

RESEARCH REPORT

#009



# Hyperschallwaffen in Europa: Wie die Rüstungskontrolle Schritt halten kann



# Inhalt

Zusammenfassung	4
Förderung	4
1 Einleitung	5
2 Was steckt hinter dem Hyperschall-Hype?	8
2.1 Russische Systeme	11
2.2 US-amerikanische Systeme	13
3 Gefahren unbeabsichtigter Eskalation	15
4 Gefahren eines Hyperschall-Wettrüstens	20
5 Optionen für die Rüstungskontrolle	24
6 Fazit	31
Endnoten	34
Literatur	36

## Zusammenfassung

Sollte in Zukunft zwischen der NATO und Russland ein Konflikt ausbrechen, könnten beide Seiten dabei Hyperschallwaffen einsetzen. Diese Waffen eignen sich vor allem, um zeitkritische Ziele zu bedrohen und stellen Abwehrsysteme vor neue Herausforderungen. Gleichzeitig bergen sie aber auch neue Risiken. Der vorliegende Research Report untersucht, wie der Einsatz von Hyperschallwaffen in einem begrenzten Konflikt zwischen Russland und der NATO zu unbeabsichtigter Eskalation führen kann. Dabei steht die Unklarheit über das Ziel eines heranfliegenden Flugkörpers im Mittelpunkt. Zudem legt der Research Report dar, wie das Aufkommen dieser Waffen im euro-atlantischen Sicherheitsraum ein neues Wettrüsten befördert. Erste Anzeichen eines qualitativen Rüstungswettlaufs lassen sich bereits in der Entwicklung einer Vielzahl neuer Waffensysteme erkennen. Der Research Report entwickelt konkrete Vorschläge, mit denen die von Hyperschallwaffen ausgehenden Eskalationsrisiken eingehegt werden können und ein neues Wettrüsten im euro-atlantischen Raum abgebremst werden kann.

**Keywords:** Hyperschallwaffen, Rüstungskontrolle, Eskalation, Wettrüsten, NATO, USA, Russland

## Förderung

Dieser Research Report entstand im Rahmen des Forschungs- und Transferprojekts „Rüstungskontrolle und Neue Technologien“. Das Projekt wird für vier Jahre (2019–2022) vom Auswärtigen Amt finanziert.

# 1 Einleitung

In Zukunft werden die USA und Russland neuartige Mittelstreckenwaffen verwenden können, um Ziele in mehreren tausend Kilometern Entfernung innerhalb weniger Minuten anzugreifen. Zu diesen Waffen zählen Gleitflugraketen, hypersonische Marschflugkörper und aeroballistische Raketen. Diese sogenannten Hyperschallwaffen fliegen einen Großteil ihrer Flugbahn innerhalb der Erdatmosphäre bei mindestens fünffacher Schallgeschwindigkeit. Die niedrige Flugbahn von Hyperschallwaffen bei gleichzeitig hoher Geschwindigkeit eröffnet neue Möglichkeiten für militärische Operationen. Sie eignen sich besonders, um Raketenabwehrsysteme zu überwinden und mobile oder zeitkritische Ziele zu bekämpfen. Zugleich geht von ihnen in begrenzten Konflikten – etwa zwischen der NATO und Russland – eine erhöhte Gefahr von folgenreichen Fehleinschätzungen aus, die zum Einsatz von Nuklearwaffen führen können. Dies liegt vor allem an der großen Bandbreite denkbarer Einsatzszenarien – von taktischen Schlägen zum Aufhalten einer Invasion bis zum Angriff auf die gegnerischen Abschreckungsfähigkeiten (Counterforce-Angriff). Verschärft wird die Eskalationsgefahr durch die Unmöglichkeit, das Ziel einer gestarteten Hyperschallwaffe vorherzusagen. Schließlich verstärken die hohen Erwartungen von Verteidigungsplaner:innen an die Technologie das Risiko eines ungebremsten Wettrüstens.

Durch Russlands Angriffskrieg gegen die Ukraine erhält die Analyse möglicher Eskalationswege eine neuerliche Dringlichkeit (Kühn 2022). Gleichzeitig befördern die gestiegenen Bedrohungswahrnehmungen bestehende Rüstungsdynamiken. Als Reaktion könnten sowohl Russland als auch die NATO Hyperschallwaffen in Europa oder zumindest auf Plattformen, die Europa in kurzer Zeit erreichen können, in signifikanter Anzahl stationieren.

Russland hat mit dem Kinschal-System bereits erste einsatzbereite aeroballistische Mittelstreckenraketen in niedrigen Stückzahlen stationiert (Kristensen/Korda 2021). Die USA wollen in den nächsten ein bis zwei Jahren ihre Streitkräfte mit Gleitflugraketen ausstatten (Waterman 2021; Hadley 2022b). Beide Seiten entwickeln darüber hinaus weitere Systeme. Verteidigungsplaner:innen konzipieren die meisten dieser Waffensysteme für den Einsatz in einem regionalen Konflikt. Ein Wettrüsten im Bereich der Hyperschallwaffen hätte daher weitreichende Folgen für die europäische Sicherheit. Mit Russlands Aggression in der Ukraine erreichen die Aussichten auf eine kooperative Reduzierung von Eskalationsrisiken und zur Verhinderung eines Wettrüstens in Europa einen neuen

Tiefstand. Dennoch ist es gerade jetzt höchste Zeit, um geeignete Maßnahmen zur Einhegung dieser Gefahren zu entwerfen, auf die beide Seiten zu einem politisch opportunerem Zeitpunkt zurückgreifen können. Dieser Aufgabe nimmt sich der vorliegende Research Report an.<sup>1</sup>

Dieser Research Report wirft einen Blick auf die von Hyperschallwaffen ausgehenden Eskalationsdynamiken zwischen der NATO und Russland. Zudem zeigt er Möglichkeiten zur Einhegung dieser Risiken auf sowie zum Einstieg in die Begrenzung von Hyperschallwaffen zwischen Washington und Moskau. Der Report beschränkt sich auf bereits einsatzfähige und für die nächsten vier Jahre geplante Systeme der USA und Russland. Mögliche Entwicklungen im Asien-Pazifikraum bleiben dabei außen vor.

Die wissenschaftliche Literatur behandelt Hyperschallwaffen aus technischer, militärischer sowie rüstungskontrollpolitischer Perspektive. Grundlegende frühzeitige Studien über die technischen Anforderungen und Möglichkeiten von neuartigen Trägersystemen einschließlich Gleitflugraketen und hypersonischen Marschflugkörpern lieferten das Scientific Advisory Board der US Air Force (2000), der National Research Council (2008) und das Defense Science Board (Office of the Under Secretary of Defense for Acquisition, Technology, and Logistics 2009). Das US-Verteidigungsministerium bzw. der Kongress gaben diese Berichte in Auftrag. Darauf aufbauend lieferte Acton (2013) eine umfassende Analyse zu konventionellen Langstreckenwaffen einschließlich Hyperschallwaffen mit Blick auf technische Herausforderungen aber auch militärische und politische Implikationen. Außerdem stellte Acton (2015b) Berechnungen über die theoretische Leistung eines Gleitflugkörpers auf. Auf dieser Grundlage simulierten Tracy und Wright (2020) die Flugeigenschaften desselben Gleiters. Urzay (2018) bietet einen technischen Überblick der Antriebstechnologie von hypersonischen Marschflugkörpern. Oelrich (2020) vergleicht Hyperschallwaffen mit bereits existierenden Trägersystemen und widerlegt dabei die verbreitete Annahme, dass Hyperschallwaffen ein „Game Changer“ seien.

Neben den technischen Aspekten richten zahlreiche Beiträge ihren Fokus auf die militärischen Implikationen (Cummings 2019; Borrie / Dowler / Podvig 2019; Wilkening 2019; Zikusoka 2020; Cimbala/Lowther 2022). Andere Werke thematisieren konventionell ausgerüstete Hyperschallwaffen als Teil der Oberkategorien „fortgeschrittene konventionelle Waffen“ (Zhao 2018), „Präzisionsschlagwaffen“ (Stefanovich 2020; Ознобищев/Богданов 2020) und „nicht-nukleare

strategische Waffen“ (Baklitskiy 2021; Hoffmann 2021b). Als der Ausgang diverser Entwicklungsprogramme im Bereich dieser Waffen noch ungewiss war, untersuchten Ekmektsioglou (2015) und Pollack (2016) bereits mögliche Eskalationsdynamiken, die sich mit dem Aufkommen von Hyperschallwaffen zwischen den USA und China abspielen könnten.

Die bisherige Literatur bietet jedoch keine umfassende Einordnung der von Hyperschallwaffen ausgehenden Gefahren für die euro-atlantische Sicherheit. Auch Vorschläge, um das anlaufende Wettrüsten in diesem Bereich zwischen den USA und Russland kurzfristig zu bremsen, sind noch unausgereift. Williams (2019) skizziert zwar prinzipielle Möglichkeiten zur Integration von hypersonischen Gleitflugkörpern in zukünftige Rüstungskontrollregime, ihre Szenarien bleiben jedoch weitgehend abstrakt und dürften frühestens mit einem Folge regime für den 2026 auslaufenden Vertrag über die Begrenzung weitreichender Atomwaffen (New START) eintreten. Bis dahin könnten Russland und die NATO einander in Europa bereits in signifikanten Größenordnungen mit Hyperschallwaffen bedrohen und ein gefährliches Wettrüsten in vollem Gange sein.

Im folgenden Abschnitt richtet der Report zunächst einen Blick auf die technischen Aspekte von Gleitflugraketen, aeroballistischen Raketen und hypersonischen Marschflugkörpern und bietet eine Bestandsaufnahme russischer und US-amerikanischer Entwicklungsprogramme. Der dritte Abschnitt führt aus, wie der Einsatz von Hyperschallwaffen in einem begrenzten Konflikt zwischen Russland und der NATO eine ungewollte Eskalation auslösen kann und somit auch die Gefahr des Einsatzes von Nuklearwaffen erhöht. Der vierte Abschnitt legt dar, wie das Aufkommen von Hyperschallwaffen zu einem neuen Wettrüsten mit Folgen für die euro-atlantische Sicherheit führen kann und inwiefern die derzeitige Rüstungskontrollarchitektur für die Einhegung dieser Risiken ungeeignet ist. Der fünfte Abschnitt bietet einen Ausblick auf Handlungsoptionen, mit denen die von Hyperschallwaffen ausgehenden Eskalationsrisiken reduziert und ein drohendes Wettrüsten verhindert werden kann.

## 2 Was steckt hinter dem Hyperschall-Hype?

In den letzten 20 Jahren haben verschiedene Staaten begonnen, Flugkörper, die mit mehr als fünffacher Schallgeschwindigkeit (Mach 5) weitgehend innerhalb der Erdatmosphäre fliegen, zu entwickeln. Diese Entwicklungsprogramme haben seit den späten 2010er Jahren erste einsatzfähige Systeme hervorgebracht. Weitere befinden sich in fortgeschrittenen Entwicklungsstadien und könnten in dieser Dekade in Dienst gestellt werden. Zu diesen Waffensystemen gehören in erster Linie Gleitflugraketen und hypersonische Marschflugkörper. Gelegentlich werden auch aeroballistische Raketen zur Kategorie der Hyperschallwaffen gezählt (vgl. Karako/Dahlgren 2022: 9).

Gleitflugraketen sind aus technischer Sicht eng mit ballistischen Raketen verwandt. Beide werden von einer Trägerrakete beschleunigt und verlassen für einen Teil ihrer Flugkurve die Erdatmosphäre. Im Gegensatz zur ballistischen Rakete ist die Flugbahn des Gleiters jedoch deutlich niedriger. Der Wiedereintrittskörper einer Gleitflugrakete, der sogenannte Gleitflugkörper, taucht bereits weit vor seinem Ziel wieder in die Erdatmosphäre ein. Durch seine besondere geometrische Form erfährt ein Gleitflugkörper innerhalb der Atmosphäre Auftrieb und kann seine Flugrichtung horizontal wie vertikal verändern. Nach einer Art Sturzflug in die Erdatmosphäre setzt der Gleitflugkörper seinen Flug auf 30.000–40.000 km Höhe für mehrere hundert bis tausend Kilometer fort, bevor er im stumpfen Winkel auf sein Ziel zufliegt.

Aeroballistische Raketen sind ebenfalls von einer Trägerrakete angetrieben und können mithilfe ihrer geometrischen Form innerhalb der Atmosphäre ihre Flugrichtung verändern. Ihre Flugbahn ähnelt jedoch eher der einer ballistischen Rakete als der einer Gleitflugrakete. Aeroballistische Raketen haben dennoch eine vergleichsweise niedrige Flughöhe und sind in der Endphase ihres Flugs manövrierfähig (Goncharenko/Gorchenko 2017: 505).

Auch hypersonische Marschflugkörper werden nach ihrem Start zunächst von einer Trägerrakete beschleunigt. Im Gegensatz zu aeroballistischen und Gleitflugraketen setzen sie ihren inneratmosphärischen Flug nach dem Ausbrennen der Antriebsrakete jedoch mit einem integrierten Antrieb fort. Herkömmliche Marschflugkörper sind deutlich langsamer als Mach 5 und fliegen nah an der

Erdoberfläche, um feindliche Radarsysteme zu überwinden (Hoffmann 2021a). Hypersonische Marschflugkörper fliegen innerhalb der Erdatmosphäre. Da sie für ihren Antrieb Sauerstoff benötigen, fliegen sie jedoch deutlich höher als herkömmliche Marschflugkörper, um den Luftwiderstand während des Flugs zu minimieren (Urzay 2018: 606).

Die in Hyperschallwaffen erreichte Kombination aus Schnelligkeit und Manövrierfähigkeit schließt für Militärstrateg:innen eine bisherige Fähigkeitslücke zwischen herkömmlichen Marschflugkörpern und ballistischen Raketen. Mit Unterstützung durch Sensoren und Navigationssysteme können Gleitflugraketen und aeroballistische Raketen z. B. feindlichen Flugabwehrraketen ausweichen und ihre Ziele mit hoher Präzision zu erreichen. Überdies fliegen hypersonische Gleitflugkörper und Marschflugkörper zu niedrig für Raketenabwehrsysteme, die Objekte in mehreren hundert Kilometern über der Erdoberfläche treffen können (exo-atmosphärische Raketenabwehr). Hyperschallgleiter bleiben länger vor Radarsystemen hinter dem Horizont verborgen als höher fliegende ballistische Raketen. Im Falle eines Angriffs verkürzen sie daher die Reaktionszeit für Staaten, dessen Frühwarnsysteme auf bodengestützte Radare angewiesen sind.

Zwar sind herkömmliche Marschflugkörper ebenfalls manövrierfähig und für Frühwarnsysteme bestenfalls wenige Minuten vor ihrem Einschlag erkennbar. Sie sind jedoch um ein Vielfaches langsamer als ballistische und Gleitflugraketen. Flugzeiten von mehr als einer Stunde können in zeitkritischen Missionen wie einem Präemptivschlag einen erheblichen Nachteil darstellen.<sup>2</sup> Daneben sind langsame Marschflugkörper gegenüber bestimmten Flugabwehrsystemen, die wertvolle Ziele beschützen, verwundbar.<sup>3</sup>

Die konkreten Einsatzzwecke von Hyperschallwaffen sind dabei von technischen Eigenschaften der einzelnen Systeme sowie militärischen Strategien abhängig und gestalten sich für die NATO-Staaten anders als für Russland. Der folgende Abschnitt bietet einen Überblick auf die neuen und für die nächsten Jahre geplanten Hyperschallwaffen im euro-atlantischen Raum.

**Tabelle 1: Hyperschallwaffensysteme der USA und Russland im Vergleich**

SYSTEM	ABSCHUSS-PLATTFORM	SPRENG-LADUNG	REICH-WEITE	EINSATZ-FÄHIGKEIT
<b>RUSSLAND</b>				
<b>Awangard</b>				
hypersonischer Gleitflugkörper	Raketensilo	nuklear und konventionell	6.000 km	seit 2019
<b>Kinschal</b>				
aeroballistische Rakete	Abfangjäger, Bomber	nuklear und konventionell	2.000 km	seit 2018
<b>Zirkon</b>				
hypersonischer Marschflugkörper	U-Boot, Überwasserschiff, LKW	konventionell	500–1.000 km	ab 2023
<b>USA</b>				
<b>Air-Launched Rapid Response Weapon (ARRW)</b>				
Gleitflugrakete	Bomber	konventionell	1.600 km	Designüberprüfung 2023
<b>Long-Range Hypersonic Weapon (LRHW)</b>				
Gleitflugrakete	mobile Abschussrampe	konventionell	> 2.775 km	ab 2023
<b>Intermediate-Range Conventional Prompt Strike (IRCPS)</b>				
Gleitflugrakete	U-Boot, Überwasserschiff	konventionell	> 2.775 km	ab 2025
<b>Hypersonic Attack Cruise Missile (HACM)</b>				
hypersonischer Marschflugkörper	Bomber, Kampfflugzeug	konventionell	unbekannt	Designüberprüfung 2023
<b>Operational Fires (OpFires)</b>				
Gleitflugrakete	mobile Abschussrampe	konventionell	1.600 km	Designüberprüfung 2022

Quelle: Bugos/Reif 2021, Saylor 2022

## 2.1 RUSSISCHE SYSTEME

Russland hat bereits erste Hyperschallwaffen stationiert und treibt die Entwicklung weiterer Modelle voran. Zu den einsatzbereiten Systemen zählen die luftgestützte aeroballistische Rakete Kinschal und der weitreichende Gleitflugkörper Awangard. Seit 2019 testet die russische Marine auch den hypersonischen Marschflugkörper Zirkon.

Bei Awangard handelt es sich um einen hypersonischen Gleitflugkörper, der mit einer SS-19-Interkontinentalrakete beschleunigt und auf seine Flugbahn gebracht wird. Er hat eine Reichweite von mehr als 6.000 km und trägt einen nuklearen Sprengkopf. Eine konventionell ausgerüstete Variante ist ebenfalls möglich (Notte et al. 2021: 6). Awangard kann die gleichen Ziele wie eine herkömmliche Interkontinentalrakete zerstören, ohne dass die amerikanische Raketenabwehr ihn abfangen könnte. Dies stellt auch sicher, dass ein begrenzter Angriff – etwa als begrenzter nuklearer Erstschlag oder nachdem ein amerikanischer Erstschlag die russische Schlagkraft dezimiert hat – trotz Raketenabwehr sein Ziel erreicht (Hruby 2019: 22).

Der Awangard-Gleitflugkörper dient damit der strategischen Abschreckung und eignet sich nicht für den Einsatz in einem begrenzten Konflikt. Statt in Europa liegen plausible Ziele vielmehr in den Vereinigten Staaten in Form von Kommando- und Kontrollzentren für Nuklearstreitkräfte und Abschussrampen für Langstreckenraketen. Die russische Führung würde bei jedem Einsatz der Awangard-Gleiter einen nuklearen Gegenschlag billigend in Kauf nehmen. Damit dürfte die Schwelle für den Einsatz des Awangard-Systems ähnlich hoch wie für bisherige strategische Nuklearwaffen liegen. Schließlich kann Awangard mögliche Zweifel an der Zukunft des russischen Abschreckungspotenzials unter dem Eindruck der US-Raketenabwehr zerstreuen. Aus diesem Blickwinkel ließe sich Awangard sogar als Beitrag zur Stabilität der nuklearen Abschreckung sehen.

Anders sieht es bei den russischen taktischen Hyperschallwaffen Kinschal und Zirkon aus. Die aeroballistische Kinschal-Rakete wird von einem Flugzeug aus gestartet. Unter einem modifizierten MiG-31-Abfangjäger ist sie bereits einsatzbereit mit einer Reichweite von 2.000 km. Kinschal gilt als eine luftgestützte Weiterentwicklung der Kurzstreckenrakete Iskander 9M723. Im Gegensatz zur bodengestützten Variante profitiert Kinschal jedoch von der beträchtlichen

Geschwindigkeit und Flughöhe des Trägerflugzeugs bei ihrem Abwurf. Ihre Antriebsrakete verbraucht somit weniger Energie, um in den dichtesten Schichten der Erdatmosphäre zu beschleunigen, und die Reichweite ist relativ zur 9M723 deutlich erhöht. In Zukunft könnten zudem Tu-22M3M Bomber die Rakete tragen. In dieser Konstellation wäre die Reichweite der Kinschal auf 3.000 km erhöht. Sie kann sowohl einen nuklearen als auch einen konventionellen Sprengkopf tragen (Notte et al. 2021: 20).

Die Kinschal-Rakete soll in Russlands südlichem Militärbezirk sowie auf der Kola Halbinsel stationiert sein (Notte et al. 2021: 21). Aufnahmen vom russischen Verteidigungsministerium zeigen mit der Rakete ausgerüstete MiG-31K-Abfangjäger im Juni 2021 in Syrien (Zwenger 2021) und Amateurvideos im Februar 2022 in der Exklave Kaliningrad (Zwenger 2022). Im März 2022 gab das russische Verteidigungsministerium an, Russlands Militär habe die Kinschal-Rakete gegen ein unterirdisches Waffendepot eingesetzt. Mitarbeiter:innen des US-Verteidigungsministeriums erklärten daraufhin, dass die USA mehrere Einsätze dieser Rakete in Echtzeit verfolgen konnten. Diese Einsätze sind insofern bemerkenswert, als dass die Ukraine über keine fortgeschrittenen Flugabwehrsysteme verfügt, die den Einsatz dieser Rakete gegenüber anderen, günstigeren Waffensystemen mit ähnlicher Reichweite erfordern würden.

Russlands hypersonischer Marschflugkörper Zirkon befindet sich noch in der Entwicklungsphase und wurde seit 2019 mehrfach getestet. Laut dem russischen Verteidigungsministerium soll die Marine den Marschflugkörper 2022 in Serienfertigung erhalten (TASS). Zirkon ist ein seegestützter Marschflugkörper, der zunächst von einer Trägerrakete beschleunigt und auf seine Flughöhe gebracht wird. Anschließend löst sich die Trägerrakete vom Marschflugkörper und dieser setzt seinen Flug mithilfe eines integrierten Antriebs innerhalb der Erdatmosphäre fort. Während die Angaben zur Reichweite (300–1.000 km) und Geschwindigkeit (Mach 3–8) variieren, gilt es als gesichert, dass Zirkon eine konventionelle Sprengladung tragen wird und vornehmlich gegen Seeziele bestimmt ist (Notte et al. 2021: 6). Zirkon wurde von U-Booten und Überwasserschiffen aus getestet (Nilsen 2022). Aber auch eine bodengestützte Variante befindet sich derzeit in der Entwicklung (TASS 2019). Mit vergleichsweise niedrigen und unvorhersehbaren Flugbahnen weisen sowohl Zirkon als auch Kinschal ähnliche Eigenschaften wie hypersonische Gleitflugkörper auf. Es erscheint daher sinnvoll, sie in die folgende Analyse miteinzubeziehen.

Anders als Awangard sind Kinschal und Zirkon keine strategischen Langstreckenwaffen, sondern sollen Russlands nicht-nukleare Abschreckung stärken (Notte et al. 2021: 28). Die russische Militärdoktrin legt die Schwelle für den Einsatz von diesen Waffen niedriger als für strategische Nuklearwaffen wie Awangard (Johnson 2018; Kofman et al. 2021: 12–13). Bereits in einem begrenzten Konflikt könnte Russland Zirkon etwa gegen NATO-Kriegsschiffe einsetzen und mit Kinschal-Raketen beschützte logistische Knotenpunkte des Bündnisses in Europa angreifen.

## 2.2 US-AMERIKANISCHE SYSTEME

Die Vereinigten Staaten sind der einzige NATO-Mitgliedsstaat, der innerhalb der nächsten Jahre die Indienststellung eigener Hyperschallwaffen plant. Zwar entwickeln auch Frankreich und das Vereinigte Königreich hypersonische Gleit- und Marschflugkörper, jedoch sind diese Programme noch deutlich weniger fortgeschritten (Lagneau 2021; Bosbotinis 2020). Derzeit befinden sich diverse Modelle der USA in der Testphase und das Verteidigungsministerium will in den kommenden Jahren verschiedene Teilstreitkräfte mit ihnen ausrüsten. So haben die Navy und Army gemeinsam einen Gleitflugkörper entwickeln lassen, den sie von landgestützten mobilen Abschussrampen, U-Booten oder Kriegsschiffen aus starten können (Saylor 2021). Die bodengestützte Variante heißt Long-Range Hypersonic Weapon (LRHW), oder auch Dark Eagle. Sie soll eine Reichweite von über 2.775 km haben und ab 2023 einsatzbereit sein (Bugos und Reif 2021, 9). Die seegestützte Variante heißt Intermediate-Range Conventional Prompt Strike (IRCPS). Sie benutzt die gleiche Trägerrakete und den gleichen Gleitflugkörper wie die LRHW. Daher dürfte ihre Reichweite ebenfalls über 2.775 km liegen. Ab 2025 sollen Zerstörer der Zumwalt-Klasse und ab 2028 Angriffs-U-Boote der Virginia-Klasse die ersten Gleitflugraketen erhalten (Bugos/Reif 2021; Ludwigson 2021).

Die Air Force entwickelt mit ihrer Air-Launched Rapid Response Weapon (ARRW) eine eigene Gleitflugrakete mit einer Reichweite von 1.600 km, die von B-52H Langstreckenbomben abgeworfen werden kann (Bugos/Reif 2021; Ludwigson 2021). Zunächst plante die Air Force die Einführung des ARRW-Systems ab 2023. Gescheiterte Flugtests sorgten jedoch für zunehmende Zweifel an diesem Plan. Daher sieht der Haushaltsantrag des Verteidigungsministeriums

für 2023 entgegen früherer Planungen keine Mittel für die Anschaffung der ARRW-Rakete vor und die Zukunft des Projekts ist ungewiss (Hadley 2022b). Im Mai 2022 gelang der Air Force erstmalig ein Testflug des ARRW-Systems.

Zusätzlich fordert die Air Force im Haushaltsantrag für 2023 mehr Geld für die Entwicklung einer weiteren Hyperschallwaffe, der Hypersonic Attack Cruise Missile (HACM). HACM ist ein hypersonischer Marschflugkörper und fliegt mit einem Scramjet-Antrieb. Er ist leichter und kleiner als das ARRW-System und kann damit nicht nur von Bombern, sondern auch von Kampfflugzeugen getragen werden. Ab 2027 will die Air Force den HACM-Marschflugkörper auf F-15-Kampfflugzeugen in Dienst stellen (Hadley 2022b). Da Experten jedoch davon ausgehen, dass HACM nur eine relativ kurze Reichweite haben wird, wird die folgende Analyse dieses System nicht berücksichtigen.

Das US-Verteidigungsministerium betreibt daneben Forschung und Entwicklung für weitere hypersonische Gleitflugkörper und Marschflugkörper wie beispielsweise die mobile landgestützte Rakete Operational Fires für Distanzen unter 2.775 km (Hollings 2022). Ob diese Programme jedoch direkt in neue Waffensysteme münden sollen oder lediglich Grundlagen für weitere Forschung und Entwicklung bieten sollen, muss das Pentagon noch entscheiden (Sayler 2021).

Die Planungen der Vereinigten Staaten sehen nicht vor, ihre Hyperschallsysteme mit nuklearen Sprengköpfen auszurüsten. Stattdessen sollen sie die konventionelle Abschreckung stärken. Im Konfliktfall könnten die USA sie von außerhalb des unmittelbaren Konfliktschauplatzes etwa gegen feindliche mobile Streitkräfte einsetzen. Ein anderes mögliches Ziel wären Flugabwehrsysteme, die in einem begrenzten Radius Flugzeuge, aber auch ballistische Raketen und Marschflugkörper abfangen können. Neben diesen taktischen Einsatzszenarien führen Haushaltsentwürfe des US-Verteidigungsministeriums Hyperschallwaffen auch als Mittel für einen präemptiven Erstschlag gegen feindliche strategische Nuklearwaffen an (Office of the Under Secretary of Defense (Comptroller) 2021: 2–16). Wie der folgende Abschnitt ausführt, kann diese Unklarheit über Einsatzzweck und Ziel eines Gleiters folgenschwere Fehleinschätzungen befördern.

### 3 Gefahren unbeabsichtigter Eskalation

Auch wenn die oben genannten Systeme noch nicht einsatzbereit sind bzw. die Bestände sich noch im niedrigen zweistelligen Bereich befinden, kann ihr Einsatz bereits im kleinen Umfang zu unbeabsichtigter Eskalation führen. Konkret besteht die Gefahr darin, dass die angegriffene Seite das Ausmaß und die Intensität des Angriffs überschätzt und noch vor dem Einschlag der gegnerischen Waffen mit einem übermäßigen Gegenangriff reagiert. Ein solcher, von der Gegenseite als übertrieben wahrgenommener Gegenangriff kann wiederum zu weiterer Eskalation führen (Morgan et al. 2008: 23). Diese Risiken sind bei Hyperschallwaffen größer als bei herkömmlichen ballistischen Raketen oder langsameren Marschflugkörpern. Zwei Faktoren tragen zur Ungewissheit auf der angegriffenen Seite beim Einsatz dieser Waffensysteme bei: taktische Vorwarnung und Zielambiguität. Darüber hinaus verschärfen deklaratorische Ambiguität und die hohen Stückkosten von Hyperschallwaffen die Tendenz zu Worst-Case-Annahmen.

Taktische Vorwarnung bedeutet, dass die angegriffene Seite den heranfliegenden Gefechtskopf frühzeitig bemerkt, so dass sie noch vor dem Einschlag reagieren kann. Hyperschallgleiter, aeroballistische Raketen und hypersonische Marschflugkörper verwenden ähnliche Antriebsraketen wie ballistische Raketen (Tracy/Wright 2020: 137; Hoffmann 2021a: 7). Mithilfe von Infrarot-Sensoren auf Satelliten können sowohl die USA als auch Russland den Start einer solchen Antriebsrakete erkennen (Tracy/Wright 2020: 141). Anhand der spezifischen Infrarot-Signatur der Antriebsrakete können die Frühwarnsysteme ebenfalls feststellen, was für ein Trägersystem sich im Anflug befindet (Missile Defense Project 2016). Greifen die USA etwa Russland mit einem ARRW-Gleiter an, würden russische Streitkräfte den Angriff kurz nach dem Start bemerken und hätten bis zum Einschlag noch bis zu 12 Minuten, um zu reagieren.<sup>4</sup>

Zielambiguität meint die Ungewissheit über den Ort, an dem ein heranfliegender Gefechtskopf einschlagen wird. Bisherige russische und US-amerikanische ballistische Raketen können teilweise von ihrer ballistischen Flugbahn abweichen (Dunham/Wilson 2020). Ihre Manövrierfähigkeit ist jedoch relativ zu den oben genannten Systemen deutlich begrenzt. So lässt sich mithilfe von satellitengestützten Infrarotsensoren und bodengestützten Radaren der voraussichtliche

Punkt berechnen, an dem eine ballistische Rakete einschlagen wird (Missile Defense Project 2016). Gleitflugraketen, aeroballistische Raketen wie Kinschal und hypersonische Marschflugkörper wie Zirkon können hingegen nach dem Ausbrennen ihrer Antriebsrakete weit von ihrer linearen ballistischen Flugbahn abweichen (Tracy/Wright 2020: 143). Somit bedrohen sie ein weitläufiges Gebiet und dementsprechend eine hohe Bandbreite an potenziellen Zielen. Eine US-amerikanische Gleitflugrakete, die von der Nordsee in östliche Richtung fliegt, könnte einerseits das Radar eines Flugabwehrregiments an der russisch-estnischen Grenze zum Ziel haben. Gleichzeitig könnte sie auch auf ein Frühwarnradar, das vor heranfliegenden Interkontinentalraketen warnen soll, im nur 165 km entfernten Lekhtusi zusteuern (Podvig 2007). Aus NATO-Sicht kann eine über Belarus in westliche Richtung gefeuerte Kinschal-Rakete ebenso logistische Knotenpunkte der NATO in Polen treffen wie auch den Luftstützpunkt in Büchel, an dem US-Atomwaffen stationiert sind.

Die angegriffene Seite kann also den Start einer Hyperschallwaffe erkennen, jedoch nicht berechnen, wo diese einschlagen wird. Aus ihrer Sicht könnte der Angriff zwar nur eine Fortführung der bisherigen Kampfhandlungen mit anderen Mitteln bedeuten, gleichzeitig kann sie nicht ausschließen, dass die angreifende Seite im Begriff ist, den Konflikt zu eskalieren, indem sie Ziele beschießt, die bisher von den Kampfhandlungen ausgeschlossen waren (Morgan et al. 2008: 18). In dieser Ungewissheit befördern deklaratorische Ambiguität und die hohen Stückkosten von Hyperschallwaffen Worst-Case-Annahmen zusätzlich.

Deklaratorische Ambiguität besteht dann, wenn ein Staat den Einsatzzweck seiner Waffensysteme nicht eindeutig spezifiziert. Dies gilt vor allem für die geplanten US-Hyperschallgleiter. Der damalige Oberbefehlshaber des US Strategic Command, General John E. Hyten, erklärte, dass Hyperschallwaffen einerseits traditionelle Vorteile in der Kriegführung erhöhen, aber auch die konventionelle und strategische Abschreckung stärken (Hyten 2019: 16). Zum einen sollen sie den US-Streitkräften einen taktischen Vorteil bringen (Under Secretary of Defense (Comptroller) 2020: 1–2).<sup>5</sup> Auf der anderen Seite sehen die USA Hyperschallwaffen aber auch als Mittel, um feindliche Raketen präemptiv, d.h. unmittelbar vor deren Start, auszuschalten (Under Secretary of Defense (Comptroller) 2020: 4–11; vgl. U.S. Department of Defense 2019: 60).

Ein Angriff, der die Funktionsfähigkeit seiner Atomwaffen beeinträchtigt, ist in Russlands Nukleardoktrin explizit als möglicher Auslöser für deren Einsatz fest-

geschrieben (The Ministry of Foreign Affairs of the Russian Federation 2020). Sollten die USA ihre Hyperschallgleiter in einem begrenzten Konflikt mit Russland einsetzen, könnte Moskau zum Schluss kommen, dass seine nukleare Abschreckungsfähigkeit bedroht ist, und entsprechend reagieren, auch wenn der Angriff tatsächlich nur taktischen Zielen, wie Flugabwehrsystemen oder Seezielwaffen gilt.

Doch auch die geäußerten Einsatzzwecke für Russlands Zirkon- und Kinschal-Systeme lassen Interpretationsspielraum. Die beiden Waffensysteme sollen unter anderem beschützte Ziele bedrohen und somit Russland Vorteile in einem begrenzten Konflikt mit der NATO sichern (Notte et al. 2021: 28). Zudem zählen laut russischen Presseberichten see- und landgestützte Raketenabwehrsysteme der NATO in Europa zu den möglichen Zielen von Kinschal (Hruby 2019: 20). Auch Zirkon dürfte für solche Ziele geeignet sein (Hruby 2019: 24).<sup>6</sup>

Weiterhin trägt die russische Kommandostruktur zur Unklarheit über den Einsatzzweck von Kinschal und Zirkon bei. Einerseits unterstehen die Kinschalfähigen MiG-31K-Regimenter und die künftig mit Zirkon ausgerüsteten Flotten in einem begrenzten Konflikt den Befehlshaber:innen der entsprechenden Militärbezirke. Als dual-fähige Trägersysteme zählen beide Systeme gleichzeitig aber zu Russlands strategischen Abschreckungstreitkräften und unterstehen somit auch der zentralen Befehlsgewalt ausgehend vom Präsidenten, dem Verteidigungsminister und dem Vorsitzenden des Generalstabs (Johnson 2018: 74). Für die NATO-Staaten könnte in einem Konflikt mit Russland nicht erkennbar sein, in welchem Zusammenhang die Gegenseite den Einsatz dieser Waffen anordnet. In diesem Fall könnten weitere Erkenntnisse Entscheidungsträger:innen der NATO-Staaten fälschlicherweise nahelegen, dass Russland sich auf eine Eskalation vorbereitet. Frühwarnsignale über den Einsatz von Kinschal-Raketen oder Zirkon-Marschflugkörpern können diese Worst-Case-Annahmen dann bestärken und NATO-Truppen zu einer entsprechenden eskalatorischen Gegenreaktion veranlassen.

Schließlich können die hohen Kosten von Hyperschallwaffen Worst-Case-Annahmen über das Ziel eines heranfliegenden Hyperschallflugkörpers weiter verstärken. Unabhängige Schätzungen beziffern die Stückkosten der geplanten Gleitflugraketen der Navy auf ca. 89,6 Mio. und der Army auf ca. 106 Mio. US-Dollar (Capaccio 2021). Laut einer gemeinsamen Präsentation vom Rüstungskonzern Lockheed Martin und dem US-Verteidigungsministerium wird die luftgestützte

Gleitflugrakete ARRW in der ersten Produktionsserie immerhin 13 Mio. US-Dollar kosten (Trimble 2021). Zum Vergleich: 2011 kostete ein Tomahawk Block IV-Marschflugkörper durchschnittlich nur 1,5 Mio. US-Dollar (Miasnikov 2013: 128).

Der Leiter der Air Force, Frank Kendall, sagte im Frühjahr 2022, dass seine Teilstreitkraft wegen der hohen Stückkosten wohl eher nur mit einer relativ geringen Anzahl an ARRW-Raketen ausgerüstet werde (Tirpak 2022). Kendall verwies zudem auf luftgestützte Marschflugkörper und mögliche Kombinationen verschiedener Taktiken für die Bekämpfung beschützter Ziele aus der Luft (Tirpak 2022). Die hohen Stückkosten und die Äußerungen Kendalls lassen darauf schließen, dass die USA den Einsatz der geplanten Hyperschallgleiter nur gegen eine kleine Auswahl an besonders wichtigen Zielen vorsehen dürften.<sup>7</sup>

Für Russland würden US-Gleitflugraketen in Europa eine potentiell strategische Bedrohung darstellen. Sollten die Vereinigten Staaten einen Nuklearkrieg für unausweichlich halten, könnten sie Hyperschallgleiter zusammen mit Marschflugkörpern und Cyberoperationen gleichzeitig einsetzen, um Russlands Frühwarnsystem auszuschalten. Im Anschluss könnten die USA sich erhoffen, einen größeren Anteil der russischen weitreichenden Nuklearwaffen zu zerstören, bevor sie gestartet werden können. Kommt Moskau fälschlicherweise zum Schluss, dass Gleitflugraketen im Anflug auf seine Frühwarnradare sind, könnte es dies also als letzten vernehmbaren Vorboten eines amerikanischen Erstschlags interpretieren.

Die Kosten der russischen Kinschal und Zirkon-Systeme sind zwar unbekannt, dürften aber ebenfalls deutlich über den von langsameren Marschflugkörpern und weniger weitreichenden Iskander-Raketen liegen. Vor diesem Hintergrund wirft der mehrfache Einsatz des Kinschal-Systems in Russlands Angriffskrieg gegen die Ukraine Fragen nach der dahinterliegenden Absicht auf. Es ist möglich, dass die russische Führung diese Waffe in erster Linie eingesetzt hat, um Öffentlichkeit und Regierungen in NATO-Staaten und der Ukraine einzuschüchtern. Zweitens ist denkbar, dass die zuständigen russischen Befehlshaber:innen in der konkreten Situation keine anderen geeigneten Waffen zur Verfügung hatten, da Russland bereits viele seiner „günstigeren“ Distanzwaffen verbraucht hatte und einen weiteren Teil für eine mögliche Eskalation des Konflikts zurückhält (Doyle et al. 2022). Im weiteren Verlauf des Konflikts dürfte sich zeigen, ob Russland die Kinschal-Rakete gegen vergleichsweise wenig

beschützte Ziele regelmäßig einsetzt oder die berichteten Einsätze vielmehr einen Test des Systems unter Kampfbedingungen und somit eine Ausnahme darstellten.

Gerade in letzterem Fall würde von Kinschal wie von Zirkon ein erhebliches Eskalationspotenzial ausgehen, da so der Eindruck verstärkt würde, dass sie für die Verwendung gegen ausschließlich hochwertige Ziele vorbehalten sind. Ihr Einsatz würde demnach mindestens die Erwartung von weiteren Angriffen gegen wichtige NATO-Ziele in Europa schüren. Darüber hinaus könnte ein Angriff auf die regionale Raketenabwehr auch als Vorbereitung auf einen Erstschlag gegen das US-amerikanische Festland gelesen werden.<sup>8</sup>

Sowohl die USA als auch Russland könnten somit den Einsatz der gegnerischen Hyperschallwaffen als vermeintlichen Vorboten eines strategischen Angriffs oder zumindest eines erheblichen Eskalationsschritts missverstehen. Die angegriffene Seite könnte auf eine solche fehlinterpretierte Warnung („misinterpreted warning“ Acton 2018: 58) reagieren, indem sie versucht den erwarteten Folgeangriff abzuschrecken oder seine Konsequenzen abzufedern. Hierzu könnte sie etwa gegnerische Antisatellitenwaffen angreifen oder mit einem Atomwaffeneinsatz drohen und damit wiederum weitere Eskalationsschritte der Gegenseite auslösen (Acton 2018: 58).

## 4 Gefahren eines Hyperschall-Wettrüstens

Eine weitere Gefahr neben den oben genannten Eskalationsrisiken ist die eines unkontrollierten Wettrüstens. In Teilen nimmt ein neues Wettrüsten zwischen Russland und der NATO bereits Fahrt auf, da erste Kinschal-Regimente schon einsatzfähig sind. Die Stationierung von Hyperschallwaffen in Europa oder auf Plattformen, die Europa innerhalb kurzer Zeit erreichen können, würde Rüstungsdynamiken befördern. Um einen möglichen Hergang eines Hyperschall-Wettrüstens zu skizzieren, bietet es sich an, die gegenseitigen Bedrohungswahrnehmungen zu analysieren.

In einem begrenzten Konflikt kann Russland sein Kinschal-System gegen logistische Knotenpunkte, Kommando- und Kontrollzentren sowie mobile Abschussrampen für Flugabwehr- und Boden-Boden-Raketen der NATO einsetzen. Zirkon-Marschflugkörper können in Zukunft die Seeverlegung von NATO-Streitkräften in den Konfliktschauplatz unterbinden. Damit kann sich Moskau erhoffen, NATO-Verstärkungseinheiten aus dem Konfliktgebiet rauszuhalten und das lokale Kräfteverhältnis in einem begrenzten Konflikt zu seinen Gunsten zu beeinflussen.<sup>9</sup> Abgesehen von Kinschal und Zirkon kann Russland hierfür unter anderem auf mobile, landgestützte Kurz- und Mittelstreckenwaffen sowie Flugabwehrraketen setzen. Diese Systeme sind aufgrund ihrer Mobilität vor bisherigen konventionellen Präzisionswaffen der NATO geschützt.

Zwar könnten sowohl Russland als auch die USA zeitkritische Ziele innerhalb weniger Minuten bereits mit atomar bestückten ballistischen Raketen angreifen, ein solcher Angriff würde jedoch einen seit 1945 beispiellosen Eskalationsschritt bedeuten. Zudem geben die Doktrinen beider Nationen einen eingehenden atomaren Angriff explizit als möglichen Auslöser für den Einsatz der eigenen Nuklearstreitkräfte an (U.S. Department of Defense 2018: 21; The Ministry of Foreign Affairs of the Russian Federation 2020). Bei einem konventionellen Angriff wäre die erwartete Reaktion hingegen weniger eindeutig und die Last der Eskalation über die „nukleare Schwelle“ läge bei der Gegenseite (Brustlein 2015: 45). Russische Militärs erklären, dass jeder Raketenangriff auf russisches Gebiet unabhängig von seiner Sprengladung einen nuklearen Gegenschlag zur Folge hätte (Isachenkov 2020). Dennoch zeigt sich Moskau besorgt über die weitreichenden konventionellen Präzisionswaffen der USA, gerade weil es

diese als vermeintlich verwendbarer ansieht (Acton 2015a). Ähnlich behält sich Washington einen nuklearen Ersteinsatz bei einem signifikanten nichtnuklearen strategischen Angriff vor (U.S. Department of Defense 2018: 21). In jedem Fall gilt die Androhung eines konventionellen Raketenschlags jedoch als glaubwürdiger als eine nukleare Drohung (Brustlein 2015).

Die USA sind bei konventionellen Präzisionsschlägen aus sicherer Entfernung bisher auf vergleichsweise langsame Marschflugkörper angewiesen. Ein Tomahawk-Marschflugkörper benötigt für seine maximale Reichweite von 1.600 km fast zwei Stunden und bietet den russischen mobilen Einheiten damit Zeit, um ihre Position zu ändern, sich zu tarnen oder ggf. hinter Schutzvorrichtungen zurückzuziehen.<sup>10</sup> Darüber hinaus fürchten US-Militärstrateg:innen, dass immer modernere Flugabwehrsysteme Marschflugkörper künftig leichter abfangen können (Wilkening, 2019). Für Russland schließen die Kinschal- und Zirkon-Systeme eine ähnliche Fähigkeitslücke, da es für Ziele im Mittelstreckensegment bisher auf Marschflugkörper mit Unterschallgeschwindigkeit zurückgreifen musste (CSIS Missile Defense Project 2018; Hoffmann 2021a: 28).<sup>11</sup>

Gegenüber Marschflugkörpern, die unter Schallgeschwindigkeit fliegen, bieten Hyperschallwaffen Vorteile bei der Bekämpfung von mobilen Streitkräften, da sie ihr Ziel in kürzerer Zeit erreichen. Zudem erhoffen sich US-Verteidigungsplaner, dass die Hyperschallgleiter feindliche Flugabwehrsysteme noch auf lange Zeit vor Herausforderungen stellen werden (Wilkening 2019). Durch das Aufkommen von hypersonischen Marsch- und Gleitflugkörpern sowie aeroballistischen Raketen entstehen somit signifikante militärische Verwundbarkeiten für mobile und beschützte Streitkräfte beider Seiten.

Um ihre relative Verwundbarkeit zu minimieren, bauen beide Seiten jeweils ihre offensiven und defensiven militärischen Fähigkeiten aus. Dieser Ausbau findet bisher vor allem qualitativ und auf taktischer Ebene – teilweise aber auch im strategischen Bereich – statt. Neben neuen Waffensystemen wie Kinschal und Zirkon hat Russland etwa aufblasbare Attrappen, Rauchvorhänge und Tarndecken zum Schutz seiner taktischen Streitkräfte entwickelt (Mizokami 2016; Stefanovich 2019: 8; Stefanovich 2020: 7). Daneben testet Moskau derzeit sein neues integriertes Flugabwehrsystem S-500, das auch vor „hypersonischen Zielen“ schützen soll (Baklitskiy 2021: 47; TASS 2021). Die Vereinigten Staaten wollen ebenfalls ihre nationale und regionale Raketenabwehr an die von Hyperschallwaffen ausgehende Bedrohung anpassen. Für das Haushaltsjahr 2021 bewilligte der

Kongress mehr als 400 Millionen US-Dollar und beauftragte die Missile Defense Agency damit, geeignete Abfangraketen und satellitengestützte Sensoren zu entwerfen (Bugos/Reif 2021, 10). Ein Bericht vom Center for Strategic and International Studies schlägt zudem einen Mix aus 1) Flugabwehrkomponenten, 2) Täuschungs- und Tarnelementen für potentielle Ziele sowie 3) Offensivwaffen für einen Präemptivschlag als Reaktion auf die Proliferation von Hyperschallwaffen vor (Karako/Dahlgren 2022).

Doch die Rüstungsdynamiken spielen sich nur auf taktischer Ebene ab. Russland sieht einige US-amerikanische konventionelle Präzisionswaffen einschließlich Hyperschallgleiter als potentielle Bedrohung für seine strategischen Abschreckungsstreitkräfte (Baklitskiy 2021). Die LRHW- und IRCPS-Gleitflugraketen haben genügend Reichweite, um von europäischen NATO-Ländern oder den Ozeanen aus Ziele tief im Landesinneren Russlands zu erreichen. Mit hinreichender Präzision könnten sie wichtige Ziele selbst mit konventioneller Sprengladung zerstören (Acton 2015c). Gleichzeitig fallen die LRHW- und IRCPS-Gleiter aber nicht unter den New START-Vertrag, da ihre Reichweite unter 5.500 km liegt. Daher ist Moskau vor einer Überlegenheit der USA im Bereich der konventionellen Präzisionswaffen und insbesondere der Gleitflugraketen besorgt.

Russland entwickelt derzeit eigene Trägersysteme für Nuklearwaffen, die nicht unter New START fallen, wie den nuklear betriebenen Torpedo Poseidon und den nuklear betriebenen Marschflugkörper Burewestnik. Bisher befinden sich diese Systeme noch in der Entwicklungsphase (Notte et al. 2021). Ihre Indienststellung würde die derzeitige Rüstungsdynamik ebenfalls anheizen, da sie strategische Ziele in den Vereinigten Staaten bedrohen würden und rechtlich in unbegrenztem Umfang stationiert werden könnten. Somit droht die andauernde Entwicklung von strategischen Waffen, die jedoch nicht von New START gedeckt sind, die Rüstungskontrollarchitektur zu untergraben.

Es ist offen, ob Russland und die USA diesen Spielraum tatsächlich ausnutzen werden. Doch der gegenwärtige Trend zeigt eindeutig in diese Richtung. Der ungelöste Streit um den INF-Vertrag und Russlands dauerhafte Stationierung von Iskander-Kurzstreckenraketen in Kaliningrad haben die Rüstungsdynamik in den letzten Jahren bereits verstärkt. Bisher gibt es keine Berichte, nach denen die NATO die Stationierung eigener landgestützter Mittelstreckenraketen ernsthaft in Erwägung zieht. Die Anzeichen, dass sich diese Haltung in Anbetracht

der erhöhten Bedrohung durch Russland ändern könnte, mehrten sich jedoch zuletzt. So hat die US Army im November 2021 das 56. Artilleriekommando in Mainz-Kastel reaktiviert (Dickey 2021). Diese Einheit führte in den 1980er Jahren die nuklear bestückten Mittelstreckenraketen Pershing-II und bodengestützte Marschflugkörper. Eine vom US-Kongress mandatierte, überparteiliche Kommission empfiehlt den Kongressabgeordneten darüber hinaus, Haushaltsmittel bereitzustellen, um zu erörtern, welche Bündnispartner bereit wären, amerikanische Mittelstreckenraketen auf ihrem Territorium stationieren zu lassen (U.S.-China Economic and Security Review Commission 2021: 342).

## 5 Optionen für die Rüstungskontrolle

Rüstungskontrollpolitische Maßnahmen sollten erstens darauf abzielen, Eskalationsrisiken beim Einsatz von Hyperschallwaffen zu minimieren und zweitens ein drohendes Wettrüsten abzuwenden. Dieser Abschnitt widmet sich zunächst geeigneten Maßnahmen zur Risikoreduzierung. Anschließend stellt er mögliche Schritte zur Einhegung eines Rüstungswettlaufs im Bereich der Hyperschallwaffen in Europa vor: kurzfristig ein System aufeinander aufbauender, informeller Stationierungsmoratorien und mittelfristig die Einbeziehung hypersonischer Mittelstreckenwaffen in ein russisch-amerikanisches Rüstungskontrollabkommen.

Die Eskalationsrisiken im Zusammenhang mit Hyperschallwaffen sind größtenteils technisch bedingt. Taktische Vorwarnung und Zielambiguität sind inhärent mit der Antriebsform bzw. der Manövrierfähigkeit von Hyperschallwaffen verknüpft. Bei hypersonischen Gleitflugkörpern wäre es theoretisch denkbar, das Problem der Zielambiguität durch technische, kooperative Maßnahmen zu reduzieren. So ließe sich der Schutz von Gleitflugkörpern vor der extremen Hitze während des Gleitflugs limitieren. Dies könnte die Dicke der thermischen Schutzschicht auf der Oberfläche der Flugkörper oder auch aktive Kühlmaßnahmen, die den Flugkörper von innen abkühlen, betreffen. Somit ließe sich die Distanz, die ein Hyperschallgleiter innerhalb der Erdatmosphäre fliegen kann, begrenzen. Da Gleitflugkörper außerhalb der Erdatmosphäre keinen Auftrieb erhalten, so der zugrundeliegende Gedankengang, sind sie nach Brennschluss der Antriebsrakete bis zum Wiedereintritt in die Erdatmosphäre nicht manövrierfähig. Durch eine Begrenzung der Gleitflugdistanz ließe sich demnach auch die Fläche abseits der linearen Flugbahn begrenzen, die der Gleiter erreichen kann.

Zwei Einwände sprechen jedoch gegen diesen Ansatz. Erstens schafft eine Reduzierung der Gleitflugfähigkeit das Problem der Zielambiguität nicht aus der Welt. Horizontale Lenkmanöver von nur wenigen Grad zu Beginn der Gleitphase können selbst bei relativ kurzen inneratmosphärischen Flugdistanzen den Einschlagpunkt um mehrere Hundert Kilometer verschieben. Zweitens könnten die USA auf eine Begrenzung der thermischen Schutzfähigkeiten reagieren, indem sie ihre Gleiter auf höheren Flugbahnen abschießen. Somit könnten sie die reduzierte Gleitflugfähigkeit mit einer verlängerten Flugdistanz außerhalb der

Erdatmosphäre kompensieren.<sup>12</sup> Damit wären jedoch insbesondere die U-Boot-gestützten Gleitflugraketen der USA weniger eindeutig von nuklear bestückten ballistischen Raketen zu unterscheiden. Dementsprechend würde das Risiko steigen, dass Russland fälschlicherweise einen konventionellen Angriff der USA mit Hyperschallgleitern für einen atomaren Angriff mit ballistischen Raketen hält und demnach mit einem nuklearen Vergeltungsschlag reagiert. Eine technische Begrenzung der Manövrierfähigkeit von Hyperschallgleitern erscheint also nicht praktikabel. Zielambiguität dürfte daher als inhärente Eigenschaft von Hyperschallwaffen bis auf weiteres fortbestehen.<sup>13</sup>

Um das daraus resultierende Eskalationsrisiko dennoch zu minimieren, sollten Russland und die Vereinigten Staaten sich um eine Reduzierung der deklaratorischen Ambiguität bemühen. Als erster Schritt müssen sich Russland und die USA gemeinsam mit ihren Bündnispartnern klarmachen, welche militärischen Zwecke ihre Hyperschallsysteme realistisch erfüllen können und sollen. Für Verteidigungsplaner:innen mag es zunächst attraktiv erscheinen, Hyperschalltechnologie als eine Art Allzweckwaffe zu präsentieren. So könnten sie hoffen, eine Bandbreite von taktischen wie strategischen Bedrohungen abzuschrecken. Tatsächlich dürften Befehlshaber:innen jedoch selbst davor zurückschrecken, ihre Gleitflugraketen gegen taktische Ziele einzusetzen, wenn die Gegenseite dadurch einen strategischen Angriff antizipieren und dementsprechend reagieren könnte.

Die bisherige Ambiguität lässt sich damit rechtfertigen, dass die Erklärungen sich zumeist auf Hyperschalltechnologie im Abstrakten statt auf konkrete Waffensysteme beziehen. In der Tat können aus der Technologie sowohl taktisch als auch strategisch einsetzbare Waffensysteme hervorgehen. Die möglichen Einsatzzwecke konkreter Systeme sollten beide Seiten jedoch in der öffentlichen Rhetorik wie in den operativen Planungen klarer formulieren.

Sobald die USA und Russland jeweils für sich die Rollen ihrer Hyperschallsysteme definiert haben, sollten sie in einen Dialog treten. Somit können beide Seiten das gegenseitige Verständnis der Funktionen und Fähigkeiten ihrer Waffensysteme befördern und Fehleinschätzungen im Konfliktfall vorbeugen. Darüber hinaus könnten Militärs aus Russland und den Vereinigten Staaten gemeinsame Planübungen, die einen begrenzten Konflikt simulieren, durchführen. Diese Simulationen böten den Teilnehmer:innen eine Gelegenheit, zu erkunden, wie die Stationierung und der Einsatz von Hyperschallwaffen Entscheidungsprozesse

beeinflussen und Eskalationsmechanismen auslösen können. Angesichts des Kriegs in der Ukraine dürften solche gemeinsamen Planübungen vorerst jedoch politisch nicht gangbar sein. Alternativ könnten unabhängige Expert:innen für Waffensysteme und Militärdoktrinen solche Planübungen durchführen (Track-2-Diplomatie).<sup>14</sup> Zu einem späteren, politisch opportunerem Zeitpunkt könnten Regierungskonsultationen auf diesen Erfahrungen aufbauen.

Die oben genannten Maßnahmen – unilaterale Klarstellungen über den Einsatzzweck von Hyperschallwaffen und Planübungen im Track-2-Format – können in Friedenszeiten ein besseres Verständnis der Gegenseite befördern und deklaratorische Ambiguität verringern. Damit bilden sie wichtige Grundlagen, um unbeabsichtigter Eskalation beim Einsatz von Hyperschallwaffen vorzubeugen. Washington und Moskau sollten dieses Fundament mit zusätzlichen Maßnahmen für verbessertes Krisenmanagement flankieren.

Auf unilateraler Basis sollten beide Seiten sicherstellen, dass die Befehlshaber:innen über die Hyperschallsysteme, ein adäquates Lagebewusstsein haben und die möglichen Folgen ihres Einsatzes richtig einschätzen können. Für Waffensysteme, die strategisch wichtige Ziele bedrohen und eine nukleare Eskalation auslösen können, sollte daher die Befehlsgewalt zentral bei der US-amerikanischen Nationalen Kommandobehörde bzw. ihrem russischen Äquivalent liegen. Aktuell liegt in Russland das Kommando über konventionelle und dual-fähige Präzisionswaffen mit Reichweiten zwischen 500 und 2.000 km normalerweise bei den Kommandeuren in den Militärbezirken (Johnson 2018: 74). Für Russland würde diese Maßnahme also eine Anpassung der Kommando- und Kontrollstruktur erfordern.

Schließlich sollten beide Staaten in Krisen die Kommunikationsleitung zwischen den militärischen Führungen („Hotline“) nutzen, um beim Einsatz von Hyperschallwaffen mit mittleren Reichweiten die zugrundeliegende Absicht und den Umfang der Operation zu kommunizieren. Die Ankündigung von Militärschlägen zur Eskalationsvorbeugung wäre kein Novum. So haben die USA 2017 den Einsatz von Marschflugkörpern gegen einen syrischen Luftstützpunkt als Reaktion auf einen mutmaßlichen Chemiewaffeneinsatz durch das Assad-Regime beim russischen Militär angekündigt. Dadurch konnten die USA die Gefahr für russische Truppen und/oder Militärberater auf der Militärbasis minimieren und einen heißen Konflikt zwischen Russland und den USA weitestgehend ausschließen (Wiegold 2017).<sup>15</sup>

Die oben genannten Schritte können das Potenzial für Fehleinschätzungen nicht umfänglich beseitigen. Sie können jedoch immerhin eine Vertrauens- und Transparenzbasis schaffen und in Krisensituationen Möglichkeiten bieten, um Worst-Case-Annahmen zu zerstreuen. Damit können Washington und Moskau das Risiko unbeabsichtigter Eskalation beim Einsatz von hypersonischen Gleitflugkörpern, Marschflugkörpern und aeroballistischen Raketen immerhin reduzieren.

Wie in Abschnitt vier erläutert besteht neben der Eskalationsgefahr zudem das Risiko, dass die unbeschränkte Dislozierung von Hyperschallsystemen bestehende Rüstungsdynamiken zusätzlich anheizt. Daher sollten beide Seiten weitere Bemühungen unternehmen und damit gegenseitige Befürchtungen, ins Hintertreffen zu geraten, entschärfen. Die aktuelle Rüstungsdynamik äußert sich vor allem in der Entwicklung von neuartigen Trägersystemen und (noch) nicht in deren Stationierung. Für Moskau und Washington bietet es sich daher an, zunächst eine Reihe miteinander verwobener Moratorien über die Stationierung von hypersonischen Mittelstreckenwaffen zu vereinbaren.

Russlands Präsident Wladimir Putin hat bereits nach der Aufkündigung des INF-Vertrags durch den damaligen US-Präsidenten Donald Trump ein Moratorium für die Stationierung von bodengestützten Mittelstreckenraketen wiederholt ins Spiel gebracht (Team of the Official Website of the President of Russia 2019; 2020). Je nach konkreter Ausgestaltung könnte eine solche Vereinbarung neben ballistischen Raketen und Marschflugkörpern auch das US-amerikanische LRHW-System und Russlands bodengestützte Zirkon-Variante umfassen.

In der Vergangenheit haben die NATO-Staaten sich jedoch skeptisch gezeigt, da Russland aus ihrer Sicht Vertragsverletzungsvorwürfe schon unter dem INF-Vertrag nicht glaubwürdig entkräften konnte (Reif/Bugos 2020). Im Januar 2022 signalisierten die USA und die anderen NATO-Staaten schließlich Gesprächsbereitschaft über INF-Waffen (NATO, 2022). Bevor die beiden Seiten in einen Dialog treten konnten, um Details wie den genauen Umfang des Moratoriums und Verifikationsmechanismen zu besprechen, begann Russland jedoch seinen Angriffskrieg gegen die Ukraine.

Auf absehbare Zukunft mag es schwer vorstellbar sein, dass der Westen trotz des Kriegs in der Ukraine mit Präsident Putin Fragen von gemeinsamem Interesse diskutiert. Ein Moratorium für die Stationierung von bodengestützten

Mittelstreckenwaffen bedeutet jedoch kein Zugeständnis an den Kreml, da es auch russische Fähigkeiten limitiert. Vielmehr ist es als kooperative Maßnahme zu verstehen, die dazu beiträgt, ein drohendes Wettrüsten abzuwenden. Damit würde es einer weiteren Zuspitzung der Bedrohungswahrnehmungen für beide Seiten vorbeugen.

Aufbauend auf einem Post-INF-Moratorium, das sich zunächst auf landgestützte Systeme beschränkt, sollten Russland und die Vereinigten Staaten Schritte zur Begrenzung von Hyperschallwaffen auf Flugzeugen und Überwasserschiffen unternehmen. Konkret sollten die beiden Seiten vereinbaren, dass Russland seine Kinschal-Bestände auf dem aktuellen Level einfriert und die Vereinigten Staaten dieselbe Obergrenze für ihre ARRW-Gleitflugkörper einhalten. Darüber hinaus sollten Moskau und Washington vereinbaren, ihre Kinschal-fähigen MiG-31 Abfangjäger und Tu-22M3M Bomber bzw. ihre ARRW-fähigen B-52H Bomber nicht zwischen dem Atlantischen Ozean und dem Ural zu stationieren.

Zur Verifikation können die entsprechenden Flugzeuge mit funktionsbezogenen, beobachtbaren Unterschieden (FBUs) versehen werden. FBUs fanden bereits bei der Überprüfung des START-Vertrags Anwendung. So erhielten nuklearfähige US-Bomber an ihrer Außenwand Metallplatten, aufgrund ihrer Form Haiflossen genannt. Diese Flossen waren für Beobachtungssatelliten erkennbar und halfen somit der russischen Seite, nuklearfähige von ausschließlich konventionell einsetzbaren Bombern zu unterscheiden (Johnston 2021).

Auch Überwasserschiffe lassen sich mit FBUs ausstatten (Baklitskiy, 2021: 49). Moskau und Washington könnten einander demnach über die Anzahl an Abschussvorrichtungen für ihre Hyperschallsysteme auf den Überwasserschiffen unterrichten. Anhand dieser Information und mithilfe der FBUs können beide Seiten ermitteln, wo die Gegenseite hyperschallwaffenfähige Überwasserschiffe disloziert hat und wie viele Hyperschallwaffen die Schiffe maximal führen.

Ein verifizierbares Moratorium für die Stationierung U-Boot-gestützter IRCPS-Gleitflugraketen und Zirkon-Marschflugkörper würde hingegen intrusive Vor-Ort-Inspektionen erfordern. Kurzfristig könnten Russland und die Vereinigten Staaten sich dennoch auf einen Datenaustausch einigen und einander regelmäßig über die Anzahl der dislozierten IRCPS- und Zirkon-Systeme auf U-Booten benachrichtigen.<sup>16</sup> Da die beiden Staaten die Anzahl der U-Boot-gestützten Waffen nicht überprüfen können, bieten diese Maßnahmen noch erhebliche

Schlupflöcher. Dennoch können sie dazu beitragen, Worst-Case-Annahmen zu zerstreuen, und den Weg für weitergehende Rüstungskontrollvereinbarungen ebnen.

Mittelfristig sollten Russland und die Vereinigten Staaten anstreben, Waffensysteme mit Reichweiten zwischen 500 und 5.500 km, die mit mehr als fünffacher Schallgeschwindigkeit fliegen, unabhängig von ihrer Sprengladung zu begrenzen. Beide Seiten hätten somit eine höhere Planungssicherheit und der Druck, Rüstungsvorhaben in verwandten Bereichen zu verfolgen, würde zumindest abnehmen. Ein Folgeabkommen auf New START sollte dementsprechend die geplanten US-amerikanischen ARRW-, LRHW- und IRCPS-Systeme sowie die russischen Kinschal- und Zirkon-Systeme miteinbeziehen.

Hierfür bietet sich ein flexibler und asymmetrischer Ansatz an (Williams 2019). Dies könnte zum Beispiel bedeuten, dass die Vertragsstaaten innerhalb der Obergrenzen die genaue Zusammensetzung ihrer Streitkräfte unterschiedlich ausgestalten können. Die Berechnungsregeln könnten darüber hinaus so ausgestaltet werden, dass sie eine geringere Rolle von Nuklearwaffen in den Verteidigungsstrategien der USA und Russland befördern. So könnte etwa ein konventionelles Hyperschallsystem mit einem kleineren Faktor als ein nuklearfähiges Trägersystem verrechnet werden. Dies würde für beide Seiten einen Anreiz bieten, konventionelle Waffen für Missionen vorzusehen, denen bisher Atomwaffen zugeteilt waren.

Ausschlaggebend für die genaue Berechnung des Faktors, mit dem konventionelle Waffensysteme in die erlaubten Bestände zählen, sollten ihre Reichweite sowie ihr Counterforce-Koeffizient sein (Hoffmann 2021b). Dieser Koeffizient gibt die Anwendbarkeit einer spezifischen konventionellen Waffe in einem Angriff auf die gegnerischen Nuklearstreitkräfte an. Demnach könnte eine konventionelle Waffe mit einem Counterforce-Koeffizienten von eins genauso viele sogenannte „harte Ziele“ (z. B. Raketensilos oder Kommando- und Kontrollzentren) innerhalb ihrer Reichweite zerstören wie eine Atomwaffe.<sup>17</sup> Maßgeblich für den Counterforce-Koeffizienten einer konventionellen Waffe sind dabei der Sprengkopf, die kinetische Energie, die Sprengladung und die Treffgenauigkeit (Hoffmann 2021b, 7).

Optimistisch gesehen könnte die Begrenzung von konventionellen Hyperschallwaffen mittlerer Reichweite einen Ausweg aus dem derzeitigen Stillstand in der

nuklearen Rüstungskontrolle ermöglichen. Angesichts der wachsenden internationalen Spannungen sind die Aussichten auf weitere Einschnitte in die Nuklearwaffenarsenale schlecht (Hadley 2022a). Eine Möglichkeit wäre es jedoch, den Umfang der anzurechnenden Systeme bei gleichen Obergrenzen zu erweitern. Da die USA und Russland bisher noch keine bzw. nur sehr wenige einsatzfähige Hyperschallsysteme haben, würde deren Einbeziehung zunächst auch keine bzw. nur entsprechend geringe Einschnitte in ihre Nuklearwaffenarsenale erfordern. In Zukunft wären die beiden Seiten jedoch gezwungen, die Zahl ihrer einsatzfähigen Atomwaffen zu reduzieren, um neue Gleitflugkörper, Hyperschallmarschflugkörper oder aeroballistische Raketen in ihre Streitkräfte einzuführen (Williams 2019: 807).<sup>18</sup>

2021 nahmen Russland und die USA einen Dialog über strategische Stabilität (strategic stability dialogue, oder auch SSD) in Genf auf, um Möglichkeiten der bilateralen Rüstungskontrolle nach dem Ablauf des New START-Abkommens 2026 zu besprechen (U.S. Department of State 2021). Der russische stellvertretende Außenminister Sergej Rjabkow erklärte dabei, dass Russland auch nicht-nukleare Waffen mit potentiell strategischer Wirkung in ein künftiges Rüstungskontrollregime einbeziehen will (Rjabkow 2021). Im US-Kongress traf bereits die Einbeziehung konventioneller Langstreckenwaffen in New START auf Skepsis (Woolf 2020: 45–46).

Unter der Voraussetzung, dass beide Regierungen politischen Willen zeigen, bieten die unterschiedlichen Interessenlagen und asymmetrischen Verhandlungsmassen dennoch Potenzial für konstruktive Kompromisse. Im Rahmen des SSD haben Moskau und Washington zwei Arbeitsgruppen ins Leben gerufen, von denen sich eine mit Fähigkeiten und Handlungen mit strategischen Auswirkungen befasst (U.S. Department of State 2021). Dies legt nahe, dass der Umfang eines künftigen Rüstungskontrollabkommens immerhin Verhandlungsgegenstand werden dürfte. Sofern beide Seiten trotz Russlands Invasion der Ukraine den SSD wiederaufnehmen, kann ein quantitatives Wettrüsten im Bereich der Hyperschallwaffen somit durchaus abgewendet werden.

## 6 Fazit

Mit der fortschreitenden Entwicklung von Gleitflugraketen, hypersonischen Marschflugkörpern und aeroballistischen Raketen steigen gegenseitige Bedrohungswahrnehmungen zwischen den NATO-Staaten und Russland. Washington und Moskau wähen sich in einem neuen Rüstungswettlauf. Beide wenden enorme Ressourcen auf, um das vermeintliche Potenzial der neuartigen Waffensysteme für sich zu nutzen, und fürchten, der anderen Seite bei eigener Zurückhaltung einen technologischen Vorsprung zu überlassen. Militärstrateg:innen erwarten, dass Hyperschallwaffen bisher beschützte und schwer erreichbare Ziele bedrohen können. Besonders die konventionellen und dual-fähigen Hyperschallwaffen mittlerer Reichweite sollen eine bisherige Fähigkeitslücke in der Kriegführung und Abschreckung schließen. Im Vergleich zu atomar bestückten ballistischen Raketen gelten diese Systeme zudem als verwendbarer. Da sie in Europa stationiert und auch eingesetzt werden könnten, haben diese Mittelstreckenwaffen aus europäischer Sicht eine besondere Relevanz und liegen daher im Fokus des vorliegenden Research Reports.

Spätestens durch den Krieg in der Ukraine ist die Vorstellung eines heißen Konflikts zwischen der NATO und Russland unverhofft greifbar geworden. In einem solchen Szenario könnte der Einsatz von Hyperschallwaffen zu fatalen Fehleinschätzungen führen, da die betroffene Seite das Ziel und die Folgen des Angriffs leicht überschätzen und dementsprechend übermäßig reagieren kann. Dieses Eskalationspotenzial ist das Produkt von taktischer Vorwarnung und Zielambiguität und wird durch deklaratorische Ambiguität und die hohen Stückkosten von Hyperschallwaffen potenziert. Konkret können diese Faktoren dazu führen, dass die angegriffene Seite das Signal seines Frühwarnsystems über eine heranziehende Hyperschallwaffe als vermeintlichen Vorboten eines strategischen Angriffs interpretiert. Um diesen erwarteten Angriff zu unterbinden oder abzuschrecken, könnte sie mit einem weitgehenden nichtnuklearen Angriff reagieren oder gar mit dem Einsatz von Atomwaffen drohen und somit zur weiteren Eskalation beitragen.

Zudem bahnt sich nach der Entwicklung der neuartigen Trägersysteme in den nächsten Jahren auch ihre zunehmende Indienststellung an. Russland hat seine Kinschal-Rakete bereits in der Ukraine eingesetzt. Weitere aeroballistische Raketen, hypersonische Marschflugkörper und Gleitflugraketen könnten bald in Europa oder zumindest auf Plattformen, die Europa in kurzer Zeit erreichen kön-

nen, stationiert werden. Dies würde zu einer weiteren Verschärfung der ohnehin hohen gegenseitigen Bedrohungswahrnehmungen führen. Bereits jetzt entwickeln beide Seiten neue offensive und defensive, taktische und strategische Waffensysteme, um mögliche resultierende Verwundbarkeiten zu kompensieren. Die Stationierung von Hyperschallwaffen im großen Umfang würde somit ein neues quantitatives Wettrüsten im euro-atlantischen Sicherheitsraum auf mehreren Ebenen nach sich ziehen.

Die von hypersonischen Mittelstreckenwaffen ausgehenden Eskalationsgefahren und die Aussicht auf ein Wettrüsten in diesem Bereich erfordern neue Ansätze in der Rüstungskontrolle. Auf absehbare Zeit wird es keine technischen Mittel geben, mit denen sich die problematische Kombination aus taktischer Vorwarnung und Zielambiguität aus der Welt schaffen ließe. Dennoch können transparenz- und vertrauensbildende Maßnahmen die deklaratorische Ambiguität verringern und das Potenzial für folgenschwere Fehleinschätzungen minimieren. Hierzu sollten Russland und die USA zunächst einmal die möglichen Einsatzszenarien ihrer Hyperschallwaffen ausreichend spezifizieren. Da bilaterale Konsultationen über die Einsatzzwecke der Waffensysteme vorerst politisch nicht gangbar sein dürften, ist der Austausch hierüber zwischen Akteur:innen aus der Wissenschaft und Zivilgesellschaft (Track-2-Diplomatie) umso gefragter. Darüber hinaus sollten Moskau und Washington bestehende Hotlines zwischen ihren militärischen Führungen im Fall eines Hyperschallwaffeneinsatzes nutzen, um zu vermeiden, dass die Gegenseite einen solchen Einsatz als Vorboten eines strategischen Angriffs fehlinterpretiert. Schließlich sollten beide Seiten sicherstellen, dass die relevanten Befehlshaber:innen die mit dem Einsatz von Hyperschallwaffen verbundenen Risiken korrekt einschätzen können. Dafür empfiehlt es sich, die Befehlsgewalt über diese Waffensysteme zentral auf höchster Ebene anzusiedeln.

Weitere Maßnahmen sind erforderlich, um einem Hyperschallwettrüsten in Europa vorzubeugen. Kurzfristig bieten sich hierfür Moratorien für die Stationierung von landgestützten Mittelstreckensystemen sowie von hyperschallwaffenfähigen Flugzeugen und Überwasserschiffen in Europa an. Da die Abwesenheit von U-Booten mit IRCPS-Raketen und Zirkon-Marschflugkörpern nicht ohne intrusive Vor-Ort-Inspektionen zu verifizieren wäre, ist dieser Ansatz jedoch zwangsläufig lückenhaft.

Mittelfristig müssen Moskau und Washington Wege finden, um ihre Gleitflugraketen, hypersonischen Marschflugkörper und aeroballistischen Raketen mit mittleren Reichweiten in die bilaterale Rüstungskontrolle zu integrieren. Abhängig von ihrer Eignung für einen Counterforce-Angriff sollten diese Waffensysteme unterschiedlich gewichtet in die begrenzten Waffenbestände zählen. Die Berechnungsregeln sollten es erst erlauben, neue Hyperschallwaffen in Dienst zu stellen, wenn im Gegenzug Kernwaffen ausgemustert werden. Wenn nuklearfähige Trägersysteme dabei mit einem höheren Faktor als rein konventionelle Waffen verrechnet werden, kann diese Regelung trotz der russisch-amerikanischen Spannungen zu einer Reduzierung der Nuklearwaffenarsenale beitragen.

Russlands Angriffskrieg gegen die Ukraine wirkt sich bereits jetzt auf die sicherheitspolitische Debatte im euro-atlantischen Raum aus und hat letzte Hoffnungen auf ein kooperatives Verhältnis zwischen Russland und dem Westen zunichtegemacht. Angesichts der russischen Aggression drohen die destabilisierenden Auswirkungen neuer Technologien und das anlaufende Wettrüsten in den Hintergrund zu treten. Der Krieg in der Ukraine verschärft diese Gefahren jedoch nur zusätzlich. Daher ist es zwingend erforderlich, dass Russland und die Vereinigten Staaten in enger Abstimmung mit ihren NATO-Verbündeten die Konsultationen zur Rüstungskontrolle und Risikoreduzierung zu einem geeigneten Zeitpunkt wiederaufnehmen. Mögliche Maßnahmen zur Eindämmung der von hypersonischen Mittelstreckenwaffen ausgehenden Gefahren von unbeabsichtigter Eskalation und einem neuen Wettrüsten sollten dabei weit oben auf der Agenda stehen.

## Endnoten

- 1 Der Autor bedankt sich bei Moritz Kütt, Ryan Snyder, Olya Olikier, Dmitry Stefanovich, Cameron Tracy, Fabian Hoffmann, Marina Favaro und Ondřej Rosendorf für die hilfreichen Gespräche und Kommentare. Besonderer Dank geht an Ulrich Kühn, Holger Niemann, Oliver Meier, Alexander Graef und Götz Neuneck für ihre Begutachtung früherer Versionen des Reports. Für die technische Unterstützung bedankt sich der Autor herzlich bei Jochen Rasch und Barbara Renne. Alle verbliebenen Fehler und Unstimmigkeiten sind allein auf den Autor zurückzuführen.
- 2 Ein Präemptivschlag ist ein Angriff mit der Absicht, einen unmittelbar bevorstehenden gegnerischen Angriff zu unterbinden indem man die Waffen des Gegners zerstört, bevor sie starten können oder die Kommando- und Kontrollzentren zerstört, bevor sie die Abschussbefehle ausgeben können.
- 3 Die hier beschriebene schematische Einteilung in ballistische Raketen, aeroballistische Raketen, herkömmliche und hypersonische Marschflugkörper sowie Hyperschallgleiter ist in Realität oft weniger eindeutig. Der Einfachheit halber lässt sie etwa außer Acht, dass auch herkömmliche Marschflugkörper zunächst von einer Trägerrakete beschleunigt werden, bevor sie ihren Flug mit eigenem Antrieb fortsetzen. Auch die Abgrenzung von Gleitflugraketen zu ballistischen Raketen wird bei genauerer Betrachtung unscharf. So waren bereits in den 1980er Jahren US-amerikanische Raketen des Typs Pershing II mit manövrierfähigen Wiedereintrittskörpern ausgerüstet. Für eine Taxonomie, die solche Nuancen ausformuliert, siehe Dunham und Wilson (2020).
- 4 Laut Bugos und Reif (2021) liegt die Fluggeschwindigkeit von ARRW zwischen Mach 6,5 und Mach 8. Für die angegebene Reichweite von 1.600 km würde die Gleitflugrakete somit mindestens 10–12 Minuten benötigen. Es ist unklar, ob es sich bei der oben genannten Geschwindigkeit um den Maximalwert oder den Durchschnittswert handelt. Sollte Mach 6,5–8 die Höchstgeschwindigkeit sein, wäre die Flugdauer und damit die Vorwarnzeit entsprechend höher.
- 5 Konkret käme eine solche Funktion etwa bei einer Invasion der baltischen Staaten durch Russland in Betracht. Um US-Truppen Zugang zum Konfliktschauplatz zu ermöglichen, könnten die USA in diesem Szenario Hyperschallgleiter gegen Teile russischer Flugabwehrsysteme und Seezielwaffen einsetzen.
- 6 Die Aegis-Raketenabwehrsysteme der NATO im Mittelmeer sowie in Rumänien (und demnächst in Polen) sind offiziell nicht darauf ausgelegt, das US-amerikanische Festland vor russischen Interkontinentalraketen zu schützen, sondern lediglich, um einen begrenzten Angriff mit Mittelstreckenraketen auf West- und Mitteleuropa zu stoppen (U.S. Department of Defense 2019). Ende 2020 testeten die Vereinigten Staaten die in Aegis verwendete Abfangrakete jedoch auch gegen einen Dummy-Sprengkopf einer Interkontinentalrakete und erhärtet damit Moskaus langjährigen Verdacht, dass dieses Raketenabwehrsystem auch Russlands Zweitschlagfähigkeit bedrohen könne (Baklitskiy/Cameron/Pifer 2021: 12).
- 7 Unter dem Namen OpFires entwickeln die USA eine günstigere bodengestützte Gleitflugrakete für kürzere Reichweiten als die Long-Range Hypersonic Weapon (LRHW). OpFires dürfte erst mehrere Jahre nach der LRHW einsatzfähig werden und zur Bekämpfung weniger wertvoller Ziele in Frage kommen (Freedberg Jr. 2020). Gleichzeitig werden hochmoderne Flugabwehrsysteme in Zukunft immer leistungsfähiger und weiter verbreitet. Dies dürfte außerdem dazu beitragen, dass die Anzahl an Zielen, die Hyperschallwaffen erfordern, steigen wird.

Auch HACM-Marschflugkörper sollen günstiger ausfallen und könnten daher in entsprechenden Größenordnungen produziert werden. Die USA könnten sie somit zwar kosteneffizient gegen weniger wertvolle Ziele einsetzen. Gleichzeitig wäre ihr Einsatz gegen strategische Ziele im Landesinneren Russlands bei einer kürzeren Reichweite deutlich erschwert.

- 8 Die NATO-Raketenabwehr in Europa ist zwar nicht für den Schutz der USA vor Interkontinentalraketen ausgerichtet, Moskau ist jedoch besorgt, dass es für eine solche Funktion ausgebaut werden könnte (Baklitskiy 2021; Baklitskiy/Cameron/Pifer 2021).
- 9 In der englischsprachigen Literatur wird dieser Ansatz Anti-Access/Area Denial (A2/AD) genannt (Dalsjö/Berglund/Jonsson 2019; Giles/Boulegue 2019).
- 10 Der Marschflugkörper Tomahawk Block IV fliegt mit einer Geschwindigkeit von 880 km/h (Naval Technology 2020). Damit würde er bei gerader Strecke für 1.600 km ungefähr eine Stunde und 49 Minuten benötigen.
- 11 Zusätzlich zu Kinschal und Zirkon entwickelt Russland zudem die landgestützte ballistische Rakete RS-26 mit einer Reichweite zwischen 500 und 5.500 km (Woolf 2019: 16–18).
- 12 Die Reichweite von Raketen hängt neben der Kraft und Brenndauer der Antriebsrakete vor allem vom Winkel der Flugbahn zur Erdoberfläche bei Brennschluss der Antriebsrakete ab. Herkömmliche ballistische Raketen fliegen in einem höheren Bogen als Gleitflugraketen und aeroballistische Raketen.
- 13 Der Autor bedankt sich bei Cameron Tracy für die hilfreichen Kommentare.
- 14 Eine ähnliche Simulation mit Regierungsvertreter:innen aus 16 Staaten fand 2019 beim Institut der Vereinten Nationen für Abrüstungsforschung UNIDIR statt und brachte Erkenntnisse über mögliche Auswirkungen hypersonischer Gleitflugkörper in internationalen Krisen (Borrie/Porras 2019).
- 15 Jüngste Berichte trüben jedoch die Aussichten auf eine reibungslose Umsetzung dieser Maßnahme. Das US-Verteidigungsministerium erklärte im März 2022, dass der russische Verteidigungsminister und der Vorsitzende des Generalstabs die Anrufe, über die ihre amerikanischen Amtskollegen einer unbeabsichtigten Ausweitung des Konflikts vorbeugen wollen, nicht annehmen (Hudson 2022).
- 16 Acton, MacDonald und Vaddi (2020) schlagen einen Datenaustausch mit differenzierter Auflistung für nukleare seegestützte Marschflugkörper, konventionelle seegestützte Marschflugkörper und seegestützte Gleitflugraketen vor.
- 17 Zugegeben ist dieser generische Vergleichswert bei genauer Betrachtung unzulänglich, da Nuklearwaffen selbst in ihrer Treffgenauigkeit und Sprengkraft und somit in ihrer Fähigkeit, gehärtete Ziele zu zerstören, variieren.
- 18 Ein willkommener Nebeneffekt wäre zudem, dass ein Rüstungskontrollregime, das auch Mittelstreckensysteme mit mehr als fünffacher Schallgeschwindigkeit limitiert, für China attraktiv sein könnte und somit einen Einstieg in die Multilateralisierung der Rüstungskontrolle ermöglicht (Arbatov 2020).

## Literatur

**Acton, James M.** (2015a). Russia and Strategic Conventional Weapons. *The Nonproliferation Review* 22 (2): 141–154.

**Acton, James M.** (2015b). Hypersonic Boost-Glide Weapons. *Science & Global Security* 23 (3): 191–219.

**Acton, James M.** (2015c). Supplement to Hypersonic Boost-Glide Weapons. *Science & Global Security* 23 (3). [https://www.tandfonline.com/doi/suppl/10.1080/08929882.2015.1087242/suppl\\_file/gsgs\\_a\\_1087242\\_sm8006.pdf](https://www.tandfonline.com/doi/suppl/10.1080/08929882.2015.1087242/suppl_file/gsgs_a_1087242_sm8006.pdf) (abgerufen am 16. April 2021).

**Acton, James M.** (2018). Escalation through Entanglement: How the Vulnerability of Command-and-Control Systems Raises the Risks of an Inadvertent Nuclear War. *International Security* 43 (1): 56–99.

**Acton, James M., Thomas D. MacDonald & Pranay Vaddi** (2020). Revamping Nuclear Arms Control: Five Near-Term Proposals. New York: Carnegie Endowment for International Peace. <https://carnegieendowment.org/2020/12/14/revamping-nuclear-arms-control-five-near-term-proposals-pub-83429> (abgerufen am 9. Januar 2021).

**Arbatov, Alexey** (2020). Trilateral Nuclear Arms Control: A Russian Assessment. In: Kühn, Ulrich (Hrsg.): *Trilateral Nuclear Arms Control? Perspectives From Washington, Moscow, and Beijing*. Hamburg: IFSH. <https://ifsh.de/en/publications/research-report/research-report-002> (abgerufen am 09. April 2021).

**Baklitskiy, Andrey** (2021). Solving the Strategic Equation: Integrating Missile Defense and Conventional Weapons in U.S.–Russian Arms Control. *Journal of International Analytics* 11 (4): 39–55.

**Baklitskiy, Andrey, James Cameron & Steven Pifer** (2021). Missile Defense and the Offense-Defense Relationship. Deep Cuts Working Paper. Hamburg: IFSH. [https://deepcuts.org/images/PDF/DeepCuts\\_WP14.pdf](https://deepcuts.org/images/PDF/DeepCuts_WP14.pdf) (abgerufen am 16. Mai 2022).

**Borrie, John & Daniel Porras** (2019). The Implications of Hypersonic Weapons for International Stability and Arms Control: Report on a UNIDIR Turn-Based Exercise. Genf: United Nations Institute for Disarmament Research. <https://www.unidir.org/publication/implications-hypersonic-weapons-international-stability-and-arms-control-report-unidir> (abgerufen am 13. Juni 2022).

**Borrie, John, Amy Dowler & Pavel Podvig** (2019). Hypersonic Weapons: A Challenge and Opportunity for Strategic Arms Control. New York: UNIDIR. <https://doi.org/10.37559/WMD/19/hypson1> (abgerufen am 2. April 2021).

**Bosbotinis, James** (2020). Options for a UK Hypersonic Weapons Capability. *Defence IQ*. <https://www.defenceiq.com/air-land-and-sea-defence-services/articles/options-for-a-uk-hypersonic-weapons-capability> (abgerufen am 4. Januar 2022).

**Brustlein, Corentin** (2015). Conventionalizing deterrence?: U.S. prompt strike programs and their limits. *Proliferation Papers*. Paris: Institut Français des Relations Internationales. <http://www.ifri.org/sites/default/files/atoms/files/pp52brustlein.pdf> (abgerufen am 1. April 2021).

**Bugos, Shannon & Kingston Reif** (2021). Understanding Hypersonic Weapons: Managing the Allure and the Risks. Washington, D.C.: Arms Control Association. [https://www.armscontrol.org/sites/default/files/files/Reports/ACA\\_Report\\_HypersonicWeapons\\_2021.pdf](https://www.armscontrol.org/sites/default/files/files/Reports/ACA_Report_HypersonicWeapons_2021.pdf) (abgerufen am 19. Oktober 2021).

**Capaccio, Tony** (2021). Hypersonic sticker shock: US weapons may run up to \$106 million each. Stars and Stripes. 12. November. <https://www.stripes.com/theaters/us/2021-11-12/hypersonic-weapons-budget-106-million-each-pentagon-3596860.html> (abgerufen am 17. November 2021).

**Cimbala, Stephen J. & Adam Lowther** (2022). Hypersonic Weapons and Nuclear Deterrence. Comparative Strategy: online first. **CSIS Missile Defense Project** (2018). Missiles of Russia. Missile Threat. 14. Juni. <https://missilethreat.csis.org/country/russia/> (abgerufen am 18. Juni 2021).

**Cummings, Alan** (2019). Hypersonic Weapons: Tactical Uses and Strategic Goals. War on the Rocks. 12. November. <https://warontherocks.com/2019/11/hypersonic-weapons-tactical-uses-and-strategic-goals/> (abgerufen am 28. Januar 2021).

**Dalsjö, Robert, Cristofer Berglund & Michael Jonsson** (2019). Bursting the Bubble? Russian A2/AD in the Baltic Sea Region: Capabilities, Countermeasures, and Implications. Stockholm: Swedish Defence Research Agency. <http://muep.mau.se/handle/2043/30208> (abgerufen am 14. Juli 2021).

**Dickey, Connie** (2021). 56th Artillery Command re-activates as Theater Fires Command in Wiesbaden. U.S. Army. 8. November. [https://www.army.mil/article/251803/56th\\_artillery\\_command\\_re\\_activates\\_as\\_theater\\_fires\\_command\\_in\\_wiesbaden](https://www.army.mil/article/251803/56th_artillery_command_re_activates_as_theater_fires_command_in_wiesbaden) (abgerufen am 8. Dezember 2021).

**Doyle, Gerry, Samuel Granados, Michael Ovaska & Prasanta Kumar Datta** (2022). Weapons of the war in Ukraine. Reuters. 10. März. <https://graphics.reuters.com/UKRAINE-CRISIS/WEAPONS/lbvgnzdnlpq/> (abgerufen am 14. März 2022).

**Dunham, Steven T. & Robert S. Wilson** (2020). The Missile Threat: A Taxonomy For Moving Beyond Ballistic Missile. El Segundo, CA.: The Aerospace Corporation. [https://aerospace.org/sites/default/files/2020-08/Wilson-Dunham\\_MissileThreat\\_20200826\\_0.pdf](https://aerospace.org/sites/default/files/2020-08/Wilson-Dunham_MissileThreat_20200826_0.pdf) (abgerufen am 20. September 2021).

**Ekmektsioglou, Eleni** (2015). Hypersonic Weapons and Escalation Control in East Asia. Strategic Studies Quarterly 9 (2): 43–68.

**Johnston, Erik** (2021). B-52 Walkaround Stratofortress. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=2sHUJnsMC2M> (abgerufen am 10. März 2022).

**Freedberg Jr., Sidney J.** (2020). DARPA's Hypersonic OpFires Aims For Army 1,000-Mile Missile. Breaking Defense. 23. Oktober. <https://breakingdefense.sites.breakingmedia.com/2020/10/darpas-hypersonic-opfires-aims-for-army-1000-mile-missile/> (abgerufen am 5. März 2022).

**Giles, Keir & Mathieu Boulegue** (2019). Russia's A2/AD Capabilities: Real and Imagined. Parameters 49 (1): 21–36.

**Goncharenko, Vladimir I. & Lev D. Gorchenko** (2017). A method to maneuver aeroballistic missiles under counteractions. Journal of Computer and Systems Sciences International 56 (3): 505–518.

**Hadley, Greg** (2022a). Nuclear Modernization is the 'Absolute Minimum', STRATCOM Commander Says. Air Force Magazine. 8. März. <https://www.airforcemag.com/nuclear-triad-modernization-absolute-minimum-stratcom-commander/> (abgerufen am 11. März 2022).

**Hadley, Greg** (2022b). Broken ARRW: Hypersonics Program Faces Uncertain Future after 2023. Air Force Magazine. 29. März. <https://www.airforcemag.com/arrw-hypersonics-program-faces-uncertain-future-after-2023/> (abgerufen am 29. März 2022).

**Hoffmann, Fabian** (2021a). Cruise missile proliferation: Trends, strategic implications, and counterproliferation. Global Security Report. London: European Leadership Network. <https://www.europeanleadershipnetwork.org/report/cruise-missile-proliferation-trends-strategic-implications-and-counterproliferation/> (abgerufen am 17. November 2021).

**Hoffmann, Fabian** (2021b). Strategic Non-Nuclear Weapons and Strategic Stability – Promoting trust through technical understanding. Paris: Fondation pour la Recherche Stratégique. <https://www.frstrategie.org/en/programs/npt-and-the-p5-process/strategic-non-nuclear-weapons-and-strategic-stability-promoting-trust-through-technical-understanding-2021> (abgerufen am 19. November 2021).

**Hollings, Alex** (2022). The groundbreaking hypersonic missiles America has in the works. Sandboxx. 10. Januar. <https://www.sandboxx.us/blog/the-groundbreaking-hypersonic-missiles-america-has-in-the-works/> (abgerufen am 14. März 2022).

**Hruby, Jill** (2019). Russia's New Nuclear Weapon Delivery Systems: An Open-Source Technical Review. Washington, DC: Nuclear Threat Initiative. <https://www.nti.org/analysis/reports/russias-new-nuclear-weapon-delivery-systems-open-source-technical-review/> (abgerufen am 28. September 2021).

**Hudson, John** (2022). Top Russian military Leaders repeatedly decline calls from U.S., prompting fears of 'sleepwalking into war'. Washington Post. 23. März. <https://www.washingtonpost.com/national-security/2022/03/23/russia-us-military-leaders-communication/> (abgerufen am 24. März 2022).

**Isachenkov, Vladimir** (2020). Russia warns it will see any incoming missile as nuclear. AP NEWS. 7. August. <https://apnews.com/888e0816c6fa7f58b9ad4f1e97993643> (abgerufen am 11. August 2020).

**Johnson, Dave** (2018). Russia's Conventional Precision Strike Capabilities, Regional Crises, and Nuclear Thresholds. Livermore: Lawrence Livermore National Laboratory. doi:10.2172/1424635.

**Karako, Tom & Masao Dahlgren** (2022). Complex air defense: countering the hypersonic missile threat. Washington, DC: Center for Strategic and International Studies. <https://www.csis.org/analysis/complex-air-defense-countering-hypersonic-missile-threat> (abgerufen am 9. Februar 2022).

**Kofman, Michael, Anya Fink, Dmitry Gorenburg, Mary Chesnut, Jeffrey Edmonds & Julian Waller** (2021). Russian Military Strategy: Core Tenets and Operational Concepts. Arlington: Center for Naval Analyses. [https://www.cna.org/CNA\\_files/pdf/Russian-Military-Strategy-Core-Tenets-and-Operational-Concepts.pdf](https://www.cna.org/CNA_files/pdf/Russian-Military-Strategy-Core-Tenets-and-Operational-Concepts.pdf) (abgerufen am 23. Februar 2022).

**Kristensen, Hans M. & Matt Korda** (2021). Russian nuclear weapons, 2021. Bulletin of the Atomic Scientists 77 (2): 90–108.

**Kühn, Ulrich** (2022). The pathways of inadvertent escalation: Is a NATO-Russia war (now) possible? Chicago: Bulletin of the Atomic Scientists. 24. Februar. <https://thebulletin.org/2022/02/the-pathways-of-inadvertent-escalation-is-a-nato-russia-war-now-possible/> (abgerufen am 7. April 2022).

**Lagneau, Laurent** (2021). Le planeur hypersonique V-MAX effectuera son premier vol dans les „prochains mois“, annonce Mme Parly. Zone Militaire. 11. Mai. <http://www.opex360.com/2021/05/11/le-planeur-hypersonique-v-max-effectuera-son-premier-vol-dans-les-prochains-mois-annonce-mme-parly/> (abgerufen am 25. November 2021).

**Ludwigson, Jon** (2021). Hypersonic Weapons: DOD Should Clarify Roles and Responsibilities to Ensure Coordination across Development Efforts. Report to Congressional Addresses. Washington, DC: U.S. Government Accountability Office. <https://www.gao.gov/products/gao-21-378> (abgerufen am 31. März 2021).

**Miasnikov, Eugene** (2013). The Air-Space Threat to Russia. In: Arbatov, Alexey & Dvorkin, Vladimir (Hrsg.): Missile Defense: Confrontation and Cooperation. Moskau: Carnegie Moscow Center. <https://carnegiemoscow.org/2013/04/08/missile-defense-confrontation-and-cooperation-pub-51435> (abgerufen am 28. September 2021).

**Missile Defense Project** (2016). Space-based Infrared System (SBIRS). Missile Threat. <https://missilethreat.csis.org/defsys/sbirs/> (abgerufen am 14. März 2022).

**Mizokami, Kyle** (2016). A Look at Russia's Army of Inflatable Weapons. Popular Mechanics. 12. Oktober. <https://www.popularmechanics.com/military/weapons/a23348/russias-army-inflatable-weapons/> (abgerufen am 2. November 2021).

**Morgan, Forrest E, Karl P Mueller, Evan S Medeiros, Kevin L Pollpeter & Roger Cliff** (2008). Dangerous Thresholds: Managing Escalation in the 21st Century. Santa Monica: RAND Corporation.

**National Research Council** (2008). U.S. Conventional Prompt Global Strike: Issues for 2008 and Beyond. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/12061> (abgerufen am 16. Mai 2022).

**Nilsen, Thomas** (2022). Russia's new hypersonic Tsirkon missile was fired from Norwegian sector of Barents Sea. The Independent Barents Observer. 23. Februar. <https://thebarentsobserver.com/en/security/2022/02/russian-navy-launched-hypersonic-tsirkon-missile-norwegian-sector-barents-sea> (abgerufen am 10. März 2022).

**Notte, Hanna, Sarah Bidgood, Nikolai Sokov, Michael Duitsman & William Potter** (2021). Russia's novel weapons systems: military innovation in the post-Soviet period. The Nonproliferation Review: online first.

**Naval Technology** (2020). Tomahawk Long-Range Cruise Missile. Naval Technology. <https://www.naval-technology.com/projects/tomahawk-long-range-cruise-missile/> (abgerufen am 20. Oktober 2021).

**Office of the Under Secretary of Defense (Comptroller)** (2021). Defense Budget Overview: United States Department of Defense Fiscal Year 2022 Budget Request. [https://comptroller.defense.gov/Portals/45/Documents/defbudget/FY2022/FY2022\\_Budget\\_Request\\_Overview\\_Book.pdf](https://comptroller.defense.gov/Portals/45/Documents/defbudget/FY2022/FY2022_Budget_Request_Overview_Book.pdf) (abgerufen am 19. Oktober 2021).

**Office of the Under Secretary of Defense for Acquisition, Technology, and Logistics** (2009). Report of the Defense Science Board Task Force on Time Critical Conventional Strike from Strategic Standoff. Washington, D.C.: Defense Science Board. <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a498403.pdf> (abgerufen am 7. Juli 2021).

**Ознобищев, Сергей Константинович & Константин Вадимович Богданов.** 2020. Высокоточные вооружения в Европе. In: Контроль над вооружениями в новых военно-политических и технологических условиях, 36–47. Москва: Национальный исследовательский институт мировой экономики и международных отношений им. Е.М. Примакова РАН. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44873557&pff=1> (zugegriffen: 11. März 2022).

**Podvig, Pavel** (2007). Early warning. Russian Strategic Nuclear Forces. 13. Dezember. <http://russianforces.org/sprn/> (abgerufen am 9. Juli 2021).

**Pollack, Joshua H.** (2015). Boost-glide Weapons and US-China Strategic Stability. *The Nonproliferation Review* 22 (2): 155–164. doi:10.1080/10736700.2015.1119422.

**Reif, Kingston & Shannon Bugos** (2020). Russia Expands Proposal for Moratorium on INF-Range Missiles. November Arms Control Association. November. <https://www.armscontrol.org/act/2020-11/news-briefs/russia-expands-proposal-moratorium-inf-range-missiles> (abgerufen am 20. September 2021).

**Rjabkov, Sergej** (2021). Statement by Sergey Ryabkov, Deputy Foreign Minister of the Russian Federation, at the Geneva Centre for Security Policy on the theme „Strategic stability and the state of armscontrol“. Permanent Mission of the Russian Federation to the United Nations Office in Geneva. 1. Oktober. [https://geneva.mid.ru/en\\_US/web/geneva\\_en/home/-/asset\\_publisher/BWLEuC9rCBOG/content/statement-by-sergey-ryabkov-deputy-foreign-minister-of-the-russian-federation-at-the-geneva-centre-for-security-policy-on-the-theme-strategic-stabilit?redirect=%2Fen\\_US%2Fweb%2Fgeneva\\_en&inheritRedirect=true](https://geneva.mid.ru/en_US/web/geneva_en/home/-/asset_publisher/BWLEuC9rCBOG/content/statement-by-sergey-ryabkov-deputy-foreign-minister-of-the-russian-federation-at-the-geneva-centre-for-security-policy-on-the-theme-strategic-stabilit?redirect=%2Fen_US%2Fweb%2Fgeneva_en&inheritRedirect=true) (abgerufen am 11. März 2022).

**Sayler, Kelley M.** (2022). Hypersonic Weapons: Background and Issues for Congress. CRS Report Prepared for Members and Committees of Congress. Washington, DC: Congressional Research Service. <https://crsreports.congress.gov/product/details?prodcode=R45811> (abgerufen am 17. Mai 2022).

**Secretary of the Air Force Public Affairs** (2022). Air Force conducts successful hypersonic weapon test. Air Force. 16. Mai. <https://www.af.mil/News/Article-Display/Article/3033416/air-force-conducts-successful-hypersonic-weapon-test/> (abgerufen am 17. Mai 2022).

**Stefanovich, Dmitry** (2019). New Russian Second Strike Systems. 20. August, Hamburg. [https://ifsh.de/file/person/Stefanovich\\_New\\_Russian\\_2nd\\_Strike\\_IFSH.pdf](https://ifsh.de/file/person/Stefanovich_New_Russian_2nd_Strike_IFSH.pdf) (abgerufen am 2. Februar 2021).

**Stefanovich, Dmitry** (2020). Proliferation and threats of reconnaissance-strike systems: a Russian perspective. *The Nonproliferation Review* 27 (1–3): 97–107.

**TASS** (2019). Putin: Russia developing land-based version of Tsirkon hypersonic missile. TASS. 24. Dezember. <https://tass.com/defense/1103063> (abgerufen am 25. Februar 2022).

**TASS** (2021). S-550, S-500 systems to jointly defend Russia against hypersonic targets – source. TASS. 24. November. [https://tass.com/defense/1365397?utm\\_source=google.com&utm\\_medium=organic&utm\\_campaign=google.com&utm\\_referrer=google.com](https://tass.com/defense/1365397?utm_source=google.com&utm_medium=organic&utm_campaign=google.com&utm_referrer=google.com) (abgerufen am 9. März 2022).

**TASS** (2022). Russia’s Tsirkon sea-launched hypersonic missile enters final stage of trials – top brass. TASS. 20 Januar. <https://tass.com/defense/1390793> (abgerufen am 20. Januar 2022).

**Team of the Official Website of the President of Russia** (2019). Meeting with Sergei Lavrov and Sergei Shoigu. President of Russia. 2. Februar. <http://en.kremlin.ru/events/president/news/59763> (abgerufen am 6. Juni 2019).

**Team of the Official Website of the President of Russia** (2020). Statement by Vladimir Putin on additional steps to de-escalate the situation in Europe after the termination of the Intermediate-Range Nuclear Forces Treaty (INF Treaty). President of Russia. 26. Oktober. <http://en.kremlin.ru/events/president/news/64270> (abgerufen am 29. Oktober 2021).

**The Ministry of Foreign Affairs of the Russian Federation** (2020). Basic Principles of State Policy of the Russian Federation on Nuclear Deterrence. The Ministry of Foreign Affairs of the Russian Federation. 8. Juni. [https://www.mid.ru/en/web/guest/foreign\\_policy/international\\_safety/disarmament/-/asset\\_publisher/rp0fiUBmANaH/content/id/4152094](https://www.mid.ru/en/web/guest/foreign_policy/international_safety/disarmament/-/asset_publisher/rp0fiUBmANaH/content/id/4152094) (abgerufen am 19. Februar 2021).

**Tirpak, John A** (2022). Only Small Inventories of Hypersonic Missiles in USAF's Future, Due to Cost. Air Force Magazine. 15. Februar. <https://www.airforcemag.com/only-small-inventories-of-hypersonic-missiles-in-usafs-future-due-to-cost/> (abgerufen am 22. Februar 2022).

**Tracy, Cameron L. & David Wright** (2020). Modeling the Performance of Hypersonic Boost-Glide Missiles. *Science & Global Security* 28 (3): 135–170.

**Trimble, Steve** (2021). More ARRW Details Emerge As Congress, White House Add New Hurdles. Aviation Week Network. 14. Juli. <https://aviationweek.com/defense-space/missile-defense-weapons/more-arrw-details-emerge-congress-white-house-add-new-hurdles> (abgerufen am 15. Juli 2021).

**Under Secretary of Defense (Comptroller)** (2020). Overview – FY 2021 Defense Budget. Washington, DC: U.S. Department of Defense. <https://comptroller.defense.gov/Portals/45/Documents/defbudget/fy2021/https://comptroller.defense.gov/Budget-Materials/Budget2021/.pdf> (abgerufen am 2. Mai 2021).

**Urzay, Javier** (2018). Supersonic Combustion in Air-Breathing Propulsion Systems for Hypersonic Flight. *Annual Review of Fluid Mechanics* 50 (1): 593–627.

**U.S. Air Force Scientific Advisory Board** (2000). Why and Whither: Hypersonics Research in the US Air Force. Washington, DC: United States Air Force. <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA387782.pdf> (abgerufen am 23. September 2021).

**U.S. Department of Defense** (2018). 2018 Nuclear Posture Review. Washington, DC.: U.S. Department of Defense. <https://media.defense.gov/2018/Feb/02/2001872886/-1/-1/1/2018-NUCLEAR-POSTURE-REVIEW-FINAL-REPORT.PDF> (abgerufen am 10. August 2019).

**U.S. Department of Defense** (2019). 2019 Missile Defense Review. Washington, DC: U.S. Department of Defense. [https://www.defense.gov/Portals/1/Interactive/2018/11-2019-Missile-Defense-Review/The%202019%20MDR\\_Executive%20Summary.pdf](https://www.defense.gov/Portals/1/Interactive/2018/11-2019-Missile-Defense-Review/The%202019%20MDR_Executive%20Summary.pdf) (abgerufen am 17. Mai 2022).

**U.S. Department of State** (2021). Joint Statement on the Outcomes of the U.S. – Russia Strategic Stability Dialogue in Geneva on September 30. United States Department of State. 30. September. <https://www.state.gov/joint-statement-on-the-outcomes-of-the-u-s-russia-strategic-stability-dialogue-in-geneva-on-september-30/> (abgerufen am 5. November 2021).

**Waterman, Shaun** (2021). US Army Likely to Field DOD's First Hypersonic Weapons in Next „Year or Two“. Air Force Magazine. 16. November. <https://www.airforcemag.com/us-army-likely-to-field-dods-first-hypersonic-weapons-in-a-year-or-two/> (abgerufen am 8. Dezember 2021).

**Wiegold, Thomas** (2017). Nach Giftgas-Angriff in Syrien: US-Militärschlag (Update). Augen Gradeaus! 6. April. <https://augengeradeaus.net/2017/04/nach-giftgas-angriff-in-syrien-us-militaerschlag-geplant/> (abgerufen am 9. März 2022).

**Wilkening, Dean** (2019). Hypersonic Weapons and Strategic Stability. *Survival* 61 (5): 129–148.

**Williams, Heather** (2019). Asymmetric arms control and strategic stability: Scenarios for limiting hypersonic glide vehicles. *Journal of Strategic Studies* 42 (6): 789–813.

**Woolf, Amy F.** (2019). Russian Compliance with the Intermediate Range Nuclear Forces (INF) Treaty: Background and Issues for Congress. CRS Report Prepared for Members and Committees of Congress. Washington, DC: Congressional Research Service. <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R43832> (abgerufen am 18. April 2019).

**Woolf, Amy F.** (2020). Conventional Prompt Global Strike and Long-Range Ballistic Missiles: Background and Issues. CRS Report Prepared for Members and Committees of Congress. Washington, DC: Congressional Research Service. <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R41464/49> (abgerufen am 17. Mai 2022)

**Zhao, Tong** (2018). Conventional Challenges to Strategic Stability: Chinese Perceptions of Hypersonic Technology and the Security Dilemma. Carnegie Tsinghua Center for Global Policy. <https://carnegietsinghua.org/2018/07/23/conventional-challenges-to-strategic-stability-chinese-perceptions-of-hypersonic-technology-and-security-dilemma-pub-76894> (abgerufen am 20. Oktober 2021).

**Zikusoka, David N.** (2020). How Fast Is Fast Enough? A Role for Supersonic Munitions in Stand-off Strike. War on the Rocks. 9. November. <https://warontherocks.com/2020/11/how-fast-is-fast-enough-a-role-for-supersonic-munitions-in-standoff-strike/> (abgerufen am 28. September 2021).

**Zwenger, Patrick** (2021). Premiere am Mittelmeer: Russland schickt Kinschal-fähige MiG-31K nach Syrien. Flugrevue. 29. Juni. <https://www.flugrevue.de/militaer/hyperschall-lenkwaffe-russland-schickt-kinschal-faehige-mig-31k-nach-syrien/> (abgerufen am 23. Februar 2022).

**Zwenger, Patrick** (2022). Hyperschallwaffe: Russland verlegt MiG-31K mit Kinschal nach Kaliningrad. Flugrevue. 9. Februar. <https://www.flugrevue.de/militaer/hyperschallwaffe-russland-verlegt-mig-31k-mit-kinschal-nach-kaliningrad/> (abgerufen am 23. Februar 2022).



## ÜBER DEN AUTOR

**Tim Thies** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Forschungs- und Transferprojekt „Rüstungskontrolle und Neue Technologien“ am Institut für Friedensforschung und Sicherheitspolitik an der Universität Hamburg (IFSH). [thies@ifsh.de](mailto:thies@ifsh.de)

## ÜBER DAS PROJEKT

Das Forschungs- und Transferprojekt „Rüstungskontrolle und Neue Technologien“ untersucht Stand, Funktion und Stärkung von Rüstungskontrolle, Abrüstung und der Kontrolle neuer Technologien. Es wird vom Auswärtigen Amt finanziert.

Gefördert durch:



Auswärtiges Amt

## ÜBER DAS INSTITUT

Das Institut für Friedensforschung und Sicherheitspolitik (IFSH) erforscht die Bedingungen von Frieden und Sicherheit in Deutschland, Europa und darüber hinaus. Das IFSH forscht eigenständig und unabhängig. Es wird von der Freien und Hansestadt Hamburg finanziert.



Hamburg

Gefördert von:

Behörde für Wissenschaft,  
Forschung, Gleichstellung  
und Bezirke

DOI: <https://doi.org/10.25592/ifsh-research-report-009> Copyright Cover Foto: U.S. Air Force photo | Joshua Armstrong

Text license: Creative Commons CC-BY-ND (Attribution/NoDerivatives/4.0 International).

