



Ultra High Performance Fahrzeuge der Zukunft und ihre Reifen

Hinweis: Die Schlussfolgerungen sind nur als ungefähre Größenordnungen zu verstehen und beziehen sich auf eine ausgewählte Gruppe von Reifendimensionen und Konstruktionen

Elektro-Fahrzeuge – erhöhen die vertikale Radlast Fz

Warum gibt es zur Zeit so viele SUV-Elektrofahrzeugmodelle aber im Vergleich wenige Sportwagen und Mittelklasse Fahrzeuge?

AUTO & INNOVATION



Hier e-tron ist so komfortabel, dass sich die 2,5-Tonnen SUVs nicht als 4,90-Meter-Längen SUV bemerkbar machen. Allein die Batterie wiegt 700 Kilo.

Zwei mit Ausdauer

Endlich kommen sie – die Elektroautos mit guter Reichweite. Doch während der luxuriöse Audi e-tron vor allem kaufkräftige Kunden im Visier hat, könnte der kompakte Kia e-Niro wohl auch einer breiteren Masse den Umstieg auf E-Antrieb erleichtern



Kia e-Niro: Der leichteste Bruch des Hyundai Ioniq Elektro stellt ab April beim Händler

36 ADAC Motorwelt 2/2019



Audi e-tron: Schlanke Kameras nehmen den rückwärtigen Verkehr auf. In der Türverkleidung das zugehörige Display



Kia e-Niro: Übersichtliche Anzeigen und schnell durchschaubare Bedienung. Statt eines Automatikhebels gibt es einen Drehknopf

laut Bordcomputer nur 328 Kilometer drin. Hier machen sich die 2,5 Tonnen Gewicht des 4,90 Meter langen SUV bemerkbar. Allein die Batterie wiegt 700 Kilo. Eine Zwischenladung ist aber vergleichsweise schnell erledigt – vorausgesetzt, man trifft auf eine der noch seltenen Säulen mit hoher Ladeleistung von bis zu 150 kW, mit der sich der Akku in einer halben Stunde fast „volltanken“ lässt. Auch andere öffentliche Säulen können mit der Audi-eigenen Ladekarte genutzt werden: Das sind 70.000, also ca. 80 Prozent der europäischen Ladepunkte. Mit den 265 kW Leistung der beiden Elektromotoren (kurzzeitig sind auch 300 möglich) summt der edel eingetretete und geräumige e-tron (ein Mittel-tunnel fehlt) mit spielerischer Leichtigkeit an anderen Autos vorbei, beschleunigt in 6,6 Sekunden (mit Boost: 5,7) auf Tempo 100 und ist dabei so leise wie kein anderer Audi. Bedient wird er wie A6 und A8 komfortabel über Touchscreens. →

Zitat ADAC Motorwelt Heft 2/2019 Seite 27:
„Hier machen sich die 2,5 Tonnen Gewicht des 4,90 Meter langen SUV bemerkbar. Allein die Batterie wiegt 700 Kilo“

Elektro-Fahrzeuge – erhöhen die vertikale Radlast Fz

Was bedeuten 700 kg Akku, wenn der Verbrennungsmotor entfällt?

Hier ein kleiner Vergleich:

Q5 40 TDI	– ca. 1900 kg leer 4,7 m lang
e-tron	– ca. <u>2550</u> kg leer 4,9 m lang
Q8 50 TDI	– ca. 2200 kg leer 4,99 m lang
Q7 45 TDI	– ca. 2150 kg leer 5,05 m lang

Elektrofahrzeuge wiegen, wie hier zu sehen, 300 bis 400 kg mehr und haben ca. 80 bis 100 kg pro Rad mehr Last, im Vergleich zu ähnlichen Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren.

Warum gibt es zur Zeit so viele SUV-Elektrofahrzeugmodelle aber im Vergleich wenige Sportwagen und Mittelklasse Fahrzeuge?

Antwort:

Sportwagen und Mittelklasse Fahrzeuge haben keinen Platz für größere Reifen mit Höherer Tragfähigkeit

Radlast und der Load Index (LI)



Load Index (LI) – z.B. LI 91 = 615 kg Radlast

Load Index (LI +3) – z.B. LI 94 = 670 kg Radlast (+ 110 kg Achslast oder 220 kg mehr Fahrzeuggewicht)

Load Index (LI +4) – z.B. LI 95 = 690 kg Radlast (+ 150 kg Achslast oder 300 kg mehr Fahrzeuggewicht)

DAUERHALTBARKEIT



DAUERHALTBARKEIT

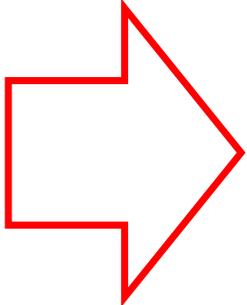
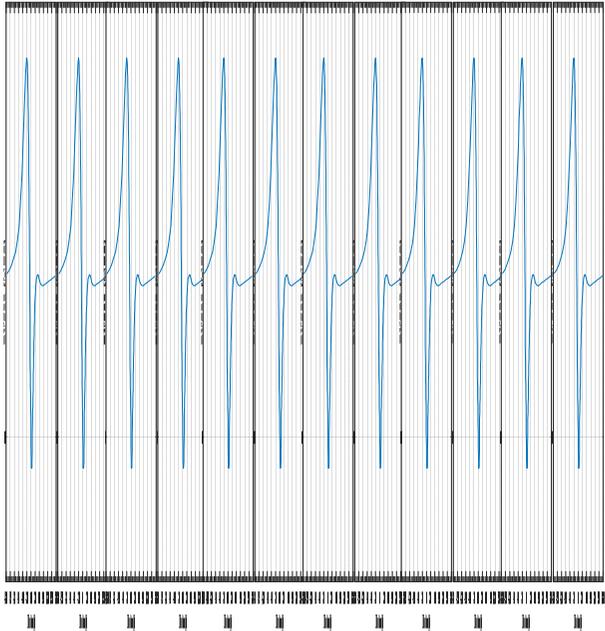
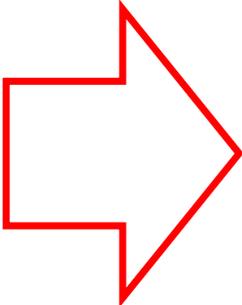
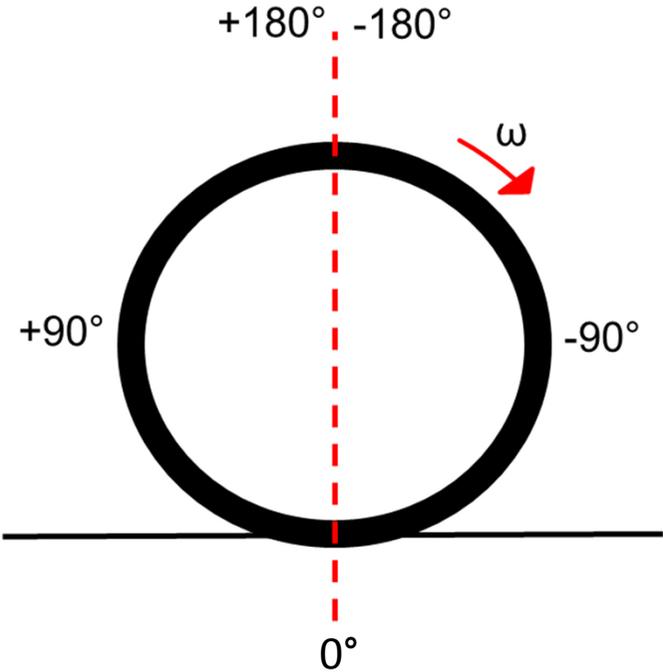
Schlüsselparameter für die Ermüdungsprüfung sind die Materialbelastung und deren zeitliche Verläufe, denen die kritischen Punkte während der Prüfung ausgesetzt sind.



$$DKP_i = f [\sigma_i(t), \varepsilon_i(t)]$$

$\sigma_i(t) / \varepsilon_i(t)$ = Belastung / Belastungszeitverläufe
i-Punkt des Reifen Abschnitts
(DKP = Durability Key Parameter / σ Sigma / ε Epsilon)

Belastung / Belastungszeitverläufe



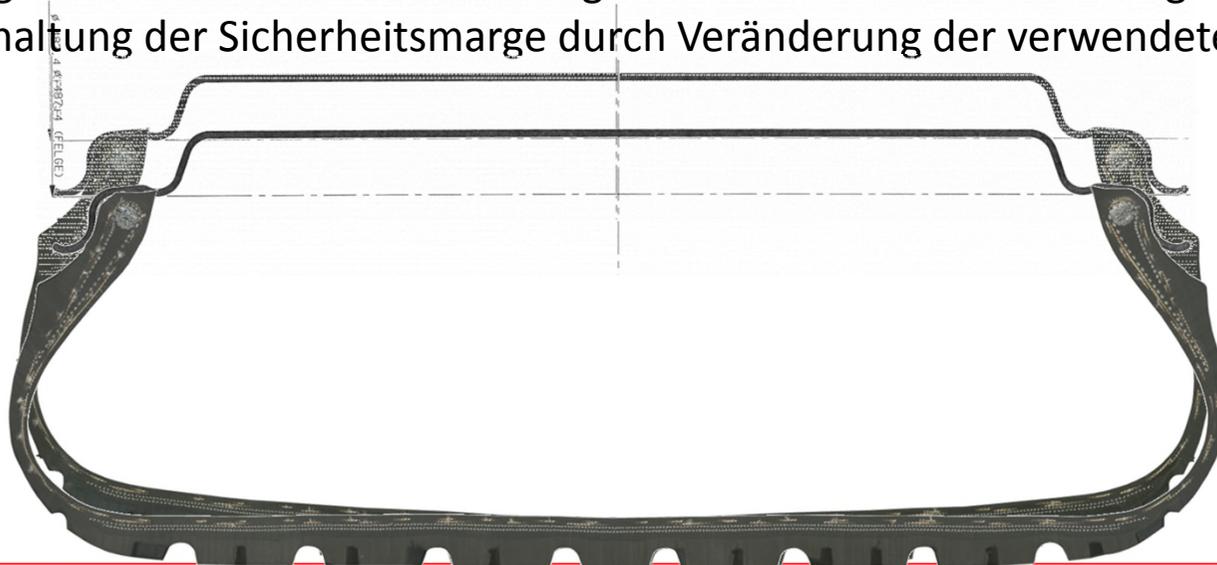
DKP_i

DAUERHALTBARKEIT

Erwartete Load Index Erhöhung: + 3 oder +4

Wie soll man auf die zu erwartende LI Erhöhung reagieren, um die gleiche Sicherheitsmarge zu erhalten?

- Beibehaltung der Einfederung trotz der erhöhten Radlast durch Änderung der Konstruktion und/oder der Materialauswahl um die vertikale Steifigkeit zu erhöhen.
- Akzeptanz der größeren vertikalen Einfederung und die damit zusammenhängende größere Belastung des Reifens. Erhaltung der Sicherheitsmarge durch Veränderung der verwendeten Materialien.



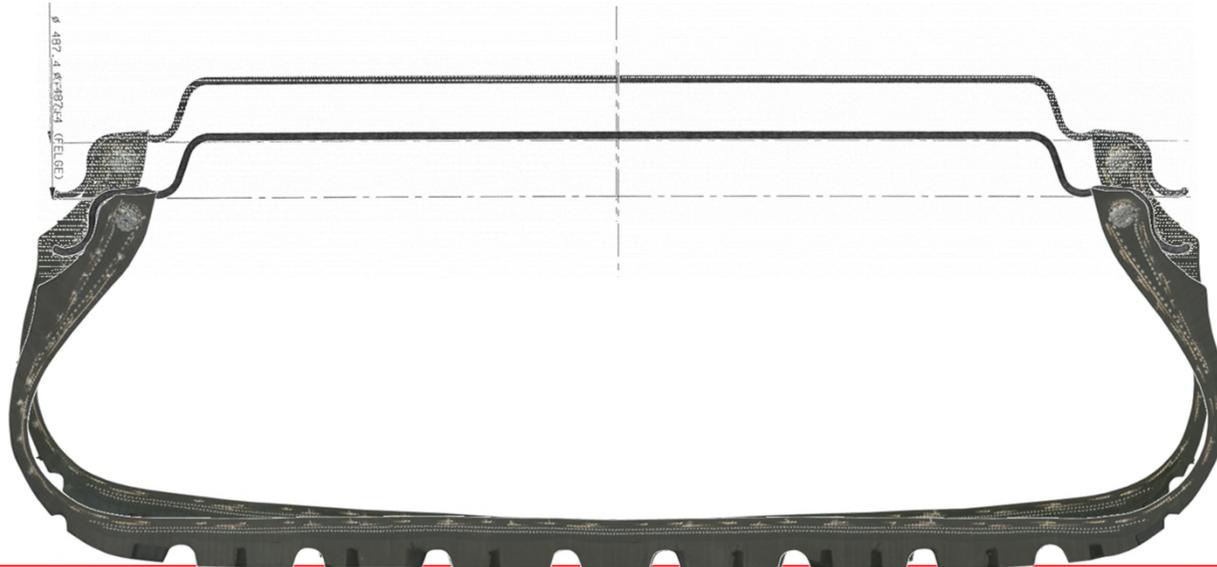
DAUERHALTBARKEIT

ÄNDERUNG DER KONSTRUKTION

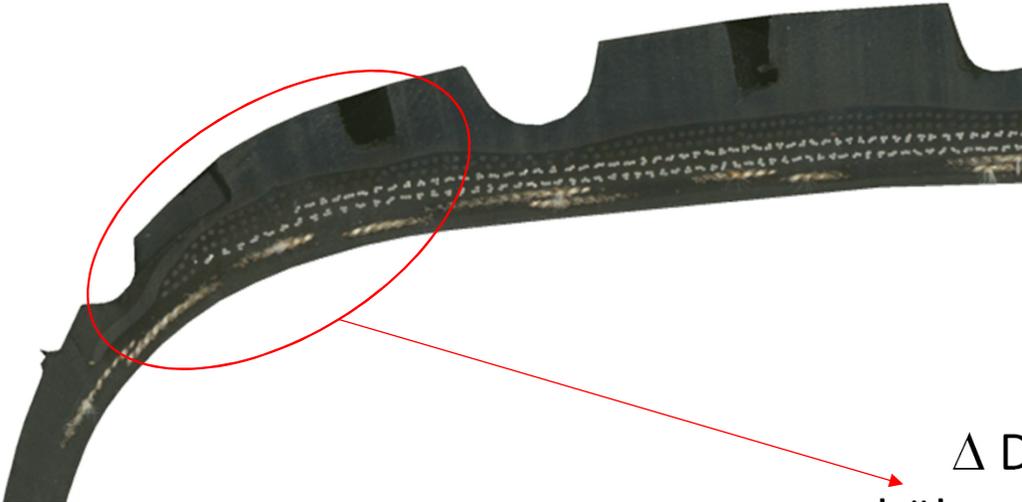
Ziel: Erhöhung der vertikalen Steifigkeit, um die gleiche Einfederung zu erhalten, wie sie bei Standard-Belastung aufgetreten wäre. → Bei einigen Reifen konnte eine Erhöhung der Steifigkeit um 5 bis 10% die höhere Last von 3 bis 4 t kompensieren.

Nebeneffekt bezgl. Komfort

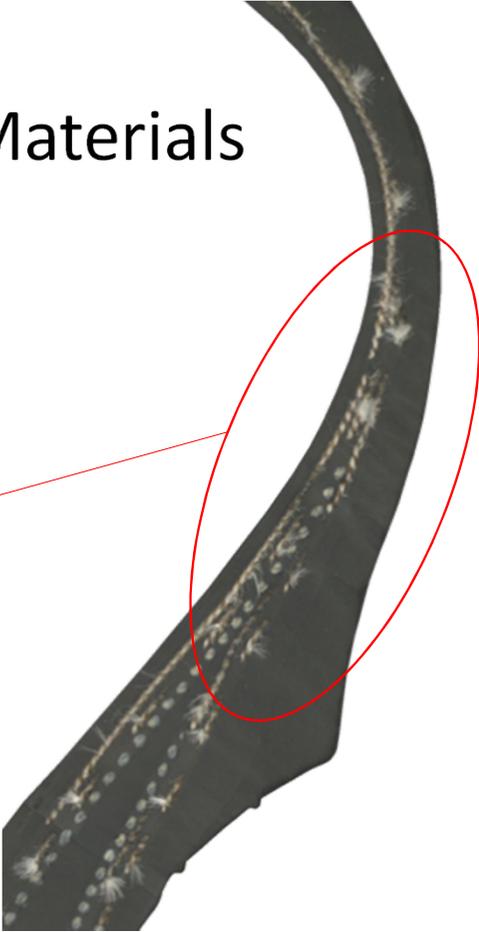
Negativ aufgrund der höheren Steifigkeit



DAUERHALTBARKEIT



Veränderung des Materials



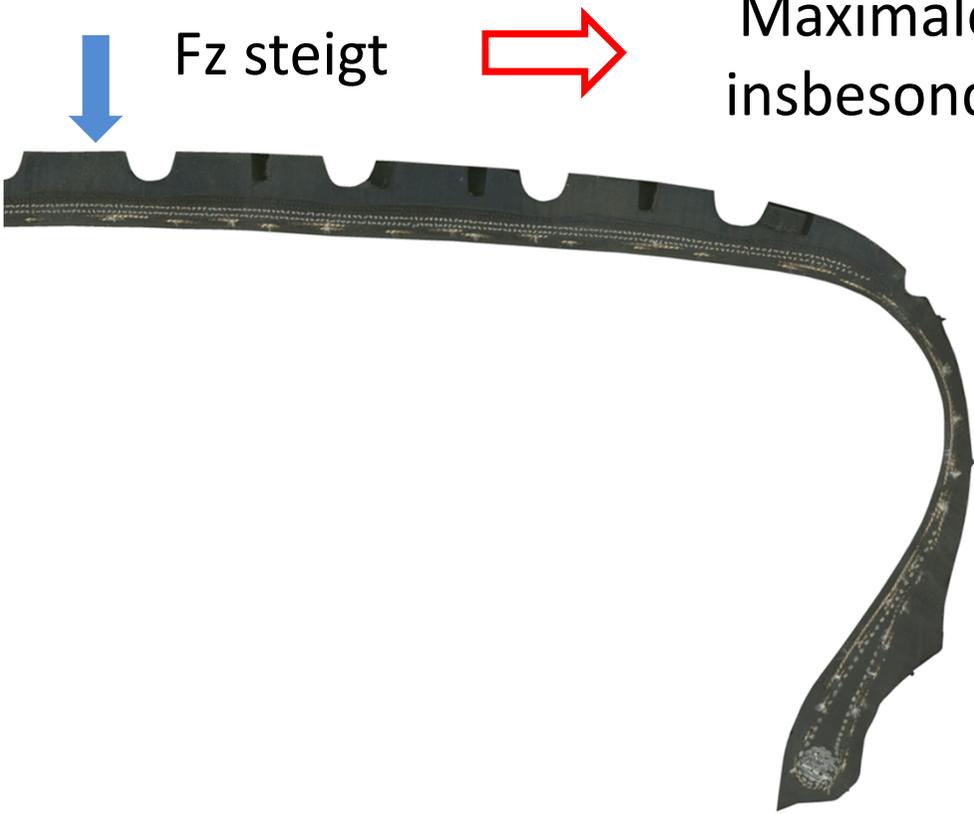
Δ DKP % zwischen erhöhtem LI und Standard LI.

Innovative Materialien

Erhöhung um $\Delta\sigma_{max}$, $\Delta\varepsilon_{max}$ der Maximalwerte von den Belastungen im Labor-Ermüdungstest, um das erwartete Δ DKP % auszuhalten

Dieser Weg ist vorzuziehen, da er, im Gegensatz zur erhöhten Steifigkeit, keine negativen Komforteffekte erzeugt.

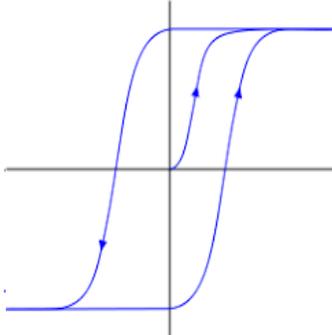
VERLUSTLEISTUNG



Fz steigt

Maximale Belastungswerte steigen, insbesondere in der Aufstandsfläche

Hysteresesyklus wird größer.



Verlustleistung steigt

Auswirkung auf Rollwiderstand

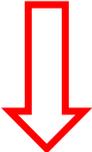
Die RoWi Kräfte steigen an.
Der RoWi Index = $\text{RoWi Kraft} / Fz$ sollte ungefähr gleich bleiben

Verlustleistungserhöhung (RoWi)

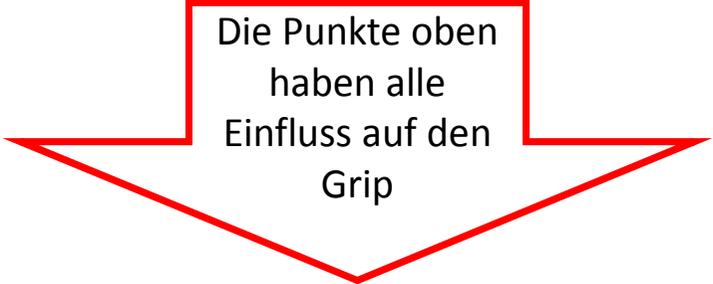
Load Index + 3 oder +4



Erwarteter RoWi Anstieg ca. + 10 %



Es sind geeignete Maßnahmen notwendig den RoWi Anstieg zu kompensieren.



Die Punkte oben haben alle Einfluss auf den Grip

Wird teilweise oder vollständig durch Vergrößerung der Reifenaufstandsfläche kompensiert. Die Vergrößerung der Aufstandsfläche entsteht zwangsläufig aufgrund der höheren Radlast Fz.

Elektro-Fahrzeuge – haben ein erhöhtes Drehmoment

Drehmomenteffekt



Elektro-Fahrzeuge – haben ein erhöhtes Drehmoment

DAUERHALTBARKEIT

Schlüsselparameter für die Ermüdungsprüfung sind die Materialbelastung und deren zeitlichen Verläufe, denen die kritischen i-Punkte während der Prüfung ausgesetzt sind.



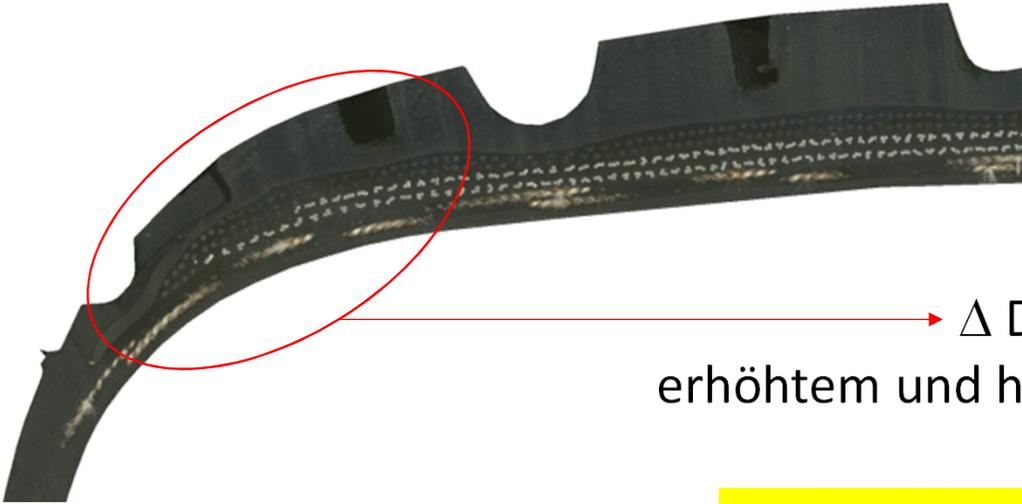
$$DKP_i = f [\sigma_i(t), \varepsilon_i(t)]$$

$\sigma_i(t)$ / $\varepsilon_i(t)$ = Belastung / Belastungszeitverläufe
i-Punkt des Reifen Abschnitts



DAUERHALTBARKEIT

Änderung des Materials



→ Δ DKP % zwischen erhöhtem und herkömmlichem Drehmoment

Innovative Materialien

Erhöhung der maximalen Belastungen um $\Delta\sigma_{max}, \Delta\varepsilon_{max}$.
Um dem erwarteten Δ DKP % stand zu halten, müssen die widerstandsfähigen Materialien einen entsprechenden Labortest überstehen



→ In dem ausgewählten Versuchsfeld von verschiedenen Reifen Dimensionen und Konstruktionen ergab sich, dass bei einer Drehmomenterhöhung von 100% das DKP um 50 bis 60% steigt.

Zusammenfassung:

- Ziel = bei einer Load Index Erhöhung*, Erhaltung der Sicherheitsmarge durch Veränderung der verwendeten Materialien

Innovative Materialien

Erhöhung der Steifigkeit um 5 bis 10% kann die höhere Last von 3 bis 4 LI kompensieren.
- Ziel = bei einer Load Index Erhöhung*, Beibehaltung der gleichen Ermüdungsfestigkeit, durch Konstruktionsveränderungen

Neue Konstruktion

Erhöht die vertikale Steifigkeit um 5-10 %
- Ziel = Kompensation der zusätzlichen Verlustleistung (RoWi), die durch eine Erhöhung* der Radlast entsteht.

Neue Konstruktion

Es sind geeignete Maßnahmen notwendig den RoWi Anstieg zu kompensieren.
- Ziel = Kompensation des Drehmomentanstiegs um 100% und den resultierenden Belastungen, durch die Verwendung neuer widerstandsfähiger Materialien.

Innovative Materialien

Erhöhung der maximalen Belastungswerte in einem Laborversuche ergaben eine notwendige Erhöhung des DKP um ca. 50 bis 60%

* +3 oder +4 LI

Vielen Dank