

EUROPÄISCHES METROLOGIE-FORSCHUNGSPROGRAMM

Wirkungsweisen

VERBESSERUNG DER MESSUNGEN ZUM SCHUTZ DES ATMOSPHERISCHEN OZONS

Das Ozon in der Atmosphäre schützt die Erde vor schädlicher UV-Strahlung. Der Mensch hat jedoch die Ozonkonzentration in der Atmosphäre verringert und damit diesen „Schutzschild“ geschwächt.

Die Spektralradiometer, mit denen Ozon gemessen wird, beruhen auf Konstruktionen aus den 1970er und 1980er Jahren. Instrumenten, die das Potenzial für verbesserte Messungen haben, fehlte lange Zeit die messtechnische Verifizierung für die langfristige Überwachung und Genauigkeit, die für den Schutz dieses wichtigen Moleküls erforderlich ist.

DIE NATIONALEN MESSINSTITUTE EUROPAS ARBEITEN ZUSAMMEN

Das Europäische Metrologie-Forschungsprogramm (EMRP) bringt nationale Messinstitute in 23 Ländern zusammen, um wichtige Herausforderungen im Bereich der Messtechnik auf europäischer Ebene anzugehen. Es unterstützt die kooperative Forschung, um sicherzustellen, dass die Messwissenschaft den künftigen Bedürfnissen der Industrie und der Gesellschaft entspricht.





HERAUSFORDERUNG

Ozon, das aus drei miteinander verbundenen Sauerstoffatomen besteht, entsteht in der Stratosphäre durch die Einwirkung der Sonnenstrahlung auf Sauerstoffgas und absorbiert 99% der biologisch schädlichen UV-B-Strahlung der Sonne (280 - 315) nm, die beim Menschen Hautkrebs verursacht. Es ist ein seltenes Molekül, das in einem Bereich von (20-25) km über dem Meeresspiegel, der Ozonschicht, konzentriert ist. Sein Gehalt wird mit Spektralradiometern oder in einer quadratischen Säule (1 cm²) gemessen, die sich von der Erdoberfläche bis an den Rand des Weltraums erstreckt. Würde man das gesamte Ozon in dieser „Gesamtozonsäule“ (TOC) bei 0°C und einem Atmosphärendruck komprimieren, würde sie etwa 3 mm dick sein.

1976 wurde festgestellt, dass das Ozon durch chemische Stoffe zerstört wird, die durch anthropogene Aktivitäten freigesetzt werden, und 1987 wurde das internationale Montrealer Abkommen eingeführt, um die für den Ozonabbau verantwortlichen Stoffe auslaufen zu lassen. Aufgrund dieses Protokolls wird erwartet, dass sich das Ozon bis Mitte des 21. Jahrhunderts wieder auf den Stand von 1980 erholt. Allerdings sind längere Beobachtungszeiträume erforderlich, um sowohl den Zustand des Ozons zu überwachen als auch die Auswirkungen des Klimawandels auf den Ozon Gehalt zu bewerten.

Die etablierten Überwachungsnetze verwenden jedoch unterschiedliche Instrumententypen wie Dobson oder Brewer-Spektralradiometern, die kleine, aber signifikante Unterschiede in den Daten erzeugen, was die Zusammenführung von Ergebnissen aus verschiedenen Netzen erschwert. Darüber hinaus kann das in diesen Instrumenten durch die Sonneneinstrahlung erzeugte „Streulicht“ die schwächeren Ozonsignale überdecken, so dass Korrekturfaktoren erforderlich sind. Um dieses wichtige Molekül zuverlässig messen zu können, wurden verbesserte Instrumente mit höherer Genauigkeit und Langzeitstabilität benötigt.

DIE LÖSUNG

Im Rahmen des atmoz-Projekts wurde ein von Gigahertz-Optik entwickeltes Array-Spektralradiometer, das BTS2048-UV-S, eingehend charakterisiert. Es ist in der Lage, die Sonnenleistung in Schritten von <0,2 nm über das gesamte UV-Spektrum zu messen, anstatt nur bei einigen wenigen Wellenlängen wie bei den Brewer- oder Dobson-Spektralphotometern, und bietet eine höhere Zuverlässigkeit bei der TOC-Ermittlung. Darüber hinaus enthielt das kompakte Instrument 6 verschiedene Filter, um Streulichte effekte zu reduzieren.

Das Spektralradiometer nahm auch an einer Vergleichskampagne in Izaña, Teneriffa, teil, die vom Izaña Atmospheric Research Center der spanischen Meteorologiebehörde (AEMET) und dem World Radiation Center (PMOD-WRC) organisiert wurde. Dabei wurden die neuen Instrumente und Techniken, die im Rahmen des Projekts entwickelt wurden, mit den etablierten Dobson und Brewer Spektralradiometer und dem weltweiten mobilen Standard QASUME verglichen. Die Ergebnisse des Vergleichs zeigten, dass das BTS2048-UV-S qualitativ hochwertige Daten für TOC-Messungen mit Abweichungen von weniger als 1,5% von den meisten anderen Instrumenten in den meisten Situationen und nicht mehr als 3% von etablierten TOC-Messsystemen wie Dobson oder Brewer lieferte.

AUSWIRKUNG

Gigahertz Optik GmbH ist ein weltweit führender Anbieter von Instrumenten und Lösungen für anspruchsvolle Lichtmessungen im gesamten Spektralbereich, einschließlich des UV-Bereichs, allgemeiner LED-Beleuchtung und speziellerer Anwendungen wie LiDAR-Laserleistung und zeitlicher Pulsmessungen. Das Unternehmen nutzte die Rahmenbedingungen die sich durch das Projektkonsortium ergaben und erweiterte sein BTS2048-UV-S-Instrument für Ozonmessungen um neue Funktionen wie einen Sun-Tracker, einen verbesserten Software-Algorithmus für die TOC-Ableitung und einen Kollimator für direkte Sonnenmessungen.

Nach dem Ende des atmoz-Projekts im Jahr 2017 wurde das Array-Spektralradiometer in einer Messkampagne am DWD-Meteorologischen Observatorium in Deutschland, das Teil des globalen Ozonüberwachungsnetzes ist, und am PMOD/WRC in der Schweiz, das Teil des europäischen Brewer-Netzwerks ist, weiter auf seine Langzeitstabilität (> 1 Jahr) getestet. Während der gesamten Messkampagne wurde keine Veränderung der Empfindlichkeit des Geräts festgestellt, was seine Robustheit und Genauigkeit unter Beweis stellt.

Das jetzt von Gigahertz-Optik als BTS-Solar vermarktete Gerät ist das erste Array-Spektralradiometer, das für die Qualität und Präzision von TOC-Messungen validiert wurde und seitdem im EURAMET-Projekt BIOSPHERE eingesetzt wird, das die Auswirkungen der extraterrestrischen Strahlung auf die Ozonschicht untersucht. Der Einsatz von Spektralradiometern wie dem BTS-Solar wird für mehr Sicherheit bei Ozonmessungen sorgen, zur Durchsetzung des Montrealer Vertrags beitragen und das Ozon schützen, das die Erde vor schädlicher UV-Strahlung „abschirmt“.

RÜCKVERFOLGBARKEIT FÜR ATMOSPHERISCHE GESAMTOZONSÄULE

Im Rahmen des ATMOZ-Projekts wurden die Unterschiede zwischen den von den Ozonüberwachungsnetzen verwendeten Referenzspektralradiometern nach Dobson und Brewer bewertet, Korrekturen zur Verbesserung ihrer Leistung vorgenommen und Instrumente zur Gewährleistung einer größeren Genauigkeit in diesem Bereich entwickelt.

Neben einem neuen Softwaretool zur Bewertung der Gesamtunsicherheit von Ozonmessungen mit verschiedenen Netzwerkinstrumenten wurde eine neue abstimmbare Strahlungsquelle (TuPS) entwickelt und validiert, die eine schnelle Charakterisierung von Dobson-Spektrometern im Feld ermöglicht.

Im Rahmen des Projekts wurde auch der Prototyp eines hochauflösenden Array-Spektralradiometersystems, BTS2048-UV-S (BTS-Solar für TOC), entwickelt und seine Fähigkeit zur genauen Messung des Gesamtozons in der Atmosphäre demonstriert. Die Ergebnisse haben den Netzwerken, die Ozon messen, mehr Sicherheit gegeben, so dass die Erholung dieses wichtigen Schutzmoleküls zuverlässiger beurteilt werden kann.



EMRP
European Metrology Research Programme
Programme of EURAMET
The EMRP is jointly funded by the EMRP participating countries within EURAMET and the European Union



Julian Gröbner
PMOD/WRC, Switzerland
julian.groebner@pmodwrc.ch

Ralf Zuber
Gigahertz Optik GmbH
r.zuber@gigahertz-optik.de