



Turbulente Forschung

Turbulent research



© ARCHIV DER MPI

Strömungsforschung hat in Göttingen eine lange Tradition. Forschende des MPI für Dynamik und Selbstorganisation (MPI-DS) simulieren im Windkanal atmosphärische Bedingungen, um unter anderem Windkraftanlagen zu optimieren.

Flow research has a long tradition in Göttingen. Researchers at the MPI for Dynamics and Self-Organisation (MPI-DS) simulate atmospheric conditions in the wind tunnel to optimise wind turbines.

TEXT MARIELE WATZGEN

Bereits 1906 entwickelte der Physiker Ludwig Prandtl eine neue geschlossene Form des Windkanals – bis heute bekannt als die Göttinger Gaurt. Mithilfe des Kanals erzielen das Kaiser-Wilhelm-Institut (KWI) für Strömungsforschung (heute das MPI für Dynamik und Selbstorganisation, MPI-DS) und die Aerodynamische Versuchsanstalt der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft fundamentale Erkenntnisse über die Strömungsmechanik. Einer der vor fast 100 Jahren von Ludwig Prandtl konstruierten Windkanäle ist noch immer am MPI-DS in Betrieb.

Während der Zeit des Nationalsozialismus wurde die Arbeit an den beiden Einrichtungen für die militärische Forschung instrumentalisiert. So wurden in den Windkanälen verschiedene Flugkörper, Tragflächen und Turbinen vermessen, um ihre Konstruktion zu optimieren. Nach Ende des Zweiten Weltkriegs wurde die Aerodynamische Versuchsanstalt geschlossen, lediglich das KWI für Strömungsforschung durfte als Institution der Grundlagenforschung bestehen bleiben. Im Februar 1948

As early as 1906, the physicist Ludwig Prandtl developed a new closed form of wind tunnel – still known today as the Göttingen design. With the help of the tunnel, the Kaiser Wilhelm Institute (KWI) for Flow Research (now the MPI for Dynamics and Self-Organisation, MPI-DS) and the Aerodynamics Research Institute of the Kaiser Wilhelm Society achieved fundamental insights into fluid mechanics. One of the wind tunnels constructed by Ludwig Prandtl almost 100 years ago is still in operation at the MPI-DS.

During the National Socialist era, activities at the two facilities were instrumentalized for military research. Thus, various missiles, wings and turbines were measured in the wind tunnels in order to optimise their design. After the end of World War II, the Aerodynamics Research Institute was permanently closed, only the KWI for Flow Research was allowed to remain as an institution for basic research. In February 1948, this institute finally became the venue for the founding of the Max Planck Society. Flow research was resumed in the post-war years with

Viel Platz braucht der neue Windkanal am IWT für Dynamik und Selbstorganisation. Mit seiner Hilfe können die turbulenten Strömungen in der Atmosphäre in kleinerem Maßstab exakt nachgebildet werden.

The new wind tunnel at the IWT for Dynamics and Self-Organization takes up a lot of space. With its help, the turbulent flows in the atmosphere can be exactly reproduced on a smaller scale.



wurde dieses Institut schließlich Schauplatz für die Gründung der Max-Planck-Gesellschaft. Die Strömungsforschung wurde in den Nachkriegsjahren mit demilitarisiertem Fokus wieder aufgenommen und wird am MPI für Dynamik und Selbstorganisation in Göttingen bis heute fortgeführt.

Neue Forschungsziele für eine nachhaltige Zukunft

Am Standort auf dem Göttinger Falberg betreibt das Institut in der großen Experimentierhalle seit 2006 einen neuen Windkanal. In einer geschlossenen Röhre von etwa 1,5 Metern Durchmesser können unter hohem Druck verschleierte Strömungen erzeugt werden. Auf einer Messstrecke von acht Metern detektiert eine Hochgeschwindigkeitskamera einzelne, von einer Lichtquelle erhellte Partikel mit bis zu 25.000 Bildern in der Sekunde. Das Besondere an dem Windkanal: Er nutzt statt Raumluft das wesentlich dichtere Gas Schwefelhexafluorid (SF₆), das in einem geschlossenen Kreislauf unter bis zu 15 bar Druck gesetzt und trotz seiner hohen Dichte auf bis zu fünf Meter pro Sekunde beschleunigt wird. Diese Bedingungen bilden die turbulenten Strömungen in der Atmosphäre in kleinerem Maßstab exakt nach, da Computersimulationen oft nicht ausreichen, um diese zu modellieren.

„Den Effekt der atmosphärischen Turbulenz auf die Turbinen untersuchen, um die Effizienz von Windkraftanlagen zu erhöhen“

Jünger Windkanal erlaubt es uns, direkte experimentelle Messungen unter atmosphärischen Bedingungen durchzuführen, die sonst technisch nicht möglich wären“, erklärt

a demilitarized focus and continues until today at the MPI for Dynamics and Self-Organization in Göttingen.

New research goals for a sustainable future

At the Falberg Campus in Göttingen, the Institute has been operating a new wind tunnel in the large experimental hall since 2006. In a closed tube of about 1.5 metres in diameter, a wide variety of flows can be generated under high pressure. Over a measuring distance of eight metres, high-speed cameras detect individual particles illuminated by a light source at up to 25,000 images per second. The special feature of the wind tunnel: instead of room air, it uses the much denser gas sulfur hexafluoride (SF₆), which is pressurized up to 15 bars in a closed circuit and despite its high density is accelerated to up to five metres per second. These conditions accurately replicate turbulent flows in the atmosphere on a smaller scale, as computer simulations are often insufficient to model them.

“Investigating the effect of atmospheric turbulence on wind turbines in order to increase their efficiency”

“Our wind tunnel allows us to perform direct experimental measurements under atmospheric conditions that would otherwise be technically impossible,” explains flow researcher Eberhard Bodenschatz, director at MPI-DG. “The special technical properties of the channel make it unique in its design and enable a variety of research approaches,” he continues.

For their experiments, the scientists use small cellulose particles, such as those found in makeup powder, which can be tracked by the cameras along the measurement path. In this way, predictions about flow behaviour from theoretical physics



Erforscht mithilfe des Windkanals des Strömungswissenschaftlers in Windturbinen:
Gruppenleiter Claudio Brunner.

Group Leader Claudio Brunner uses the wind tunnel to research the flow behaviour in wind farms.

Wälforschung hoch im Gebirge und auf hoher See: das Schneerfennhaus unterhalb des Gipfels der Zugspitze (links) und der mobile CloudKite des MPI-DS im Eiswatz.

Cloud research high in the mountains and at sea: the Schneerfennhaus below the summit of the Zugspitze (left) and the mobile CloudKite of the MPI-DS in action.




© MPI-DS

Stromungsforscher Eberhard Bodenschatz, Direktor am MPI-DS. „Die speziellen technischen Eigenschaften des Kanals machen ihn in seiner Bauart einzigartig und ermöglichen eine Vielzahl von Forschungsansätzen“, führt er fort.

Für ihre Experimente nutzen die Wissenschaftler*innen kleine Zellulosepartikel, wie sie zum Beispiel in Make-up-Puder vorkommen, die von den Kameras entlang der Messstrecke verfolgt werden können. So lassen sich Vorhersagen zum Strömungsverhalten aus der theoretischen Physik experimentell überprüfen. Auch maßstabsgereine Objekte können im Kanal platziert werden, um ihren Einfluss auf die Strömung unter verschiedenen Bedingungen zu messen. In einem Projekt erforscht hier Gruppenleiterin Claudia Brunner beispielsweise das Strömungsverhalten in Windparks. „Wir untersuchen den Effekt der atmosphärischen Turbulenz auf die Turbinen, um die Effizienz von Windkraftanlagen zu erhöhen“, berichtet Brunner. „Darüber hinaus können wir so auch experimentell bestimmen, wie sich Windkraftanlagen gegenseitig beeinflussen“, erläutert die Wissenschaftlerin.

Feldstudien zur Strömungsforschung

Doch nicht nur der Windkanal liefert Erkenntnisse zur Strömungsforschung. Auf dem Gipfel der Zugspitze betreibt das MPI-DS ein Experiment, mit dem kleine Wassertröpfchen in Wolken beobachtet werden. Parallel dazu werden mit dem mobilen CloudKite von der Südbö bis in die finnische Tundra Tröpfchen in großer Höhe gemessen. Der CloudKite ist ein angebundener, 250 Kubikmeter großer, mit Helium gefüllter Drachensack, der 15 Meter lang und zehn Meter breit ist. Mit seiner Hilfe können die Forschenden Wolken aufspinnen und abwärts von topografischen Einflüssen Messungen durchführen. Er ist in der Lage, eine Nettolastlast von 75 Kilogramm zu heben, wenn er in einer Höhe von einem Kilometer über dem Meeresspiegel betrieben wird. Die Wissenschaftler*innen wollen so die Rolle von Turbulenz in der Wolkenphysik verstehen lernen. Ähnlich dem Aufbau im Windkanal verfolgen Kameras das Strömungsverhalten der von Lasern erhellen atmosphärischen Partikel. „Auf diese Weise können wir die physikalischen Prozesse bei der Entstehung von Wolken im Detail nachvollziehen“, erläutert Bodenschatz.

Diese Erkenntnisse tragen schließlich zu einem besseren Verständnis der globalen klimatischen Bedingungen und der Wetterentwicklung bei. So hilft die heutige Strömungsforschung, die Herausforderungen unserer Zeit zu bewältigen. 



Der Film des Max-Planck-Instituts für Dynamik und Selbstorganisation zeigt die innovative Grundforschung zur Mikrophysik in Wolken, wie sich Wolken und Regen zueinander verhalten, aber auch, was in jedem einzelnen Tropfen passiert.



The film of the Max-Planck Institute for Dynamics and Self-Organization shows the innovative basic research on microphysics in clouds, how clouds and rain relate to each other, but also what happens in each individual drop.

can be verified experimentally. Moreover, scale objects can be placed in the channel to measure their influence on flow under different conditions. In one project, group leader Claudia Brunner analyses flow behaviour in wind farms. „We are investigating the effect of atmospheric turbulence on wind turbines in order to increase their efficiency,“ Brunner reports. „In addition, this also allows us to experimentally determine how wind turbines mutually affect each other,“ the scientist explains.

Field studies for flow research

But it is not only the wind tunnel that provides insights into flow research: on the summit of the Zugspitze, the MPI-DS is running an experiment to observe minuscule water droplets in clouds. In parallel, the mobile CloudKite is measuring droplets at high altitudes from the South Sea to the Finnish tundra. The CloudKite is a tethered 250 cubic metre helium-filled balloon-kite, which is 15 metres long and ten metres wide. With its help, researchers can detect clouds and take measurements away from topographic effects. It is capable of lifting a net payload of 75 kilogram when operating at an altitude of one kilometre above the sea level. In this way, the researchers hope to gain an understanding of the role of turbulence in cloud physics. Similar to the setup in the wind tunnel, cameras track the flow behaviour of atmospheric particles illuminated by lasers. „In this way, we can understand in detail the physical processes involved in cloud formation,“ Bodenschatz explains.

These findings ultimately contribute to a better understanding of global climatic conditions and weather development. In this way, today's flow research is helping to meet the challenges of our time. 



Lesen Sie mehr / Read more:
<https://doi.org/10.1007/s11464-023-0915-4>