



HEUMEGA

Unabhängige Trendanalyse zum Thema Megakonstellationen

- Annex 1: Frequenzen –

22.11.2021



Impressum

Universität der Bundeswehr München**Technologietransfergesellschaft ITIS GmbH**

Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik

Institut für Informationstechnik | Forschungszentrum SPACE

Vertreter: Universitätsprofessor Dr.-Ing. Andreas Knopp, MBA

Werner-Heisenberg-Weg 39 | 85577 Neubiberg

office.sp@unibw.de | +49 (0) 89 6004 7500

www.unibw.de/satcom

AUDENS Telecommunications**Consulting GmbH**

Stephan Winter (CEO)

Hauptstr. 3

D-82319 Starnberg

stephan.winter@audens.de

+49 (0) 8192 9974490

www.audens.de

Autoren dieses Anhangs (alphabetische Reihenfolge):

Dipl.-Ing. (FH) Stephan P. WINTER (Autor), Prof. Dr.-Ing. Andreas Knopp (Editor)

Über die Autoren

Stephan P. WINTER erwarb 2003 den Titel Dipl.-Ing. (FH) an der Fachhochschule München. Nach seiner Tätigkeit bei der IABGmbH im Bereich Information und Kommunikation gründete er 2008 sein eigenes Ingenieurbüro "Orbital-Engineering", um seine Dienstleistungen als Freiberufler für internationale Kunden mit Schwerpunkt auf Frequenzkoordinationsaufgaben und Spektrum-Management anzubieten. Stephan P. Winter betreut derzeit nationale und internationale Kunden, darunter Regierungsstellen, wissenschaftliche Institute sowie mehrere kommerzielle GSO- und NGSO-Satellitenbetreiber. Für diese Kunden führt er Technologiestudien durch, unterstützt bei der Beschaffung von Satelliten und koordiniert die entsprechenden Satellitennetze, sowie die regulatorische Unterstützung in nationalen, regionalen und internationalen Gremien.

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS 3

1	EINLEITUNG	4
1.1	Ziel des Dokuments.....	4
1.2	Anwendbare Dokumente.....	5
1.3	Referenzen.....	5
1.4	Abkürzungen.....	6
2	REGULATORISCHER HINTERGRUND	8
2.1	Priorität.....	8
2.2	Koordinierung.....	9
2.2.1	Koexistenz mit geostationären Satellitensystemen.....	10
2.2.2	Koexistenz mit anderen Konstellationen.....	10
2.2.3	Koordinierung mit terrestrischen Funkdiensten.....	10
2.3	Inbetriebnahme.....	11
2.4	Bodenstationslizenzierung.....	11
3	FREQUENZANMELDUNGEN DER BETRACHTETEN KONSTELLATIONEN	13
4	SPEKTRUM ZUGANG VON MEGA-KONSTELLATIONEN	18
4.1	Telesat Lightspeed.....	18
4.2	Starlink.....	21
4.3	Project Kuiper.....	23
4.4	Kleo Connect.....	25
4.5	O3B.....	27
4.6	OneWeb.....	28
4.7	AST & Science.....	30
4.8	Vergleichende Bewertung.....	32
5	SPEKTRUMS ZUGANG EINER EU-KONSTELLATION	35
6	ZUSAMMENFASSUNG	36

1 Einleitung

1.1 Ziel des Dokuments

Mit der initialen Heumega-Analyse [1] wurden sowohl technische als auch wirtschaftliche Fragen rund um ausgewählte Mega-Konstellationen in niedrigen Erdumlaufbahnen (LEO) untersucht. Diese Analyse schloss jedoch die Betrachtung der Frequenzverfügbarkeit aus. Im Sinne der gesamtheitlichen Bewertung der Erfolgchancen von Mega-Konstellationen wird mit dieser Heumega-Freq Analyse der Zugang von Mega-Konstellationen zum benötigten Frequenzspektrum im Allgemeinen und jeweils spezifisch für ausgewählte Konstellationen untersucht. Heumega-Freq erweitert damit die Ergebnisse von Heumega durch eine frequenztechnische / regulatorische Sichtweise. Sie betrachtet die Erfolgsaussichten des Spektrum-Zugangs unter einem wissenschaftlichen Aspekt und analysiert dabei den Status ausgewählter Konstellationen. Dabei wird einerseits untersucht, unter welchen Bedingungen Megakonstellationen Zugriff auf die begrenzten Frequenzressourcen haben und welche Realisierungschancen für die einzelnen Konstellationen daraus resultieren. Heumega-Freq ist dabei auf die Konstellationen limitiert, welche bereits in der Heumega-Analyse im Detail betrachtet worden sind. Diese sind:

- Telesat Lightspeed
- Starlink von SpaceX
- Project Kuiper von Amazon
- OneWeb
- O3B von SES
- Kleo Connect und
- AST & Science

Da diese Konstellationen weitestgehend in den Ku- und Ka-Bändern betrieben werden (Ausnahme hierbei ist AST& Science), werden die Betrachtungen im Detail auf diese beiden Frequenzbänder begrenzt.

Des Weiteren wird kurz diskutiert, wie unter diesen Aspekten die Chancen einer Konstellation der Europäischen Union (EU) stehen. Dabei gehen wir vom aktuellen Wissensstand aus, dass bisher von EU-Seite aus keine Frequenzanmeldung abgegeben worden ist und sich die Konstellation noch in der Machbarkeitsanalyse befindet.

Heumega-Freq ist folgendermaßen aufgebaut: In Kapitel 2 gehen wir auf die geltenden Regularien ein, deren Einhaltung den Zugang zum Spektrum definiert. In Kapitel 3 werden die einzelnen Frequenzanmeldungen der jeweiligen Konstellationen und deren Prioritäten untereinander aufgezeigt. Eine Aufstellung der Wahrscheinlichkeit eines Spektrum Zugangs aller ausgewählten Konstellation wird in Kapitel 4 untersucht. Die Erfolgswahrscheinlichkeit einer EU-Konstellation wird in Kapitel 5 betrachtet, bevor in Kapitel 6 die Ergebnisse dieser Analyse zusammengefasst werden.

1.2 Anwendbare Dokumente

Folgende Dokumente sind für dieses Dokument anwendbar.

TABELLE 1-1: ANWENDBARE DOKUMENTE

Nr.	Dokumentenname
[AD 1]	AUDENS Telecommunications Consulting GmbH, „Angebot und Preismitteilung Unabhängige TrEndanalyse zUm Thema MEGAkonstellationen - Frequenzen (Heumega-Freq)“ Starnberg, 30. August 2021
[AD 2]	ITIS GmbH , „Werkvertrag W182704“, Neubiberg, 30. September 2021

1.3 Referenzen

Folgende Quellen und externe Dokumente wurden in diesem Dokument referenziert.

- [1] DLR, „Unabhängige Trendanalyse zum Thema Megakonstellationen,“ 2021.
- [2] International Telecommunication Union, „Radio Regulations - Articles - Edition of 2020,“ 2019.
- [3] M. A. Sturza, „The Teledesic Satellite System: Overview and Design Trades.“
- [4] International Telecommunication Union, „Recommendation ITU-R S. 1323-2: Maximum permissible levels of interference in a satellite network (GSO/FSS; non-GSO/FSS; non-GSO/MSS feeder links) * in the fixed-satellite service caused by other codirectional FSS networks below 30 GHz,“ 1997.
- [5] International Telecommunication Union, „Recommendation ITU-R S.1431: Methods to enhance sharing between non-GSO FSS systems (except MSS feeder links) in the frequency bands between 10-30 GHz.“
- [6] International Telecommunication Union, „Resolution 35: (WRC-19): A milestone-based approach for the implementation of frequency assignments to space stations in a non-geostationary-satellite system in specific frequency bands and services.“ Geneva, 2019.
- [7] IBC365, „Russia block means OneWeb faces extra-tough challenge.“ <https://www.ibc.org/trends/russia-block-means-oneweb-faces-extra-tough-challenge/4309.article> (accessed Nov. 11, 2021).
- [8] International Telecommunication Union, „Space Network List,“ 2021. https://www.itu.int/snl/freqtab_snl.html (accessed Nov. 11, 2021).
- [9] Gunter’s Space Page, „LEO Vantage 1.“ https://space.skyrocket.de/doc_sdat/leo-vantage-1.htm (accessed Nov. 13, 2021).
- [10] International Telecommunication Union, „Bringing into use of satellite network frequency assignments.“ <https://www.itu.int/net/ITU-R/space/snl/listinuse/index.asp> (accessed Nov. 15, 2021).

- [11] I. del Portillo, B. G. Cameron, and E. F. Crawley, “A Technical Comparison of Three Low Earth Orbit Satellite Constellation Systems to Provide Global Broadband.”
- [12] Amazon, “Project Kuiper announces plans and launch provider for prototype satellites,” Nov. 01, 2021. <https://www.aboutamazon.com/news/innovation-at-amazon/project-kuiper-announces-plans-and-launch-provider-for-prototype-satellites> (accessed Nov. 11, 2021).
- [13] SpaceNews, “Hiber abandons plans for IoT satellite constellation.” <https://spacenews.com/hiber-abandons-plans-for-iot-satellite-constellation/> (accessed Nov. 16, 2021).

1.4 Abkürzungen

Abkürzungen und Akronyme, die in diesem Dokument verwendet werden, sind in Tabelle 1-2 aufgelistet.

TABELLE 1-2: ABKÜRZUNGEN UND AKRONYME

Abkürzung	Erklärung
ADM	Administration
BIU	Inbetriebnahme
BR	Büro für Radiokommunikation der Internationale Fernmeldeunion
BSS	Rundfunkdienst über Satelliten
CAN	Kanada
D	Deutschland
DoR	Date of receipt
EDoP	Effective date of protection
epfd	Äquivalente Leistungsflussdichte
EU	Europäische Union
F	Frankreich
FCC	Federal Communication Commission
FSS	Fester Funkdienst über Satelliten
G	Großbritannien
G	Antennengewinn
GHz	Gigahertz

GSO	Geostationärer Satellitenorbit
IFIC	International Frequency Information Circulars
IoT	Internet der Dinge
ITU	Internationale Fernmeldeunion
LEO	Niedrige Erdumlaufbahn
LIE	Liechtenstein
MEO	Mittlere Erdumlaufbahn
MHz	Megahertz
MIFR	Master International Frequency Register
MS	Mobiler Funkdienst
MSS	Mobiler Funkdienst über Satelliten
NIB	Non-Interference Basis
NOR	Norwegen
PNG	Papua-Neuguinea
Res.	Resolution
SNL	Space Network List
SRS	Space Radiocommunication Systems
T	Zeitpunkt
USA	Vereinigte Staaten von Amerika
VO-Funk	Vollzugsordnung für den Funkdienst
WRC	Weltfunkkonferenz

2 Regulatorischer Hintergrund

Der Zugang zum Spektrum wird über festgelegte Prozesse der Internationalen Fernmeldeunion (ITU) in deren Funksektor vorgegeben. Diesen Prozessen müssen alle Funkssysteme folgen. Unterschiede ergeben sich nicht durch die Größe oder Komplexität eines Systems, sondern nach den verwendeten Funkdiensten und deren Status innerhalb des genutzten Spektrums, bzw. mit welchen Funkdiensten das Spektrum geteilt werden muss. Mega-Konstellationen werden in der ITU als Systeme im nicht-geostationären Satellitenorbit (non-GSO) betrachtet. Dabei spielt es nur bei spezifischen Aspekten eine Rolle, ob das System aus einem Satelliten, 100 oder mehreren tausend Satelliten besteht. Bestimmend für die zu berücksichtigenden Regularien ist weitestgehend der verwendete Funkdienst. Die unter dieser Studie betrachteten Konstellationen nutzen fast alle den festen Funkdienst über Satelliten (FSS) und teils auch den mobilen Funkdienst über Satelliten (MSS) zur Anbindung von sich bewegenden Bodenstationen oder Endgeräten.

Der Erfolg bzw. die Chancen, Zugang zum gewählten Spektrum zu bekommen, hängt dabei von mehreren Aspekten ab. Zu den wichtigsten zählen:

1. die Prioritäten der Frequenzanmeldungen im Vergleich zu den jeweiligen Wettbewerbern,
2. die Konditionen unter welchen eine Koordinierung des jeweiligen Systems mit den GSO-Netzwerken und den anderen non-GSO Konstellationen mit höherer Priorität erreicht wurde,
3. der formaler Satus der Frequenzanmeldung innerhalb der regulatorischen Periode und der Inbetriebnahme (BIU) und, letztendlich,
4. die Lizenzierung von Nutzerterminals in den Servicegebieten.

Im Folgenden wird auf die jeweiligen Aspekte aus Sicht der Regulatorik eingegangen.

2.1 Priorität

Die Priorität einer Konstellation wird in den betrachteten Ku- und Ka-Bändern durch das Datum definiert, an dem eine Frequenzanmeldung oder eine Änderung der Frequenzanmeldung bei der ITU eingegangen ist. Das sogenannte „date of receipt“ (DoR), bzw. das „effective date of protection“ (EDoP) der anteiligen Frequenzuteilung wird durch die ITU elektronisch bei Eingang der jeweiligen Frequenzanmeldung bzw. deren Änderung erfasst und festgehalten. Neben der Festlegung der Priorität in der Liste der Frequenzanmeldungen startet mit diesem Datum die regulatorische Periode / initiale Gültigkeit der Anmeldung von sieben Jahren. Das sich aus diesem Datum ergebende „first-come-first-serve“-Prinzip gilt jedoch nur dort, wo gleichberechtigte Funkdienste und -systeme im Spektrum zugelassen sind. In den betrachteten Ku- und Ka-Bändern sind primäre Zuweisungen für den FSS allokiert. Jedoch weist der Artikel **22.2** der Vollzugsordnung für den Funkdienst (VO-Funk) [2] darauf hin, dass GSO-Systeme im FSS und im Rundfunkdienst über Satelliten (BSS) nicht durch non-GSO Systeme gestört werden dürfen, obwohl GSO und non-GSO Systeme den primären FSS nutzen würden. Dieser Schutz wird durch Limitierungen der aggregierten äquivalenten Leistungsflussdichte (epfd), welche durch Emissionen von non-GSO Transmitter am GSO Empfängern erzeugt werden, sichergestellt. Wenn nachgewiesen wird, dass die Pegel der festgelegten epfd nicht überschritten werden, dann ist der GSO in Gänze geschützt und es ist keine Koordinierung mit den GSO-Systemen notwendig. Somit entfällt hier das „first-come-first-serve Prinzip“ zwischen GSO und non-GSO Systemen. Im Ku-Band FSS sind durchgängig die epfd Limits einzuhalten.

Die Situation im Ka-Band FSS ist anders. Das als Ka-Band FSS benannte Frequenzband 17.8-20.2 GHz und 27.5-30 GHz wird in drei Bereiche aufgeteilt, die in Abbildung 1 gezeigt sind. In zweien gilt der vorgeschriebene verpflichtende Schutz ggü. dem GSO, hier in blau dargestellt. Im sogenannten Teledesic Band [3] 18.8-19.7 GHz und 28.6-29.5 GHz, hier gelb dargestellt, ist dieser Schutz nicht anzuwenden und eine Koordination¹ nach dem „first-come, first-serve-Prinzip“ mit den GSO-Netzwerken ist durchzuführen. Dementsprechend ist hier das EDoP ggü. den GSO-Netzwerken wieder entscheidend.

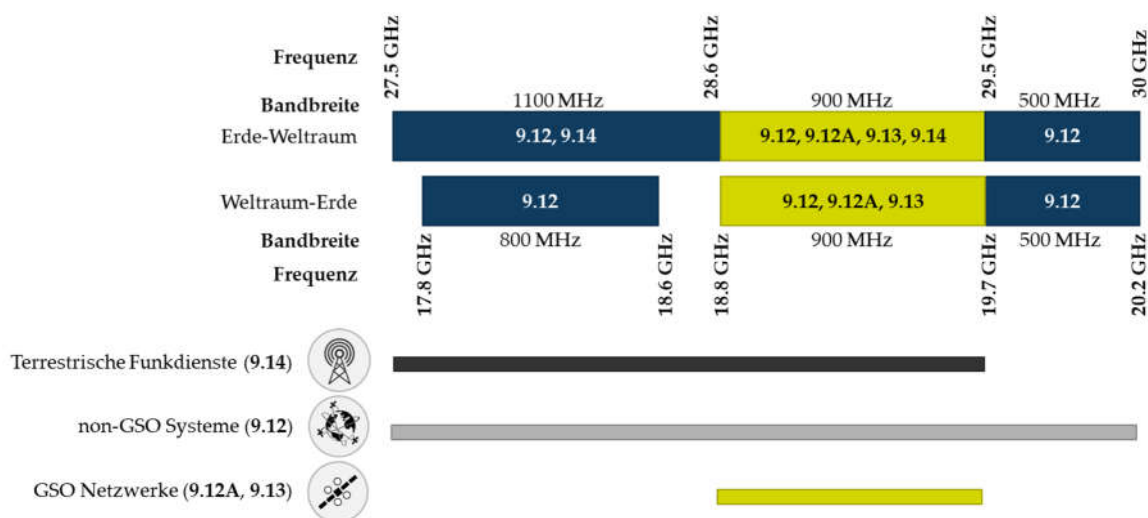


ABBILDUNG 1: ZUWEISUNGEN UND KOORDINIERUNGSVORSCHRIFTEN IM KOMMERZIELLEN KA-BAND

Frequenzanmeldungen mit einem älteren EDoP haben das Recht auf Schutz, wenn diese innerhalb der regulatorischen Periode von max. sieben Jahren in Betrieb gebracht worden sind. Je älter das EDoP, desto höher die Priorität ggü. anderen non-GSO Systemen. Die Bestandssysteme können dann die Konditionen bestimmen, unter denen ein Zugang zum Spektrum im gleichen Frequenzband gewährt wird.

Gegenüber den anderen non-GSO Systemen ist in allen Frequenzbereichen (Ku- und Ka-Band) eine Koordination unter Berücksichtigung des EDoP vorgeschrieben². Dies gilt auch für die sendenden Bodenstationen sowie jeglicher FSS-Systeme im Uplink, in den Bereichen, in denen ebenfalls eine primäre Allokation des terrestrischen Festen Funkdienstes existiert. Da die Emissionen der Satelliten in Richtung Weltraum-Erde durch definierte Leistungsflussdichte-Limitierungen geschützt sind, ist die individuelle Koordination³ der jeweiligen non-GSO Bodenstationen nur in den Frequenzbereichen 27.5-29.5 GHz mit den bis dato existierenden terrestrischen Funkstationen notwendig.

2.2 Koordination

Das Ziel eines jeden Funksystems ist es, die internationale Anerkennung des genutzten Spektrums in der ITU und dem damit verbundenen Schutz im gemeldeten Orbit zu erreichen. Dazu muss laut VO-Funk der Betrieb im Einklang mit den Regularien der VO-Funk erfolgen und eine erfolgreiche Koordination mit allen Systemen erfolgt sein, die eine höhere Priorität besitzen und eine Frequenzüberlappung aufweisen. Die Koexistenz zwischen den einzelnen non-GSO Systemen und zwischen den non-GSO Systemen und GSO Netzwerken wird durch verschiedenste technische Koordinationstechniken erreicht. Die Erlangung einer Koexistenz unter den

¹ Artikel 9.12A und 9.13 der VO-Funk

² Artikel 9.12 der VO-Funk

³ Artikel 9.14 der VO-Funk

non-GSO Systemen ist komplex und basiert bisher auf geringen Betriebserfahrungen der non-GSO Betreiber, da noch nicht sehr viele Konstellationen mit vielen Satelliten in Betrieb sind und der Einfluss von Interferenzen noch nicht in Gänze gemessen werden kann. Im Folgenden wird eine kurze Betrachtung der üblichen Koordinierungstechniken durchgeführt.

2.2.1 Koexistenz mit geostationären Satellitensystemen

Die Koexistenz mit den GSO Systemen für die betrachteten Frequenzbereiche Ku- und Ka-Band basiert im Wesentlichen auf den in Kapitel 2.1 kurz umschriebenen epfd-Limits. Da diese bis auf das Teledesic-Band verpflichtend anzuwenden sind, schlagen viele Betreiber von Mega-Konstellationen die Übernahme der bereits in den anderen Ka-Band Frequenzbereichen geltenden epfd-Limits vor. Da diese in der VO-Funk verankert und durch die GSO-Betreiber akzeptiert sind, ist eine Koordinierung meistens nicht schwierig. Die zeitliche Entkopplung der Interferenz ermöglichte u.a. den Boom der Konstellationen, da der GSO über den interessanten Gebieten bereits überfüllt ist und die Ressource geostationärer Orbitpositionen begrenzt ist.

In Einzelfällen werden zwischen den GSO-Netzwerken und den non-GSO Systemen andere Koordinierungsmethoden angewendet, die nicht auf epfd basieren. Jedoch ist der zugrundeliegende Mechanismus vergleichbar. Dies wurde bereits in Heumega [3] in Kapitel 4.1.1 veranschaulicht.

Am Ende ist die Koordinierung mit dem GSO immer eine Frage der Leistungsfähigkeit des Satelliten und der angebotenen Servicequalität ggü. dem Endkunden. Dies kann durch die Faltung der Verfügbarkeit aufgrund von atmosphärischen Einflüssen, mit der Verfügbarkeit durch Interferenz ermittelt werden, wie auch durch die ITU in [4] empfohlen wird.

2.2.2 Koexistenz mit anderen Konstellationen

Die unter dem Artikel **9.12** der VO-Funk vorgeschriebene Koordinierung der non-GSO Systeme stellt mit den schwierigsten Aspekt für einen sinnvollen Zugang zum Spektrum dar. Die Methoden zur interferenzfreien oder interferenzminimierten Koexistenz basieren aktuell auf theoretischen Ansätzen und werden vor allem durch die Betreiber der Systeme erweitert, die bereits Konstellationen von mehreren hundert Satelliten im Orbit haben. Eine Zusammenfassung der gängigen Koordinierungsmethoden zwischen den non-GSO FSS Systemen empfiehlt die ITU in [5], welche ebenfalls in [1] unter Kapitel 4.1.1 bereits angerissen wurden. Die erfolgreiche Koordinierung und Absicherung einer Koexistenz hängt immer davon ab, ob die besagten Parteien koordinieren wollen und ob ein Vollausbau der angemeldeten Konstellation überhaupt erwartet wird. Das ist ein Problem der aktuellen Regulierung, die mit der Resolution (Res.) **35** [6], welche auf der Weltfunkkonferenz (WRC) in 2019 beschlossen wurde, den Konstellationen einen vorläufigen Eintrag in das Master International Frequency Register (MIFR) zulässt (Details zu Res. 35 in Kapitel 2.3), aber ein finaler Schutz erst mit dem letzten Meilenstein erreicht wird. Koordinierungsmethoden hängen vor allem von der Anzahl an Satelliten ab. Ohne den definitiven Ausbau der Konstellation ist eine vollständige Koordinierung, vor dem Ende der Meilensteinperiode (sieben Jahre regulatorischer Periode plus sieben Jahre Meilensteinperiode) schwer durchzuführen.

2.2.3 Koordinierung mit terrestrischen Funkdiensten

Die Koordinierung mit terrestrischen Funkdiensten hängt von dem spezifischen Terminal und dem Ort ab, an dem dieses Terminal aufgebaut wird. In Richtung Weltraum-Erde sind die terrestrischen Funkdienste durch Leistungsflussdichte-Limitierungen im Artikel **21.16** der VO-Funk festgelegt. Im Uplink, Richtung Erde-Weltraum, müssen die einzelnen Bodenstation eine Koordinierung mit den umgebenden terrestrischen

Funkdiensten am jeweiligen Ort durchführen. Bei Stationen im FSS ist dies eine standardmäßige Prozedur, welche bei sich bewegenden Stationen nur schwer durchführbar ist. Unter den aktuellen Regularien ist der Betrieb von mobilen non-GSO Bodenstationen im Spektrum, in dem terrestrische Funkdienste operieren, noch nicht erlaubt (non-GSO Earth Stations in Motion).

2.3 Inbetriebnahme

Die rechtzeitige Inbetriebnahme einer Frequenzanmeldung innerhalb der regulatorischen Periode ist für viele Systeme eine große Hürde. Diese ist notwendig, um in die Notifizierungsphase einzutreten und die Frequenzanmeldung am Leben zu erhalten. Es sind hierbei generell die Regulatorische Periode sowie im Ku- und Ka-Band (aber auch im Q/V-Band) weitere Zeitpunkte entscheidend.

- **Regulatorische Periode:** Sieben Jahre nach der Erstanmeldung eines Systems muss mindestens ein Satellit kontinuierlich für 90 Tage im Orbit sein und in der Lage sein, auf den gewünschten Frequenzen senden und empfangen zu können.
- **Meilensteine beim Satellitenstart:** Bei größeren Konstellationen gelten die zusätzlichen Meilensteine nach Resolution (Res.) **35 (WRC-19)** [6], in den mind. 10%, 50% und 100% der Satelliten gestartet werden müssen.

Diese Zeiträume sind schematisch in Abbildung 2 dargestellt.

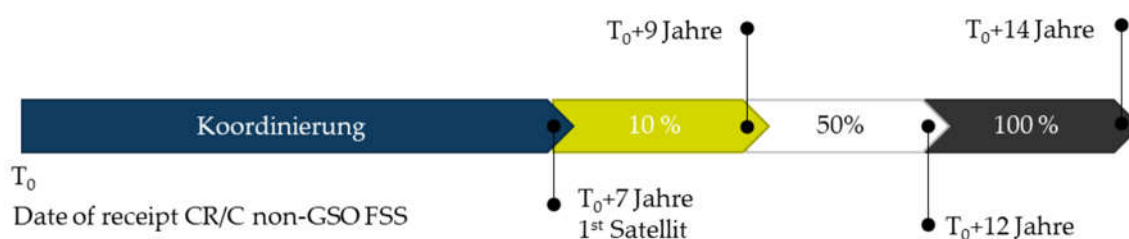


ABBILDUNG 2: REGULATORISCHE PERIODE INKLUSIVE MEILENSTEINE DER IMPLEMENTIERUNG NACH RES. 35 (WRC-19)

Res. **35 (WRC-19)** erlaubt für manche System noch Ausnahmen, den ersten Meilenstein auszulassen, jedoch sind die letzten beiden Zeitpunkte verpflichtend. Nach resolves 12 der Res. **35 (WRC-19)** kann der erste Meilenstein ausgelassen werden, wenn das Radio Regulations Board der ITU dies nach Vorlage von Information bzgl. des Ausbaus des Systems nach Annex 1 der Res. **35 (WRC-19)** erlaubt. Bei nicht Erreichen des geplanten Vollaubaus der Konstellation zu den jeweiligen Meilensteinen, wird die Frequenzanmeldung von der ITU dahingehend geändert, dass die Anzahl der gestarteten Satelliten zum Meilenstein dem prozentualen Anteil der Konstellation des Meilensteins entspricht. Als Beispiel sei hier eine Konstellation mit 100 Satelliten in der Frequenzanmeldung aufgeführt. Diese schafft es, bis zum ersten Meilenstein, nur zwei Demonstrationsatelliten zu starten. Demensprechend, wird angenommen, dass diese zwei Satelliten zehn Prozent der Konstellation entsprechen und daher nicht mehr als 20 Satelliten in Summe in der Konstellation betrieben werden dürfen. Dies zeigt die Problematik in der Koordinierung von Konstellationen, die einige tausende Satelliten haben und der Meilensteinplan vielleicht limitierend sein wird - aber auch die Schwierigkeit mit denjenigen Systemen, die auf einen Wertzuwachs der Frequenzrechte spekulieren.

2.4 Bodenstationslizensierung

Die Lizenzierung von Bodenstationen ist ein weiterer Aspekt, die Konstellationen benötigen, um in Ländern zu operieren. Ohne eine Lizenz kann kein Nutzerterminal verkauft oder benutzt werden. Letztendlich hat jede Administration (ADM), in dessen Land die Betreiber einer Konstellation eine Zulassung für deren Bodenstationen beantragen, ein Mitspracherecht, bzw. eine Entscheidungsbefugnis, ob und wie Dienste in dem jeweiligen Land angeboten werden können. So ist es bereits passiert, dass bestimmte Länder den Zugang von Systemen verhindert haben, wie z.B. Russland OneWeb [7]. Die Voraussetzungen, unter denen eine Konstellation eine Zulassung für den Betrieb in einem Land bekommt, variiert von Land zu Land. Die meisten ADMs setzen voraus, dass ein Bewerber um Bodenstationslizenzen die Koordinierung mit den nationalen Satellitensystemen abgeschlossen hat und die Vorgaben der nationalen Frequenzpläne und der geltenden Telekommunikationsgesetze berücksichtigt. Hervorzuheben sind hier die Vereinigten Staaten von Amerika (USA), dessen Federal Communications Commission (FCC) mit der „non-GSO Processing Round“ ein festes Prozedere eingeführt hat, damit Konstellationen Zugang zum amerikanischen Markt bekommen.

Letztendlich ist die Lizenzierung eine Aufgabe, die jeder Operateur durchführen muss und der Status dieser Lizenzierung pro Land ist nicht für alle Länder öffentlich zugänglich. Daher ist eine Betrachtung des Lizenzierungsstatus der Konstellationen außerhalb des Rahmens dieser Frequenzstudie.

3 Frequenzanmeldungen der betrachteten Konstellationen

Es ist üblich, dass sich die einzelnen Konstellationen nicht nur auf eine Frequenzanmeldung verlassen, sondern mehrere Anmeldungen, auch in unterschiedlichen Ländern besitzen. Multiple Anmeldungen erhöhen die Flexibilität der jeweiligen Konstellation und sind u.a. von Vorteil, die regulatorischen Vorgaben der ITU z.B. zum Schutz des GSO auf mehrere Frequenzanmeldungen zu verteilen. Da für ein Satellitensystem mehreren Anmeldungen genutzt werden können (aber nicht umgekehrt), ist eine strategische Platzierung der einzelnen Frequenzanmeldungen mit unterschiedlichen Charakteristiken von Vorteil. Eine Anmeldung über verschiedene ADMs bei der ITU ist oft auch eine reine Kostenfrage. Andererseits kann dies eine strategische Überlegung sein, da über die jeweilige notifizierende ADM Einfluss auf Änderungen der Vollzugs-Ordnung Funk in dem jeweiligen nationalen oder regionalen Gremium genommen werden kann. Wenn mehrere ADMs gleiche Vorschläge zu einem bestimmten Aspekt machen, ist der benötigte Konsens bei der ITU schon einen Schritt näher.

Die bekannten Frequenzanmeldungen der betrachteten Konstellationen, so denn sie unter den jeweiligen Firmennamen gelistet sind, sind in Tabelle 3-1 aufgelistet. Dabei wurden die Daten aus der Space Network List (SNL) [8] genutzt. Die Betrachtung beschränkt sich vor allem auf die Frequenzbänder im Ku- und Ka-Band, um deren Zugang die meisten Konstellationen im Wettbewerb stehen.

AST & Science sei hier als Sonderfall genannt. Diese Konstellation bietet im Vergleich zu den anderen Operateuren nicht Breitbandinternet, sondern Anbindung im Mobilfunk an (vgl. [1] Kapitel 2.1.5) und nutzt für die Nutzerlinks das P-Band (600-900 MHz) und für die Gateways das Q/V Band (37-43 GHz). Die zugehörige Frequenzanmeldung ist bei der Papua-Neuguineanischen (PNG) ADM unter dem Namen MICRONSAT angemeldet.

TABELLE 3-1: FREQUENZANMELDUNGEN DER MEGA-KONSTELLATIONEN

System	Ku-Band	Ka-Band
Telesat	-	CANPOL-2, -3, CANSAT-LEO, COMSTELLATION, MAPLELEAF-1 (CAN), MCSAT-2 LEO-2
Starlink	STEAM-1 (NOR), USASAT-NGSO-3A-R, -3C, -3E, -3M, -3N, -3O, -3P, -3Q, -3R-1, -3R-2, -3R-3, -3S-1, -3S-2, -3S-3, -3T-1, -3T-2, -3T-3, -3U-1, -3U-2, -3U-3, -3V-1, -3V-2, -3W-1, -3W-2 (USA)	STEAM-2, STEAM-2B (USA), USASAT-NGSO-3B-R, -3F, -3M, -3N, -3O, -3P, -3Q, -3R-1, -3R-2, -3R-3, -3S-1, -3S-2, -3S-3, -3T-1, -3T-2, -3T-3, -3U-1, -3U-2, -3U-3, -3V-1, -3V-2, -3W-1, -3W-2 (USA)
Kuiper	-	USASAT-NGSO-8A, -8B, -8C (USA), KBSAT-NGSO-1 (D)
OneWeb	L5, L6, L7A, THEO, THEME (G)	L5, L6, L7A, THEO, THEME (G)
O3B	O3B-C (G)	O3B-A, -B, -C, -F (G), MCSAT-2 MEO-2 (F)
Kleo	3ECOM-1, -3 (LIE)	3ECOM-1, -3 (LIE)
AST	-	-

Basierend auf den in Tabelle 3-1 gelisteten Frequenzanmeldungen kann auf einem Zeitstrahl das Ranking der Priorität der einzelnen Systeme abgebildet werden. Diese ist in Tabelle 3-2 für das Ku-Band und in Tabelle 3-3 für das Ka-Band abgebildet. Dazu wurden die Daten aus der Space Radiocommunication Systems (SRS) Datenbank mit Stand des International Frequency Information Circulars (IFIC) Nr. 2953 genutzt. SpaceX-Anmeldungen (vgl. Tabelle 3-1) mit identischem DoR wurden aus Übersichtsgründen unter dem Namen USASAT-NGSO-3 XXX zusammengefasst. Falls Unterschiede im DoR auftreten, dann wurden die Anmeldung wiederum unter deren richtigen Namen aufgelistet.

TABELLE 3-2: RANGLISTE FREQUENZANMELDUNG KU-BAND

Frequenzanmeldungen	Konstellation	EDoP
L5	OneWeb	27.06.2013
L5	OneWeb	14.09.2013
L5	OneWeb	06.12.2013
L5	OneWeb	27.06.2014
L5	OneWeb	25.11.2014

Frequenzanmeldungen	Konstellation	EDoP
3ECOM-1	Kleo	10.12.2014
STEAM-1	Starlink	27.12.2014
O3B-C	O3B	10.03.2015
3ECOM-3	Kleo	18.03.2015
USASAT-NGSO-3 XXX	Starlink	01.01.2017
L6	OneWeb	26.11.2020
L7A	OneWeb	26.11.2020

Im Ku-Band zeigt sich, dass OneWeb mit L5 trotz mehrfacher Modifikationen, welche Einfluss auf das EDoP hatten, die relativ gesehen, ranghöchste Frequenzanmeldung besitzt und ggü. den betrachteten Mitbewerbern den Zugang zum Ku-Band Spektrum bestimmen kann. OneWeb hat somit bestimmte Anteile in ihrer Frequenzanmeldung mit unterschiedlichen Rechten, die aber bei der Betrachtung der ausgewählten Konstellationen keinen Einfluss hat. Die Frequenzanmeldungen L6 und L7A sind schon Anmeldungen für die neue Generation OneWeb Konstellationen.

Somit haben OneWeb, Kleo, O3B und Starlink, das Ku-Band untereinander aufzuteilen, bzw. zu koordinieren. Da das Ku-Band im Wesentlichen von allen gelisteten Konstellationen für Nutzerterminals genutzt wird, ist eine Koexistenz – abgesehen von O3B, die als Konstellation in einer mittleren äquatorialen Erdumlaufbahn (MEO) eine gewisse Sonderstellung und Entkopplung haben – schwierig.

Im Ka-Band ist die Situation noch komplexer, da hier mehrere Systeme um den Zugang zum Spektrum konkurrieren. Allen voran liegt O3B, welche mit gehörigem Abstand die Vorreiter in der Satelliten-Konstellation war. Telesat hat mit COMSTELLATION und MCSAT-2 LEO-2 gute Prioritäten. Danach folgen in der Priorität Kleo und SpaceX. Im Ka-Band hat OneWeb eine weniger gute Position. Amazon als Späteinsteiger muss sich als Schlusslicht der betrachteten Konstellationen mit allen anderen arrangieren. Es ist hierbei zu sehen, dass sich einige Konstellationen schon für zukünftige Weiterentwicklungen vorbereiten und Nachfolganmeldungen platzieren, die die Zukunftsfähigkeit sichern sollen. Dazu gehört vor allem OneWeb mit L6, L7A, THEO und THEME, aber auch Amazon mit den deutschen (D) KB-SAT Frequenzanmeldungen. Solche Nachfolganmeldungen enthalten, auch Frequenzzuweisungen in den höheren Frequenzbändern, wie den Q/V und W-Bändern und anderen Orbits.

TABELLE 3-3: RANGLISTE FREQUENZANMELDUNGEN KA-BAND

Frequenzanmeldung	Konstellation	EDoP
O3B-A	O3B	23.04.2008
O3B-B	O3B	03.02.2011
COMMSTELLATION	Telesat	20.12.2012
MCSAT-2 LEO-2	Telesat	25.11.2014
MCSAT-2 MEO-2	O3B	25.11.2014
3ECOM-1	Kleo	10.12.2014
STEAM-2	Starlink	27.12.2014
L5	OneWeb	18.01.2015
COMMSTELLATION	Telesat	06.03.2015
O3B-C	O3B	10.03.2015
3ECOM-3	Kleo	18.03.2015
L5	OneWeb	01.04.2015
MCSAT-2 LEO-2	Telesat	14.12.2015
THEO	OneWeb	22.12.2016
CANSAT-LEO	Telesat	29.12.2016
O3B-C	O3B	01.01.2017
STEAM-2B	NOR	01.01.2017
USASAT-NGSO-3B-R, -3D, -3F	USA	01.01.2017
CANPOL-3	Telesat	09.02.2017
THEME	G	29.03.2017
MCSAT-2 HEO	F	17.10.2017
COMMSTELLATION	Telesat	23.04.2018
USASAT-NGSO-8A, -8C	Kuiper	26.03.2019

Frequenzanmeldung	Konstellation	EDoP
USASAT-NGSO-8B	Kuiper	28.03.2019
USASAT-NGSO-3 XXX	Starlink	07.10.2019
CANPOL-2	Telesat	22.10.2019
O3B-F	G	26.05.2020
MCSAT-2 LEO-2	Telesat	15.07.2020
KBSAT-NGSO-1	Kuiper	06.10.2020
L6	OneWeb	26.11.2020
L7A	OneWeb	26.11.2020

4 Spektrum-Zugang von Mega-Konstellationen

Dieses Kapitel befasst sich mit der Bewertung der einzelnen Konstellationen, mit dem Status der jeweiligen Frequenzanmeldung, sowie deren Chance, Zugang zum gewünschten Spektrum zu erhalten. Der Zugang zum Spektrum ist, wie in Kapitel 2 diskutiert, von mehreren Faktoren abhängig. Die Priorität der jeweiligen Frequenzanmeldung ist ein entscheidender Faktor, jedoch kann die technische Kompatibilität auch durch die Art der Nutzung (Breitbandinternet contra Internet of Things (IoT), Nutzerterminals contra Gateways) erreicht werden. Eine wichtige Rolle spielt dabei auch die Anzahl der Satelliten, deren Orbit Höhe (MEO contra LEO und LEO untereinander) und, ob die Konstellation vielleicht gar nicht den Vollausbau anstrebt, sondern darauf spekuliert, aus der Prioritätssituation einen monetären Mehrwert zu generieren und sich durch einen Investor aufkaufen zu lassen.

Die Realisierungshintergründe und die Koordinierungsmethoden, die zwischen den einzelnen Konstellationen diskutiert werden, sind nicht öffentlich zugänglich, so dass dazu keine spezifische Auswertung pro Konstellationen durchgeführt werden kann. Es hängt auch immer davon ab, was für technische Möglichkeiten auf den einzelnen Satelliten implementiert worden sind, um technische Koexistenz überhaupt zu ermöglichen.

4.1 Telesat Lightspeed

Telesat steht von den Frequenzrechten, welche für Lightspeed momentan auf das Ka-Band limitiert sind, am besten da. Die sich in Telesats Händen befindenden Frequenzanmeldungen wurden frühzeitig in Betrieb gebracht, so dass bereits eine Notifizierung beantragt werden konnte. Die initiale Konstellation von Telesat, bevor Lightspeed angekündigt worden ist, wurde mit den Frequenzanmeldungen von COMMSATELLATION und CANSAT-LEO beantragt. COMSTELLATION wurde auch bereits durch einen Satelliten (LEO Vantage 1 [9]) im Jahr 2018 in Betrieb gebracht. Kurz bevor Telesat die Lightspeed Konstellation ankündigte und Thales für die Produktion der Satelliten beauftragt wurde, wurde LEO Vantage 1 genutzt, um die Frequenzanmeldung MCSAT-2 LEO-2 Konfiguration Cbis in Betrieb zu nehmen, welche ursprünglich für LEOSAT genutzt werden sollte. COMMSATELLATION wurde ausgesetzt (sog. Suspension). Da ein Satellit mehrere Frequenzanmeldungen in Betrieb nehmen kann, wurde der Betrieb von COMMSATELLATION nach dem BIU von MCSAT-2 LEO-2 wieder aufgenommen und beide Frequenzanmeldungen besitzen nun eine PART I-S. Die MCSAT-2 LEO-2 Konfiguration enthält nun auch die Anzahl der Satelliten in der Lightspeed Konstellation, die nicht durch COMSTELLATION abgedeckt werden können, da COMSATELLATION auf 117 Satelliten limitiert war und MCSAT-2 LEO-2 genau die 298 Satelliten der angekündigten Lightspeed Konstellation abdeckt. Beide Frequenzanmeldungen können in Abbildung 3 und Abbildung 4 verglichen werden.

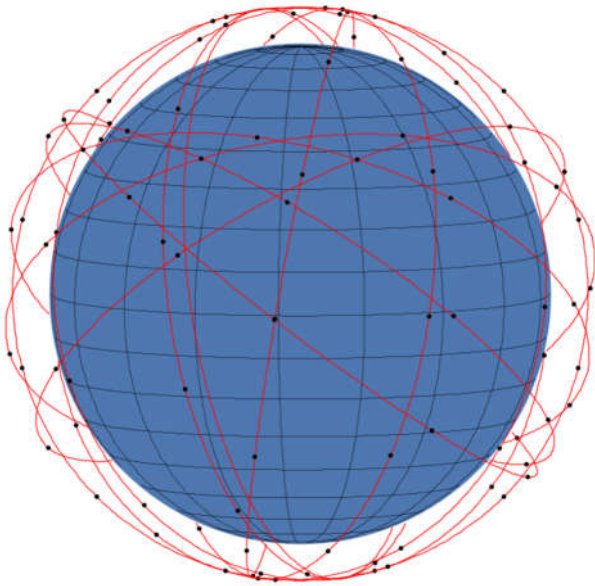


ABBILDUNG 3: COMMSTELLATION

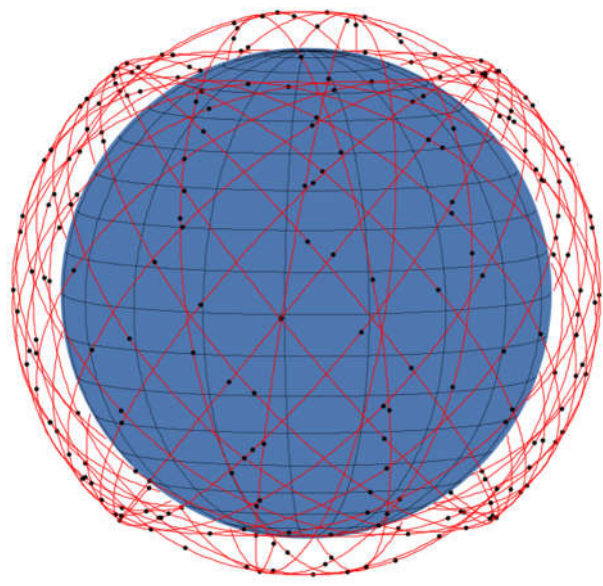


ABBILDUNG 4: MCSAT-2 LEO-2

Mit dieser strategischen Vereinbarung hat Telesat eine weitere Frequenzanmeldung vereinnahmt, welche eine hohe Priorität hat und überhaupt in der Lage ist, die geplante Konstellation abzudecken. Eine weitere Schwierigkeit stellten zudem die Meilensteine nach Res. **35 (WRC-19)** dar. Zwar konnte auf Grund des DoRs von COMMSTELLATION der erste Meilenstein ausgelassen werden, jedoch wären dann im Jahr 2023 verpflichtend 58 Satelliten (1+10+47) in der Konstellation zu betreiben gewesen, wie in Abbildung 5 zu sehen ist. Dies könnte auch ein Grund gewesen sein, dass sich Telesat mit Thales über die Frequenzabmeldung MCSAT-2 LEO-2 geeinigt hat, welche ebenfalls den ersten Meilenstein auslassen darf und erst im Jahr 2026 verpflichtend 149 Satelliten im Orbit haben muss (1 + 28 + 120), was einen zeitlichen Aufschub erzeugt hat (vgl. Abbildung 6).

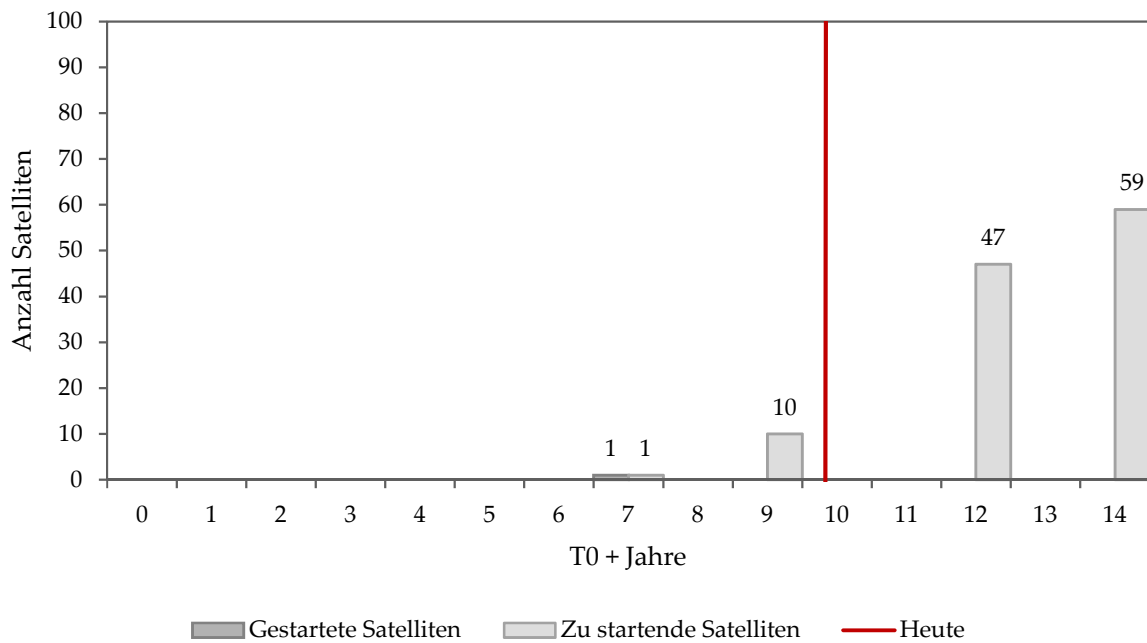


ABBILDUNG 5: RESOLUTION 35 COMSTELLATION

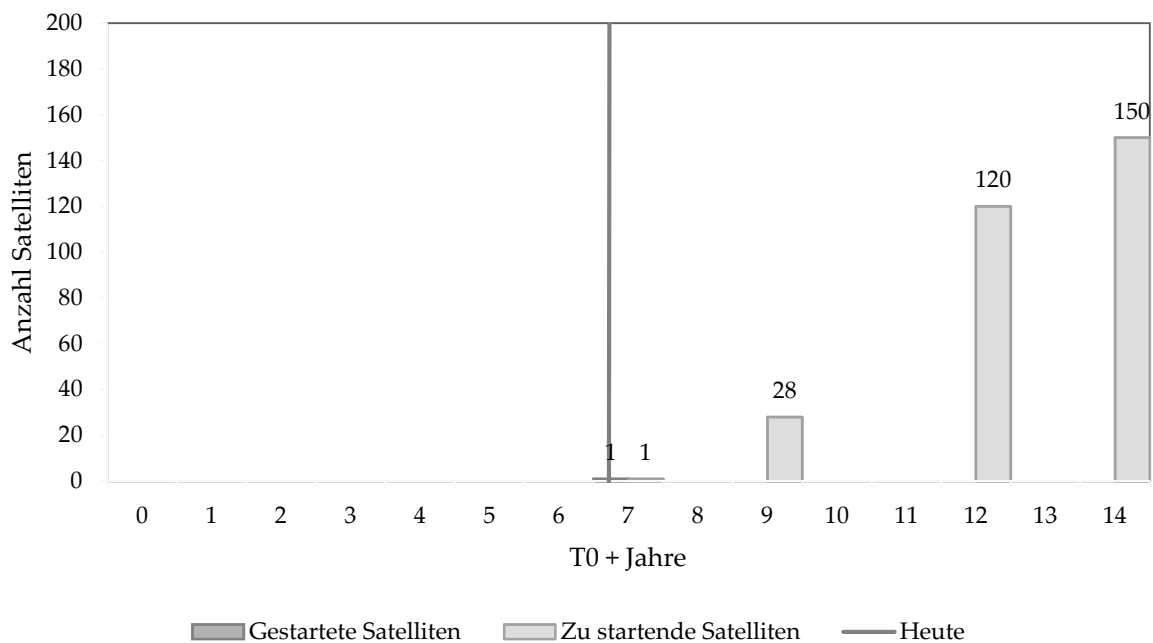


ABBILDUNG 6: RESOLUTION 35 MCSAT-2 LEO-2

Weitere Frequenzanmeldungen besitzt Telesat nach aktuellem Stand auch im Q/V-Band, so dass von einer Zukunftsfähigkeit über die Lightspeed Constellation im Ka-Band hinaus ausgegangen werden kann. Mit den beiden Ka-Band Anmeldungen ist Telesat aber in den Orbits limitiert, die die beiden Anmeldungen hergeben und daher ist die Flexibilität in diesem der beiden Filings eher gering.

TABELLE 4-1: ZUSAMMENFASSUNG FREQUENZRECHTE TELESAT LIGHTSPEED

Anmeldung	Filing Status	Priorität	BIU	Flexibilität	Res. 35
COMMSTELLATION	PART I-S	Sehr gut	1 Satellit	Gering	Auslassen des 1. Meilensteins
CANSAT-LEO	CR/C	Sehr gut	Nein	Gering	-
MCSAT-2 LEO-2	PART I-S	Sehr gut	1 Satellit	Gering	Auslassen des 1. Meilensteins

4.2 Starlink

Starlink ist mit dem Ausbau ihrer Konstellation am weitesten, was die Anzahl der Satelliten betrifft. Die zugehörigen Frequenzanmeldungen haben in den Ku- und Ka-Bändern eine mittlere bis hohe Priorität und Space X muss eine Koordinierung mit Kleo Connect und OneWeb sowie im Ka-Band mit Telesat, Kleo und O3B erreichen. Hier kann sich SpaceX aber aktuell noch frei entfalten, da weder Kleo noch Telesat eine Konstellation in Betrieb haben, sondern jeweils nur Demo-Satelliten in Betrieb genommen haben, um die Frequenzanmeldungen zu sichern. Der notwendige Schutz der Konstellationen mit Vorrecht kann unter diesen Umständen einfach umgesetzt werden, da die jeweiligen Demonstrationssatelliten meistens keinen operativen Betrieb machen, und nur für zeitlich und örtlich begrenzten Betrieb eingesetzt wird. O3B kann aufgrund des äquatorialen MEO eine gute Koexistenz mit den LEO Systemen erreichen.

SpaceX besitzt viele Frequenzanmeldungen in den USA, startete aber mit den STEAM-Anmeldungen in Norwegen (NOR), wovon die Ku-Band Frequenzanmeldung STEAM-1 inzwischen den vorläufigen Notifizierungsstatus erreicht hat. Die Frequenzanmeldungen im Ka-Band mit hoher Priorität unter der NOR ADM (STEAM-2, -2B) und der USA ADM (USASAT-NGSO-3B-R, -3D, -3F) werden aktuell nicht in der Liste der Netzwerke geführt, die ein erfolgreiches BIU attestieren [10]. Jedoch sind in der ITU-Datenbank der SNL [8] schon die Notifizierungsanträge der STEAM-Anmeldungen zu sehen, so dass von einem BIU ausgegangen werden kann. Falls dem nicht so wäre, würden diese bei einem ausbleibenden BIU verfallen und damit SpaceX das Vorrecht sogar ggü. Amazons Project Kuiper verlieren. Dies zeigt, dass die Nutzung des Ka-Band von Starlink aktuell geringere Priorität hat und hauptsächlich für die Anbindung von Gateways genutzt wird [11], und damit die Nutzung für Nutzerterminals ermöglicht. Darauf bauen u.a. Telesat und Amazon, um eine Nutzung des Ka-Band durch kleine Nutzerterminals zu reservieren.

Die unter SpaceX geführten Anmeldungen variieren deutlich voneinander. Die initialen Anmeldungen spiegeln die veröffentlichte Konstellation in Gänze wider, wohingegen die USASAT-NGSO-Anmeldungen mit geringerer Priorität verschiedene Varianten der einzelnen Orbithüllen beinhalten, wie in Abbildung 7 und Abbildung 8 abgebildet ist. Somit hat SpaceX die Flexibilität, jedoch ist bei deren Umsetzung immer das Verhältnis des Vorrechtes vor allem zu Amazon Project Kuiper zu sehen, mit denen SpaceX im größten Wettbewerb steht.

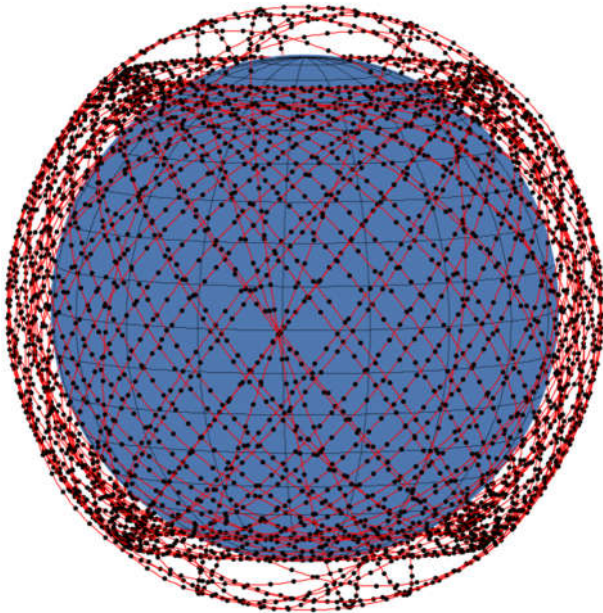


ABBILDUNG 7: STEAM-1, USASAT-3A-R

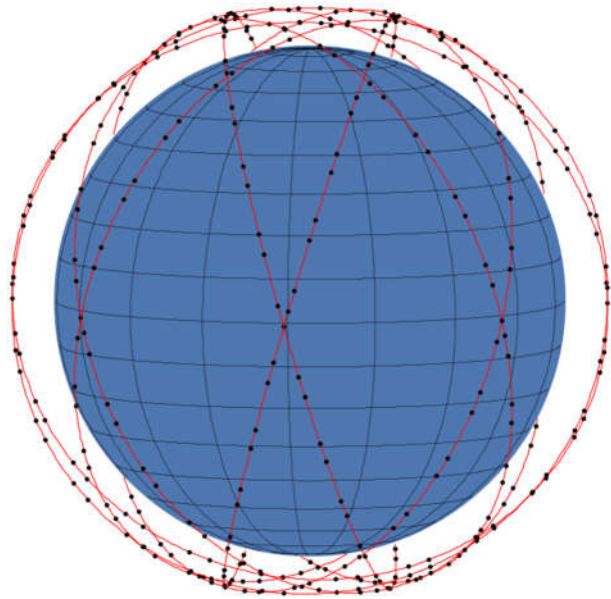


ABBILDUNG 8: USASAT-3F

Darüber hinaus sind zu SpaceX keine Frequenzanmeldungen bekannt, die andere Frequenzbereiche beinhalten. Dies ist jedoch auch im Sinne des Konzerns SpaceX zu sehen, welche Mehrheitseigner vieler anderer Firmen ist, die wiederum Anmeldungen in anderen Frequenzbereichen haben.

Der Ausbau der Konstellation ist schon sehr weit vorangetrieben, wie Abbildung 9 für die Frequenzanmeldung von STEAM-1 zeigt. Bei diesen Konstellationen, die aus multiplen Anmeldungen bestehen, wird der anwendbare Meilensteinplan und das damit verbundene BIU noch in der ITU diskutiert. Es zeigt sich jedoch, dass SpaceX auf dem guten Weg ist, den Vollausbau der Konstellation zu erreichen, da sie frühzeitig mit dem Start von vielen Satelliten angefangen hat. Ob die angekündigte Zahl von 12000 Satelliten jedoch mit allen Anmeldungen erreicht werden kann, ist noch fraglich.

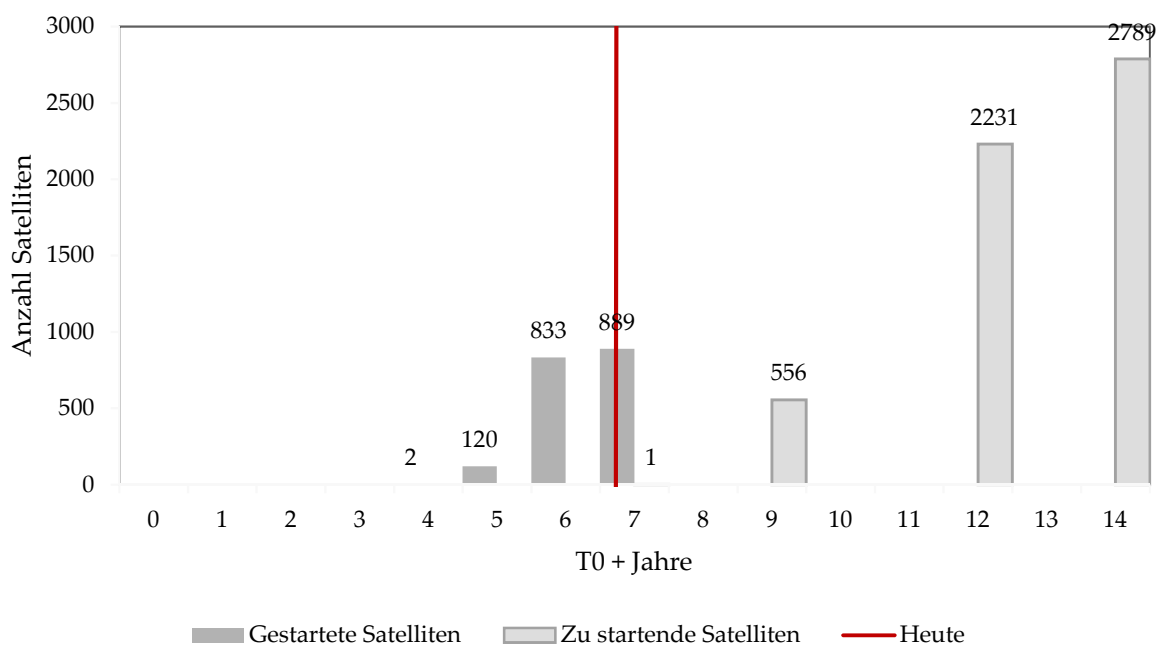


ABBILDUNG 9: RESOLUTION 35 STEAM-1

Eine zusammenfassende Bewertung der Frequenzrechte und Chancen für Starlink ist in Tabelle 4-2 zusammengefasst.

TABELLE 4-2: ZUSAMMENFASSUNG FREQUENZRECHTE SPACEX STARLINK

Anmeldung	Filing Status	Priorität	BIU	Flexibilität	Res. 35
STEAM-1, -2, -2B	PART I-S	Sehr gut	Bis 11/2021 bisher 1844 Satelliten	Gering	Trotz Auslassen des 1. Meilensteins, bereits 10% erreicht.
USASAT-3 XXX	CR/C	Gut bis mittel		Mittel	10% muss erreicht werden

4.3 Project Kuiper

Amazon hat sich im Vergleich zu den anderen Konstellationen spät dazu entschlossen in den Markt mit einer Konstellation einzusteigen (2019), was sich an der Rangliste mit einer deutlich geringeren Priorität im Ka-Band auszeichnet. Innerhalb der regulatorischen Periode befindet sich Project Kuiper noch in der Koordinierungsphase und muss mit einem ersten Satelliten erst im Jahr 2026 die Anmeldungen USASAT-NGSO-8A, -8B und -8C in Betrieb nehmen und hat damit noch ausreichend Zeit. Die Frequenzanmeldungen von Kuiper umfassen drei Orbit-Hüllen, die in drei Anmeldungen aufgeteilt sind und reflektieren sehr gut die geplante Konstellation, wie in Abbildung 10 dargestellt.

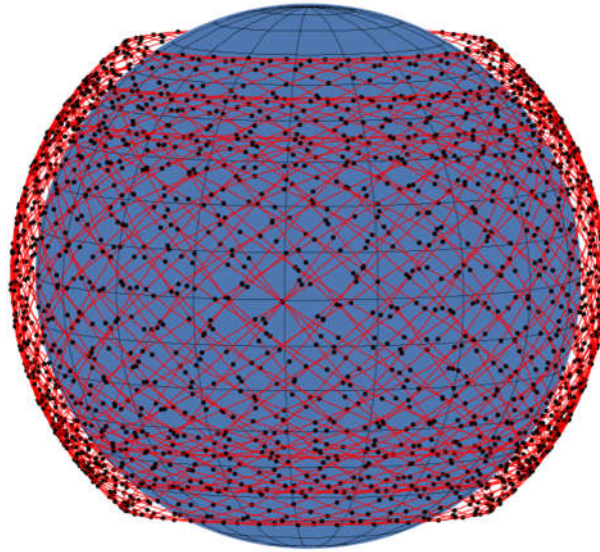


ABBILDUNG 10: KOMBINIERTE KONSTELLATION AUS USASAT-NGSO-8A, -8B, -8C

Zusätzlich zu den amerikanischen Frequenzanmeldungen hat Amazon mehrere Frequenzanmeldungen unter der Deutschen ADM angemeldet, die neben dem Ka-Band weitere Frequenzbereiche umfassen. Die deutsche Ka-Band Frequenzanmeldung KBSAT-NGSO-1 ist, im direkten Vergleich identisch mit den drei Frequenzanmeldungen USASAT-NGSO-8A, -8B und -8C. Die Anmeldung in den USA entspricht präzise der zur Zeit geplanten Konstellation und enthält keine Konfigurationen und Optionen, was die Realisierung unflexibel macht.

Amazon hat bereits angekündigt, dass 2022 zwei Demosatelliten gestartet werden sollen, um erste Tests des Systems durchzuführen [12]. Eine Herausforderung, wie bei allen Konstellationen mit tausenden Satelliten, wird der Start aller Satelliten und deren Implementierung innerhalb der geordneten Meilensteine aus Res. **35 (WRC-19)** sein. Um einen Vollausbau der Konstellation zu erreichen, müssen bei Kuiper alle Meilensteine verpflichtend eingehalten werden. Das setzt herausfordernde Ziele im Bau und Start von Satelliten, die im Jahr 2030 bereits 1618 Stück und danach und innerhalb von 2 Jahren noch einmal genauso viele verlangt (vgl. Abbildung 11). Im Durchschnitt wären das 463 Satelliten pro Jahr ab 2026. Amazon wird aber eingeschätzt, die dazu notwendige Infrastruktur und Ressourcen zu besitzen, bzw. zeitnah aufbauen zu können.



ABBILDUNG 11: RESOLUTION 35 USATSAT-8A, -8B, -8C

Eine Zusammenfassung der Frequenzrechte und Chancen für Amazon Project Kuiper ist in Tabelle 4-3 gezeigt.

TABELLE 4-3: ZUSAMMENFASSUNG FREQUENZRECHTE AMAZON KUIPER

Anmeldung	Filing Status	Priorität	BIU	Flexibilität	Res. 35
USASAT-NGSO-8A, -8B, -8C	CR/C	Mittel	2 Satelliten in 2022	Gering	10% muss in 2028 erreicht werden
KBSAT-NGSO-1	CR/C	Mittel bis schlecht		Mittel	10% muss in 2028 erreicht werden

4.4 Kleo Connect

Die Situation von Kleo Connect in Bezug auf deren Frequenzrechte sehen im Vergleich zu den anderen Mitbewerbern in beiden Bändern (Ku- und Ka-Band) sehr gut aus. Die beiden Anmeldungen 3ECOM-1 und -3, welche die Ku- und Ka-Bänder abdecken, bieten die Möglichkeit 288 bzw. 576 Satelliten zu starten. Die wesentlichen Keplerelemente der beiden Frequenzanmeldungen sind in Abbildung 12 und Abbildung 13 dargestellt. Kleo befindet sich bereits in der komfortablen Situation, dass die ersten Satelliten innerhalb der regulatorischen Periode des Artikel 9 der VO-Funk gestartet worden sind und ein vorläufiger Eintrag in das MIFR beantragt wurde. Demnach greift die Res. 35 (WRC-19) und die Meilensteine bzgl. des Ausbaus der Konstellation müssen nun eingehalten werden. Hierbei profitiert Kleo wiederum von dem DoR der 3ECOM-Frequenzanmeldungs, welches in einem Ende der regulatorischen Periode vor dem 29.11.2022 resultiert und damit den ersten Meilenstein auslassen kann.

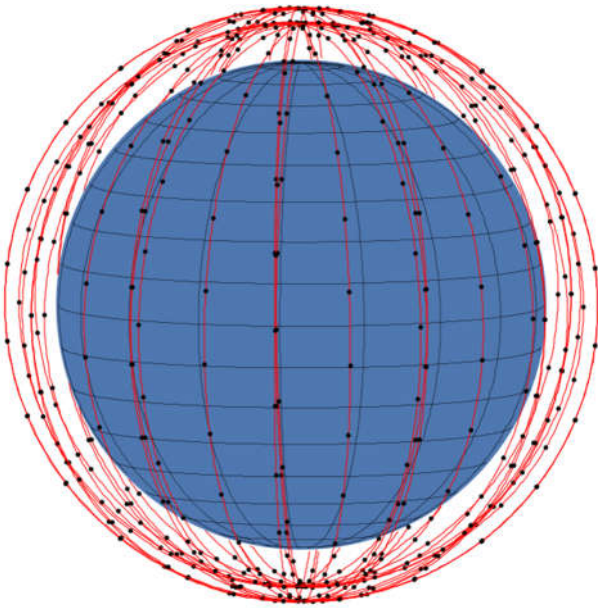


ABBILDUNG 12: 3ECOM-1

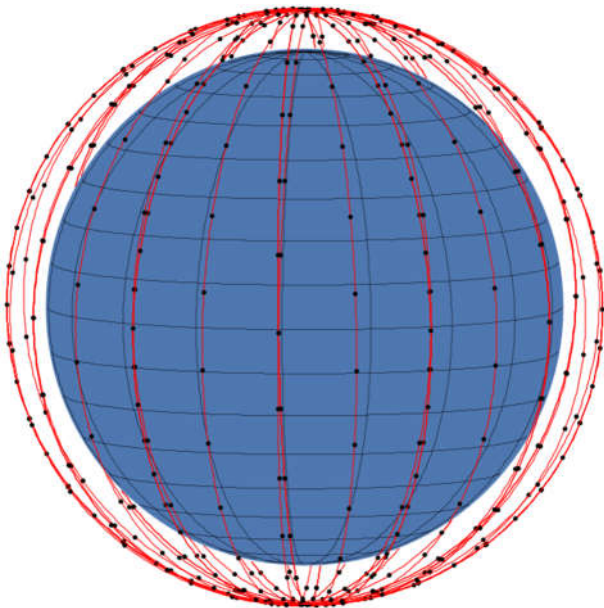


ABBILDUNG 13: 3ECOM-3

Der nach Res. **35 (WRC-19)** geforderte Ausbau des Satellitensystems und der bisher erreichte Ausbau der Kleo Connect Konstellation ist in Abbildung 14 dargestellt. Wenn das Auslassen des ersten Meilensteins nicht gewährt wird, müssen im Jahr 2023, 55 Satelliten im Orbit sein, um die maximale Anzahl von Satelliten in 3ECOM-3 zu erreichen.

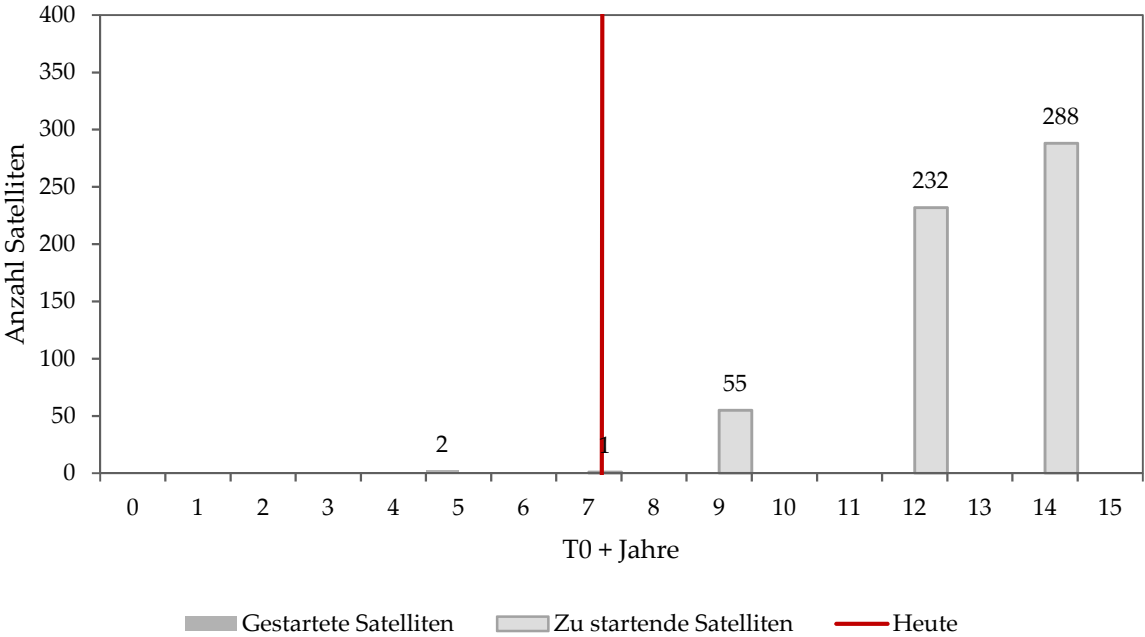


ABBILDUNG 14: RESOLUTION 35 3ECOM-3

Die Schwierigkeiten, mit welchen die Konstellation von Kleo Connect konfrontiert wird, ist vergleichbar mit denen von Telesat, dass mit Res. **35 (WRC-19)** nur ein vorläufiges Schutzrecht verbunden ist. Der finale Eintrag in das MIFR wird erst nach dem Ablauf des letzten Meilensteins erreicht. Mit den aktuellen zwei

Demonstrationsatelliten (KL-Alpha A, B), können zwar auf dem Papier Rechte eingefordert werden, jedoch wird dies schwer in der Koordinierung zur Einforderung der Schutzrechte eingesetzt werden können. Jeder Betreiber, der in der Priorität hinter 3ECOM steht, wird im Betrieb die zwei Satelliten ohne großen Aufwand schützen können und den eigenen Ausbau vorantreiben. Nach dem letzten Meilenstein wird nochmals geprüft, ob der Vollausbau erfolgt ist oder nicht. Dementsprechend ist die hohe Priorität der 3ECOM Frequenzanmeldungen und deren vorläufige Notifizierung auf dem Papier eine sehr gute Vorlage für den Zugang zum Spektrum, jedoch ohne einen echten Betrieb und mehrere Satelliten im Orbit kann dieses Recht nicht umgesetzt werden. Falls der Vollausbau gefährdet ist, verfallen die Frequenzrechte nach den Vorgaben der Res. **35 (WRC-19)**.

Weiterhin sind keine Anmeldungen von Kleo Connect zu finden, die eine Weiterentwicklung der Konstellation widerspiegeln. Auch wenn Kleo durch 3ECOM bereits höhere Frequenzbereiche (~43 GHz) in Betrieb nehmen und final notifizieren konnte, ist aus Sicht der Konstellationsparameter keine Flexibilität vorhanden und deren Weiterentwicklung und Zukunftsfähigkeit für die angekündigten Dienste von Kleo Connect ist mit den verfügbaren Informationen schwer zu bewerten.

TABELLE 4-4: ZUSAMMENFASSUNG FREQUENZRECHTE KLEO CONNECT

Anmeldung	Filing Status	Priorität	BIU	Flexibilität	Res. 35
3ECOM-1, -3	PART I-S	Sehr gut	2 Satelliten in 2020	Gering	Auslassen des 1. Meilensteins

4.5 O3B

Da O3B die initiale Konstellation war, mit der der Boom startete, hat das inzwischen von SES betriebene Satellitensystem im Ka-Band eine sehr gute Position. Die einfache Struktur der äquatorialen Umlaufbahn ermöglicht eine Koexistenz mit anderen LEO Konstellationen, da durch den Schutz des GSO bereits eine Schutzfunktion für O3B vorhanden ist. Diese muss durch die anderen Konstellationen nur für den MEO erweitert werden. O3B benötigt durch den MEO weniger Satelliten, um eine kontinuierliche Abdeckung zu ermöglichen, damit ist der Meilensteinplan keine Herausforderung für dieses System. Ein Ausbau des äquatorialen Orbits ist somit in jedem Fall gesichert. Die Frequenzrechte beziehen sich auf die O3B-A, -B, -C und -D Anmeldungen, die in Betrieb gebracht worden sind und die Notifizierung beantragt haben. Mit einer sehr hohen Priorität sogar ggü. vielen GSO Systemen im Teledesic Band hat sich O3B sehr gut für die Zukunft gerüstet.

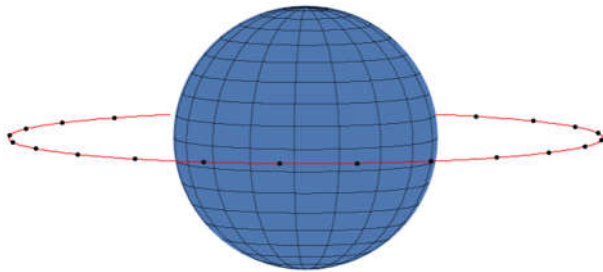


ABBILDUNG 15: O3B-A, -B

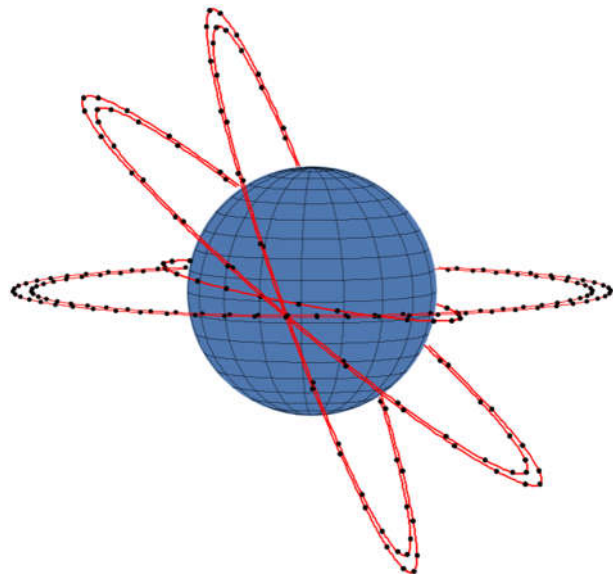


ABBILDUNG 16: O3B-C

Die Orbit-Parameter von O3B-C zeigen die Weiterentwicklung der MEO-Konstellation, die neben dem äquatorialen Orbit noch weitere inklinierte Orbits beinhaltet. Es wird aktuell damit eine Flexibilität innerhalb der Konstellation ermöglicht. Durch die weitere Frequenzanmeldungen in den höheren Frequenzbändern, wie Q/V- und W-Band ist auch der Ausbau der Konstellation in Zukunft gewährt.

Aktuell sind bereits 31 Satelliten von O3B gestartet worden und in Betrieb, was dem Vollausbau von O3B-A und Teilen von O3B-B entspricht.

Die Zusammenfassung der Frequenzrechte und Chance von O3B ist in Tabelle 4-5 gezeigt.

TABELLE 4-5: ZUSAMMENFASSUNG FREQUENZRECHTE O3B

Anmeldung	Filing Status	Priorität	BIU	Flexibilität	Res. 35
O3B-A, -B, -C	PART I-S	Sehr gut	31 Satelliten	Mittel	Auslassen des 1. Meilensteins

4.6 OneWeb

Trotz zwischenzeitlicher Insolvenz hat sich der Status des Frequenzzugangs von OneWeb nicht verändert. Da OneWeb die erste LEO Konstellation nach O3B war, konnte OneWeb frühzeitig Anmeldungen platzieren, die vor allem im Ku-Band gut positioniert sind. Das Ka-Band ist im Vergleich dazu weniger gut, da durch mehrere Änderungen der Anmeldungen sich das EDoP vom Jahr 2013 auf das Jahr 2015 verschlechtert hat.

Da das Ka-Band bei OneWeb vergleichbar mit Starlink nur durch Gateways genutzt wird, sind die Frequenzrechte nicht zwingend ausschlaggebend für einen leistungsfähigen Betrieb.

Die zugehörigen Frequenzanmeldungen von OneWeb stützen sich hauptsächlich auf das Vorrecht von L5 ab, welche die komplette Konstellation, wie sie in Abbildung 17 zu sehen ist, beinhaltet. OneWeb hat auch schon früh angefangen weitere Anmeldungen zu platzieren und andere Konfigurationen dabei zu implementieren.

Abbildung 18 und Abbildung 19 zeigen dabei die Weiterentwicklung in Richtung MEO Konstellation aber auch einer inklinierten LEO-Konstellation vergleichbar mit Kuiper oder Starlink. Dadurch ist die Flexibilität der Konstellation hoch, sollte sich OneWeb entscheiden neben dem Vollausbau der ursprünglichen Konstellation, weitere Bahnen zur Optimierung einzusetzen.

Neben den hier aufgelisteten Frequenzanmeldungen hat OneWeb bereits neue Frequenzanmeldungen in den Q/V-Bändern über mehrere ADMs eingereicht, so dass auch eine Expansion in höheren Frequenzbändern, oder aber deren Nutzung als Verhandlungspfad gesichert ist.

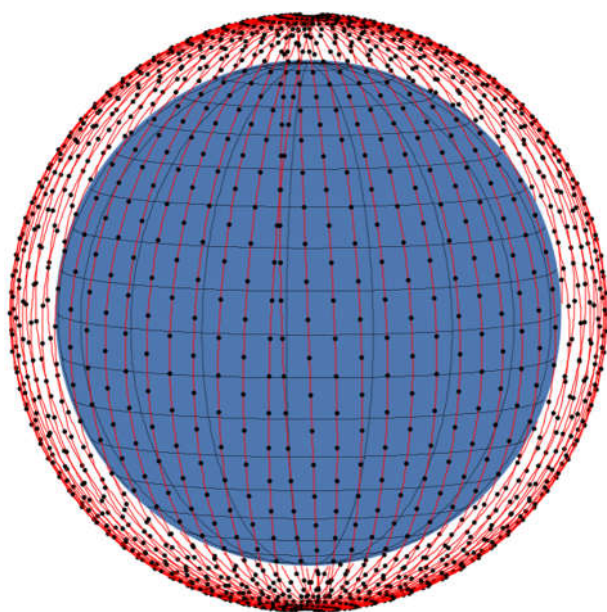


ABBILDUNG 17: L5, L6

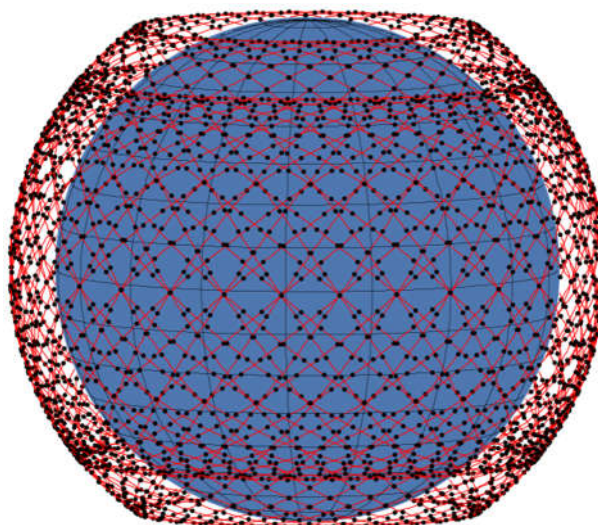


ABBILDUNG 18: L7A

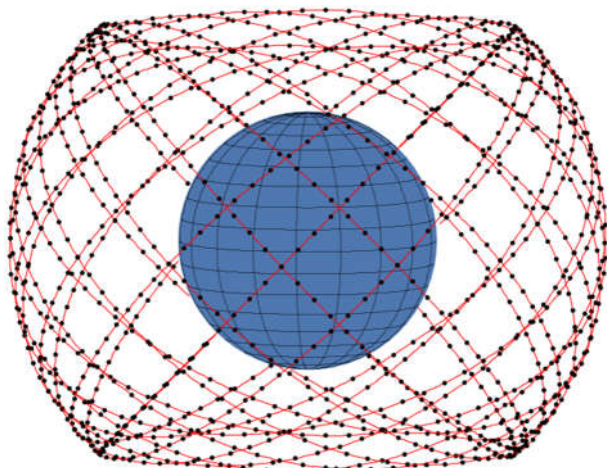


ABBILDUNG 19: THEME

Trotz des zwischenzeitlichen Insolvenzverfahrens hat OneWeb sehr früh den Ausbau der Konstellation wieder aufgenommen, so dass trotz möglichem Auslassen des ersten Meilensteins, genügend Satelliten gestartet worden sind, um diesen einzuhalten. Wie in Abbildung 20 dargestellt sind bereits 358 Satelliten von OneWeb

gestartet worden. Dies sind 182 mehr, als für den ersten Meilenstein notwendig sind. Das kann auf eine ambitionierte Erweiterung der ursprünglichen Konstellation hinweisen.

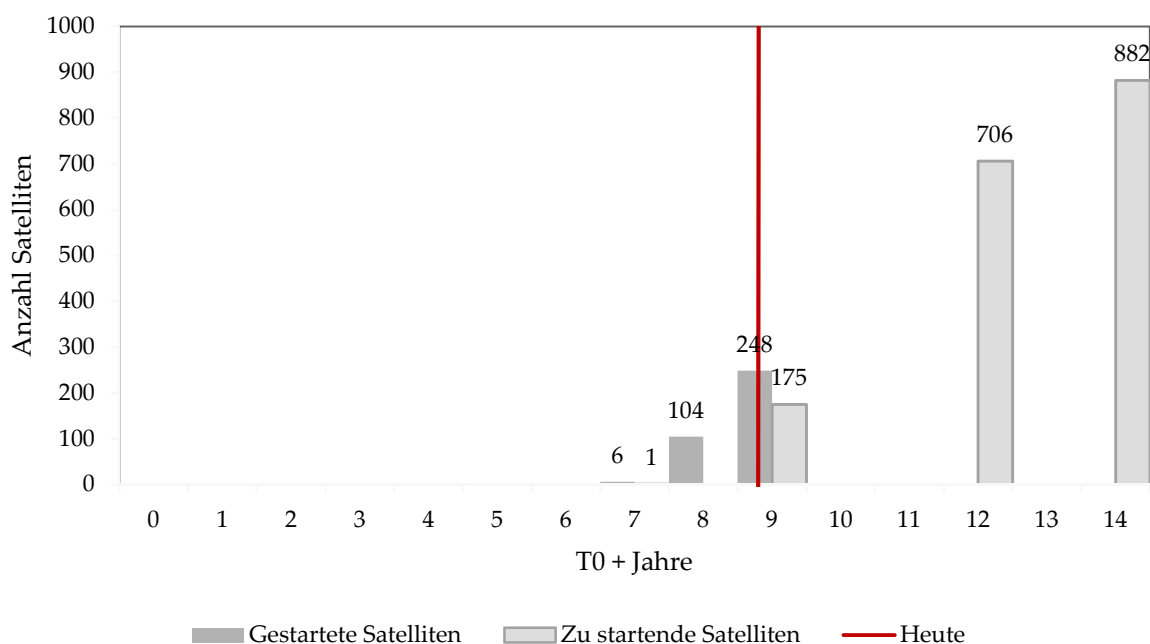


ABBILDUNG 20: RESOLUTION 35 L5

Eine Zusammenfassung der Frequenzrechte und Chance von OneWeb ist in Tabelle 4-6 zu sehen.

TABELLE 4-6: ZUSAMMENFASSUNG FREQUENZRECHTE ONEWEB

Anmeldung	Filing Status	Priorität	BIU	Flexibilität	Res. 35
L5	PART I-S	Sehr gut im Ku-Band mittel im Ka-Band	358 Satelliten	Hoch	1. Meilenstein übertroffen
L6	CR/C	gering	Nein		1. Meilenstein verpflichtend
L7A	CR/C	gering	Nein		1. Meilenstein verpflichtend
THEO	CR/C	gering	Nein		1. Meilenstein verpflichtend
THEME	CR/C	gering	Nein		1. Meilenstein verpflichtend

4.7 AST & Science

AST & Science ist ein Sonderfall in dieser Betrachtung, da dies keine Breitbandkonstellation im Ku- und/oder im Ka-Band ist, sondern Nutzerterminals im P-Band anbinden wird. Die in diesem Frequenzbereich nach

Artikel 5 der VO-Funk existierenden Zuweisungen des Mobilfunkdienstes (MS) werden genutzt, um die Endgeräte mit den Satelliten zu verbinden. Da es keine Zuweisungen für den MSS gibt, muss eine Frequenzanmeldung auf der sogenannten „Non-interference-Basis“⁴ (NIB) nach Artikel 4.4 der VO-Funk durchgeführt werden. Dies ist grundsätzlich möglich, wenn typischerweise Leistungsflussdichte-Limitierungen oder Limitierungen der abgestrahlten Sendeleistung der in dem Frequenzbereich zugelassenen Funkdienste nicht überschritten werden. Ein Hindernis besteht darin, dass eine Satellitenkonstellation immer eine weltweite Nutzung anstrebt. Ein Betrieb eines non-GSO Systems auf NIB-Basis bedeutet in diesem Fall immer, dass jede einzelne ADM seine Zustimmung geben muss, um den Betrieb der Terminals außerhalb des VO-Funks zu erlauben. Es gab in der Vergangenheit schon einige Konstellationen, die auf Grund der Schwierigkeiten in der Regulierung und des Zugangs zum Spektrum auf NIB aufgegeben haben [13], da der Aufwand der Zulassung von Endgeräten in jedem Land anderen Regeln und Prozeduren folgt und erheblichen Aufwand bedeutet. Dennoch ist mit der Verbindung von terrestrischen und Satellitendiensten in Zukunft zu rechnen. Daher werden sich alle Konstellationen mit dieser Thematik auseinandersetzen müssen, bzw. eine Änderung der Regularien durch die Betreiber von „Satellite-terrestrial integrated services“ durchzuführen.

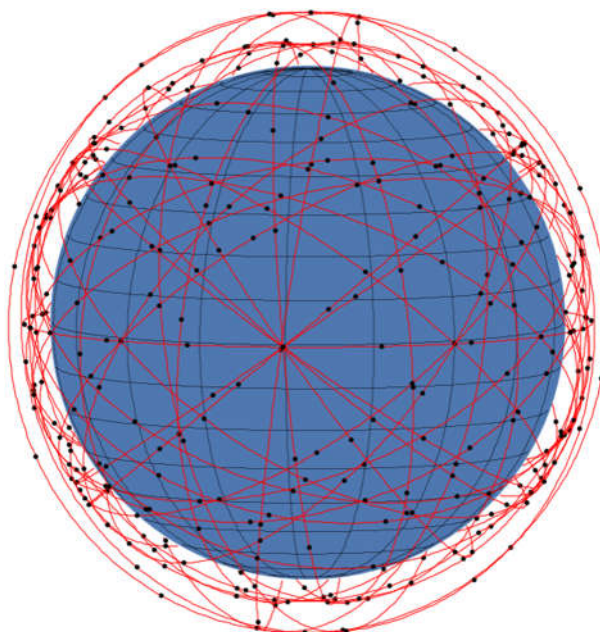


ABBILDUNG 21: MICRONSAT

In Bezug auf AST & Science steht die Konstellation als Vorreiter im Q/V-Band als auch bei der Nutzung des MS dar. Der Zugang zum Spektrum ist daher aus Koordinierungssicht einfach, da bisher noch nahezu konkurrenzlos. Das zugehörige Filing wurde bereits durch zwei sequenziell gestartete Satelliten (BluWalker 1 und 3) in Betrieb gebracht und eine vorläufige Notifizierung wurde beantragt. MICRONSAT von AST & Science enthält sechs Hüllen (vgl. Abbildung 21), mit unterschiedlichen Orbithöhen und Inklinationen, so dass in Summe 408 Satelliten gestartet werden können.

⁴ Eine Nutzung des Spektrums außerhalb der zugelassenen Funkdienste ist so lange machbar, solange kein anderer Funkdienst gestört wird, und kein Schutz von anderen Funkdiensten eingefordert wird.

Es sind aktuell keine weiteren Frequenzanmeldungen von AST & Science offiziell ausgewiesen, so dass nicht davon ausgegangen werden kann, dass Weiterentwicklungen der Konstellation über die aktuelle hinaus bei der ITU reserviert wurden.

TABELLE 4-7: ZUSAMMENFASSUNG FREQUENZRECHTE MICRONSAT

Anmeldung	Filing Status	Priorität	BIU	Flexibilität	Res. 35
MICRONSAT	PART II-S	Sehr gut	1 Satellit	Gering	Nicht anwendbar

4.8 Vergleichende Bewertung

Die vergleichende Bewertung der einzelnen Megakonstellationen basiert auf den vier definierten Parametern, die in Kapitel 4 eingeführt wurden. Die vergleichende Bewertung der betrachteten Konstellationen ist in Tabelle 4-8 und graphisch in Abbildung 22 zusammengefasst.

Die beste Situation aller Konstellationen wird O3B bescheinigt. Diese Konstellation hat bzgl. ihres formalen Status notifizierten und koordinierten Zugang zum Spektrum. Die Frequenzanmeldungen bieten die Flexibilität unterschiedlicher Orbitbahnen, aber auch in der Anzahl an Satelliten, die in Betrieb zu nehmen sind. Auch in Punkto Zukunftsfähigkeit erreicht diese Konstellation volle Punktzahl. Dies kann auf der langjährigen Betriebserfahrung von SES begründet werden, die die Erfahrungen aus dem GSO Geschäft umsetzen. Durch die äquatorialen MEOs der Satelliten, ist es einfacher eine Koexistenz zu erreichen, da die anderen LEO Konstellationen bereits den GSO schützen müssen.

Kurz danach ist OneWeb platziert. Aus rein regulatorischer bzw. Frequenzsicht hat diese Konstellation ebenfalls eine sehr gute Position in beiden Frequenzbändern und die Anzahl der gestarteten Satelliten übertrifft den Meilensteinplan der Res. **35 (WRC-19)**. Die notifizierten Frequenzanmeldungen haben eine gewisse Flexibilität in den Orbits und auch die nachfolgenden Frequenzanmeldungen in den gleichen Frequenzbändern und darüber hinaus mit unterschiedlichen Orbits, darunter auch eine MEO Konstellation.

Starlink kann durch den enormen Ausbau der Konstellation ebenfalls Dienste an den Endkunden anbieten. Jedoch ist die Flexibilität geringer, da einfach auf Grund der großen Anzahl an Satelliten in der Konstellation die Priorität im Ausbau der initialen Konstellation liegen muss, damit die Meilensteine der Res. 35 (WRC-19) eingehalten werden. Dies limitiert auch die Weiterentwicklung der Konstellation in höhere Frequenzbänder, da alle Ressourcen in den Bau, Betrieb und Erhaltung der Starlink-Konstellation gesteckt werden.

Kuiper als LEO konkurrierende Mega-Konstellation kann auf Grund des initialen Status in der Koordinierung noch wenig Frequenzrechte vorweisen. Es ist nicht auszuschließen, dass ein erfolgreicher Zugang zum Spektrum erreicht wird, da es bereits frühzeitig Demonstrationssatelliten starten will, um praxisnahe Tests aber auch die Sicherung des Spektrums und die Einhaltung der Meilensteine sicherzustellen. Der Zugang zum Ka-Band in Konkurrenz mit Telesat ist möglich, da es bisher durch die anderen LEO-Systeme nur für Gateways genutzt wird. Mit Anmeldungen in den hohen Frequenzbändern, ist Kuiper auch eine Zukunftsfähigkeit bescheinigt.

Kleo und Telesat haben beide sehr gute Frequenzrechte und theoretisch eine gute Position zur Verhandlung des Spektrum-Zugangs der anderen LEO-Konstellationen im Ku und Ka-Band. Die Flexibilität beider Konstellationen ist aber gering, da die jeweiligen Frequenzanmeldungen nicht zu den Konstellationen

entwickelt wurden, sondern die Frequenzrechte von anderen Systemen übernommen worden sind. Daher muss die Konstellation an die Frequenzanmeldungen angepasst werden, was die Flexibilität verringert. Allein Telesat hat noch weitere Anmeldungen in höheren Frequenzbereichen, mit denen eine zukünftige Erweiterung abgedeckt werden kann.

TABELLE 4-8: BEWERTUNG DER KONSTELLATIONEN

Konstellation	Spektrum Zugang	Formaler Status	Flexibilität	Zukunftsfähigkeit
Kleo Connect	50%	100%	40%	30%
Starlink	80%	100%	40%	30%
OneWeb	100%	100%	90%	100%
O3B	100%	100%	100%	100%
Project Kuiper	60%	50%	70%	70%
Telesat Lightspeed	50%	100%	50%	80%
AST & Science	50%	100%	60%	40%

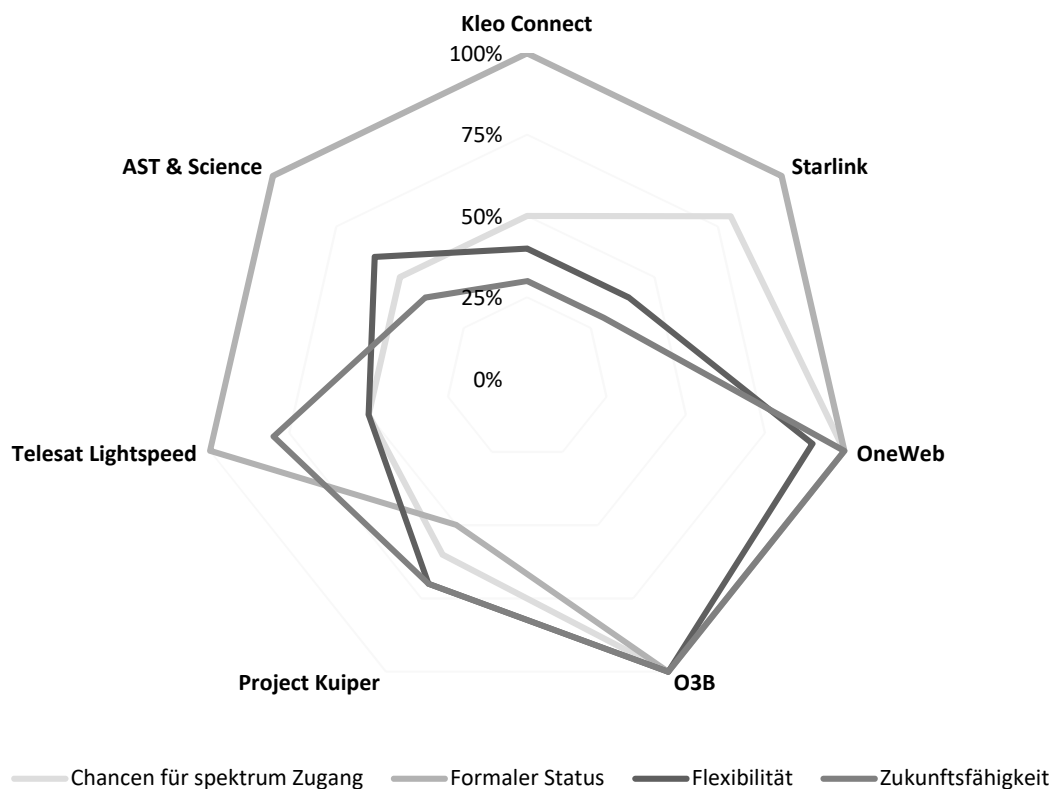


ABBILDUNG 22: VERGLEICHENDE BEWERTUNG FREQUENZRECHTE KONSTELLATIONEN

Diese Bewertung zeigt weiterhin, dass die betrachteten Konstellationen bis auf Amazons Project Kuiper eine formale Sicherung des Spektrums besitzen. Weiterhin ist zu sehen, dass die sich bereits im Betrieb befindenden und im Vollaufbau bestehenden Systeme wie z.B. Starlink den besten Status haben und somit auch den weiteren Ausbau vorantreiben können. Die Systeme, die bisher noch keinen Satelliten in Betrieb genommen haben oder nur Demonstrationssatelliten gestartet haben, haben immer noch das Risiko, dass sie die Meilensteine nach Resolution **35 (WRC-19)** nicht einhalten können und so wurde auch schon öfters ein Vollaufbau der Konstellation abgebrochen. In der Flexibilität sind auch die Betreiber von OneWeb und O3B die Vorreiter, da diese bereits notifizierte Frequenzanmeldungen besitzen und diese teilweise noch unterschiedliche Orbitbahnen zulassen, mit denen eine große Bandbreite an verschiedenen Konstellationsdesigns realisiert werden kann. Telesat, Kuiper und Kleo haben Frequenzanmeldungen, die sehr nahe an der finalen geplanten Konstellation sind, bzw. wo die Konstellation und die Dienste durch die Anmeldung begrenzt sind. Dies kann einerseits daran liegen, dass die Ersteller der Anmeldungen schon sehr genau wussten, wie die Konstellation am Ende sein soll, oder aber, dass die Frequenzanmeldungen zu Gunsten einer hohen Priorität mit generischen Parametern angemeldet wurden, d.h. dass sich die angebotenen Dienste nach den Parametern der Anmeldung richten müssen und nicht andersherum.

5 Spektrum-Zugang einer EU-Konstellation

Die geplante EU-Konstellation steht nun vor der Herausforderung innerhalb der existierenden kompetitiven Umgebung der heutigen Mega-Konstellationen, Zugang zum Spektrum zu erlangen. Wie in dieser Analyse ausgeführt, ist das DoR/EDoP der erste Schritt, um Zugang zu diesen zu erlangen. Da davon auszugehen ist, dass sich die Situation der Koexistenz bzgl. der betrachteten Konstellationen nicht verbessert, werden die Ku- und Ka-Bänder für eine EU-Konstellation schwer zugänglich sein.

Es existieren aber bereits mehrere Frequenzanmeldungen von verschiedenen Firmen über unterschiedlichste europäische ADMs, die darauf spekulieren von der EU-Konstellation genutzt zu werden. Darunter gehören Firmen u.a. in Frankreich, Luxemburg und Deutschland. Diese Anmeldungen belegen aber im Großteil nicht das kommerzielle Ku- und Ka-Band, welche durch die bekannten Konstellationen, die in dieser Studie betrachtet wurden, genutzt werden, sondern setzen u.a. auf die militärisch genutzten X- und Ka-Bänder, sowie auf Frequenzen um 70/80 GHz (W-Band) mit Anmeldungen, die ohne definierte Anforderungen der EU-Konstellation bereits Einschränkungen bilden könnten.

Sollte eine EU-Breitbandkonstellation in den Ku- und Ka-Bändern angestrebt werden, so sind große Einschränkungen der Frequenznutzung zu erwarten. Falls noch keine Frequenzanmeldungen bei der ITU erfolgt sind, besteht die Möglichkeit, sich einer der bestehenden Anmeldungen zu bedienen und deren Nutzung durch eine Ablöse zu erkaufen. Hierbei entsteht die Schwierigkeit, welche Orbitparameter bei der Konstellation notwendig sind. Diese werden durch die Machbarkeitsanalyse des Projektes definiert. Falls Orbitparameter einer bestehenden Frequenzanmeldung für die EU-Konstellation geändert werden müssen, wird das EDoP nur dann nicht verändert, wenn der Nachweis erbracht werden kann, dass nicht mehr Interferenz erzeugt wird und nicht mehr Schutz verlangt wird. Es ist daher sinnvoll, die Charakteristiken und Dienste der Konstellation auf vorhandene Frequenzanmeldungen abzustimmen. Ansonsten muss mit der Frequenzanmeldung gewartet werden, bis die Machbarkeitsanalyse Vorgaben für die operationellen Parameter definiert hat. Aus Sicht der Frequenzverfügbarkeit im betrachteten Spektrum, ist eine Nutzung der militärisch genutzten Bänder als schwierig zu bewerten. Die NATO (und im Fall von weltweiter Nutzung auch die nicht-NATO-Länder) müssen einer Nutzung des Spektrums für Dienste in deren nationalen Interesse zustimmen. Die Technologie für Nutzerterminals in den höheren Frequenzbändern Q/V- und W, ist noch nicht ausgereift genug, um zeitnah eine wirtschaftliche Konstellation zu ermöglichen. Ein Betrieb für IoT und damit eine Nutzung der niedrigeren Frequenzbereiche stellt sich ebenfalls als schwierig dar, da diese Frequenzbänder ebenfalls von vielen kommerziellen Systemen aktuell intensiv genutzt werden und eine Koexistenz hier meistens nur mit Frequenztrennung durchführbar ist.

6 Zusammenfassung

Die Heumega-Freq Analyse hat gezeigt, dass speziell bei den Konstellationen mit vielen Satelliten mehrere Aspekte eine Rolle spielen, die den Zugang zum Frequenzspektrum definieren. Neben den existierenden Regularien, die einen gewissen Prozess vorschreiben, den jede Konstellation befolgen muss, wurden verschiedene Hürden eingebaut, um das Reservieren von Spektrum ohne dessen Nutzung zu verhindern, bzw. zumindest zu erschweren. Bei den betrachteten Konstellationen wurde gezeigt, dass sich vor allem die Konstellationen etablieren, die bereits eine Frequenzanmeldung besaßen, bevor in der WRC-19 der Meilensteinprozess eingeführt wurde. Die Mehrheit der betrachteten Konstellation hat auch schon mindestens einen Satelliten gestartet. Einzig Amazons Project Kuiper ist als Nachzügler in der schwierigen Lage, mit geringeren Frequenzrechten und verschärften Regeln bzgl. des BIUs das Satellitensystem in Betrieb zu nehmen. Dennoch ist für die Konstellation der Zugang zum Spektrum als „Wahrscheinlich“ zu werten, da als großer Konkurrent nur Telesat identifiziert wurde, der Nutzerterminals im Ka-Band betreiben will. Der Realisierungsfortschritt der Lightspeed-Konstellation ist vergleichbar mit der von Project Kuiper, so dass beide Betreiber noch gute Chancen besitzen, das Spektrum sinnvoll zu nutzen.

Es wurde außerdem gezeigt, dass bis auf Kuiper alle Konstellationen Frequenzanmeldungen besitzen, die bereits eine vorläufige Notifizierung haben und damit die Sicherung des Spektrums eingeleitet haben. Einzig die Umsetzung der Koexistenz durch Koordinierung unterscheidet die Konstellationen voneinander. Telesat und Kleo haben im Ka-Band zwar gute Prioritäten, jedoch haben diese aktuell nur jeweils einen bzw. zwei Demonstrationsatelliten in Betrieb. Die Koexistenz mit z.B. Starlink oder OneWeb ist aus deren Sicht, wegen der geringen Anzahl an Satelliten, einfach zu erreichen. Der Schutz auf dem Papier ist zu diesem Zeitpunkt für Telesat und Kleo schlecht einforderbar.

Die Nutzung des Ku- und Ka-Band Spektrums durch eine EU-Konstellation wurde im Umfeld der gelisteten Konstellation als sehr schwierig dargestellt, da bisher keine Frequenzanmeldung bekannt ist, die in irgendeiner Weise eine Priorität gegenüber den kommerziellen Konstellationen hat. Aus dieser Sichtweise wurde gefolgert, dass davon auszugehen ist, dass eine EU-Konstellation entweder mit gehörigen Einschränkungen in den kommerziellen Frequenzbändern betrieben werden muss (limitierte Spektrale Effizienz, große Nutzerterminals oder limitierter Servicebereich). Demnach sind entweder neue Frequenzbereiche zu erschließen, die bisher als nicht profitabel angesehen worden sind, oder aber eine bestehende Frequenzanmeldung mit hohen Frequenzrechten muss abgelöst werden, welches aber in seinen Charakteristiken nicht mit den initialen Anforderungen übereinstimmt.

Letztendlich bleibt die Entwicklung der Konstellationen abzuwarten und eine Migration verschiedener Systeme scheint auch in Zukunft wahrscheinlich.