

## Die Starlink Satellitenarmada - Fluch oder Segen?

Ein terrestrischer Mobilfunkmast versorgt ein Gebiet von rund 5-6 Kilometern im Umkreis mit seinen Signalen. Würde man den Mast höher bauen und die Sendeleistung etwas verstärken, könnte man ein deutlich größeres Gebiet abdecken. Die Kosten für die Infrastruktur würden sinken. Doch diese Idee ist nicht so einfach umsetzbar. Niemand würde einen riesigen Sendemast vielleicht so hoch wie der Eiffelturm in seiner Nähe dulden wollen.

### Des einen Freud...

Denkt man die Idee eines hohen Sendeturms zu Ende, landet man bei einem Satelliten. Genau das hat die Firma SpaceX (siehe Kasten) mit ihrem Projekt Starlink vor.

Ein einzelner Satellit wäre zu wenig. Er wäre ja bei einer niedrigen Umlaufbahn nur wenige Minuten sichtbar, und eine geostationäre Bahn kommt wegen des langen Signalweges nicht in Frage.

Daher besteht Starlink aus einer Vielzahl von Satelliten, die sich die Verbindung mit dem Handy am Boden weiterreichen, ähnlich wie bodengestützte Sendetürme entlang der Autobahn, wenn man im fahrenden Auto telefoniert.

### „Lichtfunk“

Das Weiterreichen des Signals erfolgt nicht per Funk, sondern mit Licht. Jeder Satellit hat mehrere Laser an Bord, die Sichtkontakt mit seinen Nachbarn halten und durch Lichtmodulation Signale mit hohen Geschwindigkeiten übertragen können. In den derzeitigen Satelliten ist dieses System noch nicht implementiert. Es soll ab Ende 2020 getestet werden.

### Bodenstationen

Starlink verbindet sich nicht direkt mit den Smartphones (wie es das

ebenfalls satellitengestützte Iridium System, oder das herkömmliche GSM System tun), sondern man benötigt eine Empfangsstation, die die Satellitensignale in terrestrische, von Handys empfangbare Signale umwandelt. Diese Station kann überall platziert werden, sofern sie nur freien Blick zum Himmel hat. Mit einer „phased-array-Antenne“ (einer Antenne, die sich elektronisch in verschiedene Richtungen drehen kann), verfolgt sie „ihren“ Satelliten. Sie versorgt dann die Handys in ihrer Umgebung mit Mobilfunk. Laut SpaceX soll sie „so klein wie eine Pizzaschachtel“ sein.

### Internet ohne Ende

Die Grundidee hinter Starlink ist die Versorgung der gesamten Erde (mit Ausnahme der Polarregionen) mit Hochgeschwindigkeits-Internet, wie es derzeit nur im urbanen Umfeld angeboten wird. Elon Musk hat dabei die weitläufigen ländlichen Regionen der USA und die noch drastisch unterversorgten Länder, wie Teile Afrikas, im Auge.

Viele Analysten bezweifeln angesichts früherer ähnlicher Projekte, dass man mit der Idee eines weltraumgebundenen Internets Geld machen kann - aber die Kostenstruktur von SpaceX sieht deutlich besser aus als beispielsweise die der NASA. Haben dieselben Analysten nicht vor ein paar Jahren das baldige Aus für Teslas Elektroautos vorhergesagt?

### Darfs ein bisserl mehr sein?

Fast 12.000 Satelliten sollen es im Endausbau (Ende 2027) sein. Für eine spätere Ausbaustufe redet man sogar von sage und schreibe 42.000. Täglich werden derzeit drei Satelli-

ten fertig gebaut, etwa jeden Monat startet eine Falcon 9 mit einem Paket von 60 Satelliten an Bord. Jeder einzelne wiegt 220-260 kg. Später soll die Startfrequenz verdoppelt werden. Die in Entwicklung befindliche Starship Trägerrakete (siehe unten) kann dann 400 Starlinks auf einmal befördern. Im Juli 2020 waren bereits 480 Satelliten im Orbit.



Eine Kette von Starlinks, von der ISS aus gesehen. Die Satelliten sind als kurze horizontale Striche zu sehen, die sich in einem Bogen von links unten nach rechts oben ziehen.

### SpaceX

Die Firma ist in Kalifornien, USA, zu Hause. Ihr Gründer ist Elon Musk, bekannt von der Automarke Tesla.

SpaceX wurde 2002 mit dem Fernziel von Reisen zum Mars ins Leben gerufen. Zunächst wurde mit der Entwicklung von Transportfahrzeugen zur ISS und von Trägerraketen begonnen. Die größte davon, die „Falcon Heavy“ ist derzeit die stärkste Rakete weltweit. Nur die Saturn V und die russische Energija konnten mehr Nutzlast befördern. Eine Weiterentwicklung, deren Nutzlast die Saturn V in den Schatten stellt, ist bereits in Planung („Starship“).

Beim ersten Test der Falcon Heavy wurde medienwirksam ein Tesla Roadster mit einer Astronautenpuppe an Bord als Nutzlast montiert. Der Tesla umkreist derzeit die Sonne.

# Satelliten - so weit das Auge reicht!

## ... des anderen Leid

Unter den Astronomen weltweit breitet sich blankes Entsetzen aus. Schon jetzt werden immer wieder Astrofotos durch Satellitenspuren „verseucht“. Wenn dann ein Vielfaches an Satelliten unterwegs ist, gibt es wohl kein lang belichtetes Foto mehr ohne eine Hinterlassenschaft von Elon Musk.

SpaceX hat das Problem ursprünglich verniedlicht, arbeitet aber jetzt daran, die Satelliten zu „entspiegeln“. In der jüngst gestarteten Konfiguration ist einer dabei (genannt „Darksat“), der teilweise eine spezielle Beschichtung bekommen hat. Die nächste Gruppe sollte diese dann zur Gänze bekommen.

Auch Ausweichmanöver, um Spiegelung zu vermeiden, können laut Elon Musk in Abstimmung mit Profiastronomen geflogen werden.

## Schrott, lass nach

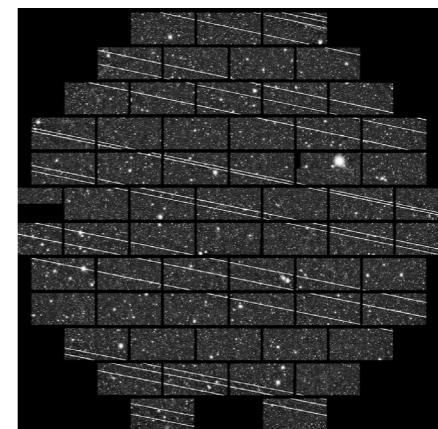
Auch die Befürchtung, das ganze System könnte als gigantischer Haufen an Weltraumschrott enden, zerstreut Musk. Am Ende ihres Lebens werden die Satelliten gezielt zum Absturz gebracht, sie verglühen zu 100% in der Atmosphäre.

## Und was dann?

Wer denkt, nach dem Aufbau der endgültigen Konfiguration wäre die Sache beendet, hat nicht mit der Visionsgabe von Elon Musk gerechnet. Sein nächstes Ziel: ein ähnliches System am Mars, um dessen Besiedlung zu erleichtern.

## Mit eigenen Augen

Mit freiem Auge gelingt die Sichtung am besten kurz nach dem Start einer neuen Gruppe. Dann sind sie erstens nahe zusammen und bilden eine schöne Kette („Starlink train“), und zweitens sind sie noch in niedrigen Umlaufbahnen.



Oben:

Fünf Minuten Belichtungszeit am professionellen US-amerikanischen 4-m-Teleskop auf dem Cerro Tololo (Chile) reichen aus, um zahlreiche Starlink Spuren „einzufangen“.

Rechts oben:

Die Bahnen der ersten 60 Starlink-Satelliten zeigen sehr schön die nahezu vollständige Abdeckung der Erde mit „Funkmasten“.

Die Helligkeiten liegen dann bei etwa +2<sup>m</sup> oder +3<sup>m</sup>.

Jeden Tag zieht sich der „Train“ dann weiter auseinander und die Helligkeit nimmt ab, bis sie oft nur noch fotografisch feststellbar sind (abhängig von ihrer endgültigen Flughöhe).

## Sichtbarkeitsvorhersage

[www.heavens-above.com](http://www.heavens-above.com)

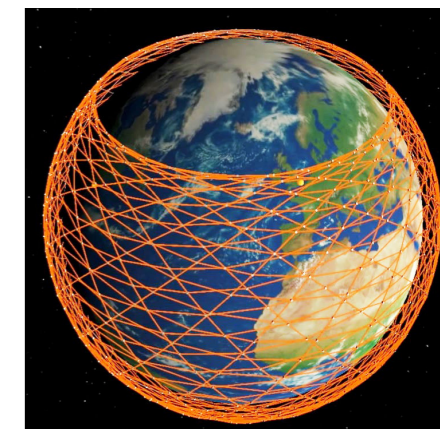
3D Darstellung der „Starlink-trains“.

[findstarlink.com/](http://findstarlink.com/)

[www.satflare.com](http://www.satflare.com)

Gute Aufbereitung mit Überflugskarten etc., leider recht langsamer Seitenaufbau

In allen Fällen zuerst den Beobachtungsort einstellen!



## Satellitenchoreografie

Die Starlinks sind nicht wahllos über den Himmel verteilt. Sie sind auf fünf Ebenen angeordnet (550, 1.110, 1.130, 1.275 und 1.325 km). Am Ende des Projekts (2027) werden noch drei zusätzliche Ebenen befüllt (336, 346 und 349 km). Jede Ebene hat ihre spezielle Bahnneigung. Sie reicht von 42° für die niedrigen Umlaufbahnen bis zu 80° für die hohen. Dadurch sind die bevölkerungsreichsten Gebiete der Erde am besten abgedeckt. Auf jeder Bahn sind 22 Satelliten aufgereiht, ca. 18° voneinander entfernt.

Die Satelliten sind extrem flach gebaut, dadurch kann man 60 von ihnen in eine normale Nutzlasthalterung in der Rakete stapeln. Die Falcon 9 bringt das Paket in eine niedrige Erdumlaufbahn. Dort trennen sich die Satelliten voneinander und dann sucht jeder für sich seine ihm zugewiesene Umlaufbahn auf. Dafür wird ein Ionenantrieb benutzt, der mit Krypton arbeitet.

Für die Navigation wird ein Präzisions-„Star Tracker“ verbaut, der die Position anhand von Sternsichtungen bestimmt (wie damals zu Zeiten von Apollo).

Die Satelliten haben online Zugriff auf eine Datenbank der NATO, die über Weltraumschrott Buch führt. Dadurch können sie selbständig Ausweichmanöver „fliegen“, um einer Kollision zu entgehen.