

Whitepaper

# Außergewöhnliches Fahrerlebnis dank optimaler Schmierung.

Tribologische Lösungen für E-Bikes



## Kurz zusammengefasst

E-Bikes sind aus dem heutigen Straßenbild nicht mehr wegzudenken und ihre Relevanz innerhalb neuartiger Mobilitätskonzepte steigt stetig. Eine immer größer werdende Modellvielfalt in allen Produktkategorien, ansprechende Designs sowie innovative Antriebs- und

Batterietechnologien begeistern umwelt- und gesundheitsbewusste Endkunden. Die Wahl des E-Bikes wird vor allem von dem verbauten Antrieb beeinflusst. Dessen Performance hängt maßgeblich von der Wahl des richtigen Schmierstoffs ab.

## Spezialschmierstoffe mit direktem Einfluss auf Endkundenanforderungen

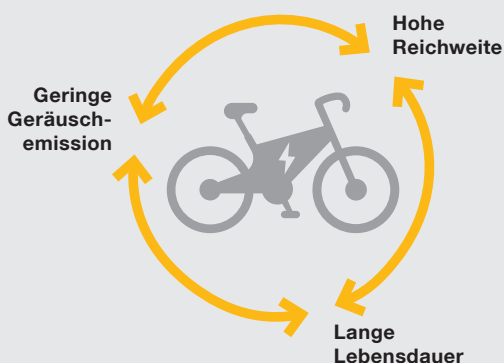
Die Kaufentscheidung der Kunden für ein E-Bike ist primär abhängig von der Reichweite, kombiniert mit dem Wunsch nach einer hohen Motorleistung. Ebenso spielen die Lebensdauer sowie die Geräuschentwicklung eines Antriebes eine große Rolle. Hinzu kommt der Wunsch nach einem möglichst niedrigen Gesamtgewicht. Daraus ergibt sich für Kunden ein individuelles Komfort- und Fahrgefühl sowie die wahrgenommene Alltagstauglichkeit. Diese

Anforderungen stellen E-Bike-Hersteller sowie Produzenten von Komponenten vor enorme Herausforderungen, was zu einer hohen Leistungsdichte der immer effizienter werdenden Antriebsstränge führt. Wachsender Wettbewerbsdruck durch neu eintretende Marktteilnehmer sowie wachsende Sicherheitsanforderungen erzeugen eine zusätzliche Marktdynamik. Innovative Schmierstofflösungen können Entwicklern und Konstrukteuren dabei helfen, diese Anforderungen zu erfüllen und so die Kunden von morgen zu überzeugen.

## Der Getriebemotor als Herz des E-Bikes

Der Getriebemotor bildet das Kernstück des E-Bikes und dessen Antriebssystems. So hat er maßgeblichen Einfluss auf die Lebensdauer. Aber auch das vom Kunden wahrgenommene Fahrgeräusch des Antriebes hat seinen Ursprung oft in der Verzahnung. Der passende Hochleistungsschmierstoff kann hierbei die Funktion verschiedenster Getriebemotor-Varianten entscheidend optimieren.

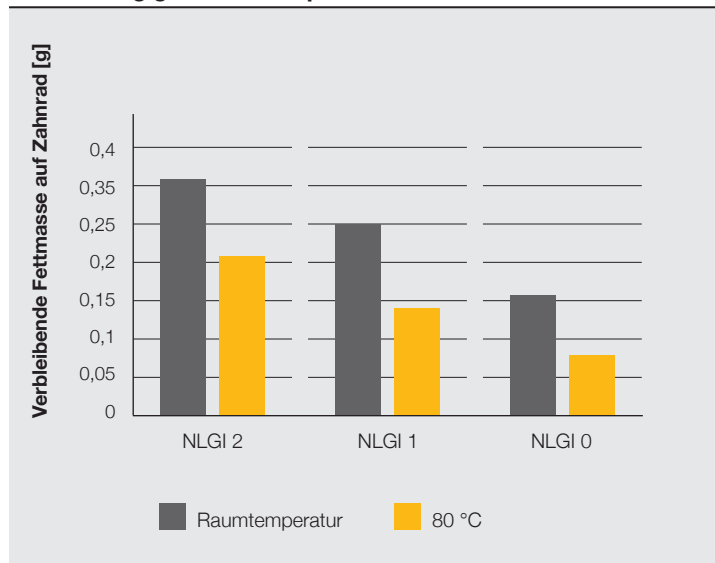
### Wichtige Anforderungen an das Antriebssystem des E-Bikes



## Lebensdauererlängerung durch die Wahl des richtigen Getriebschmierstoffs

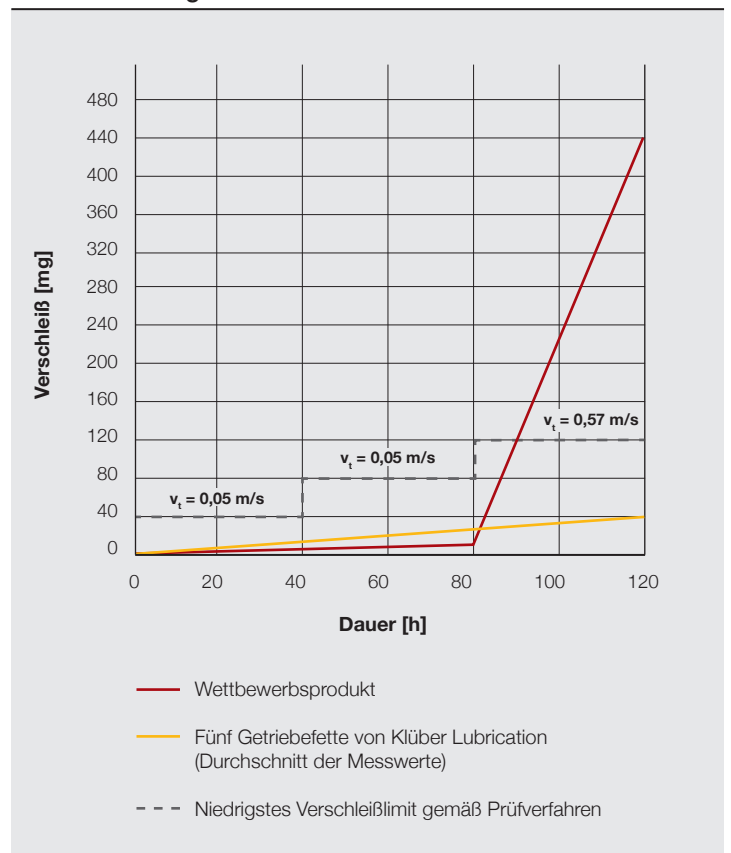
Die Lebensdauer eines E-Bike-Antriebs wird maßgeblich durch den passenden Schmierstoff beeinflusst, dieser erhöht die Effizienz des Antriebes, minimiert Verschleiß und beeinträchtigt nicht die Elektronik. Die besten Ergebnisse lassen sich hierbei mit Schmierfetten erzielen, die auch bei kritischen Betriebsbedingungen an den Verzahnungen anhaften und nicht abgeschleudert werden. Eine einfache Methode, die Haftfähigkeit von Fetten zu bestimmen, ist die Befettung der Zahnflanken eines Prüfrades, welches temperiert und anschließend durch einen Motor bei konstanter Drehzahl für eine definierte Dauer rotiert wird. Als Ergebnis lässt sich die auf dem Zahnrad verbliebene Fettmasse bestimmen. Es zeigt sich ein deutlicher Einfluss der Drehzahl, Temperatur und Fettkonsistenz auf die Haftfähigkeit. Die folgende Grafik zeigt, dass Schmierfette mit Konsistenzklasse (NLGI) 2, die besten Ergebnisse aufweisen. Eine zu geringe Haftfähigkeit oder die Neigung zum Abscheiden des Grundöls vom Schmierfett kann drastische Folgen haben, wenn es hierbei mit der Elektronik in Kontakt kommt. Neben der Geschwindigkeit hat auch die Temperatur einen Einfluss auf die beiden beschriebenen Phänomene.

### Einfluss der Fettkonsistenz (NLGI) auf die Haftfähigkeit in Abhängigkeit zur Temperatur



Bei Hochleistungsantrieben von E-Bikes sind die Leistungsdichten sehr hoch. Der Verschleißschutz durch das Schmierfett spielt bei Zahnradern aus Stahl eine noch größere Rolle als bei Kunststoffverzahnungen. Durch den Langsamlaufverschleißtest nach DGMK 377-01 am sogenannten FZG-Prüfstand lässt sich der Verschleißschutz testen. Hierbei wird das Fett bei langsamen Geschwindigkeiten und hohen Lasten im Grenzreibungsgebiet untersucht. Die ersten 80 Stunden werden bei einer Umfangsgeschwindigkeit von lediglich 0,05 m/s absolviert und es wird alle 20 Stunden der Gewichtsverlust der Zahnradern bestimmt. Die letzten 40 Stunden wird die Geschwindigkeit erhöht und nicht zwischenzeitlich gestoppt. Die folgende Abbildung zeigt, dass gute Hochleistungschmierfette von Klüber Lubrication auch nach dieser langen Versuchsdauer sehr geringe Verschleißwerte aufweisen.

### Ausgewählte Getriebeöle von Klüber Lubrication weisen niedrige Verschleißwerte auf

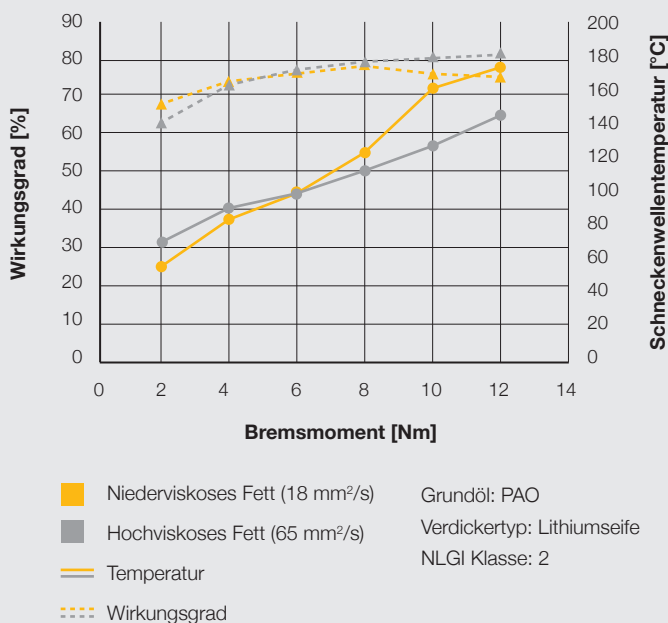


## Reichweitenverlängerung dank verbessertem Wirkungsgrad

Die Reichweite des E-Bikes und damit des Antriebs ist ein wichtiges Kriterium bei der Kaufentscheidung des Endkunden. Auch hier kann das Getriebefett ein entscheidender Stellhebel sein, da die Effizienz maßgeblich durch eine optimierte Schmierung beeinflusst wird. Klüber Lubrication hat auf eigenen Prüfständen die Effizienz und Temperaturentwicklung an Schraubradgetrieben von haftfähigen PAO-Lithiumfetten untersucht. Auch wenn in E-Bike-Antrieben meist Stirnräder zum Einsatz kommen, kann so der Schmierstoffeinfluss deutlicher identifiziert werden.

### Die Belastungssituation bestimmt die Fettauswahl

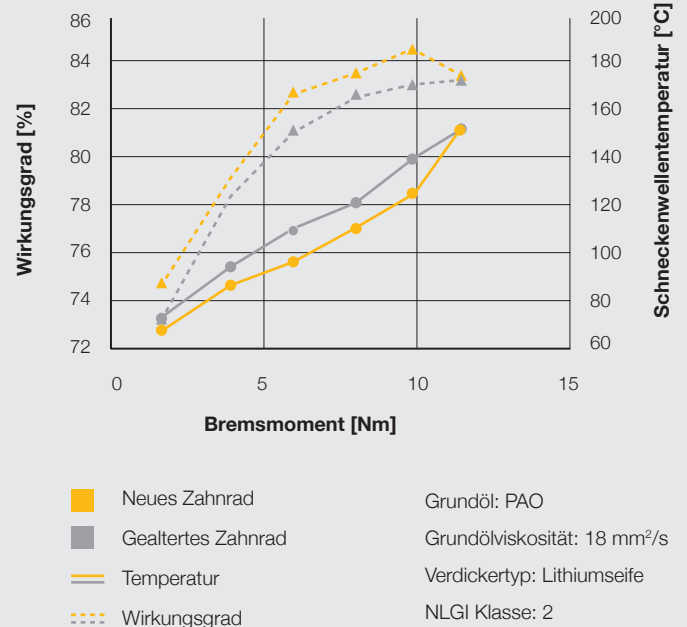
- ▶ Bei niedrigen Lasten bieten niederviskose Fette Temperatur- und Verlustreduzierungen.
- ▶ Unter hohen Lasten weisen hochviskose Schmierfette einen höheren Wirkungsgrad und geringere Temperaturen auf.



Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass die Schmierfettauswahl an die Belastungssituation angepasst werden muss. Für mehrstufige E-Bike-Getriebe gilt es, die kritischsten Getriebestufen zu schützen, unter der Prämisse eines bestmöglich abgestimmten Gesamtsystems.

Bei der Schmierung von Kunststoffverzahnungen spielt die Verträglichkeit zwischen Fett und Kunststofftyp zudem eine entscheidende Rolle. Bei Unverträglichkeit kann eine rasche Alterung des Kunststoffes einsetzen, was in einer Versprödung des Zahnrades resultieren kann. Die veränderte Verzahnungsform und erhöhte Rauheit senken die Getriebeeefizienz, was zu einer reduzierten E-Bike-Reichweite führt. Im schlimmsten Fall führen Spannungsrisse im Zahnrad kombiniert mit hoher Last zum Zahnbruch und somit zum sofortigen Stillstand des E-Bike-Antriebs. Die den Kunststoffzahnradern angepasste Polarität der Grundöle sowie Auswahl kompatibler Additive sind hierbei essentiell für eine lange, wartungsfreie Lebensdauer des E-Bike-Antriebs. So zeigt die folgende Grafik, dass beispielsweise Zahnräder aus Polyamid mit dem richtigen Getriebefett einen höheren Wirkungsgrad erzeugen können, als ein bereits gealtertes Zahnrad.

### Passgenaue Schmierfette führen zu höheren Wirkungsgraden



Betrachtet man den Einfluss des Getriebefettes auf die Reichweite, wird jedoch auch deutlich, dass ein Kompromiss mit der bereits diskutierten Haftung des Schmierfettes gefunden werden muss. Ist die Haftung zu hoch, büßt der Antrieb an Wirkungsgrad ein und die Temperatur steigt. Ist sie zu niedrig, ist nicht ausreichend Schmierstoff für lange Lebensdauern vorhanden.

## Der Einfluss des Schmierstoffs auf das Geräusch des Antriebes

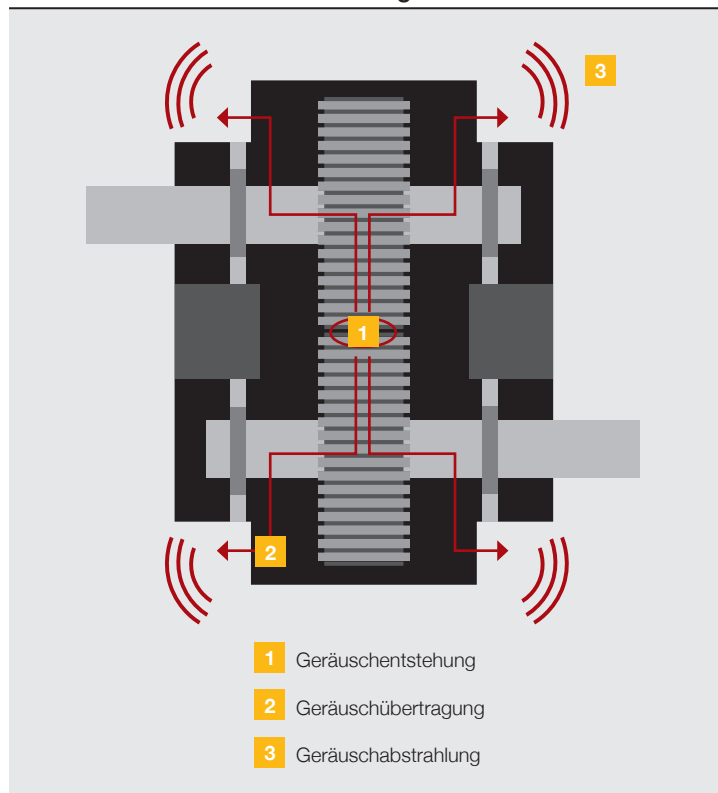
Geräusche, die durch den Antrieb des E-Bikes erzeugt werden, können vom menschlichen Gehör als unangenehm wahrgenommen werden und somit den Endkunden vom Kauf eines E-Bikes abhalten oder zu einer Reklamation führen. Speziell beim Kämmen der Zahnräder entwickeln sich Geräusche, die primär durch die Verzahnungsgeometrie und Materialwahl beeinflusst werden (siehe Grafik). Durch Wellen und Lager sowie das Gehäuse werden diese Geräusche wie durch einen Klangkörper transportiert. Schließlich treffen sie auf die Pedale, den Rahmen sowie die Kette und gelangen über Luft und Körperschall zum Fahrer, der diese als akzeptabel oder störend beurteilt. Hierbei zeigen geradverzahnte Stirnradgetriebe mit Stahlverzahnungen die größte Geräuschentwicklung. Schon der Wechsel zur Schrägverzahnung reduziert bei gleichem Material diese Tendenz und ein Materialmix von Stahl und Kunststoff sowie reine Kunststoffpaarungen können zu einer weiteren Minderung beitragen. Somit haben das Getriebedesign, die verbauten Materialien und Toleranzen einen primären Einfluss

auf die Geräuschentwicklung. Aber auch das Schmierfett kann, als Medium zwischen den Zahnradern, Oberflächen glätten und als Dämpfer das wahrgenommene Geräusch reduzieren oder in eine angenehmere Frequenzlage verschieben. Zunächst muss das Fett im Zahnkontakt bleiben, wo abermals die Haftfähigkeit entscheidend ist. Zur Dämpfung im Zahnkontakt trägt die Schmierfilmdicke bei, die durch das Zusammenspiel aus Konsistenzklasse, Verdickertyp und Grundölviskosität beeinflusst wird. Wichtig zu beachten ist jedoch auch hier, dass das Phänomen der Geräuschentwicklung nicht isoliert betrachtet werden kann. Denn hochviskose Schmierfette, die Geräusche verringern, können sich möglicherweise negativ auf den Wirkungsgrad des Getriebes auswirken.

## Hochleistungsschmierfette von Klüber Lubrication – eine ganzheitliche Lösung für Ihr E-Bike-Getriebe


Es zeigt sich, dass eine ganzheitliche Betrachtung der Anforderungen von Endverbrauchern an den E-Bike-Antrieb nötig ist, um durch die Wahl des richtigen Schmierfettes ein optimales Fahrerlebnis zu ermöglichen. Um die Lebensdauer zu erweitern sollte das Schmierfett die verbauten Materialien bestmöglich schützen, Verschleiß verhindern und an seinem Bestimmungsort bleiben. Die dafür nötige Haftfähigkeit wirkt sich jedoch auch auf den Wirkungsgrad des Getriebes aus. Ein Kompromiss muss hier ebenso gefunden werden, wie in Bezug auf die Geräuschreduzierung durch höherviskose Fette. Die Lebensdauer fördernde Haftfähigkeit steht jedoch auch im Einklang mit der Geräuschreduzierung.

### Geräusche entstehen innerhalb des Getriebes und werden nach außen übertragen



### Wichtige Anforderungen an das Antriebssystem des E-Bikes





Klüber Lubrication hilft Ihnen dabei, das auf Ihre individuellen Anforderungen abgestimmte Schmierfett auszuwählen um Ihren E-Bike Antrieb weiter zu optimieren.

## Ein weiteres Handlungsfeld: Elektrische Kontaktschmierung

Die Steckkontakte des Batteriesystems des E-Bikes sind verschiedenen Umwelteinflüssen ausgesetzt, welche einen besonderen Schutz erfordern. Kontakte aus Kupferlegierungen, die mit Gold, Silber oder Zinn beschichtet sind, werden durch immer längere Steckzyklen und einen weiten Temperaturbereich in besonderem Maße beansprucht. Ein spezieller Oberflächenschutz kann Reibkorrosion, Verschleiß und das Ansteigen von Widerständen über die Lebensdauer verhindern. Zudem spielt die punktgenaue Applizierbarkeit des passenden Schmierstoffs auf der Kontaktstelle bei Herstellern eine wichtige Rolle. Klüber Lubrication hat eine breite Auswahl an tribologischen Lösungen für elektrische Kontakte und verfügt über eine lange anwendungstechnische Erfahrung in diesem Bereich. Neuprodukte werden gezielt auf die jeweiligen Kundenanforderungen hin entwickelt.

## Lassen Sie uns gemeinsam das optimale Antriebserlebnis entwickeln!

Klüber Lubrication verfügt über eine lange anwendungstechnische Erfahrung in diesem Bereich. Zusammen mit verschiedenen Partnern aus Wissenschaft und Industrie arbeiten wir kontinuierlich daran, Hochleistungsschmierfette für E-Bikes weiter zu entwickeln und neue Lösungen auf den Markt zu bringen. Kommen Sie auf uns zu und lassen Sie uns gemeinsam eine individuelle Lösung für Ihren Antrieb finden und damit eine nachhaltige Zukunft gestalten.

### **Ausgabe 09.20**

Herausgeber und Copyright:  
Klüber Lubrication München SE & Co. KG  
Geisenhausenerstraße 7, 81379 München, Deutschland, HRA 46624  
[www.klueber.com](http://www.klueber.com)