

Verbundprojekt TEAM – Ermittlung der Energieeffizienz

1. Teil: Entwicklung von Methoden und Instrumenten zur energetischen Beurteilung von Antriebssystemen

Philipp Scherer, Marcus Geimer

Vor dem Hintergrund einer geforderten Effizienzsteigerung mobiler Arbeitsmaschinen seitens der Europäischen Union ist zukünftig ein Konzept zur ganzheitlichen Beurteilung der Energieeffizienz dieser Maschinen erforderlich.

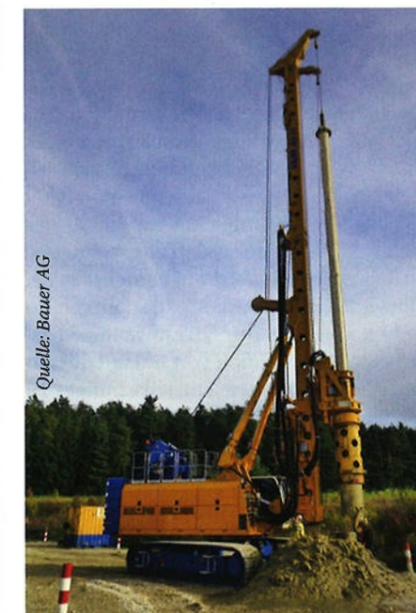
Das Ziel des Themenschwerpunkts „Ermittlung der Energieeffizienz“ ist die Schaffung einer Grundlage zur Effizienzbeurteilung mobiler Arbeitsmaschinen. Basierend auf der allgemeinen Beschreibung von Leistungsflüssen und durch Auswertung von Messdaten, die in den Verfahrenszyklen ausgewählter Versuchsmaschinen ermittelt werden, sollen Methoden und Instrumente zur umfassenden Bewertung der Energieeffizienz von mobilen Arbeitsmaschinen entwickelt werden. Die Möglichkeit der Beurteilung soll dabei unabhängig vom Typ der Maschine gegeben sein.

Die Terminologie von Zyklus- und Effizienzbetrachtungen

Bei der Untersuchung der Energieeffizienz von technischen Geräten ist die zugrundeliegende Methodik höchst entscheidend über die Aussagekraft der Effizienzuntersuchung. So kann bei der Betrachtung eines privaten Haushaltsgeräts, wie beispielsweise einer Waschmaschine, die Produktivität aufgrund der geringen Maschinenauslastung im Betrieb eines Privathaushalts fast unberührt belassen werden [1]. Es steigt die Komplexität der umfassenden Effizienzbe-



1: SOB-Bohrverfahren



2: Kelly-Bohrverfahren

trachtung mit der Zunahme an Funktionen (z. B. veränderbare Waschtemperatur) die das zu untersuchende technische System bereitstellt.

Je wahrscheinlicher der Gebrauch der Funktion für ein technisches Gerät ist, umso notwendiger ist deren Berücksichtigung für die Energieeffizienzbetrachtung. Verständlich wird dies an einem Beispiel aus der Automobilindustrie.

Die Funktion „Variation der Fahrgeschwindigkeit“ führt bei der Effizienzbestimmung von Automobilen zu realen oder synthetischen Fahrzyklen, wie beispielsweise dem NEFZ [2], die den Faktor Zeit über ein durchschnittliches und im Idealfall repräsentatives Einsatzprofil des Fahrzeugs in die Effizienzbetrachtung einfließen lassen. Es wird ein betrachtetes Arbeitsergebnis (Personentransport von A nach B) mit einem Verfahren (Fahren eines Automobils) zugrunde gelegt.

Betrachtet man Einsatzprofile [3] von mobilen Arbeitsmaschinen, so stellt man fest, dass die Komplexität der Effizienzbetrachtung durch eine Vielzahl an möglichen Anbaugeräten, die den Arbeitsprozess und die auftretenden Lastkollektive innerhalb der Antriebsarchitektur der Maschinen unter-

schiedlich stark beeinflussen, erheblich gesteigert ist. Durch unterschiedliche Anbaugeräte resultiert wiederum eine Vielzahl an Verfahren, die von einer Maschine durchgeführt werden können, welche entweder die gleichen oder auch unterschiedliche Arbeitsergebnisse zur Folge haben können. **Bild 1 und 2** zeigen verschiedene, weltweit verbreitete Verfahren für das Erstellen von Bohrungen in einem Tiefenbereich von rund 20 Metern mit stark unterschiedlichen Kraftstoffverbrauchs- und Prozessdauerwerten.

Je umfassender die Information zur statistischen Häufigkeit von auftretenden möglichen Verfahren für einen Maschinentypus sowie zur Energieintensität einzelner Arbeitsaufgaben innerhalb eines betrachteten Verfahrens ist, umso präziser können Aussagen zur Energieeffizienz einer betrachteten Maschine getroffen werden.

Erste Diskussionen im Themenschwerpunkt haben aufgezeigt, dass sowohl für die Bau-, als auch für die Landmaschinenindustrie keine einheitliche Terminologie im Umfeld von Zyklusbetrachtungen vorherrscht. Zwingende Notwendigkeit und erster Schritt der zu entwickelnden Bewer-



Quelle: MOBIMA, KIT Karlsruhe

Dipl.-Ing. Philipp Scherer, Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Mobile Arbeitsmaschinen (MOBIMA), des KIT;
Prof. Dr.-Ing. Marcus Geimer ist Leiter des Lehrstuhls

Effizienzuntersuchungen auf dem Allrad-Akustik-Rollenprüfstand des Lehrstuhls für Mobile Arbeitsmaschinen



WINKEL



NEIGUNG



LÄNGE



STEUERUNG

sps ipc drives

Elektrische Automatisierung
Systeme und Komponenten
Internationale Fachmesse und Kongress
Nürnberg, 26. – 28.11.2013

HALLE 4A, STAND 201

Besuchen Sie auch
unsere Webseite
www.fernsteuergeraete.de



Im Forschungsprojekt TEAM arbeiten mehr als 20 Maschinenhersteller, Zulieferer und Hochschulen zusammen, um die Entwicklung von Technologien für energiesparende Antriebe mobiler Arbeitsmaschinen voranzutreiben. TEAM wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmenkonzept „Forschung für die Produktion von morgen“ gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut. www.team-mobilemaschinen.de



www.fernsteuergeraete.de Tel. +49 (30) 62 91 - 1
info@fernsteuergeraete.de Fax +49 (30) 62 91 - 277

tungsmethodik im Verbundprojekt „TEAM“ war die Aufschlüsselung und die Schaffung einer aussagekräftigen Terminologie. Ein Auszug aus dieser Terminologie ist in Bild 3 wiedergegeben. Im vorliegenden Beispiel wird ein „Verfahrenszyklus“ (Pflügen) durch die Aneinanderreihung kinematisch und optisch erfassbarer „Arbeitsaufgaben“ (Pflug absenken, Pflug wenden) bestimmt. Stetig in der gleichen Reihenfolge wiederkehrende, das Verfahren im Kern charakterisierende Abfolgen von Arbeitsaufgaben werden als „Prozess“ bezeichnet.

Ansatz der Bewertungsmethodik

Betrachtet man die Historie und Vielfalt von Prüfzyklen in der Automobilindustrie, angefangen vom DIN-Drittelmix über den NEFZ, den 10-15 Mode (Japan) bis hin zum WLTP [4], so wird deutlich, dass die Prüfprogramme über die gesamte Entwicklung der letzten Jahrzehnte gesehen teilweise stark von ihren Vorgängern divergieren. Auch wenn diese Prüfprogramme einen durchschnittlichen Fahrzyklus repräsentieren, so ist die Aussagekraft für den tatsächlichen Kraftstoffverbrauch für den realen Einsatzfall oftmals in Zweifel zu ziehen.

Der Ansatz der Bewertungsmethodik im Themenschwerpunkt Energieeffizienz ist daher, Vorschläge für repräsentative Prüfprogramme von verschiedenen Verfahren auszuarbeiten, die einem durchschnittlichen Anwendungsfall entsprechen und

diese in einer Datenbank festzuhalten. Zudem sollen Anwender dieser Datenbank zusätzlich die Möglichkeit bekommen, Informationen über die Energie-Intensität einzelner Arbeitsaufgaben innerhalb betrachteter Verfahrenszyklen zu extrahieren, um diese beispielsweise auf betriebseigene, selbst gefahrene Zyklen extrapolieren zu können. Um an die hierzu notwendigen expliziten Informationen von Energieflüssen entlang des gesamten Antriebsstranges zu gelangen, werden diverse Versuchsmaschinen mit umfangreicher Messtechnik zur Ermittlung der leistungsrelevanten Daten ausgestattet. Es folgen Versuchsfahrten mit Parametervariationen, wie beispielsweise Änderungen der Körnung eines Schüttguts beim Verfahren „Rückverladung“ für den Maschinentypus Radlader, welche einen hohen zu erwartenden Einfluss auf die Energieeffizienz einer Maschine haben.

Gängige Maschinen auswählen

Aus dem geforderten Anspruch einer Allgemeingültigkeit der Bewertungsmethodik für mobile Arbeitsmaschinen leitet sich die Zusammensetzung der Maschinenauswahl ab, welche den nachfolgenden elementaren Untersuchungen zur Zyklidentifikation und Energieflussbestimmung zugrunde liegen. Um für die Branchen repräsentative Ergebnisse zu erhalten, wurde hierbei Wert auf die Auswahl von weit verbreiteten Maschinentypen aus dem Bau- und Landmaschinenbereich gelegt. Die untersuchten Maschinentypen sind gemäß der beteiligten Projektpartner:

■ Radlader, LH 576, 205 kW, Firma Liebherr Hydraulikbagger GmbH

■ Traktor, Fendt Vario 724, 176 kW, Firma AGCO Fendt

■ Traktor, Arion 600, 135 kW, Firma Claas Industrietechnik GmbH

■ Großdrehbohrgerät, BG 30, 403 kW, Firma Bauer Maschinen GmbH

Das Großdrehbohrgerät stellt zusätzlich einen Sonderfall aus dem Spezialtiefbau dar, der gewählt wurde, um Aspekte, wie beispielsweise den Einfluss der Anwendung unterschiedlicher (Bohr-)Verfahren zur Erzeugung desselben Arbeitsergebnisses auf die Energieeffizienz untersuchen zu können.

3: Verfahrenszyklus Pflügen



Quelle: MOBIMA, KIT Karlsruhe

Einheitliche Messtechnik

Von jedem der aufgeführten Maschinentypen wurde exemplarisch eine Versuchsmaschine zusätzlich zur vorhandenen serienmäßigen On-Board Sensorik mit weiteren Messpositionen ausgestattet. Diese zusätzlich installierten Messstellen dienen zur Aufzeichnung von leistungsrelevanten Daten im Antriebsstrang, wie Drücken, Volumenströmen, Drehzahlen, Drehmomenten und GPS-Positionen.

Zusätzlich zur Information des Kraftstoffverbrauchs, als belastbarer Bezugsgröße einer mobilen Arbeitsmaschine bei der Durchführung eines Verfahrenszyklus, zielt die weitergehende Applikation von Messtechnik auf die Ebene der technischen Wirkungsgrade. Erkenntnisse über die Energieflüsse, die bei der Durchführung einer speziellen „Arbeitsaufgabe“ in unterschiedlichen Teilkreisen des Antriebsstranges auftreten, werden hierdurch gewonnen.

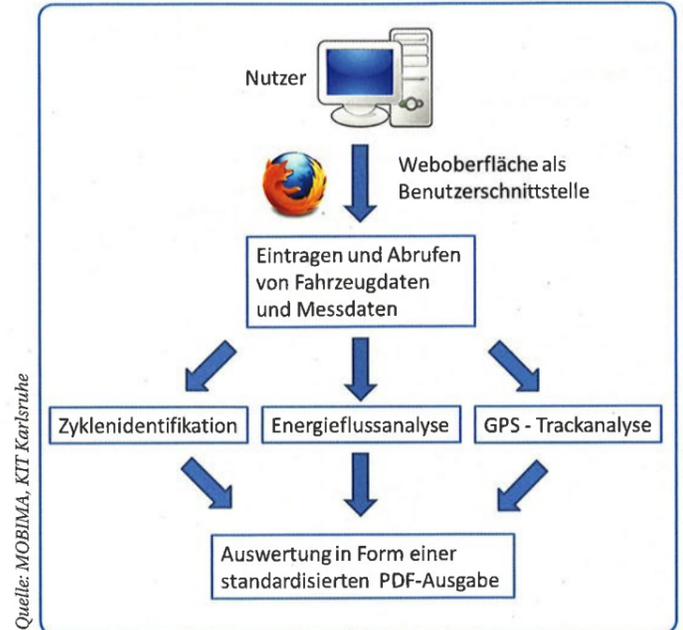
Messfahrten und Auswertewerkzeuge

Aufgrund von vorhandenen Kundendaten und Voralysen wurden zuerst die wichtigsten Verfahrenszyklen der beteiligten Maschinentypen identifiziert. Es folgten die ersten Erprobungs- und Versuchsfahrten mit den oben genannten Maschinen, mit dem Ziel eine Datengrundlage zu schaffen, die das geforderte Design von repräsentativen Prüfzyklen unterstützt. Zugleich wurden die umfassenden Leistungsdaten der Maschinen während der Versuchsfahrten ermittelt.

Um eine einheitliche, auf den Zweck der Energieeffizienzuntersuchung zugeschnittene Vorgehensweise bei der nachgelagerten Messdatenauswertung zu gewährleisten, wurde am Lehrstuhl für Mobile Arbeitsmaschinen ein umfangreiches Open-Source Softwarepaket entwickelt. Die wichtigsten Eigenschaften dieses Softwarepakets sind derzeit die Verwaltung unterschiedlicher Messfahrzeuge und zugehöriger Messdatensätze über MySQL Datenbanken. Die Energieeffizienzanalyse der vorliegenden Messdatensätze von durchgeführten Messfahrten sowie die graphische Darstellung der Ergebnisse in Form einer standardisierten PDF-Ausgabe wurden ebenfalls realisiert.

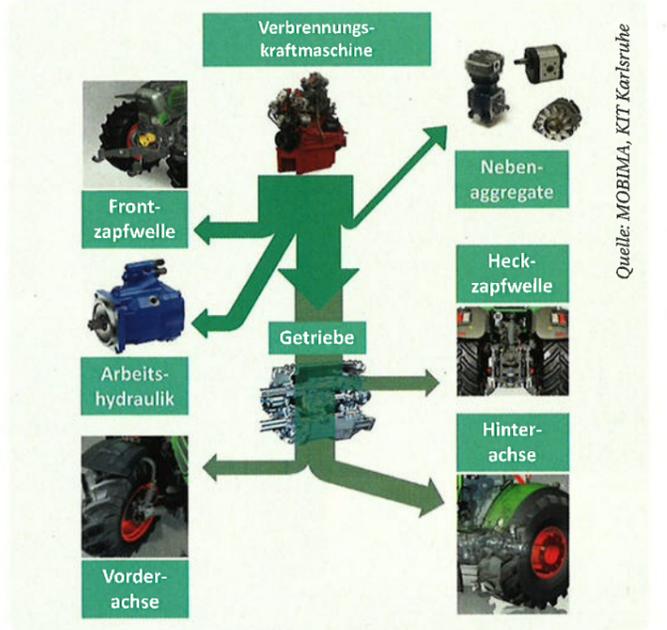
Weiterer Ausblick

Die ersten Messfahrten mit den ausgestatteten Versuchsmaschinen wurden abgeschlossen und liegen zur Auswertung vor. Nach eingehender Analyse und Auswertung



4: Ablauf der Energieeffizienzanalyse durch das Auswertewerkzeug

Quelle: MOBIMA, KIT Karlsruhe



5: Graphische Auswertung der Energieflüsse im Antriebsstrang

Quelle: MOBIMA, KIT Karlsruhe

tung dieser Messdaten mit Unterstützung des Auswertewerkzeugs folgen in der zweiten Phase des TEAM-Verbundprojekts die daraus abgeleiteten Entwürfe von Prüfscenarien für diverse Verfahrenszyklen. Dabei ist grundsätzlich die Frage zu klären, für welche Verfahren ein Prüfstand, beispielsweise ein Rollenprüfstand oder alternativ ein Feldtest, die beste Eignung darstellt. Diese Eignung muss maßgeblich in Hinblick auf

- Reproduzierbarkeit des Versuchsablaufs,
- Beherrschbarkeit von inhomogenen

Randbedingungen, wie beispielsweise der Einfluss von Ackerboden, gewollten und ungewollten Fahrereinfluss auf den Ablauf des Verfahrenszyklus, die individuellen Möglichkeiten der Bedienungsweise einer Maschine bewertet werden.

TEAM www.vfmz.net/3295770

Literaturquellen:
 [1] Delegierte Verordnung (EU) Nr. 1061/2010 Der Kommission vom 28. September 2010 zur Ergänzung der Richtlinie 2010/30/EU des Europäischen

Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Kennzeichnung von Haushaltswaschmaschinen in Bezug auf den Energieverbrauch
 [2] M6 Richtlinie des Rates vom 20. März 1970 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über Maßnahmen gegen die Verunreinigung der Luft durch Emissionen von Kraftfahrzeugen
 [3] Olje, G. und H. Schön: Einsatzzeiten von Schleppern bei unterschiedlichen betrieblichen Verhältnissen. Gundl. Landt. 34 (1984) Nr. 6, S. 236-243
 [4] Allgemeiner Deutscher Automobil-Club e.V., Hansastr. 19, 80686 München: adac.de. ADAC EcoTest Methodik ab März 2012



Never stop moving



Fahrertriebe für Baumaschinen jeder Dimension. Zuverlässig. Standfest. Perfekte Partner in jeder Situation. Entwickelt und gebaut auf der Grundlage jahrzehntelanger Erfahrung. In jeder benötigten Ausführung die passende Lösung. Kompromisslos gut. Also: Never stop moving.

www.bonfiglioli.com
Bonfiglioli
 power, control and green solutions

Bonfiglioli Deutschland GmbH
 Sperberweg 12
 41468 Neuss
 Tel. +49 (0)2131 2988-0
 info@bonfiglioli.de