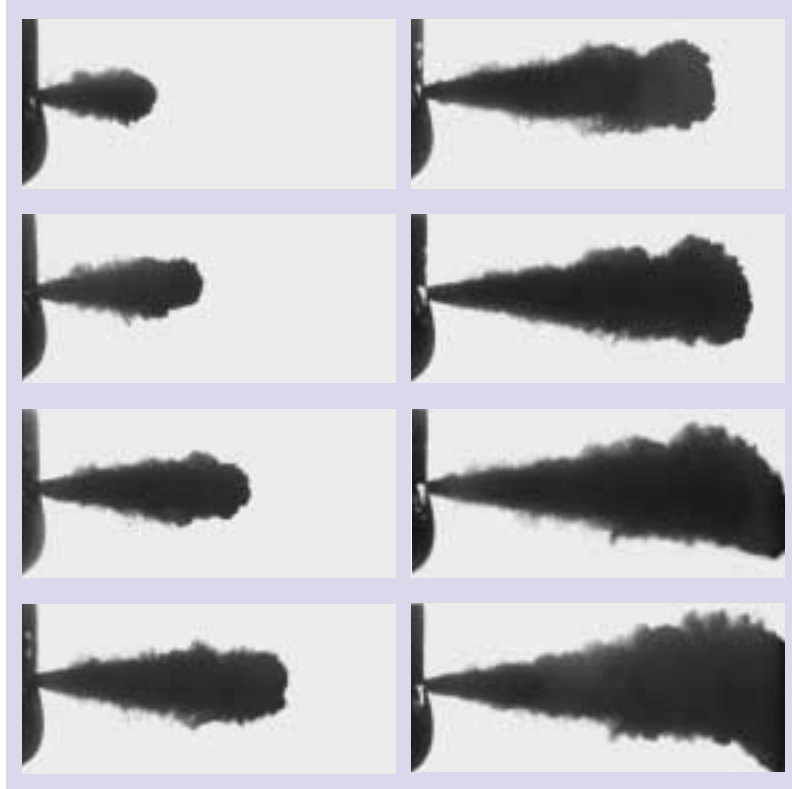


DLR_School_Lab

Messtechnik

Göttingen

www.schoollab.dlr.de



Videografie von ultraschnellen Vorgängen

Geschwindigkeit ist eine HighTech-Hexerei

Berühmt sind Bilder wie beispielsweise der Flug eines Projektils durch einen Apfel. Solche Aufnahmen werden üblicherweise mit Hochgeschwindigkeits-Filmkameras gemacht. Der Nachteil dieser Kameras: sie sind groß und schwer, schlecht mit der Bewegung des Objekts zu synchronisieren und arbeiten mit konstanter Bildrate. Außerdem liegt das Ergebnis erst nach der Filmentwicklung vor. Bei einmaligen Ereignissen ist eine Wiederholung der Aufnahmen zu einem späteren Zeitpunkt häufig unmöglich, wenn sich nach der Entwicklung herausstellt, dass ein Fehler vorgelegen hat. Der Materialverbrauch ist groß, da die Bilder nur selten nach dem ersten Versuch zufriedenstellend sind. Der Vorteil: man kann längere Sequenzen von 200 Bildern und mehr aufnehmen.

Seit Mitte der 90er Jahre gibt es eine alternative Lösung: eine leichtere und flexible Videokamera, die 40.000-mal schneller ist als normale, handelsübliche Camcorder. Diese so genannte Ultrahochgeschwindigkeits-Videokamera UHSV-288 wurde am Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik des DLR in Göttingen entwickelt. 1997 und 1998 stand sie als schnellste Kamera der Welt im Guinness-Buch der Rekorde. In den USA wird sie in Lizenz nachgebaut.

Mit dieser faszinierenden Kamera soll eine Reihe von Versuchen mit dem Ziel unternommen werden, einen Vorgang zeitlich detailliert so aufzulösen, wie er dem menschlichen Auge in natura nicht zugänglich ist: das Platzen eines Luftballons!



Bild auf der Titelseite:
Einspritzvorgang bei
einem Dieselmotor.

Rechts und unten:
Die Ultra High Speed
Video Kamera.



Warum eine ultraschnelle Videokamera?

In Forschung und Technik hat man es oft mit Vorgängen zu tun, die mit so großen Geschwindigkeiten ablaufen, dass man sie weder mit bloßem Auge beobachten noch mit herkömmlichen Aufnahmeverfahren festhalten kann.



Es handelt sich dabei z.B. um Explosionen, Aufprallvorgänge, Plasmaentladungen, Riss- oder Wellenausbreitungen. Auch die Flugphasen eines Insektes gehören dazu, ebenso wie die Bewegung schnell laufender Maschinen. Die Automobilindustrie untersucht z.B. Einspritz- und Verbrennungsvorgänge mit dem Ziel, die Verbrennung mit einer geringeren Schadstoffentwicklung ablaufen zu lassen.

Änderungen innerhalb kürzester Zeitintervalle sind auch für den Strömungsforscher von Interesse, z.B. bei schwingenden (Luft-) Verdichtungsstößen, die durch Überschallgeschwindigkeit hervorgerufen werden, instationären Strömungen an schwingenden Profilen oder Kurzzeitströmungen im Hochenthalpie-Windkanal. Mit dieser sehr speziellen Einrichtung kann man extrem schnelle Strömungen, wie beim Wiedereintritt eines Space-Shuttles in die Erdatmosphäre, erzeugen.

Die kürzeste Verschlusszeit einer normalen Photokamera beträgt $1/1.000$ s, bei einer konventionellen Videokamera mit einer Bildrate von 25 Bildern/s entsteht alle 40 Millisekunden ein Bild. Zu langsam für die skizzierten ultrakurzen Prozesse.

Es galt ein Aufnahmesystem zu entwickeln, das sich mit ultrakurzen Vorgängen synchronisieren lässt. Am Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik des DLR in Göttingen wurde mit der UHSV-288 ein solches Wunderwerk gebaut.

Unten: Öffnung eines mechanischen Kameraverschlusses

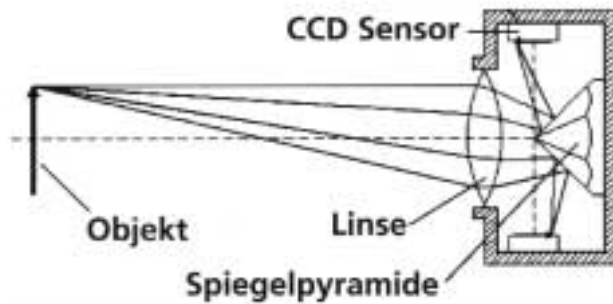




Das optische System

Der Kamerakopf besteht aus acht lichtempfindlichen CCD-Sensoren, die kreisförmig um eine ruhende Spiegelpyramide angeordnet sind. Die Spiegelpyramide ist hinter dem Objektiv auf einer gemeinsamen optischen Achse montiert. Das Aufnahmeobjekt wird also über Linse und Umlenkspiegel auf alle acht Sensoren gleichzeitig abgebildet. Die Kamera löst einen Vorgang immer in acht zeitlich versetzte Bilder auf. Das geschieht durch das sequentielle Auslösen der acht schnellen elektronischen Verschlüsse nach einem vorgegebenen Programm.

Es sind Verschlusszeiten zwischen 1 Mikrosekunde ($= 1 \cdot 10^{-6} \text{ s}$) und 20 Millisekunden ($= 20 \cdot 10^{-3} \text{ s}$) einstellbar. Interessant sind natürlich vor allem die kurzen Verschlusszeiten.



Funktionsprinzip der UHSV-288 Kamera

Die Bilder werden in einem achtkanaligen Bildspeicher, dem so genannten Framegrabber eines Rechners, gespeichert und stehen dann als Pixel-Grafikdateien im TIFF- oder BMP-Format zur weiteren Auswertung zur Verfügung.



Der komplette Versuchsaufbau

Das Platzen eines Luftballons

Wir alle haben schon mal einen Luftballon platzen sehen. Können wir diesen Ablauf aber auch physikalisch beschreiben? Was passiert eigentlich? Es knallt doch. Also muss er explodieren. Und wie lange dauert das Ganze?

Stellt in eurer Gruppe Vermutungen darüber an, was passiert, wenn ein Luftballon platzt. Erkundet dann den Vorgang in einem praktischen Experiment.



Wetten, dass man genau beobachten kann, wie ein Luftballon platzt?

Fragen zum Nachdenken

Welche Bedeutung haben diese Versuche für unsere Umwelt und Industrie?

Für welche Bereiche benötigen wir diese Untersuchungen in Luftfahrt, Raumfahrt, Energie und Verkehr?

Welche Vorgänge könnte man gut mit dieser Kamera untersuchen?

- Einen Sektkorken aus der Flasche ziehen.
- Das Reißen eines Metallstabs.
- Das Vorbeifahren eines Autos.
- Flug einer Pistolenkugel.

Glossar

CCD-Sensor

Charged Coupled Device, lichtempfindlicher Sensor zur elektronischen Bilderzeugung

Enthalpie

Zustandsgröße von Gasen, welche den Gehalt an Wärmeenergie angibt, die Summe der inneren Energie und das Produkt aus Druck und Volumen eines thermodynamischen Systems ($H=E+PV$)

Framegrabber

PC-Karte zur Bilddigitalisierung und Speicherung

Hochenthalpie-Windkanal

spezieller Windkanal im DLR Göttingen zur Erzeugung extremer Schockwellen, wie sie z.B. beim Wiedereintritt von Raumgleitern in die Erdatmosphäre auftreten.

instationär

sind zeitlich veränderliche Strömungen, hervorgerufen durch Ablösung von der umströmten Körperoberfläche oder Bewegung oder Verformung der Oberfläche.

Mikrosekunde (μs)

1 Mikrosekunde ist eine Millionstel Sekunde $1\mu\text{s} = 10^{-6} \text{ s}$

Sequencer

Impulsgenerator zum präzisen Triggern von diversen Geräten. In unserem Fall werden die Blitzlampe und die elektronischen Verschlüsse der Kamera von ihm ausgelöst. (sequentiell = nacheinander)



Herausgeber:

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Standort Göttingen
Bunsenstraße 10
D-37073 Göttingen

Text:
DLR_School_Lab Göttingen

Gestaltung:
ziller design, Mülheim an der Ruhr

Bildnachweis:
DLR

Druck:
Richard Thierbach GmbH,
Mülheim an der Ruhr

Das DLR_School_Lab Göttingen wird gefördert von:

