

Tribologisches Verhalten additiv gefertigter Bauteile: Perspektiven für die Produktentwicklung durch fertigungsbedingte Effekte erkennen

Tobias Rosnitschek, Christian Orgeldinger, Bettina Alber-Laukant und Stephan Tremmel, Universität Bayreuth, Lehrstuhl für Konstruktionslehre und CAD, 95447 Bayreuth, Deutschland, tobias.rosnitschek@uni-bayreuth.de

Kurzfassung

Die Additive Fertigung als „physischer Arm der Digitalisierung“ verbreitet sich zunehmend und wird so zur relevanten Fertigungsalternative im Kontext einer nachhaltigen individualisierten Produktentwicklung. Aufgrund der hohen geometrischen Freiheit lassen sich bionische Strukturen fertigen, Baugruppen in ein einziges Bauteil transformieren, oder ganz allgemein zusätzliche Funktionen integrieren [1, 2]. In Verbindung mit Computer-Aided-Engineering Methoden wie der Topologieoptimierung lassen sich somit Prototypen bereits beinahe vollständig automatisiert entwerfen und fertigen [3]. Ebenso bietet der Einsatz von Füllstrukturen die Möglichkeit das effektive Bauteilverhalten über einen großen Bereich zu variieren und so auch das volle Leichtbaupotential der Technologie auszunutzen [4]. Das tribologische Verhalten additiv gefertigter Strukturen wurde dabei bisher eher als hinderlich wahrgenommen. Dieser Artikel soll aufzeigen, dass durch das Verstehen fertigungsbedingter Effekte neue Perspektiven für die Nutzung der Additiven Fertigung entstehen können.

Fertigungsbedingte Effekte verstehen

Während das mechanische Verhalten, wie beispielsweise Festigkeiten und Moduli, additiv gefertigter Bauteile in vielen Fällen bereits gut verstanden ist, wird nur in wenigen Arbeiten die Oberflächengestalt und das daraus resultierende tribologische Verhalten untersucht, das sich aus den additiven Fertigungsverfahren ergibt. Gerade im Hinblick auf die Entwicklung energieeffizienter und nachhaltiger Produkte gewinnt jedoch die Verringerung von Reibung und Verschleiß technischer Komponenten zunehmend an Bedeutung. Erste Arbeiten behandeln daher bereits die tribologische Charakterisierung im Fused Filament Fabrication Verfahren gedruckter Kunststoffbauteile [5 – 7] und auch im Bereich der additiven Fertigung von Metallen wird zunehmend das tribologische Verhalten der Oberflächen mitberücksichtigt [8, 9].

Allgemein wirken sich bei additiv gefertigten Bauteilen die fertigungsbedingten Oberflächenmerkmale, im Vergleich zu konventionell gefertigten Bauteilen, meist negativ auf das tribologische Verhalten aus. Folglich besteht an dieser Stelle noch erheblicher Forschungsbedarf, um das Potential additiver Fertigungsverfahren auch in tribologisch relevanten Anwendungen nutzen zu können. Ein Beispiel für ein solches Oberflächenmerkmal ist die rillenartige Struktur entlang der Aufbaurichtung, die als Folge der schichtweisen Fertigung des Bauteils entsteht (vgl. Abb. 1). Die Nachbearbeitung solcher Oberflächenmerkmale ist gerade bei komplexen Strukturen aufwändig und kostenintensiv. Könnten aber diese fertigungsbedingten Effekte gezielt zur Verbesserung des tribologischen Verhaltens im System genutzt werden, würde so perspektivisch ein Mehrwert für die Entwicklung energieeffizienter und nachhaltiger Produkte entstehen.

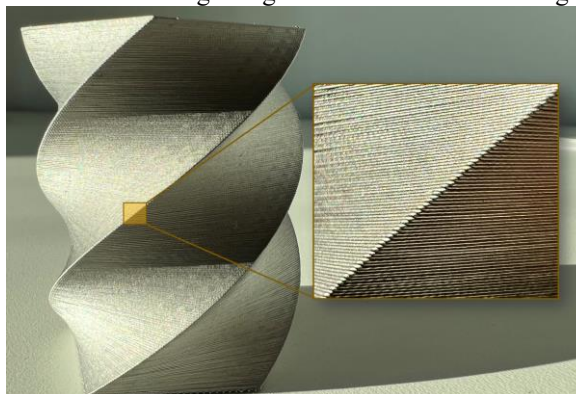


Abb. 1: Oberflächenrillen entlang der Aufbaurichtung bei metallischen Bauteilen in der extrusionsbasierten additiven Fertigung.

Perspektiven erkennen

Die rillenartige Struktur in Abb. 1. bietet potentiell die Möglichkeit als Schmierstoff-Reservoir zu fungieren und dadurch beispielsweise einen Trockenlauf der Kontaktpartner zu verhindern. Unter gewissen Umständen können so auch texturierte Oberflächen die Kontaktreibung durch hydrodynamische Effekte reduzieren.

Neben Spezialanwendungen könnten so optimierte Maschinenelemente zum Beispiel im Bereich der Ersatzteilversorgung schnell und flexibel eingesetzt werden. Neben Anwendungen im klassischen Maschinenbau werden additive Ver-

fahren auch zunehmend in der Medizintechnik eingesetzt [10], da sie eine einfache individuelle Produktpassung an den Patienten ermöglichen. Unter der Voraussetzung, dass tribologisch günstige Oberflächen erzeugt werden, könnten etwa die Femuralkomponenten von Knieimplantaten individuell angepasst werden, um den Verschleiß des Implantats zu minimieren. Die Kontaktverhältnisse könnten in diesem Fall, wie in Abb. 2 skizziert, durch entsprechende Tribo-Simulationen des Implantats [11] optimiert werden.

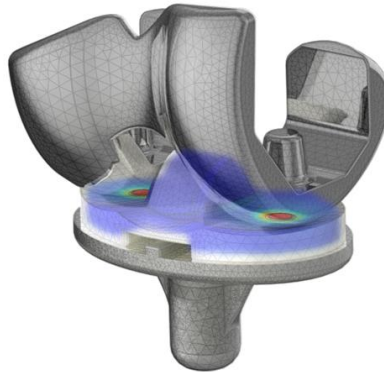


Abb. 2: Schematische Darstellung eines Knieimplantats mit Berücksichtigung der komplexen tribologischen Kontaktverhältnisse

Perspektivisch eignen sich also fertigungsbedingte Effekte additiv gefertigter Strukturen unter anderem durch das Ausnutzen hydrodynamischer Effekte, um die Kontaktreibung in Systemen zu minimieren und können dadurch zu wesentlichen Bestandteilen in energieeffizienten Produkten werden. Dazu ist es allerdings notwendig, das tribologische Verhalten additiv gefertigter Strukturen systematisch zu untersuchen und in potentiellen Anwendungen zu testen.

Literatur

- [1] Tofail, S.A.M.; Koumoulos, E.P.; Bandyopadhyay, A.; Bose, S.; O'Donoghue, L.; Charitidis, C. Additive Manufacturing: Scientific and Technological Challenges, Market Uptake and Opportunities. *Mater. Today* 2018, 21, 22–37. doi: 10.1016/j.mattod.2017.07.001
- [2] Gibson, I., Rosen, D., Stucker, B., Khorasani, M.: *Additive Manufacturing Technologies*, 3. Auflage, 2021. Springer, Cham. ISBN: 978-3-030-56126-0
- [3] Rosnitschek T., Hentschel, R., Siegel T., Kleinschrodt, C., Zimmermann, M., Alber-Laukant, B., Rieg, F.: Optimized One-Click Development for Topology-Optimized Structures. *Applied Sciences*, 11 (2021). doi: 10.3390/app11052400
- [4] Rosnitschek, T., Seefeldt, A., Alber-Laukant, B., Neumeyer, T., Altstädt, V., Tremmel, S.: Correlations of Geometry and Infill Degree of Extrusion Additively Manufactured 316L Stainless Steel Components. *Materials*, 14 (2021). doi:10.3390/ma14185173
- [5] Amiruddin, H., Abdollah, M. F. B., Norashid, N. A.: Comparative study of the tribological behaviour of 3D-printed and moulded ABS under lubricated condition. *Mater. Res. Express*, Bd. 6, Nr. 8, S. 085328, Mai 2019, doi: 10.1088/2053-1591/ab2152.
- [6] Mohamed, O. A., Masood, S. H., Bhowmik, J. L., Somers, A. E.: Investigation on the tribological behavior and wear mechanism of parts processed by fused deposition additive manufacturing process. *Journal of Manufacturing Processes*, Bd. 29, S. 149–159, Okt. 2017, doi: 10.1016/j.jmapro.2017.07.019.
- [7] Prusinowski, A., Kaczyński, R.: Tribological Behaviour of Additively Manufactured Fiber-Reinforced Thermoplastic Composites in Various Environments. *Polymers*, Bd. 12, Nr. 7, S. 1551, Juli 2020, doi: 10.3390/polym12071551.
- [8] Guenther, E., Kahlert, M., Vollmer, M., Niendorf, T., Greiner, C.: Tribological Performance of Additively Manufactured AISI H13 Steel in Different Surface Conditions. *Materials*, Bd. 14, Nr. 4, S. 928, Feb. 2021, doi: 10.3390/ma14040928.
- [9] Li, H., Ramezani, M., Li, M., Ma, C., Wang, J.: Tribological performance of selective laser melted 316L stainless steel. *Tribology International*, Bd. 128, S. 121–129, Dez. 2018, doi: 10.1016/j.triboint.2018.07.021.
- [10] Ramola, M., Yadav, V., Jain, R.: On the adoption of additive manufacturing in healthcare: a literature review. *Journal of Manufacturing Technology Management*, Bd. 30 Nr. 1, 48-69, 2019, doi: 10.1108/JMTM-03-2018-0094.
- [11] Marian, M., Orgeldinger, C., Rothhammer, B., Nečas, D., Vrbka, M., Křupka, I., Hartl, M., Wimmer, M.A., Tremmel, S., Wartzack, S.: Towards the understanding of lubrication mechanisms in total knee replacements. Part II. Numerical modeling. In: *Tribology International*, 156 (2021). doi:10.1016/j.triboint.2020.10

DuEPublico

Duisburg-Essen Publications online

UNIVERSITÄT
D U I S B U R G
E S S E N

Offen im Denken

ub | universitäts
bibliothek

In: Achte IFToMM D-A-CH Konferenz 2022

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/75417

URN: urn:nbn:de:hbz:465-20220222-134547-9



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