

Steigerung von Prozesssicherheit, Energieeffizienz und Anlagenverfügbarkeit durch prozessintegrierte und adaptiv initiierte Ultraschallreinigung von Filtern beispielhaft für zentrale Kühlschmierstoffreinigungsanlagen ⁵

Dr.-Ing. Andreas Popp

1 Ausgangssituation

Einleitung

Die in den folgenden Abschnitten dargestellten Arbeiten und Ergebnisse sind integraler Bestandteil im Rahmen des ZIM - Verbundantrages beim BMWi "Steigerung von Prozesssicherheit, Energieeffizienz und Anlagenverfügbarkeit durch prozessintegrierte und adaptiv initiierte Ultraschallreinigung von Filtern beispielhaft für zentrale Kühlschmierstoffreinigungsanlagen" .

Stand der Technik

Die bisher üblichen Methoden zur Filterreinigung bestehen im Abstreifen, Abspülen und Rückspülen. Allen Methoden gemeinsam ist, dass:

- eine Filterprozessunterbrechung erforderlich ist,
 - zusätzliche bewegliche Einrichtungen installiert werden müssen und
 - eine sprunghafte Veränderung der Filterqualität (Filterfeinheit) zu verzeichnen ist.
- Bei der häufigsten Methode, dem Abstreifen, tritt zusätzlich noch der Effekt auf, dass
- mechanischer Verschleiß am Filter auftritt,
 - der Feinschmutz zum Teil in das Filtervlies gedrückt wird und zunächst eine
 - Erhöhung des Druckabfalls bzw. Verringerung des Durchflusses die Folge ist.

Beim System Filterkassetten, welches erhebliches Einsparungspotential in sich birgt, kommt zusätzlich eine schlechte Zugänglichkeit der Filterflächen hinzu.

Da es sich hierbei um nichtverlorene Filtermaterialien handelt, entsteht durch die ultraschallgestützte Filterreinigung ein Mehrfacheffekt bezüglich Umweltentlastung, Prozesssicherheit, Anlagenverfügbarkeit und Energieeffizienz.

2 Zielstellung

Als Entwicklungsziele und in einem Funktionsmuster umgesetzte Ergebnisse des Projektes werden angestrebt:

Prozesssichere, prozessintegrierte, adaptiv gesteuerte und regelbare Reinigung von Filtern am Beispiel der Kühlschmierstoffreinigung durch Einkopplung von Ultraschall in einem aufwandsarm anpassbaren Baukastensystem.

- Prozesssicher bezieht sich auf eine hohe Verfügbarkeit der Kühlschmierstoffreinigungs- und -versorgungsanlagen während des Reinigungsprozesses.

⁵ Das Projekt wird über die AiF im Rahmen der Fördermaßnahme Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM) des BMWi gefördert.

- Prozessintegriert bezieht sich auf die Auslegung des Systems nicht als Reinigungsanlage im Bypass zur Kühlschmierstoffreinigung, sondern als immanente Komponente im System selbst.
- Adaptiv gesteuert bezieht sich auf die durch Prozessmessgrößen (Durchfluss, Druckabfall, ...) automatisiert initiierte Auslösung von Reinigungszyklen
- Regelbare Reinigung bezieht sich auf die Prozessführung des Ultraschall in Abhängigkeit der Prozessmessgrößen (Durchfluss, Druckabfall, ...) in Bezug auf eine Konstanzhaltung des Filterergebnisses (Filterfeinheit).
- Einkopplung des Ultraschalls bezieht sich auf Varianten der Ultraschallanregung im Filtermedium (Fluid), an Filterkassetten, in oder gegen die Filterrichtung sowie an der Auflage des Filtervlieses.
- Baukasten bezieht sich auf die Auslegung des Systems mittels Rastermaßen zur Anpassung an unterschiedliche Anforderungen (Anlagengröße, Durchflussmengen, Filterflächenanordnung, ...).
- Aufwandsarm bezieht sich auf eine Minimierung des Entwicklungs- und Umrüstaufwandes zur Anpassung des Systems an unterschiedliche Anforderungen (Anlagengröße, Durchflussmengen, Filterflächenanordnung, ...) durch die Baukastenstruktur.

3 Zwischenergebnisse

3.1 Konstruktion

Mit der in Abb. 1 dargestellten Vorzugsvariante für die konstruktive Umsetzung der Zielstellungen, wurden folgende Varianten und Parametervariationen mit minimalem Umrüstaufwand sichergestellt:

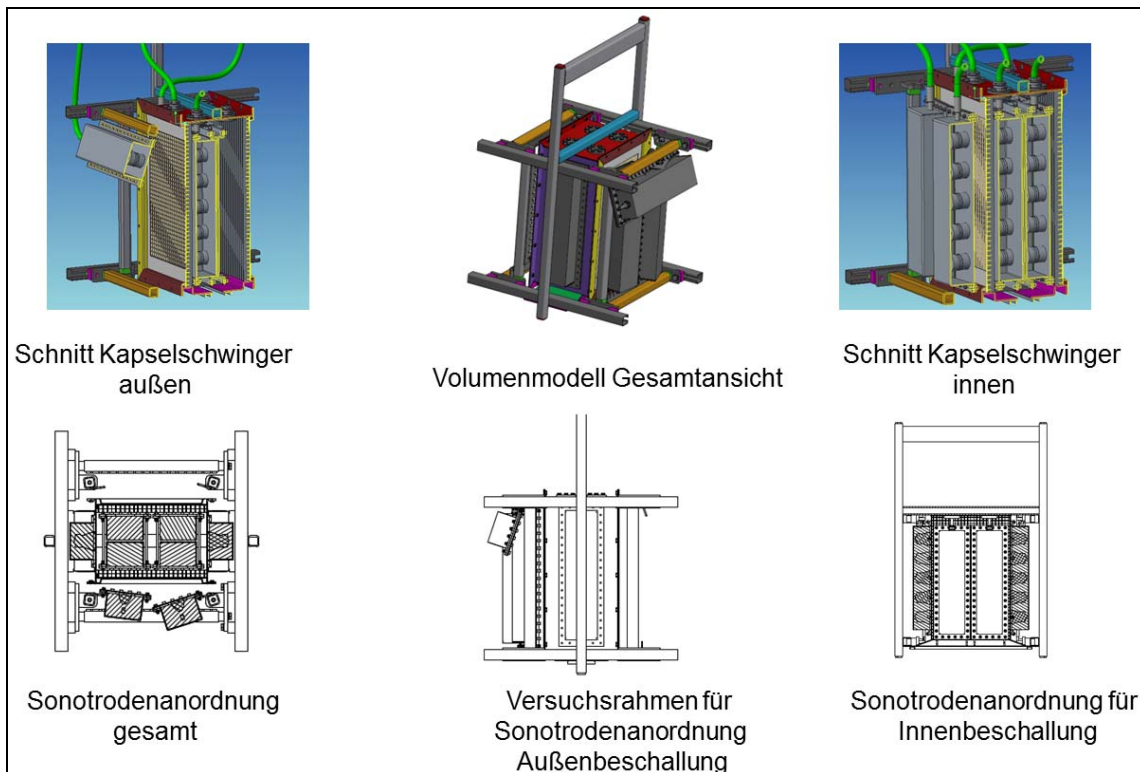


Abb. 1: Konstruktive Umsetzung des Versuchsstandkonzeptes

- Beschallung mit und gegen die Filterrichtung,
 - Einkopplung des Schalls über den Kühlschmierstoff oder als Körperschall,
 - Variation des Beschallungswinkels bei allen Varianten,
 - variable Höhenverstellung der Kapselschwinger sowie
 - variable Anzahl der Kapselschwinger (mechanisch und über Ansteuerung).
- Damit wurde der Anspruch an die Versuchseinrichtung konstruktiv umgesetzt.

3.2 Voruntersuchungen zur Filterkuchenausprägung

Die Untersuchungen umfassen Vorversuche zur Feinschmutzdosierung, Durchflussversuche mit unverschmutztem Kühlschmierstoff, die eigentlichen Versuche zum Filterkuchenaufbau sowie Referenzversuche mit den ermittelten Vorzugsparametern.

Einflussgrößen und somit Parameter der Untersuchungen waren die Filterfläche und -anordnung, Feinschmutzkonzentration und -dosierung (Drosselstellung), Zuführungsintervalle für Feinschmutz und die Pumpenleistung (Durchflussmenge).

Überwachungs- und Messgrößen waren die Drücke am Ein- und Ausgang der Pumpe, der Druckabfall und die Durchflussmenge.

Zielstellung war es, Versuchsbedingungen zu finden, die folgenden Forderungen gerecht werden:

- stabiler Filterkuchenaufbau unter praxisrelevanten Bedingungen mit geringstem Zeitaufwand
- reproduzierbare Korrelation zwischen der Filterkuchendicke und den Messgrößen Druck, Druckabfall und Durchflussmenge

Der zweite Anstrich war insofern zwingend, da eine Unterbrechung des Filterprozesses zur Ermittlung der Filterkuchendicke nicht praxisrelevant ist und darüber hinaus zu einer partiellen Zerstörung des Filterkuchens führen würde.

Der prinzipielle Prozessverlauf ist exemplarisch in Abb. 2 dargestellt.

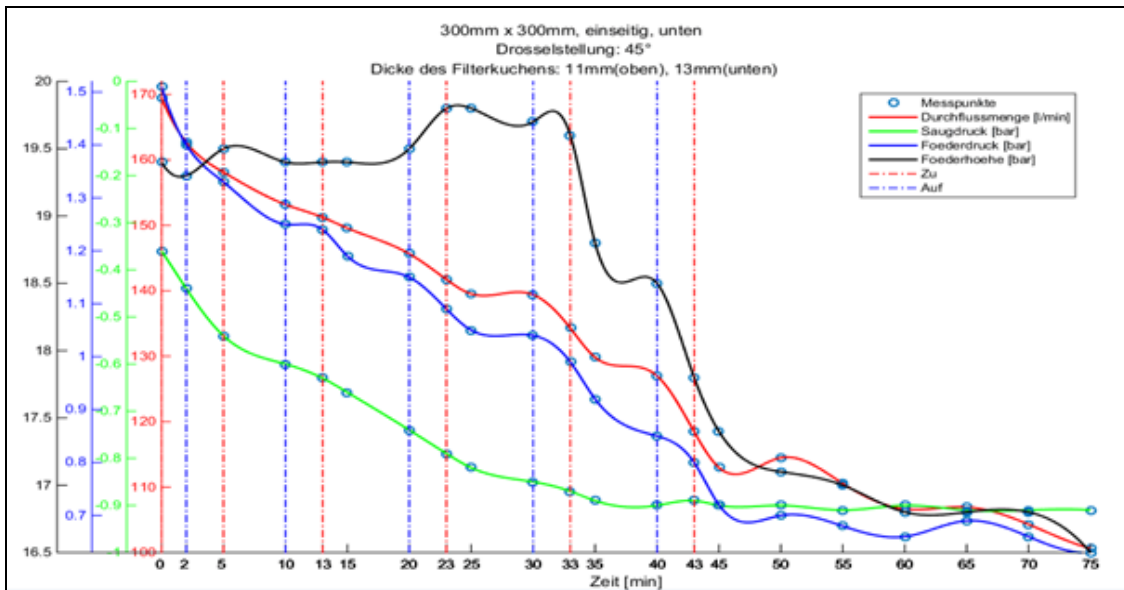


Abb. 2: Beispieldarstellung des Versuchsprozesses

Der Übergang der Messkurven in ein quasistationäres Verhalten ist der Zeitpunkt, zu dem der Filterkuchen vermessen wurde und eine reproduzierbare Zuordnung von Messwerten und Filterkuchencharakteristik nachgewiesen worden ist.

In Abb. 3 sind Filterkuchen beispielhaft für die ermittelten Vorzugsparameter für einen stabilen Filterkuchen dargestellt. Dem gegenüber ein instabiler Filterkuchen.

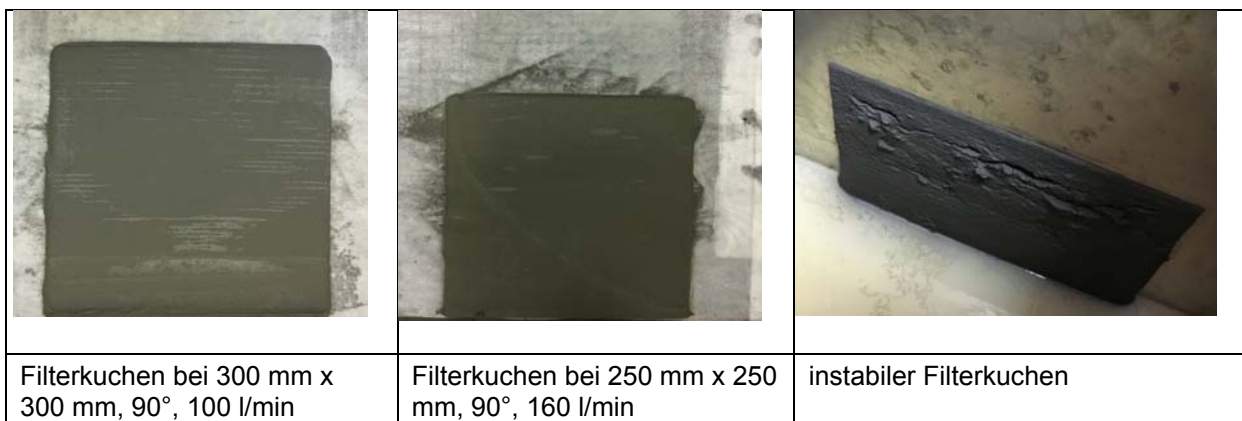


Abb. 3: Filterkuchenausbildung

Als Ergebnisdarstellung sind hier nachfolgend die evaluierten Versuchsparameter angeführt, die die Zielstellungen der Untersuchungen erfüllen (Tab. 1).

Tab. 1: Versuchsergebnisse Referenzversuche

Filterfläche	Drossel- stellung [°]	Durchfluss [l/min]	Zeitdauer [min]	Filterkuchendicke [mm]
300 mm x 300 mm, einseitig, unten	45	110	70	10 (oben), 12 (unten)
	45	100	80	11 (oben), 13 (unten)
	90	100	60	11 (oben), 13 (unten)
250 mm x 250 mm, beidseitig, unten	90	160	60	10 (oben), 12 (unten)
	90	150	75	11 (oben), 13 (unten)

3.3 Bauliche Realisierung der ausgewählten Vorzugsvarianten

Analog zur Konzepterarbeitung und Konstruktion der Lösungen wurde die bauliche Realisierung als iterativer Prozess zwischen den Projektpartnern realisiert. Das Ergebnis ist in Abb. 4 dargestellt. Im dargestellten Funktionsmuster wurden die Zielstellungen für Konzept und Konstruktion vollinhaltlich umgesetzt.

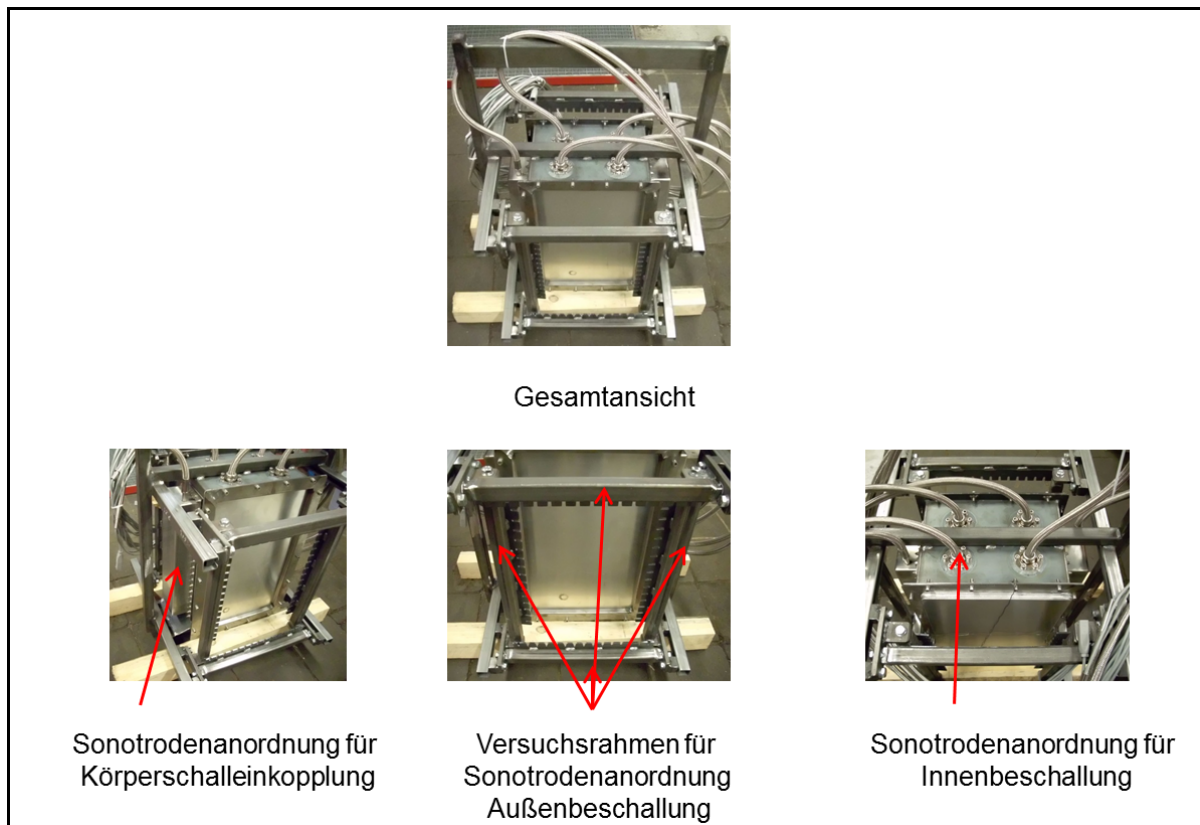


Abb. 4: Bauliche Umsetzung des Versuchsstandkonzeptes

3.4 Fazit zum Bearbeitungsstand

Im Bearbeitungszeitraum wurde durch die Kooperationspartner ein tragfähiges Konzept für die prozessintegrierte Ultraschallreinigung am Beispiel von Kühlschmierstofffiltern erarbeitet, konstruktiv umgesetzt und baulich realisiert. Die Inbetriebnahme, Erprobung, Programmierung und die Durchführung von Vorversuchen erfolgte parallel zur Erarbeitung dieser Darstellung und waren somit auch entsprechend dem Arbeitsplan noch nicht abgeschlossen.

Literatur

Eigene Arbeiten

- /1/ Yazhu, L.; Längericht, S.: Wissenschaftliche Aufbereitung der Grundlagen und Basisuntersuchungen zur Prozessintegration von Ultraschallkomponenten in Kühlschmierstoffreinigungsanlagen. Großer Beleg, TU Dresden, Institut für Fertigungstechnik, 2016
- /2/ Ahnert, M.; Klemm, R.; Popp, A.: Steigerung von Prozesssicherheit, Energieeffizienz und Anlagenverfügbarkeit durch prozessintegrierte und adaptiv initiierte Ultraschallreinigung von Filtern beispielhaft für zentrale Kühlschmierstoffreinigungsanlagen. Zwischenbericht AiF-ZIM, Dresden, 28.10. 2016

Verwendete Quellen

- /1/ Sorge, G.: Faszination Ultraschall. Wiesbaden: Springer Fachmedien, 2002
- /2/ Sutilov, V. A.: Physik des Ultraschalls. Leningrad: Verlag der Leningrader Universität, 1980. Deutsche Übersetzung Berlin: Akademie-Verlag, 1984.
- /3/ Kuttruff, H.: Physik und Technik des Ultraschalls. Stuttgart: S. Hirzel Verlag Stuttgart, 1988.
- /4/ Koch, Ch.; Jenderka, K.-V.: Was geschieht im Reinigungsbad? Quantifizierung von Schallfeldern mit Kavitation. In: PTB-Mitteilungen 117 (2007), Heft Nr.1, S. 35-36
- /5/ Koch, Ch. : PTB: Untersuchung, Messung sowie Optimierung des Schallfeldes und seiner Wirkung in Reinigungsbädern und Sonochemiereaktoren. Braunschweig, PTB, 2011. Schlussbericht zum AiF-Projekt
- /6/ Jüscke, M.; Koch, Ch.: Messung und Vergleich verschiedener Effekte von Kavitation für eine quantitative Beurteilung von Anwendungsprozessen. Düsseldorf: 2011. – 37. Jahrestagung für Akustik (Konferenzartikel)
- /7/ Jenderka, K.-V.; Koch, Ch.: Untersuchung der räumlichen Verteilung von Schallfeldparametern in Ultraschall-Reinigungsbädern unter dem Einfluss von Kavitation. München: 2005. – 31. Jahrestagung für Akustik (Konferenzartikel)
- /8/ Jüscke, M.; Koch, Ch.: Bestimmung der Reinigungswirkung von Ultraschallbädern mit einer Quarzkristall- Mikrowaage. Oldenburg: 2014. – 40. Jahrestagung für Akustik (Konferenzartikel)
- /9/ Lerch, R.; Selles, G. M.; Wolf, D.: Technische Akustik, Grundlagen und Anwendungen. Heidelberg: Springer-Verlag, 2009.
- /10/ Scholles, M.: Fraunhofer IPMS Dresden: Kapazitive Mikromechanische Ultraschallwandler (CMUT). Dresden, Fraunhofer IPMS, 2014.
- /11/ Gasper, H.; Oescsle, D.; Pongratz, E.: Handbuch der industriellen Fest/Flüssig-Filtration. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH, 2000.
- /12/ DIN Deutsches Institut für Normung e. V. Mechanische Fest-Flüssig-Trennung durch Kuchenfiltration Übersicht. s.l.: Beuth Verlag GmbH, 2006.
- /13/ Stieß; M.: Mechanische Verfahrenstechnik - 2. s.l.: Berlin; Heidelberg (u.a.): Springer, 1997.

/14/ Luckert, K.: Handbuch der mechanischen Fest-Flüssig-Trennung. Essen:
Vulkan-Verl. 2004