Qualitative und Quantitative Untersuchung des Motorfreilaufs auf das dynamische Verhalten einer eBike-Antriebseinheit

Qualitative and quantitative study of the motor freewheel on the dynamic behavior of an eBike drive unit.

Kevin Steinbach, Bosch eBike Systems, Universität Siegen, Hochschule-Bonn-Rhein-Sieg, 72770 Reutlingen, Deutschland, kevin.steinbach@de.bosch.com
Dr. Dominik Lechler, Bosch eBike Systems, 72770 Reutlingen, Deutschland, dominik.lechler@de.bosch.com
Prof. Dr.-Ing. Iris Groß, Hochschule-Bonn-Rhein-Sieg, Institut für Technik, Ressourcenschonung und Energieeffizienz (TREE), 53757 Sankt Augustin, Deutschland, iris.grossh@h-brs.de
Prof. Dr. Dirk Reith, Hochschule-Bonn-Rhein-Sieg, Institut für Technik, Ressourcenschonung und Energieeffizienz (TREE), 53757 Sankt Augustin, Deutschland, dirk.reith@h-brs.de
Prof. Dr.-Ing. Peter Kraemer, Universität Siegen, Department Maschinenbau, 57076 Siegen, Deutschland, peter.kraemer@uni-siegen.de

Kurzfassung

Heutzutage werden alternative Mobilitätslösungen immer wichtiger. Dabei haben eBikes ihr Potential längst unter Beweis gestellt. Der zugehörige Markt ist über die letzten 10 Jahre enorm gewachsen und gleichermaßen auch die Erwartungen an das Produkt, wie bspw. eine Fahrt ohne störende Vibrationen und Geräusche zu haben. Der Motorfreilauf leistet dabei einen maßgeblichen Einfluss auf das dynamische Verhalten. In diesem Beitrag soll daher eine methodische Vorgehensweise vorgestellt werden, um mittels Versuch und Simulation den Einfluss des Motorfeilaufs auf das dynamische Verhalten der eBike Antriebseinheit zu bestimmen.
Gemäß [1] ist die grundsätzliche Charakteristik eines Freilaufs bekannt. Er sorgt dafür, dass ein Drehmoment in nur eine Drehrichtung übertragen wird. Bei der eBike Antriebseinheit entkoppelt der Motorfreilauf dabei den E-Motor samt Antriebsstrang gegenüber dem Pedalieren des Fahrers. Das Motor-Moment kann somit auf die Pedalachse übertragen werden, ohne dass der Fahrer das zusätzliche Moment - kraft Trägheiten und Verluste im Antriebsstrang - bei nicht unterstützendem Motor mittreten muss. Damit unterscheidet sich dieses Konzept gegenüber Automotive-Anwendungen und ist im System einer eBike Antriebseinheit noch wenig untersucht.
Um den Einfluss des Freilaufs qualitativ zu untersuchen, wird zunächst ein reduziertes Mehr-Massen-Schwinger-Modell der Antriebseinheit erstellt, das als Torsionsschwingerkette mit einem Freiheitsgrad je Masse beschrieben wird. Dieser Ansatz wird gewählt, da der Freilauf schematisch gesehen einer Torsionsfeder entspricht und somit Effekte bedingt durch weitere Freiheitsgrade eliminiert werden. Damit ist ein Rückschluss gezielt auf den Freilauf möglich.
Als Parametergrößen werden ausschließlich die Wellensteifigkeiten und Zahnsteifigkeiten sowie Trägheitsmomente betrachtet. Die Steifigkeit des Freilaufs stammt dabei aus einer messtechnischen Untersuchung. Eine Modellbildung und Simulation des Freilaufs, bedingt durch die physikalischen Effekte der Klemmkörper, ist verglichen mit dem Aufwand einer Messung wesentlich zeitaufwendiger und wird daher nicht verfolgt. Die Kennlinie der Steifigkeit wird in einer approximierten Funktion für die Modellbildung berücksichtigt. Wie gemessen wird und unter welchen Annahmen die Approximation erfolgt, soll noch vorgestellt und diskutiert werden. Übrige Steifigkeiten und Trägheiten sind entweder computergestützt berechnet oder messtechnisch erfasst. Zum Validieren wird die Auslenkung der Simulation unter Last bestimmt und mit der des Versuches verglichen.
Bild 1 zeigt das methodische Vorgehen und ist im Nachfolgenden genauer erklärt. Da Steifigkeiten in der Realität lastabhängig sind, werden Massenmatrix und Steifigkeitsmatrix zunächst nur qualitativ anhand eines Ersatzmodells aufgestellt. Es folgt die quantitative Untersuchung der Eigenwerte und -frequenzen für verschiedene Betriebspunkte, jedoch ohne Last und Dämpfung, nur durch Anpassung der Größe der Steifigkeiten. Anhand dieser Ergebnisse werden die Sensitivitätskoeffizienten für die Massenmatrix und Steifigkeitsmatrix gebildet und miteinander verglichen. Dadurch kann aufgezeigt werden, wie sensitiv die eBike Antriebseinheit im Betrieb bezogen auf den Freilauf ist.
Für eine qualitativ bessere Aussage, folgt eine transiente, numerische Zeitbereichsrechnung unter Last mit lastabhängigen Steifigkeiten sowie mit Dämpfung. Durch die einhergehende Nicht-Linearität ist die mittlere Steifigkeit amplitudenabhängig und es kommt zu höher harmonischen Torsionsschwingungen des Systems. Hierdurch kann gezeigt werden, wie groß der Einfluss der Lastabhängigkeit ist, indem dynamische Zustände ohne Last bis maximaler Last betrachtet werden. Das Verhalten wird mit Versuchen verglichen, bei denen die Schwingung der Wellen der Antriebseinheit über ein Laser-Vibrometer gemessen wird. Ergebnisgüte und Rückschlüsse sollen im Detail diskutiert werden.

DOI: 10.17185/duepublico/77405

Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung - Nicht-kommerziell - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz.

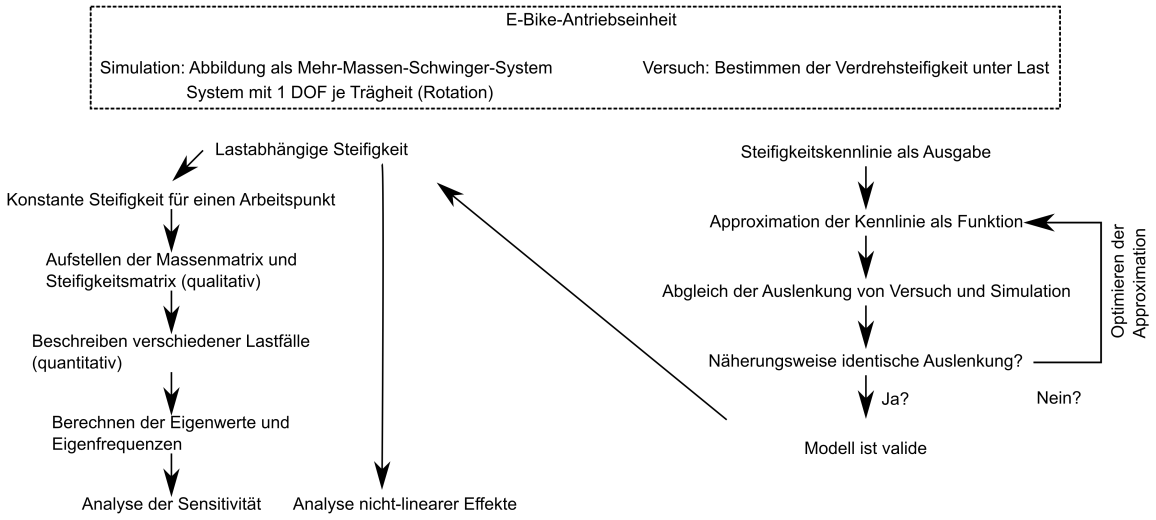

Bild 1: Methodische Vorgehensweise zur Ermittlung des Effekts des Freilaufs auf die Dynamik der eBike Antriebseinheit

Literatur

[1] Dresig, Hans und Fidlin, Alexander: *Schwingungen mechanischer Antriebssysteme Modellbildung, Berechnung, Analyse, Synthese*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2020, ISBN 978-3-662-59136-9, S. 199 .

DuEPublico

Duisburg-Essen Publications online

UNIVERSITÄT DUISBURG ESSEN

Offen im Denken

ub | universitäts bibliothek

In: Neunte IFToMM D-A-CH Konferenz 2023

Dieser Text wird via DuEPublico, dem Dokumenten- und Publikationsserver der Universität Duisburg-Essen, zur Verfügung gestellt. Die hier veröffentlichte Version der E-Publikation kann von einer eventuell ebenfalls veröffentlichten Verlagsversion abweichen.

DOI: 10.17185/duepublico/77405
URN: urn:nbn:de:hbz:465-20230314-163405-4

Dieses Werk kann unter einer Creative Commons Namensnennung - Nicht-kommerziell - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 Lizenz (CC BY-NC-SA 4.0) genutzt werden.