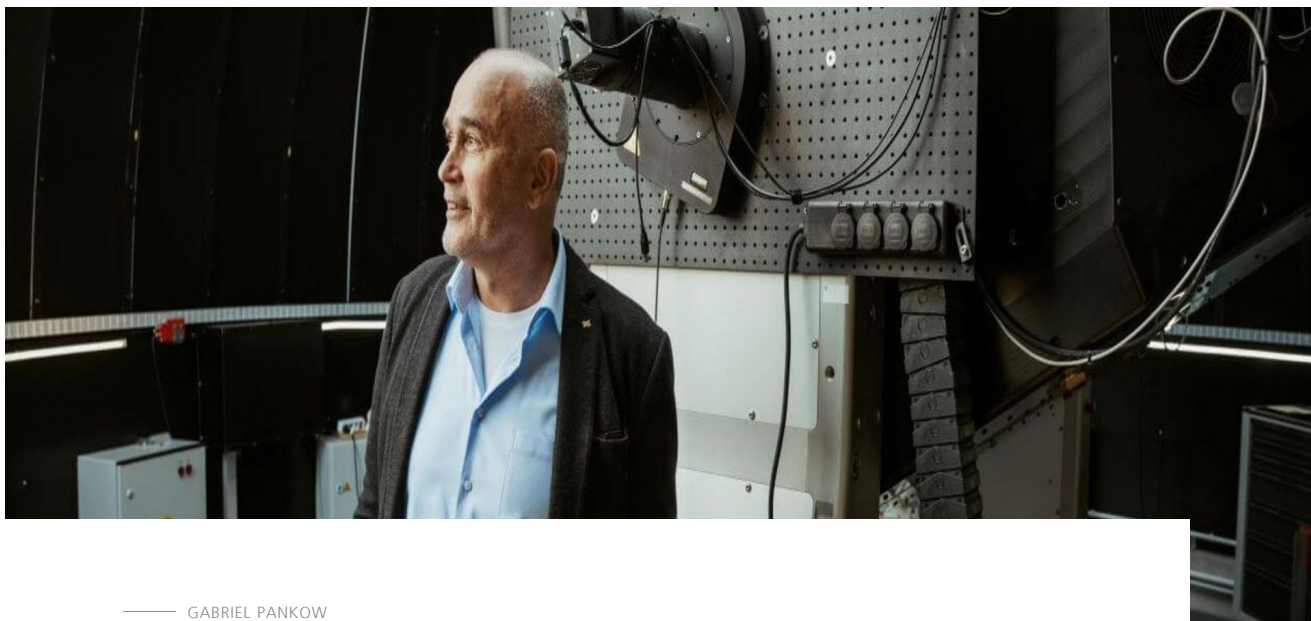




GABRIEL PANKOW

Lasery namiesto dočasných opatrení: „Našli sme riešenie pre vesmírny odpad“

Priestor na obežnej dráhe je čím viac obmedzený kvôli množstvu vesmírneho odpadu. A niekto by naozaj mal vymyslieť niečo, čo by v budúcnosti zabránilo jeho zrážkam so satelitmi a vesmírnymi stanicami. Wolfgang Riede chce tento problém vyriešiť lasermi. V princípe je to celkom jednoduché.

Pán Riede, aký veľký je problém na obežnej dráhe?

Riede: Momentálne je veľkosť približne jednej a pol Eiffelovej veže. Toto je množstvo neovládateľného odpadu, trvalo obiehajúceho okolo Zeme, konkrétne približne 13.000 ton. Keďže sa obežná dráha čím rýchlšie zapája satelitnou infraštruktúrou, očakávame, že celková hmotnosť odpadu a satelitov sa do roku 2030 – čiže len o päť rokov! – zdvojnásobí alebo dokonca aj strojnásobí.

Čo to vlastne je ten vesmírny odpad?

Riede: Jeho veľkosť sa pohybuje od zrnka piesku až po naozaj veľké objekty: Pozostáva napríklad z približne 50 veľkých objektov, ako sú odhodnené raketové stupne zo 68 rokov histórie vesmírnych letov, alebo aj obrovský satelit na pozorovanie Zeme Envisat Európskej vesmírnej agentúry ESA, ktorý v roku 2012 z nevysvetliteľných dôvodov jednoducho zomrel. Okrem toho množstvo malých pokazených satelitov. K tomu je tam ešte približne 40.000 malých kúsokov väčších ako desať centimetrov, ktoré môžeme pozorovať aj zo Zeme. Navyše existujú milióny a milióny menších kúsokov, o ktorých väčšinu ani nevieme, kde sú.

Raketové stupne a pokazené satelity majú svoje vysvetlenie. No odkiaľ sa tam berú všetky tie malé úlomky odpadu?

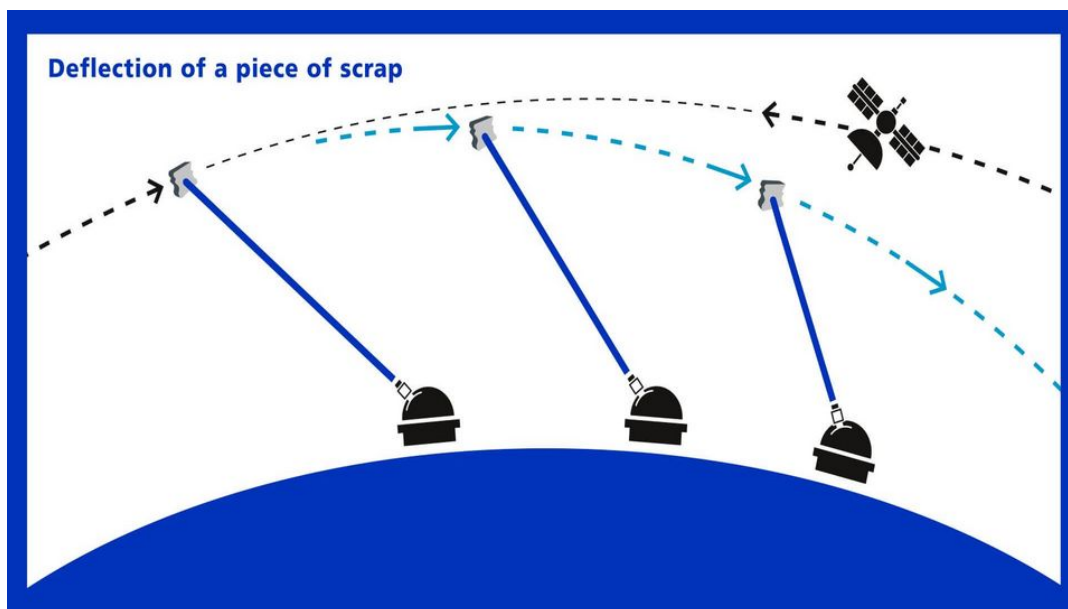
Riede: Príčinou sú tak nekontrolované ako aj kontrolované kolízie: Mnohé pochádzajú z takzvaných protisatelitných testov. Počas studenej vojny si Američania a Sovietski chceli navzájom dokázať, že dokážu zostreliť satelity raketami. Deje sa to ešte aj dnes. V roku 2007 zostrelila Čína jeden zo svojich satelitov a v roku 2021 to isté urobilo Rusko. Obe explózie zanechali na obežnej dráhe obrovské oblaky trosiek.

No dobre, tam hore je dosť miesta ...

Riede: Miesta je síce dosť, no tento odpad je v pohybe a pohybuje sa okolo Zeme rýchlosťou až 28.000 kilometrov za hodinu – len pre porovnanie: Je to takmer osem kilometrov za sekundu! Každá takáto vec je na svojej vlastnej obežnej dráhe, neletia synchronne vedľa seba, ako to poznáme z prstencov Saturnu, pohybujú sa skôr v divokom zmätku. Okrem toho sa otáčajú



a tým neustále mierne menia svoju obežnú dráhu. Takto sa môže stať, že Medzinárodná vesmírna stanica ISS alebo jeden z mnohých fungujúcich satelitov skončí na kolíznej dráhe s niektorým kusom trosiek. Ak sa tieto zrazia, uvoľní sa obrovské množstvo energie, ktoré na Zemi len ťažko dokážeme napodobniť. Laseroví inžinieri budú schopní pochopiť tieto hodnoty: častica s priemerom jedného milimetra – teda malá častica – vyvinie pri zrážke na obežnej dráhe energiu 70 Joulov na štvorcový milimeter – a to je príliš veľa! V skratke: Buď to prestrelí zasiahnuté satelity, alebo ich to úplne rozbije. Stratia sa hodnoty v hodnote desiatok miliónov eur, pričom sa poškodí infraštruktúra, ktorú na Zemi používame. A to už je problém.



SCENÁR: Kus trosiek na obežnej dráhe sa nachádza na kolíznej dráhe so satelitom a hrozí, že ho poškodí alebo zničí. Desať pozemných staníc zapojených do série zo Zeme ožaruje tieto trosky a odkláňa ich trajektóriu pohybu, vďaka čomu je satelit chránený.

Nooo.. a čo vieme proti tomu robiť?

Riede: Máme dve možnosti: Ak predpokladáme kolíziu, musí sa je satelit vyhnúť. Stanica ISS to robí takmer neustále. Tá sa ale dopĺňa palivom, satelity nie. Satelity majú obmedzený počet manévrov vyhýbania a každý z nich skracuje ich celkovú životnosť, čo stojí množstvo peňazí. Po druhé, existujú pravidelné upratovacie vesmírne misie, v ktorých robotické rameno zachytáva stredne veľké kusy trosiek a takpovediac ich vrhá dole do atmosféry, aby tam zhoreli. Toto je ale drahé a pre väčšinu trosiek to ani vôbec neprípadá do úvahy. Vidíte: Obidve metódy sú len núdzové riešenia. To, čo potrebujeme, je správne riešenie!

A Vy ste našli to správne riešenie?

Riede: Myslím si, že áno. Laser Momentum Transfer, u nás láskyplne nazývaný ako štvachanie laserom. náš tím v Nemeckom leteckom a kozmickom centre (DLR) vyvinul koncepciu, ako to funguje. A princíp je naozaj ťažko pochopiteľný: Fotóny v laserovom svetle vyvíjajú tlak, takzvaný svetelný tlak. Ten je nízky. Ale pri rýchlo sa pohybujúcej troske na obežnej dráhe to môže znamenať rozhodujúci rozdiel. Ak ju zasiahneme spredu vysoko výkonným laserom, spomalíme ju. Ak ju zasiahneme zozadu, posunieme ju dopredu. Má to nasledujúci zmysel: Ak spomalí, klesne. Ak zrýchli, stúpne. A tak ho môžeme jednoducho zo Zeme štvachnúť mimo dráhu kolízie.

To ale musí mať nejaký háčik!

Riede: Potrebujeme nie jednu laserovú stanicu, ale desať. Rozmiestnené po zemeguli.

Na čo to je?

Riede: Svetelný tlak je nízky. Rýchlosť trosiek môžeme zmeniť iba o desať mikrometrov za sekundu. To znamená, že musíme na ne mieriť dlhšie čas, aby sme dosiahli ten efekt. Predstavte si, že sa na horizonte objaví cieľový objekt, potom máme pri rýchlosti letu osem kilometrov za sekundu asi desať minút vizuálneho kontaktu, kým opäť zmizne na druhej



strane. Nemôžeme ho však osvetliť hneď, ako sa objaví na horizonte, pretože uhol je potom plochý a lúč by prešiel cez veľkú časť vzdušného priestoru. Môžeme však používať iba vzdušný priestor, ktorý je uzatvorený pre civilnú dopravu, a to len v určitom okruhu okolo pozemnej stanice. Čakáme teda, kým sa nepriblíži. Potom musíme trafiť objekt buď spredu, alebo zozadu, pretože ho chceme buď spomaliť, alebo ho potlačiť dopredu. Časový úsek sa teda opäť skráti na polovicu, nakoniec sa dostaneme na trvanie kontaktu v trvaní iba dvoch až troch minút. Je to príliš málo na skutočné vychýlenie. Tento proces funguje iba vtedy, ak je desať pozemných staníc zapojených sériovo, ktoré ožarujú objekt počas desiatich preletov. Takpovediac roj laserov.



Ak všetko pôjde optimálne, o päť rokov preukážeme funkčnosť.

Wolfgang Riede, laserový fyzik a vedúci oddelenia Aktívne optické systémy na Ústave technickej fyziky v Nemeckom leteckom centre v Stuttgarte

Rozumiem. Ale ako vôbec chcete trafiť túto malú vec na obežnej dráhe?

Riede: To nie je problém. V kozmonautike už veľmi dlho pracujeme s extrémne presnými laserovými metódami na takéto vzdialenosti. Napríklad, aby sme vôbec našli takéto trosky. Je tu niečo iné, čo bude zložitejšie.

Kde to ešte viazne?

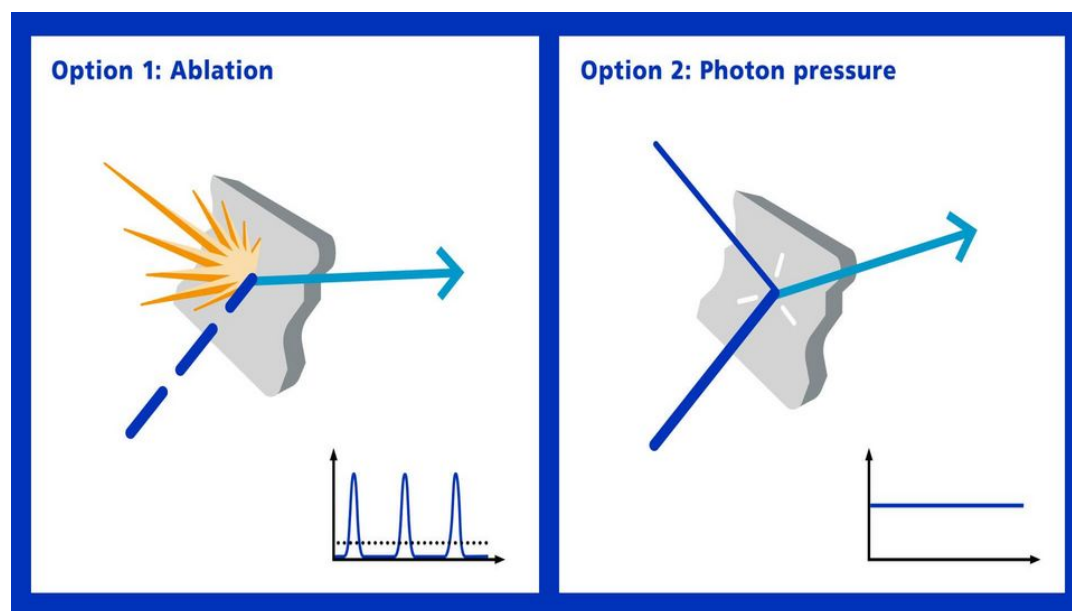
Riede: Ako dlho vopred sa dá presne predpovedať kolízia. Toto totiž nie je jednoduché. Rovnako ako v prípade počasí, čím ďalej do budúcnosti sa chcete pozrieť, tým to bude ťažšie. Naše stanice by ale potrebovali niekoľko dní náskok. Práve pracujeme na tomto probléme.

Podarilo sa už niekedy také štuchnutie laserom?

Riede: Nikdy sme to vlastne neskúsili, ale to je pri vesmírnych projektoch normálne. Vidíte, okrem pozemných staníc sú potrebné aj dva satelity v konštelácii – to znamená, že pracujú spoločne – aby bolo možné meranie úhľu počas ožarovania a jeho hlásenie. Tieto satelity ešte nemáme.

Takže to je všetko len teoreticky ...

Riede: Vôbec nie! Úprimne povedané, sám som prekvapený, ako rýchlo náš projekt v DLR naberať na obrátkach. ESA sa ujala tejto úlohy a poverila nás návrhom pozemnej stanice. Ako partnera pre zdroj lúča sme získali TRUMPF Scientific Lasers. Ak všetko pôjde optimálne – financovanie, výstavba, voľba pozemných staníc – o päť rokov preukážeme princíp funkčnosti. Dobré, pravdepodobne nie všetko pôjde optimálne. Stále však hovoríme o časovom rámci do implementácie, ktorý je možné zvládnuť.



Výhoda: Pulzný laserový lúč zasahuje objekt takou silou, že vytvára plazmový oblak, ktorý ho odkláňa. Výhoda: Postačuje jeden prelet objektu, takže čas potrebný na vychýlenie je kratší.



Nevýhoda: Existuje riziko, že sa objekt rozpadne a jeden nebezpečný kus odpadu sa zmení na niekoľko.

Vpravo: Kontinuálny laserový lúč využíva tlak fotónov na jemné vychýlenie objektu z dráhy.

Výhoda: Neexistuje riziko rozbitia objektu. Nevýhoda: Na dosiahnutie dostatočného účinku je potrebných až desať prechodov. Čas potrebný na vychýlenie je preto dlhší.

Ako si vysvetľujete náhly nárast záujmu o Váš projekt?

Riede: Ako som povedal: Čudstvo masívne rozširuje infraštruktúru na obežnej dráhe, napríklad ako zdroj mobilného internetu, viď napríklad satelitná sieť Starlink. Problém s odpadom je prekážkou a má tendenciu sa rádo zhoršovať – práve kvôli expanzii, ktorá následne vytvára nový odpad. Čoskoro teda budeme potrebovať riešenie.

A kto má zaplatiť za to štuchanie laserom?

Riede: Členské štáty ESA teraz poskytujú svojimi príspevkami počiatočný impulz. V konečnom dôsledku je ale plán ponúknuť Laser Momentum Transfer ako službu na trhu: pre súkromné spoločnosti, organizácie alebo štáty, ktoré chcú chrániť svoju orbitálnu infraštruktúru. Ak všetky zainteresované strany pochopia hodnoty, ktoré sú v stávke, financovanie implementácie technológie by malo byť tým najmenším problémom. V neposlednom rade máme teraz v Nemecku po prvýkrát ministerstvo, ktoré má vo svojom názve vesmírne cestovanie, takže očakávame aj národnú politickú podporu.



GABRIEL PANKOW
HOVORCA PRE LASEROVÚ TECHNIKU

