

Monitoring von Bioaerosol-Emissionen aus Verdunstungskühlanlagen

Zur Abfuhr nicht wirtschaftlich nutzbarer Prozesswärme bei industriellen oder gewerblichen Prozessen kommen Verdunstungskühlanlagen (siehe Abbildung 1) zum Einsatz. In diesen Anlagen wird das erwärmte Prozesswasser über Einbauten verrieselt bzw. versprüht und als Tropfen bzw. Filmströmung in direkten Kontakt mit der im Gegenstrom geführten Umgebungsluft gebracht. Die Temperatur des Umlaufwassers bewegt sich meist in einem Bereich zwischen Umgebungstemperatur und ca. 40 Grad Celsius. Hier liegen gewöhnlich gute Bedingungen für mikrobielles Wachstum vor. Mit der prozessimmanenten Freisetzung von Aerosoltropfen ist damit auch die Ausbreitung von Mikroorganismen mit der Abluft im Anlagenumfeld grundsätzlich nicht auszuschließen. Verdunstungskühlanlagen stellen im Hinblick auf die Freisetzung von Legionellen eine bekannte Gefahr für Atemwegserkrankungen dar, worin sich nicht zuletzt die 2017 in Kraft getretene 42. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (42. BImSchV) begründet. Die dort festgelegte Überwachungsstrategie basiert derzeit vor allem auf der relativ einfach durchführbaren Untersuchung des Umlaufwassers der Anlagen.

Für eine Infektion der Atemwege kann jedoch primär die Konzentration von über den Aerosolpfad freigesetzten Legionellen als entscheidend angesehen werden. In der Vergangenheit wurden bereits vereinzelt Ergebnisse zu Emissionsmessungen an Naturzugkühltürmen sowie kleineren Zellen- oder Serienrückkühlanlagen dokumentiert, jedoch noch keine systematische Vorgehensweise etabliert, Ergebnisse aus Emissionsmessungen zu denjenigen aus Umlaufwasseruntersuchungen gemäß 42. BImSchV in Bezug zu setzen.



Abb. 1: Auslassebene von Zellenkühltürmen mit saugend angeordnetem Ventilator

In zwei laufenden Vorhaben untersucht IUTA das tatsächliche Freisetzungspotential von Bioaerosolen am Auslass von Verdunstungskühlanlagen. Ziel ist es, unterschiedliche Anlagentypen systematisch zu charakterisieren und eine aussagekräftige, funktionale und repräsentative Probenahmestrategie für das Ausbruchsmanagement an Zellenkühltürmen abzuleiten. Im Fokus der aktuellen Untersuchungen bei IUTA stehen dabei insbesondere folgende Arbeitsinhalte:

- Messtechnische Entwicklungen zur Strömungscharakterisierung und Bioaerosolprobenahme (Projekt LegioAir, Projekt VKA Control)
- Probenahmestrategie (VKA Control)
- Bestimmung der Anzahl-Größenverteilung von Tropfen im Aerosol
- Versuchsstände zur Untersuchung des Freisetzungverhalten ausgehend von Bauteilen (LegioAir)
- Freisetzungverhalten am Auslass von VKA (VKA Control)

Zusätzlich erfolgt bei einem Projektpartner von IUTA, dem Lehrstuhl für Analytische Chemie und Wasserchemie an der TU München, die Verfahrensentwicklung zur Bestimmung des Gehaltes an Legionellen im Aerosol von Verdunstungskühlanlagen mit Nicht-kulturellen Methoden (Projekt LegioAir). Dafür wurde bzw. wird bei IUTA eine Laboranlage aufgebaut.

Messtechnische Entwicklungen zur Unterstützung der Probenahme

Die häufig anzutreffenden, saugend betriebenen Verdunstungskühlanlagen mit in Nähe der Auslassöffnung angeordneten Ventilatoren weisen in der vorgesehenen Messebene ein komplexes Strömungsfeld auf. Gemäß Vorgehensweise nach Richtlinie VDI 4257 Blatt 1 (2013) ist hier zur Festlegung eines repräsentativen Probenahmepunktes der anschließenden Bioaerosolprobenahme eine eingehende Charakterisierung der Strömungsgeschwindigkeit erforderlich. Um diesen Arbeitsschritt zu beschleunigen, wurde eine spezielle Staudrucksonde zur simultanen Messung des Staudrucks in zwei Raumrichtungen entwickelt. Diese „X-Pitot-Sonde“ erfasst gleichzeitig die vertikale und die tangentielle Strömungskomponente und ermöglicht damit die Ermittlung der resultierenden Strömungsrichtung und -geschwindigkeit für jeden Messpunkt, vgl. Abb. 3. Die Sonde konnte bereits bei ersten Feldmessungen erfolgreich eingesetzt werden.

Bei einer isoaxialen Probenahme an Verdunstungskühlanlagen mit einem Zyklonsammler erfolgt zwischen Absaugöffnung und Zyklonsammler eine 90-Grad-Strömungsumlenkung des Probenahmegasstroms. Liegt eine stark tropfenbeladene Strömung vor, können aufgrund von Trägheitseffekten bereits erfasste Tropfen hier abgeschieden werden und an den Wandungen der Probenahmeeinrichtung zurück in die Verdunstungskühlanlage laufen, was Minderbefunde bei einer anschließenden Probenauswertung im Labor zur Folge hätte. Um unter diesen Bedingungen eine weitgehend verlustfreie Partikelprobenahme zu ermöglichen, wurde ein geeigneter Tropfenfang konstruiert, um ablaufende Tropfen in der Probenahmeeinrichtung zu halten. In Laboruntersuchungen konnte die Erhöhung der Sammeleffizienz für von der Probenahmeeinrichtung erfasste Tropfen nachgewiesen werden, vgl. Abb. 3. Die Einrichtung wird in diesjährigen Feldversuchen weiter erprobt.

Probenahmestrategie, Charakterisierung des Tropfenspektrums

In einer Messkampagne an verbreitet eingesetzten Anlagentypen wird aktuell die erarbeitete Wissensbasis differenziert verdichtet, um anlagentypspezifisch konstruktive oder operationale Emissionsvermeidungs- oder Minderungsmaßnahmen ableiten zu können, vgl. Abb. 4. Angaben zur vor Ort an den Anlagen ebenfalls gemessenen Tropfengrößenverteilung werden dabei ebenfalls berücksichtigt. Abgeleitete Kennzahlen können Grundlage für eine spätere, ggf. automatisiert arbeitende aerosolbezogene Beurteilung der Anlagenhygiene darstellen.

Im Rahmen der Bearbeitung des Vorhabens wird besonderer Wert auf die Praxisnähe der

Ergebnisse gelegt, was sich nicht zuletzt durch die intensive Kooperation mit Betreibern, Entwicklern und weiteren Fachexperten seit Beginn des Vorhabens ausdrückt. Ein besonderer Dank geht zudem an die zahlreichen Betreiber von Verdunstungskühlanlagen, die die Vorhaben unterstützen und eine Messung an Ihren Anlagen ermöglichen.

Projektbearbeitung: Dipl.-Ing. Achim Hugo (hugo@iuta.de), M. Sc. Laura Welp (welp@iuta.de)



Abb. 2: Bild links: Geschwindigkeitsmessung mittels X-Pitot-Sonde (Bildvordergrund) zur Ermittlung der Hauptströmungsrichtung. Bild rechts: Erfassung des Bioaerosols mittels Zyklonsammler mit entgegen der Hautströmung ausgerichteter Absaugöffnung des Sammlers (isoaxiale Ausrichtung)

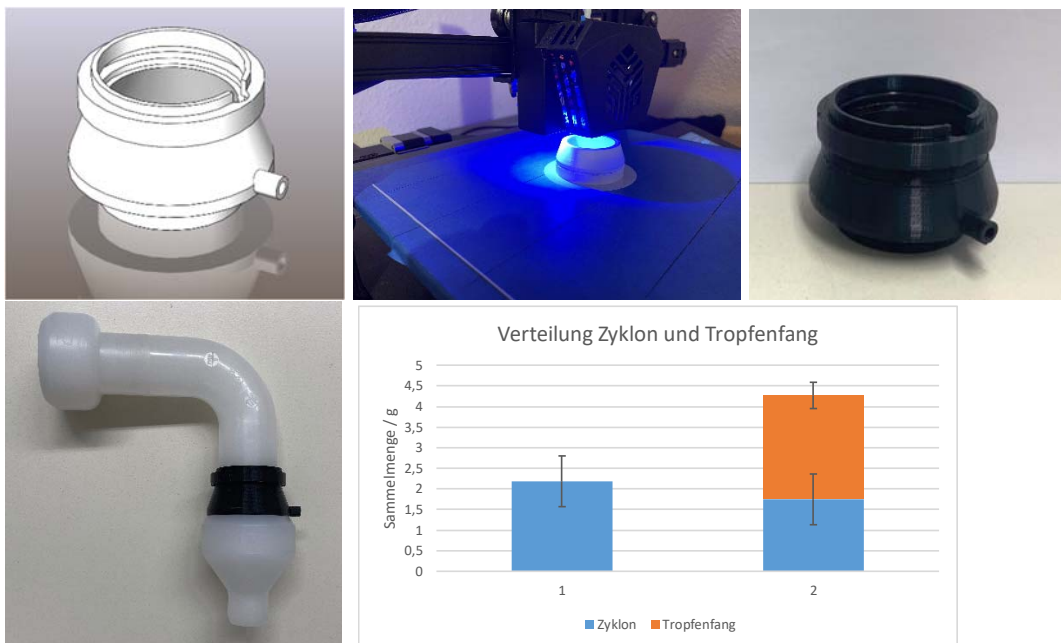


Abb. 3: Tropfenfang zur weitgehend verlustfreien Partikelprobenahme in Tropfenaerosolen. Oben links: Herstellung des Bauteils im 3D-Druck-Verfahren. Oben rechts: Bauteil „Tropfenfang“. Unten links: Tropfenfang, eingesetzt in Probenahmeeinrichtung zur isoaxialen Probenahme. Unten rechts: Laborergebnisse zur Gesamt-Probenmenge bei Probenahme aus einem stark tropfenbeladenen Aerosol mit und ohne Tropfenfang.



Abb. 4: Messkampagne an Verdunstungskühlanlagen (von links nach rechts): Aerosolprobenahme oberhalb einer Schalldämpferkulissee an einem Serienkühlturm. Zyklonsammler zur gerichteten, isoaxialen Probenahme. Vorbereitung Tropfenmessung; Tausch der Impaktorplatte. Probenahme Hintergrundkonzentration im unbeeinflussten Anlagenumfeld.

Projekte aktuell in Bearbeitung/Förderhinweis:

VKA-Control: Neue Bewertungsmethodik der Hygiene von Verdunstungskühlanlagen im Hinblick auf Legionellen, Förderkennzeichen: 49VF200049; Laufzeit: 01.01.2021 – 31.12.2023. Gefördert durch: Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestags

Das IGF-Projekt „LegioAir: Freisetzungsmechanismen legionellenhaltiger Aerosole aus Verdunstungskühlsystemen und aussagekräftige Bestimmungsmethoden für das Ausbruchmanagement“ (21747 N) der Forschungsvereinigung VGB-Forschungstiftung wird über die AIF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages