

# X-WING SATCOM-ANTENNE

*Bauanleitung — Funktionale Kopie der L3Harris 12006-9001-01 Antenne aus 3D-Druckteilen*



Abbildung 1: Bausatz Modell 1 mit Grundplatte, Gehäuse mit Sockel, Ø32 mm Rohr und Kopf (head\_v2) mit Strahlern aus Aluminiumleisten.

**Beschreibung:** Kreuzdipol-Antenne (Turnstile) für das UHF SATCOM-Band, ausgelegt auf eine Designfrequenz von 280 MHz.

## 1 Beschreibung und Varianten

Die Antenne besteht aus zwei gekreuzten Halbwellendipolen (4 horizontale Arme in X-Form), die auf einem Ø32 mm Rohr über dem Boden montiert sind, welcher als Reflektor dient. Als Vorbild dient die Fahrzeugantenne L3Harris 12006-9001-01 (225–400 MHz, max. Höhe 28,7 cm, Spannweite von Spitze zu Spitze 48,8 cm).

Das STL-Set ermöglicht zwei Basis- und zwei Kopfvarianten:

Modell	Teile	Verwendungszweck / Beschreibung
<b>Modell 1 — Tragbar</b>	base_square + base_square_top + head_v1 / head_v2	Freistehende Basis mit einem Gehäuse (BNC-Anschluss, Raum für Phasenleitung), Grundplatte mit Aussparungen für Neodym-Magnete – z. B. zur Montage auf der Motorhaube.
<b>Modell 2 — Flansch</b>	base_flange + head_v1 / head_v2	Ein Ø100 mm Flansch zum Verschrauben auf dem Untergrund; Arretierung des Rohrs per Schraube, Kabeldurchführung durch eine Öffnung ohne Stecker.

Die Köpfe können frei kombiniert werden: head\_v1 ist für Strahler aus einem 25 mm breiten Rollbandmaß vorgesehen (dünne gebogene Nut mit 0,4 mm Dicke), head\_v2 für flache Aluminiumleisten (Nutbreite ca. 24 mm, Dicke ca. 1.6 mm, z. B. Übergangsprofile/Türschwellenleisten aus dem Baumarkt).

## 2 Druckteile — Hauptabmessungen

Teil	Abmessungen (mm)	Anmerkungen
<b>base_square</b>	160 × 110 × 15	Grundplatte; 4 Füße Ø20 × 5; 4 Taschen (15 × 15 mm) für Neodym-Magnete (von oben zugänglich).
<b>base_square_top</b>	127 × 77 × 60	Gehäuse mit 3 mm Wandstärke und Rohraufnahme (Ø32,2 Loch, 57 mm Tiefe); 4 Eckbohrungen Ø6 im Abstand von 111 × 61 mm; seitliches Loch Ø12,7 mm für BNC-Buchse.
<b>base_flange</b>	Ø100 × 5, Kragen h. 40	Durchgehendes Loch Ø32,2; 4 × Ø4 Löcher auf einem Lochkreis von Ø70 mm zur Befestigung am Untergrund; radiales Ø6 Loch zur Rohrverriegelung; radiales Ø8 Loch für Kabeldurchführung ohne Stecker.
<b>head_v1</b>	Ø80 × 31	Aufnahme für Ø32 mm Rohr (Einstecktiefe ca. 30 mm); 4 gebogene Nuten für 25 mm Bandmaßstreifen; in jedem Arm ein Ø4,1 Loch mit einer Ø8,2 Versenkung von unten (M4 Mutter + Schraube).
<b>head_v2</b>	Ø90 × 33	Aufnahme für Ø32 mm Rohr (Einstecktiefe ca. 28 mm); 4 Nuten für Al-Leisten; in jedem Arm 2 Löcher – Versenkung Ø7,1 von oben, Pilotbohrung Ø3,1 (Kunststoffschrauben).

## 3 Elektrisches Design für 280 MHz

Wellenlänge  $\lambda = 299,79 / 280 \text{ MHz} = 1071 \text{ mm}$ .

Die Arme sind Viertelwellenstrahler mit einem Verkürzungsfaktor von  $\sim 0,95$  aufgrund der breiten, flachen Geometrie der Strahler.

Da die Strahler nicht bis zur Mittelachse des Kopfes reichen und das Tragrohr tief im Basissockel sitzt, sind die folgenden Werte Richtwerte. Entscheidend sind die Gesamtspannweite von Spitze zu Spitze und die Höhe der Strahler über dem Bodenreflektor, die an der fertig gedruckten Baugruppe nachgemessen werden sollten.

Parameter	Wert (ca.)	Anmerkung
<b>Dipol-Spannweite (Spitze zu Spitze)</b>	505 mm	Hauptabmessung. Strahler mit Reserve schneiden (ca. 260 mm pro Stück) und nach der Montage symmetrisch kürzen, um die Zielspannweite einzustellen und das VSWR zu optimieren.
<b>Länge eines Strahlers</b>	≈ 255 – 265 mm	Gesamtlänge des Bandes/der Leiste inkl. des Teils in der Kopfnut; an den gedruckten Kopf anpassen.
<b>Strahlermaterial (head_v2)</b>	Al-Leiste ~24 × 1,5 mm	4 Stück; flach, horizontal montiert.
<b>Strahlermaterial (head_v1)</b>	Rollbandmaß 25 mm	4 Stück; Federstahl, horizontal montiert.
<b>Strahlerhöhe über Boden (<math>h = \lambda/4</math>)</b>	≈ 270 mm	Maximale Strahlung zum Zenit — entspricht dem Original (28,7 cm) bei Montage auf einem Fahrzeugdach.
<b>Strahlerhöhe über Boden (<math>h = \lambda/2</math>)</b>	≈ 540 mm	Maximale Strahlung bei ~30° Elevation — ideal für geostationäre UHF-Satelliten aus Mitteleuropa (Elevation 25–35°).
<b>Ø32 mm Rohr — Gesamtlänge</b>	≈ 250 – 300 mm / ≈ 500 – 550 mm	Abhängig von der gewählten Höhe $h$ ; an der realen Baugruppe ausmessen (Einstecktiefe in Basis ca. 57 mm, im Kopf ca. 28–30 mm, plus Basishöhe).

## 4 Zirkulare Polarisation (RHCP) — Phaseneinstellung

Die beiden gekreuzten Dipole müssen mit einer Phasenverschiebung von 90° gespeist werden. Zwei bewährte Methoden stehen zur Auswahl:

- **Variante A —  $\lambda/4$  Phasenleitung:** Beide Dipole sind exakt gleich lang. Der zweite Dipol wird über ein elektrisches Viertelwellenstück eines Koaxialkabels (RG-58, Verkürzungsfaktor 0,66) angeschlossen. Die Länge des Phasenabschnitts beträgt 177 mm; die Spannweite beider Dipole beträgt ≈505 mm.
- **Variante B — Self-Phased Turnstile:** Verzichtet auf eine Phasenleitung, indem ein Dipol ~5% länger (induktiv) und der andere ~5% kürzer (kapazitiv) ausgeführt wird. Sie werden direkt im Kopf oder Gehäuse parallel geschaltet. Die Spannweite des längeren Dipols beträgt ≈530 mm, die des kürzeren ≈480 mm.

Die Impedanz des Kreuzdipols liegt bei ca. 36 Ω, was meist zu einem VSWR von unter 1,5 an einem 50 Ω System führt – ideal für Empfangs- und Experimentierzwecke. Die Polarisationsrichtung (RHCP/LHCP) hängt davon ab, an welchen Dipol die Phasenleitung angeschlossen ist; bei falscher Polarisation einfach die Anschlüsse an einem der Dipole vertauschen.

## 5 Stückliste — Modell 1 (Tragbar)

Pos.	Bezeichnung	Anzahl	Anmerkungen
1	3D-Druckteile: base_square, base_square_top, head_v2 (oder head_v1)	3	PETG oder ASA für den Außeneinsatz empfohlen.
2	Ø32 mm Rohr (Aluminium 32×2 oder starres PVC/Isolierrohr)	1	Gesamtlänge ca. 250–300 mm ( $h \approx \lambda/4$ ) oder 500–550 mm ( $h \approx \lambda/2$ ) — nachmessen.
3	Strahler: Al-Leiste ~24 × 1,5 mm, Länge ≈260 mm	4	Für head_v1 stattdessen 25 mm Bandmaß verwenden. Zielspannweite ≈505 mm.
4	Kunststoffschraube 3 × 10 mm (max. Kopf-Ø 7 mm)	8	2 Stk. pro Arm (für head_v2); Löcher in den Leisten passend zum Kopf mit Ø3,5 mm bohren.
5	M4 × 12 Schraube + M4 Mutter (für head_v1)	4+4	Mutter passt in die Ø8,2 mm Aussparung unter dem Arm; Band mit Ø4,5 mm bohren.
6	Schraube für Gehäuse-Ecklöcher (Ø6 mm)	4	Z. B. 4 × 40 mm Schrauben; Länge am gedruckten Gehäuse überprüfen.
7	BNC-Einbaubuchse (für Ø12,7 mm Loch)	1	Montage an der Seitenwand des Gehäuses.
8	RG-58 Koaxialkabel für Phasenabschnitt (Var. A)	~0,3 m	Elektrische $\lambda/4 = 177 \text{ mm}$ (Verkürzungsfaktor 0,66).
9	Neodym-Magnete 15 × 15 mm	4	Optional, passen in die Aussparungen der Grundplatte.
10	Kleinteile: Kabel, Schrumpfschlauch, Kabelschuhe, Sekundenkleber	-	Nach Bedarf für Verdrahtung und Montage.

## 6 Stückliste — Modell 2 (Flansch)

Pos.	Bezeichnung	Anzahl	Anmerkungen
1	3D-Druckteile: base_flange + head_v1 oder head_v2	2	PETG oder ASA empfohlen.
2	Ø32 mm Rohr, Länge nach gewünschter Höhe	1	Durchgehendes Loch ermöglicht es dem Rohr, bis zum Untergrund zu reichen.
3	M4 Befestigungsschraube	4	Zur Flanschmontage (4 × Ø4 Löcher auf einem Lochkreis von Ø70 mm). Flanschstärke ist 5 mm.
4	Arretierschraube für radiales Ø6 mm Loch	1	Sichert das Rohr gegen Verdrehen und Herausrutschen.
5	Strahler und Befestigungsmaterial	4	Siehe Pos. 3–5 der Stückliste für Modell 1.
6	Koaxialkabel-Ausführung	-	Direkter Ausgang durch das radiale Ø8 mm Loch ohne Stecker (oder mittels Tülle).

## 7 Montageanleitung

- Komponenten drucken:** Drucken Sie die Teile für die gewählte Konfiguration. Stellen Sie sicher, dass das Ø32 mm Rohr mit leichtem Widerstand in den Basissockel und den Kopf passt; falls nötig, die Öffnungen leicht schleifen.
  - Strahler vorbereiten:** Strahler auf ca. 260 mm schneiden (für Variante B: zwei auf ~273 mm und zwei auf ~248 mm). Setzen Sie sie vollständig in die Schlitze des Kopfes ein, markieren und bohren Sie die Löcher durch die gedruckten Führungen vor: head\_v2 → Ø3,5 mm (2 Löcher pro Strahler), head\_v1 → Ø4,5 mm (1 Loch pro Strahler).
  - Strahler montieren:** Bei head\_v2 die Al-Leisten mit 3 × 10 mm Schrauben befestigen. Bei head\_v1 M4 × 12 Schrauben mit Muttern in den unteren Taschen verwenden. Die Befestigungsteile dienen gleichzeitig als elektrischer Kontakt — Kontaktflächen gründlich reinigen/blank schleifen.
  - Verkabelung:** Verbinden Sie die gegenüberliegenden Arme zu zwei separaten Dipolen und schließen Sie die Phasenleitung gemäß Kapitel 4 an. Führen Sie die Kabel durch die Mitte des Rohrs nach unten in das Gehäuse (Modell 1) oder durch das Ø8 mm Loch im Kragen (Modell 2).
  - Montage der Basis:**
    - *Modell 1:* Installieren Sie die BNC-Buchse in der Seitenwand. Befestigen Sie das Gehäuse mit 4 Schrauben auf der Grundplatte. Kleben Sie optional die Neodym-Magnete in die Fußtaschen (auf identische Polausrichtung achten).
    - *Modell 2:* Befestigen Sie den Flansch mit 4 × M4 Schrauben am Untergrund und sichern Sie das Rohr mit der radialen Arretierschraube.
- **Endeinstellungen:** Schieben Sie das Rohr vollständig in den Basissockel und den Antennenkopf. Stellen Sie die Strahlerhöhe über dem Boden gemäß Kapitel 3 ein (**≈270 mm** für Zenit-Optimierung, **≈540 mm** für einen Elevationswinkel von **~30°**).

- **Abstimmung:** Messen Sie das VSWR im gewünschten Frequenzbereich. Kürzen Sie die Enden der Strahler symmetrisch um jeweils ca. 5 mm, bis die Endspannweite  $\approx 505$  mm beträgt. Da flache, breite Strahler von Natur aus breitbandig sind, ist die Abstimmung sehr unkritisch.

## 8 Anmerkungen

- Alle Längenangaben für Strahler und Rohre sind ungefähre Gesamtmaße. Die 3D-Modelle führen die Strahler nicht ganz bis zur Mittelachse, und das Rohr nimmt Platz in den Sockeln ein. Abmessungen immer an den realen Aufbau anpassen und nachmessen.
- Das UHF SATCOM-Band (Downlink 243–270 MHz) wird in Mitteleuropa gerne für den Empfang und Experimente genutzt. Senden ist streng auf die von der örtlichen Fernmeldebehörde (z. B. ČTÚ) genehmigten Bänder und Bedingungen beschränkt.
- Die originale kommerzielle Antenne hat leicht nach unten geneigte Arme, um ein breiteres zirkular polarisiertes Diagramm und eine bessere Anpassung zu erreichen. Dieses vereinfachte DIY-Design hält die Elemente horizontal, was für ortsfeste Stationen hervorragend funktioniert.
- Die Abmessungen der gedruckten Komponenten wurden direkt aus den STL-Dateien ermittelt. Elektrisches Design optimiert für 280 MHz. Referenzdaten stammen aus dem technischen Datenblatt der L3Harris 12006-9001-01.