

Zusammenfassung Abschlussbericht „Diskontinuierliche Reinigung 2“

Im Vorgängerprojekt *Diskontinuierliche Reinigung 1* (IGF 483 ZBG) konnte im Labormaßstab gezeigt werden, dass die Anwendung von diskontinuierlichen Flüssigkeitsstrahlen und –filmen für die Oberflächenreinigung zur Einsparung von Reinigungsflüssigkeit führen kann. Ziel des Anschlussprojekts *Diskontinuierliche Reinigung 2* (IGF 18747 BG) war die Überprüfung der Übertragbarkeit dieser Ergebnisse vom Labor in einen industriellen Maßstab. Analog zur Reinigung wurden wie im Vorgängerprojekt Untersuchungen zum Wärmeübertragungsverhalten durchgeführt. Diese sollten die in der Literatur teilweise beschriebene Analogie zwischen Reinigung und Wärmeübertragung im industriellen Maßstab überprüfen und im Falle einer Übereinstimmung zu Erstellung eines Analogiemodells beitragen.

Innerhalb des mittlerweile abgeschlossenen Projektes wurden Untersuchungen zum Strahlzerfall, der Strahlkraft bzw. dem Strahldruck, der Benetzung inkl. Spritzanteil und der Reinigung bzw. Wärmeübertragung durchgeführt. Der untersuchte Parameterbereich ist in nachfolgender Tabelle aufgeführt.

<i>Reynoldszahlen</i>	<i>Volumenströme</i>	<i>Düsendurchmesser</i>	<i>Düsenabstände</i>
42000-150000	5,8 – 19 l/min	3 – 4 mm	0,05 – 5 m

Kernaussagen sind ein vorwiegend zerfallener Flüssigkeitsstrahl bei industriellen Reinigungsprozessen, eine abnehmende mittlere Strahlkraft mit höherem Düsenabstand sowie ein zunehmender druckbeaufschlagter Bereich und zunehmender Spritzanteil mit höherem Düsenabstand und höherer Strahlaustrittsgeschwindigkeit. Bezüglich der Reinigung zeigt sich bei stehenden Strahlen, entgegen der ursprünglichen Annahme, eine Verbesserung des Reinigungsergebnisses mit höherem Abstand. Für die Wärmeübertragung kann dieses Ergebnis jedoch nicht bestätigt werden. Die Anwendung diskontinuierlicher Flüssigkeitsstrahlen führt auch im industriellen Maßstab zu einer deutlichen Einsparung an Reinigungsflüssigkeit und somit Ressourcen von bis zu 50 % gegenüber einem kontinuierlichen Strahl. Für bewegte Strahlen kann dies grundsätzlich bestätigt werden. Jedoch besitzen quellbaren Verschmutzungen eine Totzeit, die bei bewegten Flüssigkeitsstrahlen eine negative Auswirkung auf die Reinigung hat. Das Reinigungsergebnis wird deshalb bei sonst gleichen Parametern mit einer Erhöhung des Düsenabstandes schlechter. Dennoch ist es möglich, das Potenzial der diskontinuierlichen Strömung durch Abstimmung der Frequenz und der relativen Einschaltdauer an die Verfahrensgeschwindigkeit optimal auszunutzen.

Unterhalb des im Versuch betrachteten Bereiches, in dem Strahl- und Tropfenaufprall stattfinden, sind ebenfalls Verbesserungen des Reinigungsergebnisses zu erwarten. So konnte beobachtet werden, dass sich die diskontinuierliche Strömung im abfließenden Flüssigkeitsfilm fortsetzt und die erzeugte Welle in bestimmten Fällen mit zunehmender Entfernung vom Auftreffpunkt anwächst. Diese Eigenschaft kann zu Verbesserung führen, wenn kontinuierliche Strömungen zu Filmaufriss neigen.

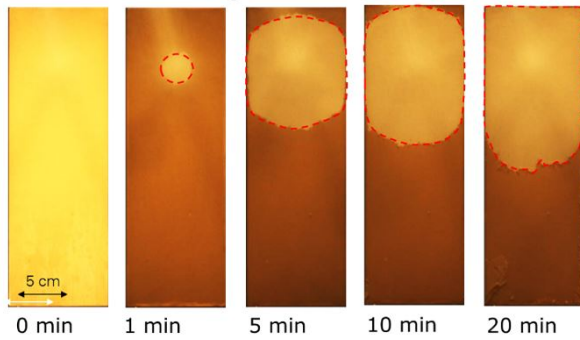
Insgesamt können die Ergebnisse aus dem Vorgängerprojekt auch im industriellen Maßstab bestätigt werden. Sie sind jedoch nicht eindeutig auf eine höhere mechanische Belastung durch diskontinuierliche Strömungen zurückzuführen. Die Verbesserung wird vor allem auf den während des Quellprozesses nicht dauerhaft notwendig hohen Volumenstrom und den durch die zerfallenen Strahlen größeren direkt druckbeaufschlagten Bereich zurückgeführt.

Analog zu den Ergebnissen für die Reinigung zeigt sich, dass auch der Wärmeübergang bezogen auf die eingesetzte Kühlflüssigkeitsmenge verbessert wird, was zu einer Effizienzsteigerung führt. Die Einsparung von Kühlflüssigkeit führt aber absolut zu einer Verringerung des Wärmeübergangs.

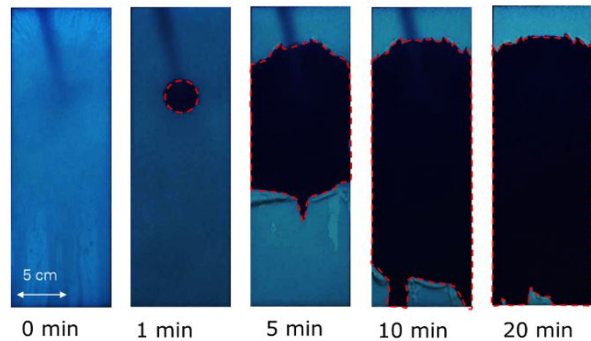
Diskontinuierliche Strahlen können zurzeit in den Anwendungsbereichen einen Mehrwert bieten, in denen statische Reinigungssysteme zur Anwendung kommen. Eine Verbindung mit selbstangetriebenen industriellen Reinigungsgeräten ist derzeit nicht möglich, da diese Geräte durch ihren inneren Aufbau zu einer Glättung der diskontinuierlichen Strömung führen, eine hohe Leckage aufweisen, zu langen Nachlaufzeiten des Strahles führen und eine ungenügende Rotation ermöglichen. Gleichzeitig wird ein erhöhter Verschleiß der beweglichen Teile befürchtet. Für die Anwendung diskontinuierlicher Strömungen in Kombination mit dynamischen Reinigungsgeräten müssen zukünftig verbesserte fremdangetriebene Reinigungsgeräte entwickelt werden.

Die Analogie zwischen Wärme- und Stofftransport kann für die in diesem Projekt untersuchten Verschmutzungen nicht verwendet werden, um z.B. aus Untersuchungen der Wärmeübertragung den Verlauf der Reinigung vorherzusagen. Dies liegt vermutlich an den vorherrschenden Reinigungsmechanismen. Es konnte jedoch gezeigt werden, dass der Wärmewiderstand einer Verschmutzung den Wärmewiderstand zwischen Flüssigkeitsstrahl und der Außenseite der Behälterwand dominiert. Dadurch wäre es möglich, den Reinigungsfortschritt z.B. an kritischen Stellen durch Messungen von Temperaturen in oder an der Behälterwand zu überwachen. Hierfür könnten zukünftig neue Reinigungssensoren entwickelt werden, die nicht im Produktbereich, sondern an der Behälteraußenwand positioniert werden. An dieser Stelle wäre eine Kombination mit fremdangetriebenen Rotationsreinigern möglich, die es erlauben, die Verfahrensgeschwindigkeiten in kritischen Bereichen unabhängig vom geförderten Volumenstrom zu reduzieren.

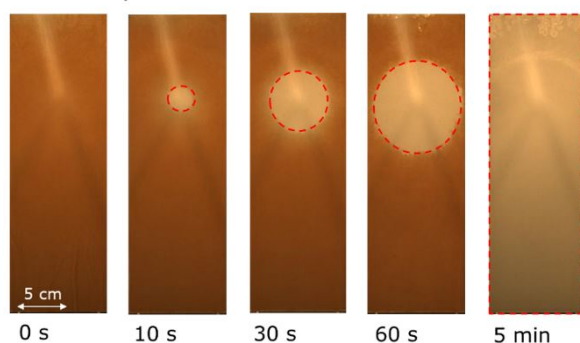
Stärke/Kieselgur



Senf



Ketchup



Vaseline

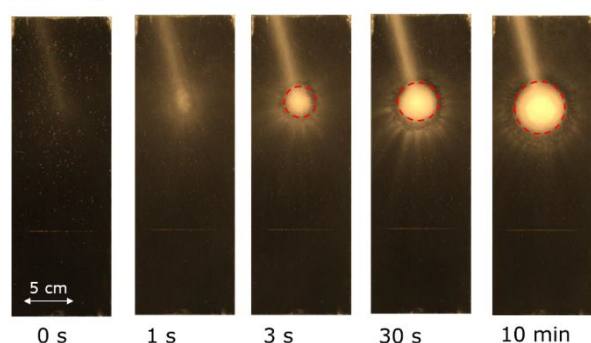


Abbildung: Aufnahmen der Reinigung mit einem kontinuierlichen Flüssigkeitsstrahl zu unterschiedlichen Reinigungszeiten für verschiedene Verschmutzungen, Düsendruck $p_N = 2$ bar, Abstand $L = 2$ m, und Düsendurchmesser $d_N = 3$ mm, rot eingrahmt – gereinigter Bereich

IVLV-Mitglieder können den vollständigen Projektabschlussbericht auf unserer Homepage herunterladen. Hierzu ist nur eine Anmeldung in der Rubrik [„Meine IVLV“](#) erforderlich. Nicht-Mitglieder können den Abschlussbericht gegen einen Unkostenbeitrag bei der IVLV-Geschäftsstelle unter office@ivlv.de anfordern.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Das IGF-Vorhaben 18747 BG der Forschungsvereinigung Industrievereinigung für Lebensmitteltechnologie und Verpackung e. V. – IVLV, Giggenhauser Str. 35, 85354 Freising, wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) und –entwicklung vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.