.

17 Shaan Shaikh / Wes Rumbaugh, «The Air and Missile War in Nagorno-Karabakh: Lessons for the Future of Strike and Defense», *Center for Strategic and International Studies,* 08.12.2020.

18 Mark Voskuijl, «Performance analysis and design of loitering munitions: A comprehensive technical survey of recent developments», *Defence Technology* 18: 3 (2022), S. 325–343.

ten, als sich aserbaidschanische Spezialkräfte und Kommandos entlang der iranischen Grenze im Süden vorgekämpft hatten, um dann nach Norden vorzurücken und das administrative Zentrum Karabachs einzuschliessen.[19] Obgleich Drohnen den Verteidigern Bergkarabachs das Rückgrat brachen, entschieden aserbaidschanische Truppen den Konflikt letztlich am Boden.

Der Karabachkrieg zeigte indes auch die Effektivität von Systemen elektronischer Kriegsführung gegen unbemannte Angreifer. Russische *Krassucha*-Störsender waren offenbar problemlos in der Lage, mehrere TB2, welche die Grenze nach Armenien überflogen hatten und sich der russischen Basis in Gjumri näherten, zum Absturz zu zwingen.[20] Auch aufgrund dieser Verwundbarkeit gingen viele BeobachterInnen davon aus, dass TB2-Systeme in einem konventionellen Krieg gegen Russland keine Rolle spielen würden. Diese Vermutung wurde im Zuge der russischen Invasion der Ukraine zumindest teilweise widerlegt.

3.2 UKRAINE: VOLLES SPEKTRUM DER DROHNENNUTZUNG

Russlands Invasion gegen die Ukraine ist der erste Krieg, in dem beide Seiten Drohnen auf dem vollen militärischen Spektrum einsetzten. So verfügten die ukrainischen Streitkräfte über bewaffnete TB2, während beide Seiten taktische und Minidrohnen als Aufklärungssystem verwendeten. Beide Seiten setzten zudem Loiteringmunition ein, auf russischer Seite teils importiert aus dem Iran.

Der mögliche Effekt von Drohnen variiert je nach Anwendungsbeispiel. Drohnen haben nicht die Kriegsführung revolutioniert, sondern verstärken etablierte militärische Dynamiken, solange sie effektiv in bestehende Kräftestrukturen und Doktrinen integriert werden.[21] Bewaffnete MALE-Drohnen wie TB2 operierten auch hier nach etablierten Regeln des Luftkriegs und waren verwundbar gegenüber Luftabwehrsystemen. Besonders zeigten sich Aufklärungsdrohnen als notwendig

19 John Spencer / Harshana Ghoorhoo, «The Battle Of Shusha City And The Missed Lessons Of The 2020 Nagorno-Karabakh War», *Modern War Institute,* 14.07.2021.

20 Stephen Bryen, «Russia knocking Turkish drones from Armenian skies», *Asia Times,* 26.10.2020.

21 Antonio Calcara et al., «Why Drones Have Not Revolutionized War: The Enduring Hider-Finder Competition in Air Warfare», *International Security* 46: 4 (2022), S. 130–171.

für den effektiven Artillerieeinsatz. Zudem kamen in der Ukraine oftmals improvisiert auch zivile Drohnen zum Zug.

Auch nach fast einem Jahr Krieg konnte keine der beiden Seiten über der Ukraine Luftüberlegenheit erlangen. So gab es immer wieder zeitlich und örtlich begrenzte Gelegenheitsfenster, in denen bemannte und unbemannte Plattformen ihre Feuerkraft ausspielen konnten. Dies hängt auch damit zusammen, dass Luftüberlegenheit vom Boden ausging: Bodengestützte Luftabwehr dominierte das Geschehen und zwang beide Luftwaffen in konservative Rollen.[22] Russland war unfähig, die ukrainische Luftwaffe am Boden oder in der Luft zu zerstören, weshalb diese auch im Herbst 2022 noch in der Lage war, lokale Schläge durchzuführen.

Drohnen haben nicht die Kriegsführung revolutioniert, sondern verstärken etablierte militärische Dynamiken.

Ein Beispiel für das Ausnutzen von Gelegenheitsfenstern war die Abriegelung der Schlangeninsel im Schwarzen Meer. Nach der Versenkung des russischen Lenkwaffenkreuzers *Moskwa* und dessen Luftabwehrsysteme gelang es den ukrainischen Streitkräften insbesondere durch den Einsatz von TB2, den Nachschub der Besatzer abzufangen. Somit erzwangen sie im Sommer 2022 deren Rückzug.[23] Auf der anderen Seite waren ukrainische Truppen während der Schlacht um Sewerdonezk der russischen Luftwaffe ausgeliefert und erlitten schwere Verluste. Fehlender Schutz durch bodengestützte Luftabwehr war auch in diesem Fall der kritische Faktor: Aufgrund des russischen Übergewichts im Bereich der Artillerie wurden ukrainische Luftabwehrverbände weiter von der Front abgezogen.[24] Bezüglich bewaffneter MALE-Drohnen unterstützt der Krieg in der Ukraine empirisch die Erkenntnisse aus Karabach: Ihre Wirkung ist vernichtend auf exponierte Ziele und sie erlauben einen kostengünstigeren Einsatz von Feuerkraft aus der Luft – die Einbettung in ein Gesamtsystem ist aber entscheidend.

22 Andrew Salerno-Garthwaite, «Air denial over supremacy: lessons from Ukraine», *Airforce Technology,* 08.09.2022.

23 H. I. Sutton, «Incredible Success Of Ukraine's Bayraktar TB2: The Ghost Of Snake Island», *Naval News,* 18.05.2022.

24 Justin Bronk, «Russia Likely has Local Air Superiority in Donbas, but it May Not Matter», *RUSI,* 19.04.2022.

Weitet man den Blick in der hier verwendeten Systematik nach «unten» aus, ergibt sich ein anderes Bild. Ähnlich wie in jüngeren Konflikten in Syrien und dem Irak bildete sich im Ukrainekrieg ein Ökosystem improvisierter Drohnennutzung. Auch in diesem Krieg wurden etwa Granaten von modifizierten kommerziellen Minidrohnen abgeworfen.[25] Die signifikanteste Rolle spielten Drohnen im Bereich der Aufklärung. Zum einen erlauben Minidrohnen am Boden einen weitaus höheren Grad an Situationsbewusstsein – insbesondere in urbanen Gefechten ein absolut kritisches Element. Auch weil nach wie vor keine verlässliche Fähigkeit zur Abwehr dieser Drohnen existiert, gaben sie Einheiten, die Drohnen kompetent nutzten, einen enormen Aufklärungsvorteil. Im Gegensatz zu HALE- oder MALE-Drohnen erfordert der Einsatz von Minidrohnen keine Luftüberlegenheit. Luftabwehrsysteme, die gegen schnelle Kampfflugzeuge in grosser Höhe konzipiert wurden (wie S-300/400 auf russischer und *Patriot* auf NATO-Seite), sind hier nicht geeignet.

Festzuhalten ist entsprechend, dass der Einsatz kommerzieller Minidrohnen als Aufklärungssysteme das operationelle Tempo auf taktischer Ebene massiv erhöht, insbesondere wenn beide Seiten über diese Fähigkeit verfügen. Der Umstand der Beschleunigung militärischer Operationen durch erhöhtes Situationsbewusstsein ist nicht neu. Allerdings führen leicht steuer- und einsetzbare kommerzielle Minidrohnen dazu, dass auch Einheiten auf niedriger taktischer Ebene diesem erhöhten Tempo ausgesetzt sind – insbesondere wenn sie auf beiden Seiten verfügbar sind – und damit die Anforderungen an Führung auf niedriger Ebene erhöht.

Diese Erkenntnis zeigt sich auch im Umstand, dass kommerzielle Minidrohnen zu einem kritischen Element in den Aufklärungs-Feuerketten der Artillerie wurden. Dies betrifft das Katz-und-Mausspiel zwischen Artilleriebatterien auf beiden Seiten: Das Ziel ist, feindliche Feuerstellungen schnell zu orten und mittels Artillerie zu zerstören. Taktische Drohnen, die hierfür konzipiert sind, wie die russische *Orlan*-10, wurden ebenso eingesetzt wie zivile Drohnen, sofern sie über ausreichend Reichweite verfügten. Es ist bekannt, dass die Präsenz von Drohnen in

25 Ob es sich beim fraglichen Panzer um ein operationelles, bemanntes Fahrzeug handelt, ist jedoch fraglich, «Russian tank catches fire after Ukrainian drone drops grenade on it», *The Telegraph,* 18.08.2022.

der Ukraine die Zeit der Artillerieortung dramatisch – von 30 auf bis zu 3–5 Minuten – verringerte und selbst auf mobile Ziele die Präzision ebenso dramatisch erhöhte.[26] Darüber hinaus verwendete die ukrainische Seite durch die USA gelieferte Loiteringmunition (*Switchblade* 300, *Switchblade* 600 und *Phoenix Ghost*). Russland setzte iranische *Shahed*-136-Loiteringmunition als Terrorwaffe gegen ukrainische Städte ein.[27] Taktisch erscheinen diese Drohnen/Munition effektiv, aber ihr Einfluss auf das militärische Gleichgewicht ist bisher schwer zu erfassen.[28]

3.3 OFFENE FRAGEN

Mit Blick auf den konventionellen Einsatz von Drohnen stehen eine Reihe offener Fragen im Raum. Hinsichtlich bewaffneter MALE-Drohnen fallen insbesondere zwei Punkte auf, die bisher nicht geklärt werden können:

a) Die betrachteten Kriege wurden zu einem grossen Teil mit Technologien des Kalten Kriegs geführt. Selbst ein System wie das prominente US-amerikanische *High Mobility Rocket Artillery System* (M142 HIMARS) basiert in vielerlei Hinsicht auf dem M270 MLRS der 1980er-Jahre. Wie sich MALE-Drohnen über einem durchschnittlich deutlich moderneren Gefechtsfeld schlagen würden, ist somit unbekannt. Systeme wie *Harop,* die Aserbaidschan erlaubten, TB2 über Karabach einzusetzen, oder Panzerabwehrwaffen langer Reichweite wie *Spike* werden in der Ukraine aufgrund israelischer Ausfuhrbeschränkungen nicht eingesetzt.[29]

b) Insbesondere die Wirkung elektronischer Kriegsführung (EKF) ist von aussen unmöglich zu quantifizieren und zu verifizieren. So ist beispielsweise unklar, ob eine S-300-Crew im Einsatz lediglich ver-

26 Jack Watling / Nick Reynolds, «Ukraine at War Paving the Road from Survival to Victory», *RUSI,* 04.07.2022, S. 7.

27 Dominika Kunertova, «Russland setzt iranische Drohnen ein, um den ukrainischen Widerstand zu brechen», *Tages-Anzeiger,* 15.10.2022.

28 Rueben Dass, «Militants and Drones: A Trend That is Here to Stay», *RUSI,* 06.09.2022.

29 Arie Egozi, «No SPIKEs for Ukraine, says Israel», *Defence Procurement International,* 10.03.2022.

sagte oder ob sie durch Störsender «geblendet» wurde. So stellte sich häufig die Frage, ob Gelegenheitsfenster für Drohneneinsätze eher das Resultat geringer Qualifikation der Bodencrews, oder erfolgreicher Unterdrückung durch elektronische Kriegführung waren. Es ist beispielsweise bekannt, dass die Türkei 2020 (und Israel bereits jahrelang zuvor) syrische Luftabwehrradars elektronisch neutralisieren oder mindestens temporär unterdrücken konnte.[30]

Während eine differenzierte Analyse militärischer Lektionen möglich ist, bewegt sich das Feld der Drohnenforschung und -entwicklung weiterhin rapide voran. Die Lektionen der Einsätze seit 2020 sind Erkenntnisse spezifischer Konflikte, die vom technischen Fortschritt möglicherweise zumindest teilweise überholt werden. Jegliche militärische und gesamtstaatliche Planung muss also technologischen Sprüngen vorausschauend Raum geben. Relevant ist vordergründig, welche zusätzlichen offensiven Vorteile technologischer Fortschritt in den nächsten Jahren Drohnen verschafft, insbesondere gegenüber der Entwicklung von Drohnenabwehrsystemen.

4. TECHNOLOGISCHE TRENDS

Drohnen dürften schon in naher Zukunft über wichtige zusätzliche militärische Fähigkeiten verfügen. Dies ist auch auf die Doppelstruktur des Technologiefelds in einen militärischen und einen zivilen Bereich zurückzuführen, was ein schnelles und wechselseitiges Erschliessen neuer technischer Fähigkeiten erlaubt. Auch deshalb hat der weniger entwickelte Bereich der Drohnenabwehr Mühe, Schritt mit offensiv verwendbaren Technologien zu halten, denn hier ist die zivile Nutzung kaum bedeutsam. Dennoch heisst dies nicht, dass der Weg zu weitgehend robotischer Kriegsführung vorgezeichnet wäre. Neue Technologien müssen immer sinnvoll in bestehende Waffensysteme und Streitkräfte integriert werden.

Ausgehend von Israel und den USA, den staatlichen Pionieren der militärischen Drohnentechnologie, hat sich der Kreis der treibenden

30 Ami Rojkes Dombe, «Israel ruined the reputation of Russian air defense systems, and it's hurting sales», *Israel Defense,* 31.07.2021.

Akteure mittlerweile verbreitert. China, Iran und die Türkei haben sich positioniert, auch weil ihre Systeme bereits oft gekauft und eingesetzt werden, was im chinesischen Fall auf geringe Exporthürden zurückzuführen ist.[31]

Die Streitkräfte der Ukraine und Russlands setzen neben staatlichen Drohnensystemen auch auf kommerzielle Mini- und kleine Drohnen, die zum Teil über *Crowdfunding* im In- und Ausland finanziert werden.[32] Berichte von der Front legen nahe, dass die Einstiegshürde solcher Systeme gerade für jüngere, technologieaffine Soldatinnen und Soldaten sehr niedrig ist. Die durchschlagenden Faktoren sind in diesem Fall also eher Marktreife und Nutzerfreundlichkeit denn Leistungsparameter.

Dennoch lassen sich qualitative Fortschritte für die nächsten fünf bis zehn Jahre antizipieren. Bestimmte Makrotrends sind bereits absehbar: Abnehmende Bedeutung des Menschen an der Frontlinie; Synergien von Drohnentechnologie mit generell erhöhten Autonomielevels durch künstliche Intelligenz; Effizienzsteigerung durch neue Fertigungsmethoden wie 3D-Druck und Leistungssteigerungen in Bereichen wie elektronische Kriegsführung und Sensoren wie neue Radargenerationen.[33] Es lassen sich konkrete militärische Anwendungsfelder antizipieren, beispielsweise offensive autonome Schwärme militärischer und kommerzieller Drohnen. Während ihr militärischer Einsatz möglich ist, kann *Human-Machine Teaming,* also die Kombination bemannter Systeme mit Drohnen, zu einem gewissen Grad als Zwischenschritt angesehen werden.

4.1 AUF DEM WEG ZU SCHWÄRMEN?

Autonome Drohnenschwärme werden häufig als logische Weiterentwicklung betrachtet und als militärische Fähigkeit, gegen die kaum Gegenwehr möglich wäre. Diese Herausforderung für den Verteidiger beschreibt Paul Scharre als «Kampf gegen keine Formation, sondern ein

31 Gabriel Honrada, «China selling armed drones to stealthy strategic effect», *Asia Times,* 01.02.2022.

32 «How crowdfunding is shaping the war in Ukraine», *The Economist,* 27.07.2022.

33 Douglas Barrie / Niklas Ebert / Oskar Glaese / Franz-Stefan Gady, «Armed uninhabited aerial vehicles and the challenges of autonomy», The *International Institute for Strategic Studies,* 21.12. 2021.

Kollektiv nicht unterdrückbarer Ziele, die sich scheinbar überall und nirgendwo zugleich befinden».[34]

Künftige technologische Sprünge werden die offensiven Fähigkeiten von Drohnen in diese Richtung bewegen. So werden Drohnen über eine erhöhte Bandbreite verfügen, um mit anderen Plattformen und Systemen zu kommunizieren, etwa um Informationen und Befehle mit Bodenstationen, Sensoren und bemannten Plattformen auszutauschen. Militärisch eröffnet dies die Möglichkeit, Sensoren und Waffensysteme stärker zu verstreuen.[35] In Verbindung mit gesteigerter maschineller Autonomie wären Drohnen in der Lage, schnell untereinander zu kommunizieren und Schwärme zu bilden, die dann durchschlagende militärische Effekte erzielen könnten.

Der militärische Effekt des «Schwärmens», also Handlungen, welche feindliche Defensivsysteme (Sensoren und Effektoren) übersättigen und überwältigen,[36] lässt sich bereits mit aktuellen technischen Mitteln erreichen. Drohnen können individuell programmiert werden, sodass sie als Schwarm auftreten, ohne dabei untereinander zu kommunizieren. Mehrere Drohnen, gesteuert von unterschiedlichen Funkfrequenzen, können bereits ausreichen, um Luftverteidigungssysteme zu überwältigen.[37]

In näherer Zukunft sind entsprechend Konzepte zu erwarten, welche bemannte Systeme mit unbemannten kombinieren, um verteilte Netzwerke aus Waffen- und Sensorsystemen zu bilden. Hierdurch würden Verluste von bemannten Fahr- und Flugzeugen minimiert. Ein prominentes Beispiel im Bereich solcher *Human-Machine Teaming*-Konzepte ist *Loyal Wingman,* bei dem bemannte Flugzeuge eng mit unbemannten Systemen im Einsatz kooperieren sollen. Bei den Drohnen, die an Kampfflugzeuge «angeschlossen» werden sollen, handelt es sich um

34 Paul Scharre, «Robotics on the Battlefield Part II: The Coming Swarm», *CNAS,* 15.10.2014, S. 29.

35 Dies ist nicht auf die Land- und Seedimension beschränkt, sondern ein grundlegender Trend westlicher Kriegsführung. Die US Navy spricht in diesem Kontext von «distributed lethality». Siehe: Jeffrey E. Kline, «A Tactical Doctrine For Distributed Lethality», *CIMSEC,* 22.02.2016.

36 Zack Kallenborn, *Swarms of Mass Destruction: The Case-for Declaring Armed Fully Autonomous Drone Swarms WMDs* (Modern War Institute: West Point, 2020).

37 Scharre, «Robotics on the Battlefield», S. 14.

Systeme mit weitaus höherer Leistungsfähigkeit als aktuell eingesetzte MALE und HALE Drohnen, die nicht für Luftkampfeinsätze konzipiert sind.[38]

Einer ähnlichen Logik bedienen sich Konzepte innerhalb des US-Militärs und seiner NATO-Verbündeten, Kampfhubschrauber mit teilautonomen Aufklärungs-, Angriffs- und bewaffneten Drohnen zu kombinieren. Die aktuelle Version des *Apache,* der AH-64E *Guardian,* soll somit mittelfristig weniger direkt an der Frontlinie agieren, sondern eher als «Mutterschiff» aus der relativen Sicherheit des eigenen Rückraums operieren.[39] Eine ähnliche langfristige Entwicklung von Kampfeinheit zur fliegenden Befehlszentrale wird dem Kampfjet F-35 *Lightning* II zugedacht.[40] Diese Entwicklung ist nicht auf den Luftkrieg beschränkt. Generell geht der Trend in Richtung bemannte Systeme in Unterstützungs- und Führungsrollen zu verschieben und den Anteil robotischer Einheiten mit Feindkontakt zu erhöhen.

4.2 SCHWIERIGKEITEN DER DROHNENABWEHR

Unterschiedliche Drohnentypen erfordern jeweils unterschiedliche Abwehrmethoden und -verfahren. Wenn Drohnen in jeder Einsatzhöhe eines Kampfgebiets operieren, bedeutet dies auch, dass Abwehrmassnahmen ein breites Spektrum abdecken müssen. Zu diesen Massnahmen gehören Flugzeuge im Luftpolizeidienst, konventionelle Luftabwehr und dezidierte Drohnenabwehrsysteme, die auch nicht-kinetisch wirken.[41]

Während HALE, MALE und auch grössere taktische Drohnen von der militärischen Luftabwehr bekämpft werden können, ist dies bei leichteren, ursprünglich zivilen Drohnen nicht der Fall. Dies betrifft mi-

38 Dominika Kunertova, «From Robots to Warbots: Reality Meets Science Fiction», in: *CSS Analyses in Security Policy* 292 (2021).

39 Garret Reim, «AH-64E teams with two UAVs to identify, attack target», *Flight Global,* 04.02.2021.

40 Stephen Losey, «Lockheed working on expendable, advanced drones to team up with Air Force fighters», *Defense News,* 17.07.2022.

41 Matthew Willis / André Haider; Daniel C. Teletin / Daniel Wagner (eds.), *A Comprehensive Approach to Countering Unmanned Aircraft Systems* (NATO: The Joint Air Power Competence Centre, 2021).

litärische Einheiten im Feld wie in der Ukraine, bei der die Infanterie am Boden kaum eine Möglichkeit hat, unbemannte Artillerieaufklärer zu neutralisieren. Entsprechend bergen Drohnen auch im Inland ein Stör- und Schadenspotenzial.

Aktuell hinkt Drohnenabwehrtechnologie den Entwicklungen im Bereich offensiv nutzbarer unbemannten Technologien hinterher. Auch gut ausgerüstete Truppen wie die der USA verfügen nicht über Werkzeuge, um sich zuverlässig vor tieffliegenden Drohnen zu schützen.[42] Störsender können zwar ferngesteuerte Systeme von ihren Boden- und Relaisstationen abschneiden und somit zumindest grundsätzlich abwehren. Diese Mittel können allerdings nur ein Element im Mosaik der Drohnenabwehr sein. Erstens lassen sich militärische Drohnen mit zusätzlichen Kommunikationsmitteln wie Satellitenverbindungen ausstatten, die kaum gestört werden können. Zweitens können Drohnen mit zunehmender Autonomie auch ohne dauerhaften Input weiterhin operieren – etwa durch programmierte Befehle, bei Kontaktverlust in bestimmte Zonen zu fliegen, oder sogar Angriffe autonom fortzusetzen.[43] Drittens ist es in bebautem Gelände kaum möglich, Empfangsfrequenzen von Drohnen zu stören, ohne signifikant in das zivile Leben im Einsatzgebiet einzugreifen, da ein weites Spektrum von Frequenzen gestört werden müsste. In diesem Fall sind auch kinetische Mittel wie Flugabwehrkanonen aufgrund des Risikos von Kollateralschäden über eigenem, bebautem Territorium nicht ideal. Möglicherweise könnten eigene Minidrohnen gewissermassen als «Abfangjäger» eingesetzt werden.[44]

Aktuell hinkt Drohnenabwehrtechnologie den Entwicklungen im Bereich offensiv nutzbarer unbemannten Technologien hinterher.

42 Interview mit US-ForscherIn, August 2022.

43 Andrew Eversden, «Army must start ‹leaning› on kinetic options for counter-drone as autonomous UAS proliferate», *Breaking Defense,* 11.08.2022.

44 Jen Judson, «US Special Operations Command picks Anduril to lead counter-drone integration work in $1B deal», *Defense News,* 24.01.2022.

Zudem birgt die Bedrohung durch Drohnen im zivilen Raum in Friedenszeiten und im Spannungsfall[45] die Herausforderung der Arbeitsteilung zwischen Akteuren der inneren Sicherheit und den Streitkräften. Abstufung und Differenzierung sind erforderlich, da Lösungsansätze je nach Rechtsrahmen und staatlicher Organisation variieren. Dies ist insbesondere in Staaten wie der Schweiz der Fall, in denen die Annahme vorherrscht, dass zukünftige staatliche und halbstaatliche Bedrohungen sich auf die Städte konzentrieren werden.[46] Aufgrund der physischen, elektronischen und rechtlichen Komplexitäten des urbanen Raums sind realitätsnahe Lösungen besonders herausfordernd.

4.3 BLEIBENDE SCHWIERIGKEITEN UND HERAUSFORDERUNGEN

Anti-Drohnentechnologie hinkt zwar hinterher, doch die offensive Verwendung von Drohnensystemen ist kein Selbstläufer. Lediglich über eine technische Fähigkeit zu verfügen, garantiert noch nicht, dass diese im Einsatz voll zur Entfaltung kommen kann. Vielmehr muss sie in bestehende Dispositive eingebunden werden, ausreichend materiell und organisatorisch unterfüttert und auf den jeweiligen Einsatztyp vorbereitet und angemessen eingesetzt werden.

Die graduelle Verschiebung vom Menschen zu Maschinen in Kampfrollen bedeutet zwar, dass «Drohnenkrieg», bei dem auf mindestens einer Seite ein Grossteil militärischer Funktionen robotisiert ist, möglich ist.[47] Die Herausforderungen auf diesem Weg sind aber beträchtlich. So erfordert der Einsatz fortschrittlicher Drohnen in einem hochmodernen und -vernetzten Gefechtsfeld realitätsnahe Übungen und Manöver, um Einsatzverfahren verschiedener Komponenten aufeinander abzustimmen. Wie der empirische Abschnitt gezeigt hat, ist qualifiziertes, auf alle Eventualitäten vorbereitetes Personal absolut not-

45 Schweizerische Eidgenossenschaft, *Die Sicherheit der Schweiz angesichts der Drohnentechnologie,* 02.03.2022, S. 18–19. Beim Spannungsfall sprechen wir von einem Zustand staatlichen Drucks von aussen, an dem «hybride» Mittel als Vorstufe zu oder Ersatz von konventionellen militärischen Operationen eingesetzt werden.

46 «Grundlagenbericht Zukunft der Bodentruppen», *Eidgenössisches Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport* (2019), S. 61–62.

47 Dominika Kunertova / James Rogers, *The Vulnerabilities of the Drone Age Established Threats and Emerging Issues out to 2035,* NATO Science for Peace and Security Programme, 2022.

wendig für die Luft- und Drohnenabwehr. Dieses Personal muss gemäss den technischen Möglichkeiten und Grenzen seiner Ausrüstung geschult werden, um sowohl traditionelle als auch drohnenbasierte Gefahren orten, verfolgen und gegebenenfalls bekämpfen zu können.[48]

Zudem bringt die wachsende Robotisierung des Gefechtsfelds eine Reihe von organisationskulturellen Fragen mit sich. Neue Technologien treffen nicht nur auf bestehende Strukturen, sondern auch auf bestehende Denkmuster und Präferenzen. Drohnencrews werden andere Aufgaben haben und aus anderen Motivationen handeln als PilotenInnen in F-35-Cockpits.[49] Diese Umstände sind nicht auf Drohnen beschränkt, sondern grundlegende militärische Herausforderungen, insbesondere in Zeiten beschleunigten technologischen Fortschritts.

5. DROHNENTECHNOLOGIE UND DER SCHWEIZER STAAT

In der Schweiz drehte sich die Drohnendebatte zunächst um asymmetrische Bedrohungen: Es dominierten der US-geführte Krieg gegen den Terror, die Nutzung von Drohnen durch Gruppen wie den IS und die Befürchtung staatlich orchestrierter «hybrider» Anschläge. Diese Bedrohungswahrnehmung hat sich nicht massgeblich geändert. Gleichzeitig hat die Welle konventioneller Drohneneinsätze auch Implikationen für die Schweiz.

Dies zeigt sich nicht zuletzt in Form von Postulaten und Interpellationen in den eidgenössischen Räten. Lange priorisierten diese den Schutz der Zivilbevölkerung und der Infrastruktur,[50] etwa durch die Betrachtung rechtlicher Aspekte der Drohnenabwehr.[51] Ein Bericht des Bundesrats vom März 2022 fokussiert indes erstmals auf Drohnen als

48 Joe Ritterjune, «Getting Drones Ready for Conventional War», *War on the Rocks,* 20.06.2022.

49 David J. Blair / Nick Helms, «The Swarm, the Cloud, and the Importance of Getting There First What's at Stake in the Remote Aviation Culture Debate», *Air & Space Power Journal* (2013), S. 14–38.

50 Manuel Tornare, *Postulat 13.3977: Zivile Drohnen. Gesetzgebung anpassen,* Nationalrat, 27.09.2013; Susanne Leutenegger Oberholzer, *Postulat 16.3310: Drohnen. Bevölkerung vor Gefährdungen schützen,* Nationalrat, 27.04.2016.

51 Martin Candinas, *Motion 19.4339: Schutz der Landesflughäfen vor Drohnen,* Nationalrat, 27.09.2019; Martin Candinas, *Motion 21.4205: Schutz der Landesflughäfen vor Drohnen,* Nationalrat, 30.09.2022.

explizit militärische Kapazitäten. Der Bericht zieht den Schluss, dass Drohnen bisher nicht unabhängig die Kriegsführung revolutionieren, ihre zunehmende Verbreitung aber die polizeiliche und militärische Luft- und Drohnenabwehr zusätzlich herausfordert. Zudem betont der Bericht explizit, dass Drohnen (und ihre Abwehr) jeweils unterschiedliche Herausforderungen im Alltag, im Spannungs- und Kriegsfall nach sich ziehen.[52]

Somit ist der Krieg in der Ukraine auch in der Schweiz ein politischer Katalysator bezüglich der Implikationen von Drohnen, auch in der Aussenpolitik. Die herausragende Rolle der Schweiz als internationaler Forschungsmotor im Bereich der Robotik hat zur Folge, dass schwer zu beantwortende *Dual-Use*-Fragen im Raum stehen. Die russische Invasion der Ukraine hat verdeutlicht, dass kriegerische Handlungen hohe politische Wellen schlagen und insbesondere der Technologieexport im Kriegsfall stark politisiert ist. Somit stellt sich der Schweiz mit Blick auf militarisierte Drohnen die Frage, inwiefern die Exportkontrollpolitik angepasst werden sollte. Dies auch aufgrund des Schweizer Interesses, auf internationaler Ebene Forschung und Gebrauch militärischer autonomer Systeme Regeln zu setzen.

Die Welle konventioneller Drohneneinsätze hat auch Implikationen für die Schweiz.

Zudem zeigt sich in der Ukraine die ungebrochene militärische Verwendung kommerzieller Drohnen. Funktional massgeblich ist das Element der Situationswahrnehmung. Sowohl der Krieg um Karabach als auch die derzeitigen Kampfhandlungen in der Ukraine zeigen, dass aufgeklärte Ziele schnell verheerendem Beschuss ausgesetzt sind, sei es durch bewaffnete Drohnen oder Artillerie. Verbände müssen sich davor schützen, dauerhaft aufgeklärt zu werden. Drohnenabwehr bleibt somit eine Aufgabe, die sowohl die innere Sicherheit als auch die Schweizer Armee tangiert und welche vielschichtige, sich ergänzende – und damit zivil-militärische – technologische und organisatorische Lösungen erfordert. Verbunden hiermit ist die Konfiguration der armasuisse als technologisches Kompetenzzentrum des Verteidigungs- und Bevölke-

52 Schweizerische Eidgenossenschaft, *Die Sicherheit der Schweiz angesichts der Drohnentechnologie,* S. 15.

rungsschutzdepartements (VBS) und inwieweit sie eine gezieltere und deutlicher gesamtstaatliche Rolle spielen kann.

Für die Armee stellt sich die Frage, welche militärischen Lektionen entscheidend sind und wie sie ihren eigenen Drohnenbestand aufbauen und einbetten will. Hierfür ist die institutionelle Struktur, in welcher militärische und technologische Trendbeobachtung mit Armeebedürfnissen trianguliert wird, entscheidend. Das geplante «Kompetenzzentrum Drohnen»[53] der Armee ist ein Schritt in diese Richtung. Aus gesamtstaatlicher Sicht ist wichtig, dass die armasuisse und ihre technologische Kompetenz nicht dupliziert, sondern ergänzt wird.

5.1 DAS *ROBOTICS VALLEY* UND IMPLIKATIONEN FÜR SCHWEIZER AUSSENPOLITIK

Die Schweiz ist in der zivilen Erforschung von Drohnensystemen weltweit führend. Technische Leistungsparameter werden in Schweizer Unternehmen, Forschungsinstituten und Universitäten vorangetrieben. Dies hat beträchtliche technologiepolitische und wirtschaftliche Vorteile, wird jedoch zunehmend *Dual-Use*-Probleme aufwerfen, die politisch abgefedert werden müssen.

Im Jahr 2021 wurde die Schweiz vom *European Innovation Scoreboard* zum Innovationsführer in Europa klassifiziert[54] – für die Erforschung von Drohnen gilt sie gar als «*Robotics Valley*». Die Kompetenzzentren an den Hochschulen und das industrielle Gefüge aus *Start-ups* sowie kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) liefern bereits Spitzentechnologien, die auch im Ausland Verwendung finden.[55] Dies ist vordergründig auf hohe politische und ökonomische Stabilität sowie umfangreiche Finanzierungsmöglichkeiten zurückzuführen. Qualitativ ist die Schweiz somit selbst vor den USA zu verorten, auch wenn dort der Staat, häufig in Form des Verteidigungsdepartements, direkter investiert

53 Schweizerische Eidgenossenschaft, *Die Sicherheit der Schweiz angesichts der Drohnentechnologie,* S. 15.

54 «Switzerland named most innovative country in Europe», *SWI swissinfo.ch,* 22.06.2021.

55 «Switzerland assumes pioneering role in drone technology», *Switzerland Global Enterprise,* 27.07.2021; «The Swiss drone industry ranks globally number one in market size per capita», *innovaud.ch,* 06.07.2021; «Swiss Drone Industry Report 2021», *Drone Industry Association Switzerland,* 06.07.2021.

und interveniert. Tatsächlich ist die geringe staatliche Involvierung der Schweizer Regierung wohl ein zusätzlicher Grund für den Erfolg des hiesigen Ökosystems.[56] Doch dieser *Laissez-faire*-Ansatz birgt auch politische Risiken, die womöglich zunehmen werden.

Im Zuge der Invasion der Ukraine häuften sich Berichte über Schweizer Komponenten, die in russischem Kriegsgerät verwendet werden. Dies betrifft sowohl physische Elemente wie präzise Industriemaschinen als auch Mikroelektronik in Form von Mikrochips.[57] An diesem Punkt kommt das häufig als *Dual-Use*-Problematik bezeichnete Dilemma ins Spiel: die militärische Nutzbarkeit ursprünglich ziviler technologischer Komponenten. Bezüglich Drohnen liegt diese Problematik nicht bei physischen Drohnen selbst, sondern im Bereich der Sensorik und der Datenverarbeitungs- und Steuerungssoftware.[58]

Zunehmende Autonomie durch Algorithmen, entwickelt für zivile Anwendungen, können leicht militärisch entlehnt werden. Damit entsteht ein Spannungsverhältnis zwischen Wissenschaftsfreiheit und den Bedürfnissen des kommerziellen Tech-Sektors einerseits und der internationalen Reputation der Schweiz andererseits. So lebt die zivile Forschung von der transparenten Veröffentlichung neuer Algorithmen. Dennoch sollte sich der Schweizer Staat bewusst sein, dass hier entwickelte Codes möglicherweise für militärisch nutzbare technologische Sprünge genutzt werden; sei dies durch NATO-Streitkräfte oder in der chinesischen Volksbefreiungsarmee.[59] Dies ist auch auf eine Lücke im einschlägigen internationalen Rüstungskontrollregime zu *Dual-Use*-Gütern, dem Wassenaar-Abkommen, zurückzuführen. Öffentlich verfügbare Codes und Algorithmen in wissenschaftlichen Publikationen sind nicht als problematisch gelistet, sofern sie nicht an spezifische Drohnen gekoppelt sind.

56 Interview mit Professor Davide Scaramuzza, Robotics and Perception Group UZH, 09.09.2022.

57 James Byrne / Gary Somerville / Joe Byrne / Dr Jack Watling / Nick Reynolds / Jane Baker, «Silicon Lifeline: Western Electronics at the Heart of Russia's War Machine», *RUSI,* 08.08.2022.

58 Interview Davide Scaramuzza.

59 «Chinese Drones: The Latest Irritant Buzzing Taiwan's Defenses», *New York Times,* 10.09.2022.

Wie der Ukrainekrieg zeigt, hat die *Dual-Use*-Problematik nicht nur eine normative Komponente, sondern kann auch zu aussenpolitischen Komplikationen führen, wenn der Eindruck entsteht, dass einzelne Kriegsteilnehmer von den öffentlichen zugänglichen Forschungsergebnissen aus der Schweiz militärisch profitieren. In diesem Fall liegt das Risiko nicht lediglich im abstrakten Reputationsschaden für die Schweiz, sondern kann sich auch in politischem Druck äussern. Zusätzlich entsteht ein zweites Spannungsfeld zwischen Aussenwirtschafts- und Rüstungskontrollprioritäten. Das Eidgenössische Departement für auswärtige Angelegenheiten (EDA) setzt sich seit Jahren auf internationaler Ebene für den regelbasierten Einsatz autonomer Waffensysteme ein.[60] Es gilt also, Kohärenz zwischen den Politikfeldern herzustellen und zu verhindern, dass militarisierbare Schweizer Forschung aussenpolitische Bemühungen untergräbt.

Die notwendige Debatte ist allerdings keine einfache. Die öffentliche Diskussion zum Re-Export von 35mm Luftabwehrmunition ist beispielsweise verhältnismässig klar,[61] da ihre militärischen Funktionen und Implikationen erfassbar sind. Dies ist bei *Dual-Use*-Gütern wie Codes jedoch nicht der Fall.

5.2 STAATLICHE TECHNOLOGIEKOMPETENZ UND DROHNENABWEHR ALS GESAMTSTAATLICHE AUFGABE

Die Schweizer Verwaltung verortet sicherheitstechnologische Kompetenz und Kapazitäten in der armasuisse Wissenschaft und Technologie (armasuisse W+T). Ihr Mandat beinhaltet, dem Staat und speziell der Armee dieses Wissen zur Verfügung zu stellen. Konkret unterstützt sie die Beschaffungsverfahren der Armee, etwa durch unabhängige Tests von Systemen und Prototypen. Ferner agiert die armasuisse als Scharnier zwischen der zivilen Forschung und Industrie sowie der Armee als Technologieanwenderin.[62] Konkrete robotische Entwicklungsvorhaben

60 «Innovative Impulse für mehr Sicherheit: Bundesrat verabschiedet die Strategie Rüstungskontrolle und Abrüstung», *Der Bundesrat,* 02.02.2022.

61 Dominik Meier, «Schweiz blockiert Gepard-Munition für Ukraine», *SRF,* 27.04.2022.

62 armasuisse Wissenschaft und Technologie W+T, «Schweizer Drohnen- und Robotik-Zentrum», 2022.

von armasuisse W+T sind auf die Unterstützungs- und Rettungsfähigkeiten innerhalb der Armee zugeschnitten.[63]

Trendbeobachtung und technologische Prozessunterstützung im Bereich von Drohnen und robotischen Systemen sind in der armasuisse W+T im Schweizer Drohnen- und Robotik-Zentrum (SDRZ) lokalisiert. Neben der Analyse aktueller technologischer und militärischer Entwicklungen werden Projekte durchgeführt, mit denen robotische Fähigkeiten in die Armee eingebunden werden. Dies beinhaltet die Erprobung und Einführung von Drohnen für den Katastrophenschutz im Lehrverband Genie/Rettung/ABC der Schweizer Armee mit Beteiligung von Schweizer Firmen und Forschungsinstituten.[64] Das SDRZ führt auch das erste Schweizer Projekt in Kooperation mit der Europäischen Verteidigungsagentur. Im Rahmen von PASEI *(Protection of Autonomous Systems against Enemy Interference)* sollen Technologien und Verfahren für die den Schutz von Drohnensystemen gegen feindliche Interferenzen erforscht werden.[65]

Eines der Beispiele für die Scharnierfunktion des SDRZ ist der Erfahrungsaustausch zwischen Armee und Sicherheitsbehörden einerseits und dem zivilen Ökosystem andererseits. Dies geschieht auch mit Blick auf Entwicklungen und Optionen bei der Abwehr von Kleindrohnen.[66] Relevant ist insbesondere, dass nicht nur die Armee mit Technologieerkenntnissen und robotischen Demonstratoren unterstützt wird, sondern auch Behörden, deren der Schutz der Zivilbevölkerung und Infrastruktur obliegt; namentlich dem Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS) auf nationaler Ebene und den jeweiligen kantonalen Blaulichtbehörden.

Für die Militarisierung von Minidrohnen notwendige Praktiken können sich leicht über das Internet verbreiten und auch durch terroristische Gruppen genutzt werden. Drohnenabwehr wird somit eine gesamt-

63 Interview mit Vertretern von armasuisse Wissenschaft und Technologie (W+T), Schweizer Drohnen und Robotik-Zentrum (SDRZ), 23.09.2022.

64 armasuisse Wissenschaft und Technologie W+T, «ARCHE 2020 Swiss robotics for the disaster relief of the future», 2022; Interview SDRZ.

65 «EDA welcomes Switzerland's first project participation», *European Defence Agency,* 06.04.2017.

66 armasuisse Wissenschaft und Technologie W+T, «Einblicke in aktuelle Technologien zur Drohnenabwehr» 17.09.2021.

staatliche Aufgabe bleiben, um Bevölkerung, Infrastruktur und Reaktionsfähigkeit des Staats zu schützen. Effiziente Arbeitsteilung ist somit nötig. Städtische und kantonale Polizeibehörden bauen mindestens seit 2017 ihre Drohnenabwehrfähigkeiten konzertiert aus.[67]

Auch auf Armeeseite sind Fähigkeiten notwendig, um den Eigenschutz und damit die Reaktionsfähigkeit im Krisenfall sicherzustellen. Dies trifft insbesondere auf kritische Einrichtungen wie Militärflugplätze zu. Gleichzeitig muss die Fähigkeit zur Abwehr von Minidrohnen auch kleinzellig auf taktischer militärischer Ebene verfügbar sein, da allein die psychologische Wirkung von feindlichen Drohnen im Einsatz verheerend sein kann.[68] Die Armee benötigt also Fähigkeit zum Selbstschutz – wobei sie von Erfahrungen der Polizei profitieren kann.

Im aktuellen Arsenal der Armee sind lediglich klassische Luftverteidigungssysteme für die Drohnenabwehr vorhanden: aktuell *Stinger* und die Oerlikon-35mm-Kanone, sowie in Zukunft *Patriot.* Analog zu den Erfahrungen der konventionellen Kriege des Kaukasus, im Nahen Osten und in der Ukraine sind diese gegen HALE-, MALE- und taktische Systeme grundsätzlich geeignet, solange Personal und Ausrüstung auf die Bedrohung eingestellt sind. Eine Lücke besteht bei der Abwehr tieffliegender Minidrohnen, insbesondere mit Blick auf Einsätze im urbanen Raum. Militärische Mittel gegen Drohnen im öffentlichen Raum einzusetzen ist kein rein technisches Unterfangen. Auch das strategische Bedrohungsniveau ist von Bedeutung. Im Spannungs- oder gar Kriegsfall wäre der Einsatz von flächendeckenden Störsendern oder gar kinetischer Munition weitaus akzeptabler und notwendiger als im Alltag.[69] Drohnenabwehrmass-

Drohnenabwehrmassnahmen müssen im Rahmen des Sicherheitsverbundes nicht nur technische, sondern auch politische Anforderungen erfüllen.

67 «Schweizer Polizeikorps rüsten sich zum Kampf gegen Drohnen», *Computerworld,* 23.01.2017.

68 Wilder Alejandro Sanchez, «How will drones affect infantry tactics?», *Defence iQ,* 14.03.2019.

69 Interview mit Dr. Daniel Fuhrer, Chef Bereich Weiterentwicklung der Armee, Armeestab, 23.09.2022.

nahmen müssen somit im Rahmen des Sicherheitsverbundes nicht nur technische, sondern auch politische Anforderungen erfüllen.

5.3 DIE ARMEE ALS DROHNENNUTZERIN: OPERATIONELLE NOTWENDIGKEITEN UND HERAUSFORDERUNGEN

Im Sommer 2022 führte die Schweizer Armee den Erstflug des Aufklärungsdrohnensystems (ADS) 15 durch. Die israelische *Hermes* 900 ersetzt den *Ranger* symmetrisch.[70] Der Grundlagenbericht zur Zukunft der Bodentruppen betont, dass zukünftig auch bedrohliche nichtstaatliche Akteure über Drohnen verfügen werden.[71] Die Armeebotschaft 2022 gibt vor, Fonds zur Erforschung von Drohnenabwehrsystemen (insbesondere gegen Minidrohnen bis zu 20 Kilogramm) bereitzustellen.[72] Neben der *Hermes* ist die Schweizer Armee seit 2020 im Begriff, Mikro- und Minidrohnen einzuführen.[73] Truppenversuche mit der *Black-Hornet*-Mikrodrohne fanden beispielsweise 2022 im Mechanisierten Bataillon 17 statt.[74]

Die Erfahrungen des Kriegs in der Ukraine validieren diesen Kurs. Sie zeigen, dass der militärische Einsatz von Mini- und Kleindrohnen wohl unerlässlich ist. Dieser dient vornehmlich dem Situationsbewusstsein im urbanen Raum und erfolgt daraus, dass von Drohnen aufgeklärte Verbände leicht Opfer von feindlichem Artillerie- oder Lenkwaffenbeschuss werden. Die Einführung von Drohnen für eine defensiv ausgerichtete Armee ist jedoch nicht trivial und Lehren, die im NATO-Rahmen höchste Relevanz haben, müssen nicht notwendigerweise in der Schweiz anwendbar sein.

Grundsätzlich stellt sich die Frage nach dem Auftrag an die Truppe, ihrer Konfiguration, dem fraglichen Terrain und inwieweit Einsatzdoktrinen und -verfahren zusammenpassen. Der potenzielle operationelle

70 Pascal Kümmerling, «Livraison du premier drone Hermes 900 pour la Suisse», *Le Temps,* 11.12.2019.

71 «Grundlagenbericht Bodentruppen», S. 35.

72 Eidgenössisches Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport VBS, *Broschüre Armeebotschaft 2022,* 2022.

73 «Am Säntis fliegen künftig Mini-Drohnen der Armee», *SRF,* 17.03.2022.

74 «Bataillon mécanisé 17 – SIF 2022 review», youtube.com, 12.08.2022.

Nutzen von Drohnen für die drei Hauptkampftruppen der Schweizer Landstreitkräfte – Artillerie, Panzer und Infanterie – ist recht deckungsgleich, denn an erster Stelle steht die deutlich verbesserte Situationswahrnehmung. Für die Artillerie wären taktische oder kleine Drohnen erforderlich, während Minidrohnen den Erfordernissen der Panzertruppe und Infanterie gerecht würden.

Die *Hermes* kann ein grosses Territorium abdecken und damit auch in einer Artilleriebeobachtungsrolle agieren. Für die Infanterie am Boden ist jedoch eine höhere «Auflösung» vonnöten und vor allem muss eine Einheit im Einsatz organisch über die Fähigkeit verfügen, Aufklärung mittels Drohnen anzuordnen. Hierfür wären Minidrohnen geeignet, die von einer einzelnen Person gesteuert werden können. Grösse und Leistungsparameter (und damit Komplexität und Aufwand des Betriebs) von Drohnen geben vor, auf welcher staatlichen operativen Ebene ihr Einsatz angesiedelt ist (siehe Tabelle S. 34). Entsprechend würde eine *Hermes,* die an einer Artilleriebatterie, einem Bataillonshauptquartier oder der Einsatzleitung im subsidiären Einsatz angeschlossen ist, nicht das Mittel der Wahl für kleine Verbände sein.

Um eine ideale, vielschichtige Abdeckung zu erreichen, sind somit Drohnen auf unterschiedlichen organisatorischen Ebenen notwendig. Die Mischkalkulation aus Übersicht durch hochfliegende Drohnen und Detailabdeckung durch tieffliegende ist indes nicht auf konventionelle Szenarien beschränkt. Die *Hermes* kann ein weites Feld, etwa um ein Atomkraftwerk oder eine politische Konferenz abdecken, hilft jedoch Kräften am Boden nur bedingt. Minidrohnen können dagegen Personal bei Checkpoints Übersicht verschaffen helfen, potenzielle Bedrohungen früh identifizieren und in eventuellen Verfolgungs- oder gar Gefechtssituationen einen wichtigen Vorteil liefern.

Ein Ausbau des Drohnenbestands der Schweizer Armee würde die Anpassung aktueller Einsatzverfahren erfordern. In vielen Fällen existieren keine Vorläufersysteme. Wie in Abschnitt 4.3 erläutert, ist die Integration neuer Technologien, insbesondere solcher, welche menschliche Funktionen ersetzen, auch in den Streitkräften der USA und NATO alles andere als einfach. Drohnen würden etwa das Heer vor die Herausforderung stellen, die Luftdimension zu einem höheren Grad in ihre Einsatzkonzepte zu integrieren.

Es gilt auch, Vor- und Nachteile des Milizsystems frühzeitig einzubeziehen. Einerseits eröffnet die Miliz die Möglichkeit, zivile Erfahrungswerte in die Armee zu importieren und damit längerfristige Ausbildungsprozesse zu beschleunigen. Erfahrung bei der Nutzung, Wartung und Abwehr von Drohnensystemen könnte so schnell von der Armee genutzt werden. Zudem sind kommerzielle Minidrohnen leicht zu steuern und erfordern somit keine überbordende Ausbildungsprogramme. Andererseits sind Risiken erkennbar. So wird der Anspruch an qualifiziertes, aber dauerhaft verfügbares Personal steigen, wenn grössere Zahlen komplexer robotischer Systeme angeschafft würden, die entsprechende physische und digitale Wartungsbedürfnisse mitbringen.[75]

Ein Ausbau des Drohnenbestands der Schweizer Armee würde die Anpassung aktueller Einsatzverfahren erfordern.

Die militärische und politische Auseinandersetzung mit Drohnen und ihren politischen, ökonomischen und ethischen Grenzen ist unabdingbar. Konzeptionelle Vorarbeit können bereits Grundlagenforschung, Feldexperimente und den Austausch mit NATO-Staaten leisten. Doch die Anforderungen zwischen NATO-Staaten und der Schweizer Armee können sich signifikant unterscheiden. Deshalb ist konzeptionelle, praxis- und «schweiznahe» Forschung vonnöten.

Viele der hierfür notwendigen Grundlagenkenntnisse können bereits durch das SDRZ erarbeitet und bereitgestellt werden. Allerdings sind seinen Aufgaben auch Grenzen gesetzt. So arbeitet das SDRZ bewusst «aus diversen Gründen, nicht zuletzt aus völkerrechtlichen und ethischen» nicht an der Erforschung autonomer Waffensysteme. Die Entwicklung von bewaffneten Drohnen, Loiteringmunition und Waffensysteme mit gewissen Autonomieparametern sind somit ausgeschlossen und die Forschungsaktivitäten bleiben auf die Beurteilung der Abwehrbarkeit von derartigen Waffensystemen, zur Einschätzung der Bedrohung beschränkt.[76] Die Schaffung eines «Kompetenzzentrums Drohnen der Armee» soll künftig eine zentrale Anlaufstelle innerhalb der

75 Interview Dr. Daniel Fuhrer.

76 armasuisse Wissenschaft und Technologie W+T, «Schweizer Drohnen- und Robotik-Zentrum», 2022; Interview SDRZ.

Streitkräfte sein.[77] Die Kompetenzen sollten sich dabei ergänzen und nicht replizieren.

Eine zentrale Rolle des Kompetenzzentrums könnte die «Helvetisierung» von Einsatzkonzepten sein. Gewisse in oder für NATO-Mitglieder entwickelte Drohnen könnten mit Elementen ausgestattet und in doktrinellen Kontexten erdacht sein, die im Schweizer Kontext lediglich optional – und damit übermässig teuer – wären, wie beispielsweise integrierte Waffensysteme oder andere Effektoren. Wertvoll wäre die frühzeitige und kontinuierliche Triangulierung von Armeebedürfnissen mit industriellem Angebot und der Abstimmung mit Partnerstreitkräften bei der Anschaffung und Einführung neuer Drohnensysteme. Gemeinsame Manöver und Experimente könnten ebenso im Kompetenzzentrum gebündelt und koordiniert werden. Gerade die Fähigkeit, praxisnahe Experimente auf technologisch hervorragendem Niveau durchzuführen, würde sowohl auf den komparativen Stärken der Schweiz aufbauen als auch attraktiv für ausländische Partner sein.

Gleichzeitig könnte ein Kompetenzzentrum Drohnen eine ähnliche Scharnierfunktion einnehmen wie das SDRZ. Wenn die Schweizer Armee auch bei taktischen Drohnen auf das zivile Ökosystem der Schweiz zugreifen will, könnten hier die Fäden zusammenlaufen. Die Einführung der *Hermes* 900 hat gezeigt, dass Debatten bezüglich der Herkunft der Drohne ein zusätzliches politisches Risiko bilden.[78] Mehr Komponenten aus Schweizer Produktion zu nutzen, könnte diese Abhängigkeit zumindest bei einzelnen Komponenten und Subkomponenten abfedern.

6. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Drohnentechnologie wird immer neue Leistungssteigerungen hervorbringen. Je weiter sich Drohnen und die ihnen zugrunde liegenden Technologien weiterentwickeln und verbreiten, desto mehr Überschneidungen zwischen zivilen und militärischen Anwendungen werden aufkommen. Entsprechend sollte der Krieg in der Ukraine auch als Katalysator verstanden werden, der aufzeigt, wie globalisierte Wert-

77 Schweizerische Eidgenossenschaft, *Die Sicherheit der Schweiz angesichts der Drohnentechnologie,* 02.03.2022, S. 15.

78 «Swiss test controversial Israeli surveillance drone», *SWI swissinfo.ch,* 16.06.2022.

schöpfungsketten sich in Zukunft mit zunehmendem staatlichem Wettbewerb überkreuzen.

Die in der Schweiz beschlossene Schaffung eines koordinierenden Armeekompetenzzentrums für die Erforschung und Einbettung militärischer Drohnentechnologie birgt grosses Potenzial. Eine interdisziplinär geführte Debatte ist jedoch notwendig, um politisch-gesellschaftlich abgestützt als Staat zu und mit Drohnen zu arbeiten. Es stellen sich ethische und normative Problemstellungen. Damit sich öffentliche Verwaltung und Armee auf einen breiten Konsens abstützen können, wäre es in ihrem Interesse, Industrie, Wissenschaft, aber vor allem auch Bevölkerung und Zivilgesellschaft einzubeziehen.

Auf die Schweiz dürften indes Kontroversen zukommen, wenn in der Schweiz entwickelte Software in kriegerischen Handlungen zum Einsatz kommt. Dies ist ein grundsätzliches Risiko für Technologiestandorte in einer globalisierten Welt. Aserbaidschan, Russland und die Ukraine haben bewiesen, dass auch wenig moderne Streitkräfte Hochtechnologie gewinnbringend integrieren können. Dies erweitert die Gruppe «problematischer» militärischer Nutzniesser von Schweizer Technologie über finanzstarke grössere Mächte hinaus – einschliesslich nichtstaatlicher Akteure wie der IS, welcher kommerzielle Drohnen improvisiert militärisch genutzt hat. Die *Dual-Use*-Problematik und die improvisierte Militarisierung ziviler Drohnen und ihrer Steuerungssysteme bedeutet, dass auch zivile Forschung militärischen Nutzen haben kann. Exportkontrolle kann politische Risiken abfedern. Die Grundlage muss allerdings eine politisch, wirtschaftlich und technologisch sensible Risikoanalyse sein.

Schliesslich zeigt insbesondere der Ukrainekrieg, dass Drohnen für Streitkräfte in gewissen Situationen unerlässlich sind. Infanterie, die in urbanen Umfeldern operieren soll, wird nicht um den Einsatz von Mikro- und Minidrohnen herumkommen – zu signifikant ist die taktische Beschleunigung durch dauerhafte Echtzeitüberwachung im Gefecht. Dass die russische Artillerie durch Drohnenaufklärung ihre Leistung steigern konnte, lässt auch den Umkehrschluss zu: Ohne ein effizientes und robustes Sensornetzwerk ist Artillerie möglicherweise in vielen Szenarien militärisch nahezu wertlos. Es gilt also zu identifizieren, inwieweit die Drohnenaufklärung und -überwachung für die Artillerie

absolut notwendig sind, wo sie signifikante Leistungssteigerungen erlauben, und wo sie optional sind.

Neue Technologien einzubetten ist kein Selbstläufer, sondern erfordert ein hohes Mass organisatorischer Intelligenz und Flexibilität. Demnach kann rationale, durchdachte Organisation die Wirkung technologischer Fähigkeiten stark verbessern, insbesondere bei der Militarisierung kommerzieller Drohnen. Diese erfüllen wichtige militärische Rollen, ohne dass dafür kostspielige Fähigkeitsentwürfe, Tests oder der Aufbau eines bürokratischen Unterbaus notwendig wäre. Entscheidend ist letztlich die Einbettung, um Anforderungen gerecht zu werden. Ein kommerzielles Drohnensystem, das effektiv in einen militärischen Fähigkeitskomplex eingebunden ist, kann Effizienzgewinne gegenüber einem traditionell entwickelten militärischen System erbringen. Eine ähnliche Logik bietet die Drohnenabwehr; auch hier kann gute Organisation im Sicherheitsverbund das Fehlen dezidierter technischer Allheilmittel zumindest im Ansatz und temporär kompensieren. Trotz wachsender Herausforderungen sind Drohnen und verwandte Technologiefelder somit aus staatlicher Sicht beherrschbar.