

New Text Document.txt

29 DECEMBER 97

This paper was downloaded from the Internet.

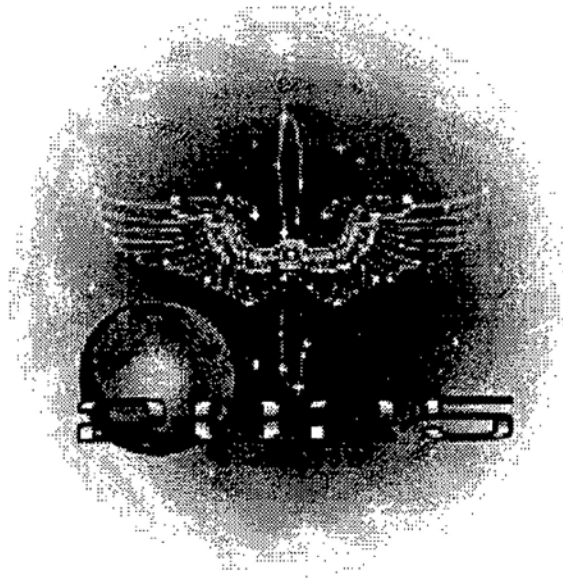
Distribution Statement A: Approved for public release;
distribution is unlimited.

POC: AIR WAR COLLEGE
AIR COMMAND AND STAFF COLLEGE
MAXWELL AIR FORCE BASE, AL 36112

19980105 094

DTIC QUALITY INSPECTED 4

Weather as a Force Multiplier: Owning the Weather in 2025

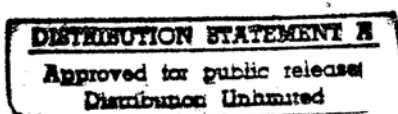


A Research Paper
Presented To
Air Force 2025

by

Col Tamzy J. House
Lt Col James B. Near, Jr.
LTC William B. Shields (USA)
Maj Ronald J. Celentano

Maj Ronald J. Celentano
Maj David M. Husband
LTC William B. Shields (USA)
Maj Ronald J. Celentano
Maj David M. Husband
Maj Ann E. Mercer
Maj James E. Pugh



August 1996

Disclaimer

2025 ist eine Studie, die auf Anweisung des Stabschefs der Air Force erstellt wurde, um die Konzepte, Fähigkeiten und Technologien zu untersuchen, die die Vereinigten Staaten benötigen, um auch in Zukunft die dominierende Luft- und Raumfahrtmacht zu bleiben.

Dieser am 17. Juni 1996 vorgelegte Bericht wurde im Rahmen der akademischen Freiheit des Verteidigungsministeriums und im Interesse der Förderung von Konzepten im Zusammenhang mit der nationalen Verteidigung erstellt.

Die in diesem Bericht geäußerten Ansichten sind die der Autoren und spiegeln nicht die offizielle Politik oder Position der US-Luftwaffe, des Verteidigungsministeriums oder der US-Regierung wider. Dieser Bericht enthält fiktive Darstellungen zukünftiger Situationen/Szenarien. Jegliche Ähnlichkeiten mit realen Personen oder Ereignissen, mit Ausnahme der ausdrücklich genannten, sind unbeabsichtigt und dienen lediglich der Veranschaulichung.

Diese Veröffentlichung wurde von den für die Sicherheit und die Politik zuständigen Stellen geprüft, ist nicht klassifiziert und zur Veröffentlichung freigegeben.

Inhalt

Kapitel		Seite
	Haftungsausschluss	ii
	Abbildungen	iv
	Tabellen	iv
	Danksagungen	v
	Zusammenfassung	vi
1	Einleitung	1
2	Erforderliche	3
	Warum sollten wir das Wetter beeinflussen wollen?	3
	Was meinen wir mit „Wettermodifikation“?	4
3	Systembeschreibung	8
	Das globale Wetternetz	8
	Anwendung der Wettermodifikation auf militärische Operationen	10
4	Operationskonzept	
	Niederschlag	13
	Nebel	16
	Stürme	18
	Nutzung des „Nahraums“ für Weltraumkontrolle	20
	Möglichkeiten der Wettermodifikation im Weltraum	20
	Dominanz in Kommunikation durch Modifikation der Ionosphäre	21
	Künstliches Wetter	27
	Zusammenfassung des Operationskonzepts	28
5	Empfehlungen für die Untersuchung	31
	Wie kommen wir von hier aus ans Ziel?	31
	Schlussfolgerungen	34
Anhang		
A	Warum ist die Ionosphäre wichtig?	36
B	Forschung zum besseren Verständnis und zur Vorhersage ionosphärischer Effekte	39
C	Akronyme und Definitionen	41
	Literaturverzeichnis	42

Illustrationen

Abbildung	Seite
3-1. Globales Wetternetz	9
3-2. Das militärische System für Wetterveränderungsoperationen	11
4-1. Crossed-Beam-Ansatz zur Erzeugung eines künstlichen Ionosphärenspiegels	23
4-2. Künstliche Ionosphärenspiegel Punkt-zu-Punkt-Kommunikation	24
4-3. Künstlicher Ionosphärenspiegel Über-den-Horizont-Überwachungskonzept	25
4-4. Szenarien für die Beeinträchtigung der Telekommunikation	26
5-1. Ein Fahrplan für Kernkompetenzen zur Wettermodifikation im Jahr 2025	32
5-2. Ein Systementwicklungsfahrplan für die Wettermodifikation im Jahr 2025	34

Tabellen

Tabelle	Seite
1 Operative Fähigkeitsmatrix	vi V

Acknowledgments

We express our appreciation to Mr Mike McKim of Air War College who provided a wealth of technical expertise and innovative ideas that significantly contributed to our paper. We are also especially grateful for the devoted support of our families during this research project. Their understanding and patience during the demanding research period were crucial to the project's success.

Danksagung

Wir danken Herrn Mike McKim vom Air War College, der eine Fülle von technischem Fachwissen und innovativen Ideen beigesteuert hat, die wesentlich zu unserer Arbeit beigetragen haben.

Wir sind auch besonders dankbar für die hingebungsvolle Unterstützung unserer Familien während dieses Forschungsprojekts. Ihr Verständnis und ihre Geduld während des anspruchsvollen Forschungszeitraums waren entscheidend für den Erfolg des Projekts.

Zusammenfassung

Im Jahr 2025 können die US-Luft- und Raumfahrtstreitkräfte das Wetter beherrschen“, indem sie neue Technologien nutzen und deren Entwicklung auf Anwendungen zur Kriegsführung ausrichten. Eine solche Fähigkeit bietet den Kämpfern die Möglichkeit, das Schlachtfeld in einer Weise zu gestalten, wie es bisher nicht möglich war. Sie bietet Möglichkeiten zur Beeinflussung von Operationen über das gesamte Konfliktspektrum hinweg und ist für alle möglichen Zukunftsszenarien von Bedeutung.

Der Zweck dieses Papiers ist es, eine Strategie für den Einsatz eines zukünftigen Wettermodifikationssystems zu skizzieren, um militärische Ziele zu erreichen, und nicht, einen detaillierten technischen Fahrplan zu liefern. Ein risikoreiches und lohnendes Unterfangen, die Wettermodifikation bietet ein Dilemma, das der Spaltung des Atoms nicht unähnlich ist. Während einige Teile der Gesellschaft immer zurückhaltend sein werden, wenn es um kontroverse Themen wie die Wettermodifikation geht, werden die enormen militärischen Fähigkeiten, die sich aus diesem Bereich ergeben könnten, auf unsere eigene Gefahr hin ignoriert. Von der Verbesserung befreundeter Operationen oder der Störung feindlicher Operationen über die Veränderung natürlicher Wettermuster in kleinem Maßstab bis hin zur vollständigen Beherrschung der globalen Kommunikation und der Kontrolle des Gegenraums bietet die Wettermodifikation dem Krieger eine breite Palette möglicher Optionen, um einen Gegner zu besiegen oder zu zwingen.

Einige der potenziellen Fähigkeiten, die ein System zur Wetterbeeinflussung einem Oberbefehlshaber (CINC) zur Verfügung stellen könnte, sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Für eine integrierte Wetterbeeinflussungsfähigkeit sind technologische Fortschritte in fünf Hauptbereichen erforderlich: (1) fortgeschrittene nichtlineare Modellierungstechniken, (2) Rechenkapazität, (3) Informationserfassung und -übertragung, (4) ein globales Sensorensystem und (5) Wetterinterventionstechniken.

Einige Eingriffsmöglichkeiten sind bereits heute vorhanden, andere können in Zukunft entwickelt und verfeinert werden.

Tabelle 1

Matrix der operativen Fähigkeiten

ENERGIEKRAFT DEGRADE

Niederschlagsverstärkung

- Überflutung der Kommunikationswege
- Reduzierung der PGM/Recce Wirksamkeit
- Verringerung Komforts/Moral

Sturmverstärkung

- Verweigerung von Operationen

Niederschlagsverweigerung

- Verweigerung von Süßwasser
- Herbeiführung von Dürre

Weltraumwetter

- Störung von Kommunikation/Radar
- Zerstörung von Spaceressourcen

Nebel- und Wolkenentfernung

- Verweigerung der Tarnung
- Erhöhung Anfälligkeit für PGM/Recce

Erkennung feindlicher Wetteraktivitäten

FRIENDLY FORCES VERSTÄRKEN

Niederschlagsvermeidung

- Aufrechterhaltung/Verbesserung der LOC
- Aufrechterhaltung der Sichtbarkeit

- Aufrechterhaltung des Komforts/Moral

Sturmveränderung

- Wahl der Kampfumgebung

Weltraumwetter

- Verbesserung Kommunikation
- Abfangen feindlicher Übertragungen
- Revitalisierung Weltraumressourcen

Nebel- und Wolkenerzeugung

- Erhöhung Tarnung

Nebel- und Wolkenentfernung

- Aufrechterhaltung Flugplatzbetriebs
- Verbesserung der PGM-Effektivität

Verteidigung gegen Feindfähigkeiten

Die derzeitigen Technologien, die in den nächsten 30 Jahren ausreifen werden, werden jedem, der über die notwendigen Ressourcen verfügt, die Möglichkeit bieten, Wettermuster und die entsprechenden Auswirkungen zumindest auf lokaler Ebene zu modifizieren.

Die derzeitigen demografischen, wirtschaftlichen und umweltpolitischen Trends werden zu globalen Spannungen führen, die vielen Ländern oder Gruppen den nötigen Anstoß geben, diese Fähigkeit zur Wettermodifikation in eine Fähigkeit umzuwandeln.

In den Vereinigten Staaten wird die Wettermodifikation wahrscheinlich zu einem Teil der nationalen Sicherheitspolitik mit nationalen und internationalen Anwendungen werden. Unsere Regierung wird eine solche Politik, je nach ihren Interessen, auf verschiedenen Ebenen verfolgen.

Diese Ebenen könnten unilaterale Maßnahmen, die Beteiligung an einem Sicherheitsrahmen wie der NATO, die Mitgliedschaft in einer internationalen Organisation wie der UNO, oder die Beteiligung an einer Koalition umfassen. Geht man davon aus, dass unsere nationale Sicherheitsstrategie im Jahr 2025 auch die Wettermodifikation einschließt, wird deren Einsatz in unserer nationalen Militärstrategie selbstverständlich folgen. Neben den erheblichen Vorteilen, die eine operative Fähigkeit mit sich bringen würde, besteht eine weitere Motivation für die Wettermodifikation darin, potenzielle Gegner abzuschrecken und zu bekämpfen.

In diesem Papier zeigen wir, dass eine geeignete Anwendung der Wettermodifikation eine nie dagewesene Dominanz über das Kampfgebiet ermöglichen kann. In Zukunft werden solche Operationen die Überlegenheit in der Luft und im Weltraum verstärken und neue Optionen für die Gestaltung des Gefechtsfeldes und die Wahrnehmung des Gefechtsfeldes bieten. „Die Technologie ist da und wartet nur darauf, dass wir sie nutzen. 2025 können wir das Wetter beherrschen.

Anmerkungen

Die in diesem Papier beschriebenen Fähigkeiten zur Wettermodifikation entsprechen den Einsatzumgebungen und Missionen, die für die Luft- und Raumfahrtkräfte im Jahr 2025 relevant sind, wie sie von AF/LR, einem dem CSAF unterstellten Büro für Langfristplanung, definiert wurden [basierend auf dem AF/LR PowerPoint-Briefing „Air and Space Power Framework for Strategy Development (jda-21r.ppt)“ General Gordon R. Sullivan, „Moving into the 21st Century: America’s Army and Modernization“, Military Review (Juli 1993), zitiert in Mary Ann Seagraves und Richard Szymber, „Weather a Force Multiplier“, Military Review, November/Dezember 1995, 75. VIII

Kapitel 1

Einleitung

Szenario: Stellen Sie sich vor, dass die USA im Jahr 2025 gegen ein reiches, aber inzwischen konsolidiertes, politisch mächtiges Drogenkartell in Südamerika kämpfen. Das Kartell hat Hunderte von Kampfflugzeugen russischer und chinesischer Bauart gekauft, die unsere Versuche, ihre Produktionsanlagen anzugreifen, erfolgreich vereitelt haben. Aufgrund ihrer zahlenmäßigen Überlegenheit und ihrer inneren Linien schießt das Kartell mehr als 10 Flugzeuge für jedes unserer Flugzeuge ab. Darüber hinaus nutzt das Kartell das französische Ortungs- und Verfolgungssystem SPOT (System probatoire d'observation de la terre), das im Jahr 2025 in der Lage sein wird, multispektrale Bilder mit einer Auflösung von einem Meter nahezu in Echtzeit zu übermitteln. Die USA wollen den Feind auf einem ungleichen Spielfeld angreifen, um das volle Potenzial unserer Flugzeuge und Munition auszuschöpfen.

Meteorologische Analysen zeigen, dass es in Südamerika am Äquator das ganze Jahr über täglich nachmittags Gewitter gibt. Unsere Nachrichtendienste haben bestätigt, dass Kartellpiloten nur ungern bei Gewitter oder in der Nähe von Gewittern fliegen.

Daher hat unser Wetterunterstützungselement (Weather Force Support Element, WFSE), das zum Luftoperationszentrum (Air Operations Center, AOC) des Oberbefehlshabers (CINC) gehört, die Aufgabe, Gewitterbahnen vorherzusagen und Gewitterzellen über kritischen Zielgebieten auszulösen oder zu verstärken, die der Feind mit seinen Flugzeugen verteidigen muss. Da unsere Flugzeuge im Jahr 2025 allwettertauglich sind, ist die Bedrohung durch Gewitter für unsere Streitkräfte minimal, und wir können den Himmel über dem Ziel wirksam und entscheidend kontrollieren.

Der WFSE verfügt über die notwendigen Sensor- und Kommunikationsfähigkeiten, um Wetterveränderungen zur Unterstützung der militärischen Ziele der USA zu beobachten, zu erkennen und darauf zu reagieren. Diese Fähigkeiten sind Teil eines fortschrittlichen Gefechtsfeldsystems, das den Oberbefehlshaber im Kampf unterstützt. In unserem Szenario beauftragt der CINC das WFSE mit der Durchführung von Sturmverstärkungs- und Verdeckungsoperationen.

Das WFSE modelliert die atmosphärischen Bedingungen mit 90-prozentiger Sicherheit die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Veränderung durch Wolkenerzeugung und -aussaat aus der Luft vorhersagen.

2025 werden unbewohnte Raumfahrzeuge (UAV) routinemäßig für operationen zur Wetterveränderungen eingesetzt. Durch den Abgleich der gewünschten Angriffszeiten mit Wind- und Gewittervorhersagen und der projizierten Umlaufbahn des SPOT-Satelliten erstellt das WFSE Einsatzprofile für jedes UAV. Das WFSE steuert jedes UAV anhand von Informationen, die nahezu in Echtzeit von einem vernetzten Sensorarray stammen.

Vor dem Angriff, der mit den vorhergesagten Wetterbedingungen koordiniert wird, beginnen die UAVs mit der Wolkenerzeugung und dem Seeding. Die UAVs verbreiten einen Cirrus-Schild, um dem Feind die visuelle und infrarote (PR) Überwachung zu verweigern. Gleichzeitig erzeugen Mikrowellenstrahler eine örtlich begrenzte Szintillation, um die aktive Erfassung durch Radarsysteme mit synthetischer Apertur (SAR) zu stören, wie z. B. das kommerziell erhältliche kanadische satellitengestützte Such- und Rettungssystem (SARSAT), das ab 2025 allgemein verfügbar sein wird. Andere Cloud Seeding-Operationen bewirken, dass sich ein aufziehendes Gewitter über dem Ziel verstärkt, wodurch die Verteidigungsmöglichkeiten des Gegners stark eingeschränkt werden. Der WFSE überwacht die gesamte Operation in Echtzeit und stellt den erfolgreichen Abschluss einer weiteren sehr wichtigen, aber routinemäßigen Wettermodifizierungsmission fest.

Dieses Szenario mag weit hergeholt erscheinen, aber im Jahr 2025 liegt es im Bereich der Möglichkeiten. Das nächste Kapitel befasst sich mit den Gründen für die Wettermodifikation, definiert den Umfang und untersucht die Trends, die sie in den nächsten 30 Jahren möglich machen werden.

Kapitel 2

Erforderliche Fähigkeiten

Warum sollten wir uns mit dem Wetter anlegen?

General Gordon Sullivan, ehemaliger Generalstabschef der Armee, sagte:

„Mit dem Technologiesprung ins 21. Jahrhundert werden wir in der Lage sein, den Feind bei Tag und Nacht und bei jedem Wetter zu sehen - und ihn unerbittlich zu verfolgen. Eine globale, präzise, robuste, systematische Fähigkeit zur Wetterbeeinflussung in Echtzeit würde den Oberbefehlshabern der Streitkräfte einen starken Multiplikator zur Erreichung militärischer Ziele an die Hand geben. Da das Wetter in allen möglichen Zukünften eine Rolle spielen wird, wäre eine Wetterbeeinflussungsfähigkeit universell einsetzbar und über das gesamte Konfliktspektrum hinweg von Nutzen.

Die Fähigkeit, das Wetter selbst in kleinem Maßstab zu beeinflussen, könnte es von einem Kräfteverschlechterer zu einem Kräftevervielfacher machen. Die Menschen wollten schon immer etwas gegen das Wetter unternehmen können.

In den USA berichten 2 Zeitungsarchive bereits 1839 von Menschen mit ernsthaften und kreativen Ideen, wie man Regen erzeugen könnte. Im Jahr 1957 erkannte das Beratende Komitee des Präsidenten für Wetterkontrolle ausdrücklich das militärische Potenzial der Wetterveränderung an und warnte in seinem Bericht, dass sie zu einer wichtigeren Waffe als die Atombombe werden könnte.

Die seit 1947 geführte Kontroverse über die möglichen rechtlichen Folgen der absichtlichen Veränderung großer Sturmsysteme führte jedoch dazu, dass in Zukunft kaum Experimente mit Stürmen durchgeführt werden konnten, die das Land erreichen könnten. 1977 verabschiedete die UN-Generalversammlung eine Resolution, die den feindlichen Einsatz von Techniken zur Veränderung der Umwelt verbot. Das daraus resultierende „Übereinkommen über das Verbot der militärischen oder sonstigen feindlichen Nutzung von Umweltmodifikationstechniken (ENMOD)“ verpflichteten sich die Unterzeichner, von jeglicher militärischen oder sonstigen feindlichen Nutzung der Wetteränderung abzusehen, die weitreichende, lang anhaltende oder schwerwiegende Auswirkungen haben könnte. Diese beiden Ereignisse haben die Forschung zur Wettermodifikation zwar nicht zum Erliegen gebracht, aber ihr Tempo und die Entwicklung der damit verbundenen Technologien erheblich gebremst und gleichzeitig dazu geführt, dass der Schwerpunkt auf Unterdrückungs- und nicht auf Intensivierungsmaßnahmen konzentriert.

Der Einfluss des Wetters auf militärische Operationen ist seit langem bekannt. Während des Ersten Weltkriegs sagte Eisenhower:

„In Europa ist schlechtes Wetter der schlimmste Feind der Luftoperationen. Ein Soldat sagte einmal: „Das Wetter ist immer neutral“. Nichts könnte unwahrer sein. Schlechtes Wetter ist offensichtlich der Feind derjenigen Seite, die Projekte in Angriff nehmen will, für die gutes Wetter erforderlich ist, oder derjenigen Seite, die über große Trümpfe verfügt, wie z.B. starke Luftstreitkräfte, die für wirksame Operationen auf gutes Wetter angewiesen sind.

Wenn wirklich schlechtes Wetter dauerhaft anhalten würde, bräuchten die Nazis nichts anderes, um die Küste der Normandie zu verteidigen! Der Einfluss des Wetters war auch bei jüngeren Militäroperationen von Bedeutung. Während des ersten Einsatzes zur Unterstützung der Friedensoperation in Bosnien wurde eine beträchtliche Anzahl von Luftangriffen auf Tuzla wegen des Wetters abgebrochen. Während der Operation Wüstensturm bat General Buster C. Glosson seinen Wetteroffizier, ihm mitzuteilen, welche Ziele innerhalb von 48 Stunden frei sein würden, um sie in den Lufteinsatzbefehl (ATO) aufzunehmen.

Die derzeitige Wettervorhersage ist jedoch nur zu 85 Prozent für höchstens 24 Stunden genau, was den Anforderungen des ATO-Planungszyklus nicht gerecht wird. Mehr als 50 Prozent der F-17-Einsätze wurden über ihren Zielen wetterbedingt abgebrochen, und die A-10 flogen in den ersten beiden Tagen der Kampagne nur 75 von 200 geplanten Luftnahunterstützungseinsätzen (CAS) aufgrund der geringen Bewölkung.

Der Einsatz von Wettermodifikationstechnologie, um eine Lücke über den Zielen zu schließen, die lang genug ist, damit die F-17 angreifen und Bomben auf die Ziele abwerfen können, oder um den Nebel von der Landebahn in Tuzla zu entfernen, wäre ein sehr effektiver Multiplikator gewesen. Die Wettermodifikation hat eindeutig das Potenzial, auf operativer Ebene militärisch genutzt zu werden, um die Elemente Nebel und Reibung für die eigenen Operationen zu reduzieren und sie für den Feind erheblich zu verstärken.

Was verstehen wir unter „Wettermodifikation“? Heute bedeutet Wettermodifikation die Veränderung von Wetterphänomenen über einem begrenzten Gebiet für eine begrenzte Zeit. Innerhalb der nächsten drei Jahrzehnte könnte sich das Konzept der Wettermodifikation auf die Fähigkeit ausweiten, Wettermuster durch die Beeinflussung ihrer bestimmenden Faktoren zu formen.

Um in den nächsten 30 Jahren eine solche hochpräzise Wetterbeeinflussung zu erreichen, müssen einige schwierige, aber nicht unüberwindbare technische und rechtliche Hürden überwunden werden.

Technologisch gesehen müssen wir ein solides Verständnis der Variablen haben, die das Wetter beeinflussen. Wir müssen in der Lage sein, die Dynamik ihrer Beziehungen zu modellieren, die möglichen Ergebnisse ihrer Wechselwirkungen abzubilden, ihre tatsächlichen Echtzeitwerte zu messen und ihre Werte zu beeinflussen, um ein gewünschtes Ergebnis zu erzielen.

Die Gesellschaft muss die Ressourcen und die Rechtsgrundlage für die Entwicklung einer ausgereiften Fähigkeit bereitstellen. Wie könnte all dies geschehen? Das folgende fiktive Szenario postuliert, wie die Wetteränderung bis 2025 sowohl technisch machbar als auch gesellschaftlich wünschenswert werden könnte.

Bis 2005 werden technologische Fortschritte in der Meteorologie und die Nachfrage nach präziseren Wetterinformationen durch globale Unternehmen zur erfolgreichen Identifizierung und Parametrisierung der wichtigsten Variablen führen, die das Wetter beeinflussen. Bis 2015 werden die Fortschritte bei den Rechenkapazitäten, den Modellierungstechniken und der Verfolgung atmosphärischer Informationen zu einer äußerst genauen und zuverlässigen Wettersvorhersage führen, die anhand des realen Wetters validiert wird. Im folgenden Jahrzehnt wird die Bevölkerungsdichte die weltweite Verfügbarkeit und die Kosten von Nahrungsmitteln und nutzbarem Wasser unter Druck setzen.

Massive Verluste an Menschenleben und Eigentum im Zusammenhang mit natürlichen Wetterkatastrophen werden zunehmend inakzeptabel. Dieser Druck veranlasst Regierungen und/oder andere Organisationen, die in der Lage sind, aus den technologischen Fortschritten der letzten 20 Jahre Kapital zu schlagen, dazu, eine hochgenaue und einigermaßen präzise Wetterbeeinflussung anzustreben. Die zunehmende Dringlichkeit, die Vorteile dieser Fähigkeit zu nutzen, führt zu Gesetzen und Verträgen sowie zu einigen einseitigen Maßnahmen, die die Risiken, die für die Validierung und Verfeinerung dieser Fähigkeit erforderlich sind, akzeptabel machen.

Im Jahr 2025 wird die Welt oder Teile davon in der Lage sein, lokale Wettermuster zu gestalten, indem sie die Faktoren beeinflussen, die das Klima, den Niederschlag, Stürme und deren Auswirkungen, Nebel und den nahen Weltraum betreffen.

Diese hochpräzisen und einigermaßen präzisen zivilen Anwendungen der Technologie zur Wetterbeeinflussung haben offensichtliche militärische Implikationen. Dies gilt insbesondere für die Luft- und Raumfahrtkräfte, denn das Wetter kann zwar alle Medien beeinflussen, aber es wirkt in unserem Medium. Der Begriff Wettermodifikation kann für viele Menschen, Zivilisten wie Militärs, negativ besetzt sein. Daher ist es wichtig, den Bereich zu definieren, der in diesem Papier betrachtet werden soll, damit potenzielle Kritiker oder Befürworter weiterer Forschung eine gemeinsame Diskussionsgrundlage haben.

Im weitesten Sinne kann die Wettermodifikation in zwei Hauptkategorien unterteilt werden: Unterdrückung und Intensivierung von Wettermustern. Im Extremfall kann es sich um die Schaffung völlig neuer Wettermuster, die Abschwächung oder Kontrolle schwerer Stürme oder sogar um eine weitreichende und/oder lang anhaltende Veränderung des globalen Klimas handeln.

In den harmlosesten und am wenigsten umstrittenen Fällen kann es sich um die Herbeiführung oder Unterdrückung von Niederschlag, Wolken oder Nebel für kurze Zeit in einem kleinen Gebiet handeln. Andere Anwendungen von geringer Intensität könnten die Veränderung und/oder Nutzung des nahen Weltraums als Medium zur Verbesserung der Kommunikation, zur Störung der aktiven oder passiven Sensorik oder zu anderen Zwecken umfassen.

Bei der Durchführung der Untersuchungen für diese Studie wurde zunächst eine möglichst breite Auslegung der Wettermodifikation angestrebt, um ein möglichst breites Spektrum an Möglichkeiten für unser Militär im Jahr 2025 in Betracht zu ziehen. Aus mehreren Gründen, die im Folgenden beschrieben werden, konzentriert sich dieses Papier jedoch in erster Linie auf lokal begrenzte und kurzfristige Formen der Wettermodifikation und darauf, wie diese in die Kriegsführungsfähigkeit einbezogen werden könnten.

Zu den erörterten Hauptbereichen gehören die Erzeugung und Auflösung von Niederschlag, Wolken und Nebel, die Modifizierung lokal begrenzter Sturmsysteme sowie die Nutzung der Ionosphäre und des nahen Weltraums für die Kontrolle des Weltraums und die Beherrschung der Kommunikation.

Diese Anwendungen stehen im Einklang mit CJCSI 3810.01, „Meteorological and Oceanographic Operations“ (Meteorologische und ozeanographische Operationen). Extreme und umstrittene Beispiele der Wettermodifikation - Erzeugung von Wetter auf Bestellung, großräumige Klima-veränderung, Erzeugung und/oder Kontrolle (oder „Steuerung“) von schweren Stürmen usw. - wurden im Rahmen dieser Studie untersucht, werden hier aber nur kurz erwähnt, da nach Einschätzung der Autoren die 12 technischen Hindernisse, die ihre Anwendung verhindern, innerhalb von 30 Jahren unüberwindbar erscheinen. Wäre dies nicht der Fall, wären solche Anwendungen als potenzielle militärische Optionen in diesen Bericht aufgenommen worden, trotz ihres umstrittenen und potenziell bösartigen Charakters und ihrer Unvereinbarkeit mit bestehenden UN-Vereinbarungen, die die USA unterzeichnet haben. Andererseits reichen die in diesem Bericht vorgeschlagenen Anwendungen zur Wetteränderung von technisch bewährt bis potenziell durchführbar. Sie ähneln sich jedoch insofern, als dass keine von ihnen derzeit von unseren Einsatzkräften genutzt wird oder genutzt werden soll.

Sie ähneln sich auch in ihrem potenziellen Wert für den Kämpfer der Zukunft, wie wir in den folgenden Kapiteln zu vermitteln hoffen. Im nächsten Kapitel wird ein fiktives integriertes System beschrieben, das Instrumente zur Wetteränderung enthält; wie diese Instrumente eingesetzt werden könnten, wird dann im Rahmen des Operationskonzepts in Kapitel 4 erörtert.

1 General Gordon R. Sullivan, „Moving into the 21st Century: America's Army and Modernization“, Military Review (Juli 1993), zitiert in Mary Ann Seagraves und Richard Szymler, „Weather a Force Multiplier“, Military Review, November/Dezember 1995, 75.

2 Horace R. Byers, „History of Weather-modification“, in Wilmot N. Hess, ed. Weather and Climate Modification, (New York: John Wiley & Sons, 1974), 4.

3 William B. Meyer, „The life and Times of US Weather: What Can We Do About It?“, American Heritage 37, no. 4 (Juni/Juli 1986), 48.

4 Byers, 13.

5 US Department of State, The Department of State Bulletin. 74, Nr. 1981 (13. Juni 1977): 10.

6 Dwight D. Eisenhower, „Crusade in Europe“, zitiert in John F. Fuller, Thor's Legions (Boston: American Meteorology Society, 1990), 67.

7 Interview mit Oberstleutnant Gerald F. Riley, Staff Weather Officer to CENTCOM OIC of CENTAF Weather Support Force and Commander of 3rd Weather Squadron, in „Desert Shield/Desert Storm Interview Series“, von Dr. William E. Narwyn, AWS Historian, 29. Mai 1991.

8 Thomas A. Keaney und Eliot A. Cohen. Gulf War Air Power Survey Summary Report (Washington D.C.: Government Printing Office, 1993), 172. Q

9 Herbert S. Appleman, An Introduction to Weather-modification (Scott AFB, 111.: Air Weather Service/MAC, September 1969), 1.

10 William Bown, „Mathematicians Learn How to Tame Chaos“, New Scientist, 30. Mai 1992, 16.

11 CJCSI 3810.01, Meteorological and Oceanographic Operations, 10. Januar 95.

Diese CJCS-Instruktion legt die Richtlinien für die Durchführung von meteorologischen und ozeanographischen Operationen fest und weist die Verantwortlichkeiten zu.

Sie definiert auch die Begriffe „weiträumig“, „langanhaltend“ und „schwerwiegend“, um diejenigen Aktivitäten zu identifizieren, die den US-Streitkräften gemäß den Bestimmungen des UN-Umweltveränderungsübereinkommens untersagt sind. Weiträumig bedeutet, dass es sich um ein Gebiet von mehreren hundert Kilometern handelt; langanhaltend bedeutet, dass es über einen Zeitraum von mehreren Monaten oder etwa einer Saison andauert; und schwerwiegend bedeutet, dass es zu einer ernsthaften oder erheblichen Störung oder Schädigung von Menschenleben, natürlichen und wirtschaftlichen Ressourcen oder anderen Vermögenswerten kommt.

12 Die Besorgnis über die unbeabsichtigten Folgen des Versuchs, das Wetter zu „kontrollieren“, ist durchaus berechtigt. Das Wetter ist ein klassisches Beispiel für ein chaotisches System (d. h. ein System, das sich niemals exakt wiederholt). Ein chaotisches System ist auch extrem empfindlich: Kleinste Unterschiede in den Bedingungen haben große Auswirkungen auf die Ergebnisse. Laut Dr. Glenn James, einem weithin bekannten Chaosexperten, kann der technische Fortschritt vielleicht eine Möglichkeit bieten, vorherzusagen, wann Wetterumschwünge eintreten werden und wie groß die Inputs sind, die erforderlich sind, um diese Umschwünge zu bewirken; es wird jedoch nie möglich sein, Veränderungen, die als Folge unserer Inputs auftreten, genau vorherzusagen.

Die chaotische Natur des Wetters schränkt auch unsere Fähigkeit ein, genaue langfristige Vorhersagen zu machen. Der renommierte Physiker Edward Teller stellte kürzlich Berechnungen vor, die er anstellte, um die Verbesserung der langfristigen Wettervorhersage zu bestimmen, die sich aus einer Satellitenkonstellation ergeben würde, die kontinuierliche atmosphärische Messungen über ein weltweites 1 km²-Raster liefert. Ein solches System, das derzeit noch zu teuer ist, würde die Langfristvorhersagen nur von derzeit fünf auf etwa 14 Tage verbessern. Es ist klar, dass der Fähigkeit des Menschen, die Natur zu kontrollieren, physikalische Grenzen gesetzt sind, aber das Ausmaß dieser physikalischen Grenzen bleibt eine offene Frage. Quellen: G. E. James, „Chaos Theory: The Essentials for Military Applications“, in ACSC Theater Air Campaign Studies Coursebook, AY96, 8 (Maxwell AFB, Ala: Air University Press, 1995), 1-64. Die Berechnungen von Teller werden in Referenz 49 dieser Quelle zitiert.

Kapitel 3

Systembeschreibung

Unsere Vision ist, dass das Militär bis 2025 in der Lage ist, das Wetter auf einer Mesoskala (<200 km²) oder Mikroskala (unmittelbarer lokaler Bereich) zu beeinflussen, um operative Fähigkeiten wie die in Tabelle 1 aufgeführten zu erreichen. Diese Fähigkeit wäre das synergetische Ergebnis eines Systems, das aus (1) hochqualifizierten Wetterspezialisten (WFS) besteht, die Mitglieder des Wetterunterstützungselements (WFSE) des CINC sind; (2) Zugangspforten zum globalen Wetternetz (GWN), wo weltweite Wetterbeobachtungen und -vorhersagen nahezu in Echtzeit aus zivilen und militärischen Quellen bezogen werden; (3) ein dichtes, hochpräzises lokales Wettererfassungs- und Kommunikationssystem; (4) eine fortschrittliche computergestützte lokale Wetteränderungsmodellierungs- und -vorhersagefähigkeit innerhalb des Verantwortungsbereichs (AOR); (5) bewährte Wetteränderungsinterventionstechnologien; und (6) eine Rückkopplungsfähigkeit.

Das Globale Wetternetz

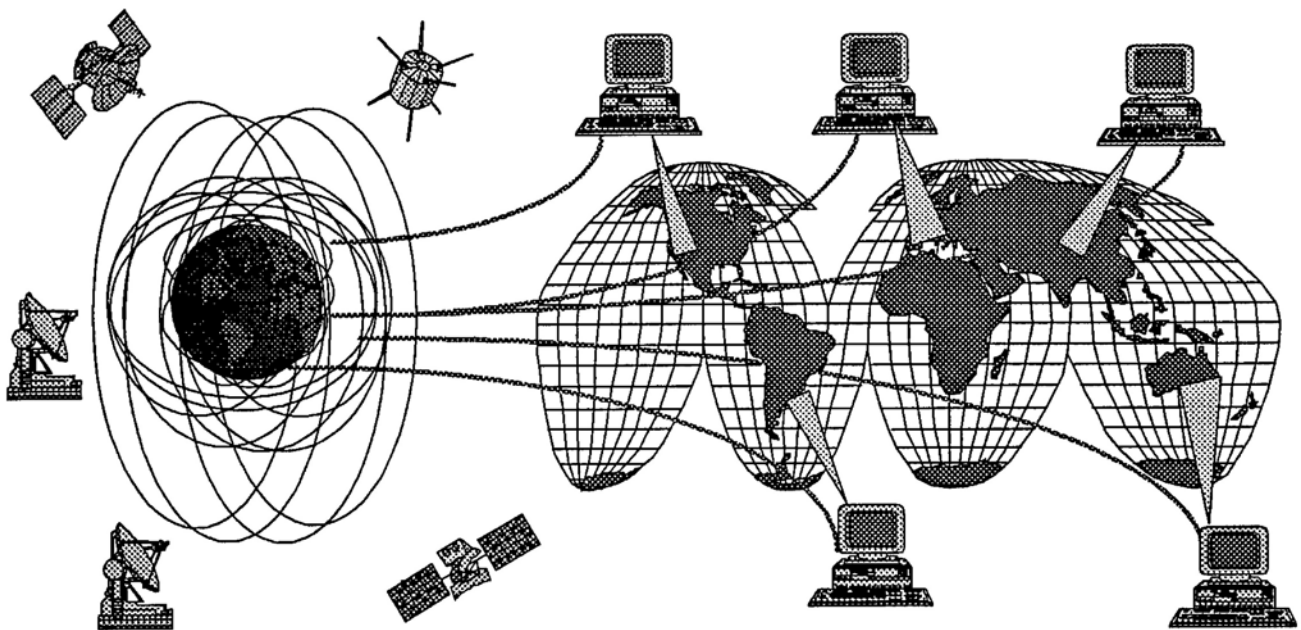
Das GWN soll eine evolutionäre Erweiterung des derzeitigen militärischen und zivilen weltweiten Wetterdatennetzes sein. Bis 2025 wird es ein Hochgeschwindigkeits-Kommunikationsnetz mit erweiterter Bandbreite sein, das nahezu in Echtzeit Wetterbeobachtungen liefert, die von einem dichteren und genaueren weltweiten Beobachtungsnetz stammen, das sich aus stark verbesserten Boden-, Luft-, See- und Weltraumsensoren ergibt.

Das Netz wird auch Zugang zu Vorhersagezentren auf der ganzen Welt bieten, in denen hochentwickelte, maßgeschneiderte Vorhersage- und Datenprodukte, die aus Wettervorhersagemodellen (global, regional, lokal, spezialisiert usw.) auf der Grundlage der neuesten nichtlinearen mathematischen Techniken generiert werden, den GWN-Kunden zur Nutzung in nahezu Echtzeit zur Verfügung gestellt werden.

Wir stellen uns vor, dass bis 2025 Wettervorhersagemodelle im Allgemeinen und mesoskalige Wetteränderungsmodelle im Besonderen in der Lage sein werden, alle wettererzeugenden Variablen und ihre wechselseitige Dynamik nachzubilden und sich in strengen Messversuchen mit empirischen Daten als äußerst genau zu erweisen.

Das Gehirn dieser Modelle werden fortschrittliche Software- und Hardware-Funktionen sein, die schnell Billionen von Umweltdatenpunkten aufnehmen, sie in brauchbaren Datenbanken zusammenführen, die Daten durch die Wettervorhersagemodelle verarbeiten und die Wetterinformationen über das GWN in nahezu Echtzeit verbreiten können.

Dieses Netz ist in Abbildung 3-1 schematisch dargestellt.



Quelle: Microsoft Clipart Gallery © 1995 mit freundlicher Genehmigung von Microsoft.

Abbildung 3-1. Globales Wetternetz

Ein Beleg für die sich entwickelnde Fähigkeit zur Wettermodellierung und -vorhersage sowie für das GWN ist der Strategieplan der National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) für den Zeitraum 1995-2005. Er enthält Programmelemente, um „kurzfristige Warn- und Vorhersagedienste voranzutreiben, saisonale bis zwischenjährige Klimavorhersagen zu implementieren und dekadische bis hundertjährige Veränderungen vorherzusagen und zu bewerten“; er enthält jedoch keine Pläne für die Modellierung von Wetterveränderungen oder die Entwicklung von Veränderungstechnologien.

Die Pläne der NOAA umfassen umfangreiche Datenerfassungsprogramme wie NEXRAD (Next Generation Radar) und Doppler-Wetterüberwachungssysteme, die in den gesamten USA eingesetzt werden. Die Daten aus diesen Erfassungssystemen werden in über 100 Vorhersagezentren eingespeist und vom Advanced Weather Interactive Processing System (AWIPS) verarbeitet, das Datenkommunikation, -verarbeitung und -darstellung für umfassende Vorhersagen ermöglicht.

Darüber hinaus hat die NOAA einen Cray C90-Supercomputer geleast, der über 1,5 x 10¹⁰ Operationen pro Sekunde ausführen kann und bereits für ein Hurrikan-Vorhersagesystem verwendet wurde.³

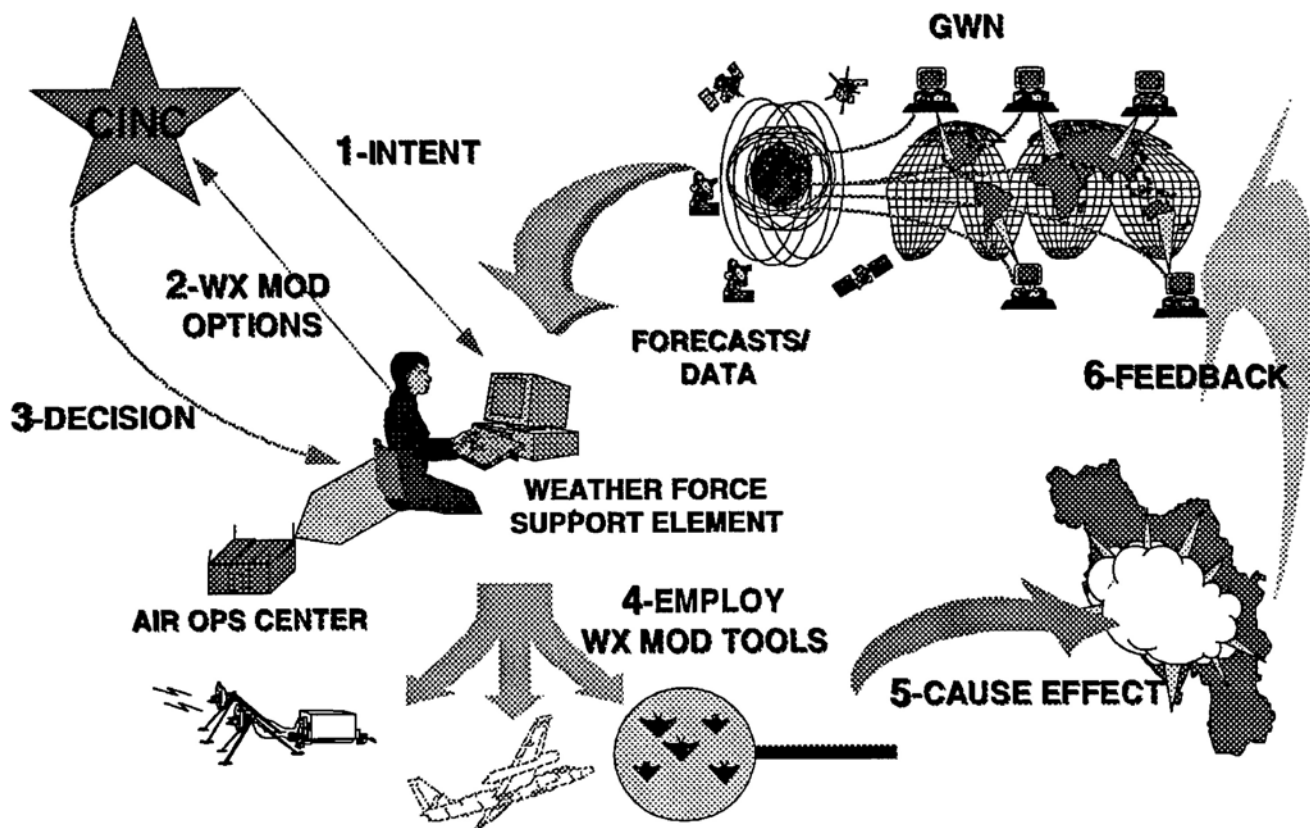
Anwendung der Wettermodifikation auf militärische Operationen

Wie wird das Militär im Allgemeinen und die USAF im Besonderen Wettermodifikationsfähigkeit verwalten und einsetzen? Wir stellen uns vor, dass dies durch das Wetterunterstützungselement (Weather Force Support Element, WFSE) geschieht, dessen Hauptaufgabe darin besteht, die kriegführenden CINCs zusätzlich zur aktuellen Vorhersageunterstützung mit Wettermodifikationsoptionen zu unterstützen.

Obwohl das WFSE überall operieren könnte, solange es Zugang zum GWN und den bereits erörterten Systemkomponenten hat, wird es höchstwahrscheinlich eine Komponente innerhalb des AOC oder seines 2025-Äquivalents sein. Mit den Absichten der CINCs als Anleitung formuliert das WFSE Wetteränderungsoptionen unter Verwendung von Informationen, die vom GWN, dem lokalen Wetterdatennetz und dem Wetteränderungsvorhersagemodell bereitgestellt werden.

Zu den Optionen gehören die Reichweite der Wirkung, die Erfolgswahrscheinlichkeit, die aufzuwendenden Ressourcen, die Verwundbarkeit des Gegners und die damit verbundenen Risiken. Der CTNC wählt auf der Grundlage dieser Eingaben eine Wirkung aus, und der WFSE setzt dann den gewählten Kurs um, indem er die richtigen Modifikationswerkzeuge auswählt und einsetzt, um die gewünschte Wirkung zu erzielen. Das WFSE überprüft die Wirksamkeit seiner Bemühungen, indem es die aktualisierten aktuellen Bedingungen und neuen Prognosen aus dem GWN und dem lokalen Wetterdatennetz abrufen, und plant bei Bedarf Folgeeinsätze.

- Dieses Konzept ist in Abbildung 3-2 dargestellt.



Source: Microsoft Clipart Gallery © 1995 with courtesy from Microsoft.
Figure 3-2. The Military System for Weather-Modification Operations.

Die Mitarbeiter des WFSE müssen Experten für Informationssysteme sein und die Kunst der offensiven und defensiven Informationskriegsführung beherrschen. Sie müssten auch über ein tiefes Verständnis des GWN verfügen und wissen, wie Wetterveränderungen eingesetzt werden können, um die Bedürfnisse eines CINC zu erfüllen. Aufgrund des Knotenpunktcharakters des GWN wäre dieses Konzept sehr flexibel.

So könnte beispielsweise jedem Einsatzgebiet ein WFSE zugewiesen werden, um den Oberbefehlshaber direkt zu unterstützen. Das System wäre auch überlebensfähig, da mehrere Knotenpunkte mit dem GWN verbunden wären. Als Produkt des Informationszeitalters wäre dieses System am anfälligsten für Informationskriegsführung.

Jedes WFSE müsste über die aktuellsten defensiven und offensiven Informationsfähigkeiten verfügen. Defensive Fähigkeiten wären für das Überleben notwendig. Offensivfähigkeiten könnten Spoofing-Optionen bieten, um virtuelles Wetter in den Sensor- und Informationssystemen des Gegners zu erzeugen, so dass es wahrscheinlicher wird, dass er Entscheidungen trifft, die zu Ergebnissen führen, die eher in unserem Sinne sind als in ihrem.

Sie würden auch die Möglichkeit bieten, unsere Wetterveränderungsaktivitäten zu maskieren oder zu verschleiern.

Zwei Schlüsseltechnologien sind notwendig, um ein integriertes, umfassendes, reaktions-schnelles, präzises und wirksames System zur Wetteränderung zu schaffen. Ein weiterer Schlüssel zur Durchführbarkeit eines solchen Systems ist die Fähigkeit, das äußerst komplexe nichtlineare System des globalen Wetters so zu modellieren, dass das Ergebnis von Änderungen der Einflussvariablen genau vorhergesagt werden kann.

Forscher haben bereits erfolgreich nichtlineare Systeme mit nur einer Variablen im Labor kontrolliert und stellen die Hypothese auf, dass aktuelle mathematische Techniken und Computerkapazitäten Systeme mit bis zu fünf Variablen bewältigen könnten. Fortschritte in diesen beiden Bereichen würden es möglich machen, regionale Wettermuster durch kleine, kontinuierliche Änderungen an einem oder mehreren Einflussfaktoren zu beeinflussen.

**Mit genügend Vorlaufzeit und richtigen Bedingungen wäre es denkbar,
„maßgeschneidertes“ Wetter zu erhalten.**

Die Entwicklung einer echten Wettermodifikationsfähigkeit erfordert verschiedene Eingriffsinstrumente, um die entsprechenden meteorologischen Parameter auf vorhersehbare Weise anzupassen. Dieser Bereich muss vom Militär auf der Grundlage spezifischer erforderlicher Fähigkeiten entwickelt werden, wie sie in Tabelle 1 aufgeführt sind (siehe Tabelle 1 in der Zusammenfassung).

Ein solches System würde ein Sensorarray und ein lokalisiertes Gefechtsfelddatennetz umfassen, um die für die Erkennung von Eingriffseffekten und die Bereitstellung von Rückmeldungen erforderliche Feinauflösung zu gewährleisten. Dieses Netz würde Boden-, Luft-, See- und Weltraumsensoren sowie menschliche Beobachtungen umfassen, um die Zuverlässigkeit und Reaktionsfähigkeit des Systems auch bei gegnerischen Gegenmaßnahmen zu gewährleisten. Es würde auch spezifische Interventionsinstrumente und -technologien umfassen, von denen einige bereits existieren und andere noch entwickelt werden müssen. Einige dieser vorgeschlagenen Instrumente werden im folgenden Kapitel mit dem Titel „Einsatzkonzept“ beschrieben.

Der gesamte Wetteränderungsprozess wäre eine Echtzeitschleife aus kontinuierlichen, angemessenen, gemessenen Eingriffen und Rückmeldungen, die das gewünschte Wetterverhalten bewirken können.

Anmerkung

1 SPACECAST 2020, Space Weather Support for Communications, Weißbuch G (Maxwell AFB, Ala.: Air War College/2020, 1994).

2 Rear Adm Sigmund Petersen, „NCAA Moves Toward The 21st Century“, The Military Engineer 20, no. 571 (Juni-Juli 1995): 44.

3 Ebd.

4 William Brown, „Mathematicians Learn How to Tame Chaos“, New Scientist (30. Mai 1992): 16.

Kapitel 4

Betriebskonzept

Der wesentliche Bestandteil des Wetteränderungssystems sind die Interventionstechniken, die zur Veränderung des Wetters eingesetzt werden. Die Zahl der spezifischen Eingriffsmethoden ist nur durch die Vorstellungskraft begrenzt, aber mit wenigen Ausnahmen geht es darum, entweder Energie oder Chemikalien auf die richtige Weise, am richtigen Ort und zur richtigen Zeit in den meteorologischen Prozess einzubringen. Die Intervention könnte so konzipiert sein, dass sie das Wetter auf verschiedene Weise verändert, z.B. durch die Beeinflussung von Wolken und Niederschlag, der Intensität von Stürmen, des Klimas, des Raums oder des Nebels.

Niederschlag

Seit Jahrhunderten wünscht sich der Mensch die Fähigkeit, den Niederschlag zu einem Zeitpunkt und an einem Ort seiner Wahl zu beeinflussen. Bis vor kurzem war der Erfolg bei der Verwirklichung dieses Ziels minimal; es könnte jedoch eine neue Chance bestehen, die sich aus der Entwicklung neuer Technologien und dem zunehmenden weltweiten Interesse an der Linderung von Wasserknappheit durch die Verbesserung des Niederschlags ergibt.

Daher plädieren wir dafür, dass das Verteidigungsministerium die zahlreichen Möglichkeiten (und auch die Auswirkungen) untersucht, die sich aus der Entwicklung einer Fähigkeit zur Niederschlagsbeeinflussung oder der Durchführung einer „selektiven Niederschlagsmodifikation“ ergeben. Obwohl die Fähigkeit zur langfristigen Beeinflussung von Niederschlägen (d.h. über mehrere Tage hinweg) noch nicht vollständig verstanden ist.

Bis 2025 werden wir sicherlich in der Lage sein, den Niederschlag kurzfristig in einem bestimmten Gebiet zu verstärken oder zu verringern.

Bevor wir die Forschung in diesem Bereich erörtern, ist es wichtig, den Nutzen einer solchen Fähigkeit zu beschreiben. Während viele militärische Operationen vom Niederschlag beeinflusst werden können, ist die Mobilität am Boden am stärksten betroffen.

Die Beeinflussung des Niederschlags könnte sich in zweierlei Hinsicht als nützlich erweisen. Erstens könnte die Verstärkung des Niederschlags die Befahrbarkeit des Feindes durch Verschlammung des Geländes verringern und gleichzeitig die Moral des Feindes beeinträchtigen.

Zweitens könnte die Unterdrückung von Niederschlägen die Befahrbarkeit für die eigenen Truppen erhöhen, indem ein ansonsten schlammiges Gebiet ausgetrocknet wird. Wie groß ist die Möglichkeit, diese Fähigkeit zu entwickeln und sie bis 2025 in taktischen Operationen einzusetzen? Näher als man denkt. Seit vielen Jahren wird auf dem Gebiet der Niederschlagsveränderung geforscht, und ein Teil der daraus resultierenden Technologie wurde während des Vietnamkriegs bei Operationen eingesetzt. Diese ersten Versuche bilden die Grundlage für die weitere Entwicklung einer echten Fähigkeit zur selektiven Niederschlagsmodifikation. Interessanterweise hat die US-Regierung bewusst beschlossen, nicht weiter auf dieser Grundlage aufzubauen. Wie bereits erwähnt, haben internationale Vereinbarungen die USA daran gehindert, wetterverändernde Maßnahmen zu erforschen, die weitreichende, lang anhaltende oder schwerwiegende Auswirkungen haben könnten.

Es gibt jedoch (innerhalb der Grenzen bestehender Verträge) Möglichkeiten für eine kurzfristige, örtlich begrenzte Niederschlagsmodifikation mit begrenzten und potenziell positiven Ergebnissen. Diese Möglichkeiten gehen auf unsere eigenen früheren Experimente mit Niederschlagsmodifikation zurück. Wie in einem im Journal of Applied Meteorology erschienenen Artikel festgestellt wurde, [n] zielten im letzten Vierteljahrhundert so gut wie alle Bemühungen zur Wetterbeeinflussung darauf ab, Veränderungen auf der Wolkenskala durch Ausnutzung der Sättigungsdampfdruckdifferenz zwischen Eis und Wasser zu erreichen. Dies ist nicht zu kritisieren, aber es ist an der Zeit, dass wir auch die Möglichkeit einer Wetteränderung auf anderen Zeit-Raum-Skalen und mit anderen physikalischen Hypothesen in Betracht ziehen.

Diese Studie von William M. Gray, et al, untersuchte die Hypothese, dass „signifikante positive Einflüsse durch eine vernünftige Ausnutzung des Sonnenabsorptionspotenzials von Rußstaub abgeleitet werden können“.³ Die Studie kam zu dem Schluss, dass diese Technologie zur Verstärkung von Niederschlägen auf der Mesoskala, zur Erzeugung von Zirkuswolken und zur Verstärkung von Kumulonimbuswolken (Gewitterwolken) in ansonsten trockenen Gebieten eingesetzt werden könnte.

Die Technologie kann wie folgt beschrieben werden. So wie ein schwarzes Teerdach an einem sonnigen Tag leicht Sonnenenergie absorbiert und anschließend Wärme abstrahlt, absorbiert auch Ruß leicht Sonnenenergie. Wenn er in mikroskopisch kleiner Form oder als „Staub“ in der Luft über einem großen Gewässer verstreut wird, erwärmt sich der Kohlenstoff und heizt die Umgebungsluft auf, wodurch die Verdunstung aus dem darunter liegenden Gewässer zunimmt. Wenn sich die Umgebungsluft erwärmt, steigen Luftpakete auf, und der in den aufsteigenden Luftpaketen enthaltene Wasserdampf kondensiert schließlich und bildet Wolken. Mit der Zeit werden die Wolkentröpfchen immer größer, da immer mehr Wasserdampf kondensiert, und schließlich werden sie zu groß und schwer, um in der Schwebe zu bleiben, und fallen als Regen oder andere Formen von Niederschlägen.⁴

In der Studie wird darauf hingewiesen, dass diese Technologie zur Verstärkung des Niederschlags am besten „im Windschatten von Küsten mit auflandiger Strömung“ funktionieren würde. Schnee am Südrand der Großen Seen ist ein natürliches Phänomen, das auf einer ähnlichen Dynamik beruht. Kann diese Art der Niederschlagsverstärkung auch militärisch genutzt werden?

Ja, wenn die richtigen Bedingungen gegeben sind. Wenn wir zum Beispiel das Glück haben, ein ziemlich großes Gewässer im Windschatten des anvisierten Schlachtfelds zu haben, könnte Kohlenstoffstaub in die Atmosphäre über diesem Gewässer eingebracht werden.

Wenn die Dynamik in der Atmosphäre günstig ist, wird die aufsteigende gesättigte Luft schließlich Wolken und Regenschauer im Windschatten über dem Land bilden. Auch wenn die Wahrscheinlichkeit, dass sich ein Gewässer in Windrichtung des Schlachtfelds befindet, nicht vorhersehbar ist, könnte sich die Technologie unter den richtigen Bedingungen als äußerst nützlich erweisen.

Nur durch weitere Experimente lässt sich feststellen, inwieweit die Niederschlagsverstärkung kontrolliert werden kann. Wenn die Techniken zur Niederschlagsverstärkung erfolgreich entwickelt werden und auch die richtigen natürlichen Bedingungen gegeben sind, müssen wir auch in der Lage sein, **Kohlenstoffstaub an den gewünschten Ort zu bringen.**

Der kontrollierte, sichere, kosteneffiziente und zuverlässige Transport erfordert Innovationen. Zahlreiche Ausbreitungstechniken wurden bereits untersucht, aber die bequemste, sicherste und kosteneffektivste Methode, die diskutiert wird, ist der Einsatz von Nachbrennertriebwerken, die Kohlenstoffpartikel erzeugen, während sie durch die Zielluft fliegen. Diese Methode basiert auf der Einspritzung von flüssigem Kohlenwasserstoff in die Verbrennungsgase des Nachbrenners.

Diese direkte Erzeugungsmethode erwies sich als wünschenswerter als eine andere plausible Methode (d. h. der Transport großer Mengen von zuvor erzeugtem und entsprechend dimensioniertem **Kohlestaub** in die gewünschte Höhe). Die Kohlestaubstudie hat gezeigt, dass eine Verstärkung des Niederschlags in kleinem Maßstab möglich ist und unter bestimmten atmosphärischen Bedingungen erfolgreich nachgewiesen wurde. Seit der Durchführung der Studie wurden keine bekannten militärischen Anwendungen dieser Technologie realisiert.

Wir können jedoch postulieren, wie diese Technologie in Zukunft eingesetzt werden könnte, indem wir einige der Plattformen untersuchen, die im Jahr 2025 für die wirksame Ausbringung von **Kohlenstoffstaub** oder anderen wirksamen Modifikationsmitteln zur Verfügung stehen könnten. Eine von uns vorgeschlagene Methode würde die Sicherheit und Zuverlässigkeit der Technologie weiter maximieren, indem das menschliche Element praktisch ausgeschaltet wird. Bislang wurde viel an UAVs gearbeitet, die den Fähigkeiten pilotierter Flugzeuge nahe kommen (wenn auch nicht ganz). Würde man diese UAV-Technologie mit Tarnkappen- und **Kohlestaubtechnologien** kombinieren, könnte das Ergebnis ein UAV-Flugzeug sein, das auf dem Weg zum Zielgebiet für den Radar unsichtbar ist und an jedem beliebigen Ort spontan Kohlestaub erzeugen kann. Um jedoch die Anzahl der für die Durchführung der Mission erforderlichen UAVs zu minimieren, müsste ein neues und effizienteres System zur Erzeugung von **Kohlestaub** entwickelt werden, das eine Folgetechnologie der bereits erwähnten Nachbrenner-Düsentriebwerke darstellt. Um die Tarnkappentechnologie wirksam einsetzen zu können, muss dieses System auch in der Lage sein, den **Kohlestaub** zu verteilen und gleichzeitig die Infrarot-Wärmequelle der UAVs zu minimieren (oder ganz zu eliminieren).

Neben dem Einsatz von Tarnkappen-Drohnen und der Kohlenstoffstaub-Absorptionstechnologie zur Niederschlagsverstärkung könnte diese Methode auch zur Niederschlagsunterdrückung eingesetzt werden. Obwohl in der oben erwähnten Studie die Möglichkeit des Wolkenimpfens zur Niederschlagsunterdrückung nicht eingehend untersucht wurde, besteht diese Möglichkeit durchaus. Würden Wolken geimpft (mit chemischen Keimen, die den heute verwendeten ähnlich sind, oder vielleicht mit einem wirksameren Wirkstoff, der durch weitere Forschung entdeckt wird), bevor sie in Windrichtung an einem gewünschten Ort ankommen, könnte das Ergebnis eine Unterdrückung des Niederschlags sein. Mit anderen Worten, der Niederschlag könnte „gezwungen“ werden, zu fallen, bevor er im gewünschten Gebiet ankommt, wodurch das gewünschte Gebiet „trocken“ wird. Die strategischen und operativen Vorteile einer solchen Vorgehensweise wurden bereits erörtert.

Nebel

Im Allgemeinen erfordert eine erfolgreiche Nebelauflösung eine Art von Heiz- oder Saatverfahren. Welches Verfahren am besten funktioniert, hängt von der Art des Nebels ab, der auftritt. Vereinfacht ausgedrückt gibt es zwei Grundtypen von Nebel - kalten und warmen Nebel. Kaltnebel tritt bei Temperaturen unter 32°F auf.

Die bekannteste Technik zur Auflösung von kaltem Nebel ist die Ausbringung von Mitteln aus der Luft, die das Wachstum von Eiskristallen fördern.

Warmer Nebel tritt bei Temperaturen über 32°F auf und macht 90 Prozent der nebelbedingten Probleme aus, die im Flugbetrieb auftreten. Die bekannteste Technik zur Nebelauflösung ist das Erhitzen, da eine geringe Temperaturerhöhung in der Regel ausreicht, um den Nebel zu verdampfen.

Da die Beheizung in der Regel nicht praktikabel ist, ist die nächst effektivere Technik das hygroskopische Seeding. Diese Technik ist am wirksamsten, wenn sie aus der Luft durchgeführt wird, kann aber auch vom Boden aus angewendet werden. Um optimale Ergebnisse zu erzielen, sind Informationen über die Nebeltiefe, den Flüssigwassergehalt und den Wind erforderlich.

Jahrzehntelange Forschung zeigt, dass die Nebelauflösung eine wirksame Anwendung der Wettermodifikationstechnologie ist, die nachweislich enorme Einsparungen für die militärische und zivile Luftfahrt ermöglicht. Auch Kommunen haben Interesse an der Anwendung dieser Techniken gezeigt, um die Sicherheit von Hochgeschwindigkeitsstraßen zu verbessern, die durch Gebiete mit häufig auftretendem dichtem Nebel führen.¹²

Es gibt einige neue Technologien, die für die Nebelzerstreuung von Bedeutung sein könnten. Wie bereits erwähnt, ist die Erhitzung die wirksamste Methode zur Nebelauflösung, die sich jedoch in den meisten Fällen als unpraktisch erwiesen hat und bestenfalls für Notfalleinsätze in Frage käme. Die Entwicklung gerichteter Strahlungsenergietechnologien wie Mikrowellen und Laser könnte jedoch neue Möglichkeiten eröffnen.

Laborexperimente haben gezeigt, dass Mikrowellen für die Wärmeabfuhr von Nebel wirksam sind. Die Ergebnisse deuten jedoch auch darauf hin, dass die erforderlichen Energiemengen den US-Grenzwert für große Leistungsdichten von 100 13 Watt/m² überschreiten und sehr teuer wären. 13

Feldversuche mit Lasern haben gezeigt, dass warmer Nebel auf einem Flugplatz ohne Sicht aufgelöst werden kann. Mit einer Leistung von 1 Watt/cm, was in etwa dem US-Grenzwert für die große Leistungsdichte entspricht, erhöhte das System die Sichtweite innerhalb von 20 Sekunden 14 auf eine Viertelmeile. Die im Abschnitt „Weltraumbetrieb“ dieser AF 2025-Studie beschriebenen Lasersysteme könnten diese Fähigkeit sicherlich als eine ihrer vielen Einsatzmöglichkeiten bieten.

Was Seeding-Techniken betrifft, so sind Verbesserungen bei Materialien und Liefermethoden nicht nur plausibel, sondern wahrscheinlich. Derzeit werden intelligente Materialien auf der Grundlage der Nanotechnologie entwickelt, deren Kernstück eine Gigaops-Computerleistung ist.

Sie könnten ihre Größe an die optimale Größe für eine bestimmte Nebelsituation anpassen und sogar während des Prozesses Anpassungen vornehmen. Sie könnten auch ihre Ausbreitungseigenschaften verbessern, indem sie ihren Auftrieb anpassen, miteinander kommunizieren und sich selbst im Nebel steuern. Durch die Integration in ein größeres Sensornetz können sie sofortige und kontinuierliche Rückmeldungen über ihre Wirksamkeit geben und auch ihre Temperatur und Polarität ändern, um ihre Ausbringungseffekte 15 zu verbessern. Wie bereits erwähnt, könnten Drohnen für die Ausbringung und Verteilung dieser intelligenten Materialien eingesetzt werden.

Jüngste Experimente im Forschungslabor der Armee haben gezeigt, dass die Erzeugung von Nebel machbar ist. Mit Hilfe kommerzieller Geräte wurde dichter Nebel auf einer Fläche von 100 Metern Länge erzeugt. Weitere Untersuchungen haben gezeigt, dass Nebel einen großen Teil des sichtbaren Spektrums blockieren und damit die von IR-Waffen ausgehende Strahlung wirksam maskieren.

Dieser Technologie würde es einer kleinen Militäreinheit ermöglichen, die Entdeckung im IR-Spektrum zu vermeiden. Nebel könnte schnell erzeugt werden, um die Bewegung von Panzern oder Infanterie zu verbergen, oder er könnte militärische Operationen, Einrichtungen oder Ausrüstung verbergen. Solche Systeme könnten auch nützlich sein, um die Beobachtung sensibler Operationen im rückwärtigen Bereich durch elektro-optische Aufklärungsplattformen zu verhindern. 17

Storms

Die Beeinflussung von Stürmen zur Unterstützung militärischer Ziele ist die aggressivste und umstrittenste Art der Wetterbeeinflussung. Die von Stürmen verursachten Schäden sind in der Tat horrend. So hat ein Tropensturm eine Energie, die 10.000 Wasserstoffbomben mit einer Megatonne entspricht. 18

1992 zerstörte der Hurrikan Andrew die Homestead AFB in Florida vollständig, führte zur Evakuierung der meisten Militärflugzeuge im Südosten der USA und verursachte Schäden in Höhe von 15,5 Milliarden Dollar. 19

Wie man jedoch aufgrund der Energie eines Sturms erwarten würde, zeigt die aktuelle wissenschaftliche Literatur, dass der Fähigkeit des Menschen, Sturmsysteme zu verändern, eindeutige physikalische Grenzen gesetzt sind. Unter Berücksichtigung dieser Tatsache sowie politischer, ökologischer, wirtschaftlicher, rechtlicher und moralischer Erwägungen werden wir unsere Analyse von Stürmen auf lokal begrenzte Gewitter beschränken und daher keine größeren Sturmsysteme wie Hurrikane oder intensive Tiefdruckgebiete berücksichtigen.

Zu jedem Zeitpunkt gibt es etwa 2.000 Gewitter. Tatsächlich bilden sich täglich 45.000 Gewitter, davon 20 mit Starkregen, Hagel, Mikroausbrüchen, Scherwinden und Blitzen. 20

Jeder, der schon einmal mit einem Verkehrsflugzeug geflogen ist, hat wahrscheinlich bemerkt, dass die Piloten bis zum Äußersten gehen, um Gewitter zu vermeiden. Wie gefährlich Gewitter sind, zeigte sich im August 1985, als ein Jumbo-Jet abstürzte und 137 Menschen in den Tod riss, nachdem er während einer Regenböe in die Scherwinde eines Mikrobusts geraten war. 21 Diese Naturgewalten wirken sich auf alle Flugzeuge aus, und selbst die modernsten Kampfflugzeuge von 1996 versuchen alles, um einem Gewitter auszuweichen.

Wird schlechtes Wetter auch im Jahr 2025 noch eine Gefahr für die Luftfahrt darstellen?

Die Antwort lautet leider „ja“, aber die prognostizierten technologischen Fortschritte in den nächsten 30 Jahren werden das Gefahrenpotenzial verringern. Computergesteuerte Flugsysteme werden in der Lage sein, Flugzeuge durch schnell wechselnde Winde zu „steuern“.

Die Flugzeuge werden auch mit hochpräzisen Messsystemen ausgestattet sein, die das Flugzeug sofort „kartieren“ und automatisch durch den sichersten Teil einer Sturmzelle leiten können.

Die Flugzeuge sollen über eine gehärtete Elektronik verfügen, die den Auswirkungen von Blitzeinschlägen widerstehen kann, und möglicherweise auch in der Lage sein, ein umgebendes Elektropotentialfeld zu erzeugen, das Blitzeinschläge neutralisiert oder abwehrt.

Unter der Annahme, dass die USA einige oder alle der oben skizzierten technischen Fortschritte bei Flugzeugen erzielen und den technologischen „Wettervorsprung“ gegenüber ihren potenziellen Gegnern aufrechterhalten, können wir als Nächstes untersuchen, wie wir das Wetter im Kampfgebiet verändern könnten, um unseren technischen Vorsprung optimal zu nutzen.

Technologien zur Wettermodifikation könnten Techniken beinhalten, die die Freisetzung latenter Wärme in der Atmosphäre erhöhen, zusätzlichen Wasserdampf für die Entwicklung von Wolkenzellen bereitstellen und für zusätzliche Erwärmung der Oberfläche und der unteren Atmosphäre sorgen, um die atmosphärische Instabilität zu erhöhen. Entscheidend für den Erfolg jedes Versuchs, eine Gewitterzelle auszulösen, sind die lokal und regional vorherrschenden atmosphärischen Bedingungen.

Die Atmosphäre muss bereits bedingt instabil sein und die großräumige Dynamik muss die Entwicklung vertikaler Wolken begünstigen. Der Schwerpunkt der Bemühungen um eine Wetteränderung besteht darin, zusätzliche „Bedingungen“ zu schaffen, die die Atmosphäre so instabil machen, dass sich Wolken und schließlich Gewitterzellen entwickeln.

Der Weg der sich entwickelnden oder verstärkten Gewitterzellen hängt nicht nur von der mesoskaligen Dynamik des Sturms ab, sondern auch von den regionalen und synoptischen (globalen) atmosphärischen Strömungsmustern in dem Gebiet, die derzeit keiner menschlichen Kontrolle unterliegen.

Wie bereits angedeutet, sind die technischen Hürden für die Entwicklung von Gewittern zur Unterstützung militärischer Operationen offensichtlich größer als bei der Verstärkung von Niederschlägen oder der Auflösung von Nebel, wie bereits beschrieben. Ein Bereich der Sturmforschung, der für militärische Operationen von großem Nutzen wäre, ist die Modifizierung von Blitzen.

Die meisten Forschungsanstrengungen zielen auf die Entwicklung von Techniken zur Verringerung des Auftretens von Blitzen oder der mit ihnen verbundenen Gefahren ab. Dies ist eine wichtige Forschung für militärische Operationen und den Schutz von Ressourcen, aber ein gewisser offensiver militärischer Nutzen könnte durch Forschung zur Erhöhung des Potenzials und der Intensität von Blitzen erzielt werden. Zu den zu untersuchenden Konzepten gehören die Erhöhung der grundlegenden Effizienz des Gewitters, die Stimulierung des Auslösemechanismus, der den Blitz auslöst, und die Auslösung von Blitzen wie demjenigen, der 1968 in Apollo 12 einschlug. 22 Mögliche Mechanismen, die es zu erforschen gilt, wären Möglichkeiten, die Elektropotentiale über bestimmten Zielen zu verändern, um Blitzeinschläge auf den gewünschten Zielen auszulösen, wenn das Gewitter über deren Standort hinwegzieht.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Fähigkeit, das Wetter im Kampfgebiet durch die Auslösung oder Verstärkung von Gewitterzellen zu verändern, es uns ermöglichen würde, die technologischen „Wetter“-Fortschritte unserer Flugzeuge aus dem Jahr 2025 zu nutzen; dieser Bereich hat ein enormes Potenzial und sollte in künftigen Forschungs- und Konzeptentwicklungsprogrammen behandelt werden.

Nutzung des „Nahen Weltraums“ für die Weltraumkontrolle

In diesem Abschnitt werden Möglichkeiten zur Kontrolle und Veränderung der Ionosphäre und der nahen Weltraumumgebung zur Verstärkung der Streitkräfte erörtert, insbesondere zur Verbesserung unserer eigenen Kommunikations-, Erfassungs- und Navigationsfähigkeiten und/oder zur Beeinträchtigung der Fähigkeiten unseres Feindes.

Eine kurze technische Beschreibung der Ionosphäre und ihrer Bedeutung für die derzeitigen Kommunikationssysteme ist in Anhang A enthalten.

Bis zum Jahr 2025 könnte es möglich sein, die Ionosphäre und den nahen Weltraum zu modifizieren, wodurch sich eine Vielzahl potenzieller Anwendungen ergeben würde (siehe unten). Bevor jedoch eine Veränderung der Ionosphäre möglich wird, sind eine Reihe von Fortschritten bei der Vorhersage und Beobachtung des Weltraumwetters erforderlich. Viele dieser Anforderungen wurden in der Spacecast 2020-Studie „Space Weather Support for Communications“ beschrieben. 23

Einige der Vorschläge aus dieser Studie sind in Anhang B enthalten; es ist wichtig, darauf hinzuweisen, dass unsere Fähigkeit, den nahen Weltraum durch aktive Modifikation zu nutzen, davon abhängt, dass es uns gelingt, zuverlässige Beobachtungs- und Vorhersagefähigkeiten zu erreichen.

Chancen der Weltraumwettermodifikation

Die Veränderung der weltraumnahen Umgebung ist entscheidend für die Vorherrschaft im Luftraum. General Charles Horner, ehemaliger Oberbefehlshaber des US-Raumfahrtkommandos, beschrieb seinen schlimmsten Alptraum als „ein ganzes Marinebataillon auf einer fremden Landezone ausgelöscht zu sehen, weil er nicht in der Lage war, dem Feind aus dem Weltraum generierte Informationen und Bilder vorzuenthalten“. 24

Die aktive Modifikation könnte eine „technologische Lösung“ bieten, um die aktiven und passiven Überwachungs- und Aufklärungssysteme des Gegners zu stören. Kurz gesagt, eine operative Fähigkeit zur Veränderung der weltraumnahen Umgebung würde die Überlegenheit im Weltraum im Jahr 2025 sicherstellen; diese Fähigkeit würde es uns ermöglichen, den Batüespace durch verbesserte Kommunikations-, Erfassungs-, Navigations- und Präzisionseinsatzsysteme zu gestalten und zu kontrollieren.

Wir sind uns zwar darüber im Klaren, dass der technologische Fortschritt die Bedeutung bestimmter elektromagnetischer Frequenzen für die US-Luft- und Raumfahrtstreitkräfte im Jahr 2025 zunichte machen könnte (z. B. Radiofrequenz- (RF), Hochfrequenz- (HF), Höchsthäufigkeits- (VHF) Bänder), doch sind die nachstehend beschriebenen Fähigkeiten dennoch von Bedeutung.

Unsere nicht gleichgestellten Gegner werden höchstwahrscheinlich immer noch auf solche Frequenzen für Kommunikation, Sensorik und Navigation angewiesen sein und wären daher extrem anfällig für Störungen durch eine Veränderung des Weltraumwetters.

Dominanz in der Kommunikation durch Veränderung der Ionosphäre

Die Veränderung der Ionosphäre zur Verbesserung oder Störung der Kommunikation ist in letzter Zeit zum Gegenstand aktiver Forschung geworden. Laut Lewis M. Duncan und Robert L. Showen hat die ehemalige Sowjetunion (FSU) in diesem Bereich theoretische und experimentelle Forschung auf einem Niveau betrieben, das deutlich über dem vergleichbarer Programme im Westen liegt. 25

Es gibt eine starke Motivation für diese Forschung, denn die kontrollierte Erzeugung oder beschleunigte Ableitung ionosphärischer Störungen kann genutzt werden, um neue Ausbreitungswege zu schaffen, die sonst nicht zur Verfügung stünden und die für bestimmte HF-Missionen geeignet sind. 26

Es wurde eine Reihe von Methoden zur Veränderung der Ionosphäre erforscht oder vorgeschlagen darunter die Injektion chemischer Dämpfe und die Erwärmung oder Aufladung durch elektromagnetische Strahlung oder Teilchenstrahlen (wie Ionen, neutrale Teilchen, Röntgenstrahlen, MeV-Teilchen und energetische Elektronen). 27

Es ist wichtig, darauf hinzuweisen, dass viele Techniken zur Veränderung der oberen Atmosphäre bereits erfolgreich experimentell demonstriert wurden. Zu den von der FSU eingesetzten bodengestützten Modifikationstechniken gehören die vertikale HF-Erwärmung, die schräge HF-Erwärmung, die Mikrowellenerwärmung und die Modifikation der Magnetosphäre. Erhebliche 28

Zu den militärischen Anwendungen solcher Operationen gehören die Produktion von Niederfrequenz-Kommunikation (IF), HF-Leitungskommunikation und die Schaffung einer künstlichen Ionosphäre (auf die im Folgenden näher eingegangen wird). Darüber hinaus erkennen auch Entwicklungsländer den Nutzen der Veränderung der Ionosphäre: „In den frühen 1980er Jahren führte Brasilien ein Experiment zur Veränderung der Ionosphäre durch chemische Injektion durch“. 29

Im Folgenden werden einige lohnende Möglichkeiten, die sich aus der Veränderung der Ionosphäre oder des nahen Weltraums ergeben könnten, kurz beschrieben. Es sollte betont werden, dass diese Liste nicht vollständig ist; die Veränderung der Ionosphäre ist ein Bereich mit vielen potenziellen Anwendungen, und es gibt auch wahrscheinliche Nebenanwendungen, die man sich noch nicht vorstellen kann.

Ionosphärenspiegel für punktgenaue Kommunikation oder OTH-Radarübertragung (Over-the-Horizon). Die Eigenschaften und Grenzen der Ionosphäre als Reflexionsmedium für Hochfrequenzstrahlung sind in Anhang A beschrieben.

Der größte Nachteil bei der Abhängigkeit von der Ionosphäre zur Reflexion von Funkwellen ist ihre Variabilität, die auf das normale Weltraumwetter und Ereignisse wie Sonneneruptionen und geomagnetische Stürme zurückzuführen ist.

Die Ionosphäre wurde als zerknittertes Wachspapier beschrieben, dessen relative Position sich je nach Wetterbedingungen hebt und senkt. Auch die Oberflächentopografie des zerknitterten Papiers ändert sich ständig, was zu Schwankungen bei den Reflexions-, Brechungs- und Durchlässigkeitseigenschaften führt.

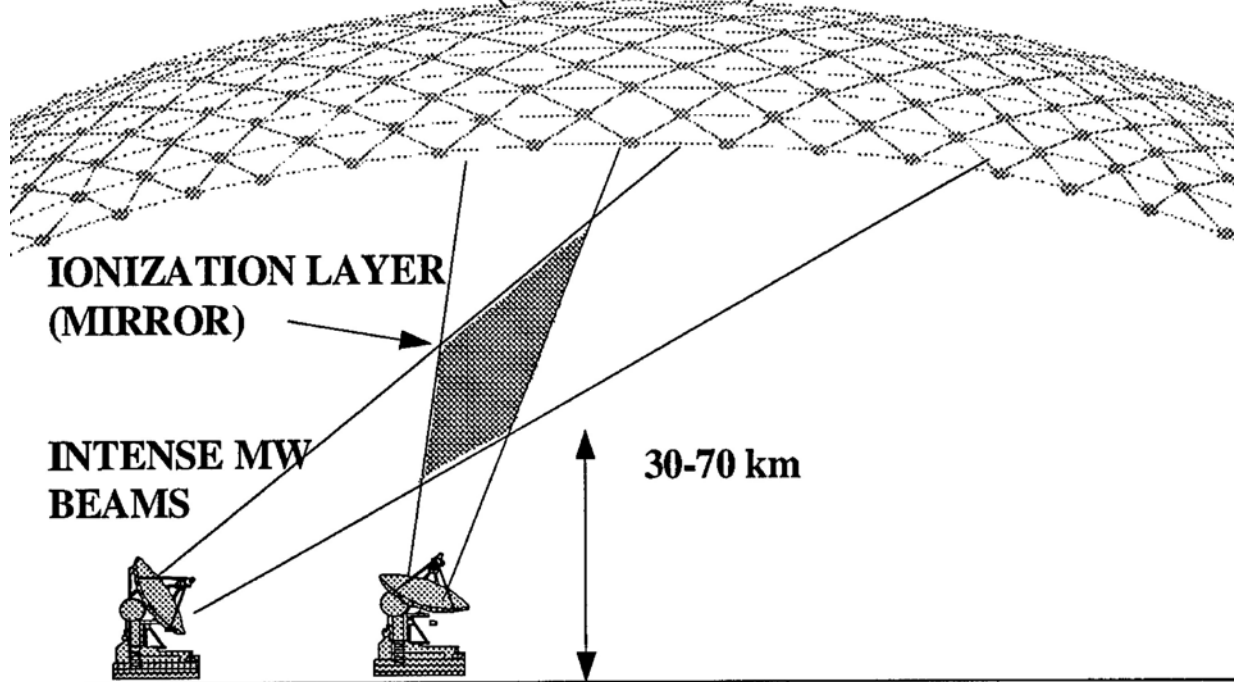
Die Schaffung einer künstlichen einheitlichen Ionosphäre wurde erstmals Mitte der 1970er Jahre von dem sowjetischen Forscher A. V. Gurevich vorgeschlagen. Ein künstlicher Ionosphärenspiegel (ATM) würde als präziser Spiegel für elektromagnetische Strahlung einer bestimmten Frequenz oder eines Frequenzbereichs dienen. Damit wäre er sowohl für die punktgenaue Kontrolle der Kommunikation der eigenen Seite als auch für das Abfangen feindlicher Übertragungen geeignet. Dieses Konzept wurde von Paul A. Kossey, et al. in einem Artikel mit dem Titel „Artificial 30 Ionospheric Mirrors (ATM)“ ausführlich beschrieben. 30

„Die Autoren beschreiben, wie man den Ort und die Höhe des Bereichs der künstlich erzeugten Ionisierung genau steuern kann, indem man gekreuzte Mikrowellen (MW) einsetzt, die den atmosphärischen Zusammenbruch (Ionisierung) neutraler Spezies erzeugen.

Die Auswirkungen einer solchen Kontrolle sind enorm: Man wäre den Unwägbarkeiten der natürlichen Ionosphäre nicht mehr ausgesetzt, sondern hätte eine direkte Kontrolle über die Ausbreitungsumgebung. Im Idealfall könnte das ATM schnell aufgebaut werden und würde dann nur für eine kurze Betriebszeit aufrechterhalten werden. Abbildung 4-1 zeigt eine schematische Darstellung des Cross-Beam-Ansatzes zur Erzeugung eines ATM. 31

Ein AIM könnte theoretisch Radiowellen mit Frequenzen bis zu 2 GHz reflektieren, was fast zwei Größenordnungen höher ist als die von der natürlichen Ionosphäre reflektierten Wellen. Die MW-Strahlerleistung, die für ein solches System benötigt wird, ist etwa eine Größenordnung höher als bei den modernsten Systemen von 1992; es wird jedoch erwartet, dass eine solche Leistung bis 2025 leicht zu erreichen ist.

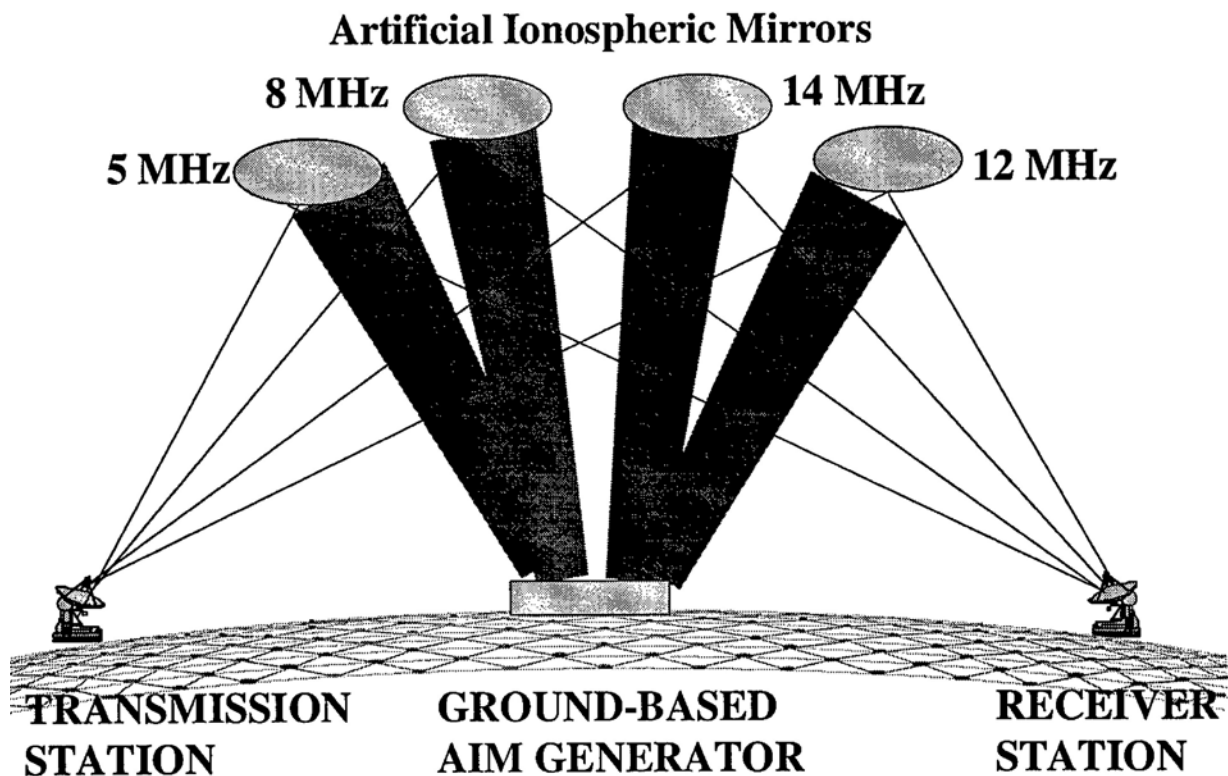
NORMAL IONOSPHERIC REFLECTING LAYERS (100-300 km)



Quelle: Microsoft Clipart Gallery © 1995 mit freundlicher Genehmigung von Microsoft.

Abbildung 4-1. Crossed-Beam-Ansatz zur Erzeugung künstlichen Ionosphärenspiegels

Diese Technologie würde nicht nur eine punktgenaue Kommunikationskontrolle und eine potenzielle Abhörmöglichkeit bieten, sondern auch die Kommunikation auf bestimmten Frequenzen ermöglichen, sofern dies gewünscht wird. Abbildung 4-2 zeigt, wie ein bodengestützter Strahler über Nacht eine Reihe von ATMs erzeugt, von denen jedes auf eine ausgewählte Übertragungsfrequenz zugeschnitten wäre. Eine solche Anordnung würde die verfügbare Bandbreite für die Kommunikation erheblich erweitern und auch das Problem der Interferenz und des Übersprechens beseitigen (indem man den erforderlichen Leistungspegel nutzen kann).



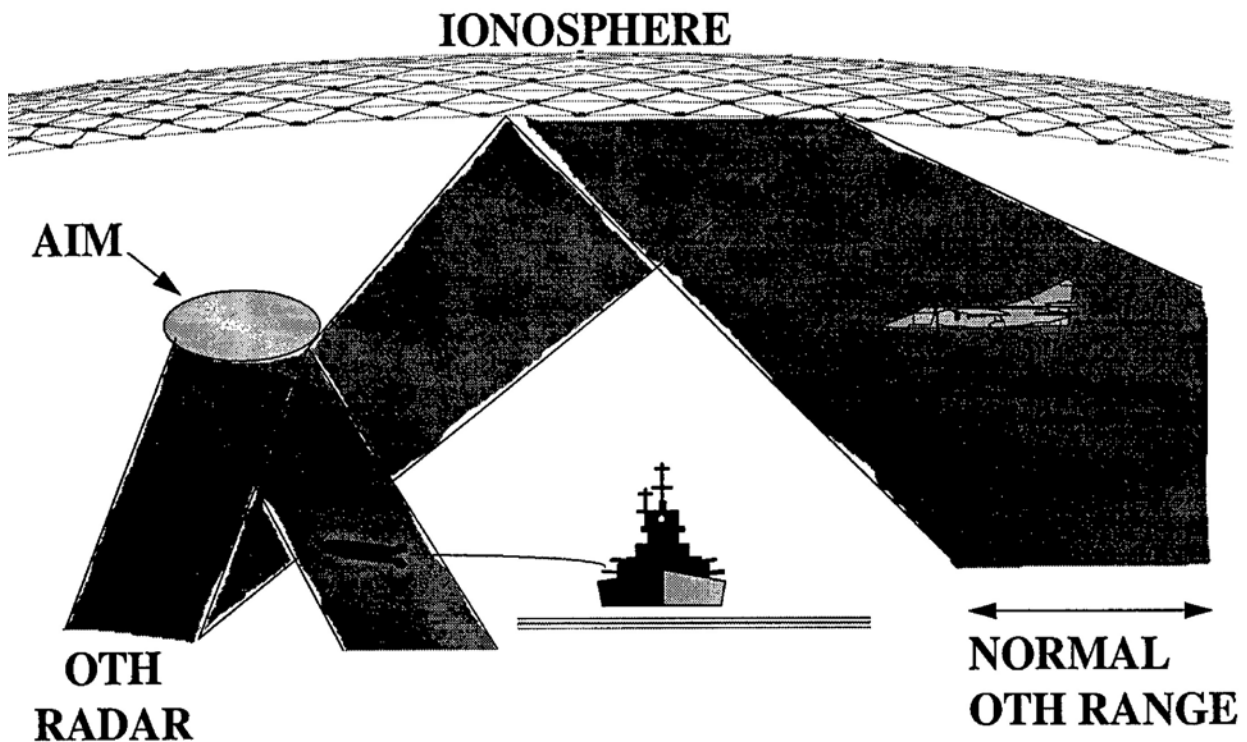
Quelle: Microsoft Clipart Gallery © 1995 mit freundlicher Genehmigung von Microsoft.

Abbildung 4-2. Künstliche Ionosphärenspiegel Punkt-zu-Punkt-Kommunikation

Kossey et al. beschreiben auch, wie AIMs eingesetzt werden könnten, um die Leistungsfähigkeit von OTH-Radar zu verbessern:

Ein AIM-basiertes Radar könnte mit einer Frequenz betrieben werden, die so gewählt wird, dass die Zielerfassung optimiert wird und nicht durch die vorherrschenden ionosphärischen Bedingungen eingeschränkt wird. In Verbindung mit der Möglichkeit, die Wellenpolarisation des Radars zu steuern, um Clutter-Effekte abzuschwächen, könnte dies zu einer zuverlässigen Erkennung von Marschflugkörpern und anderen schwer erkennbaren Zielen führen. 32

Eine schematische Darstellung dieses Konzepts ist in Abbildung 4-3 zu sehen. Zu den potenziellen Vorteilen gegenüber konventionellen OTH-Radaren gehören die Frequenzkontrolle, die Abschwächung von Polarlichteffekten, der Betrieb über kurze Entfernungen und die Erkennung eines Ziels mit kleinerem Querschnitt.



Source: Microsoft Clipart Gallery © 1995 with courtesy from Microsoft.

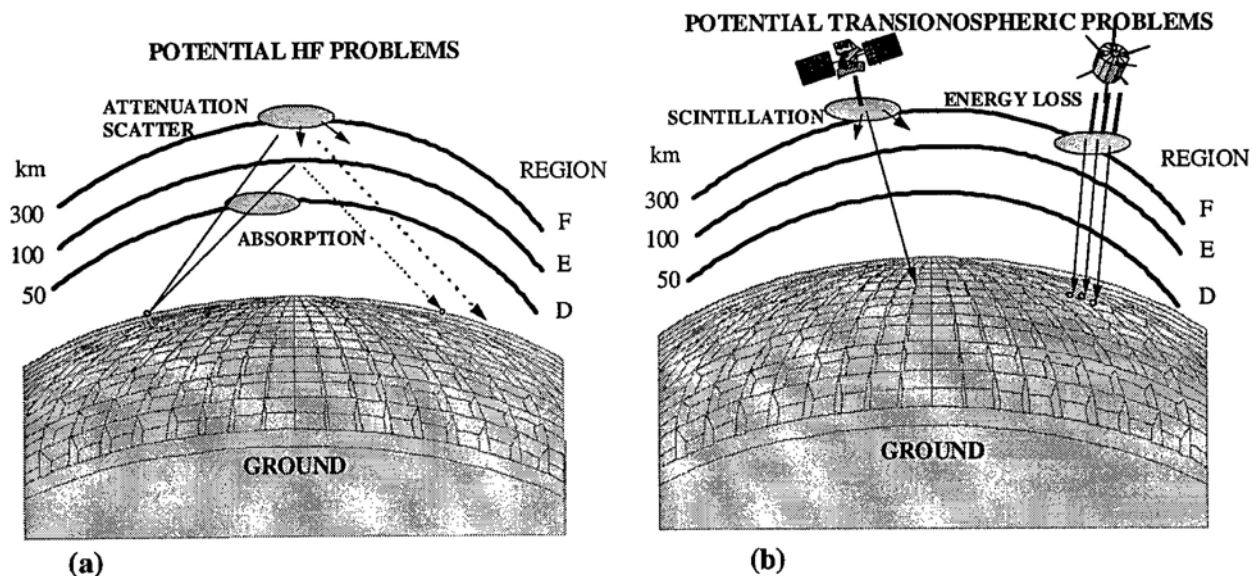
Figure 4-3. Artificial Ionospheric Mirror Over-the-Horizon Surveillance Concept.

Störung von Kommunikation und Radar durch ionosphärische Kontrolle. Eine Variante der oben vorgeschlagenen Fähigkeit ist die Veränderung der Ionosphäre, um die Kommunikations- oder Radarübertragungen des Gegners zu stören. Da die HF-Kommunikation direkt durch die Eigenschaften der Ionosphäre gesteuert wird, ist es denkbar, dass ein künstlich geschaffener Ionisationsbereich die elektromagnetischen Übertragungen des Gegners stört. Auch ohne künstliche Ionisationsfelder führt eine Hochfrequenzmodifikation zu großflächigen ionosphärischen Veränderungen, die die HF-Ausbreitungseigenschaften verändern.

Die Forschung zur Beherrschung dieser Schwankungen könnte sich auszahlen, da sowohl eine Verbesserung als auch eine Verschlechterung der HF-Kommunikation möglich ist. Offensive Störungen dieser Art wären wahrscheinlich nicht von natürlichem Weltraumwetter zu unterscheiden. Diese Fähigkeit könnte auch zur genauen Lokalisierung der Quelle gegnerischer elektromagnetischer Übertragungen eingesetzt werden.

Die VHF-, UHF- und SHF-Satellitenkommunikation könnte durch die künstliche Erzeugung von ionosphärischer Szintillation gestört werden. Dieses Phänomen verursacht Schwankungen in der Phase und Amplitude von Funkwellen über ein sehr breites Band (30 MHz bis 30 GHz). Die HF-Modifikation erzeugt Unregelmäßigkeiten in der Elektronendichte, die Szintillation in einem breiten Frequenzbereich verursachen. Die Größe der Unregelmäßigkeiten bestimmt, welches Frequenzband betroffen ist. Kontrolle des Spektrums der künstlichen Unregelmäßigkeiten. Die VHF-, UHF- und SHF-Satellitenkommunikation könnte durch die künstliche Erzeugung von ionosphärischer Szintillation gestört werden. Dieses Phänomen verursacht Schwankungen in der Phase und Amplitude von Funkwellen über ein sehr breites Band (30 MHz bis 30 GHz). Die HF-Modifikation erzeugt Unregelmäßigkeiten in der Elektronendichte, die Szintillation in einem breiten Frequenzbereich verursachen.

Ein vorrangiges Ziel der Forschung in diesem Bereich sollte es sein, das Spektrum der künstlichen Unregelmäßigkeiten, die bei der HF-Modifikation entstehen, zu kontrollieren. Außerdem könnte es möglich sein, das Wachstum natürlicher Unregelmäßigkeiten zu unterdrücken, was zu einem geringeren Ausmaß an natürlicher Szintillation führt. Die Erzeugung künstlicher Szintillation würde es uns ermöglichen, Satellitenübertragungen über ausgewählten Regionen zu stören, wie die oben beschriebene HF-Störung, wobei solche Aktionen wahrscheinlich nicht von natürlich auftretenden Umwelt Ereignissen zu unterscheiden wären. Abbildung 4-4 zeigt, wie künstlich ionisierte Regionen genutzt werden könnten, um die HF-Kommunikation durch Dämpfung, Streuung oder Absorption zu stören (Abb. 4.4a) oder die Satellitenkommunikation durch Szintillation oder Energieverlust zu beeinträchtigen (Abb. 4-4b) (aus Ref. 25).



Source: Microsoft Clipart Gallery © 1995 with courtesy from Microsoft.

Figure 4-4. Scenarios for Telecommunications Degradation

Explosion/Abschaltung von Raumfahrzeugen, die sich in der Nähe des Weltraums bewegen. Die Ionosphäre könnte an einem bestimmten Punkt künstlich aufgeladen oder mit Strahlung beaufschlagt werden, so dass sie für Satelliten oder andere Weltraumstrukturen unwirksam wird. Das Ergebnis könnte von der vorübergehenden Unbrauchbarmachung des Ziels bis zu seiner vollständigen Zerstörung durch eine induzierte Explosion reichen. Natürlich hängt der effektive Einsatz einer solchen Fähigkeit von der Möglichkeit ab, sie selektiv auf ausgewählte Regionen im Weltraum anzuwenden.

Aufladen von Weltraumressourcen durch raumnahe Energieübertragung. Im Gegensatz zu der oben beschriebenen Fähigkeit zur Schädigung könnten Regionen der Ionosphäre möglicherweise verändert oder im Ist-Zustand zur Wiederbelebung von Weltraumanlagen genutzt werden, z. B. durch Aufladen ihrer Energiesysteme. Die natürliche Ladung der Ionosphäre kann dazu dienen, den größten Teil oder die gesamte Energiezufuhr für den Satelliten bereitzustellen.

Die natürliche Ladung der Ionosphäre kann dazu dienen, den größten Teil oder die gesamte Energiezufuhr für den Satelliten bereitzustellen. In den letzten zehn Jahren gab es eine Reihe von Abhandlungen über die elektrische Aufladung von Raumfahrzeugen, doch einem Autor zufolge, ist das Problem des Aufladens von Raumfahrzeugen trotz der erheblichen Anstrengungen, die auf diesem Gebiet sowohl theoretisch als auch experimentell unternommen wurden, noch lange nicht vollständig verstanden.

Künstliches Wetter

Während die meisten Bemühungen um eine Wetteränderung von bestimmten vorher bestehenden Bedingungen abhängen, könnte es möglich sein, einige Wettereffekte künstlich zu erzeugen, unabhängig von den vorher bestehenden Bedingungen. Virtuelles Wetter könnte zum Beispiel durch die Beeinflussung der Wetterinformationen erzeugt werden, die ein Endnutzer erhält. Deren Wahrnehmung von Parameterwerten oder Bildern aus globalen oder lokalen meteorologischen Informationssystemen würde sich von der Realität unterscheiden. Dieser Unterschied in der Wahrnehmung würde den Endnutzer dazu bringen, schlechtere operative Entscheidungen zu treffen.

Die Nanotechnologie bietet auch Möglichkeiten zur Schaffung von Wettersimulationen. Eine Wolke oder mehrere Wolken aus mikroskopisch kleinen Computerpartikeln, die alle miteinander und mit einem größeren Kontrollsystem kommunizieren, könnten enorme Möglichkeiten bieten. Zusammengeschaltet, atmosphärisch schwimmfähig und mit der Fähigkeit zur Navigation in drei Dimensionen ausgestattet, könnten solche Wolken so gestaltet werden, dass sie eine breite Palette von Eigenschaften aufweisen. Sie könnten ausschließlich optische Sensoren blockieren oder sich so anpassen, dass sie für andere Überwachungsmethoden undurchlässig werden. Sie könnten auch eine elektrische Potentialdifferenz in der Atmosphäre erzeugen, die sonst nicht vorhanden wäre, um gezielte und zeitlich abgestimmte Blitzeinschläge zu ermöglichen. Selbst wenn die erreichte Leistung nicht ausreicht, um eine wirksame Schlagwaffe zu sein, könnte das Potenzial für psychologische Operationen in vielen Situationen fantastisch sein.

Ein großer Vorteil des Einsatzes von Wettersimulationen zur Erzielung eines gewünschten Effekts besteht darin, dass sie im Gegensatz zu anderen Ansätzen das Ergebnis bewusster Handlungen als die Folgen natürlicher Wetterphänomene erscheinen lassen. Darüber hinaus ist es potenziell relativ kostengünstig zu machen. Laut J. Storrs Hall, einem Wissenschaftler an der Rutgers University, der auf dem Gebiet der Nanotechnologie forscht, könnten die Produktionskosten für diese Nanopartikel etwa so hoch sein wie der Preis pro Pfund Kartoffeln.³⁴ Dabei sind natürlich die Forschungs- und Entwicklungskosten nicht berücksichtigt, die in erster Linie vom Privatsektor getragen werden und bis 2025 und wahrscheinlich schon früher als verlorene Kosten gelten.

Zusammenfassung des Operationskonzepts

Das Wetter wirkt sich auf alles aus, was wir tun, und die Wetterbeeinflussung kann unsere Fähigkeit verbessern, die Luft- und Raumfahrt zu beherrschen. Es gibt dem Kommandeur die Möglichkeit, das Schlachtfeld zu gestalten. Es gibt dem Logistiker Werkzeuge zur Optimierung des Prozesses an die Hand. Sie gibt den Kriegern im Cockpit ein Betriebsumfeld, das buchstäblich auf ihre Bedürfnisse zugeschnitten ist. Einige der potenziellen Fähigkeiten, die ein Wettermodifizierungssystem für einen CTNC im Kampfeinsatz bieten könnte, sind in Tabelle 1 der Zusammenfassung zusammengefasst.)

Notes

1 Ein Pilotprogramm, bekannt als Projekt Popeye, das 1966 durchgeführt wurde, versuchte, die Monsunzeit zu verlängern, um die Schlammmenge auf dem Ho-Chi-Minh-Pfad zu erhöhen und so die Bewegungen des Feindes zu verringern. Von WC-130-, F4- und A-1E-Flugzeugen aus wurde ein Silberjodid-Kernmittel in die Wolken über Teilen des Weges versprüht, der sich von Nordvietnam durch Laos und Kambodscha nach Südvietnam schlängelte. Die positiven Ergebnisse dieses ersten Programms führten zu weiteren Operationen von 1967 bis 1972. Obwohl die Auswirkungen dieses Programms umstritten sind, sind einige Wissenschaftler der Meinung, dass es zu einer erheblichen Verringerung der Möglichkeiten des Feindes führte, Nachschub über die Route nach Südvietnam zu bringen. E. M. Frisby, „Weather-modification in Southeast Asia, 1966-1972“, *The Journal of Weather-modification* 14, no. 1 (April 1982): 1-3.

2 William M. Gray et al., „Weather-modification by Carbon Dust Absorption of Solar Energy“, *Journal of Applied Meteorology* 15 (April 1976): 355.

3 Ibid.

4 Ibid.

5 Ibid., 367.

6 AWS PLAN 813 Appendix I Annex Alfa (Scott AFB, 111.: Air Weather Service/(MAC) 14 January 1972), 11. Hereafter cited as Annex Alfa.

7 Capt Frank G. Coons, „Warm Fog Dispersal—A Different Story“, *Aerospace Safety* 25, no. 10 (October 1969): 16.

8 Annex Alfa, 14.

9 Warren C. Kocmond, „Dissipation of Natural Fog in the Atmosphere“, Progress of NASA Research on Warm Fog Properties and Modification Concepts, NASA SP-212 (Washington, D.C.: Scientific and Technical Information Division of the Office of Technology Utilization of the National Aeronautics and Space Administration, 1969), 74.

10 James E. Jiusto, „Some Principles of Fog Modification with Hygroscopic Nuclei“, Progress of NASA Research on Warm Fog Properties and Modification Concepts, NASA SP-212 (Washington, D.C.: Scientific and Technical Information Division of the Office of Technology Utilization of the National Aeronautics and Space Administration, 1969), 37.

11 Maj Roy Dwyer, Kategorie III oder Nebelzerstreuung, M-U 35582-7 D993a c.I (Maxwell AFB, Ala.: Air University Press, Mai 1972), 51.

12 James McLare, Pulp & Paper 68, Nr. 8 (August 1994): 79.

13 Milton M. Klein, A Feasibility Study of the Use of Radiant Energy for Fog Dispersal, Zusammenfassung (Hanscom AFB, Mass.: Air Force Material Command, Oktober 1978).

14 Edward M. Tomlinson, Kenneth C. Young, und Duane D. Smith, Laser Technology Applications for Dissipation of Warm Fog at Airfields, PL-TR-92-2087 (Hanscom AFB, Mass.: Air Force Material Command, 1992).

15 J. Storrs Hall, „Overview of Nanotechnology“, nach Unterlagen von Ralph C. Merlde und K. Eric Drexler, Internetadresse: <http://nanotech.rutgers.edu/nanotech/-intro.html>, Rutgers University, November 1995.

16 Robert A. Sutherland, „Results of Man-Made Fog Experiment“, Proceedings of the 1991 Battlefield Atmospherics Conference (Fort Bliss, Tex.: Hinman Hall, 3-6 December 1991).

17 Christopher Centner et al., „Environmental Warfare: Implications for Policymakers and War Planners“ (Maxwell AFB, Ala.: Air Command and Staff College, Mai 1995), 39.

18 Louis J. Battan, Harvesting the Clouds (Garden City, N.Y.: Doubleday & Co., 1960), 120.

19 Facts on File 55, Nr. 2866 (2. November 95).

20 Gene S. Stuart, „Whirlwinds and Thunderbolts“, Nature on the Rampage (Washington, D.C.: National Geographic Society, 1986), 130.

21 Ebd., 140.

22 Heinz W. Kasemir, „Lightning Suppression by Chaff Seeding and Triggered Lightning“, in Wilmot N. Hess, Hrsg., Weather and Climate Modification (New York: John Wiley & Sons, 1974), 623-628.

23 SPACECAST 2020, Space Weather Support for Communications, Weißbuch G, (Maxwell AFB, Ala.: Air War College/2020, 1994).

24 General Charles Homer, „Space Seen as Challenge, Military's Final Frontier“ (Weltraum als Herausforderung und letzte Grenze des Militärs), Defense Issues, (vorbereitete Erklärung vor dem Senate Armed Services Committee), 22. April 1993, 7.

25 Lewis M. Duncan und Robert L. Showen, „Review of Soviet Ionospheric Modification Research“, in Ionospheric Modification and Its Potential to Enhance or Degrade the Performance of Military Systems, (AGARD Conference Proceedings 485, October, 1990), 2-1.

26 Ebd.

27 Peter M. Banks, „Overview of Ionospheric Modification from Space Platforms“, in Ionospheric Modification and Its Potential to Enhance or Degrade the Performance of Military Systems (AGARD Conference Proceedings 485, Oktober 1990), 19-1.

28 Kapitän Mike Johnson, Upper Atmospheric Research and Modification-Former Soviet Union (U), DST-18205-475-92 (Foreign Aerospace Science and Technology Center, AF Intelligence Command, 24. September 1992), 3. (Geheim) Die entnommenen Informationen sind nicht klassifiziert.

29 Kapitän Edward E. Hume, Jr., Atmospheric and Space Environmental Research Programs in Brazil (U) (Foreign Aerospace Science and Technology Center, AF Intelligence Command, März 1993), 12. (Geheim) Die entnommenen Informationen sind nicht klassifiziert.

30 Paul A. Kossey et al., „Artificial Ionospheric Mirrors (AIM)“, in Ionospheric Modification and Its Potential to Enhance or Degrade the Performance of Military Systems (AGARD Conference Proceedings

30 Paul A. Kossey et al., „Artificial Ionospheric Mirrors (AIM),“ in *Ionospheric Modification and Its Potential to Enhance or Degrade the Performance of Military Systems* (AGARD Conference Proceedings 485, October 1990), 17A-1.

31 Ibid., 17A-7.

32 Ibid., 17A-10.

33 B. N. Maehlum and J. Troim, „Vehicle Charging in Low Density Plasmas,“ in *Ionospheric Modification and Its Potential to Enhance or Degrade the Performance of Military Systems* (AGARD Conference Proceedings 485, October 1990), 24-1.

34 Hall.

Kapitel 5

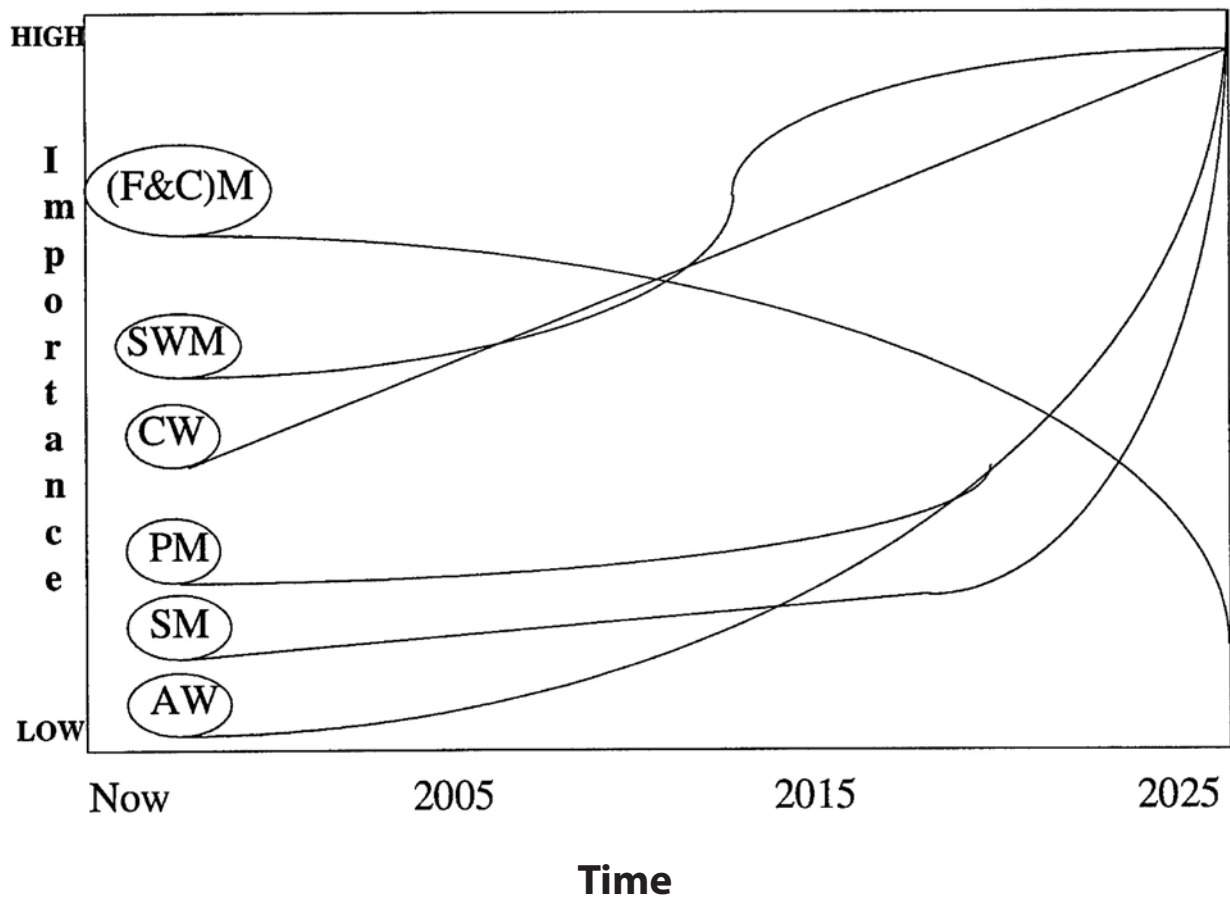
Untersuchungsempfehlungen

Wie kommen wir von hier aus ans Ziel?

Um die Entwicklung der spezifischen operativen Fähigkeiten, die die Wettermodifikation für den Kämpfer bereitstellen könnte, in vollem Umfang zu verstehen, müssen wir ihre Beziehung zu den zugehörigen Kernkompetenzen und die Entwicklung der dafür erforderlichen Technologien untersuchen und verstehen. Abbildung 5-1 fasst die spezifischen operativen Fähigkeiten aus Tabelle 1 zu sechs Kernfähigkeiten zusammen und zeigt ihre relative Bedeutung im Laufe der Zeit. So sind zum Beispiel Nebel- und Wolkenmodifikation derzeit wichtig und werden es auch noch einige Zeit bleiben, um unsere Mittel vor der Überwachung zu verbergen oder die Sichtbarkeit bei der Landung auf Flugplätzen zu verbessern. In dem Maße jedoch, in dem die Abhängigkeit der Überwachungsmittel von der Optik abnimmt und die Flugzeuge eine wirklich globale Allwetterlandefähigkeit erlangen, werden Anwendungen zur Nebel- und Wolkenveränderung an Bedeutung verlieren.

Im Gegensatz dazu gibt es derzeit noch keine künstlichen Wettertechnologien. In dem Maße, in dem sie entwickelt werden, nimmt die Bedeutung ihrer potenziellen Anwendungen jedoch rasch zu. Zum Beispiel wird die erwartete Verbreitung von Überwachungstechnologien in der Zukunft die Fähigkeit, Überwachung zu verweigern, immer wertvoller machen.

In einem solchen Umfeld könnten Wolken aus intelligenten Partikeln, wie sie in Kapitel 4 beschrieben wurden, eine erstklassige Fähigkeit darstellen.



Legend

PM	Precipitation Modification	(F&C)M	Fog and Cloud Modification
SM	Storm Modification	CW	Counter Weather
SWM	Space Weather-modification	AW	Artificial Weather

Abbildung 5-1. Ein Fahrplan der Kernkompetenzen für die Wettermodifikation im Jahr 2025.

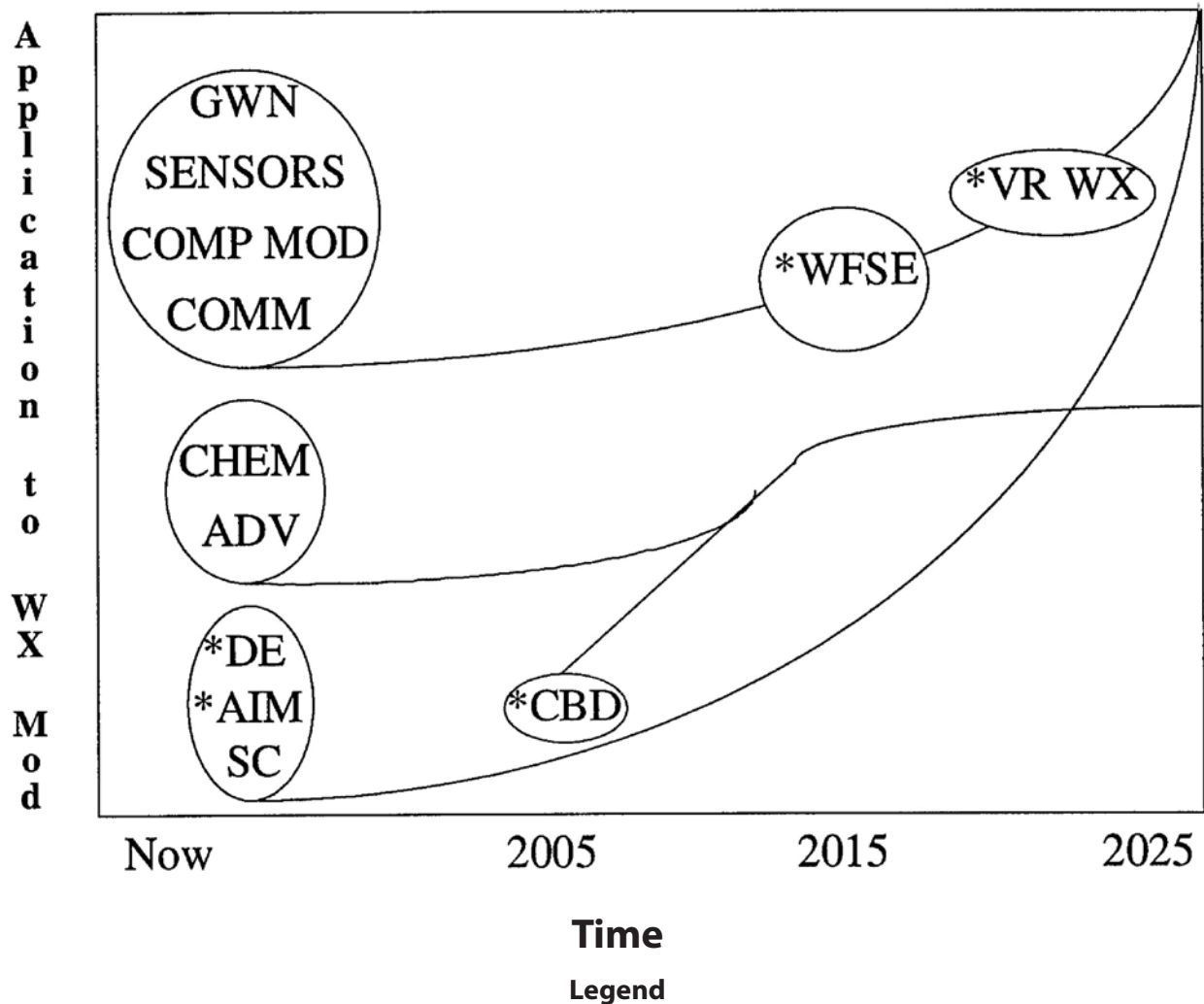
Selbst die technologisch fortschrittlichsten Streitkräfte von heute würden es normalerweise breitung von Technologien zur Kriegsführung wird die Seite mit dem technologischen Vorsprung es vorziehen, bei Wetter zu kämpfen, das ihr einen Vorteil verschafft.

Die US-Armee hat diesen Ansatz bereits in ihrem Konzept des „owning the weather“ angedeutet. Dementsprechend wird die Beeinflussung von Stürmen mit der Zeit immer wertvoller werden. Auch die Bedeutung der Niederschlagsbeeinflussung wird wahrscheinlich zunehmen, da nutzbare Wasserquellen in unbeständigen Teilen der Welt immer knapper werden.

Da immer mehr Länder in zunehmendem Maße wetterverändernde Technologien anstreben, entwickeln und nutzen, müssen wir in der Lage sein, ihre Bemühungen zu erkennen und ihren Aktivitäten gegebenenfalls entgegenzuwirken. Wie dargestellt, werden die Technologien und Fähigkeiten, die mit einer solchen Wetterabwehr verbunden sind, zunehmend an Bedeutung gewinnen.

Die Bedeutung der Modifizierung des Weltraumwetters wird mit der Zeit zunehmen. Zunächst wird sie rascher zunehmen, da sich die Technologien, die sie am besten unterstützen oder negieren kann, am schnellsten verbreiten. Später, wenn diese Technologien ausgereift oder veraltet sind, wird die Bedeutung der Weltraumwetterbeeinflussung weiter zunehmen, aber nicht mehr so schnell.

Um die in Abbildung 5-1 dargestellten Kernfähigkeiten zu erreichen, könnten die erforderlichen Technologien und Systeme gemäß dem in Abbildung 5-2 dargestellten Prozess entwickelt werden. Diese Abbildung veranschaulicht den Zeitplan und die Abfolge der Systementwicklung, die erforderlich sind, um bis 2025 eine Wetteränderungsfähigkeit für das Kampfgebiet zu erreichen. Die horizontale Achse stellt die Zeit dar. Die vertikale Achse gibt den Grad an, in dem eine bestimmte Technologie für die Wettermodifikation eingesetzt wird. Als Hauptnutzer wird das Militär der Hauptentwickler der mit einem Sternchen gekennzeichneten Technologien sein. Der zivile Sektor wird die Hauptquelle für die übrigen Technologien sein.



ADV	Aerospace Delivery Vehicles	DE	Directed Energy
AIM	Artificial Ionospheric Mirrors	GWN	Global Weather Network
CHEM	Chemicals	SC	Smart Clouds (nanotechnology)
CBD	Carbon Black Dust	SENSORS	Sensors
COMM	Communications	VR WX	Virtual Weather
COMPMOD	Computer Modeling	WFSE	Weather Force Support Element

* Technologies to be developed by DOD

Figure 5-2. A Systems Development Road Map to Weather Modification in 2025.

Conclusions

Die begrenzten Ressourcen der Welt und der anhaltende Bedarf werden den Wunsch nach Schutz von Menschen und Eigentum und nach einer effizienteren Nutzung unserer Anbauflächen, Wälder und Weideflächen verstärken.

Die Fähigkeit, das Wetter zu beeinflussen, kann sowohl aus wirtschaftlichen als auch aus verteidigungspolitischen Gründen wünschenswert sein. Das globale Wettersystem wurde als eine Reihe von Sphären oder Blasen beschrieben.

Wenn man auf eine einwirkt, wird eine andere aufgedrückt. 2 Wir müssen wissen, wann eine andere Macht auf eine Sphäre in ihrer Region „drückt“ und wie sich dies auf unser eigenes Gebiet oder auf Gebiete von wirtschaftlichem und politischem Interesse für die USA auswirken wird.

Es werden bereits Anstrengungen unternommen, um umfassendere Wettermodelle zu erstellen, in erster Linie, um die Vorhersagen zu verbessern, aber die Forscher versuchen auch, die Ergebnisse dieser Modelle zu beeinflussen, indem sie zur richtigen Zeit und am richtigen Ort kleine Mengen an Energie hinzufügen. Diese Programme sind derzeit noch sehr begrenzt und noch nicht validiert, aber es besteht ein großes Potenzial, sie in den nächsten 30 Jahren zu verbessern.³

Die Lehren aus der Geschichte zeigen, dass es trotz des Risikos irgendwann eine echte Fähigkeit zur Wettermodifikation geben wird. Der Antrieb ist vorhanden. Die Menschen wollten schon immer das Wetter kontrollieren, und ihr Wunsch wird sie dazu zwingen, ihr Ziel gemeinsam und kontinuierlich zu verfolgen.

Die Motivation ist vorhanden. Die potenziellen Vorteile und die Macht sind äußerst lukrativ und verlockend für diejenigen, die über die Mittel verfügen, sie zu entwickeln. Diese Kombination aus Antrieb, Motivation und Ressourcen wird schließlich die Technologie hervorbringen. Die Geschichte lehrt auch, dass wir es uns nicht leisten können, ohne die Fähigkeit zur Wetteränderung zu sein, sobald die Technologie entwickelt und von anderen genutzt wird.

Selbst wenn wir nicht die Absicht haben, sie zu nutzen, werden es andere tun. Um noch einmal die Analogie zu den Atomwaffen aufzugreifen, müssen wir in der Lage sein, deren Fähigkeiten mit unseren eigenen abzuschrecken oder zu kontern. Deshalb müssen die Wetterdienste und die Nachrichtendienste über die Aktionen anderer auf dem Laufenden bleiben.

Wie die vorangegangenen Kapitel gezeigt haben, ist Wetterbeeinflussung ein Kraftmultiplikator mit enormer Wirkung, der im gesamten Spektrum des Kriegsgeschehens eingesetzt werden kann. Von der Verbesserung befreundeter Operationen oder der Störung feindlicher Operationen über die Anpassung natürlicher Wettermuster in kleinem Maßstab bis hin zur vollständigen Beherrschung der globalen Kommunikation und der Kontrolle des Gegenraums bietet die Wettermodifikation dem Kriegskämpfer eine breite Palette möglicher Optionen, um einen Gegner zu besiegen oder zu zwingen. Auch wenn offensive Bemühungen zur Wetteränderung von den US-Streitkräften sicherlich mit großer Vorsicht und Besorgnis unternommen würden, so ist doch klar, dass wir es uns nicht leisten können, einem Gegner zu erlauben, eine exklusive Wetteränderungsfähigkeit zu erlangen.

Notes

1 Mary Ann Seagraves and Richard Szymler, „Weather a Force Multiplier,“ *Military Review*, November/December 1995, 69.

2 Daniel S. Halacy, *The Weather Changers* (New York: Harper & Row, 1968), 202.

3 William Brown, „Mathematicians Learn How to Tame Chaos,“ *New Scientist*, 30 May 1992, 16.

Appendix A

Why Is the Ionosphere Important?

The ionosphere is the part of the earth's atmosphere beginning at an altitude of about 30 miles and extending outward 1,200 miles or more. This region consists of layers of free electrically charged particles that transmit, refract, and reflect radio waves, allowing those waves to be transmitted great distances around the earth. The interaction of the ionosphere on impinging electromagnetic radiation depends on the properties of the ionospheric layer, the geometry of transmission, and the frequency of the radiation. For any given signal path through the atmosphere, a range of workable frequency bands exists. This range, between the maximum usable frequency (MUF) and the lowest usable frequency (LUF), is where radio waves are reflected and refracted by the ionosphere much as a partial mirror may reflect or refract visible light. The reflective and refractive properties of the ionosphere provide a means to transmit radio signals beyond direct „line-of-sight“ transmission between a transmitter and receiver. Ionospheric reflection and refraction has therefore been used almost exclusively for long-range HF (from 3 to 30 MHz) communications. Radio waves with frequencies ranging from above 30 MHz to 300 GHz are usually used for communications requiring line-of-sight transmissions, such as satellite communications. At these higher frequencies, radio waves propagate through the ionosphere with only a small fraction of the wave scattering back in a pattern analogous to a sky wave. Communicators receive significant benefit from using these frequencies since they provide considerably greater bandwidths and thus have greater data-carrying capacity; they are also less prone to natural interference (noise).

Although the ionosphere acts as a natural „mirror“ for HF radio waves, it is in a constant state of flux, and thus, its „mirror property“ can be limited at times.

Wie das Wetter auf der Erde ändern sich auch die Eigenschaften der Ionosphäre von Jahr zu Jahr, von Tag zu Tag und sogar von Stunde zu Stunde. Diese Schwankungen in der Ionosphäre, die als Weltraumwetter bezeichnet werden, können zu Unzuverlässigkeiten in der boden- und weltraumgestützten Kommunikation führen, die von ionosphärischen Reflexionen oder Übertragungen abhängen. Die Schwankungen des Weltraumwetters wirken sich darauf aus, wie die Ionosphäre die Ausbreitungs-, Phasen- und Amplitudeneigenschaften von Funkwellen dämpft, absorbiert, reflektiert, bricht und verändert. Diese wetterabhängigen Veränderungen können durch bestimmte Weltraumwetterbedingungen entstehen, wie z. B.: (1) die Variabilität der Sonnenstrahlung, die in die obere Atmosphäre eintritt; (2) das Sonnenplasma, das in das Erdmagnetfeld eintritt; (3) die gravitativen atmosphärischen Gezeiten, die von Sonne und Mond erzeugt werden; und (4) das vertikale Anschwellen der Atmosphäre aufgrund der Tageserwärmung durch die Sonne. 2

Das Weltraumwetter wird auch durch die Aktivität von Sonneneruptionen, die Neigung des geomagnetischen Feldes der Erde und abrupte Veränderungen der Ionosphäre infolge von Ereignissen wie geomagnetischen Stürmen erheblich beeinflusst.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die der Ionosphäre innewohnende Reflektivität ein natürliches Geschenk ist, das der Mensch genutzt hat, um weitreichende Kommunikationsverbindungen zwischen entfernten Punkten auf der Erde herzustellen.

Die natürlichen Schwankungen in der Ionosphäre verringern jedoch die Zuverlässigkeit unserer Kommunikationssysteme, die von der ionosphärischen Reflexion und Brechung abhängen (vor allem HF). Höhere Frequenzen wie die UHF-, SHF- und EHF-Bänder werden größtenteils ohne Verzerrungen durch die Ionosphäre übertragen. Diese Bänder unterliegen jedoch auch einer Beeinträchtigung durch ionosphärische Szintillation, ein Phänomen, das durch abrupte Schwankungen der Elektronendichte entlang des Signalpfads hervorgerufen wird und zu einem Ausbleichen des Signals durch schnelle Signalpfadschwankungen und Defokussierung der Signalamplitude und/oder -phase führt.

Das Verständnis und die Vorhersage der Variabilität der Ionosphäre und ihres Einflusses auf die Übertragung und Reflexion elektromagnetischer Strahlung ist ein viel untersuchtes wissenschaftliches Forschungsgebiet. Die Verbesserung unserer Fähigkeit zur Beobachtung, Modellierung und Vorhersage des Weltraumwetters wird unsere boden- und weltraumgestützten Kommunikationssysteme wesentlich verbessern. Sowohl im Verteidigungsministerium als auch im kommerziellen Sektor wird intensiv an der Verbesserung der Beobachtung, Modellierung und Vorhersage des Weltraumwetters gearbeitet. Obwohl es noch erhebliche technische Herausforderungen gibt, gehen wir für die Zwecke dieser Studie davon aus, dass es in den nächsten Jahrzehnten zu dramatischen Verbesserungen in diesen Bereichen kommen wird.

1 AU-18, Space Handbook, An Analyst's Guide Vol. II. (Maxwell AFB, Ala.: Air University Press, Dezember 1993), 196.

2 Thomas F. Tascione, Introduction to the Space Environment (Colorado Springs: USAF Academy Department of Physics, 1984), 175.

Anhang B

Forschung zum besseren Verständnis und zur Vorhersage ionosphärischer Effekte

Laut einer SPACECAST 2020-Studie mit dem Titel „Space Weather Support for Communications“ (Unterstützung des Weltraumwetters für die Kommunikation) sind die wichtigsten Faktoren, die unsere Fähigkeit zur Beobachtung und genauen Vorhersage des Weltraumwetters einschränken, (1) die derzeitige Fähigkeit zur Erfassung der Ionosphäre, (2) die Dichte und Häufigkeit der Ionosphärenbeobachtungen, (3) die Ausgereiftheit und Genauigkeit der Ionosphärenmodelle und (4) das derzeitige wissenschaftliche Verständnis der physikalischen Mechanismen der Kopplung zwischen Ionosphäre, Thermosphäre und Magnetosphäre. In dem Bericht wird empfohlen, unsere Fähigkeit zur vertikalen und räumlichen Messung der Ionosphäre zu verbessern; zu diesem Zweck wurde eine Architektur für die Kartierung der Ionosphäre vorgeschlagen.

Ein solches System würde aus Ionosphären-Sondern und anderen Messgeräten bestehen, die auf Satellitenkonstellationen des Verteidigungsministeriums und kommerzieller Anbieter installiert sind (unter besonderer Berücksichtigung des vorgeschlagenen IRIDIUM-Systems und der Aufstockung des GPS), sowie aus einem erweiterten bodengestützten Netz von Ionosphären-Vertikalsondern in den USA und anderen Ländern.

Das Verständnis und die Vorhersage der ionosphärischen Szintillation würde auch den Start eines äquatorialen Fernerkundungssatelliten zusätzlich zu den derzeit geplanten oder eingesetzten Konstellationen des Verteidigungsministeriums und kommerzieller Anbieter erfordern.-

Der Nutzen eines solchen Systems besteht in einer Verbesserung der Vorhersagegenauigkeit in der Ionosphäre von derzeit 40-60 % auf voraussichtlich 80-100 %. Die tägliche weltweite Kartierung der Ionosphäre würde die Daten liefern, die für eine genaue Vorhersage der täglichen, weltweiten terrestrischen Ausbreitungseigenschaften der elektromagnetischen Energie im Bereich von 3-300 MHz erforderlich sind. Diese verbesserte Vorhersage würde Satellitenbetreibern und -nutzern helfen und die Betriebseffizienz von Raumfahrtssystemen erhöhen. Sie würde auch die Lokalisierung der Quellen taktischer Funkkommunikation um eine Größenordnung verbessern und die Ortung und Verfolgung von feindlichen und befreundeten Plattformen ermöglichen. 2

Eine verbesserte Fähigkeit zur Vorhersage der ionosphärischen Szintillation würde ein Mittel zur Verbesserung der Kommunikationszuverlässigkeit durch die Nutzung alternativer Strahlenwege oder die Weiterleitung in ungestörte Regionen bieten. Diese Fortschritte in der Ionosphärenbeobachtung, -modellierung und -vorhersage würden die Zuverlässigkeit und Robustheit unseres militärischen Kommunikationsnetzes verbessern. Zusätzlich zu ihren bedeutenden Vorteilen für unser bestehendes Kommunikationsnetz sind solche Fortschritte auch eine Voraussetzung für die weitere Nutzung der Ionosphäre durch aktive Veränderungen.

Notes

1 SPACECAST 2020, Space Weather Support for Communications, White Paper G, (Maxwell AFB, Ala.: Air War College/2020, 1994).

2 Nachzulesen in ebd.

Anhang C

Akronyme und Definitionen

AOC	air operations center
AOR	area of responsibility
ATO	air tasking order
EHF	extra high frequency
GWN	global weather network
HF	high frequency
IR	infrared
LF	low frequency
LUF	lowest usable frequency
Mesoscale	less than 200 km
Microscale	immediate local area
MUF	maximum usable frequency
MW	microwave
OTH	over-the-horizon
PGM	precision-guided munitions
RF	radio frequency
SA	R synthetic aperture radar
SARSAT	search and rescue satellite-aided tracking
SHF	super high frequency
SPOT	satellite positioning and tracking
UAV	uninhabited aerospace vehicle
UV	ultraviolet
VHF	very high frequency
WFS	weather force specialist
WFSE	weather force support element
WX	weather

Bibliography

Appleman, Herbert S. An Introduction to Weather-modification. Scott AFB, 111.: Air Weather Service (MAC), September 1969.

AU-18, Space Handbook, An Analyst's Guide Vol. II. Maxwell AFB, Ala.: Air University Press, December 1993.

AWS PLAN 813, Appendix I, Annex Alfa. Scott AFB, 111.: Air Weather Service (MAC), 14 January 1972.

Banks, Peter M. „Overview of Ionospheric Modification from Space Platforms.“ In *Ionospheric Modification and Its Potential to Enhance or Degrade the Performance of Military Systems*, AGARD Conference Proceedings 485, October 1990.

Batton, Louis J. *Harvesting the Clouds*. Garden City, N.Y.: Doubleday & Co., 1969.

Brown, William. „Mathematicians Learn How to Tame Chaos.“ *New Scientist*, 30 May 1992.

Byers, Horace R. „History of Weather-modification.“ In Wilmot N. Hess, ed., *Weather and Climate Modification*. New York: John Wiley & Sons, 1974.

Centner, Christopher, et al. „Environmental Warfare: Implications for Policymakers and War Planners.“ Maxwell AFB, Ala.: Air Command and Staff College, May 1995.

Coons, Capt Frank G. „Warm Fog Dispersal—A Different Story.“ *Aerospace Safety* 25, no. 10 (October 1969).

CJCSI 3810.01, *Meteorological and Oceanographic Operations*, 10 January 1995.

Dawson, George. „An Introduction to Atmospheric Energy.“ In Wilmot N. Hess, ed., *Weather and Climate Modification*. New York: John Wiley & Sons, 1974.

Duncan, Lewis M., and Robert L. Showen „Review of Soviet Ionospheric Modification Research.“ In *Ionospheric Modification and Its Potential to Enhance or Degrade the Performance of Military Systems* AGARD Conference Proceedings 485, October 1990.

Dwyer, Maj Roy. *Category III or Fog Dispersal, M-U 35582-7 D993a*. Maxwell AFB, Ala.: Air University Press, May 1972.

Eisenhower, Dwight E. „Crusade in Europe“ quoted in John F. Fuller, ed., *Thor's Legions*. Boston: American Meteorology Society, 1990.

Facts on File 55, No. 2866 (2 November 1995).

Frisby, E. M. „Weather-modification in Southeast Asia, 1966-1972.“ *The Journal Of Weather modification* 14, no. 1 (April 1982).

Frisby, E. M. „Weather-modification in Southeast Asia, 1966-1972.“ *Journal of Applied Meteorology* 15 (April 1976).

Gray, William M., et al. „Weather-modification by Carbon Dust Absorption of Solar Energy.“ *Journal of Applied Meteorology* 15, (April 1976).

Halacy, Daniel S. *The Weather Changers*. New York: Harper & Row, 1968.

Hall, J. Storrs. „Overview of Nanotechnology“ Adapted from papers by Ralph C. Merkle and K. Eric Drexler. Internet address: <http://nanotech.rutgers.edu/nanotech/-intro.html> (Rutgers University, November 1995).

Horner, Gen Charles. „Space Seen as Challenge, Military's Final Frontier“ (Prepared Statement to the Senate Armed Services Committee) Defense Issues, 22 April 1993.

Hume, Capt Edward E., Jr. Atmospheric and Space Environmental Research Programs in Brazil(U), March 1993. Foreign Aerospace Science and Technology Center, AF Intelligence Command, 24 September 1992. (Secret) Information extracted is unclassified.

James, G. E. „Chaos Theory: The Essentials for Military Applications“ ACSC Theater Air Campaign Studies Coursebook, AY96, Vol. 8. Maxwell AFB, Ala.: Air University Press, 1995.

Justo, James E. „Some Principles of Fog Modification with Hygroscopic Nuclei“ Progress of NASA Research on Warm Fog Properties and Modification Concepts, NASA SP-212. Washington, D.C.: Scientific and Technical Information Division of the Office of Technology Utilization of the National Aeronautics and Space Administration, 1969.

Johnson, Capt Mike. Upper Atmospheric Research and Modification—Former Soviet Union (U) supporting document DST-18205-475-92, Foreign Aerospace Science and Technology Center, AF Intelligence Command, 24 September 1992. (Secret) Information extracted is unclassified.

Kasemir, Heinz W. „Lightning Suppression by Chaff Seeding and Triggered Lightning.“ In Wilmot N. Hess, ed., *Weather and Climate Modification*. New York: John Wiley & Sons, 1974.

Keaney, Thomas A., and Eliot A. Cohen, *Gulf War Air Power Survey Summary Report*. Washington D.C.: GPO, 1993.

Klein, Milton M. A Feasibility Study of the Use of Radiant Energy for Fog Dispersal Abstract. Hanscom AFB, Mass.: Air Force Material Command, October 1978.

Kocmond, Warren C. „Dissipation of Natural Fog in the Atmosphere,“ Progress of NASA Research on Warm Fog Properties and Modification Concepts, NASA SP-212. Washington, D.C.: Scientific and Technical Information Division of the Office of Technology Utilization of the National Aeronautics and Space Administration, 1969.

Kossey, Paul A., et al. „Artificial Ionospheric Mirrors (AIM) A. Concept and Issues,“ In *Ionospheric Modification and its Potential to Enhance or Degrade the Performance of Military Systems*, AGARD Conference Proceedings 485, October 1990.

Maehlum, B. N., and J. Troim, „Vehicle Charging in Low Density Plasmas“ In *Ionospheric Modification and Its Potential to Enhance or Degrade the Performance of Military Systems* AGARD Conference Proceedings 485, October 1990.

McLare, James. *Pulp & Paper* 68, no. 8, August 1994.

Meyer, William B. „The Life and Times of US Weather: What Can We Do About It?“ *American Heritage* 37, no. 4 (June/July 1986).

Petersen, Rear Adm Sigmund. „NOAA Moves Toward The 21st Century.“ *The Military Engineer* 20, no. 571 (June-July 1995).

Riley, Lt Col Gerald F. Staff Weather Officer to CENTCOM OIC of CENTAF Weather Support Force and Commander of 3d Weather Squadron. In „Desert Shield/Desert Storm Interview Series,“ interviewed by Dr William E. Narwyn, AWS Historian, 29 May 1991.

Seagraves, Mary Ann, and Richard Szymer „Weather a Force Multiplier.“ *Military Review*, November/December 1995.

SPACECAST 2020. *Space Weather Support for Communications White paper G*. Maxwell AFB, Ala.: Air War College/2020, 1994.

- Stuart, Gene S., „Whirlwinds and Thunderbolts“, In *Nature on the Rampage*. Washington D.C.: National Geographic Society, 1986.
- Sullivan, General Gordon R., „Moving into the 21st Century: America's Army and Modernization“ *Military Review*. Juli 1993. Zitiert in Mary Ann Seagraves und Richard Szymer, „Weather a Force Multiplier“ *Military Review*, November/Dezember 1995.
- Sutherland, Robert A., „Results of Man-Made Fog Experiment,“ In *Proceedings of the 1991 Battlefield Atmospheric Conference*. Fort Bliss, Texas: Hinman Hall, 3-6 Dezember 1991.
- Tascione, Thomas F. *Introduction to the Space Environment*. Colorado Springs: USAF Academy Department of Physics, 1984 Tomlinson, Edward M., Kenneth C. Young, und Duane D. Smith *Laser Technology Applications for Dissipation of Warm Fog at Airfields*, PL-TR-92-2087. Hanscom AFB, Massachusetts: Air Force Materiel Command, 1992.
- USAF Scientific Advisory Board. *New World Vistas: Air and Space Power for the 21st Century*, Zusammenfassender Band. Washington, D.C.:
- USAF Scientific Advisory Board, 15. Dezember 1995. US-Außenministerium. *Bulletin des Außenministeriums* 76, Nr. 1981 (13. Juni 1977).