

Bildgebende Messtechnik für die Umweltforschung

Bernd Jähne,

Institut für Umweltphysik (IUP) und Interdisziplinäres Zentrum für Wissenschaftliches Rechnen (IWR), Universität Heidelberg, Heidelberg

Abstract

Berührungslose bildgebende Messtechnik ist der Schlüssel dafür, grundlegende physikalische und chemische Prozesse in der Umwelt zu verstehen, die mit anderen Messtechnik nicht adäquat zu erfassen sind. Das wird am Beispiel des Austauschs von kinetischer Energie (Strömung), Wärme und Stoffen zwischen der Atmosphäre und den Ozeanen, Seen und Flüssen gezeigt. Diese Prozesse spielen sich auf mehr als 70% der Erdoberfläche ab und sind trotz jahrzehntelanger Erforschung und ihrer enormen Bedeutung für das Klima und die Stoffkreisläufe auf der Erde bis heute nur ungenügend verstanden. Das hat zwei Gründe.

Zum einen werden die Austauschprozesse durch Grenzschichten beiderseits der Wasseroberfläche kontrolliert, die weniger als ein Millimeter dick sind. Der Transport von Kohlendioxid von der Atmosphäre ins Meer hat einen Flaschenhals in einer wasserseitigen Massengrenzschicht, die nur zwischen 10 und 350 μm dick ist. Es ist offensichtlich, dass Konzentrationen und Strömungen in einer solch dünnen Schicht an einer wellenbewegten Wasseroberfläche nicht mit eintauchenden Sonden gemessen werden können, sondern berührungsloser bildaufnehmender Techniken bedarf. Zum zweiten sind die Prozesse äußerst komplex, da ein Wechselspiel zwischen molekularer Diffusion und anisotroper winderzeugter Turbulenz den Transport bewirkt, der gleichzeitig durch selbst bei niedrigen Windgeschwindigkeiten nichtlinearer Wasseroberflächenwellen beeinflusst und moduliert wird.

In dem Vortrag wird gezeigt, dass Fluoreszenzbildgebung im ultravioletten und sichtbaren Spektralbereich von Stoffen, die man gezielt in das System einbringt und aktive Thermografie die erfolgreichsten bildgebenden Messtechniken sind. Letztere vor allem, weil man mit geeigneter Laserstrahlung im thermischen IR (CO₂-Laser mit 10,6 μm) und NIR (1,56 μm Faserlaser) gezielt Wärmequellen auf die Wasseroberfläche setzen kann und die Antwort des Systems im mittleren thermischen Infrarot zwischen 3-5 μm messen kann. Damit lassen sich nicht nur Austauschraten bestimmen, sondern auch Turbulenz und Strömungsverhältnisse unmittelbar an der Wasseroberfläche analysieren. Diese Techniken wurden zuerst für Messungen in Wind-Wasser-Kanälen entwickelt und eingesetzt und haben sich mittlerweile teilweise als robust genug erwiesen, um auch auf dem Meer, Seen und Flüssen eingesetzt zu werden.