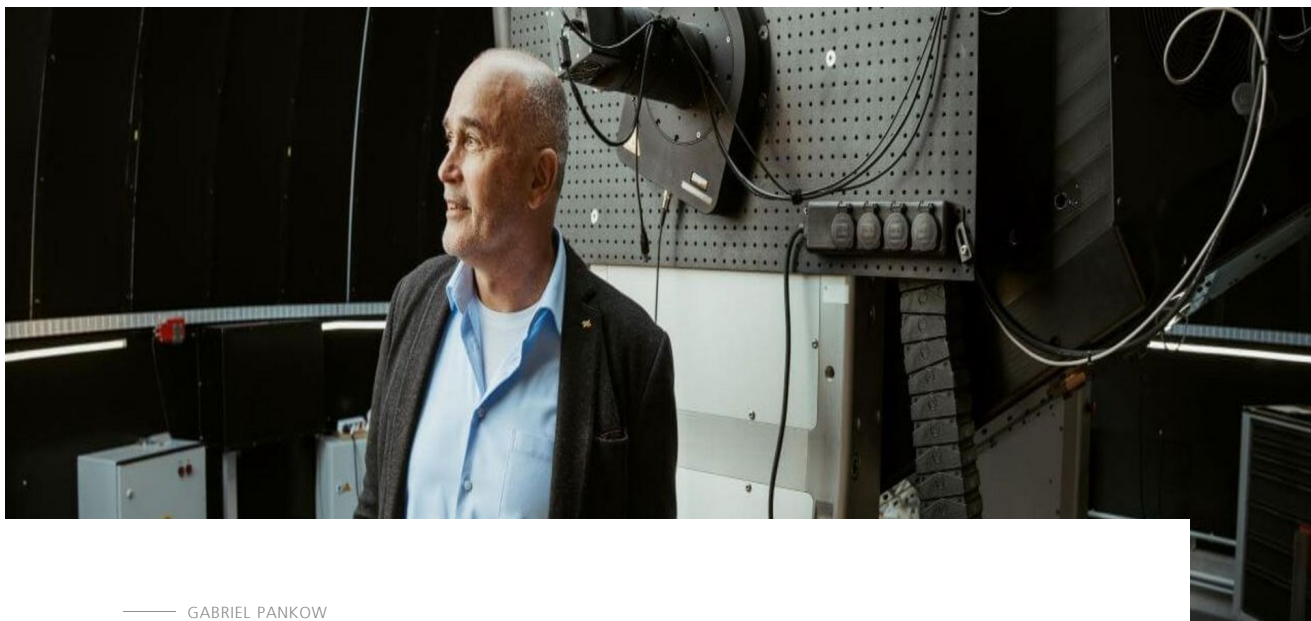




GABRIEL PANKOW

Lézer a szükségmegoldás helyett: "Találtunk egy megoldást az űrszemétre"

A keringési pálya szökössé válik az egész űrszeméttel. És valakinek ki kell találnia valamit, hogy a jövőben elkerüljék az összeütközéseket a szatellit-infrastruktúrával, az állomásokkal. Wolfgang Riede lézerrel akarja megoldani a problémát. Elvileg ez egész egyszerű.

Riede úr, mekkora a probléma a keringési pályán?

Riede: Jelenleg mintegy másfél Eiffel-torony nagyságú. Ekkora tömeg nem kezelhető hulladék kering állandóan a Föld körül, azaz kerek 13.000 tonna. Mivel a keringési pályát egyre jobban és egyre gyorsabban töltik meg a szatellit-infrastruktúrával, arra számítottunk, hogy a hulladék és a szatellitek teljes tömege 2030-ig – tehát csupán öt év alatt! – megduplázódik vagy akár megháromszorozódik.

Mi egyáltalán az űrszemét?

Riede: Ez a homokszemnyit az egészen nagy méretig terjed: Elsősorban mintegy 50 nagy tárgyból áll, így a 68 év űrhajózási történelem során levált rakéta-fokozatokból, például az ESA Európai űrügynökség hatalmas Föld-megfigyelő Envisat műholdjából is, amely 2012-ben megmagyarázhatatlan okok miatt kiadta a lelkét. Aztán számos kicsi elromlott műholdból. Ehhez jön még 40.000 kicsi, több mint tíz centiméteres alkatrész, amit a Földről nyomon tudunk követni. Ezenkívül több millió kicsi alkatrész, amelyeket sokszor nem is tudjuk, merre vannak.

A rakéta-fokozatok és az elromlott műholdak érthetők. De honnan jönnek az egészen kicsi hulladékrészek?

Riede: Az okok úgy a nem ellenőrzött, mint az ellenőrzött ütközésekben rejlenek: Ezek közül sok az úgynevezett műhold-megsemmisítő tesztekkel származik. Az egyesült államokbeli amerikaiak és a szovjetek a hidegháborúban be akarták bizonyítani egymásnak, hogy le tudják tenni a műholdakat rakétákkal. Ez még ma is így történik. 2007-ben Kína letette le egy saját műholdját, 2021-ben Oroszország. Mindkét robbanás hatalmas roncsfelhőt hagyott hátra a keringési pályán.

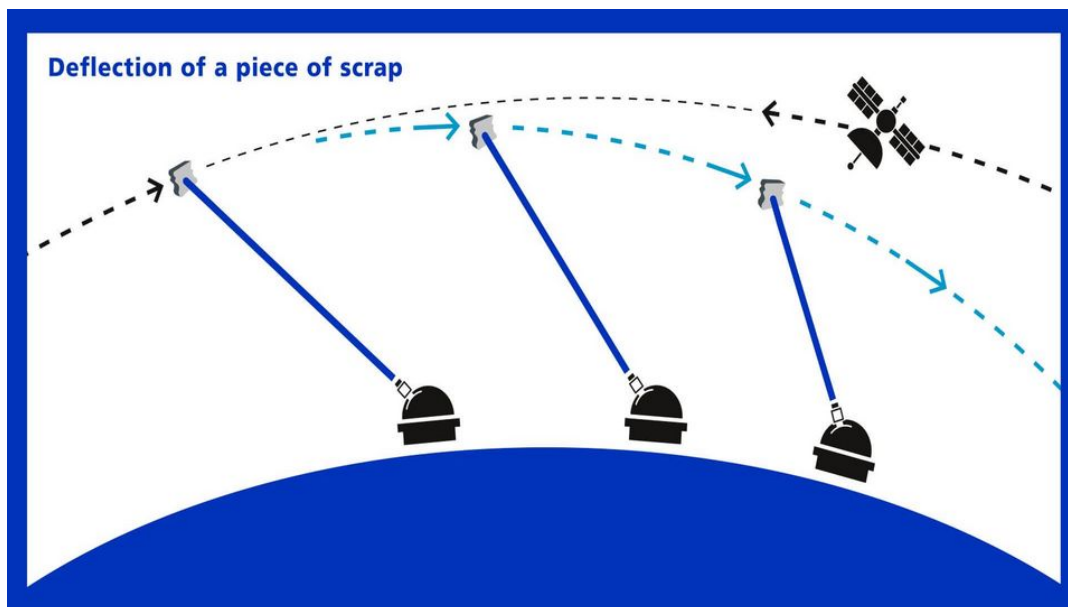
Na jó, ott fent sok hely van ...

Riede: Hely igen, de az alkatrészek mozgásban vannak és akár 28.000 kilométer per óra sebességgel is száguldanak a Föld körül – rövid magyarázatként: ez szinte nyolc kilométer másodpercenként! Minden rész saját keringési pályán van, de ezek nem repülnek szinkronban egymás mellett, ahogy azt a Szaturnusz gyűrűinél láthatjuk, hanem vadul összevissza. Továbbá a részek forognak, és ezáltal mindig kissé módosítják keringési pályájukat. Így fordulhat elő, hogy az ISS Nemzetközi Állomás vagy a számos működő műhold egyike ütközési pályára kerül egy hulladékdarabbal. Ha ezek találkoznak, hatalmas energia





szabadul fel, amit a Földön nemigen tudunk szimulálni. A lézertechnikusok tudnak mit kezdeni ezekkel az értékekkel: Egy egy milliméter átmérőjű - tehát parányi - részecske a keringési pályán történő ütközésnél egy 70 joule per négyzetmilliméter nagyságú energiát generál - ami nagyon sok! Röviden: Az érintett műholdak átlukadnak vagy teljesen szétrepednek. Több millió euró vesz el, a Földön használt infrastruktúra sérül. Ez a probléma.



HELYZET: Egy a keringési pályán lévő hulladékrész ütközési pályára kerül egy műhoddal, és fennáll a veszély, hogy ez utóbbi megsérül vagy tönkremegy. A Földön tíz egymás után kapcsolt földi állomás sugározza a hulladékrészt és eltérítik azt a repülési pályájáról, hogy a műhold épségben maradjon.

Hé, és mit lehet ez ellen tenni?

Riede: Két lehetőség van: Amikor egy ütközést előre látunk, a műholdnak ki kell térnie. Az ISS ezt szinte állandóan megteszi. De ezt utántankolják, a műholdakat nem. A műholdak esetén a kitérési manőverek száma korlátozott, és mindegyik negatívan befolyásolja a teljes élettartamot, azaz rengeteg pénzbe kerül. Másodsorban ismételten vannak tisztítási missziók, ahol a közepes méretű hulladékrészeket robotkar fogja meg és úgynevezett leröpi az atmoszférába, hogy ott elizzanak. Ez sokba kerül és a legtöbb hulladékrész esetén nem is kerülhet szóba. Láthatja: Mindkét eljárás csak szükségmegoldás. Egy igazi megoldásra van szükségünk!

És Ön megtalálta a megfelelő megoldást?

Riede: Azt hiszem, igen. Laser Momentum Transfer, amit mi szeretetteljesen lézerlöketnek nevezünk. A DLR német kutató- és repüléstechnikai központnál lévő csapatunk kidolgozott egy koncepciót, hogyan működik ez. És az elv tényleg közhely: A lézerfényben található fotonok nyomást gyakorolnak, az úgynevezett fénynyomást. Ez csekély. De egy, a keringési pályán száguldó hulladékdarab esetén ez egy döntő különbséget jelenthet. Ha előlről találjuk el egy nagy teljesítményű lézerrel, lefékezzük. Ha hátulról találjuk el, megtoljuk. Ennek értelme: Ha lefékez, süllyed. Ha gyorsul, emelkedik. És így a Földön egyszerűen le tudjuk lökni az ütközési pályáról.

De ennek is van egy csavarja!

Riede: Nem egy lézerállomásra van szükségünk, hanem tízre. Elosztva a földgolyón.

Miért van ez?

Riede: Mert a fénynyomás alacsony. A hulladékrészek sebességét csupán tíz mikrométer per másodperccel tudjuk módosítani. Ami azt jelenti, hogy sokáig kell rajta maradjunk, hogy hatása legyen. Képzelje el, hogy a céltárgy megjelenik a látóhatáron, ekkor a másodpercenként nyolc kilométeres átrepülési sebességnél kb. tíz perc látáskapcsolatunk van, míg ismét eltűnik a másik oldalon. De nem tudjuk sugározni, amikor megjelenik a látóhatáron, mert akkor a szög lapos, és a sugár nagyon nagy



légtérrel kéne átszeljen. Azonban csak a civil forgalom számára letiltott légtérrel szabad használnjuk, és ez a földi állomás körül csak bizonyos sugarú lehet. Tehát várunk, míg közelebb jön. Ekkor el kell találnunk a tárgyat vagy előlről, vagy hátulról, mert vagy le akarjuk fékezni, vagy meg akarjuk lökni. Ezzel még egyszer megfelezzük az időszak, és ténylegesen két-három perces kapcsolat marad. Ez pedig túl kevés egy igazi eltérítéshez. Az eljárás csak akkor működik, ha tíz földi állomás egymás után kapcsolódik és tíz átrepülés alkalmával sugározza a tárgyat. Úgy mond egy lézeres staféta.

Ha minden optimálisan működik, öt éven belül felmutatjuk a koncepció igazolását.

Wolfgang Riede, lézerfizikus és az Aktív Optikai Rendszerek osztály vezetője a stuttgarti német űrkutatási és repüléstechnikai központ műszaki fizikai intézeténél

Értem. De hogyan akarja eltalálni ezt a kicsi tárgyat a keringési pályán?

Riede: Ez nem egy probléma. Az űrhajózásban már nagyon régóta dolgozunk az extrém pontos lézersugaras eljárásokkal ilyen távolságokon. Például, hogy az ilyen hulladékrészeket egyáltalán felfedezzük. Van valami, ami még bonyolult lehet.

Hol akad még?

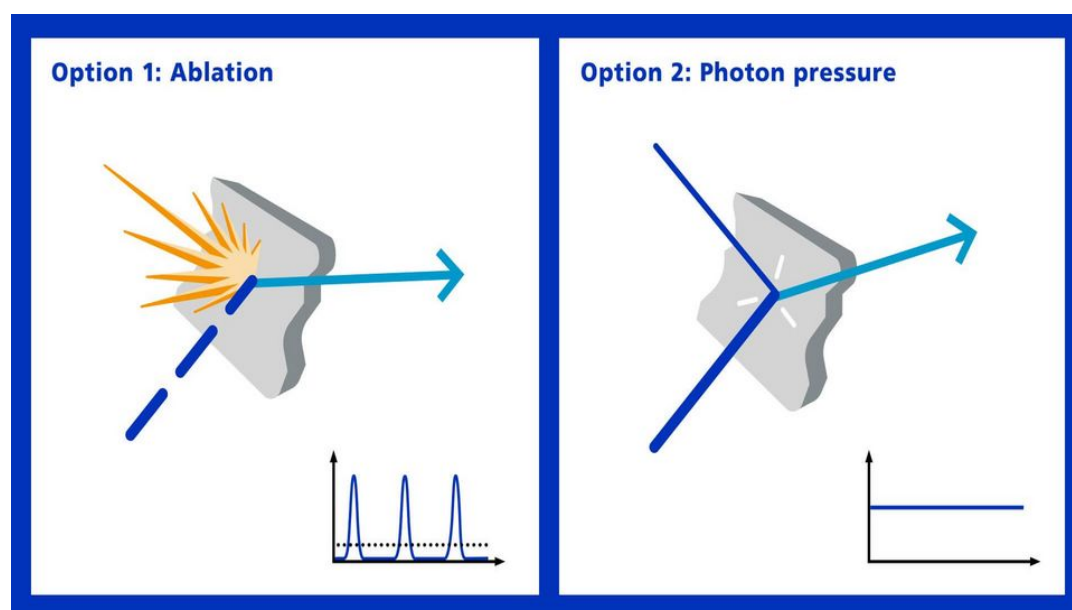
Riede: Mennyivel előtte lehet megjósolni egy ütközést. Ugyanis ez nem könnyű. Ahogy az időjárásnál is egyre nehezebbé válik, ahogy távolabb akarunk tekinteni a jövőbe. Állomásaink azonban pár napot igényelnének az előrejelítéshez. Ezen a problémán dolgozunk.

Működött már valaha a lézerlöket?

Riede: Még sohasem próbáltuk élesben; de ez normális egy űrhajózási projekt esetén. Tudja, a földi állomásokon kívül két mód is szükséges a konstellációban – ami azt jelenti, hogy együttműködnek – a hatás mérésére és jelentésére a sugárzás során. Ezek a módok még nem léteznek.

Akkor mindez csak elméleti ...

Riede: Egyáltalán nem! Észintén szólva én is meg vagyok lepődve, mennyire fellendült a DLR projektünk. Az ESA elfogadta azt, és megbízott minket egy földi állomás megtervezésével. A TRUMPF Scientific Lasers a partnerünk a sugárforrás tekintetében. Ha minden optimálisan működik – finanszírozás, építés, a földi állomások kiválasztása –, öt éven belül felmutatjuk a koncepció elvi igazolását. Jó, lehet nem fog minden optimálisan működni. De akkor is egy áttekinthető idővel beszélünk a megvalósításig.



Balra: Egy impulzusvezérlésű lézersugár olyan erősen éri a tárgyat, hogy ez egy plazmasávot generál, amely eltereli. Előny: Elegendő a tárgy egyszeri áthaladása, tehát az eljárás időtartama rövidebb. Hátrány: Fennáll annak veszélye, hogy a tárgy eltörik és egy veszélyes





hulladékrészből még több keletkezik.

Jobbra: Egy folyamatos lézersugár a fotonok nyomását használja, hogy ellökje a tárgyat a pályáról. Előny: Nem áll fenn annak kockázata, hogy a tárgy szétreped. Hátrány: A tárgy akár tíz átrepülése kell ahhoz, hogy kielégítő eredményt érjünk el. Tehát az eljárás időtartama hosszabb.

Hogyan magyarázza a projektje iránti hirtelen élénk érdeklődést?

Riede: Ahogy mondtam: Az emberiség esetlegesen ki fogja építeni a keringési pálya infrastruktúráját, például a mobil internet forrásaként, lásd a Starlink megoldásokat. Ennek a hulladék problémája állja útját, és a tendencia szerint ez nagyságrendekkel egyre súlyosabb lesz – épp a kiépítés miatt, amely ismét új szemetet generál. Tehát hamarosan szükség lesz egy megoldásra.

És ki fogja a lézerlökötet fizetni?

Riede: A lökötet most az ESA tagállamai fizetik hozzájárulásuk révén. De végül mégiscsak az a terv, hogy a Laser Momentum Transfer szolgáltatásként a piacra kerüljön: magáncégek, szervezetek vagy államok részére, amelyek orbitális infrastruktúrájukat védeni szeretnék. Amikor minden résztvevő felfogja, milyen értékek forognak kockán, a technológia gyakorlatba ültetésének finanszírozása lesz a legkisebb probléma. Nem utolsósorban Németországban most először van egy olyan minisztérium, amelynek nevében szerepel az űrhajózás, így nemzeti szinten is várjuk a politikai hátszelet.



GABRIEL PANKOW
A LÉZERTECHNIKA SZÓVIVŐJE

