Errata zur 1. Auflage

Dirk-Peter Sander: Drohnenabwehr — Entscheiden unter Druck
Band 1, 1. Auflage, ISBN 978-3-6967-1138-2 · Stand: Oktober 2026

So lesen Sie diese Datei

Diese Datei listet alle inhaltlichen Korrekturen der gedruckten 1. Auflage. Zuerst steht die Übersicht „Seite → Änderung“ (alt ~~durchgestrichen~~ → neu **fett**), danach folgen Ausschnitte der betroffenen Stellen mit der gedruckten Seitenzahl; die geänderten Wörter sind **fett und gelb hinterlegt**. Die Ausschnitte sind aus dem Druckbild nachgebaut, der Zeilenfall kann leicht abweichen. Maßgeblich ist der Inhalt.

Nicht einzeln aufgeführt

Folgende Änderungen betreffen das ganze Buch und sind nicht seitenweise gelb markiert: (1) Echte Fußnoten (111) ersetzen die Anmerkungsblöcke am Kapitelende; (2) Kapitel 9 ist neu nummeriert (9.9 → 9.8 usw.), das Inhaltsverzeichnis, das Abkürzungsverzeichnis und das Glossar sind angepasst; (3) Anführungszeichen sind einheitlich »…«; (4) das deutschsprachige Buch enthält kein Tabellenverzeichnis. Seiten, auf denen sich nur Fußnotenzeichen oder Anführungszeichen geändert haben, sind deshalb nicht aufgeführt.

Übersicht: Seite → Änderung

Kategorien: sachlich = Zahl/Aussage, Wortwahl, Sprache = Rechtschreibung/Grammatik, Name = Schreibweise Shahed.

XVIII	*[Sprache]* … Der erste ~~Satz~~ → **Satz,** *[Wortwahl]* … nicht so nannte: ~~Kumulativkompression.~~ → **Kumulative Verengung.**
XX	*[Sprache]* … ich meine Ausbildungserfahrungen ~~zu~~ → *[Sprache]* … als Lehrbuch etablierte, ~~seit~~ → **von** *[Wortwahl]* … Der Begriff ~~Kumulativkompression,~~ → **Kumulative Verengung,** *[Sprache]* … getroffen. Was es ~~leistete~~ → **leistete,** *[Sprache]* … litt schon immer ~~daran~~ → **daran,** *[Sprache]* … Was KI ~~leistete~~ → **leistete,**
XXI	*[Sprache]* … persönlichem Versagen, sondern ~~Wegen~~ → **wegen** *[Wortwahl]* … Wegen der entlarvten ~~Kumulativkompression.~~ → **Kumulativen Verengung.**

1	*[Name]* … ukrainische Städte mit ~~Shaheed-136-Drohnen~~ → **Shahed-136-Drohnen** *[Sprache]* … Drohnen kosteten jeweils ~~etwa~~ → *[Sprache]* … ist der Staat ~~IRAN.~~ → **Iran.** *[Sprache]* … von Entscheidungsprozessen, die ~~technisch~~ → **technischen**
2	*[Sprache]* … moderner Drohnenbedrohungen und ~~die~~ → **der**
8	*[Wortwahl]* … Szenario-Matrix. Kap. 10–12: ~~TTPs,~~ → **Fallstudien,** *[Wortwahl]* … 10–12: TTPs, Mensch-Maschine-Schnittstelle, ~~Fallstudien.~~ → **TTPs.** *[Sprache]* … Glossar, ~~DIDRV-Referenzmatrizen,~~ →
11	*[Sprache]* … Dimensionen des »Entscheidungsraums« ~~erzeugen."~~ → **erzeugen.**
16	*[Name]* … strahlgetriebene Varianten der ~~Shaheed-Linie~~ → **Shahed-Linie**
17	*[Wortwahl]* … 1.2.3 Schwarm-UAS: Der ~~Kumulative-Verengungstyp~~ → **Sättigungstyp** *[Name]* … Verdreifachung gegenüber der ~~Shaheed-136-Grundversion~~ → **Shahed-136-Grundversion** *[Wortwahl]* … 1.2.3 Schwarm-UAS: Der ~~Kumulative-Verengungstyp~~ → **Sättigungstyp** *[sachlich]* … **+ Unter »Schwarm« werden in diesem Buch koordinierte Angriffe von drei oder mehr Systemen gegen ein oder mehrere Ziele verstanden, die eine zentrale oder verte …**
18	*[Sprache]* … der Primärauslöser von ~~Kumulative~~ → **Kumulativer** *[Sprache]* … Der ~~glasfasergeführte~~ → **glasfasergeführten**
19	*[Sprache]* … wirkungslos. Soft-Kill-Optionen im ~~Eskalationskorridor~~ → **Eskalationskorridor** *[Sprache]* … entsteht im TEI ~~ein~~ → **eine**
21	*[sachlich]* … Abb. ~~1.3: Käfigdrohne~~ → **1.2: Käfig-Drohne** *[Sprache]* … der Netzwerfer als ~~kollateralrisikoärmste~~ → **kollateralrisikoarme**

22	*[sachlich]* … **+ Erstens: Die linklose Drohne als Regelfall. Die ukrainische Angriffsdrohne Backfire K1 fliegt ohne aktiven Funk- oder Steuerlink. Vor dem Start wird ein Ball …** *[Sprache]* … das gepeilt werden **+ könnte,** *[sachlich]* … je nach Quelle **+ 450 bis** *[sachlich]* … nach Quelle 600 ~~bis 800~~ → *[sachlich]* … km/h konzipiert. Strila ~~(400~~ → **(ca. 350** *[sachlich]* … (400 km/h), Sting ~~(280~~ → **(ca. 315** *[sachlich]* … km/h) und Besomar ~~(260~~ → **(ca. 150 bis 200**
23	*[Wortwahl]* … ansonsten leicht zu ~~übersehenden,~~ → **übersehenden Angriffsprofil.**
26	*[Sprache]* … Reichweite 8–10 km. ~~Klassischer~~ → **Klassische**
35	*[Sprache]* … konzeptionelle Inkompatibilität, denn ~~Klassische~~ → **klassische**
38	*[Name]* … Millionen FPV-Drohnen. Russische ~~Shaheed-Salvo-Angriffe~~ → **Shahed-Salvo-Angriffe**
40	*[Name]* … Varianten der russischen ~~Shaheed-Linie~~ → **Shahed-Linie**
43	*[Name]* … verfügbaren C-UAS-Systeme gegen ~~Shaheed-Drohnen.~~ → **Shahed-Drohnen.**
51	*[Name]* … ~~Shaheed-136~~ → **Shahed-136**
55	*[sachlich]* … im Sinne des **+ im Sinne des § 14 LuftSiG / § 15a Abs. 2 LuftSiG 2026.**
58	*[Sprache]* … über 40.000 Kombinationen ~~($8!~~ → **(8!** *[Sprache]* … Kombinationen ($8! = ~~40.320$).~~ → **40.320).**
61	*[Sprache]* … Verfügung stehen nur ~~kinetischer~~ → *[sachlich]* … Kill (Abschuss, Netzwurf, ~~Laserwaffe, Mikrowelle)~~ → **Laserwaffe), Hochleistungsmikrowelle (HPM)** *[Sprache]* … durchführbar in Bewegung). ~~Beide~~ → **Alle**
62	*[Sprache]* … und ungeklärter Zuständigkeit. ~~Hinzukommt,~~ → **Hinzu kommt,**
63	*[sachlich]* Tabellenzelle: „KUMULATIV-KOMPRESSION“ → „KUMULATIVE VERENGUNG“
69	*[Name]* … kostet, gegen eine ~~Shaheed-Drohne,~~ → **Shahed-Drohne,**

70	*[Wortwahl]* … Soft-Kill-Effektor gegen Drohnen. ~~Jammingkörper~~ → **Jamming-Systeme**
75	*[Sprache]* … im Aufbau, aber ~~kein~~ → **keine**
86	*[Sprache]* … Wärmebild funktioniert nachts ~~uns~~ → **und**
88	*[Sprache]* … entscheidende Nachteil ist, **+ dass** *[Sprache]* … Nachteil ist, Optik ~~benötigt~~ → *[Sprache]* … benötigt direkte Sichtlinie **+ benötigt**
92	*[Sprache]* … der Drohne selbst, ~~druch~~ → **durch**
93	*[Wortwahl]* … werden Umgebungsbedingungen (Gut ~~/~~ → **und Schlecht,** *[Wortwahl]* … (Gut / Mittel ~~/ Schlecht)~~ → **liegt dazwischen)** *[sachlich]* … 80 / 120 ~~/ 150~~ →
96	*[sachlich]* … 2–4 km ~~72–180~~ → **90–180** *[sachlich]* … 72–180 s / ~~48–120~~ → **60–120** *[sachlich]* Tabelle 5.3f: Optik-Zelle (Zeile Große Militär-UAV) „5–15+ km 2–10+ Min.“ → „5–15+ km ca. 3,8–11+ Min. / 2,5–7+ Min.“; LiDAR-Zelle ergänzt um „/ 1–5 Min.“
103	*[Sprache]* … ist Peilung in ~~subburbaner~~ → **suburbaner**
110	*[Wortwahl]* … und die Rechtsschwelle ~~gegenläufig zur~~ → **gleichläufig mit der** *[sachlich]* … die höchste Rechtsschwelle. ~~Der kollateralrisikoärmste Effektor (der~~ → **Die kollateralrisikoärmsten Effektoren (Bola und** *[Sprache]* … Effektor (der Netzwerfer) ~~hat~~ → **haben** *[sachlich]* … Effektor auf einer **+ Fahrzeugplattform und ist für Betrieb durch eine Person im Standbetrieb ausgelegt: KI-gestützte Detektion und Klassifikation (AirScout, Walaris), Maschinenge …** *[Sprache]* … X-Rotor und die ~~Schwarm-Löcke~~ → **Schwarm-Lücke**
111	*[Sprache]* … Force). Das Fertigstellungsdatum ~~ist~~ → *[Sprache]* … bei HPM ist, **+ dass** *[Sprache]* … HPM ist, es ~~ist~~ → *[Sprache]* … es ist nicht ~~selektiv.~~ → **selektiv ist.** *[Sprache]* … desselben Lagebilds, sondern ~~Dasselbe~~ → **dasselbe** *[Sprache]* … diese Übergabepunkte entsteht **+ ein**

117	*[Sprache]* … Trümmerfall. Netzwerfer als ~~kollateralärmste~~ → **kollateralarme**
120	*[sachlich]* Tabelle 6.2, Spalte „Kritische Einschränkungen“ (Zone III, Schwarm): Satzanfang ergänzt „KRITISCH: Kumulative-Verengung-Fall. Serielle Zielbearbeitung reicht beim Schwarm …“ (Schrift in der Zelle verkleinert, damit der Text passt)
122	*[Sprache]* … setzt inzwischen selbst ~~Abfang-Drohnen~~ → **Abfangdrohnen** *[Wortwahl]* … die Standardfälle ab. ~~Drei~~ → **Vier**
125	*[Wortwahl]* … Problem: Sie macht ~~den~~ → **einen der** *[Sprache]* … macht den kollateralrisikoärmsten ~~Hard-Kill-Effektor,~~ → **Hard-Kill-Effektoren,** *[sachlich]* … die Eskalationslogik direkt ~~von Stufe 1 (Netzwerfer)~~ → **vom Netzwerfer** *[sachlich]* … 1 (Netzwerfer) auf ~~Stufe 2 (Laserwaffe)~~ → **die Laserwaffe** *[sachlich]* … 2 (Laserwaffe) oder ~~Stufe 3 (Kanonenwaffe),~~ → **die Kanonenwaffe,**
134	*[sachlich]* … operative Grenzen sind ~~buchrelevant.~~ → **buchrelevant: EW, Kanonenwaffen, Laserwaffen und Interceptor-Drohnen.** *[sachlich]* … ~~5.~~ → **Eine weitere Grenze entsteht durch Relais-Drohnen. Russische Repeater-Systeme wie Persei, Echo und Helios verlängern die Steuer- und Videoreichweite von FPV- …**
135	*[Sprache]* … Ganz ~~Konkret:~~ → **konkret:**
136	*[Name]* … km/h. Gegen die ~~Shaheed-136-Generation~~ → **Shahed-136-Generation** *[Name]* … gegen die strahlgetriebene ~~Shaheed-Generation~~ → **Shahed-Generation**
137	*[Name]* … C-UAS-Systeme bei massiven ~~Shaheed-Salvo-Angriffen~~ → **Shahed-Salvo-Angriffen**
138	*[Sprache]* … die Detektionsschwelle gesenkt ~~wird~~ → **wird,**
156	*[Wortwahl]* … Kapitel ist in ~~sieben~~ → **zehn** *[sachlich]* … für nicht klassifizierbare ~~Lagen.~~ → **Lagen, drei Praxisdurchläufe, die Kritik und Grenzen des Modells und die Zusammenfassung.**
157	*[Wortwahl]* … Was OODA nicht ~~leistet ist:~~ → **leistet:**

161	*[Sprache]* … Kollateral-Freigabe. Laserwaffe als ~~kollateralärmste~~ → **kollateralarme**
179	*[sachlich]* Überschrift-Beschriftung ergänzt: Tabelle 9.6a
180	*[sachlich]* Beschriftung ergänzt: Tabelle 9.6b
181	*[sachlich]* Beschriftung ergänzt: Tabelle 9.6c
182	*[Sprache]* … Klassen zeigen, kann ~~das~~ → **der**
183	*[Sprache]* … fortlaufend pflegt, riskiert, **+ sich**
188	*[Name]* … erste Masseneinsatz von ~~Shaheed-136-~~ → **Shahed-136-**
189	*[Name]* … Massenangriff mit iranischen ~~Shaheed-136-Loitering~~ → **Shahed-136-Loitering** *[Name]* … mindestens 28 bestätigte ~~Shaheed-Drohnen~~ → **Shahed-Drohnen** *[Sprache]* … zu demoralisieren. Ein ~~weiters~~ → **weiteres** *[Name]* … durch Qualität. Eine ~~Shaheed-136~~ → **Shahed-136** *[Name]* … ~~Shaheed-136~~ → **Shahed-136** *[Name]* … Typ bekannt ~~(Shaheed-136~~ → **(Shahed-136**
190	*[Name]* … und S-300 gegen ~~Shaheed-136.~~ → **Shahed-136.** *[Name]* … vordefinierte Regel, dass ~~Shaheed-136~~ → **Shahed-136** *[Sprache]* … Energieinfrastruktur in Kyjiw. ~~Gepard-Crew~~ → **Gepard-Crew** *[Name]* … als Primäreffektor gegen ~~Shaheed,~~ → **Shahed,**
191	*[Name]* … ~~Shaheed-136~~ → **Shahed-136**
192	*[Sprache]* … Meter bis zu **+ den**
195	*[sachlich]* … t=0 → React ~~t=23~~ → **t=12-19** *[sachlich]* … Bundesliga-Spiel, 70.000 Zuschauer, ~~Samstagabend, 20:30 Uhr.~~ → **Samstagabend.**

196	*[Sprache]* … Analyse: Zwei wahrscheinlich ~~Mediendohnen~~ → **Mediendrohnen** *[Sprache]* … Whitelist-Abgleich: ~~Mediendohnen~~ → **Mediendrohnen** *[Sprache]* … Whitelist aktuell: ~~Mediendohnen~~ → **Mediendrohnen** *[Sprache]* … Breitband, trifft auch ~~Mediendohnen-Steuerkanäle.~~ → **Mediendrohnen-Steuerkanäle.** *[Sprache]* … auch Mediendohnen-Steuerkanäle. Eine ~~Mediendohne~~ → **Mediendrohne** *[Sprache]* … identifiziertem unbekanntem RF-Kanal. ~~Mediendohnen~~ → **Mediendrohnen**
197	*[Sprache]* … durch Friendly-Fire-Trümmer der ~~Mediendohne.~~ → **Mediendrohne.** *[Sprache]* … Bedrohliche Systeme neutralisiert. ~~Mediendohnen~~ → **Mediendrohnen** *[Sprache]* … Untersuchung: Warum waren ~~Mediendohnen~~ → **Mediendrohnen**
204	*[Wortwahl]* … realen Bedingungen. Alle ~~drei~~ → **vier** *[Wortwahl]* … sind in allen ~~drei~~ → **vier** *[Wortwahl]* … Fall in allen ~~drei~~ → **vier** *[Wortwahl]* … ist in allen ~~drei~~ → **vier**
209	*[Sprache]* … TEI, höchste Bedrohungsklassifikation, ~~höchstes~~ → **höchster**
212	*[Sprache]* … das System aktiviert **+ wird**
214	*[Sprache]* … elektronische Kampfführung als ~~einen~~ → **eines**
215	*[Sprache]* … Schutzmaßnahme vergleichbar mit ~~einem~~ → **einer**
223	*[Wortwahl]* … manuell ergänzen. Protokoll ~~sichern~~ → **anfertigen**
231	*[sachlich]* … Er enthält ~~zwei~~ → **drei** *[sachlich]* „zwei“ → „drei“ (Art. 35 GG: Abs. 1 bis 3 stehen in der Neuauflage als drei getrennte Absätze)
233	*[sachlich]* … angefordert haben. § ~~15a~~ → **13** *[Sprache]* … Objekte zu schützen ~~[…]~~ → **[...]«**
244	*[Sprache]* … geregelt. Zuständig für **+ die** *[sachlich]* … für Entscheidung: Verteidigungsministerium ~~(Behörden~~ → **(§ 13 Abs. 2 LuftSiG; Behörden**
245	*[Sprache]* … 2 LuftSiG 2026. ~~BPOLG.~~ → **BPolG.**

248	*[sachlich]* … § ~~15a~~ → **13** *[sachlich]* … § 15a Abs. ~~1 schafft~~ → **2 LuftSiG sieht** *[Sprache]* … ein vereinfachtes Verfahren **+ vor** *[Wortwahl]* … Verfahren (Entscheidung beim ~~BMVg laut~~ → **BMVg, das BMI wird nur unterrichtet;**
250	*[Sprache]* … Gegenaufklärung: Strafverfolgung, keine ~~C-UAS-Effektor.~~ → **C-UAS-Effektoren.**
254	*[Sprache]* … für C-UAS-Systeme fördern, ~~dass~~ → **das** *[Sprache]* … ~~Der~~ → **Das** *[Sprache]* … Der EU Trusted ~~Drone Label:~~ → **Drone Label:**
266	*[Sprache]* … Raketenabwehrsystems (IAMD). Das ~~Recognized~~ → **Recognised**
269	*[Sprache]* … Anforderungsverfahren für Echtzeitszenarien ~~für Echtzeitszenarien~~ →
274	*[Wortwahl]* … simultane Verengung in ~~vier der~~ → **allen**
275	*[Wortwahl]* … ~~Vier~~ → **Fünf**
280	*[Wortwahl]* … Szenario B1, D1. ~~LSS/FPV-TEI~~ → **Glasfaser-FPV-TEI** *[Sprache]* … D1. LSS/FPV-TEI von **+ nur**
284	*[Wortwahl]* … (keine Ad-hoc-Hardware), nur ~~Soft-Kill~~ → **kollateralarme Effektoren**
288	*[Name]* … Käfig-Drohne und strahlgetriebene ~~Shaheed-Folgegeneration~~ → **Shahed-Folgegeneration**
300	*[Name]* … ~~Shaheed~~ → **Shahed** *[sachlich]* Beginn der Tabellenzelle: „Shaheed“ → „Shahed“ (Wort „Jet-Shaheed“ läuft von S. 299 auf S. 300)
302	*[Sprache]* … KRITIS-Infrastruktur: Energieversorgungsknoten, Rechenzentren, ~~Kommunikations-knotenpunkte~~ → **Kommunikationsknotenpunkte**
313	*[Sprache]* … Seite. Das ist ~~behördlichee~~ → **behördliche**
314	*[Sprache]* … / Behörde + ~~Drohnenkompetenzzentrum~~ → **Drohnenabwehrkompetenzzentrum**
318	*[Wortwahl]* … Jahre sind mit ~~Demut~~ → **Vorsicht**
320	*[Sprache]* … ein Marschflugkörper angreift, ~~welches~~ → **welche**
325	*[Sprache]* … länger als das ~~eines~~ → **einer**

326	*[Wortwahl]* … Rechtsgrundlagen (§ 32 ~~StVO,~~ → **StGB,**
327	*[Sprache]* … 2025) entwickelt einen ~~Abfangflügkörper~~ → **Abfangflugkörper**
329	*[sachlich]* … ~~IAP~~ → **ITK** *[sachlich]* Glossar: „IAP“ → „ITK“ (Eintrag in der Neuauflage alphabetisch einsortiert)
331	*[sachlich]* … je nach Drohnentyp: **+ LSS/FPV (RF) 15–90 Sek.;** *[sachlich]* … nach Drohnentyp: Glasfaser-FPV ~~15–90~~ → **20–120** *[sachlich]* … Loitering Munition (klassisch) ~~> 10~~ → **5–13**
333	*[Wortwahl]* … Review: A First ~~Point~~ → **Person**
336	*[Name]* … Independent: Geran-3/4/5 strahlgetriebene ~~Shaheed-Nachfolger.~~ → **Shahed-Nachfolger.**

Seite XVIII

standen.

Der erste **Satz,** aus dem alles Übrige gewachsen ist, fiel nicht beim Schreiben. Er fiel beim Fahren. Genauer: beim Denken während des Fahrens, auf einer Strecke, die ich hunderte Male gefahren bin, in Formationen, die keine Fehler verzeihen.

optional. Keiner ließ sich auf einen anderen reduzieren. Und in dem Moment, in dem drei oder mehr davon gleichzeitig kritisch wurden, entstand ein Zustand, den ich damals noch nicht so nannte: **Kumulative Verengung.**

Ich nannte es schlicht: die Situation, in der du keine gute Entscheidung mehr

Seite XX

Die Zusammenarbeit begann nicht mit einem Buchprojekt. Sie begann mit einem anderen Werk, nämlich meinem *Handbuch für Eskortenfahrer der Bundeswehr*, in dem ich meine **Ausbildungserfahrungen** dokumentierte und als Lehrbuch etablierte, **von** 1994 bis 2004 in 4 Auflagen. In diesem Kontext entwickelte sich, über viele Sitzungen das analytische Vokabular, das schließlich auch dieses Buch prägt.

gleichzeitig wirkende Zwänge, die sich nicht gegeneinander ausspielen ließen.

Der Begriff ***Kumulative Verengung,*** der Zustand, in dem mehrere Dimensionen gleichzeitig kritisch werden und sich ihre Wirkung multipliziert, entstand in genau diesem Prozess. Nicht als akademische Konstruktion, sondern als präzises Wort

*Das KI-System hat keine operativen Erfahrungen. Es hat keine Sekunde im Sattel verbracht, keine Kreuzung gegen rotes Licht gesperrt, keine Lageentscheidung unter Zeitdruck getroffen. Was es **leistete,** war, dass es meine Erfahrungen in präzise Strukturen goss und mich in der Begriffsfindung unterstützt, bis diese für mich scharf genug waren. Ich litt schon immer **daran,** ein Perfektionist zu sein.*

Das ist eine Form von intellektueller Zusammenarbeit, die ich zu schätzen gelernt

den die meisten politischen Entscheider noch nicht vollständig verstanden haben.

Was KI **leistete,** war also die analytische Schärfung, war die Systematisierung, war das Erzwingen von Präzision, wo es bequemer gewesen wäre vage und ungenau zu bleiben, was aber meinem Anspruch an mich selbst widerspricht. Hinzu

Seite XXI

erklärt, warum gut ausgebildete, motivierte Akteure in gut ausgestatteten Syste- trotzdem zu spät oder falsch entscheiden. Nicht wegen persönlichem Versagen, sondern **wegen** der entlarvten **Kumulativen Verengung.**

Die Grenze ist aber auch, dass das Modell nichts löst. Es beschreibt aber einen

Seite 1

Das Problem

Am 14. Oktober 2022 griff Russland ukrainische Städte mit **Shahed-136-Drohnen** an. Die Städte Kyjiw, Dnipro, Zaporizhzhia und weitere Ballungszentren wurden nahezu zeitgleich mit einfachen, langsamen, radarreduzierten Drohnen, sogenannten „Loitering Munitions" angegriffen. Diese Drohnen kosteten **jeweils** rund 20.000 US-Dollar und können massenhaft hergestellt werden. Der Lieferant ist der Staat **Iran.** Die Schäden gingen in die hunderte Millionen Dollar, doch das Entscheidende an diesem Ereignis war nicht die Technologie der Drohnen, sondern das, was auf der Verteidigerseite geschah: Systeme detektierten, manche identifi-

Drohnenabwehr ist kein Problem der zur Verfügung stehenden Systeme und Technik, sondern ein Gestaltungsproblem von Entscheidungsprozessen, die **technischen** und menschlichen Einflüssen unterliegen. Radarsysteme, Kameras, EW-Komponenten und Effektoren sind state-of-the-art. Was bislang wirklich fehlt, ist ein formaler Rahmen, der erklärt, warum eigentlich erfolgreiche Entscheidun-

Seite 2

Rechtssystem, welches konsequent auf Nachprüfbarkeit und Verhältnismäßigkeit ausgerichtet ist. Es ist mit den Zeitfenstern moderner Drohnenbedrohungen und **der** Abwehr von Drohnen überfordert, wenn keine Vorabsubsumtion stattgefunden hat. Das ist durch das bestehende deutsche Rechtssystem bedingt, welches eine Planungsforderung geradezu herausfordert.

Seite 8

Teil III: Entscheidungslogiken (Kap. 9–12)	Kernstück des Buches. Kap. 9: Der Entscheidungsraum — 5D-Modell, DIDRV, Szenario-Matrix. Kap. 10–12: **Fallstudien,** Mensch-Maschine-Schnittstelle, **TTPs.**
Teil IV: Rechtliche	Verfassungsrechtlicher Rahmen (Art. 35/87a GG), LuftSiG 2026, BOS, KRITIS-Betreiber.
Anhang	**Glossar,** Abkürzungsverzeichnis, vollständiges Quellenverzeichnis.

Seite 11

Es ist eine operativ-analytische Herausforderung zur Frage, welche Drohnenty- welche Verengungsmechanismen in welchen Dimensionen des »Entscheidungsraums« **erzeugen.**

Seite 16

Eine wichtige Unterklasse der Loitering Munition hat sich ab 2025 herausgebildet, nämlich strahlgetriebene Varianten der **Shahed-Linie** (Geran-3, 4, 5). Diese Systeme erreichen Geschwindigkeiten von 370 bis 600 km/h (Geran-3: max. 370 km/h; Geran-5: bis 600 km/h; Defence Intelligence of Ukraine / Defence Express,

Seite 17

2025/2026), was eine Verdreifachung gegenüber der **Shahed-136-Grundversion** darstellt. Das verändert das TEI grundlegend, denn bei einer angenommenen Detektionsreichweite von 30 km verbleibt statt über zehn Minuten nur noch ein Inter-

sorik abgeprüft werden.

1.2.3 Schwarm-UAS: Der Sättigungstyp

Unter »Schwarm« werden in diesem Buch koordinierte Angriffe von drei oder mehr Systemen gegen ein oder mehrere Ziele verstanden, die eine zentrale oder verteilte Steuerungslogik teilen. Das IFRI-Kompendium (2026) dokumentiert für die Ukraine Einheiten von typischerweise drei bis acht koor-

Seite 17 (Fortsetzung)

dinierten FPV-Drohnen gegen ein taktisches Ziel; größere Verbände wurden technisch erprobt. Die russische Shaheed-Salvo-Doktrin gegen ukrainische Städte verwendet koordinierte Wellen von zehn bis mehreren Hundert Systemen. Schwarmfähigkeit ist dabei kein rein russisch-ukrainisches Phänomen mehr, denn das deutsche Unternehmen Helsing hat mit der HX-2 eine schwarmfähige Kamikaze-Drohne entwickelt, die über eine eigene Schwarmsteuerung namens Altra koordiniert wird und bei rund 220 km/h Geschwindigkeit und 100 Kilometern Reichweite operiert[16]. Für die deutsche C-UAS-Planung bedeutet das, dass Schwarmfähigkeit inzwischen auch aus westlicher,

Seite 18

Verengungssignatur Schwarm: Der Schwarm-Angriff ist der Primärauslöser von ***Kumulativer*** *Verengung (KV)* im Sinne des Buchmodells. T-Dimension (multiple parallele TEIs), K-Dimension (kognitive Überlastung durch simultane Entscheidungsanforderungen) und O-Dimension (kein C2-System kann bei ausreichender

1.2.4 Glasfasergeführte FPV-Drohnen: Der EW-Immunisierungstyp

Der **glasfasergeführten** FPV-Drohne kommt ein gesonderter Abschnitt zu, weil dieser Bedrohungstyp das bis 2024 gültige Paradigma der elektronischen Kampfführung als C-UAS-Hauptstrategie grundlegend in Frage stellt. Das ist keine tech-

Seite 19

	EW-Immunisierung	Jamming, Spoofing und frequenzbasierte Neutralisierung sind wirkungslos. Soft-Kill-Optionen im **Eskalationskorridor** reduzieren sich auf das physische Durchtrennen des Kabels oder kinetische Maßnahmen. C-UAS-Systeme, die primär auf EW-Effektoren ausgelegt
		Optionen haben deutlich höhere rechtliche Schwellen (Verhältnismäßigkeit, Kollateralrisiko) als Soft Kill. Ohne Vorabsubsumtion für diesen Bedrohungstyp entsteht im TEI **eine** Entscheidungsblockade: Die J-Dimension ist nicht vorbereitet.

Seite 21



*Abb. **1.2: Käfig-Drohne** (Caged-Drone-Konzept, Modell von Flyability), Prinzipdarstellung eines geodätischen Schutzkäfigs. Bild: Christoph Roser, AllAboutLean.com, CC BY-SA 4.0.*

entspricht keinem bekannten Kampfdrohnentyp in bestehenden Datenbanken und das System wird als »Unbekannt« klassifiziert, mit allen Konsequenzen für die Vorabsubsumtion. Zweitens ist der Netzwerfer als **kollateralrisikoarme** Hard-Kill-Option in Zone III größtenteils wirkungslos, denn der Käfig verhindert den Rotorzugriff. Das verschiebt die Eskalationslogik direkt zu Laserwaffe oder Kanonen-

Seite 22

Bedrohungslandschaft, die über die bisherigen Klassen hinausgehen.

Erstens: Die linklose Drohne als Regelfall. Die ukrainische Angriffsdrohne Backfire K1 fliegt ohne aktiven Funk- oder Steuerlink. Vor dem Start wird ein Ballistikrechner programmiert, dann fliegt das System autonom zum Ziel, ohne Signal, das gepeilt werden **könnte,** und ohne Link, der gestört werden könnte. Das ist beileibe keine Ausnahme mehr, denn auch der russische Shahed-136/Geran-2 fliegt nach Wrackanalysen ohne durchgehenden Steuerlink, der Lan-

4 und Geran-5 aus der Produktion genommen. Geran-4 erreicht 300 bis 400 km/h im Kurvenflug und bis zu 500 km/h in der Spitze, Geran-5 als aerodynamisch neu konstruiertes, jetgetriebenes Modell je nach Quelle **450 bis 600** km/h, und beide Varianten zusammen werden nach GUR-Schätzungen inzwischen mit rund 3.000 Einheiten pro Monat produziert[17]. Die ukrainischen Interceptor-Drohnen der aktuellen Generation wurden gegen den Shahed-136 mit 185 km/h konzipiert. Strila **(ca. 350** km/h), Sting **(ca. 315** km/h) und Besomar **(ca. 150 bis 200** km/h) können die jetgetriebenen Geran-Varianten damit weiterhin nicht sicher bekämpfen. Damit bleibt der wichtigste einzelne Geschwindigkeitsbefund dieser Bedrohungsanalyse

Seite 23

Kurzstrecke und erzeugt dadurch ein drittes TEI-Profil, neben Masse (Shahed-Salvo) und Reichweite (Geran-4/5) nun auch extreme Kürze der Vorwarnzeit bei einem ansonsten leicht zu **übersehenden Angriffsprofil.**

Drittens: Anti-Radar-Munition gegen die eigene Sensorik. Die chinesische ASN-

Seite 26

I	Frühjahr 2022	COTS-Quadrocopter (DJI Mavic) als Aufklärungsmittel. Reichweite 8–10 km. **Klassische** Panzertaktik ist obsolet.	Neue Detect-Anforderung jenseits klassischer Radar-Luftraumüberwachung (T-Dimension).	

Seite 35

gung gegenüber dem in Kapitel 1 beschriebenen Drohnenspektrum. Dabei geht es nicht um Systemversagen im technischen Sinne, sondern um konzeptionelle Inkompatibilität, denn **klassische** Luftverteidigung ist optimiert auf Geschwindigkeit, Höhe, Radarquerschnitt und staatliche Akteure mit identifizierbarer Infrastruktur. Das neue Drohnenspektrum arbeitet mit dem genauen Gegenteil dieser Para-

Seite 38

Das Drohnenspektrum 2026 operiert nach einer anderen Logik! Die Ukraine produzierte 2024 über zwei Millionen FPV-Drohnen. Russische **Shahed-Salvo-Angriffe** auf ukrainische Städte umfassen regelmäßig 50 bis 200 Systeme komprimiert in einer Angriffswelle. Koordinierte FPV-Einheiten operieren mit drei bis acht Systemen gegen ein taktisches Ziel. Noch entscheidender ist die Schwarmlo-

Seite 40

JAPCC-Kompendium (2021) als wachsendes Problem erkannte, wurde 2025 durch die tatsächliche Entwicklung überholt. Die strahlgetriebenen Varianten der russischen **Shahed-Linie** Geran-3, 4 und 5 erreichen Geschwindigkeiten von 370 bis 600 km/h. Geran-5 entspricht damit einem kleinen Marschflugkörper. Das hat eine direkte Konsequenz für die Identifikationsinkompatibilität, denn ein System,

Seite 43

Invasion in die Ukraine wurde der Gepard 2022 in der Ukraine reaktiviert und von ukrainischen Besatzungen, mit deutschen Munitionslieferungen, als eines der effektivsten verfügbaren C-UAS-Systeme gegen **Shahed-Drohnen.** Dieses Detail ist kein Vorwurf in Bezug auf die Außerdienststellung und der fehlenden Neuentwicklung, sondern es ist eine präzise Illustration der Verfallslogik, denn was als

Seite 51

				chend
Shahed-136 (Loitering)	15–40 km (Radar/akustisch)	180–200 km/h	5–13 Minuten	MITTEL — Loiter-Phase gibt Zeit, Strike-

Seite 58

Kombinationen **(8!** = **40.320).** Kein Mensch kann unter Zeitdruck eine solche Fülle an Optionen kognitiv erfassen oder abwägen. Die einzig praktikable operative Antwort darauf sind vorab festgelegte Priorisierungsregeln innerhalb einer Szenario-

Seite 61

bisherigen Rechtsliteratur zu C-UAS noch nicht vollständig behandelt wurde. Die Drohne emittiert keine elektromagnetischen Signale, wodurch EW-basierter Soft Kill als Effektor ausscheidet. Zur Verfügung stehen **nur** Hard Kill (Abschuss, Netzwurf, **Laserwaffe), Hochleistungsmikrowelle (HPM)** oder physische Kabelunterbrechung (praktisch kaum durchführbar in Bewegung). **Alle** verfügbaren Optionen sind invasiver, kollateralträchtiger und rechtlich schwellenintensiver als EW-Maßnahmen.

Seite 62

Gewicht. Der Maximalfall ist nicht der technisch komplizierteste Drohnentyp, sondie Kombination von Schwarm aus Glasfaser-FPV-Drohnen, urbanem Umfeld, Nacht, fehlender Vorabsubsumtion und ungeklärter Zuständigkeit. **Hinzu kommt,** wenn durch die Bedrohung Kaskadeneffekte erzeugt werden, wodurch weitere Ressourcen und Kräfte gebunden und Auswirkungen auf andere Formen von In-

Seite 63

			on als Glasfaser-System nicht sicher belegbar.
	Gesamtbewertung	**KUMULATIVE VERENGUNG**	Alle fünf Dimensionen gleichzeitig kritisch verdichtet. Qualifiziertes Entscheiden ist strukturell ausgeschlossen. Ohne Vorabsubsumtion, delegierte Autorität und vorbereitete Reaktionsmuster ist die korrekte Antwort: Es gibt

Seite 69

systeme

Die Ukraine hat früh gelernt, was die JAPCC-Literatur bereits 2021 antizipiert hatte: Eine Patriot-Rakete, die 3 - 4 Millionen Dollar kostet, gegen eine **Shahed-Drohne,** die 20.000 Dollar kostet, ist kein nachhaltiges Verhältnis. Das Kostenungleichgewicht im Salvo-Wettbewerb ist nicht durch bessere Systeme lösbar, sondern durch eine andere Effektor-Architektur zu bewältigen.

Seite 70

4.2.1 EW-Dominanz als C-UAS-Strategie

Die Annahme: Elektronische Kampfführung ist der primäre und zuverlässigste Soft-Kill-Effektor gegen Drohnen. **Jamming-Systeme** neutralisieren den RF-Steuerkanal, Spoofing bringt die Drohne vom Kurs ohne kinetische Wirkung, ohne Kollateralrisiko.

Seite 75

		ve Sensoren ist Voraussetzung für ausreichendes TEI.	halb der IAMD-Schwelle vorhanden. Bundespolizei-Einheit im Aufbau, aber **keine** föderale Vernetzung.

Seite 86

unterliegen. Wärmebild funktioniert nachts **und** teilweise auch tags, ist aber atmosphärisch anfällig.

Seite 88

ten (50–150 km/h) und 2 bis 4 km Reichweite. Das ist ein qualitativ anderes TEI-Fenster. Der entscheidende Nachteil ist, **dass** **Optik** direkte Sichtlinie **benötigt** (Line-of-Sight). Eine Drohne, die tief fliegt, hinter Gebäuden oder Gelände, wird erst spät detektiert, wodurch in urbanem Gelände die effektive Reichweite auf

Seite 92

teme nicht erreichen. Im C-UAS-Kontext ist LiDAR besonders stark beim Tracking der Drohne selbst, **durch** präzise Flugbahn, Geschwindigkeit, dreidimensionale Position.

Seite 93

Bedingung und Drohnengeschwindigkeit

Die folgenden Tabellen konsolidieren die Reichweiten- und Vorwarnzeitwerte der Abschnitte 5.3.1a–d. Variiert werden Umgebungsbedingungen (Gut **und Schlecht,** Mittel **liegt dazwischen)** und Drohnengeschwindigkeiten (50 / 80 / **120** km/h). Formel: Vorwarnzeit (s) = Reichweite (m) / Geschwindigkeit (m/s). Alle Werte sind Richtwerte auf Basis typischer Systemdaten — keine Herstellergaran-

Seite 96

		still)				
Mittlere Sur-veillance	50–100 km/h 20–100 km	Hoch	200–400 m 9–18 s / 6–12 s	2–4 km **90–180** s / **60–120** s	800–1.800 m 36–82 s / 24–55 s	Gut detektierbar

UAS)		still)				
Große Militär-UAV (Reaper, Bayraktar)	150–300+ km/h 1.000–7.000+ km	Hoch (RF)	300–800+ m 14–36 s / 9–24 s	5–15+ km **ca. 3,8–11+** Min. **/ 2,5–7+ Min.**	2–10+ km 1,5–7+ Min. **/ 1–5 Min.**	Früh erkennbar; klassisches Radar

Seite 103

verfügbar (Handheld, Outdoor, Remote/Rackmount, DF-Receiver-Modul) und erreicht eine Empfindlichkeit von unter −114 dBm. Mit ADFA-Peilantenne und reduzierter Kanalbandbreite ist Peilung in **suburbaner** Umgebung bei 400 m Distanz dokumentiert (Abb. 6 der Narda-STS-Publikation). Das System unterstützt AoA- und TDoA-Lokalisierung und visualisiert Peilung mit Azimuth, Elevation,

Seite 110

Die Tabelle zeigt, dass das Kollateralrisiko und die Rechtsschwelle **gleichläufig mit der** Wirkungsbreite sind. Der wirksamste Effektor gegen alle Drohnentypen (die Kanonenwaffe) hat das höchste Kollateralrisiko und die höchste Rechtsschwelle. **Die kollateralrisikoärmsten Effektoren (Bola und** Netzwerfer) **haben** die geringste Wirkungswahrscheinlichkeit gegen manövrierfähige FPV-Drohnen, außer Käfig-Drohnen.

grad aktiv reduziert.

5.4.4 HPM-Effektoren: Morfius X-Rotor und die Schwarm-Lücke

Das grundsätzliche Problem der kinetischen Schwarmabwehr ist bekannt: Jede Drohne muss einzeln bekämpft werden. Bei 50 gleichzeitigen Drohnen versagt

Seite 111

auf Technologie auf die seit 2017 im Einsatz ist (THOR-Programm, US Air Force). Das **Fertigstellungsdatum** und die Kosten pro Einsatz sind nicht kommuniziert[8].

Einordnung im Zonenmodell: HPM wirkt in Zone II und Zone III, mit Reichweite

abhängig von Systemleistung und Atmosphärenabsorption. Der entscheidende Vorteil gegenüber kinetischen Systemen ist, dass es kein Sättigungsproblem bei Schwärmen gibt. Die kritische Einschränkung bei HPM ist, **dass es** nicht **selektiv ist.** Im dicht besiedelten oder eigene Elektronik enthaltenden Umfeld entstehen erhebliche Kollateralrisiken. Der J-Dimension-Aspekt ist noch ungeklärt: Welche Rechtsschwelle gilt für HPM-Einsatz über bebauten Gebieten? Das LuftSiG 2026

des Systemverbunds (Sensor-Operator in Zone I, EW-Bediener in Zone II, Einsatzleiter in Zone III) müssen dasselbe Lagebild sehen. Nicht ähnliche Versionen desselben Lagebilds, sondern **dasselbe** in Echtzeit. Divergierende Lagebilder in verschiedenen Führungsebenen produzieren Entscheidungskonflikte genau dann, wenn das TEI am kürzesten ist.

nimmt? Welche Voraussetzungen müssen erfüllt sein, damit der Zonenübergang eine Eskalationsentscheidung auslöst? Ohne diese Übergabepunkte entsteht **ein** Verantwortungsvakuum genau an den kritischen Schwellen.

3. Logging und Validate-Funktion. Das V in DIDRV[2] (Validate) ist keine Nach-

Seite 117

			sam) oder Interceptor-Drohne.	oder Laserwaffe.	LuftSiG 2026 zwingend. Kollateralabschätzung Trümmerfall. Netzwerfer als **kollateralarme** Option bei niedrigen Geschwindigkeiten.

Seite 120

		III.		
	III	Priorisierter Sequenz-Hard-Kill: Bedrohlichstes System	Alle verfügbaren Effektoren in Priorisierungsreihenfolge.	**KRITISCH: Kumulative-Verengung-Fall. Serielle Zielbearbeitung reicht beim Schwarm** nicht aus, sondern parallele Effektor-Kapazität ist erforderlich. Vorabsubsumtion muss Schwarm-

Seite 122

Die Effektor-Matrix dieses Kapitels ist bislang aus der Verteidigerperspektive entwickelt worden. Ein Blick auf die Gegenseite relativiert das Bild, denn Russland entwickelt und setzt inzwischen selbst **Abfangdrohnen** gegen ukrainische Systeme ein, unter anderem die Typen Molot, Osoed, Sifa und Joker-10[9].

6.3 Drei operative Sonderfälle

Die Effektor-Matrix deckt die Standardfälle ab. **Vier** Sonderfälle treten in der Praxis häufig auf und erfordern eigene Überlegungen, weil sie die Matrix-Parameter in unerwarteter Weise kombinieren.

Seite 125

6.3.4 Die Käfig-Drohne: Innenraum und Netzwerfer-Immunität

Die käfiggeschützte Drohne (vgl. Kapitel 1, Abschnitt 1.2.5) erzeugt in der Effektor-Matrix ein spezifisches Problem: Sie macht **einen der** kollateralrisikoärmsten **Hard-Kill-Effektoren,** den Netzwerfer, strukturell wirkungslos. Der geodätische Kugelkäfig verhindert den Rotorzugriff durch das Netz. Das verschiebt die Eskalationslogik direkt **vom Netzwerfer** auf **die Laserwaffe** oder **die Kanonenwaffe,** mit entsprechend höherem Kollateralrisiko und höherer Rechtsschwelle.

Seite 134

Effektoren haben technische Wirkgrenzen, die in der Beschaffungs- und Doktrin- häufig unter optimalen Bedingungen bewertet werden. Realeinsatzbedingungen sind nicht optimal. Vier operative Grenzen sind **buchrelevant: EW, Kanonenwaffen, Laserwaffen und Interceptor-Drohnen.**

7.2.1 EW: Reichweite, Richtungswirkung und Frequenzabdeckung

Wirkdichte und breiteren Kollateralwirkungsbereich.

Eine weitere Grenze entsteht durch Relais-Drohnen. Russische Repeater-Systeme wie Persei, Echo und Helios verlängern die Steuer- und Videoreichweite von FPV- und OWA-Drohnen, indem sie das Funksignal zwischen Operator und Drohne weiterleiten. Dadurch muss die Störwirkung nicht mehr den weit entfernten Operator erreichen, sondern nur noch die deutlich näher fliegende Relais-Drohne. Für die Zone-II-Planung bedeutet das, dass eine erfolgreich gestörte Verbindung

Seite 135

sein muss.

Ganz **konkret:** Eine bodengestützte Interceptor-Drohne braucht von Startbefehl bis Wirkposition typischerweise 15 bis 45 Sekunden, je nach Startmodus, Wetterbedingungen und Entfernung zum Zieltrack. Gegen eine FPV-Drohne mit 30-

Seite 136

Eine zweite strukturelle Grenze der Interceptor-Drohne ist ihre Geschwindigkeits- Kommerziell verfügbare Interceptor-Drohnen erreichen typischerweise 100 bis 180 km/h. Gegen die **Shahed-136-Generation** (170–185 km/h) ist das knapp ausreichend. Gegen die strahlgetriebenen Geran-4/5-Varianten (370– 600 km/h) ist die Interceptor-Drohne systembedingt zu langsam: Sie kann das Ziel nicht ein-

Marktreife und Kostenkalkulation, nicht der Physik: Sobald schnellere Interceptor-Plattformen in Serie verfügbar sind, verschiebt sich diese Grenze. Bis dahin sind gegen die strahlgetriebene **Shahed-Generation** kinetische Effektoren mit eigener Antriebsgeschwindigkeit (SHORAD-Rakete, Laserwaffe) die einzig belastbare Option.

Seite 137

Das ist keine Hypothese, denn die Ukraine hat dokumentiert, dass C-UAS-Systeme bei massiven **Shahed-Salvo-Angriffen** mit 50 bis 200 Systemen in einer Welle Priorisierungsprobleme zeigten, die nicht durch bessere Einzelsysteme, sondern durch dezentralisierte Entscheidungsarchitektur gelöst wurden (IFRI

Seite 138

Die False-Positive-Rate steigt typischerweise, wenn die Detektionsschwelle gesenkt **wird,** um die Erkennungswahrscheinlichkeit zu erhöhen. Das ist der klassische Precision-Recall-Kompromiss: Mehr Empfindlichkeit erzeugt mehr False Positives. Für C-UAS-Systeme im deutschen Rechtsrahmen hat dieser Kompromiss

Seite 156

Entscheidungsmodell und die Szenario-Matrix.

Das Kapitel ist in **zehn** Abschnitte gegliedert: die intellektuelle Herkunft des Modells, die fünf Dimensionen im Detail, das Kumulationsgesetz der Verengung, DI-DRV in vollständiger Ausarbeitung, die Vorabsubsumtion als Rechtsinstrument, die Szenario-Matrix als Gesamtsystem und die Unbekannt-Klausel für nicht klassifizierbare **Lagen, drei Praxisdurchläufe, die Kritik und Grenzen des Modells und die Zusammenfassung.**

9.1 Zur Genealogie des Modells: Vorläufer und Eigen-

Seite 157

gewinnt die Initiative. Das gilt für C-UAS unverändert.

Was OODA nicht **leistet:** Es behandelt Entscheidungen als Sequenz, nicht als mehrdimensionalen Raum, es kennt keine simultane Verengung mehrerer Dimensionen, es hat keine rechtliche Dimension und es ist für den Hochintensitäts-

Seite 161

			Kollateralzone im urbanen Raum. Jeder Effektor-Einsatz gefährdet Personen oder Infrastruktur im	kung erzeugt ohne unakzeptables Kolla-teralrisiko.	ral-Freigabe. Laserwaffe als **kollateralarme** Hard-Kill-Option.	

Seite 179

		tor-Prüfung.	erforderlich.	

Tabelle 9.6a: DIDRV-Durchlauf Fall B1-GF, Glasfaser-FPV gegen Umspannwerk (eigene Darstellung).
TEI 45 Sek. / Neutralisierung t=31 Sek. / Puffer 14 Sek. Kumulative Verengung T+R+J durch VS und delegierte Autorität beherrscht.

Seite 180

	mentiert.	Veranstalter + LaPol.	

Tabelle 9.6b: DIDRV-Durchlauf Fall D1, FPV-Schwarm über Großveranstaltung (eigene Darstellung).
K-Dimension durch Priorisierungsregel in Szenario-Matrix beherrscht. Ohne diese Regel: kognitiver Kollaps wahrscheinlich.

Seite 181

	lysiert.	innerhalb 48h in Matrix.	

Tabelle 9.6c: DIDRV-Durchlauf Fall F1, Käfig-Drohne in sensibler Industrieanlage (eigene Darstellung).
J- und K-Verengung durch Unbekannt-Klausel und Validate-Schleife beherrscht. Jedes F1-Ereignis produziert einen neuen Standard-Szenarioeintrag.

Seite 182

eignis befüllt wurde.

2. **Erkennbare Bedrohungstypen**. Gegenüber echten Novelty-Typen, Systemen, die keine Merkmale bekannter Klassen zeigen, kann **der** Identify-Schritt nicht zu einer verlässlichen Szenario-ID führen. Die Unbekannt-Klausel (F1) ist eine Notlösung, keine vollwertige Alternative. Sie verlagert die Entschei-

Seite 183

rechtswidrig machen. Das LuftSiG 2026 hat genau diesen Fall demonstriert: Alle VS-Referenzen auf § 14a mussten revidiert werden. Wer seine Vorabsubsumtionen nicht fortlaufend pflegt, riskiert, **sich** im Ereignis auf veraltete Rechtsgrundlagen zu stützen.

Seite 188

Die vier Fallstudien sind:

1. Kyjiw, 14. Oktober 2022, der erste Masseneinsatz von **Shahed-136-**
   Drohnen gegen ukrainische Städte.2.
2. Ein fiktives KRITIS-Szenario Deutschland, Sabotage eines Umspann-

Seite 189

10.1.1 Ausgangslage

Am 14. Oktober 2022 führte Russland den ersten koordinierten Massenangriff mit iranischen **Shahed-136-Loitering** Munitions gegen ukrainische Städte durch. Kyjiw, Dnipro, Zaporizhzhia, Mykolajiw und weitere Ballungszentren wurden innerhalb weniger Stunden nahezu simultan angegriffen. Allein auf Kyjiw flogen an diesem Tag mindestens 28 bestätigte **Shahed-Drohnen** zu. Die Drohnen kosteten etwa 20.000 US-Dollar pro Stück. Die Schäden an Energieinfrastruktur gingen in die Hunderte Millionen.

abzielte, sondern einen Infrastrukturkollaps herbeiführen sollte, mit dem Ziel der Zerstörung der Energieversorgung im Winter um die Bevölkerung zu demoralisieren. Ein **weiteres** Ziel war die Bindung und Überforderung der ukrainischen Luftverteidigung durch Masse statt durch Qualität. Eine **Shahed-136** ist langsam, laut und von konventionellen Mitteln prinzipiell abschießbar, aber zwanzig gleichzeitig sind es systemisch nicht, wenn das C-UAS-System für serielle Einzelzielbearbei-

Schritt	Was geschah	Modell-Diagnose
Detect	**Shahed-136** sind relativ gut detektierbar: RCS Klasse II, Radar-Reichweite >30 km, ausgeprägte Akustiksignatur	Detect-Phase funktioniert für Einzelsystem gut. Bei Schwarm-Anzahl: Track-Assoziationslatenz steigt. Zo-

		simultan für 20+ Systeme.	Kapazität für Zone-I-Aufbau.
	Identify	Typ bekannt **(Shahed-136** war 2022 bereits dokumentiert). Identifikation funktionierte - aber bei 20+ simultanen	Identify ist nicht nur Typenbestimmung, sondern Priorisierung: Welches System zuerst? Ohne Priorisierungsregel

Seite 190

Decide (taktisch)	Frühe Abwehr: Patriot und S-300 gegen **Shahed-136.** Kostenratio: 3–4 Mio. USD gegen 20.000 USD. Nach Salvo-Analyse: Übergang zu Kanonen-	Effektor-Matrix fehlte: Keine vordefinierte Regel, dass **Shahed-136** primär durch kostengünstige Effektoren bekämpft werden sollte. Asset-
React	Mehrere Drohnen wurden abgeschos- - aber nicht alle. Treffer auf Energieinfrastruktur in Kyjiw. **Gepard-Crew** hatte noch keine Vollausbildung — Ausbildungslatenz als operativer Faktor.	React-Phase zeigt: Effektor-Verfügbarkeit allein reicht nicht. Ausbildungsstand ist operativer Parameter. Kap. 19-Befund: Training nicht substituierbar.
	diesem Angriff die Grundlage für das nationale C-UAS-Ökosystem: Gepard als Primäreffektor gegen **Shahed,** passives Sensornetzwerk, dezentrale Entscheidungsarchitektur.	institutioneller Lernprozess über Monate, nicht als strukturierter Post-Incident-Prozess. Das DIDRV-Validate beschleunigt diesen Zyklus.

Seite 191

sion		
T	MITTEL	**Shahed-136** hat ausreichendes TEI für klassische Einzelzielbearbeitung. Problem war Parallelität, nicht Geschwindigkeit. Lektion: Schwarm-Priorisierungsregel ist ebenso wichtig wie

Seite 192

Die Ausgangslage: 02:47 Uhr. Umspannwerk in einer deutschen Mittelstadt, NRW, Industriegebiet, 300 Meter bis zu **den** ersten Wohngebäuden. Das Umspannwerk versorgt 180.000 Haushalte und drei Krankenhäuser. Kein dediziertes C-UAS-System vorhanden. Werkschutz: zwei Personen, keine EW-Ausrüstung.

Seite 195

*Tabelle 10.4: DIDRV-Checkliste Szenario B1-GF (Glasfaser-FPV gegen KRITIS). Zeitverlauf: Detect t=0 → React **t=12-19** Sek. → Neutralisierung t=31 Sek. TEI 45 Sek., Puffer 14 Sek.*

10.3.1 Szenario-Konstruktion

Ausgangslage: Bundesliga-Spiel, 70.000 Zuschauer, **Samstagabend.** Stadion in einer deutschen Großstadt. Rundum bebaut: Wohngebiete in 80 bis

Seite 196

Einflug: 21:14 Uhr, 23. Spielminute. RF-System meldet drei simultane Tracks. Klassifikation: DJI-Protokoll, zwei Systeme, ein unbekanntes Protokoll. Alle drei auf Kurs Stadioninnenraum. Erste Analyse: Zwei wahrscheinlich **Mediendrohnen** (trotz Luftraumbeschränkung), eine unbekannt. TEI für schnellsten Track: 47 Sekunden.

	Track: nicht detektiert.	vierter Track: 36 Sekunden.
Identify	Whitelist-Abgleich: **Mediendrohnen** nicht gelistet, obwohl zwei Medienunternehmen Akkreditierung hatten.	Whitelist aktuell: **Mediendrohnen** mit Transponder-ID gelistet. Zwei Tracks sofort als Friendly klassifiziert. Fokus

Decide (taktisch)	EW-Jammer aktiviert: Breitband, trifft auch **Mediendrohnen-Steuerkanäle.** Eine **Mediendrohne** verliert Verbindung, fällt unkontrolliert in Fanblock. Drei Verletzte durch Trümmer.	EW nur auf identifiziertem unbekanntem RF-Kanal. **Mediendrohnen** unbeeinträchtigt. Glasfaser-FPV: Szenario B1, kein Soft Kill. Eskalation Stufe 3 für Track 4.

Seite 197

	React	Teilevakuierung eingeleitet. Spiel unterbrochen. Medialer Schaden er- Drei Verletzte durch Friendly-Fire-Trümmer der **Mediendrohne.**	Spiel läuft weiter. Bedrohliche Systeme neutralisiert. **Mediendrohnen** unbeschädigt. Keine Verletzten.
	Validate	Untersuchung: Warum waren **Mediendrohnen** nicht auf Whitelist? Warum war Hard Kill nicht vorabsubsumiert? Warum kein multimodales Detektions-	Post-Incident-Analyse: System hat funktioniert. Glasfaser-FPV-Erkennung: neue Erfahrung, Szenario-Matrix B1 bestätigt. Whitelist-Prozess

Seite 204

1	Das 5D-DIDRV-Modell hält unter realen Bedingungen. Alle **vier** Fallstudien zeigen: Die Verengungsdiagnose des Modells trifft die operativen Realitäten. Die Gegeninstrumente sind in allen **vier** Fällen wirksam.
2	Die Szenario-Matrix-Kategorien aus Kapitel 9 sind durch die Fallstudien validiert: B1 (Glasfaser-FPV) ist der härteste Fall in allen **vier** Szenarien. Großveranstaltung braucht eine eigene Kategorie. KRITIS-Betreiber brauchen eigene VS-Einträge.
3	Der Unterschied zwischen den Szenarien »ohne Vorbereitung« und »mit DIDRV-Architektur« ist in allen **vier** Fällen der gleiche: Nicht bessere Technik. Nicht mutigeres Personal. Vorbereitete Entscheidungsstruktur.

Seite 209

Bei drei oder mehr simultanen Tracks liefert das KI-System eine Priorisierungs- auf Basis definierter Kriterien: kürzestes TEI, höchste Bedrohungsklassifikation, **höchster** Schutzgutwert des angesteuerten Ziels. Die Empfehlung erscheint als nummerierte Liste: »1. Track C (TEI: 14 Sek., Glasfaser-FPV, Ziel: Transformator). 2. Track A (TEI: 31 Sek., RF-FPV, Ziel: Tor Nord). 3. Track B (TEI: 47 Sek.,

Seite 212

Die Antwort im deutschen Rechtsrahmen ist nein, aus einem präzisen Grund: Der »menschenleere Sperrbezirk« ist eine Planungsannahme, keine Garantie. Wenn das System aktiviert **wird** und sich eine Person im Sperrbezirk befindet, die nicht hätte dort sein sollen, ist der Schaden eingetreten. Die Verantwortungsfrage ist offen und das ist im deutschen Haftungsrecht kein theoretisches Problem.

Seite 214

der Automatisierung

CSIS (2025) identifiziert KI-gestützte elektronische Kampfführung als **eines** der zentralen Entwicklungsfelder der kommenden Jahre: Systeme, die auf Fre-

Seite 215

Das ist die offene Rechtsfrage im deutschen C-UAS-Kontext für 2026 und darhinaus: Ist EW eine Eingriffsmaßnahme, die menschliche Bestätigung erfordert? Oder ist sie eine technische Schutzmaßnahme vergleichbar mit **einer** Firewall, die automatisch auf Angriffe reagiert? Die Antwort hat direkte Konsequenzen für die Zulässigkeit autonomer EW-Reaktion im deutschen Rechtsrahmen. Kapitel 17

Seite 223

V-1	Protokollabschluss	Automatisches Logging prüfen: vollständig? Fehlende Einträge manuell ergänzen. Protokoll **anfertigen** und sichern lassen.	Innerhalb 30 Min. nach Lageende.
V-2	Post-Incident-Meldung	Kurzmeldung an Führungsebene:	Innerhalb 2 Std.

Seite 231

13.2 Artikel 35 GG: Amtshilfe und Katastrophenschutz

Art. 35 GG ist die wichtigste Verfassungsnorm für den Bundeswehr-Einsatz im Innern unterhalb der Verteidigungsschwelle. Er enthält **drei** für C-UAS relevante Regelungen:

Seite 233

Anforderung aktiv werden. Das ist die strukturelle Quelle der Organisatorischen Latenz (OL) im deutschen System: Bevor Bundeswehr-Mittel eingesetzt werden können, muss eine Behörde angefordert haben. § 13 Abs. 3 LuftSiG 2026 behandelt dies durch vereinfachtes Verfahren, eliminiert es aber nicht.

> Streitkräfte haben im Verteidigungsfall und im Spannungsfall die Befugnis, zivile Objekte zu schützen [...]« Art. 87a Abs. 4 GG: »Zur Abwehr einer drohenden Gefahr für den Bestand oder die freiheitliche demokratische Grundordnung des Bundes

Seite 244

	dürfen zur Verhinderung besonders schwerer Unglücksfälle Waffengewalt gegen Drohnen einsetzen.	Bundeswehr ist jetzt explizit geregelt. Zuständig für die Entscheidung: Verteidigungsministerium (§ 13 Abs. 2 LuftSiG; Behörden Spiegel, März 2026).	Abs. 2 referenzieren. Tatbestandsvoraussetzung: besonders schwerer Unglücksfall.	
Abs. 3	Informationspflicht:	Lagebildaustausch zwi-	Informationspflicht	

Seite 245

	Bundespolizei	Schutz Flughäfen, Bahninfrastruktur. Primäre Anforderungsstelle für Bundeswehr-Amtshilfe.	§ 14 LuftSiG / § 15a Abs. 2 LuftSiG 2026. BPolG.	Schnittstelle zu Länderpolizeien. Anforderungsverfahren an Bundeswehr.	

Seite 248

	Raum für sequentielle Eskalation ohne Vorabsubsumtion.
Anforderungserfordernis bleibt	§ 13 Abs. 2 LuftSiG sieht zwar ein vereinfachtes Verfahren vor (Entscheidung beim BMVg, das BMI wird nur unterrichtet; Behörden Spiegel März 2026), aber das Anforderungserfordernis selbst entfällt nicht. OL durch Anforderungsprozess ist systembedingt vorhanden.

Seite 250

	drohne (unbewaffnet)		§ 14/§ 15a erfüllt. Ordnungsrecht: § 21h LuftVO, Polizeirecht allgemein.	fertigt. Gegenaufklärung: Strafverfolgung, keine **C-UAS-Effektoren.**
F1	Unbekannt	Zone I-III Unbe-	Keine VS anwendbar	Unbekannt-Klausel:

Seite 254

Erprobungen, den Austausch bewährter Verfahren und die Bewertung neuer Technologien dienen, für Detektion, Neutralisierung und KRITIS-Schutz. Es soll außerdem ein Zertifizierungssystem für C-UAS-Systeme fördern, **das** Mitgliedstaaten und Infrastrukturbetreibern gemeinsame Standards bei Beschaffung und Betrieb bietet. Das ist genau der institutionelle Rahmen, der fehlt, wenn Vorabsubsumtionen EU-weit harmonisiert werden sollen.

Das EU Trusted Drone Label: Der Action Plan sieht ein Vertrauenslabel für Drohnen vor, das Sicherheitsanforderungen und Konformitätskriterien kodifiziert. Für die IFF-Problematik des Buches (Kapitel 5): Ein EU-einheitliches Drohnen-

Seite 266

16.4.1 NATO-IAMD-Integration

Deutschland ist Teil des NATO-integrierten Luft- und Raketenabwehrsystems (IAMD). Das **Recognised** Air Picture (RAP) der NATO wird über das Combined Air Operations Centre (CAOC) in Uedem, Deutschland, koordiniert. Für C-UAS unterhalb der IAMD-Schwelle (Klasse I, LSS/FPV) ist das CAOC nicht primär zu-

Seite 269

	2	Das Anforderungsverfahren hat eine minimale OL von 3–5 Minuten. Das ist das 10- bis 20-fache des TEI einer LSS/FPV-Drohne. Bundeswehr-Waffengewalt gegen Klasse-I-Drohnen ist über das Anforderungsverfahren für **Echtzeitszenarien** nicht erreichbar.	

Seite 274

16a.2.3 Analyse im 5D-Modell

Der Ausfall der Sensorinfrastruktur erzeugt eine simultane Verengung in **allen** fünf Dimensionen des Entscheidungsraums:

Seite 275

keit.

Fünf von fünf Dimensionen gleichzeitig kritisch: T, K, R, O, J. Das ist nicht nur KV, sondern vollständiger Entscheidungskollaps. Die Drohne fliegt durch eine architektonisch leere Abwehr.

Seite 280

1	KRITIS-Betreiber ohne Effektor-Befugnis	**KRITISCH**	Fallstudie II (Kap. 10). Szenario B1, D1. **Glasfaser-FPV-TEI** von **nur** 9 Sek. ohne Effektor: ohne Architektur nicht lösbar.

Seite 284

Anforderungen an eine KRITIS-Betreiber-Befugnisnorm: Nur behördlich zugelassene Systeme (keine Ad-hoc-Hardware), nur **kollateralarme** **Effektoren** (EW, Netzwerfer, Laserwaffe nach Zulassung) und nur innerhalb des eigenen Perimeters und definierten Sicherheitsabstands mit zusätzlicher vollständiger Protokollie-

Seite 288

Reform: Regelmäßige Aktualisierungspflicht der Szenario-Matrix mit Einbeziehung neuer Bedrohungstypen durch das Drohnenabwehrkompetenzzentrum. Käfig-Drohne und strahlgetriebene **Shahed-Folgegeneration** sind bereits heute bekannte Novelty-Kandidaten.

Seite 300

Zyklus	Auslöser	Inhalt
	Gesetz, signifikanter Einsatz	**Shahed** (2025) sind Beispiele: Beides hätte eine anlassbezogene Sofortrevision ausgelöst. Neuer Doktrin-Eintrag innerhalb von 4 Wochen.

Seite 302

ziell exponiert.

KRITIS-Infrastruktur: Energieversorgungsknoten, Rechenzentren, **Kommunikationsknotenpunkte** und Wasserversorgungsanlagen sind in Deutschland historisch oberirdisch konzentriert. Das Konzept unterirdischer Energieverteilung existiert in eingeschränkter Form bei städtischen Hochspannungsleitungen (Erdkabel

Seite 313

tieren für 2–4 Wochen bei der Bundespolizei-C-UAS-Einheit und umgekehrt. Kein formaler Lehrgang, sondern persönliche Kenntnis der Systeme, der Prozesse und der Menschen auf der anderen Seite. Das ist **behördliche** Interoperabilität in ihrer wirksamsten Form.

Seite 314

Jahresauffrischung (alle Funktionsprofile)	1–3 Tage (je Profil)	Jährlich	Einheit / Behörde + **Drohnenabwehrkompetenzzentrum**	**Hoch**

Seite 318

> *Prognosen über zehn Jahre sind mit **Vorsicht** zu genießen. Wer 2014 die C-UAS-Welt von 2024 beschreiben sollte, hätte Glasfaser-FPV nicht antizipiert, autonome Schwarmtaktiken*

Seite 320

Das ist der schwerste analytische Angriff auf die Szenario-Matrix: Wenn ein System in Zone I wie eine Drohne fliegt, in Zone II wie eine Loitering Munition kreist und in Zone III wie ein Marschflugkörper angreift, **welche** Szenario-ID gilt dann? Die Antwort muss das Verhalten des Systems kodifizieren, nicht seinen Typ: Der Strike-Trigger (C2-TTP) ist das entscheidende Klassifikationsmerkmal, unabhän-

Seite 325

Die Entscheidungsarchitektur-Frage ist für UGV strukturell dieselbe wie für UAS. Das Terminale Entscheidungsintervall (TEI) eines bodengestützten Fahrzeugs mit 30 km/h ist länger als das **einer** FPV-Kampfdrohne, aber in urbanem Gelände, mit eingeschränkter Sichtlinie und angehäufter Organisatorischer Latenz (OL), kann selbst dieser größere Zeitpuffer vollständig aufgezehrt werden. Kumulative Veren-

Seite 326

Parameter (Geschwindigkeit, Reichweite, Signatur), die Effektor-Matrix (kinetisch dominant, EW weitgehend wirkungslos gegen Glasfaser-UGV) und die Rechtsgrundlagen (§ 32 **StGB,** Polizeirecht der Länder, UZwGBw für militärische Liegenschaften). Eine vollständige Vorabsubsumtion für UGV-Szenarien erfordert eine eigenständige rechtliche Prüfung.

Seite 327

Das TEI-Problem skaliert über die Drohnenklasse hinaus. Das europäische HYDIS-Programm (OCCAR, Final Concept Review Juli 2025) entwickelt einen **Abfangflugkörper** gegen Hyperschall-Gleitkörper (HGVs), Hyperschall-Marschflugkörper (HCMs) und manövierfähige ballistische Raketen. Bei Mach 5 und höher kollabiert das TEI vollständig: kein menschlicher Entscheidungszyklus

Seite 329

(KIT). Hohe Rechtsschwelle; Vorabsubsumtion zwingend.

ITK — Imminent-Threat-Korridor
Räumlicher und zeitlicher Bereich, in dem eine Drohne als unmittelbare Gefahr im Sinne des § 14 LuftSiG eingestuft werden kann. Für Loitering Munitions: der Stri-

Seite 331

Letztes Zeitfenster, in dem eine wirksame und verhältnismäßige Gegenmaßnahme noch möglich ist. TEI = T_IGP − T_Detektion − Σ Latenz. Variiert je nach Drohnentyp: **LSS/FPV (RF) 15–90 Sek.;** Glasfaser-FPV **20–120** Sek.; Loitering Munition (klassisch) **5–13** Min.; strahlgetrieben (Geran-5) 3–5 Min.

TTP

Seite 333

Ukrainian Battlefield Unmanned Aerial Vehicles. Oktober 2025. URL: https://www.osw.waw.pl

Georgetown Security Studies Review: A First **Person** View — Examining Ukraine's Drone Industry. Juli 2025. URL: https://gssr.georgetown.edu

Seite 336

Ukraine Ministry of Defence: KRITIS-Betreiber EW-Pilotprojekt. 2026.

Ukrainska Pravda / Kyiv Independent: Geran-3/4/5 strahlgetriebene **Shahed-Nachfolger.** April–Mai 2026.

Konzeptionelle Grundlagen