



Diplomand
Dozent
Themengebiet
Projektpartner

Fabio Johner
Prof. Dr. Markus Thalmann
Signalverarbeitung & Kommunikation,
Automation & Embedded Systems
Nisco Engineering AG



Optische Vermessung fallender Tropfen

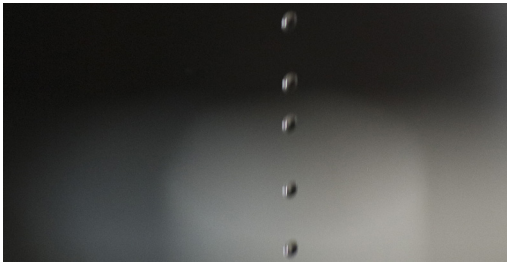


Abb.1 Bild der Tropfen, aufgenommen mit einer Nikon D4 und einer Belichtungszeit von 1/8000 Sekunde

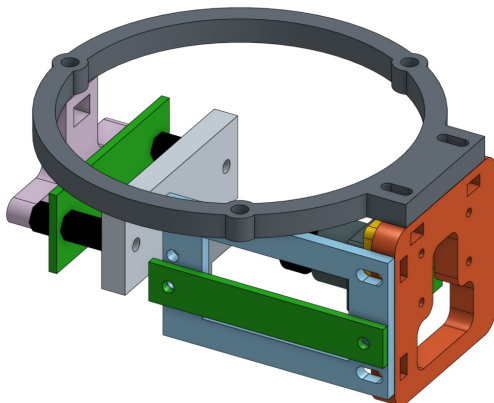


Abb.2 CAD Design eines optischen Messsystems

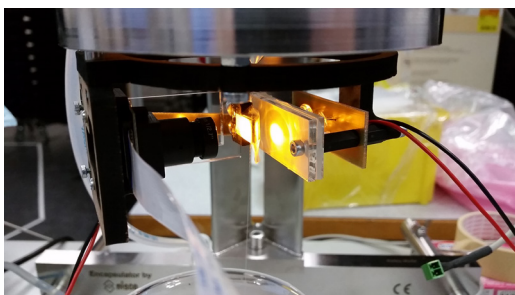
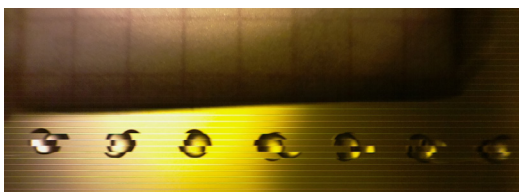


Abb.3 Optisches Messsystem am Gerät des Industriekunden



Problemstellung

Die Firma Nisco Engineering AG produziert Enkapsulierungsanlagen, welche einen Flüssigkeitsstrahl durch Vibration mit einer bestimmten Frequenz in regelmässige Tropfen zerteilt (siehe Abb. 1), welche später zu Mikrokugeln aushärten. Der Industriepartner möchte zu der bestehenden Anlage eine optische Vermessung der Tropfengrösse im Flug um den Durchmesser zurück an die Steuereinheit zu übermitteln. Angedacht ist zudem, dass dieser Zusatz als Erweiterung der Anlage verkauft werden kann. Aus diesem Grund hat der Industriepartner das Budget auf CHF 200 begrenzt.

Vorgehen

Zu Beginn des Projektes wurde eine funktionale Dekomposition erstellt und die Kernkomponenten eines solchen Messsystems bestimmt. Anschliessend wurden einzelne Bauteile, die für die Kernkomponenten in Frage kommen gesucht und evaluiert. Zusammen mit dem Industriepartner fiel der Entscheid auf ein Raspberry Pi mit dazugehörigem Kameramodul. Nach diesem Entscheid wurde eine Halterung für das Kameramodul sowie ein Linsensystem entwickelt. Erste Bilder lieferten daraufhin ein ernüchterndes Ergebnis. Die Stroboskopbeleuchtung des Industriepartners genügte, entgegen den Erwartungen zu Beginn des Projektes, den Anforderungen nicht. Aus diesem Grund wurden verschiedene Beleuchtungskonzepte evaluiert, woraufhin man sich für eine diffuse Hintergrundbeleuchtung entschied. Darauf basierend wurde das in Abb. 2 sichtbare Messsystem entwickelt, mittels Rapid Prototyping gebaut und an der Anlage des Industriepartners befestigt (siehe Abb. 3). Die dabei entstehenden Bilder sind die Ausgangslage für die weitere Verarbeitung. Ein solches Bild ist in Abb. 4 zu sehen und zeigt ein Nachteil des gewählten Bildsensors: Dieser arbeitet nach dem Rolling Shutter Prinzip, wodurch das Bild als eine Komposition aus einzelnen Streifen erscheint. Da sich die Mitte der Tropfen immer in den selben zwei Teilbildern befindet, können diese für die weitere Verarbeitung benutzt werden. Zudem dient ein Millimeterpapier im Bildbereich des Sensors als Referenzgrösse.

Ergebnis

Aus Zeitgründen konnte die Bildverarbeitung nicht mehr komplett fertig gestellt werden, jedoch wurde ein Proof-of-Konzept erstellt. Mit diesem erzielte das Messsystem eine Auflösung von $4.1\mu\text{m}$ pro Pixel, was eine Messgenauigkeit des Tropfendurchmessers von $57.2\mu\text{m}$ (± 7 Pixel) erzielt. Durch eine verbesserte Anordnung des Linsensystems sollte diese Messgenauigkeit noch auf $22.4\mu\text{m}$ gesteigert werden können, was der Genauigkeit entspricht, die während eines Beleuchtungstests erzielt wurde.

Abb.4 Aufnahme der Tropfen mit dem entwickeltem Messsystems. Die fallenden Tropfen sind horizontal dargestellt. Das Millimeterpapier ist über der Tropfenreihe sichtbar.