

The logo for GIT Verlag, consisting of the letters 'GIT' in white on a red background.

REINRAUM TECHNIK

FORSCHUNG • ENTWICKLUNG • PRODUKTION

SONDERDRUCK

7. Jahrgang
Oktober 2005
S. 8–10

3

DIPL.-ING. (FH) MICHAEL KUHN
DIPL.-ING. (FH) UDO MOSCHBERGER
DANIEL MESITSCHKEK

Strömungsvisualisierung in Reinen Bereichen mit Turbulenz- armer Verdrängungsströmung

GIT VERLAG

A Wiley Company
www.gitverlag.com

Strömungsvisualisierung in Reinen Bereichen mit Turbulenzarmer Verdrängungsströmung

Turbulenzarme Verdrängungsströmungen (TAV), häufig auch als Laminarflow (LF) bezeichnet, werden in hochreinen Reinraumbereichen eingesetzt, um die Versorgung des kritischen Bereiches (offenes Produkt) mit schwebstoffgefilterter bzw. partikelfreier Luft zu gewährleisten. Die TAV kann durch Störgrößen, wie Thermikströme, Personeneingriffe, Strömungshindernisse, Materialtransport usw. gestört werden, womit eine unerwünschte Kontamination des kritischen Bereiches einhergehen kann.



Abb. 1: Umströmung Rund- und Tropfenprofil im Windkanal [1]

Reinraumbereiche mit TAV werden einer Erstabnahme/Erstqualifizierung bzw. nach Umbauten einer Requalifizierung unterzogen. Hierbei wird neben dem Lecktest der Schwebstofffilter das Geschwindigkeitsprofil in einem definierten Messraster abströmseitig von den Schwebstofffiltern aufgenommen und eine Strömungsvisualisierung ggf. unter dynamischen Bedingungen durchgeführt. Das Steinbeis-Transferzentrum Energie-, Umwelt- und Reinraumtechnik (STZ EURO) hat für den oben beschriebenen Praxiseinsatz eine Methode zur flächenförmigen und turbulenzarmen Nebelaufgabe entwickelt. Das Verfahren basiert auf einem sterilen Ölnebel, der für die Verwendung in pharmazeutischen Reinraumbereichen geeignet ist.

Grundlage für Strömungsvisualisierung:

Eine TAV kann man mittels Strömungsvisualisierung nur korrekt nachweisen, wenn auch der Indikator (Prüfnebel) turbulenzarm eingebracht wird und sich dadurch die ursprüngliche Strömung nicht verändert.

● Bisherige Praxis:

Nebel wird meist punktförmig oder über eine runde Lanze mit mehreren Austrittsöffnungen in den TAV-Bereich eingebracht. Die Einbringung des Nebels führt durch die impulsbehaftete Nebelzufuhr oder durch die Lanzenform (mit rundem Profil) zu Turbulenzen und reduziert damit deutlich die Aussagekraft der Strömungsvisualisierung. Als Beispiel für die Umströmung einer Lanze mit rundem Profil dient Abb. 1 (oben). Trotz der geringen Anströmgeschwindigkeit von 0,25 m/s zeigt sich bereits eine lang anhaltende Wirbelstraße abströmseitig vom Profil.

● Neue Methode:

Aus vielfältigen technischen Anwendungen, z. B. Fahrzeugumströmung im Windkanal, ist bekannt, dass die Umströmung eines in Tropfenform gefertigten Profils optimal ist und eine Verwirbelung auf der Abströmseite verhindert (siehe Abb. 1 (unten)). Im Rahmen einer Forschungskooperation an der FH Offenburg unter Leitung von Prof. Hesslinger wurde bereits im Jahr 1992 eine Lanze mit Tropfenprofil entwi-

ckelt, die die turbulenzarme Nebel einbringung in TAV-Bereiche ermöglicht [2].

Vom STZ EURO wurde diese Lanze für den Praxiseinsatz modifiziert und zu einem einfach einsetzbaren Gesamtsystem (Lanze, Halterung, Stativ, Neblerbox) zusammengestellt (siehe Abb. 2).

Vorteile des Systemes:

- Die Nebelaufgabe erfolgt ohne Beeinträchtigung der vorhandenen Luftströmung.
- Durch die Erzeugung einer Vielzahl von dicht nebeneinander liegenden Stromfäden (siehe Abbildung 3) mit lang anhaltendem Nebel ist eine sehr gute gleichzeitige Beurteilung des gesamten Strömungsquerschnittes eines TAV-Bereiches möglich. Es stehen dazu verschiedene Lanzen mit 1; 1,5; 2; 2,5 und 3m Länge zur Verfügung.
- Die Lanze ist drehbar gelagert und kann somit in der Strömung ausgerichtet werden (z. B. bei horizontaler Strömung).
- Die Strömungsvisualisierung mit Videoaufzeichnung kann von einem Messtechniker

alleine durchgeführt werden, was eine erhebliche Kosteneinsparung ermöglicht.

- Durch den speziellen inneren Aufbau der Lanze ist eine gleichmäßige Nebelverteilung über alle Austrittsöffnungen gewährleistet.
- Die speziell konzipierte Neblerbox bewirkt eine optimale Mischung von Nebel mit Luft, wodurch der Nebel über die Lanze isotherm und ohne Kondensatniederschlag dem Luftstrom zugeführt werden kann.

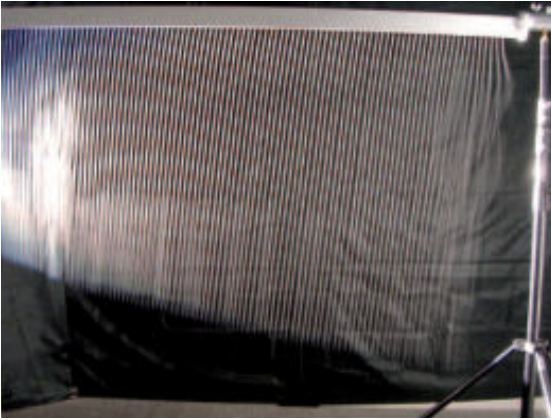


Abb. 3: Strömungsfäden bei ungestörter, jedoch leicht schräg verlaufender TAV-Strömung [3]

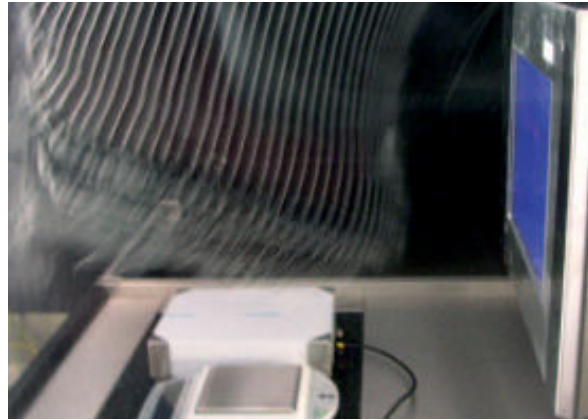


Abb. 4: Umströmung Monitor in einer Wägekabine



Abb. 5: Behälterumströmung in einer Wägekabine (links im Bild: Stützstrahl)



Abb. 6: Umströmung einer Absaugelocke in einem TAV-Bereich

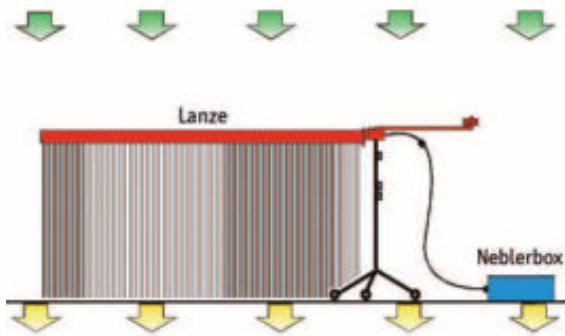


Abb. 2: Prinzip des Gesamtsystems zur Strömungsvisualisierung in TAV-Bereichen [3]

Randbedingungen für den Praxiseinsatz:

Im Rahmen einer Studienarbeit [3], die im Reinraum der Fachhochschule Offenburg durchgeführt wurde, konnte u.a. festgestellt werden, dass die Austrittsgeschwindigkeit des Nebel-/Luftstromes (w_A) im Bezug zur Geschwindigkeit des ungestörten Luftstromes (w_R) keinen Einfluss auf das Strömungsbild hat, wenn das Verhältnis w_A/w_R in einem definierten Bereich liegt. Die

Stabilität und Dichte des Nebels bzw. der Stromfäden wird umso größer, je höher die Austrittsgeschwindigkeit w_A ist. Weiterhin wurde ermittelt, dass eine Schrägstellung der Lanze im Bereich $\pm 2^\circ$ keine Auswirkung auf das abströmseitige Strömungsprofil hat. Bei größeren Winkeln ergibt sich eine Wellenbildung mit Übergang zu einer verwirbelten Strömung. Ab einem Winkel von ca. 5° reißt die Strömung bereits unmittelbar nach der Lanze ab.

Anwendungsbeispiele:

- Strömungsvisualisierung in Wägekabinen mit Produkt- und Personenschutzanforderungen im Rahmen der Inbetriebnahme und der Qualifizierung (siehe Abb. 4 und 5).
- Verwendung zur Personalschulung z. B. Strömungsverhältnisse beim Eingreifen/ Durchdringen eines Stützstrahles oder beim Umfüllen von Behältnissen.
- Strömungsvisualisierung an Querstrom-LFs zur Prüfung der ungestörten Kernströmung.
- Strömungsvisualisierung in TAV-Bereichen mit simulierter Abfüllung. Strömungsverhältnisse an der Schnittstelle Abfüllung/Steriltunnel.
- Strömungsvisualisierung vor der Durchführung von Reinraumtauglichkeitsprüfungen zur Optimierung des Versuchsaufbaus und für die Platzierung der Probenahmesonde.
- Optimierung von Bauteilen, die im Bereich der TAV installiert sind (siehe Abb. 6).
- Prüfung der Strömungsrichtung in Reinräumen mit TAV (siehe Abb. 3).

Literatur:

- [1] S. Hesslinger, U. Moschberger: Überprüfung der reinraumgerechten Gestaltung von Geräten und Komponenten durch die Sichtbarmachung von Luftströmungen. Forschungskoope-ration an der FH Offenburg Teilbericht Nr. 3. Februar 1991.
- [2] S. Hesslinger, U. Moschberger: Entwicklung einer Verteilerlanze zur Strömungssichtbarmachung. Forschungskoope-ration an der FH Offenburg Teilbericht Nr. 6. Januar 1993.
- [3] D. Mesitschek: Optimierung, Weiterentwicklung und Fertigung eines Systems zur Strömungsvisualisierung turbulenzarmer Verdrängungsströmung in Reinräumen. Studienarbeit, Mai 2005.

DIE AUTOREN

Dipl.-Ing. (FH) Michael Kuhn
Leiter des STZ EURO
Badstraße 24a
D-77652 Offenburg
Tel.: +49(0)781/78352
Fax: +49(0)781/78353
mkuhn@stz-euro.de

Dipl.-Ing. (FH) Udo Moschberger
STZ EURO

Daniel Mesitschek
Fachhochschule Offenburg
Studiengang Verfahrens- und Umwelttechnik

**>> Innovationen entstehen aus *Leidenschaft*
und nicht aus Zufriedenheit. <<**



**STZ EURO
STEINBEIS-TRANSFERZENTRUM
ENERGIE-, UMWELT- UND REINRAUMTECHNIK OFFENBURG**

Badstr. 24a, 77652 Offenburg,
Tel.: 0781/78352, Fax.:0781/78353
E-Mail: mail@stz-euro.de; internet: www.stz-euro.de