

Gutachten

zur Dissertation

„Methode zur Auswahl des optimalen Schaufelfüllungsverfahrens
für die Automatisierung des Ladeprozesses von Radladern“

von

Herrn Jörg André Lommatsch, M.Eng.

Aufgabenstellung

Die Energieeffizienz und die Ressourcenschonung während des Ladeprozesses mit Ladeschaufeln ist im hohen Maße von den Erfahrungen des Maschinenpersonals abhängig. Dies wirkt sich unmittelbar auf die Betriebskosten (Kraftstoffe, Verschleiß) der Maschine aus. Heutige Bauverfahren stehen jedoch unter enormen Kostendruck, was einen Bedarf an niedrigen Einsatzkosten und eine hohe Effizienz erfordert. Aufgrund dieser Problematik soll in der angestrebten Promotion der Frage nachgegangen werden, in wie weit sich ein hybrider Schaufelfüllvorgang auf eine energieeffiziente und ressourcenschonende Schaufelfüllung auswirkt, indem bekannte Ladestrategien erweitert werden und zur Anwendung bei klassischen Schüttgütern kommen. Das übergeordnete Ziel der vorliegenden Dissertation ist es daher, die Untersuchung des Schaufelfüllvorgangs in der konventionellen Anwendung und im direkten Vergleich mit der hybriden Variante. Hierbei liegt der Fokus auf die Steigerung der Energieeffizienz durch eine bedarfsgerechte dynamische Einleitung des Schaufelfüllvorgangs, gefolgt von einer konventionellen quasi-statischen, sowie die Ressourcenschonung durch eine Reduktion des Verschleißes an der Ladeschaufel.

Inhalt der Arbeit

Zur Erreichung der definierten Ziele ist die Dissertation in sieben klassischen Kapiteln sehr fein und detailliert aufgeteilt. Die aufgezeigte Vorgehensweise lässt eine sehr gut strukturierte Arbeit erkennen.

Nach einer klar abgegrenzten Problemstellung und einer genau definierten Zielsetzung sind in den Kapiteln zwei und vier umfangreiche Betrachtungen zum Stand der Technik zu allen relevanten Teilgebieten, die in der Dissertation von Bedeutung sind, wiedergegeben. Es folgt in Kapitel vier eine detaillierte Beschreibung der Grundlagen zum Schaufelfüllvorgang bei Radladern, sowohl in der klassischen quasi-statischen Vorgehensweise, als auch in der untersuchten hybriden Vorgehensweise (dynamisch – quasi-statisch). Hierbei wird geklärt, welche Ideen und welche mathematischen Grundlagen der Methode zugrunde liegen.

Nach der ausführlichen Analyse des Schaufelfüllvorgangs bei Radladern gliedert sich das Kapitel fünf in drei wesentliche Teilkapitel auf, den Demonstrator, den physikalischen Versuchsaufbau sowie die experimentellen Untersuchungen mit der Definition der verwendeten Schüttgüter, des eigentlichen Versuchsablaufes sowie der weiterentwickelten Ladestrategien hinsichtlich der Energieeffizienz, Ressourcenschonung und Produktivität zukunftsweisend weiterentwickelt und für das spätere Assistenzsystem modifiziert worden sind. In einem Teilergebnis konnte aufgezeigt werden, dass sich ein gezielter Einsatz von Unwuchtmotoren (ERMs) immer positiv auf die Energieeffizienz auswirkt. Es wurde dargestellt,

dass ein bedarfsgerechter Einsatz der Unwuchtmotoren beim Laden eines Sand-Kies-Gemisch den Energiebedarf beim Füllen der Ladeschaufel um bis zu 12% reduzieren kann. Die geeignete Ladestrategie mit einer Nutzung der Unwuchtmotoren führt beim Schüttgut Basalt zu einem bis zu 10% verminderten Energiebedarf und beim Laden von Sand bis zu 25%.

Im Kapitel sechs wird das Konzept eines modularen Assistenzsystems zur Schaufelfüllung dargestellt, welches auch auf bestehende Maschinen nachrüstbar ist. Hierbei wurde eine neuartige Füllstandbestimmung mit bereits bekannten mobilen Wiegeeinrichtungen für Radlader kombiniert, um einen Rückschluss auf die Art des Materials zu geben. Mit Hilfe einer Positionsbestimmung der Schaufel und einer Schlupfermittlung des Fahrtriebes, durch die Korrelation mit dem Hydraulikdruck der Arbeitskinematik des Radladers, ergibt sich die Möglichkeit, die Schaufelfüllung durch ein Assistenzsystem energieeffizient und ressourcenschonend ausführen zu können. Mit Hilfe eines Ansatzes des maschinellen Lernens wird jeder Schaufelfüllvorgang vom Automatisierungssystem ausgewertet, um ihn mit den Ergebnissen die Ladestrategie permanent für ein optimales Ergebnis anpassen zu können. Eine Bedieneinheit unterstützt hierbei den Maschinenbediener mit Informationen und ergänzenden Anleitungen.

Eine Zusammenfassung mit Ausblick im Kapitel sieben, gefolgt von einem umfangreichen Literaturverzeichnis bildet den Abschluss der Arbeit.

Bewertung

Herr Lommatsch schließt mit seiner Dissertation eine bestehende Wissenslücke auf dem Gebiet der energieeffizienten Schaufelfüllung mittels hybridem Füllvorgang. Insbesondere wird ein maßgeblicher Beitrag zur Anwendbarkeit einer dynamischen Anregung einer Laderschaufel während der Schaufelfüllung geleistet.

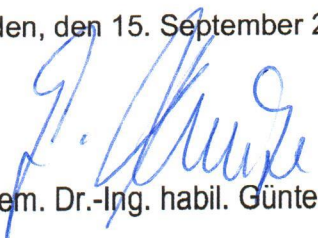
Herr Lommatsch hat strukturiert das wissenschaftliche Potential der hybriden Schaufelfüllung ausführlich und überzeugend dargestellt. Besonders positiv zu bewerten ist die hohe Fachkompetenz mit der Herr Lommatsch den theoretischen, wie auch den experimentellen Teil seiner Dissertation erstellt hat.

Insgesamt bewerte ich die vorgelegte Arbeit mit

„sehr gut mit Auszeichnung“

Ich empfehle der Fakultät „Mechanical Engineering“ der Universität Wroclaw die Fortsetzung des Promotionsverfahrens.

Dresden, den 15. September 2023


Prof. em. Dr.-Ing. habil. Günter Kunze

Expert Opinion (Translation)

for the Dissertation

„Method of Selecting an Optimal Bucket Filling Process
for Automation of the Loading Process in Wheel Loaders“

from

Mr. Jörg André Lommatsch, M.Eng.

Task

Energy efficiency and resource conservation during the loading process with loader buckets is highly dependent on the experience of the machine operators. This has a direct impact on the operating costs (fuel, wear) of the machine. However, today's construction methods are under enormous cost pressure, which requires a need for low operating costs and high efficiency. Due to this problem, the aim of this PhD is to investigate the impact of a hybrid bucket filling process on energy-efficient and resource-saving bucket filling by extending known loading strategies and applying them to classic bulk materials. The overall objective of this dissertation is therefore to investigate the bucket filling process in conventional application and in direct comparison with the hybrid variant. The focus is on the increase of energy efficiency through an on-demand dynamic initiation of the bucket filling process, followed by a conventional quasi-static one, as well as the conservation of resources through a reduction of wear on the loading bucket.

Content of the Thesis

To achieve the defined goals, the dissertation is divided into seven classical chapters in a very fine and detailed way. The demonstrated approach reveals a very well structured end product.

After a clearly delimited problem and a well-defined objective, chapters two and four contain extensive considerations of the state of the art for all relevant sub-areas that are of importance in the dissertation. Furthermore, chapter four contains a detailed description of the fundamentals of the bucket filling process for wheel loaders, both in the classic quasi-static approach and in the hybrid approach (dynamic - quasi-static). Here, it is clarified which ideas and which mathematical principles underlie the method.

After the detailed analysis of the bucket filling procedure for wheel loaders, chapter five is divided into three essential subchapters, the demonstrator, the physical test setup, and the experimental investigations. This includes the definition of the bulk materials used, the actual test procedure, and the developed loading strategies with regard to energy efficiency, resource conservation and productivity. One result showed that the targeted use of eccentric rotating mass (ERMs) motors always has a positive effect on energy efficiency. It was shown that a demand-oriented use of the ERMs during the loading of a sand-gravel mixture can reduce the energy demand during the filling of the loading bucket by up to 12%. The appropriate loading strategy with a use of the ERMs results in up to 10% reduction in energy demand for basalt bulk material and up to 25% reduction in energy demand for sand loading.

In chapter six, a concept of a modular assistance system for bucket filling is presented, which will also be retrofittable to existing machines. Here, a new type of fill level determination was combined with already known mobile weighing devices for wheel loaders in order to provide an indication of the type of material. With the help of position determination of the bucket and slip determination of the drive, through the correlation with the hydraulic pressure of the working kinematics of the wheel loader, the possibility arises to carry out the bucket filling by an assistance system in an energy-efficient and resource-saving way. Using a machine learning approach, each bucket filling process is evaluated by the automation system so that the results can be used to permanently adjust the loading strategy for optimum results. An operating unit assists the machine operator with information and supportive instructions.

A summary with an outlook in chapter seven, followed by a comprehensive bibliography, concludes the thesis.

Evaluation

With his dissertation, Mr. Lommatsch closes an existing gap in knowledge in the field of energy-efficient bucket filling by means of a hybrid filling process; in particular, a significant contribution is made to the applicability of dynamic excitation of a loader bucket during filling.

Mr. Lommatsch has presented the scientific potential of hybrid bucket filling in a structured, detailed and convincing manner. Particularly positive is the high professional competence with which Mr. Lommatsch has prepared the theoretical as well as the experimental part of his dissertation.

Overall, I rate the submitted work as

"very good with distinction"

I recommend to the "Mechanical Engineering" of Wroclaw University continuation of the doctoral process.

Dresden, 15. September 2023

Prof. em. Dr.-Ing. habil. Günter Kunze