

Schallemission von Landmaschinen

Dargestellt am Beispiel des Amazone Airplanters ED 451 K

Eine Schallanalyse am pneumatischen Einzelkornsäugerät ergab Pegelwerte von 96 dB(A) in 3 m Abstand. Als Geräuschverursacher wurde das Sauggebläse analysiert. Am Gebläseaustritt wurden die höchsten Schallintensitätspegel gemessen. Die Schallemission nimmt mit steigender Gebläsedrehzahl zu und die dominanten Frequenzen können auf die Vielfachen der Zapfwellendrehfrequenz zurückgeführt werden. Derzeit werden in dem von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt getragenen Forschungsprojekt Geräuschminderungsmaßnahmen und die Übertragbarkeit auf weitere Landmaschinen untersucht.

Als Emissionen bei der landwirtschaftlichen Produktion und der Landnutzung werden bislang fast ausschließlich stoffliche Emissionen in fester, gasförmiger und flüssiger Form untersucht und bei Überschreitung von Schwellwerten als schädlich definiert sowie entsprechende Schwellwerte durch Nachweis bestimmt. Weitgehend unberücksichtigt blieben bisher die nicht stofflichen Emissionen in Form von schall- und elektromagnetischer Strahlung. Dabei ist die Schallemission von großer Bedeutung, da bei landwirtschaftlichen Tätigkeiten oft langandauernde Geräuscheinwirkungen über den gesundheitlich zulässigen Dauerschallpegel von 80 dB (A) auftreten. Die für die Erholung des menschlichen Gehörs erforderlichen langen Ruhepausen sind bezüglich des Dauereinsatzes von Landmaschinen nicht gewährleistet. Insofern ist die Schallemission häufig die Ursache von Ermüdung, Fehlleistung und gesundheitlicher Beeinträchtigung von Arbeitspersonen sowie von Personen im ländlichen Raum.

Die Wirkung von Schall auf Organismen wird vor allem als Wechselwirkung mit dem Menschen betrachtet. Für die Schädigungswirkung gilt grundsätzlich das Dosis-Wirkungsprinzip, wonach die Dosis das Produkt aus Schalldruck und Einwirkungsdauer und die Wirkung der Schädigung entspricht.

Dieser Beitrag befasst sich mit der Schallemission und der Schallanalyse von Landmaschinen am Beispiel eines pneumatischen Einzelkornsäugerätes (EKS). Im standardisierten Traktoren- und Landmaschinen-Geräte-Testverfahren wird die Schallemission nur im Rahmen der OECD-Prüfung von Traktoren und der DLG Gebläse-Geräusch Prüfung ermittelt. Hiernach beträgt

das Gebläsegeräusch bei pneumatischen Säugeräten (Druckluft-Prinzip) 78 bis 83 dB(A), bei Einzelkornsäugeräten (Saugluft-Prinzip) für Ackerfrüchte 83 bis 95 dB(A), für Gemüse 78 bis 88 dB(A) und von pneumatischen Drillmaschinen 79 bis 92 dB(A). Problematisch ist neben dem absoluten Schalldruckpegel die Einwirkungsdauer (DIN 45645) und die sich daraus abzuleitende Ruhepause für den Erholungseffekt (EG Richtlinie 77/311, EWG Geräuschpegel).

Für eine Geräuschreduzierung ist eine umfangreiche Schallanalyse der Landmaschinen erforderlich. Bei der Schallanalyse unterscheidet man grundsätzlich zwischen Schwingungen in Luft (Luftschaall) und in Festkörpern (Körperschaall). Der Schall kann ausgehend von der Geräuschquelle als direkter Luftschaall oder über benachbarte Bauteile als indirekter Luftschaall abgestrahlt werden. Bei indirektem Luftschaall werden die Schwingungen als Körperschaall weitergeleitet und zum Beispiel von großen Blechflächen abgestrahlt. Bei der Beurteilung von Geräuschemissionen wird im Allgemeinen der Schallwechseldruck p gemessen und als bewerteter Schalldruckpegel in dB(A) (Dezibel-A) angegeben. Die Berechnung erfolgt gemäß:

$$L_p = 20 \cdot \log p/p_0$$

mit $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Pa

Hierbei ist p_0 der Bezugsschalldruck bei der Hörschwelle. Das menschliche Ohr nimmt Schallereignisse nicht nur nach Amplitude, sondern vielmehr nach ihrer Frequenzzu-

Dipl.-Ing. Thomas Schrüllkamp ist wissenschaftlicher Mitarbeiter und Bereichsleiter Fahrwerk am Institut für Kraftfahrwesen Aachen (ika) der RWTH Aachen., 52056 Aachen; e-mail: schrullkamp@ika.rwth-aachen.de
Priv.-Doz. Dr.-Ing. Jan-Welm Biermann ist Akademischer Direktor und Leiter des Lehrgebiets Fahrzeugakustik am ika. Prof. Dr.-Ing Karl-Hans Kromer leitet das Institut für Landtechnik der Universität Bonn.

Schlüsselwörter

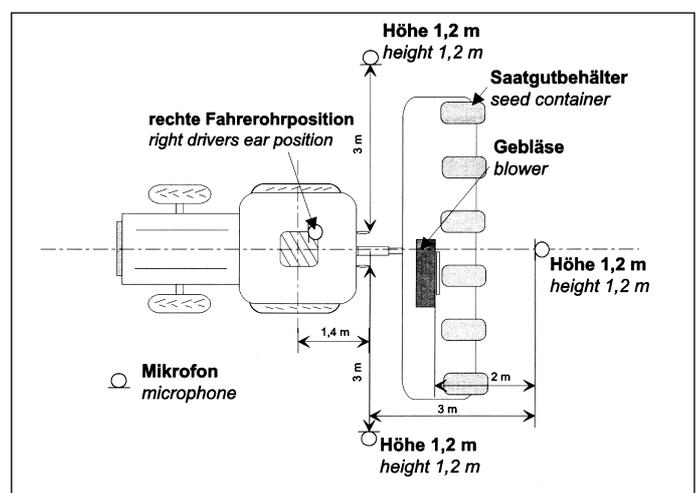
Schallemission, Akustik, Einzelkornsämaschine

Keywords

NVH, sound emission, acoustic, air spacing seeders

Bild 1: Messaufbau Stationär-Messung

Fig. 1: Construction stationary measurement



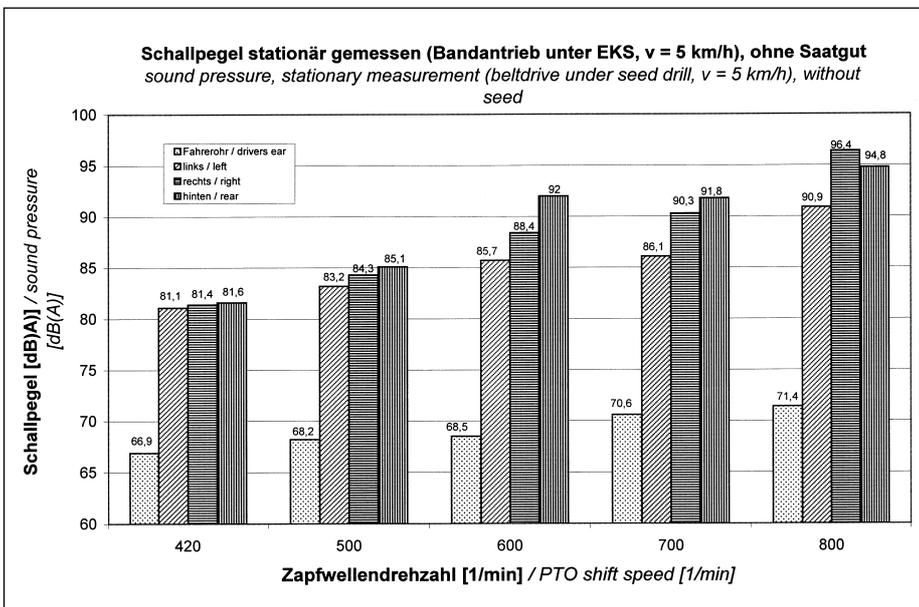


Bild 2: Schallpegel in Abhängigkeit von der Zapfwellendrehzahl

Fig. 2: Soundpressure influenced by PTO-shift-speed

sammensetzung wahr. Das Gehör ist besonders im Frequenzbereich von 3500 Hz bis 4000 Hz sensibel, wohingegen Schallereignisse mit gleichem Schalldruckpegel bei tiefen Frequenzen als nicht so laut empfunden werden. Diese frequenzabhängigen Eigenschaften des menschlichen Ohres werden durch die A-Bewertung berücksichtigt. Die Geräuschbelastung ist abhängig von Schalldruck sowie von der Frequenzzusammensetzung. Die Dosis ergibt sich aus der Einwirkungsdauer. Im Bereich der Arbeitswissenschaft treten physische Wirkungen bereits ab 65 dB(A) und vorübergehende Hörminderungen bei über 85 dB(A) auf. Arbeitsplätze mit einer Lärmbelastung von über 85 dB(A) sind gehörgefährdend und ein Gehörschutz ist gemäß Unfallverhütungsvorschrift vorgeschrieben.

Vor diesem Hintergrund wurde mit Unterstützung der Deutschen Bundesstiftung Umwelt und der Landmaschinenindustrie ein Forschungsprojekt initiiert mit dem Ziel, die Geräuschemission von Landmaschinen zu senken und damit die Belastungen für Mensch und Umwelt zu reduzieren. Für die Schallanalyse wurde im ersten Schritt die Geräuschabstrahlung des Einzelkornsägerätes (EKS) im Verbund mit einem Traktor stationär gemessen. Mittels eines Bandantriebes wurde der Schalldruck in Abhängigkeit von Zapfwellendrehzahl und Fahrgeschwindigkeit an verschiedenen Positionen aufgezeichnet (Bild 1). Dabei wurde auch die Befüllung des Saatgutbehälters berücksichtigt.

Die zugehörigen Schallpegelwerte zeigt Bild 2. Während hinten und rechts am Gebläseaustritt die höchsten Pegelwerte (bis zu 96 dB(A)) gemessen wurden, ergaben sich für den Fahrerplatz, bedingt durch die schallisolierte Traktorkabine, die niedrigsten Schallpegelwerte (~ 70 dB(A)). Der Schall-

pegel ist weitestgehend von der Fahrgeschwindigkeit unabhängig und steigt mit zunehmender Zapfwellendrehzahl. Die Befüllung des Saatgutbehälters bewirkt eine Schallpegelerhöhung um rund 2 dB(A).

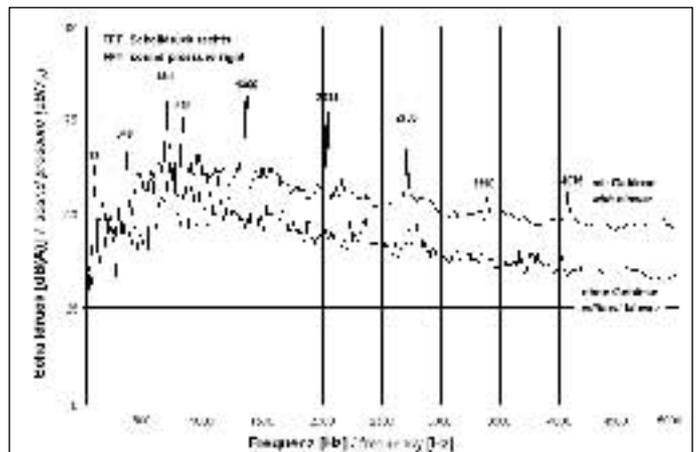
Zur näheren Untersuchung des Schallpegels im Praxiseinsatz wurden Feldversuche in Form von Vorbeifahrt-Messungen durchgeführt. Die Ergebnisse der Stationärmessung wurden dabei bestätigt. Im Realbetrieb ist die Sämaschine gegenüber dem Traktor pegeldominant, wobei die Hauptschallquelle des Einzelkornsägerätes das Sauggebläse darstellt. Die Ergebnisse der Messungen mit und ohne Gebläse zeigen, dass ohne Gebläse die Schallpegel beider Seiten nahezu gleich sind und etwa 72 dB(A) betragen. Wird das Gebläse eingeschaltet, so steigt der Pegel links auf etwa 81 dB(A) und auf der rechten Seite auf rund 88 dB(A). Zudem wirkt sich das Gebläse besonders auch auf den Schallpegel am Fahrerrohr aus, womit die Minderung der Lärmabstrahlung durch das Gebläse nicht nur im Bezug auf die Umwelt – sondern besonders auch auf den Arbeitsschutz von großer Bedeutung ist.

Hauptquelle Gebläseauslass

Um die Lärmabstrahlung durch das Gebläse genauer analysieren zu können, wurden im reflexionsarmen Schallmessraum des ika an der abgekoppelten Gebläseeinheit weitere Schalldruck- und Schallin-

Bild 3: Frequenzanalyse Schalldruck rechte Geräteside

Fig. 3: Frequency analysis sound pressure right side



intensitätsmessungen durchgeführt. Die Prüfstandsuntersuchungen ergaben, dass der Schallpegel in Abhängigkeit steigender Drehzahl zunimmt. Bei dieser Versuchsreihe wurden die Gebläseverkleidungen sequentiell in vier Schritten aufgebaut. Der Schallpegel änderte sich hingegen nur gering, so dass man davon ausgehen kann, dass mitschwingende Verkleidungsteile als Grund für den enorm hohen Schallpegelwert ausscheiden. Anhand von Intensitätsmessungen wurden die Teilschallquellen des Sauggebläses untersucht. Es zeigte sich, dass die höchsten Intensitätswerte am Auslasskanal des Gebläses erreicht werden und dieser als Hauptgeräuschquelle identifiziert werden kann. Der Kanal ist an der rechten Seite des Gebläses angebracht, was dann auch die höheren Pegelwerte auf der rechten Fahrzeugseite bei den Feldmessungen erklärt.

Anhand von Frequenzanalysen der Schalldruckpegelmessung im Betriebszustand ($n_{zw} = 700 \text{ min}^{-1}$) konnten die dominierenden Frequenzen 681 Hz, 1366 Hz, 2034 Hz und 2709 Hz ermittelt werden (Bild 3). Die Frequenzen sind auf die Drehzahlordnungen der Gebläseschaufeln zurückzuführen. Bei dem Sauggebläse handelt es sich um ein 10-flügeliges Gebläse ($n_{Flügel} = 10$), welches mit einem Übersetzungsverhältnis von $i = 3,88$ über die Zapfwelle angetrieben wird. Als typische Anregungsfrequenzen ergeben sich:

$$f = f_{zw} \cdot i \cdot n_{Flügel}$$

mit $f_{zw} = n_{zw}/60$ (Hz) Drehfrequenz der Zapfwelle

Die dominanten Frequenzen entsprechen den Vielfachen der Gebläseanregungsfrequenz f ; dies sind die 1,5., 3., 4,5. und 6. Ordnung. Die Geräuschemissionen der Sämaschine können somit eindeutig auf die Luftschallemission des Sauggebläses zurückgeführt werden. Hierauf basierend werden derzeit Geräuschminderungsmaßnahmen abgeleitet, die sich auf das Gebläse konzentrieren. Ziel ist es, durch gezielte Änderungen am Gebläse den Schallpegel um mindestens 7 dB(A) zu senken.