

Satelliten



<https://iuk.one/1010-1013>

Clemens H. Cap
ORCID: 0000-0003-3958-6136

Department of Computer Science
University of **Rostock**
Rostock, Germany
clemens.cap@uni-rostock.de

3. 1. 2021 Vers. 3



Satelliten sind "exotische" Kommunikationstechniken,
da sie sich von den "üblichen" Techniken stark unterscheiden.

Obwohl man ihnen nicht regelmäßig "begegnet",
haben sie gleichwohl eine hohe Bedeutung,
da sie überall "hinkommen".

Erster kommerzieller Kommunikationssatellit

Start:	6. April 1965
Launch Vehikel:	Delta-D Rakete
Betriebsbeginn:	28. Juni 1965
Betriebsende:	Januar 1969
Orbitaltyp:	Geostationär



Abb. 1: Ingenieure montieren am Intelsat 1

© Rechte siehe Anhang.



Abb. 2: Delta-D Rakete, die den Intelsat 1 in den Orbit brachte. © Rechte siehe Anhang.

Generell:

- Bahnen liegen in einer *raumfesten* Ebene.
- *Raumfest* bedeutet: Statisch in Bezug auf das Fixstern-(Inertial)-System.
- Bahnebene enthält den Erdmittelpunkt (Schwerpunkt).
- Erde dreht sich unter dem umkreisenden Satelliten hinweg.

Ge stationär (GEO)	Abstand	35'785 [km]	Umlaufzeit 24 [h]
<u>M</u> edium <u>E</u> arth Orbit (MEO)	Abstand	6'000–36'000 [km]	Umlaufzeit 4–24 [h]
<u>L</u> ow <u>E</u> arth <u>O</u> rbital (LEO)	Abstand	200–1'500 [km]	Umlaufzeit 1.5–2 [h]

Polar Orbit:

Läuft über beide Pole, Erde dreht sich darunter hinweg.
Sieht im Laufe der Zeit ganze Erde. Gute Erkundung.

Orbitaltypen als Lageskizze

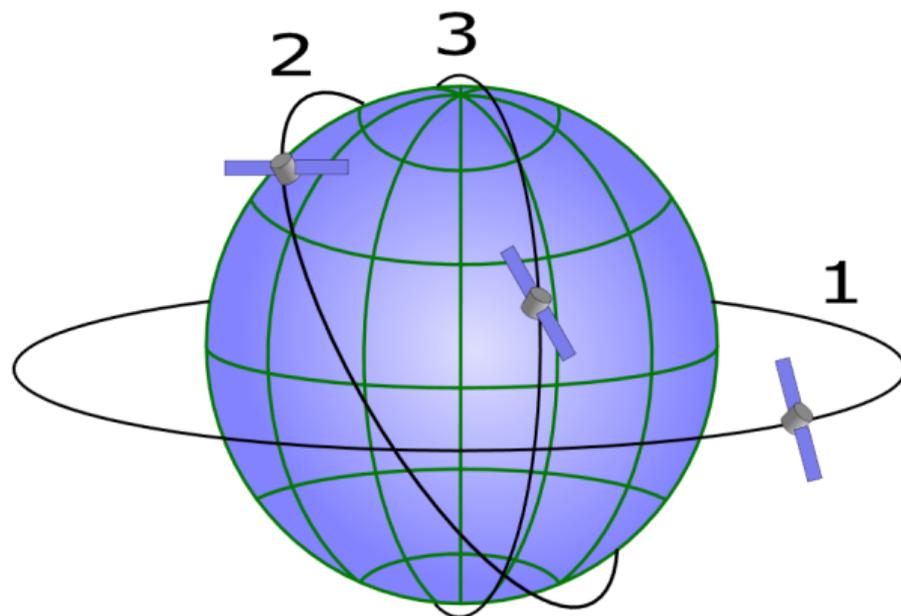


Abb. 3: 1: Geostationärer Orbit, 3: Polar Orbit, 2: Normaler Orbit, je nach Abstand MEO oder LEO.

© Rechte siehe Anhang.

Orbitaltypen im Vergleich

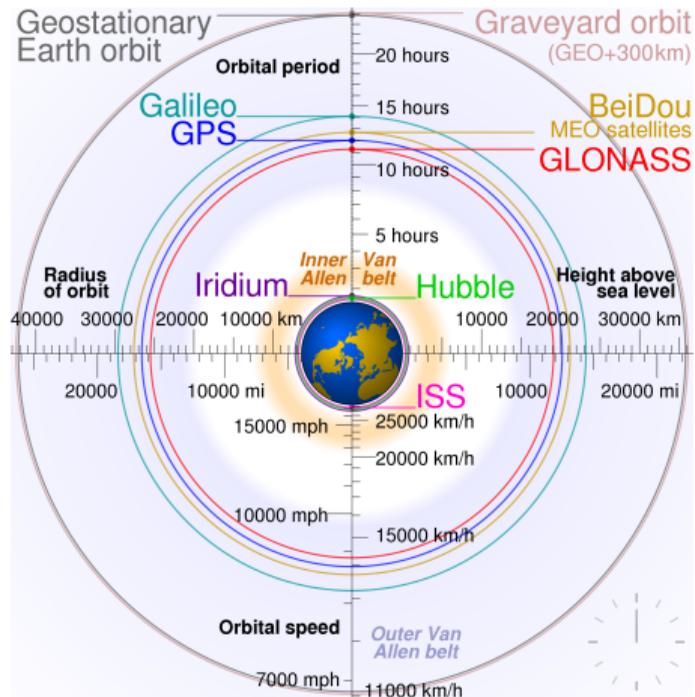


Abb. 4: Orbitaltypen von Satelliten. Eine sehr schöne animierte Version findet sich hier: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b4/Comparison_satellite_navigation_orbits.svg

© Rechte siehe Anhang.

Erkundung: Optische, Infrarot und weitere Kanäle

Navigation: GPS, Galileo, Glonass

Spezial: Telefon, Audio, Video, Paging

Daten: Zunehmende Konvergenz zu IP

Media & Data Distribution

- Business Video, News & Data Feeds, File Distribution.
- Bsp: Firma Gilat: Anwendung zur Kreditkartenautorisierung, regelmäßiges Download einer Sperr-Datei.

Internet Zugang

- Weltweit und unabhängig von Verkabelung.
- Downlink typisch bis 50–500 [Mbit/s].
- Uplink via Kabel zur Station oder über eigenen Sender.

Vorteile:

- Niedriger Orbit von 200–1500 [km] erlaubt niedrige Sendeleistung.

Nachteile:

- Hohe Satellitendichte erforderlich, damit immer ein Satellit in Reichweite ist.
- Fallen wegen atmosphärischer Reibung nach einigen Jahren wieder herunter.

Aufwendiges Routing:

- Bei Zellenfunk (4G, 5G): Zellen fix, Benutzer mobil.
- Bei LEO Systemen: Zellen mobil, Benutzer mobil.
- Bsp: Iridium: Routing ändert sich ca. 1x pro Minute pro Satellit.
Inter-Satelliten-Netzwerk mit 2-4 Kanten je Satellit
Satellit für Bodenstation ca. 7 Minuten sichtbar.

Typische LEO Endgeräte: Satelliten-Telefone



Abb. 5: Typische Endgeräte für LEO Satelliten: IsatPhone, Iridium, Thuraya. Man beachte die ausgeprägten Antennen. Die Authentisierung beim Betreiber und die Abrechnung laufen, wie bei 3G, 4G und 5G auch, über SIM-Karten.

© Rechte siehe Anhang.

Namensgebung: nach Elektronenzahl im Element Iridium (77).
Erst 77 Satelliten, später nur mehr 66, plus Reserven.

Klassifikation: LEO System in 700 [km] Höhe.

1. Generation: Launch 1997–2002

Pro Satellit rund 1'000 Telefonate mit 2.4 [kbit/s].

2. Generation: Launch 2017–2019

Bis 128 [kbit/s] für mobile Endgeräte.

Bis 8 [Mbit/s] für stationäre und transportable Endgeräte

Geostationäre (GEO) Satelliten

Charakteristik:

- Typisch in Äquatorialebene, erscheinen über Äquator am Firmament festgeklebt.
- Auch Sonderformen, die nicht in Äquatorial-Ebene liegen.
Diese von Erde aus meist dauerhaft sichtbar, aber mit Achter-Bewegung.

Vorteile:

- Am Himmel scheinbar stationär.
Daher einfaches Routing und Bodenantennen fest ausgerichtet. 5
- Gute Abdeckung mit geringer Satellitenzahl.
1 Satellit rund 40% der Erdoberfläche; 3–4 Satelliten für fast vollständige Abdeckung.

Nachteile:

- Hoher Abstand 35'785 [km] aufgrund der Umlaufzeit erforderlich.
Daher hohe Sendeleistung & gute Antenne nötig und hohe Latenzzeit.
- Positionen am Äquator rund 1–2° separiert
Daher limitierte Anzahl von Satellitenpositionen.

Typische GEO Endgeräte: Satelliten-Bodenstation



Abb. 6: Very Small Aperture Terminal (VSAT) Bodenstation für Satelliten-Kommunikation. Größe bis zu 3.8 [m].
Datenrate 4 [kbit/s] – 16 [Mbit/s]

© Rechte siehe Anhang.

AWS Ground Station Overview Features Pricing Getting Started FAQs

AWS Ground Station

Easily control satellites and ingest data with fully managed Ground Station as a Service

Get started with AWS Ground Station

85 / 821 SEARCH... A01

Abb. 7: Amazon Web Services bietet mit der Dienstleistung **Ground Station as a Service** den Zugang zu Satelliten-Diensten über die Amazon Cloud an.

© Rechte siehe Anhang.

Abdeckung durch GEO Satelliten der Firma Inmarsat

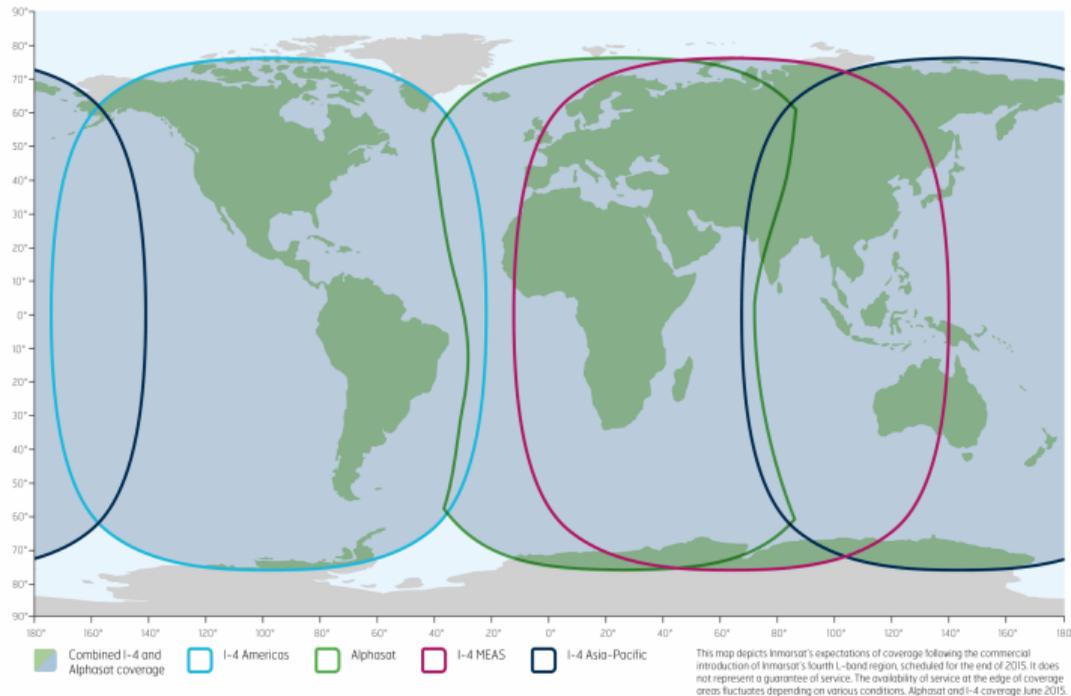


Abb. 8: Inmarsat Abdeckung der Erdoberfläche © Rechte siehe Anhang.

Satellitenbänder typischerweise im Bereich 3–30 [GHz] untergebracht.

Höhere Frequenzen haben

- höhere Bandbreite
- höhere Gerätekosten

Thema: Störung durch Niederschläge.

Wenn Wellenlänge in Größenordnung von Regen / Schnee dann Streuung.

Anhang

Übersicht

Verzeichnis aller Abbildungen

Abb

Rechtsnachweise

©

Rechtliche Hinweise

§

Zitierweise dieses Dokuments

→

Verzeichnis aller Folien



Verzeichnis aller Abbildungen

1 Ingenieure montieren am Intelsat 1	3
2 Delta-D Rakete, die den Intelsat 1 in den Orbit brachte.....	4
3 Orbitaltypen als Lageskizze	6
4 Orbitaltypen von Satelliten	7
5 Typische Endgeräte für LEO Satelliten	11
6 Very Small Aperture Terminal	14
7 Ground Station as a Service	15
8 Inmarsat Abdeckung der Erdoberfläche	16
9 Äquatorial-Positionen von Intelsat GEO Satelliten	17

Abb. 1 Quelle: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:INTELSAT_I_\(Early_Bird\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:INTELSAT_I_(Early_Bird).jpg), NASA, gemeinfreies Werk der US Regierung

Abb. 2 Quelle: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Delta_D_Intelsat1.jpg, NASA, gemeinfreies Werk der US Regierung.

Abb. 3 Quelle: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7d/Communications_satellite_orbits.svg Ring0, Nutzung nach CC BY-SA 4.0

Abb. 4 Quelle: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/b4/Comparison_satellite_navigation_orbits.svg/2000px-Comparison_satellite_navigation_orbits.svg.png, cmglee, Nutzung nach CC BY-SA 3.0 <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0>

Abb. 5 Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Gruppenbild_05.jpg, Klaus Därr, Nutzung nach CC BY-SA 3.0 DE, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed.de>.

Abb. 6 Quelle: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/92/1.2m_Andrew_VSAT_ODU_01.jpg, Gavigan, Nutzung unter CC BY-SA 3.0 <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed.en>

Abb. 7 Screenshot von <https://aws.amazon.com/ground-station/>.

Abb. 8 Quelle: https://cdn.globaltt.com/images/coverages/inmarsat_full.png

Abb. 9 Quelle: <https://www.intelsat.com/wp-content/uploads/2020/05/intelsat-satellite-fleet-polar-view.jpg>.

Die hier angebotenen Inhalte unterliegen deutschem Urheberrecht. Inhalte Dritter werden unter Nennung der Rechtsgrundlage ihrer Nutzung und der geltenden Lizenzbestimmungen hier angeführt. Auf das Literaturverzeichnis wird verwiesen. Das **Zitat**recht in dem für wissenschaftliche Werke üblichen Ausmaß wird beansprucht. Wenn Sie eine Urheberrechtsverletzung erkennen, so bitten wir um Hinweis an den auf der Titelseite genannten Autor und werden entsprechende Inhalte sofort entfernen oder fehlende Rechtsnennungen nachholen. Bei Produkt- und Firmennamen können Markenrechte Dritter bestehen. Verweise und Verlinkungen wurden zum Zeitpunkt des Setzens der Verweise überprüft; sie dienen der Information des Lesers. Der Autor macht sich die Inhalte, auch in der Form, wie sie zum Zeitpunkt des Setzens des Verweises vorlagen, nicht zu eigen und kann diese nicht laufend auf Veränderungen überprüfen.

Alle sonstigen, hier nicht angeführten Inhalte unterliegen dem Copyright des Autors, Prof. Dr. Clemens Cap, ©2020. Wenn Sie diese Inhalte nützlich finden, können Sie darauf verlinken oder sie zitieren. Jede weitere Verbreitung, Speicherung, Vervielfältigung oder sonstige Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechts bedarf der schriftlichen Zustimmung des Rechteinhabers. Dieses dient der Sicherung der Aktualität der Inhalte und soll dem Autor auch die Einhaltung urheberrechtlicher Einschränkungen wie beispielsweise **Par 60a UrhG** ermöglichen.

Die Bereitstellung der Inhalte erfolgt hier zur persönlichen Information des Lesers. Eine Haftung für mittelbare oder unmittelbare Schäden wird im maximal rechtlich zulässigen Ausmaß ausgeschlossen, mit Ausnahme von Vorsatz und grober Fahrlässigkeit. Eine Garantie für den Fortbestand dieses Informationsangebots wird nicht gegeben.

Die Anfertigung einer persönlichen Sicherungskopie für die private, nicht gewerbliche und nicht öffentliche Nutzung ist zulässig, sofern sie nicht von einer offensichtlich rechtswidrig hergestellten oder zugänglich gemachten Vorlage stammt.

Wenn Sie Inhalte aus diesem Werk nutzen oder darauf verweisen wollen, zitieren Sie es bitte wie folgt:

Clemens H. Cap: Satelliten. Electronic document. <https://iuk.one/1010-1013> 3. 1. 2021.

Bibtex Information: <https://iuk.one/1010-1013.bib>

```
@misc{doc:1010-1013,  
  author      = {Clemens H. Cap},  
  title       = {Satelliten},  
  year        = {2021},  
  month       = {1},  
  howpublished = {Electronic document},  
  url         = {https://iuk.one/1010-1013}  
}
```

Typographic Information:

Typeset on January 3, 2021

This is pdfTeX, Version 3.14159265-2.6-1.40.21 (TeX Live 2020) kpathsea version 6.3.2

This is pgf in version 3.1.5b

This is preamble-slides.tex myFormat©C.H.Cap

Verzeichnis aller Folien

- 1 Titelseite
 - 2 Ziel
 - 3 Intelsat 1
 - 4 Delta-D
 - 5 Orbitaltypen
 - 6 Orbitaltypen als Lageskizze
 - 7 Orbitaltypen im Vergleich
 - 8 Satelliten-Dienste
 - 9 Typische Anwendungen
 - 10 Low Earth Orbit (LEO) Satelliten
 - 11 Typische LEO Endgeräte: Satelliten-Telefone
 - 12 Iridium
 - 13 Geostationäre (GEO) Satelliten
 - 14 Typische GEO Endgeräte: Satelliten-Bodenstation
 - 15 Ground Station as a Service
 - 16 Abdeckung durch GEO Satelliten der Firma Inmarsat
 - 17 Äquatorial-Positionen der GEO Satelliten der Firma Intelsat
 - 18 Typische Frequenzbänder
- Legende:**
-  Fortsetzungsseite
 -  Seite ohne Überschrift
 -  Bildseite