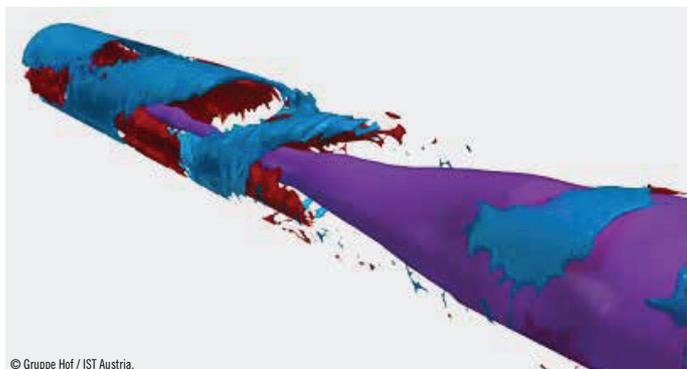


Blutströme turbulenter als erwartet

Man geht davon aus, dass der Blutfluss im menschlichen Körper überwiegend gleichmäßig und nicht turbulent ist. Instabiler Fluss wird mit einer Vielzahl von Herz-Kreislauf-Erkrankungen in Verbindung gebracht. Prof. Björn Hof vom IST Austria hat mit einem internationalen Forscherteam gezeigt, dass der Blutkreislauf turbulenter ist als bisher angenommen.



© Gruppe Hof / IST Austria.

Dreidimensionale Rekonstruktion der „helikalen Instabilität“ (Abbildung mit freundlicher Genehmigung von Michael Riedl).

Der Blutfluss im menschlichen Körper wird aufgrund seiner geringen Geschwindigkeit und hohen Viskosität im Allgemeinen als gleichmäßig angenommen. Unregelmäßiger Blutfluss wird mit verschiedenen Herz-Kreislauf-Erkrankungen in Verbindung gebracht und fördert nachweislich Funktionsstörungen und Entzündungen in der inneren Schicht der Blutgefäße. Dies wiederum kann zur Entwicklung von Arteriosklerose führen, einer weltweit führenden Todesursache, bei der sich die arteriellen Wege im Körper aufgrund von Plaqueablagerungen verengen. Die Ursache für diese Instabilität ist jedoch noch nicht gut verstanden. Nun hat der IST-Austria-Professor Björn Hof (Bild r. Seite) zusammen mit einem internationalen Forscherteam gezeigt, dass pulsierende Blutströme, wie die unseres Herzens, stark auf geometrische Unregelmäßigkeiten in den Gefäßen (wie Plaqueablagerungen) reagieren und viel höhere Geschwindigkeitsschwankungen verursachen als bisher angenommen. Die Forschung könnte Auswirkungen darauf haben, wie wir in Zukunft Krankheiten untersuchen, die mit dem Blutfluss zusammenhängen.

„In diesem Projekt wollten wir untersuchen, ob die Erkenntnisse, die wir kürzlich über den Ursprung von Turbulenzen in Rohrströmungen gewonnen haben, Licht auf Instabilitäten in pulsierenden Strömungen und auf die kardiovaskuläre Strömung in Blutgefäßen werfen können“, sagt Hof. „Unsere Ergebnisse deuten darauf hin, dass ein bisher unbekannter Mechanismus Turbulenzen in pulsierenden Strömungen im menschlichen Körper bei niedrigeren Strömungsgeschwindigkeiten als bisher angenommen verursachen kann.“

Warum ist ein turbulenter Blutfluss gesundheitsgefährdend?

Die Innenwand eines Blutgefäßes, das Endothel, reagiert sehr empfindlich auf eine als „Scherspannung“ bezeichnete Kraft, die sich in diesem Fall auf die Reibung bezieht, die durch den Blutfluss an der Innenseite eines Blutgefäßes entsteht. Normalerweise sind die Zellen innerhalb des Endothels an relativ gleichmäßige Fließgeschwindigkeiten in einer Richtung angepasst. Wenn jedoch Turbulenzen im Gefäß entstehen (z.B. aufgrund einer geometrischen Unregelmäßigkeit), wird die Strömung multidirektional und führt zu wechselnden Scherkräften auf das Endothel. Solche Spannungsschwankungen können eine zelluläre Dysfunktion, eine Entzündung des Endothels und langfristig eine Arteriosklerose auslösen.

Das Forscherteam hat bewiesen, dass Blutgefäße mit geometrischen Unregelmäßigkeiten wahrscheinlich mehr Turbulenzen verursachen als bisher angenommen. In ihren Experimenten konnte Dr. Atul Varshney nachweisen, dass bei einer Verlangsamung des pulsierenden Blutflusses (z.B. zwischen Herzschlägen) Turbulenzen entstehen, insbesondere in Bereichen mit geometrischen Unregelmäßigkeiten. Sobald der Fluss wieder beschleunigt wurde, wie z.B. beim Herzschlag, wurde er glatt und turbulenzfrei. Das bedeutet, dass, wenn ein Blutgefäß nicht ideal geformt ist oder geometrische Unregelmäßigkeiten aufweist, bei jedem Pulszyklus oder Herzschlag wahrscheinlich eine turbulenterere Strömung auftritt. Die Forschung könnte wichtige Auswirkungen darauf haben, wie die medizinische Gemeinschaft den Blutfluss modelliert, insbesondere in großen Blutgefäßen wie der Aorta.

Björn Hof schließt daraus: „Es ist erstaunlich, dass diese Instabilität in früheren Studien übersehen wurde. Wir vermuten, auch wegen der komplexen Zusammensetzung des Blutes, dass es andere Mechanismen geben könnte, die bei noch niedrigeren Geschwindigkeiten Turbulenzen im kardiovaskulären Fluss verursachen können. Wie in der vorliegenden Studie wird auch unsere zukünftige Arbeit darauf abzielen, grundlegende Mechanismen zu identifizieren, die für andere Bereiche wie die Medizin relevant sind.“

Veröffentlichung: Duo Xu, Atul Varshney, Xingyu Ma, Baofang Song, Michael Riedl, Marc Avila & Björn Hof. 2020.



Mercedes-Benz

Eugen R. Dietrich & Co.

1200 Wien, Jägerstraße 68-70

Tel. 330 84 740

www.mercedes-dietrich.at

Blood flows could be more turbulent than expected

Blood flow in the human body is assumed to be mostly smooth and non-turbulent. On the other hand, unstable and unsteady flow is linked to a variety of cardiovascular diseases including arteriosclerosis — one of the leading causes of death worldwide. Now, Professor Björn Hof from the Institute of Science and Technology Austria (IST Austria), together with a team of international researchers, has shown that our bloodstream is more turbulent than what has been previously thought.

Blood flow in the human body is generally assumed to be smooth due to its low speed and high viscosity. Unsteadiness in blood flow is linked to various cardiovascular diseases and has been shown to promote dysfunction and inflammation in the inner layer of blood vessels, the endothelium. In turn, this can lead to the development of arteriosclerosis — a leading cause of death worldwide — where arterial pathways in the body narrow due to plaque buildup. However, the source of this unsteadiness is not well understood. Now, IST Austria professor Björn Hof, together with an international team of researchers, has shown that pulsating blood flows, such as those from our heart, react strongly to geometric irregularities in vessels (such as plaque buildup).

Why is turbulent blood flow hazardous to health?

The inner wall of a blood vessel, the endothelium, is very sensitive to a force known as “shear stress” which, in this case, refers to the friction created by blood flow on the inside of a blood vessel. Normally, the cells within the endothelium are adapted to relatively steady flow rates in one direction. However, if turbulence arises in the vessel (e.g., due to a geometric irregularity), the flow becomes multi-directional and results in changing shear stress forces on the endothelium. Such stress fluctuations can trigger cellular dysfunction, inflammation of the endothelium and, in the long term, arteriosclerosis. The team has proven both experimentally and theoretically, that blood vessels with geometric irregularities are likely to cause more turbulence than previously thought. In their experiments, which were conducted at IST Austria, team member Dr. Atul Varshney was able to demonstrate that, when pulsating blood flow slows down (e.g., in between heartbeats), turbulence was created, especially in areas that had geometric irregularity. Once the flow was accelerated again, such as with the beat of a heart, it became smooth and

turbulent free (otherwise known as laminar flow). This means that if a blood vessel is not ideally shaped or has geometric irregularities, more turbulent flow is likely to occur with each pulse cycle or heartbeat. The research could have important ramifications in how the medical community models blood flow, especially in large blood vessels such as the aorta.



Hof concludes: *“It is astonishing that this instability has been overlooked in earlier studies. We suspect, also because of the complex composition of blood, that there may be other mechanisms that can cause turbulence in cardiovascular flow at even lower speeds. Like in the present study, also our future work will aim to identify fundamental mechanisms that are relevant to other areas such as medicine.”*

About the research

This research was carried out by scientists from the Institute of Science and Technology Austria (IST Austria) — the Hof group, the Center for Applied Space Technology and Microgravity at the University of Bremen, Germany, the Friedrich-Alexander-University Erlangen-Nuremberg, Germany, and the Center for Applied Mathematics at Tianjin University, China. It was supported by funding from the European Union’s Horizon 2020 program as well as grants from the Austrian Science Fund.