

Andreas Porsche, Gerd Bernhardt, Klaus Schute, Klaus Mecking

Funktionsuntersuchungen eines Kühlsystems unter hoher Schmutzbelastung

Es wird eine technische Einrichtung zur Vermeidung und Beseitigung von Verunreinigungen am Kühler vorgestellt. Der angesaugte Kühlluftstrom wird hierbei geteilt in einen gereinigten Hauptluftstrom und einen mit Schmutz beladenen Teilluftstrom, der vor dem Kühler wieder in die Umgebung abgeleitet wird. Dazu ist ein zweiter, zusätzlicher Frontlüfter vor dem Kühlersieb angeordnet. Ein separat drehbar gelagertes Abdeckblech befindet sich mit geringem Abstand vor dem Frontlüfter und wird durch den Luftstrom rotierend angetrieben. Dadurch wird das Kühlersieb fortlaufend wiederholt partiell abgedeckt, wodurch Wirbel entstehen, die ein Ablösen und Entfernen anhaftender Schmutzpartikel vom Kühlersieb ermöglichen.

Schlüsselwörter

Traktor, Kühler, Kühlluftreinigung

Keywords

Tractor, cooling unit, cooling air cleaning

Abstract

Porsche, Andreas; Bernhardt, Gerd; Schute, Klaus; Mecking, Klaus

Function investigations of a cooling system under high dirt load

Landtechnik 64 (2009), no. 3, pp. 194 - 197, 4 figures, 2 references

A technical solution for avoidance and clearance of pollution (dirt, dust) at the cooling unit of a tractor is presented. The intake cooling airflow will be divided into a clean main airflow and a partial airflow loaded with dirt and dust. The partial airflow will be released into the environment before reaching the radiator of the cooling unit by placing a second additional fan in front of the radiator screen. A pivot-mounted cover plate, mounted in front of the second fan, rotates in cause of the air flow and creates turbulences, which allow the separation of dirt and dust.

sowie schnellen und sicheren Straßentransport. Im Motorraum solcher Traktoren befindet sich mittlerweile eine ganze Batterie von Kühlern, die auf einen hohen Luftdurchsatz angewiesen sind. Nicht zuletzt die steigenden Emissionsrichtlinien erfordern eine immer höhere Kühlerleistung zur Einhaltung optimaler Betriebstemperaturen von Kühlwasser, Getriebe- und Hydrauliköl, Ladeluft, Kraftstoff und neuerdings Abgas.

Dies führt dazu, dass groß dimensionierte Lüfter bei entsprechenden Drehzahlen hohe Ansauggeschwindigkeiten am Frontgitter erzeugen und ein hohes Geräuschniveau emittieren. Aus diesem Grund werden bereits elektronisch drehzahl-geregelte Lüfter eingesetzt. Bei steigender Ansauggeschwindigkeit und teilweise horizontalen Gitterflächen wächst zudem die Gefahr der Verschmutzung. Durch starken Unterdruck setzen sich die Gitter bei Arbeiten in stark mit Schmutz belasteter Umgebung komplett zu und müssen dann gereinigt werden.

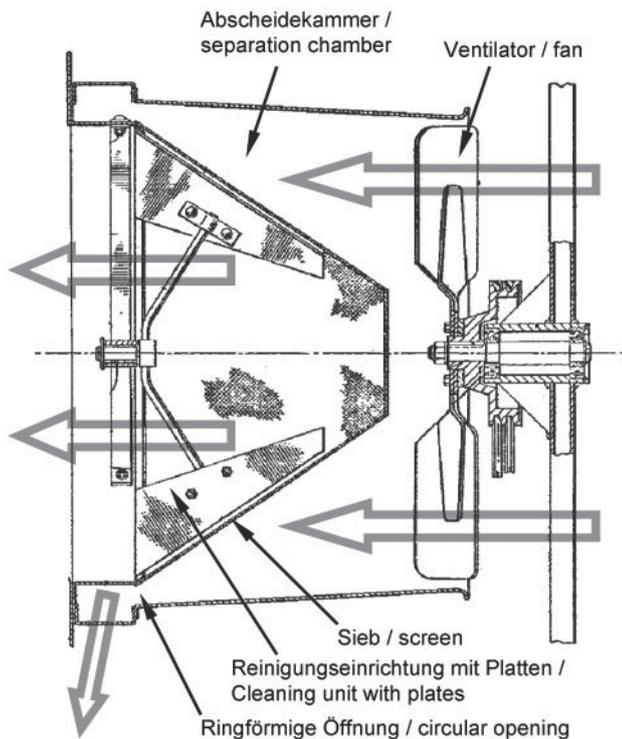
Zur Reduzierung von Ausfallzeiten müssen die Ansauggitter mit einer Reserve dimensioniert werden, die einen gewissen Grad an Verschmutzung toleriert. Lieferanten von Ansauggittern werden vor ständig wachsende Herausforderungen bezüglich Design und Lochblechgeometrie gestellt. Kleine Löcher, minimale Stegbreiten und wabenförmige Sechskantlochung für maximalen Durchgang sind mittlerweile Standard. Für eine hohe Steifigkeit und eine größere Oberfläche werden die Lochbleche stark verformt und teilweise mit Trapezfalten versehen.

Aufgabenstellung

Ziel dieser Untersuchungen war es, neue Lösungsansätze zur Gestaltung des Kühleransaugbereiches zu finden, so dass zusätzlich zur Verunreinigungsabscheidung eine möglichst kontinuierliche Reinigung der Siebfläche als zusätzliche Funktion

■ Moderne Traktoren besitzen heute eine hohe Motorleistung für schlagkräftigen Einsatz großer Geräte auf dem Feld

Abb. 1



Bekannter Luftreiniger [2]
Fig. 1: Known air cleaner [2]

integriert ist. Hierbei wurden folgende Hauptziele definiert:

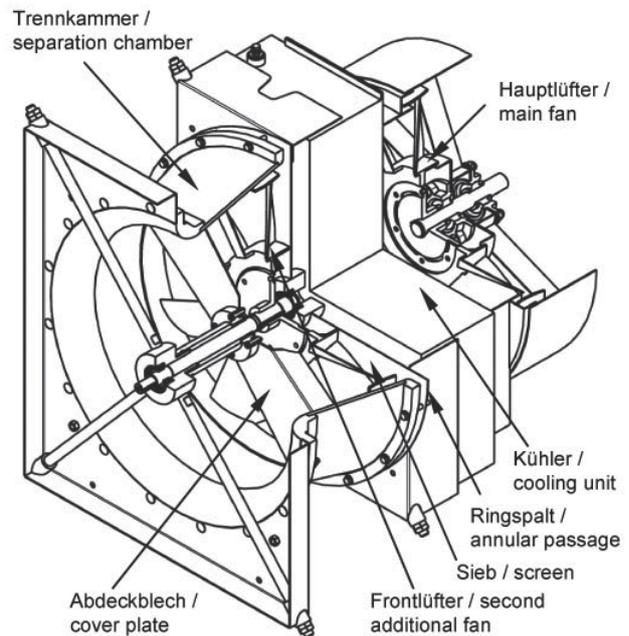
- Hoher Luftdurchsatz am Kühler ohne weitere Vergrößerung der Ansaugfläche.
- Kontinuierliche Vermeidung und Beseitigung von Schmutzpartikeln am Kühler.
- Sichere Schmutzabscheidung auch bei hoher Schmutzbelastung in der Umgebungsluft.
- Geringer technischer Aufwand bei geringer Baulänge.
- Keine Lärmerhöhung bei höherer Kühlleistung.
- Vermeidung der Erhöhung der Antriebsleistung.

Wege zur Lösung

Die Grundlage bildete eine umfangreiche Patentrecherche mit über 70 näher betrachteten Patentschriften. Insbesondere bei der Mähdruschtechnik ist wegen der schweren Umgebungsbedingungen auf dem Feld eine Vielzahl an Lösungen bekannt und in der Praxis realisiert. Auch bei Traktoren gibt es eine Reihe von Lösungsansätzen, die jedoch kaum in der Praxis Anwendung gefunden haben.

Grundelement zur Reinigung des Kühlluftstromes bildet jedoch in aller Regel ein fein perforiertes Sieb, welches Schmutzpartikel vom Kühler fernhält und dabei selbst schnell verschmutzen kann. Zur Reinigung solcher Siebe gibt es verschiedene Lösungen. Einfache technische Lösungen unterbrechen den Luftstrom partiell. Komplexere Lösungen bedienen sich zusätzlicher Hilfsmittel wie zum Beispiel fester oder rotierender Bürsten, einer partiellen oder kompletten Umkehr des Luftstromes,

Abb. 2



Versuchsanordnung
Fig. 2: Experimental assembly

der partiellen Absaugung von außen, der Führung von Druckluft auf die äußere Sieboberfläche sowie rotierender oder endlos umlaufender Sieboberflächen. Häufig werden diese Hilfsmittel miteinander kombiniert.

Bekannt geworden sind aber auch Einrichtungen, die den Kühlluftstrom in einen mit Schmutz beladenen Teilluftstrom und einen von Schmutz befreiten Hauptluftstrom teilen (**Abbildung 1**). Dabei reißt der Teilluftstrom an der Sieboberfläche haftende Schmutzpartikel mit und führt diese in die Umgebung zurück.

Aus einer Reihe unterschiedlicher Lösungsansätze wurde die in **Abbildung 2** gezeigte Versuchsanordnung favorisiert. Hierbei ist einer herkömmlichen Kombination von Kühler und dahinter angeordnetem Hauptlüfter eine Trennkammer vorgeordnet. Kühlerkombination und Trennkammer sind durch ein Lochsieb, welches eine ebene oder leicht konische Form aufweist, räumlich vollständig voneinander getrennt. Ein zweiter, sogenannter Frontlüfter ist in der Trennkammer mit geringem Abstand vor dem Sieb angeordnet. Ein separat drehbar gelagertes Abdeckblech befindet sich mit geringem Abstand vor dem Frontlüfter. Trennkammer und Sieb bilden zusammen einen Ringspalt zum Entweichen des mit Schmutz beladenen Teilluftstromes.

Untersuchungen

Zur Klärung der funktionellen Tauglichkeit wurde der in **Abbildung 2** abgebildeten Versuchsanordnung über ein Förderband ein Gemisch aus Spreu und Kurzstroh zugeführt. Bei ausschließlichem Betrieb des Hauptlüfters wurde erwartungsgemäß ein Großteil an Schmutzpartikeln mit dem Luftstrom zur

Sieboberfläche gesogen. Binnen kürzester Zeit war die Sieboberfläche vollständig verschmutzt.

Mit dem anschließenden Zuschalten des Frontlüfters wurde der auf die Sieboberfläche gerichtete Luftstrom verstärkt. Die Druckerhöhung vor dem Sieb führte zur Ausbildung eines durch den Ringspalt gerichteten Teilluftstromes, der über die Sieboberfläche streift und anhaftende Schmutzpartikel mit nach außen reißt. Untersucht wurden konische und ebene Siebe sowie verschiedene Ausführungsformen eines Frontlüfters. Variiert wurden Drehzahl der Lüfter, Spaltweite am Ringspalt sowie verschiedene Luftführungen am Ringspalt.

Ergebnisse

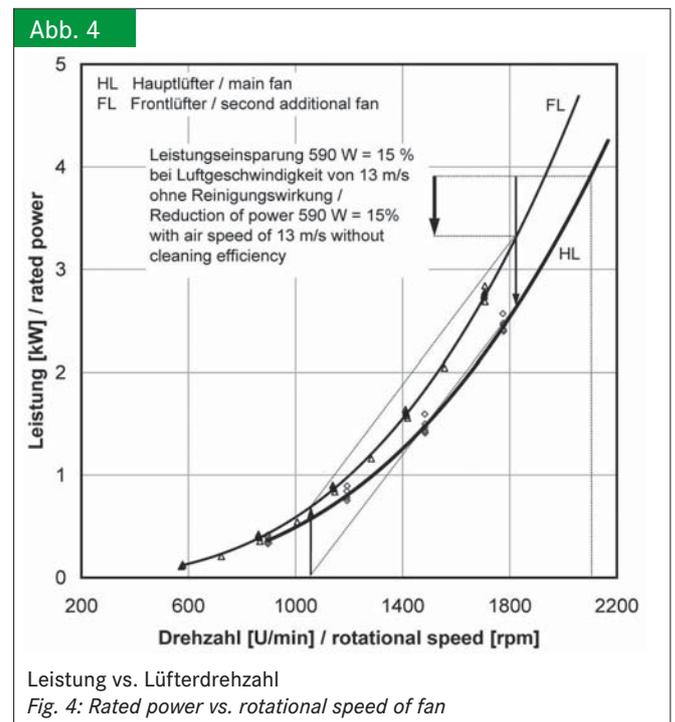
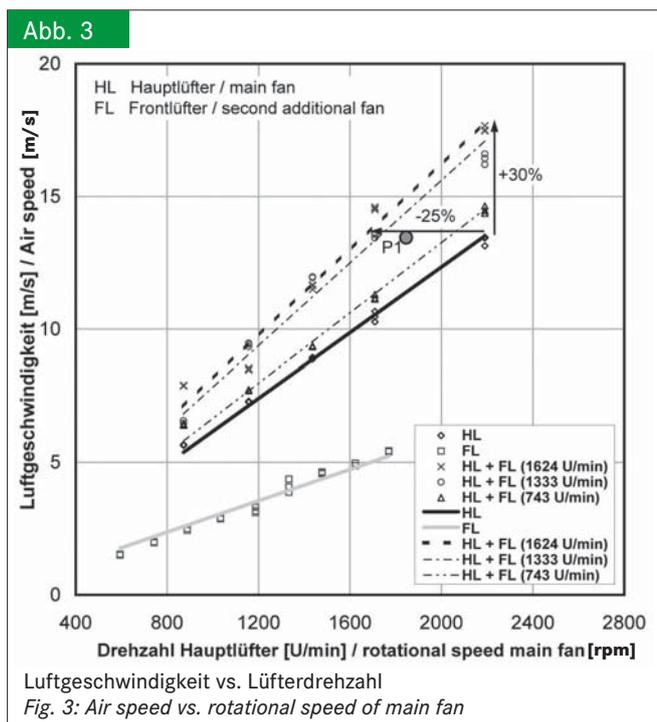
Funktion. Wesentliche Erkenntnis dieser Funktionsuntersuchungen war die Notwendigkeit der Anordnung eines zweiten Lüfters. Der erste, sogenannte Hauptlüfter erzeugt einen durch den Kühler strömenden Hauptluftstrom. Der zweite, sogenannte Frontlüfter erzeugt einen zusätzlichen Teilluftstrom, der weitestgehend unabhängig vom Hauptluftstrom ist und durch den Ringspalt in die Umgebung strömt. Dieser Frontlüfter ist, wenn er nur einen geringen Abstand zur Sieboberfläche aufweist, am wirksamsten. Die Schmutzabscheidung konnte weiterhin gesteigert werden, indem ein Abdeckblech vor dem Frontlüfter angeordnet wurde. Ein solches Abdeckblech erzeugt in seinem Windschatten Luftwirbel, die anhaftende Schmutzpartikel ablösen. Eine drehbare Anordnung eines mit Luftleitblechen bestückten Abdeckbleches bewirkt ohne zusätzlichen Antrieb eine fortlaufend wiederholte partielle Abdeckung der Sieboberfläche und somit eine schnelle Reinigung der gesamten Sieboberfläche. Damit war es in weiteren Untersuchungen möglich, von der anfänglich konischen Form der Sieboberfläche in eine ebene Form überzugehen.

Luftdurchsatz. Der Luftdurchsatz durch den Kühler wurde indirekt durch die Luftgeschwindigkeit hinter dem Kühler gemessen. Bei getrenntem Betrieb von Haupt- und Frontlüfter (identische Ausführung) war bei vergleichbarer Drehzahl der Luftdurchsatz durch den Kühler sehr unterschiedlich, was auch bei allseitig geschlossenem Ringspalt zutreffend war (**Abbildung 3**). Das resultiert aus den sehr unterschiedlichen Luftströmungswegen. Bei Kombibetrieb von Haupt- und Frontlüfter konnte auf Grund der allgemeinen Druckerhöhung vor dem Sieb der Luftdurchsatz durch den Kühler um bis zu 30% erhöht oder bei vergleichsweise hohem Luftdurchsatz die Drehzahl des Hauptlüfters um bis zu 25% reduziert werden.

Leistungsbedarf. Die Leistung wurde durch Messung von Drehmoment und Drehzahl jeweils separat für Front- und Hauptlüfter im Einzelbetrieb sowie im Kombibetrieb beider Lüfter mit 29 Drehzahlkombinationen ermittelt. Zunächst war festzustellen, dass sich die beiden Lüfter hinsichtlich des Leistungsbedarfes und der Drehzahl gegenseitig nur gering beeinflussen. Deshalb wurden in **Abbildung 4** alle Werte des Hauptlüfters bei sechs verschiedenen Drehzahlen des Frontlüfters und alle Werte des Frontlüfters bei fünf verschiedenen Drehzahlen des Hauptlüfters in jeweils einer Kennlinie zusammengefasst.

Der Hauptlüfter benötigt in der vorliegenden Versuchsanordnung mit ebenem Sieb bei einer Drehzahl von 2100 U/min eine Leistung von 3,9 kW. Die Kennlinie des mit dem Hauptlüfter baugleichen Frontlüfters ist im Vergleich zur Kennlinie des Hauptlüfters steiler.

Mit dem Zuschalten des Frontlüfters und dem Einstellen einer Drehzahl von zum Beispiel 1040 U/min kann die Drehzahl des Hauptlüfters von 2100 auf 1825 U/min (P1 in **Abbildung 3**) re-



duziert werden, ohne dass die Luftgeschwindigkeit sinkt. Unter normalen Umgebungsbedingungen ist ein Betrieb der Lüfter im unteren Kennlinienbereich, beispielsweise am Betriebspunkt P1 und somit eine Reduzierung des Leistungsbedarfes um 15 % möglich. Die Reinigungswirkung beginnt jedoch erst bei einer Mindestdrehzahl des Frontlüfters von 1650 U/min, bei der die Drehzahl des Hauptlüfters ohne Einbuße an hohem Luftdurchsatz weiter bis auf 1600 U/min gesenkt werden kann. Dabei steigt der Gesamtleistungsbedarf bei voller Reinigungswirkung und unverändert hoher Kühlleistung nur gering um 8 %. Kurzzeitig können beide Lüfter bis zu ihrer zulässigen Drehzahl beschleunigt werden, um bei voller Reinigungswirkung eine überdurchschnittliche Kühlleistung bereitzustellen. Hierbei steigt aber der Gesamtleistungsbedarf auf über 150 %.

Schallpegel. Der Schallpegel ist abhängig von der Drehzahl der Lüfter. Bei einer Drehzahl des Hauptlüfters von 2100 U/min wurde im Versuchsraum ein Schallpegel von 86 dBA gemessen, der auch im Kombibetrieb mit dem Frontlüfter bei einer Drehzahl von 1680 U/min nicht weiter stieg. Bei gleichzeitigem Betrieb beider Lüfter mit einer reduzierten Drehzahl von rund 1600 U/min wurde ein reduzierter Schallpegel von 82 dBA angezeigt.

Regelungsstrategien. Insbesondere zur Regelung der Kühlmitteltemperatur, aber auch zur Senkung des Gesamtleistungs-

bedarfes und des Schallpegels lässt sich eine Vielzahl an Regelungsstrategien ableiten. Eine einfache Regelung kann über die Kühlmitteltemperatur erfolgen, wobei zunächst beide Lüfter im unteren Drehzahlbereich arbeiten. Um bei steigender Kühlmitteltemperatur eine Verschmutzung auszuschließen, kann dann zum Beispiel zunächst die Drehzahl des Frontlüfters auf einen Mindestwert angehoben und erst danach bei Bedarf die Drehzahl des Hauptlüfters weiter erhöht werden. Weitere Führungsgrößen wie zum Beispiel das Drehmoment an der Lüfterwelle könnten frühzeitig eine Verschmutzung signalisieren, ohne dass die Kühlmitteltemperatur kritisch hoch wird.

Literatur

- [1] Bernhardt, G.; Porsche, A.; Mecking, K.; Schute, K.: Ein effektives Kühlersystem für Traktoren und Erntemaschinen bei hoher Staubbelastung. Tagungsband VDI-MEG-Tagung Landtechnik, Stuttgart-Hohenheim, 2008
- [2] Patentschrift DE 2363190

Autoren

Dipl.-Ing. Andreas Porsche ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl Agrarsystemtechnik (Leiter: **Prof. Dr.-Ing. habil. Herlitzius**; ehemaliger Leiter: **Prof. Dr.-Ing. habil. Bernhardt**) am Institut für Verarbeitungsmaschinen und Mobile Arbeitsmaschinen der TU Dresden, 01062 Dresden, E-Mail: porsche@ast.mw.tu-dresden.de

Dipl.-Ing. Klaus Schute ist Leiter Konstruktion bei der Friedrich Graepel AG (Vorstand: **Klaus Mecking**), 49624 Lönningen, E-Mail: schute@graepel.de