

Mitteilung

Projektgruppe/Fachkreis: Hyperschall

Ansprechpartner: Sabrina Rutschmann
Jan Martinez Schramm
Jeremy Wolfram
Stuart Laurence

Institution: DLR, Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik (AS-RF)

Adresse: Bunsenstraße 10 **Telefon:** (0551) 709-2323
37073 Göttingen **E-mail:** Sabrina.Rutschmann@dlr.de

Thema: Untersuchungen einer Kraftmesstechnik basierend auf optischer Objektverfolgung

Ausgangssituation:

Im Hochenthalpiekanal Göttingen (HEG) des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) soll im Rahmen des ExoMars-Projektes erstmalig eine berührungslose Kraftmesstechnik eingesetzt werden. Eine Hochgeschwindigkeitskamera nimmt die Bewegungstrajektorie eines freifliegenden Modells auf, aus der mit einer computergestützten Objektdetektion auf die angreifenden Kräfte rückgeschlossen werden soll.

Ziel:

Ziel der hier beschriebenen Arbeit soll es sein, die Genauigkeit und damit die Anwendbarkeit der Kraftmessung mittels der optischen Objektverfolgung für die Messungen im HEG zu testen.

Lösungsweg:

Die Untersuchungen der Eigenschaften der eingesetzten Kamera finden in zwei Schritten statt: Zum Einen die Charakteristika des CCD-Chips: Hier werden charakteristische Eigenschaften, wie das Helligkeitsverhalten und Besonderheiten des CCD-Chips und deren Einflüsse auf die späteren Messungen ermittelt. Zum Anderen die Genauigkeit der Kamera und des Auswerteverfahrens in der Positionsbestimmung ("Statische Messung"): Durch Aufnahmen eines unbewegten Objektes, welches nach jeder Aufnahme um nur wenige μm verschoben wird, sollen die Grenzen in der Auflösung sowie die Genauigkeit der Positionsbestimmung ermittelt werden.

Um Bedingungen zu simulieren, die denen im HEG ähnlich sind (Beleuchtung, Aufnahmedauer, Maximalbewegung des Objektes), werden abschließend Experimente mit einer fallenden Kugel durchgeführt. Die Beschleunigung im HEG ist während der Messzeit annähernd konstant. Die Erdbeschleunigung ist in hinreichender Genauigkeit bekannt. Daher bietet es sich an, das optische Messsystem für beschleunigte Bewegungen mit einer Fallbewegung zu testen.

Ergebnis:

Aus den Messungen zur Bestimmung der Genauigkeit in der Positionsbestimmung ist die bisher unbekannte Tatsache hervorgegangen, dass der absolute Fehler die Form einer Schwebung hat, dessen Ursachen womöglich in der Kantendetektion zu finden sind, da auch bei der Detektion computergenerierter Objekte diese Schwebung auftritt. Der Fehler bewegt sich unter optimalen Lichtbedingungen in einem Bereich von $\pm 3 \mu\text{m}$ um den lokalen Mittelwert. Bei der in den Untersuchungen verwendeten Auflösung von $\sim 300 \mu\text{m}$ pro Pixel kann die Position des Objektes demnach auf 1/50 Pixel genau bestimmt werden. Der Fehler in der Positionsbestimmung ist beleuchtungsabhängig, da bei niedrigerem Kontrast die Kanten zwischen Objekt und Hintergrund verschmieren. Infolgedessen wird ein größerer Radius des Objektes ermittelt. Der sich ergebende Fehler summiert sich im Laufe der Messung auf. Die Ergebnisse aus den statischen Messungen gingen in die Fehlerbestimmung der Beschleunigung ein, die im Wesentlichen von der Anzahl der Bilder und dem Fehler in der Ortsbestimmung abhängt. Die Fallexperimente bestätigen die-

Datum: 09.10.2009

STAB

sen Fehler mit leichten Abweichungen. Dies war zu erwarten, da der theoretische Fehler nicht alle experimentellen Fehlerquellen berücksichtigt.

Im Regelfall können die Staudrücke (in erster Näherung proportional zur Kraft und damit zur Beschleunigung) im HEG auf 2% genau bestimmt werden. Die gemessenen Werte für die Erdbeschleunigung weichen maximal um 0,313% vom Literaturwert ab, sind demnach eine Größenordnung genauer. Bei der Berechnung des erwarteten Fehlers bei der Beschleunigung des ExoMars-Modells im HEG ergab sich ebenfalls eine Abweichung kleiner 2%. Das bedeutet, dass eine Anwendung des Systems zur Beschleunigungsmessung im HEG, gerade im Hinblick auf die bevorstehende ExoMars-Messung, sehr gut möglich ist.

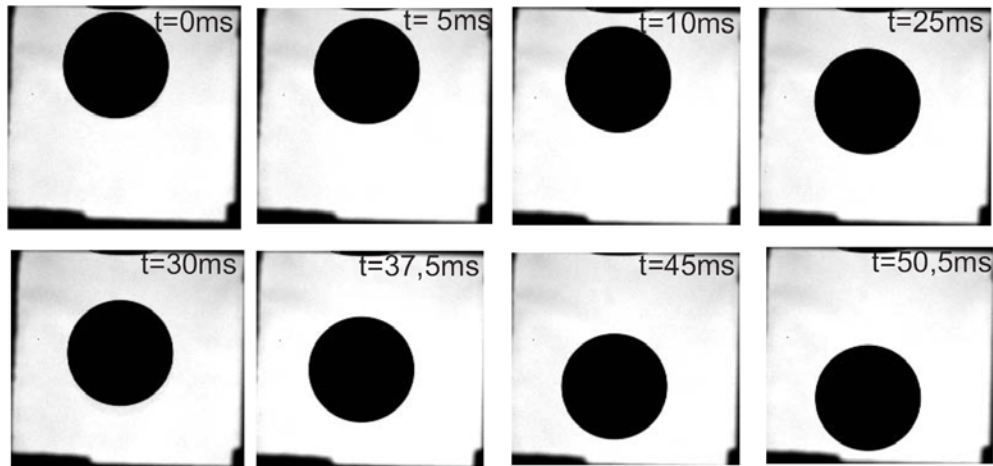


Abbildung 1: Darstellung einer fallenden Kugel mit Durchmesser von 30 mm, die für die Fallexperimente benutzt wurde. Aufnahmefrequenz: 2000 Bilder pro Sekunde.

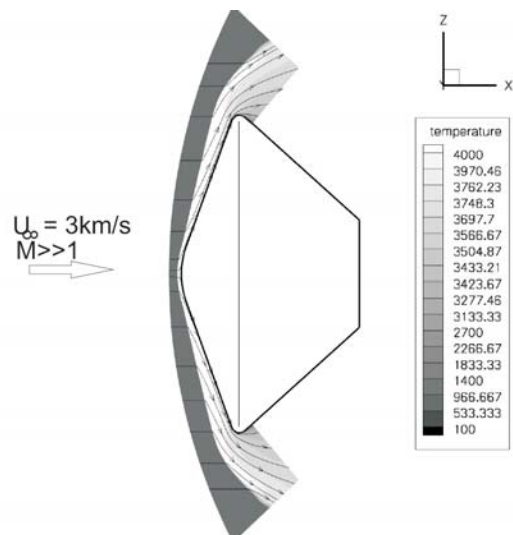


Abbildung 2: Schematische Abbildung der ExoMars-Kapsel mit überlagerter Navier-Stokes-Rechnung der zu erwartenden Strömung im HEG.

Weiteres Vorgehen:

In den Untersuchungen hat sich gezeigt, dass zusätzliche Experimente zum Verhalten der Kantendetektion bezüglich des Kontrasteinflusses nötig sind.