



Die Raketenindustrie verzeichnet seit sechs Jahren starkes Wachstum und expandiert weiter.

Grafik: zVg, Bild SpaceX Falcon 9: SpaceX (<https://www.spacex.com/launches/sl-6-97>)

lung verzögern. Die Auswirkungen von Raketen auf die Ozonschicht hängen stark vom Antrieb ab: Feststoffmotoren setzen viel Chlor frei, welches das Ozon direkt zerstört, während saubere Treibstoffe wie flüssiger Sauerstoff und Wasserstoff die Ozonschicht deutlich weniger belasten. Diese umweltfreundlicheren Antriebe werden bislang nur selten eingesetzt.

Eine weitere Unsicherheit geht von den Satelliten selbst aus. Die meisten verglühen beim Wiedereintritt in die Atmosphäre und setzen dabei Schadstoffe wie Metallpartikel und Stickoxide frei. Ihre Wirkung auf die Ozonschicht und die Wolkenbildung wird erst seit Kurzem erforscht. Ab 2026 untersucht das EU-finanzierte Projekt SLICE die Auswirkungen von Weltraumstarts auf die Umwelt und das Klima. Vier Schweizer Forschungseinrichtungen, darunter das PMOD/WRC, sind beteiligt. Ziel ist es, fundierte Grundlagen für Risikobewertungen und für allenfalls nötige Regulationen zu schaffen.

Die Erfahrungen mit dem Montreal-Protokoll zeigen: Globale Umweltprobleme lassen sich lösen, wenn Wissenschaft, Politik und Industrie zusammenarbeiten. In der neuen Ära der Raumfahrt braucht es dieselbe Weitsicht und Koordination, um unseren wichtigsten natürlichen Schutzschild, die Ozonschicht, dauerhaft zu bewahren.

SANDRO VATTIONI UND TIMOFEI SUKHODOLOV



S. Vattioni /  
T. Sukhodolov

## Warum der Weltraumboom neue Umweltprobleme aufwirft

Der Blick in den Nachthimmel wandelt sich. Immer mehr Satelliten ziehen ihre Bahnen um die Erde, angetrieben von einer rasant wachsenden Raumfahrtindustrie. Während die Satelliten wichtige Dienste wie Kommunikation, Navigation und Erdbeobachtung bieten, die aus dem Alltag nicht mehr wegzudenken sind, rücken zunehmend die weniger sichtbaren Folgen in den Fokus der Wissenschaft: die Auswirkungen von Raketenstarts auf die Atmosphäre, insbesondere die Ozonschicht. Die Ozonschicht in der Stratosphäre schützt das Leben auf der Erde vor schädlicher UV-Strahlung. Ende des 20. Jahrhunderts wurde sie durch langlebige Chemikalien wie Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) stark geschädigt, sichtbar auch durch das Ozonloch über der Antarktis. Dank des Montreal-Protokolls und des damit verbundenen Verbots dieser Substanzen erholt sich die Ozon-

schicht langsam. Es wird jedoch noch mehrere Jahrzehnte dauern, bis der vorindustrielle Zustand wieder erreicht ist. Bei Raketenstarts gelangen Gase und Partikel direkt in die mittlere und obere Atmosphäre. Im Gegensatz zur Luftverschmutzung in Bodennähe werden diese Emissionen nicht durch Regen oder Wolken entfernt und können lange Zeit bestehen bleiben. Durch die atmosphärische Zirkulation werden sie dann weltweit verteilt, weit über die Regionen hinaus, in denen die Starts stattfinden. Ein Klimamodell, welches an der ETH Zürich und am Physikalisch-Meteorologischen Observatorium Davos (PMOD/WRC) entwickelt wurde, zeigt: Die Emissionen wachsender Raketenaktivitäten könnten die sich erholende Ozonschicht zusätzlich belasten. Zwar sind die Auswirkungen geringer als die historischen FCKW-Schäden, doch selbst kleine Störungen können ihre Hei-

## 20 JAHRE ACADEMIA RAETICA

Die Academia Raetica fördert seit 2006 Forschung, Bildung und Wissenschaft im Kanton Graubünden und darüber hinaus. Feiern Sie zwanzig Jahre Engagement mit uns: **Graubünden forscht, am 6. und 7. November** im Kongresszentrum Davos. Mehr Informationen: [www.gr-forscht.ch](http://www.gr-forscht.ch)

**Sponsored Content: Der Inhalt dieses Beitrags wurde von der Academia Raetica zur Verfügung gestellt: [www.academiaaetica.ch](http://www.academiaaetica.ch)**

## Forschung in Graubünden

# RAKETEN UND DIE OZONSCHICHT