

# Raketen und Weltraumwaffen

Kurzer Streifzug durch den militärisch genutzten Weltraum

von Ben Müller

Als sich die deutsche Niederlage im Zweiten Weltkrieg bereits abzeichnete, arbeiteten Ingenieure in der Heeresversuchsanstalt Peenemünde immer noch verbissen an einer „Wunderwaffe“, mit der sie den deutschen „Endsieg“ erringen wollten. Die „V2“ („Vergeltungswaffe 2“) genannte Rakete, für deren Herstellung tausende KZ-Häftlinge und Zwangsarbeiter\*innen leiden und sterben mussten, konnte dem Kriegsverlauf allerdings keine Wendung geben und sorgte vor allem unter der Zivilbevölkerung für Schrecken und Todesopfer. Sie gilt aber als das erste von Menschen hergestellte Objekt, das den Weltraum erreicht hat – am 20.1.1944.

## Entfernungen und Orbits

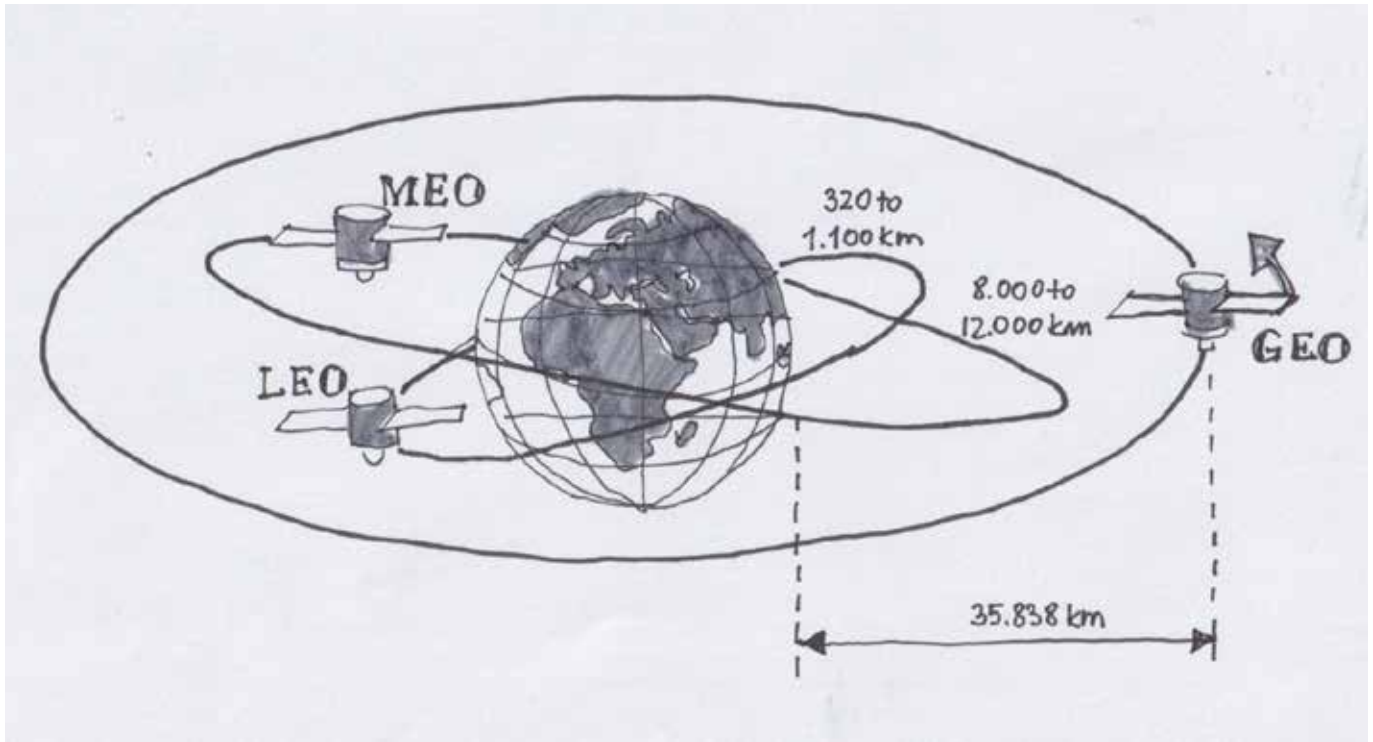
Als Beginn des Weltraums wird allgemein die „Kármán-Linie“ definiert, ab der die Erdatmosphäre so dünn wird, dass sie Luftfahrzeugen keinen Auftrieb mehr bietet. Oberhalb dieser Grenze kann man nicht mehr von „Luftfahrt“ sprechen, dort beginnt die „Raumfahrt“. International wird diese Grenze meistens bei 100 km über dem Meeresspiegel gezogen. Diese Festlegung ist willkürlich, in den USA wird stattdessen häufig eine Höhe von 50 Meilen angesetzt. Eine völkerrechtlich verbindliche Definition für den Beginn des Weltraums gibt es nicht.

Die internationale Raumstation ISS kreist in etwa 400 km Höhe um die Erde. Der Mond ist etwa 380.000 km entfernt. Auch zum Nachbarplaneten Mars ist die Raumfahrt bereits vorgedrungen; seine Entfernung zur Erde schwankt zwischen 56 und 400 Mio. km. Das künstliche Objekt, das am weitesten in den Weltraum vorgedrungen ist, ist die Raumsonde „Voyager 1“, die am 5.9.1977 gestartet wurde. 2012 hat sie unser Sonnensystem verlassen und fliegt seitdem durch den interstellaren Raum. Ihr Abstand zur Erde beträgt jetzt mehr als 23 Mrd. km, eine Entfernung, für die das Licht etwa 21 Stunden und 40 Minuten benötigt. Für den Betrieb von Erdsatelliten sind unterschiedliche Umlaufbah-

nen interessant. Die Satelliten werden dafür in einer bestimmten Höhe mit hoher Geschwindigkeit ausgesetzt. Die dabei entstehende Fliehkraft wirkt der Erdanziehung entgegen, so dass sie auf einer festen Bahn um die Erde kreisen. Tatsächlich sind allerdings immer wieder Kurskorrekturen erforderlich, da Satelliten durch die Rest-Atmosphäre gebremst werden und an Höhe verlieren. Auch Schwankungen im Erdmagnetfeld oder die Anziehung durch andere Himmelskörper können Satelliten aus ihrer Bahn bringen. Der Treibstoffvorrat an Bord, ohne den keine Kursänderungen möglich sind, entscheidet damit über die Nutzungsdauer von Satelliten.

In einer Höhe von knapp 36.000 km über dem Äquator befindet sich der „geostationäre Orbit“ (GEO). Hier bewegen sich die Satelliten synchron zur Erdumdrehung, so dass sie von der Erde aus betrachtet immer an der gleichen Position stehen. Drei Satelliten, die im GEO verteilt sind, reichen aus, um den gesamten Erdumfang zu beobachten, nur die Polarregionen werden nicht erfasst. Im GEO befinden sich zum Beispiel Satelliten zur Wetterbeobachtung oder Fernsehübertragung, aber auch militärische Beobachtungssatelliten zur Frühwarnung vor Raketenstarts. Der Transport in den GEO ist relativ aufwändig, aber die Satelliten dort können meist mehrere Jahre genutzt werden.

Zum Erkennen von kleinen Strukturen auf der Erde müssen Satelliten allerdings wesentlich tiefer fliegen. In Umlaufbahnen zwischen knapp 200 und etwa 2.000 km Höhe, die als „low earth orbit“ (LEO) bezeichnet werden, befinden sich zahlreiche Kommunikations- und Spionagesatelliten. Neben optischen Bildern werden auch Infrarotaufnahmen, Radarbilder und Daten der Funkaufklärung gesammelt. Militärischen Aufklärungssatelliten wird nachgesagt, optische Bilder mit einer Auflösung im Bereich 10 bis 15 cm aufnehmen zu können. Satelliten im LEO umrunden die Erde mehrmals am Tag mit Umlaufzeiten zwischen 1,5 und 2 Stunden. Ihre Bodenstationen können immer nur wäh-



rend des Überflugs für ein paar Minuten Daten empfangen. Für eine globale Abdeckung im LEO werden mindestens 50 Satelliten benötigt. Ihre Nutzungsdauer ist auf wenige Jahre angelegt, manchmal sogar nur auf ein paar Monate. Danach verglühen sie in der Atmosphäre, stürzen auf die Erde oder bleiben als „Weltraumschrott“ im Orbit.

Zwischen GEO und LEO liegt auch noch ein mittlerer Orbit (MEO) mit Bahnhöhen ab etwa 6.000 km. Des Weiteren gibt es verschiedene elliptische Umlaufbahnen. Im MEO befinden sich die meisten Satelliten der Navigationssysteme GPS (USA), GLONASS (Russland), Galileo (EU) und BeiDou (China). Drei dieser Systeme wurden eigens für militärische Zwecke entwickelt, werden aber auch zivil intensiv genutzt. Nur Galileo war ursprünglich als rein ziviles Netzwerk geplant, steht mittlerweile aber auch den europäischen Militärvorhaben zur Verfügung. Alle Navigationssysteme können im Konflikt- oder Kriegsfall für nicht-militärische Nutzung gesperrt, gestört oder in ihrer Genauigkeit eingeschränkt werden.

### Raumfahrtnationen

Um künstliche Objekte in den Weltraum zu befördern, werden leistungsstarke Trägerraketen gebraucht. Für klassische Raketentriebwerke muss dabei nicht nur der gesamte Treibstoff mittransportiert werden, sondern auch der zur Verbrennung notwendige Sauerstoff, da die Rakete ab einer gewissen Höhe keine Luft mehr aus der Atmosphäre ansaugen kann. Die Startmasse beträgt damit ein Vielfaches der transportierten Nutzlast.

1945 konnten die USA einige komplette V2-Raketen sowie zahlreiche Bauteile in Besitz nehmen. Außerdem gelang es ihnen, den deutschen Entwicklungsleiter Wernher von Braun und viele seiner Mitarbeiter anzuwerben und für die Weiterentwicklung der Raketentechnik in den USA zu gewinnen. Mit dieser Geheimoperation schufen sie die Grundlage der amerikanischen Raumfahrt. Auch der Sowjetunion waren Exemplare und Konstruktionsanlagen der V2 in die Hände gefallen. Mit der Hilfe von rekrutierten deutschen Ingenieuren konnte sie die Rakete nachbauen und weiterentwickeln. Eine daraus abgeleitete Träger Rakete brachte 1957 den ersten Satelliten „Sputnik I“ in den Orbit, was das Wettrennen der Systemkonkurrenten um technische Fortschritte und Einfluss im Weltraum stark anheizte. Heute verfügen rund ein Dutzend Staaten oder Staatenverbände über eigene Trägerraketen, um Nutzlasten in den Weltraum zu transportieren, allen voran die Vereinigten Staaten, die europäische Weltraumorganisation ESA sowie Russland, China und Indien. Auch Japan, Israel, Iran, Nordkorea und Südkorea haben schon eigene Raketenstarts in den Weltraum durchgeführt. Hinzu kommen Privatunternehmen, die eigene Trägerraketen entwickeln und vermarkten, zum Beispiel die Firma „SpaceX“ von Elon Musk, die sogar zum Marktführer bei Satellitenstarts aufgestiegen ist, sowie die mit Weltraumtourismus beschäftigten Firmen „Blue Origin“ von Jeff Bezos und „Virgin Galactic“ von Richard Branson. Während Satellitenpositionen im GEO durch die Internationale Fernmeldeunion (ITU) kontrolliert und zugewiesen werden, gibt es für den LEO allenfalls nationale Vorschriften. Nur die verwendeten Funkfrequenzen müssen bei der

ITU beantragt werden. Firmen wie SpaceX, OneWeb, Amazon oder das chinesische Staatsunternehmen GW planen deswegen große „Mega-Konstellationen“ aus jeweils mehreren tausend Kommunikationssatelliten für eine flächendeckende Versorgung mit Breitbandinternet. Starts in den LEO sind für diese Firmen leicht erschwinglich, und Trägerraketen können bei jedem Start gleich ein paar Dutzend leichtgewichtige Kleinsatelliten befördern. Im LEO kreisen heute mehr als 3.500 aktive Satelliten, hinzu kommen inaktive Satelliten, Trümmerteile, ausgebrannte Raketenstufen und anderer Weltraumschrott.

### **Der Weltraumvertrag**

In zeitlichem Zusammenhang mit den ersten Satellitenstarts Ende der 1950er Jahre entstand bei den Vereinten Nationen das Bedürfnis nach internationalen Regeln für die Nutzung des Weltraums. Erste UN-Resolutionen sprachen sich für eine ausschließlich friedliche Nutzung aus und ebneten den Weg für den „Weltraumvertrag“, der 1967 in Kraft trat. Der Weltraum wird darin als Gebiet der gesamten Menschheit („province of all mankind“) bezeichnet. Staaten werden zur Kooperation angehalten und dürfen keine Himmelskörper oder Bereiche des Weltraums für sich beanspruchen. Außerdem wird die Stationierung von Massenvernichtungswaffen im Weltraum verboten sowie die militärische Nutzung des Mondes und anderer Himmelskörper. Auf den Himmelskörpern dürfen keine Basen oder militärischen Anlagen errichtet, keine Waffen erprobt und keine Manöver abgehalten werden.

In den Folgejahren wurde der Weltraumvertrag durch drei Ergänzungsverträge weiterentwickelt. Darin verpflichten sich die Staaten, in Not geratene Raumfahrer\*innen zu retten, für Schäden, die durch Weltraumgegenstände verursacht werden, zu haften und Informationen über in den Weltraum verbrachte Gegenstände an die Vereinten Nationen weiterzugeben. 1979 wurde außerdem der „Mondvertrag“ beschlossen, der das Verbot einer militärischen Nutzung von Himmelskörpern bekräftigt und die Aneignung von Teilen des Mondes oder anderer Himmelskörper untersagt.

Der Weltraumvertrag wurde bis heute von 111 Staaten ratifiziert und von weiteren 23 unterzeichnet. Alle Raumfahrnationen haben sich ihm verpflichtet und zumeist auch die Ergänzungsverträge ratifiziert. Im Gegensatz dazu wurde der Mondvertrag wegen seiner umstrittenen Einschränkungen für die Nutzung von Himmelskörpern bisher nur von 18 Nationen ratifiziert und von vier weiteren unterzeichnet.

Neben diesen fünf Verträgen der Vereinten Nationen gibt es auch noch zwei andere völkerrechtliche Abkommen, die Einschränkungen für die Militarisierung des

Weltraums festlegen. Das Moskauer Atomteststoppabkommen von 1963 verbietet Kernwaffentests im Weltraum. Und die ENMOD-Konvention von 1977 untersagt umweltverändernde Techniken zu militärischen oder sonstigen feindseligen Zwecken und gilt auch für den Weltraum. Dennoch bleiben viele Optionen für eine militärische Nutzung des Weltraums offen. Der Einsatz militärischen Personals für wissenschaftliche oder andere zivile Zwecke ist ausdrücklich erlaubt. Satelliten für militärische Aufgaben wie Spionage oder militärische Kommunikation sind nicht verboten. Konventionelle Waffen sind nur auf Himmelskörpern verboten, auf Satelliten oder Raumstationen in Umlaufbahnen dürfen sie stationiert und zu defensiven Zwecken auch eingesetzt werden. Der Flug von Interkontinentalraketen durch den Weltraum ist nicht verboten. Und es gibt auch kein Verbot für Anti-Satelliten-Waffen oder im Weltraum stationierte Raketenabwehrwaffen.

### **SDI – „Star Wars“-Pläne der USA**

In der heißen Phase des atomaren Wettrüstens zwischen USA und Sowjetunion kündigte US-Präsident Ronald Reagan 1983 eine strategische Verteidigungsinitiative (SDI) an. Gemeint waren große Investitionen und Forschungsanstrengungen zu neuen Technologien, um sowjetische Interkontinentalraketen bereits während des Flugs abfangen und zerstören zu können.

Zu den Überlegungen zählten verschiedene Sensoren am Boden, in der Luft und im Weltraum, die Raketenstarts frühzeitig erkennen und Alarm auslösen sollten. Hochleistungsrechner würden dann die Flugbahn berechnen und diverse Laserstrahlen oder andere futuristische Waffen zur Abwehr auslösen. Diese Laserwaffen könnten direkt auf Satelliten stationiert sein oder von der Erde über Umlenkspiegel im Weltraum auf die gegnerischen Raketen gerichtet werden. Die Bekämpfung könnte schon während der Antriebsphase der Rakete erfolgen, daran anschließend bei ihrem Flug durch den Weltraum oder schließlich beim Wiedereintritt der Sprengkörper in die Erdatmosphäre.

Auch wenn es unwahrscheinlich ist, dass dieses im Volksmund „Star Wars“ genannte Raketenabwehrprogramm einen vollständigen Schutz vor atomaren Angriffen bieten könnte, löste seine Ankündigung doch starke Sorgen aus. Kritische Stimmen befürchteten, dass ein Atomkrieg dadurch eher wahrscheinlicher werde, und dass auch das Szenario eines atomaren Erstschlags plötzlich denkbar sei. Das SDI-Programm wurde nach Ende des Kalten Krieges reduziert und in andere Raketenabwehrprogramme überführt. Seit ihrem Ausstieg aus dem ABM-Vertrag im Jahr 2002 gelten für die USA auch keine Beschränkungen mehr in Bezug auf Anzahl und Größe von Raketenabwehrsystemen.

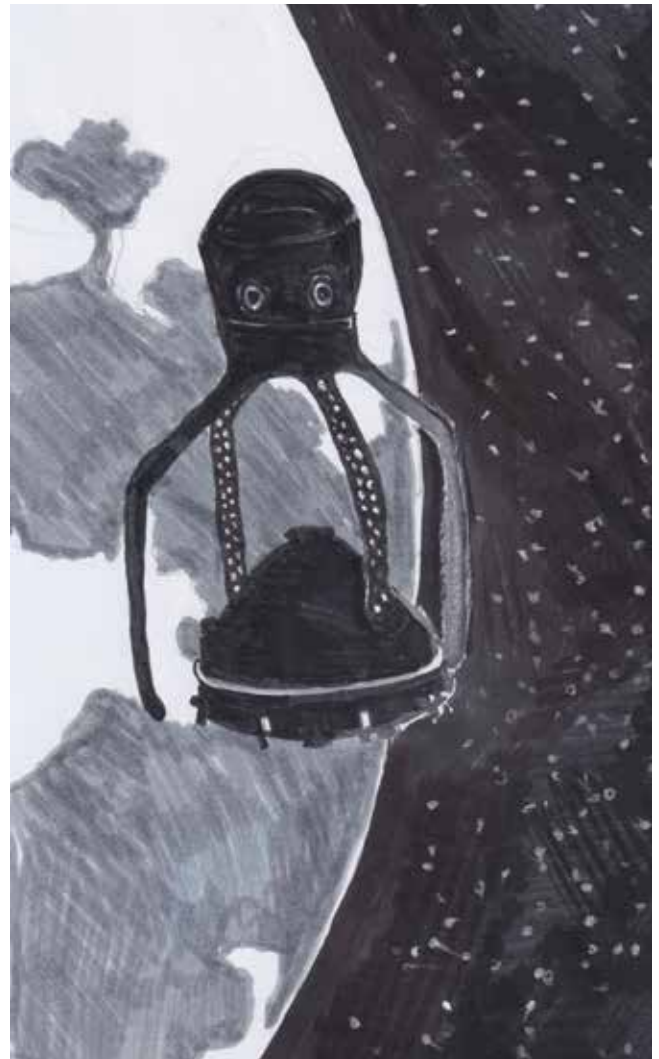
## Weltraumwaffen

Unter dem Begriff „Weltraumwaffen“ werden meist Waffensysteme, die im Weltraum stationiert sind, sowie Waffensysteme auf der Erde, die sich gegen Ziele im Weltraum richten, zusammengefasst. Im Weltraum stationierte Waffen können dabei wahlweise gegen Ziele im Weltraum oder gegen terrestrische Ziele angewandt werden. Interkontinentalraketen, die den Weltraum auf ihrem Flug nur durchqueren, werden in der Regel nicht zu den Weltraumwaffen gezählt.

Eine mögliche Wirkung von Weltraumwaffen ist es, ein Ziel brachial mit der kinetischen Energie eines Aufpralls oder einer Sprengladung zu zerstören. So haben die Raumfahrtnationen China (2007), USA (2008), Indien (2019) und Russland (2021) bereits erfolgreich bewiesen, dass sie von der Erde gestartete Raketen als Anti-Satelliten-Waffe gegen Ziele im LEO einsetzen können. Möglich ist auch der Angriff durch einen steuerbaren Satelliten, der sich auf einer ähnlichen Umlaufbahn seinem Ziel annähert, um dort eine Kollision oder Sprengung herbeizuführen. Wegen der dabei entstehenden Trümmerwolken, die für andere Satelliten gefährlich werden können, sind diese Methoden allerdings stark umstritten.

Schonender sind da spezielle Satelliten mit eigenem Treibstoffvorrat und Steuerungssystem, die sich ihrem Ziel ohne Kollision annähern können. Solche Anti-Satelliten-Waffen sollen sich dann an einen gegnerischen Satelliten anheften und wichtige Funktionen wie Sensoren oder die Energieversorgung außer Funktion setzen. Oder sie sind mit großen Greifarmen ausgestattet, um ihr Ziel einzufangen und in eine unbrauchbare Umlaufbahn oder zum Absturz zu bringen. Satelliten im LEO sind aufgrund der kürzeren Distanz gegen derartige Angriffe anfälliger als Satelliten in höheren Umlaufbahnen. Es ist aber zumindest denkbar, „Killersatelliten“ in höheren Umlaufbahnen zu parken, um dann kurzfristig gegen Ziele im GEO oder MEO vorzugehen.

Weltraumwaffen können statt kinetischer Energie aber auch energiereiche Strahlen einsetzen, um Schaden zu verursachen, z.B. Laserstrahlen verschiedener Wellenlänge, Mikrowellen oder Partikelstrahlen. Laserstrahlen breiten sich mit Lichtgeschwindigkeit aus und können damit auch bewegliche Ziele in größerer Entfernung erreichen wie gegnerische Satelliten oder ballistische Raketen. Zur Erzeugung starker Laserstrahlen wird allerdings wesentlich mehr Energie benötigt als die Solarzellen eines Satelliten bereitstellen können. Das macht die Stationierung von Hochenergie-Laserwaffen im Weltraum schwierig. Aber selbst schwache Laserstrahlen können gezielt eingesetzt werden, um Sensoren zu blenden.



Der Einsatz von Weltraumwaffen gegen Ziele am Boden spielt in der militärischen Logik keine große Rolle, da der Aufwand dafür unverhältnismäßig hoch ist. Andererseits kann die militärische Nutzung des Weltraums durch Angriffe auf ihre Bodeninfrastruktur stark beeinträchtigt werden. Auch Methoden der Cyberkriegsführung können die Kommunikation des Militärs mit ihren Satelliten stören, verfälschen oder unterbrechen.

Berücksichtigt man, dass immer mehr Akteure eine immer weiter wachsende Zahl von Satelliten in den Orbit bringen, und dass es dabei immer häufiger zu kritischen Situationen oder Beinahe-Kollisionen kommt, und berücksichtigt man ferner, dass militärische Satelliten für viele Staaten eine wichtige Rolle spielen, dann ist es sehr wahrscheinlich, dass es bald auch zu ernstesten Konflikten um die Nutzung des Weltraums kommen wird. Ob diese Konflikte dann auch mit Weltraumwaffen ausgetragen werden, wird die Zukunft zeigen. Auf jeden Fall können alle Technologien, die unter zivilen Vorzeichen zur Abwehr von Asteroiden oder zur Beseitigung von Weltraumschrott erforscht und entwickelt werden, im Ernstfall auch als Weltraumwaffe gegen Satelliten anderer Staaten eingesetzt werden.