



**We help
Earth benefit
from Space**

Rymdapplikationer för energigas

Swedish Space Corporation

Simon Westerlund & Måns Rasmussen

25 maj 2023



Swedish Space Corporation och Esrange

Bakgrund

SSC Worldwide



650 Employees
30 Nationalities
20 Locations
10 Countries

SSC Ground Stations	SSC Offices
Collaborative Stations	SSC Network Management Centers

Science & Launch Services



Satellite Ground Network Services



Spacecraft Operations & Engineering Services



Data Services



Esrange Space Center

The most versatile space center in the world!



SCIENCE & LAUNCH SERVICES



Sounding Rockets



Technology Demonstrations



Stratospheric Balloons



Reusability Testbed



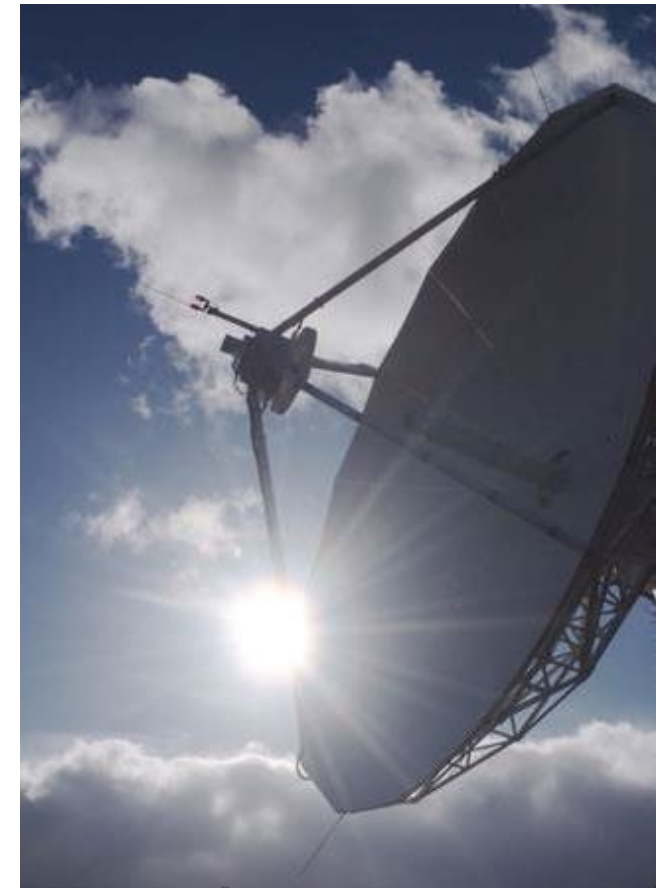
Rocket Engine Testbeds

NEW AREA!



Launching of Small Satellites

SATELLITE GROUND STATION SERVICES



Satellite Ground Network

Swedish Space Corporation (SSC)



Esrangle

- Esrangle invigs av ESRO 1966
- Rymdbolaget (SSC) grundas och tar över Esrangle 1972
- **Sedan dess har:**
 - Över 587 sondraketer skjutits
 - Över 676 stratosfäriska ballonger släppts
- **Esrangle erbjuder:**
 - Stor antennpark för satellitoperationer
 - Suborbitala raketer
 - Stratosfäriska ballonger
 - Horisontala testställningar för solida raketer
 - Vertikala testställningar för raketmotorer med flytande bränsle
 - Testplats för *Unmanned-Aircraft-Systems*
 - Testplats för landningsbara raketer
 - Ny anläggning för satellituppskjutningar

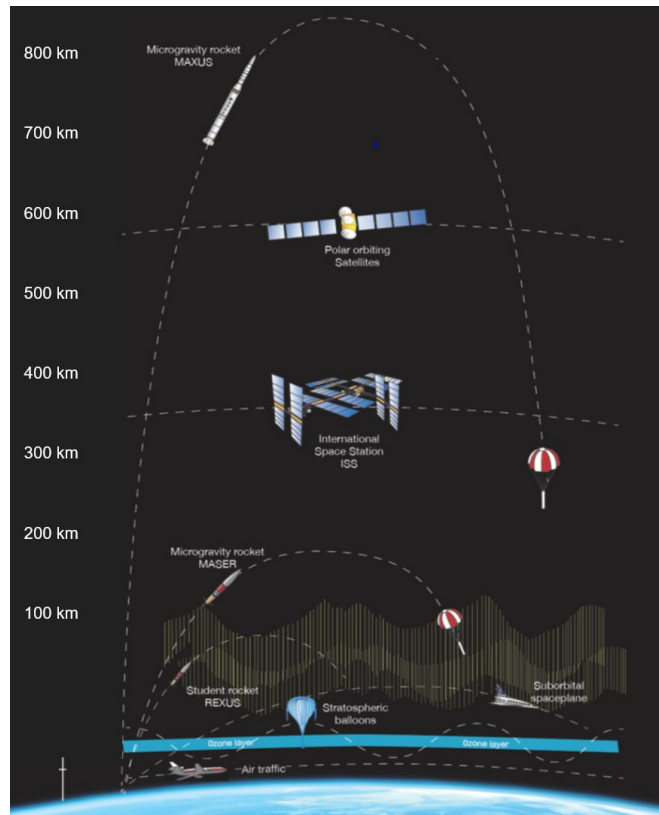


ESRANGE SPACE CENTER

NEDSLAGSOMRÅDE

1 % av Sveriges landyta

- 5'200 km² markyta
- 6'800 km² luftrum



Vertical Test Stand 1

ROCKET FACTORY AUGSBURG (RFA)

Bränsle: Rocket Propellant 1 (fotogen/diesel)

Oxideringsmedel: flytande syre



Vertical Test Stand 2

ISAR AEROSPACE

Bränsle: Propan

Oxideringsmedel: flytande syre





Raketmotorer

Varför flytande istället för fasta bränslen?

Historia

RAKETER

- Fasta bränslen har använts sedan 800-talet
 - Pressat svartkrut, nitrocellulosa, kompositkrut
 - Skjutvapen, bomber, dynamit, nyårsraketer etc.
- Tsiolkovsky (Sovjet: 1857-1935) – visade 1903 att det är teoretiskt möjligt att nå och färdas i rymden med hjälp av raketer.
 - 85-95 % av en raket är enbart bränsle!**
- Goddard (USA: 1882-1945) – byggde och sköt världens första raket driven av flytande bränsle 1926.
- Von Braun (Tyskland: 1912-1977) – byggde V2 raketerna som var första artificiella objektet att nå rymden 1944.
- Sputnik 1 (Sovjet: 1957) – första artificiella satelliten i omloppsbana runt jorden.



"All the News That's Fit to Print"

The New York Times

LATE CITY EDITION

VOL. CVII, No. 36,414 NEW YORK, SATURDAY, OCTOBER 5, 1957. FIVE CENTS

SOVIET FIRES EARTH SATELLITE INTO SPACE; IT IS CIRCLING THE GLOBE AT 18,000 M. P. H.; SPHERE TRACKED IN 4 CROSSINGS OVER U. S.

HOFFA IS ELECTED TEAMSTERS HEAD; WARNS OF BATTLE

Defeats Two Foes 3 to 1 —Says Union Will Fight 'With Every Gun'

Test of the Hoffa address is set for Oct. 6.

By A. H. HASKIN

Special to the New York Times.

MIAMI BEACH, Oct. 4.—The scandal-ridden International Brotherhood of Teamsters elected James R. Hoffa as its president today.

He won by a margin of nearly 3 to 1 over the combined vote of two rivals who campaigned on pledges to clean up the nation's biggest union.

Senate racketeers and Hoffa critics in the union rank-and-file immediately opened action to strip the 44-year-old former washroomer from Detroit of his election victory.

A jubilant Hoffa exhibited

COURSE RECORDED

Navy Picks Up Radio Signals—4 Report Sighting Device

By WALTER SULLIVAN

Special to the New York Times.

WASHINGTON, Saturday, Oct. 5.—The Naval Research Laboratory announced yesterday that it had recorded four crossings of the Soviet earth satellite over the United States.

It said that one had passed near Washington. Two crossings were farther to the west. The location of the fourth was not made available immediately.

It added that tracking would be continued in an attempt to obtain scientific information of the type sought in the International Geophysical Year.

Four visual sightings, one of which was in conjunction with a radio contact, were reported by early Saturday morning. Two sightings were made at Columbus, Ohio, and one each from "Cerro Hiale, Ind., and Whittier, Calif."

Press Reports Noted

560 MILES HIGH

Visible With Simple Binoculars, Moscow Statement Says

Test of Test announcement appears on Page 3.

By WILLIAM J. JOHNSON

Special to the New York Times.

MOSCOW, Saturday, Oct. 5.—The Soviet Union announced this morning that it successfully launched a man-made earth satellite into space yesterday.

The Russians calculated the satellite's orbit at a maximum of 560 miles above the earth and its speed at 18,000 miles an hour.

The official Soviet news agency Tass said the artificial moon, with a diameter of 184 centimeters and a weight of 184 pounds, was circling the earth once every hour and 48 minutes. This moon bears the name Luna 1.

Two radio transmitters, Tass said, are sending signals continuously on frequencies of 20,000 and 40,000 megacycles.

Device Is 8 Times Heavier Than One Planned by U. S.

Special to the New York Times.

MOSCOW, Oct. 5.—The Soviet Union announced this morning that it successfully launched a man-made earth satellite into space yesterday.

The Russians calculated the satellite's orbit at a maximum of 560 miles above the earth and its speed at 18,000 miles an hour.

The official Soviet news agency Tass said the artificial moon, with a diameter of 184 centimeters and a weight of 184 pounds, was circling the earth once every hour and 48 minutes. This moon bears the name Luna 1.

Two radio transmitters, Tass said, are sending signals continuously on frequencies of 20,000 and 40,000 megacycles.

IN TOKEN OF VICTORY: Dave Beck, retires; head of the Teamsters Union, raises hand of James R. Hoffa upon his election as union's president. At right is Mrs. Hoffa.



Vad gör ett bra raketbränsle?

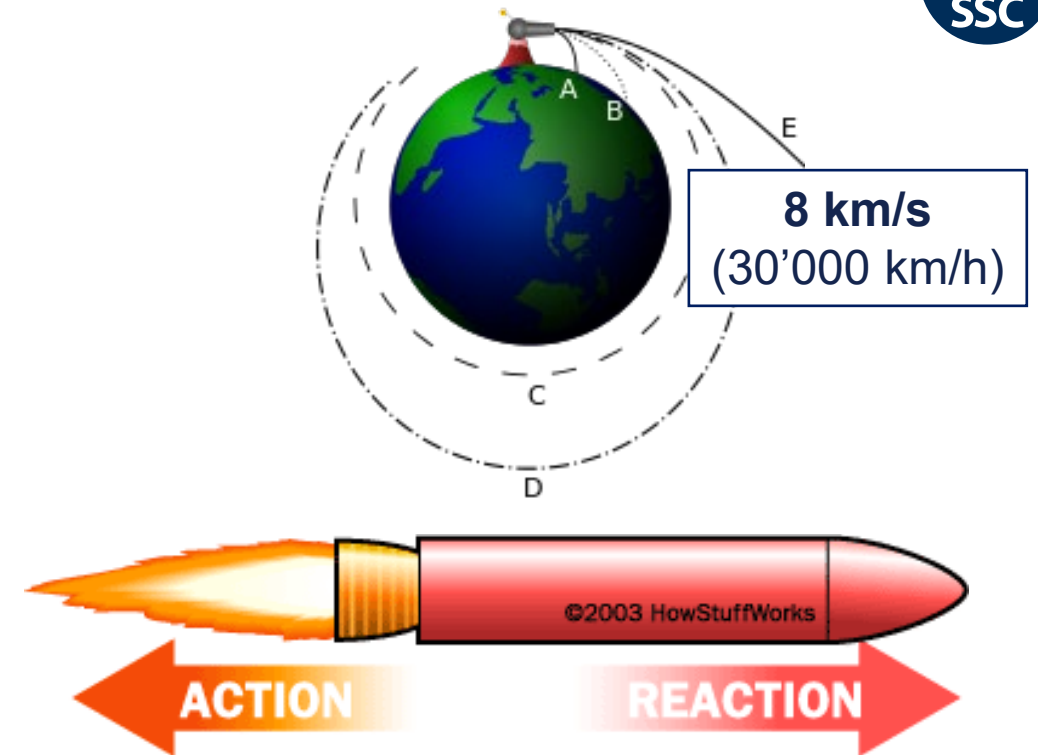


Vad vi vill ha:

- Vi vill ha hastighet!
- Högre temperatur (och tryck) i motorn
- **Bra bränsleegenskaper**
 - Billigt och tillgängligt i stora volymer
 - Säkert och enkelt att förvara/hantera
 - Hög: specifik impuls, kemisk energi, densitet, värmekapacitet och värmekonduktivitet
 - Låg: fryspunkt och ångtryck
 - Stabila egenskaper vid förvaring och förbränning

Vad vi kan ändra:

- Bränsleval (specifik impuls)
- Bränslemix (bränsle vs syre, andra tillsatssämnen)
- Motor- och raketdesign
 - Flera steg, booster
 - Andra motortyper
 - Etc.



$$F = ma = \dot{m}v_e$$
$$\Delta v = v_e \ln \frac{m_0}{m_f}$$
$$v_e = \frac{I_{sp}}{g_0} = \sqrt{\frac{2 \gamma T R}{\gamma - 1 M}}$$

Förenklat med idealt expanderad dysa

—
All termisk energi omgjord till kinetisk energi

Varför flytande bränsle?



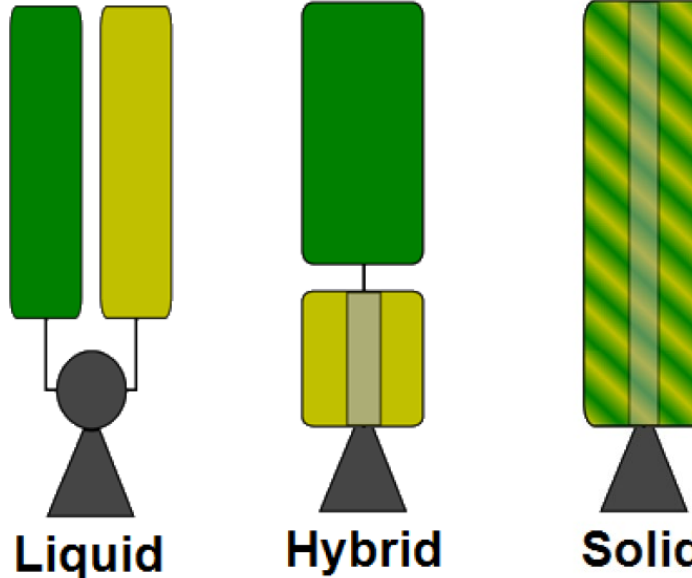
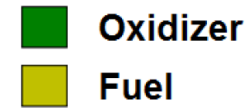
Flytande

Fördelar

- Högst prestanda
- Kan regleras och startas om
- Högre bränsle/strukturvikt förhållande

Nackdelar

- Väldigt komplexa
- Svåra att starta
- Kryogenskt bränsle kan inte förvaras länge
- Behöver trycksatta tankar
- Kräver större volym



Solida

Fördelar

- Billiga
- Kompakta
- Alltid redo att skjutas
- Stabila att förvara (10-30 år)

Nackdelar

- Alltid farliga - *explosionsrisk*
- Låg prestanda
- Farliga avgaser
- Kan inte stängas av

Hybrider

Fördelar

- Säkrast och lättast att hantera
- Bättre prestanda än solida
- Start/stop kapacitet

Nackdelar

- Varierande specifik impuls - komplexa geometrier
- Instabilare förbränning



Flytande bränslen

Vilken energigas är bäst?

Energigaser som raketbränslen

KEMISKA EGENSKAPER



Energigaser	Väte	Metan	Propan	RP-1 (fotogen)
Densitet [kg/m ³]	71	423	715 (-170 °C)	809
Kokpunkt [°C]	-252	-162	-42	200-270
Energi [MJ/kg]	141	55	50	45
Specifik impuls [m/s]	4230	3170	3130	3080
Volymspecifik impuls [m/s]	1530	2590	3100	3160

Flytande väte, H₂

- Högst prestanda av alla bränslen
 - Väldigt ren förbränning (vatten)
- **Densitet** = 71 kg/m³
 - stor bränsletank, energikrävande att pumpa
 - 360 000 hk / 268 MW vätepump
- **Kokpunkt** = - 253 °C
 - Bra för kylning av motorn
 - Luft kondenserar på oisolerade ytor
 - Kräver isolering av tankar och rör
 - Kryogeniskt bränsle – ca.15 % avkokning per dag i flygtankar
- Svår hantering
 - Läckage, väteförspredning, kostsam hantering



Delta IV Heavy

Flytande metan, CH₄



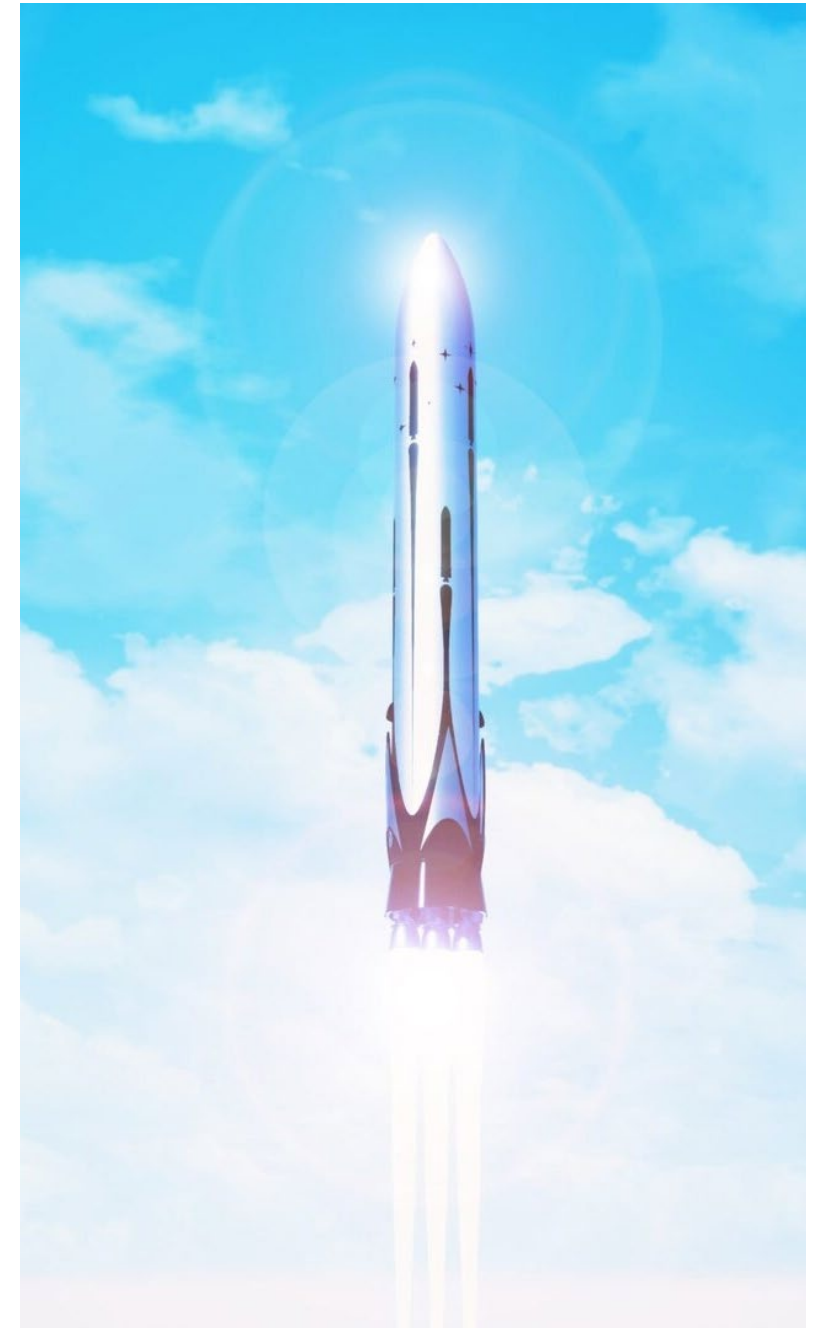
- **Kokpunkt** = - 162 °C, **densitet** = 423 kg/m³
- Högre kokpunkt och bättre densitet än väte
- Enklare hantering än väte
- Låg svavelhalt är viktigt. Plastproduktion i kylkanalerna!
- Mindre sot i avgaserna än RP-1, viktigt för återanvändbara motorer
- Kan produceras från CO₂ och vatten
 - Kan tillverkas på Mars
- Starship utvecklar 254 TW i energi.
Förbrukar:
 - 21 450 kg/s av LOX/metan
 - 4 620 kg/s metan
- Ingen raket har hittills skjutits till omloppsbana driven av metan. 9 stycken under utveckling!



Starship – världens största raket!

Flytande metan, CH₄

- Themis kommer öva att landa på Esrange 2024.



Flytande propan, C_2H_8



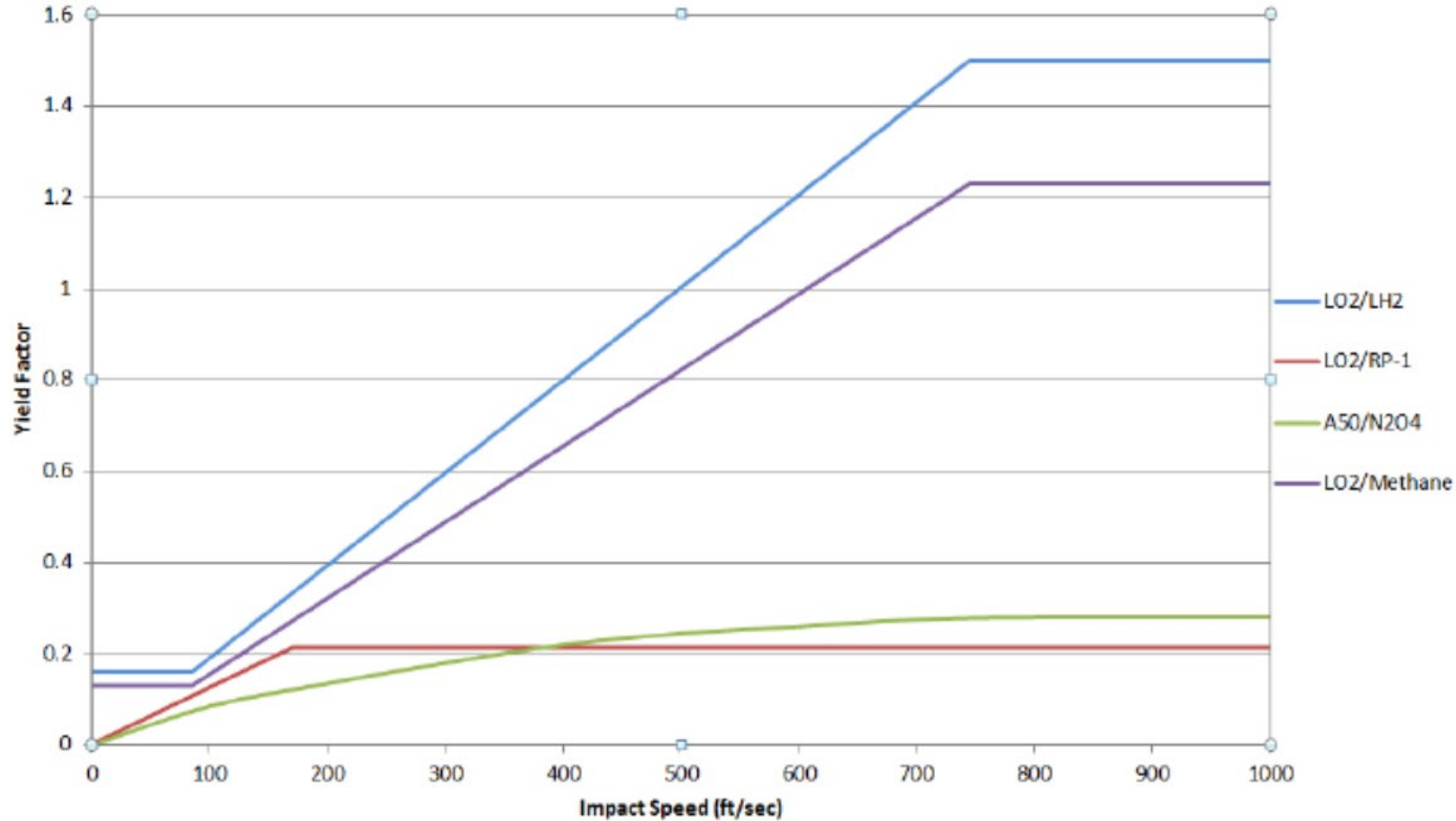
- **Kokpunkt** = - 42 °C, **densitet** = 715 kg/m³ (-170 °C)
- Prestanda liknar metan
- Inte riktigt kryogenisk vätska, behöver kylas för att hålla lågt ångtryck
 - Om propan kyls ökar densiteten och kylförmågan
 - Mer marginal till termisk sönderfall
- Låg svavelhalt är viktigt. Plastproduktion i kylkanalerna!
- Ingen raket har hittills skjutits till omloppsbana driven av propan



ISAR Aerospace - *Aquila engine*

Explosiva egenskaper

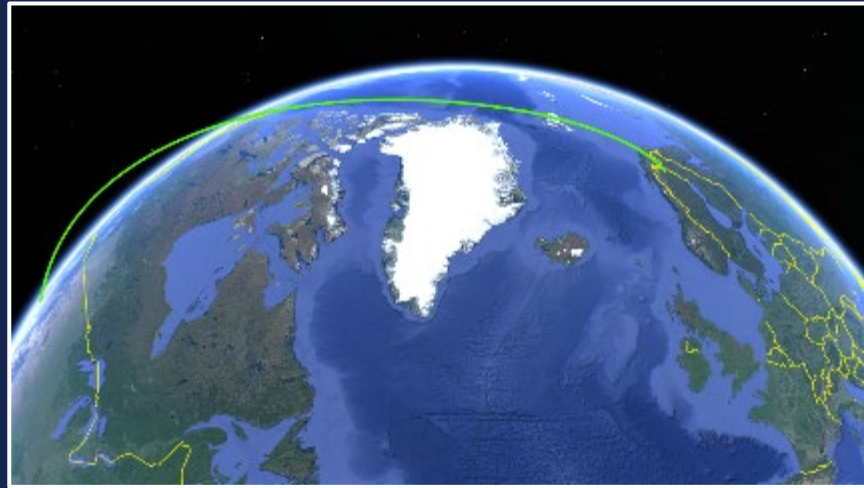
Energigaser + flytande syre + "hård landning" = snabb oplanerad demontering





Uppskjutning till omloppsbanan från Launch Complex 3

Hög inklination/polär bana: ideal ~600 km solsynkron omloppsbanan



LVIB (Launch vehicle integration building)

LC-3A

- Microlaunchers
- Suborbital rockets

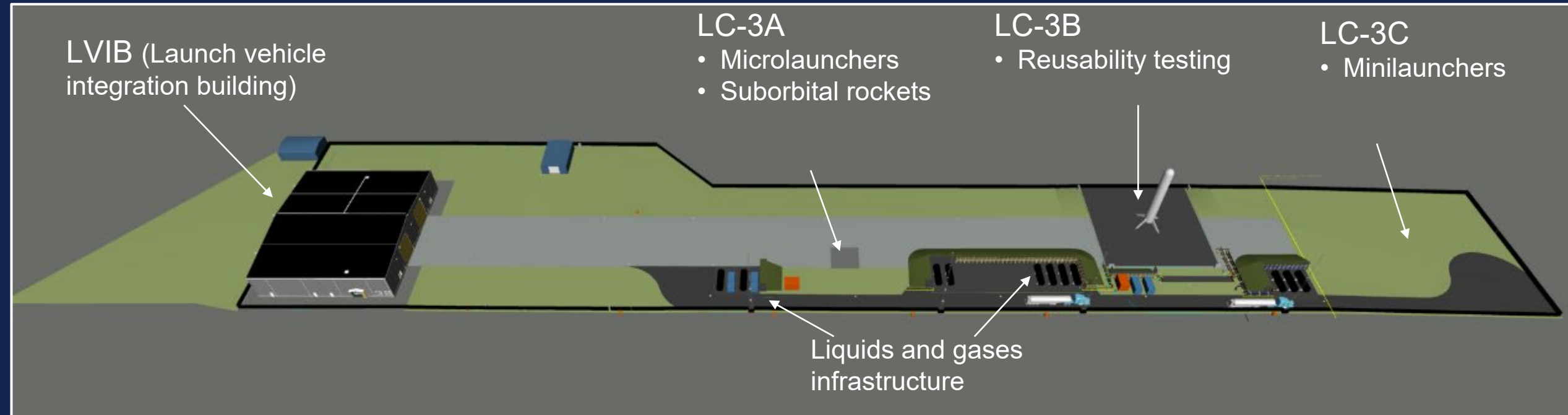
LC-3B

- Reusability testing

LC-3C

- Minilaunchers

Liquids and gases infrastructure





We help Earth benefit from space

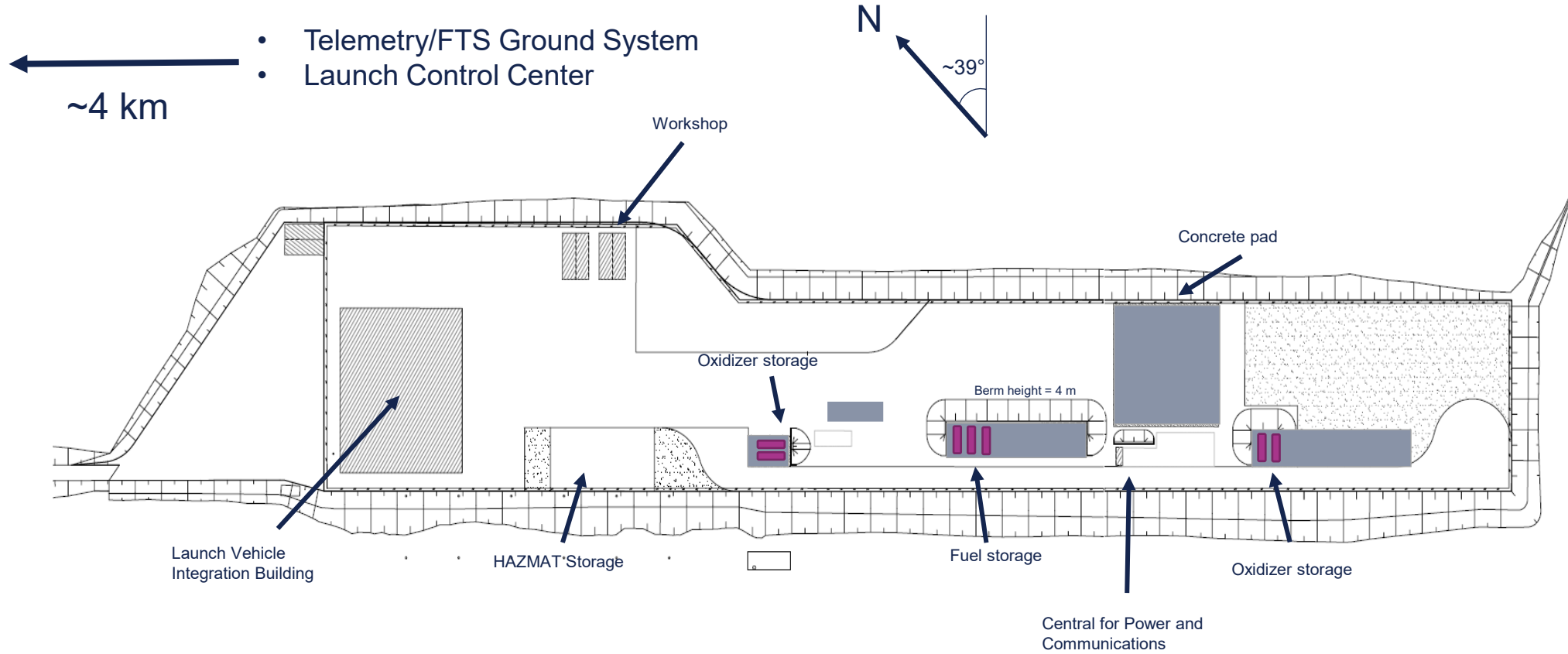


www.sscspace.com



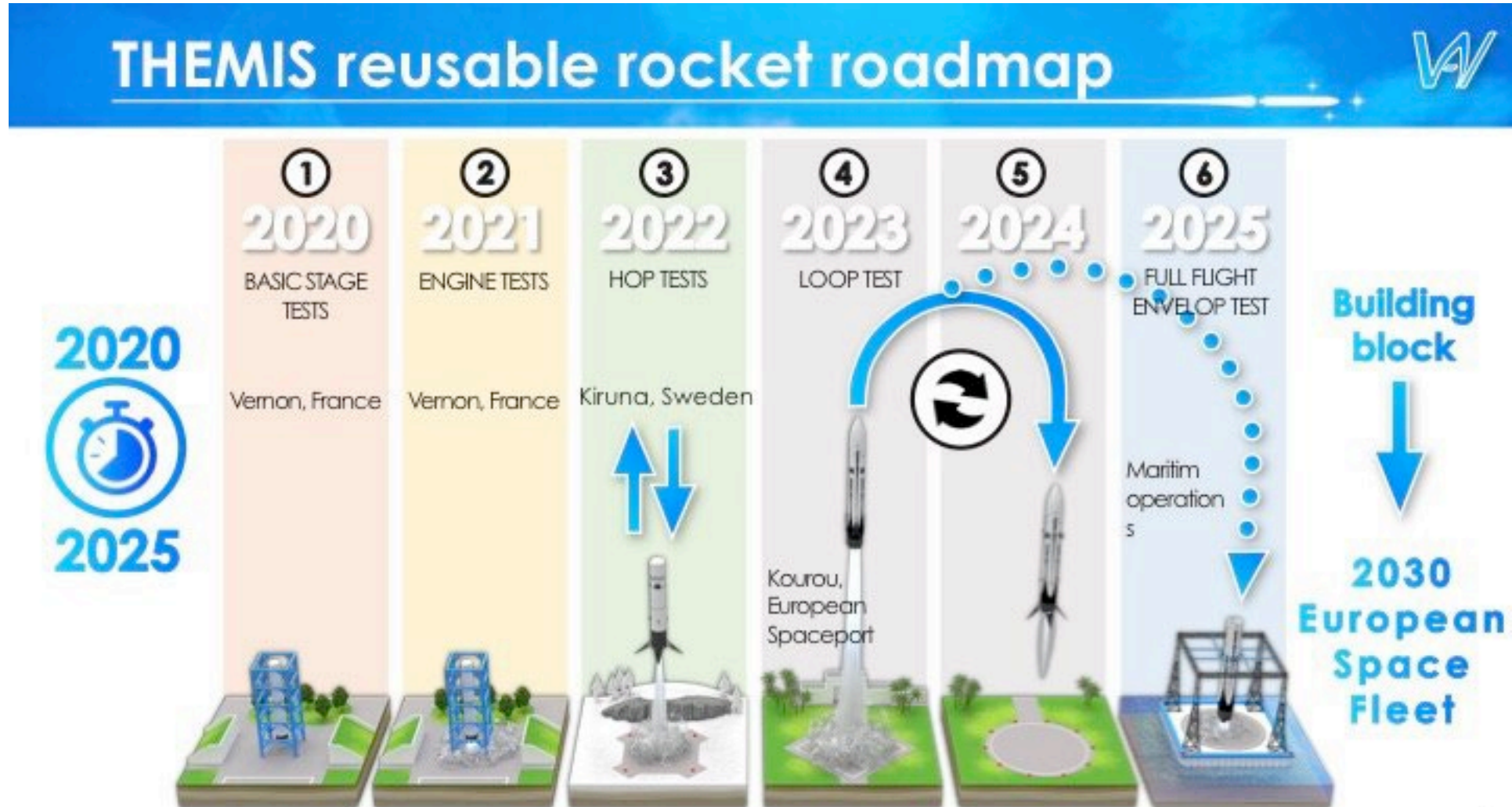
Extra Slides

LC-3 Layout



THEMIS Overview

Reusability test



Vertical Test Stand 1 (VTS-1)

ROCKET FACTORY AUGSBURG (RFA)



Photo credit @RFA



We are part of a strong company family - OHB and MT Aerospace.

Both companies are involved in aerospace ventures such as building satellites (Galileo satellite constellation) or space launch systems (Ariane 5 & 6).

With their support we had a considerable head start in developing our RFA One rocket.

RFA VTS-1

Helix Engine Test (Summer, 2022)

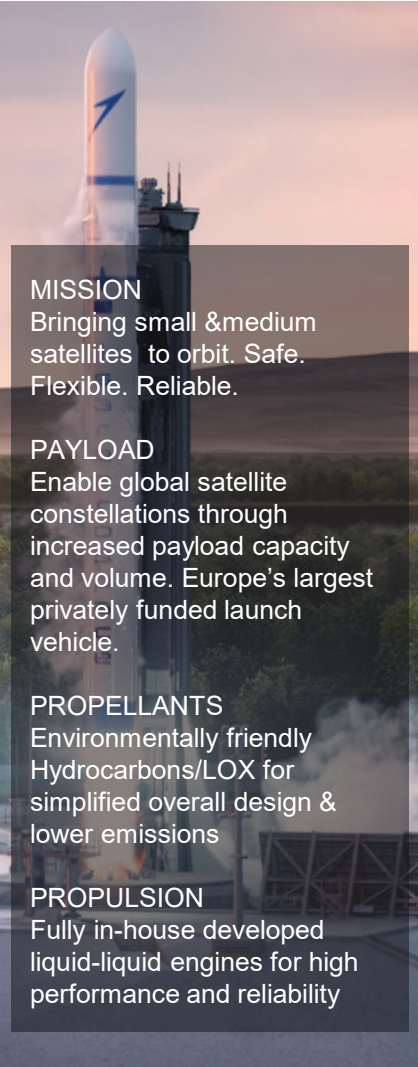


Vertical Test Stand 2 (VTS-2)

ISAR Aerospace



Photo credit @Isar Aerospace



MISSION
Bringing small & medium satellites to orbit. Safe. Flexible. Reliable.

PAYLOAD
Enable global satellite constellations through increased payload capacity and volume. Europe's largest privately funded launch vehicle.

PROPELLANTS
Environmentally friendly Hydrocarbons/LOX for simplified overall design & lower emissions

PROPULSION
Fully in-house developed liquid-liquid engines for high performance and reliability

ISAR Aerospace

Aquila engine

