PremFixer Fasteners

TECHNISCHES WHITEPAPER

Pivot-Befestigungssysteme

für vollgefederte Fahrräder

Schnittstellen · Werkstoffe · Validierung

VOLLSTÄNDIGE VISUELLE AUSGABE — NUR KONZEPT

Alle 37 Abbildungen im Hauptteil und das Titelblatt sind konzeptionelle technische Visualisierungen mit programmgesteuertem Publikationstext. Keine davon dokumentiert eine Produktkonfiguration, Fabrik, Prüfaufzeichnung, ein Labor- oder Feldtestergebnis, eine Zertifizierung, einen Kundenfall oder verifizierte Leistungsdaten von PremFixer Fasteners. Öffentliche Nachweise stützen ausschließlich die technische Begründung; produktspezifische Aussagen erfordern weiterhin den in diesem Weißbuch definierten Evidenzschluss.

Technisches Whitepaper: Hochleistungs-Systemlösungen für Drehpunktbefestiger an vollgefederten Fahrrädern

Hochleistungs-Drehpunktbefestigungslösungen für vollgefederte Fahrräder — Technisches Weißbuch

Untertitel

Modellspezifische vollständige Drehpunkt-Befestigungssätze, CNC-Fertigungswege für Drehpunktbolzen und technische Komplettlösungen aus einer Hand für die Herstellung vollgefederter Fahrräder

Lösungspositionierung: modellspezifische vollständige Drehpunkt-Befestigungssätze · CNC-Fertigungslösung für Drehpunktbolzen/-achsen · technische Komplettlösung aus einer Hand

Version: V2.0 Evidenzausgabe
Herausgeber: PremFixer Fasteners
Dokumentart: Technisches Weißbuch
Stichtag der Recherche: 2026-08-10

Zweck und Zielgruppe des Dokuments

Dieses Weißbuch richtet sich an:

- Fahrradrahmenhersteller
- Montagewerke für vollgefederte Fahrräder
- Forschungs-, Entwicklungs- und Produktteams von MTB-/E-MTB-Marken
- Hersteller von Federungslenkern und Komponenten
- Lieferantenqualitätsingenieure (SQE)
- Konstruktions-, Maschinenbau- und Fertigungsingenieure
- strategischen Einkauf und Beschaffung
- Kundendienst-, Garantie- und Serviceteams

Ziel ist nicht die Frage, „wie viel eine Schraube kosten sollte“, sondern ein vollständigerer Bezugsrahmen:

> **Wie beeinflusst Drehpunkt-Hardware die strukturelle Sicherheit, die Lagerlebensdauer, die Montagekonsistenz, NVH, Korrosion, den Kundendienst und die Lebenszykluskosten?**

Lösungspositionierung von PremFixer Fasteners

PremFixer Fasteners richtet sich an die Herstellung vollgefederter Fahrräder und erweitert den Liefergegenstand von „einem einzelnen Standardbefestiger“ zu einem **vollständigen, modellspezifisch definierten Drehpunkt-Befestigungssystem**. Der Lösungsumfang kann unterschiedliche Fahrradklassen und Lastumgebungen wie XC, Trail, Enduro, DH und E-MTB abdecken und stellt auf Grundlage von Kundenrahmen, Federungslenkern, Lagern und Montageschnittstellen die passende Befestigungskombination zusammen.

Ein typisches Lösungspaket umfasst:

- CNC-Präzisionsfertigungslösungen und DFM-Wege für Drehpunktbolzen, Drehpunktachsen und Bundschrauben
- Distanzstücke, Scheiben, Gewindeeinsätze und Positionierelemente für die Schnittstellen zu Lagerinnenringen und Federungslenkern
- Umgebungs- und Montagekontrollelemente wie O-Ringe, Dichtungen, Isolierscheiben, Schmierstoff und Schraubensicherungsschnittstellen
- nach Drehpunktposition organisierte vollständige Befestigungssätze, Stücklistenzuordnung, Montagereihenfolge, Sicherungs-/Schmierstrategie und Rückverfolgbarkeitsschnittstellen

Die Logik der Komplettlösung von PremFixer Fasteners lautet:

> **Fahrradklasse und Lasten definieren → Drehpunktschnittstellen zerlegen → Befestigungs- und Lagerstapel auslegen → DFM → CNC-Fertigung → Oberflächen- und Isolationsstrategie → Satzbildung → Montageunterstützung → geschlossener Validierungs- und Rückverfolgbarkeitsprozess**

Diese Positionierung beschreibt den Lösungsumfang und die technische Arbeitsweise; sie stellt nicht automatisch eine verifizierte Serienfertigungsfähigkeit oder Produktleistungsaussage dar. Konkrete Werkstoffe, Maßtoleranzen, Drehmomente, Klemmkräfte, Cpk-Werte, Salzsprüh-, Ermüdungs- und Lieferzeitangaben sowie die Eignung für bestimmte Fahrradmodelle müssen für jedes Projekt nach dem E0–E5-Evidenzsystem dieses Weißbuchs geschlossen werden.

Evidenzerklärung

V2.0 verwendet eine „doppelte Evidenzkette“:

Externe Literaturbelege

Sie beantworten die Frage:

> Gibt es eine öffentliche Grundlage für diesen technischen Mechanismus, dieses Prüfverfahren oder diese Branchenpraxis?

Quellenstufen:

Stufe	Evidenzart	Typische Quellen
X1	Normativ / regulatorisch	ISO, ECHA, EUR-Lex
X2	Fachbegutachtet / Primärforschung	Springer, ScienceDirect, MDPI, universitäre Repositorien
X3	OEM / industrielle Technik	offizielle technische Unterlagen von Fahrradmarken, SKF, Henkel usw.
X4	Marktkontext	aktuelle Fahrradspezifikationen, öffentlich bekannte Branchentrends

Produktnachweise von PremFixer Fasteners

Sie beantworten die Frage:

> Was hat eine bestimmte SKU, Charge, Werkstoff- und Prozesskombination von PremFixer Fasteners unter klar definierten Prüfbedingungen tatsächlich erreicht?

Stufen:

Stufe	Evidenz	Definition
E0	Annahme / Ziel	noch keine eigenen Messdaten; ausschließlich Ziel, Annahme oder zu verifizierender Punkt
E1	Technische Analyse	Zeichnungsberechnung, Toleranzkette, FEA, theoretische Analyse
E2	Komponentenprüfung	Maße, Werkstoff, Salzsprühnebel, Härte, Festigkeit des Einzelteils usw.
E3	Verbindungs-/Baugruppenprüfung	Drehmoment–Klemmkraft, Querschwingung, wiederholte Demontage und Montage, Lagerstapel
E4	Validierung auf Rahmenebene	Validierung am realen Rahmen-/Lenkersystem
E5	Feldvalidierung	Serienfertigung, Langzeitfahrten, Garantie-/Felddaten

Öffentliche Veröffentlichungen können belegen, „warum so konstruiert werden sollte“, ersetzen jedoch keine eigenen Produkttests von PremFixer Fasteners.

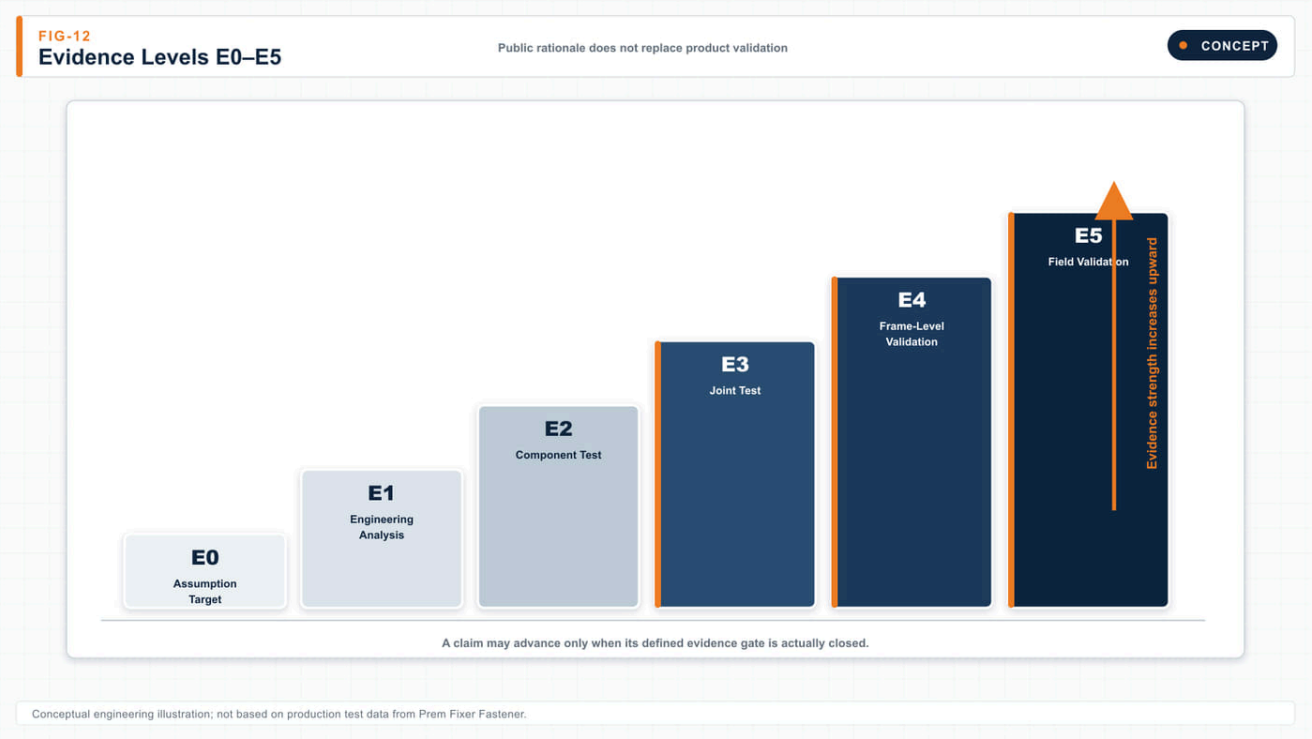


FIG-12 · Technische Abbildung — Abbildung FIG-12. Evidenzstufen E0–E5, von der Annahme oder Zielsetzung bis zur Feldvalidierung. Eine öffentlich belegte Begründung ersetzt keine produktspezifische Validierung. **Nur KONZEPT.** Diese Darstellung ist kein Produkt-, Fabrik-, Inspektions-, Prüf-, Feldleistungs- oder Zertifizierungsnachweis von PremFixer Fasteners.

Wichtige technische Grenzen

1. Dieses Dokument überträgt kein Ergebnis einer einzelnen Veröffentlichung unmittelbar auf die allgemeine Leistung sämtlicher Drehpunkt-Hardware.
2. Dieses Dokument rechnet Salzsprühstunden nicht in reale Fahrjahre um.
3. Dieses Dokument stellt allgemeine Befestigernormen nicht als fahrradspezifische Zertifizierung dar.
4. Dieses Dokument überträgt das Ergebnis einer einzelnen SKU nicht automatisch auf die gesamte Produktfamilie.
5. [PF-VERIFY], [TARGET] und [MODEL] kennzeichnen Punkte, die noch durch Projekt- oder Kundendaten von PremFixer Fasteners geschlossen werden müssen.
6. Kundenzeichnungen, technische Vereinbarungen, Vorschriften des Zielmarkts und Validierungsanforderungen für das vollständige Fahrrad haben stets Vorrang vor diesem Weißbuch.

Zusammenfassung

In einem modernen vollgefederten Fahrrad bilden Drehpunktbolzen, Drehpunktachsen, Bundschrauben, Distanzstücke, Scheiben, Lager, Gewindeeinsätze, Dichtungen und Sicherungsmedien gemeinsam eine hochgradig gekoppelte mechanische Schnittstelle. Ihr direkter Einkaufswert liegt üblicherweise weit unter dem von Rahmen, Federelement oder Antriebssystem. Wenn eine Drehpunktverbindung jedoch Klemmkraft verliert oder Mikrobewegung, Korrosion, Fressen, Lagerverschmutzung oder Montageabweichungen aufweist, können die Folgen mehrere Kostenstufen umfassen — von Geräuschen bis zur Rahmen-Nacharbeit und vom vorzeitigen Lagerausfall bis zu internationalen Garantiefällen.

Öffentliche Forschung zu Schraubenverbindungen zeigt eine komplexe Kopplung zwischen Vorspannung, Querlast und Reibungszustand. Zu geringe Vorspannung kann selbsttätiges Losdrehen fördern; zu hohe Vorspannung kann dagegen Überlastung oder ein Überschreiten der Ermüdungsgrenze begünstigen.[R1][R2] Lagertechnische Quellen weisen außerdem darauf hin, dass unzureichende Passung, geringe Relativbewegung und Oberflächenzustand Reibkorrosion am Lagersitz fördern.[R5][R6] Veröffentlichte Wartungs- und Hardwareunterlagen hochwertiger MTB-Marken zeigen darüber hinaus, dass reale Drehpunktsysteme je nach Position unterschiedliche Schmierstoffe, Schraubensicherungen, Anti-Seize-Mittel, Fügeklebstoffe und Anzugsdrehmomente verwenden, statt alle Befestiger als gleichartige „Kleinteile“ zu behandeln.[R8][R9]

Dieses Weißbuch schlägt daher vor:

> **Drehpunkt-Hardware ist als Systemtechnikobjekt aus „Präzisionswellenteil + kontrollierter Schraubenverbindung + Lagerschnittstelle + Umgebungsabdichtung + Kundendienstschnittstelle“ zu behandeln.**

In diesem Rahmen besteht die Lösungspositionierung von PremFixer Fasteners nicht im Verkauf einzelner Drehpunktbolzen. Vielmehr werden für die Herstellbarkeit, Montage, Wartung und Rückverfolgbarkeit unterschiedlicher vollgefederter Fahrradmodelle positionsbezogene vollständige Drehpunkt-Befestigungssätze und eine technische Zusammenarbeit aus einer Hand organisiert.

Das Kernziel ist nicht die Maximierung eines einzelnen Kennwerts, sondern ein verifizierbares technisches Gleichgewicht zwischen:

Festigkeit + Ermüdung + Klemmstabilität + Leichtbau + Korrosionsbeständigkeit + Montagewiederholbarkeit + Wartungsfreundlichkeit + Kosten

Schlüsselwörter

Vollgefedertes Fahrrad · MTB · E-MTB · Drehpunktbolzen · Drehpunktachse · Bundschraube · Vorspannung · Klemmkraft · Schraubensicherung · Reibkorrosion · Lagerschnittstelle · galvanische Korrosion · Salzsprühnebel · Wasserstoffversprödung · Titanfressen · DVP&R · DFMEA · Cpk · TCO

Vorwort: von „einer Schraube“ zum „Drehpunktsystem“

In der traditionellen Beschaffung werden Drehpunktbolzen häufig als Befestiger, Hardware oder Kleinteile klassifiziert. Dies ist für ERP und Einkaufscodierung praktisch, aus strukturmechanischer Sicht jedoch unvollständig.

Ein typischer Drehpunkt einer Vollfederung kann gleichzeitig enthalten:

- Rahmen-Drehpunktbohrung / Einsatz
- Federungslenker
- abgedichtetes Rillenkugellager
- inneres / äußeres Distanzstück
- Drehpunktachse
- Bundschraube
- Scheibe
- Gewindeeinsatz / Mutter
- O-Ring / Dichtung
- Schmierstoff
- Schraubensicherung / Sicherungsbeschichtung
- Anti-Seize-Mittel

Durch die Federungsbewegung wirken auf diese Schnittstellen gleichzeitig:

- zyklische axiale und transversale Lasten
- Schwenkbewegungen mit kleiner Amplitude
- Stöße
- gekoppelte Brems- und Pedallasten
- Schlamm- und Wasserverschmutzung
- Reinigungsmittel
- Feuchtigkeit und Salz
- wiederholte Demontage und Montage bei Wartungsarbeiten

„Maßhaltig“ bedeutet daher lediglich, dass ein Teil zu einem bestimmten Zeitpunkt der Zeichnung entspricht. Es belegt nicht automatisch, dass:

- die Klemmkraft der Verbindung geeignet ist;
- das Lager keine ungewöhnliche Axiallast erfährt;
- nach zwei Saisons kein Knarren auftritt;
- Titangewinde nicht fressen;
- bei der Beschichtung von Stahl kein Risiko der Wasserstoffversprödung besteht;
- eine Werkstatt die Verbindung normal demontieren kann;
- das ursprüngliche Drehmoment nach einem Beschichtungswechsel weiterhin gültig ist.

Das Weißbuch V2.0 verwendet deshalb einen vollständigen Lebenszyklusrahmen:

Anforderung → Konstruktion → Werkstoff → Prozess → Verbindung → Validierung → Produktion → Montage → Feld → Service → TCO

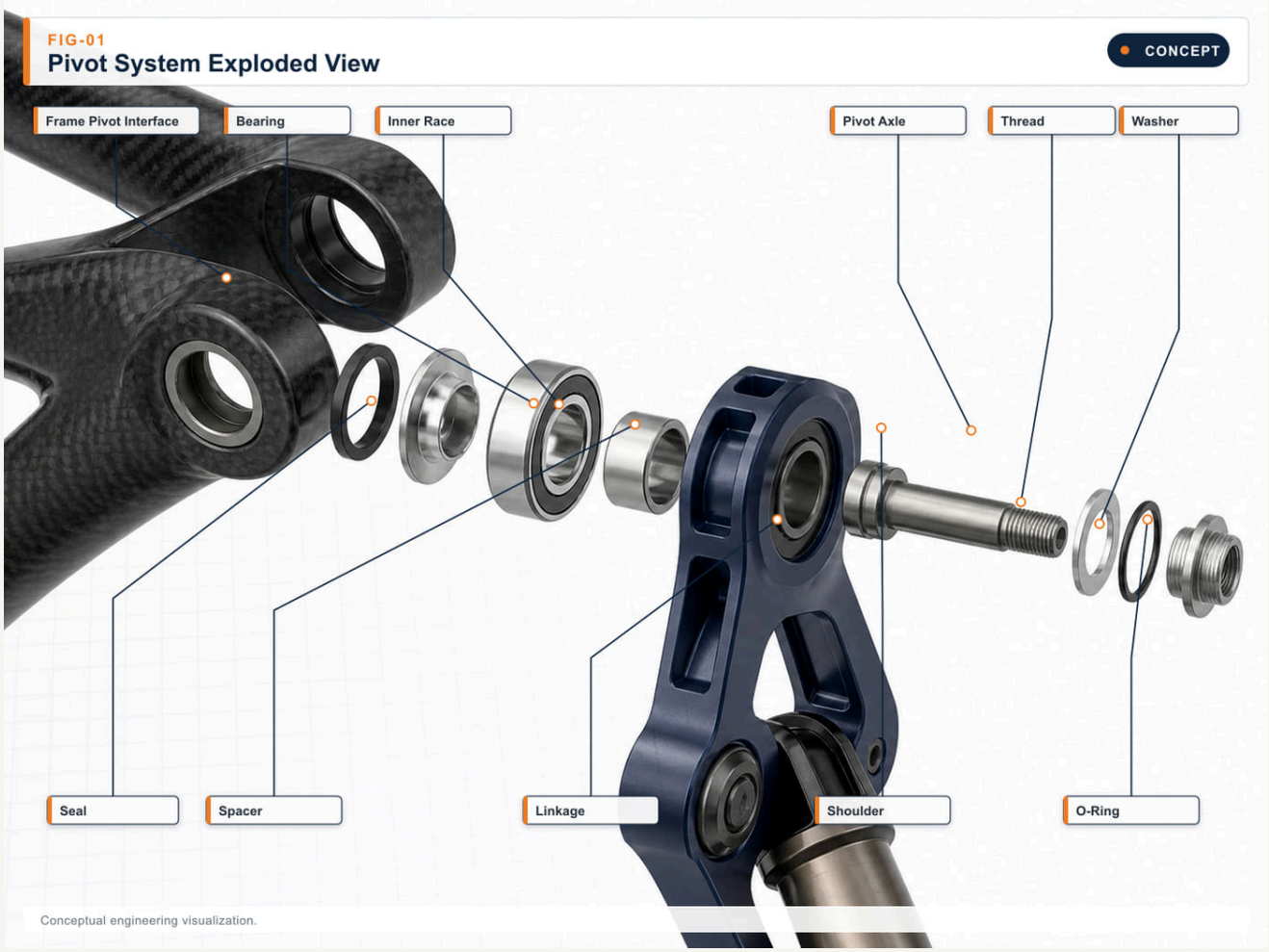
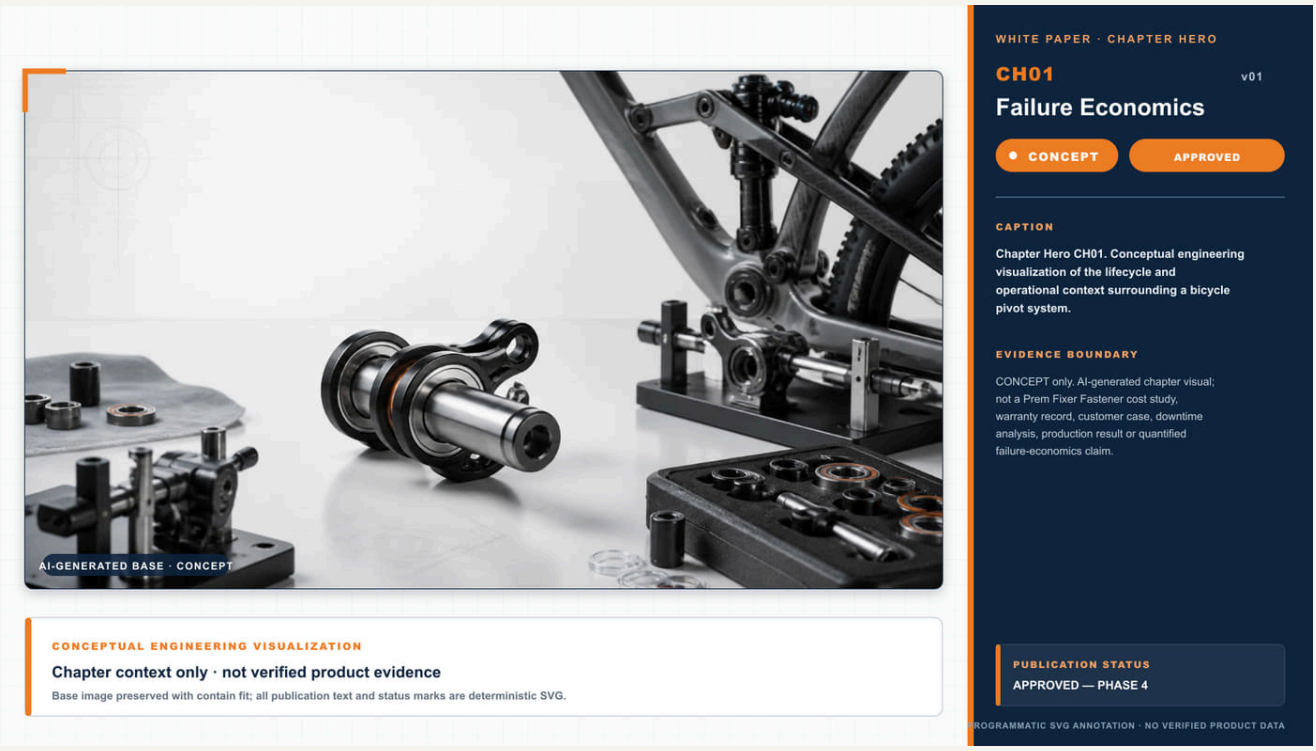


FIG-01 · Technische Abbildung — Abbildung FIG-01. Explosionsdarstellung der Drehpunktsystem-Architektur. Konzeptionelle technische Visualisierung; keine freigegebene Stückliste und keine verifizierte Produktkonfiguration von PremFixer Fasteners. **Nur KONZEPT.** Diese Darstellung ist kein Produkt-, Fabrik-, Inspektions-, Prüf-, Feldleistungs- oder Zertifizierungsnachweis von PremFixer Fasteners.

Kapitel 1: Wert und Ausfallkosten des Drehpunktsystems über die gesamte Wertschöpfungskette

1. Systemwert und Ausfallökonomie



CH01 · Kapitelmotiv — Kapitelmotiv CH01. Konzeptionelle technische Visualisierung des Lebenszyklus und betrieblichen Umfelds eines Fahrrad-Drehpunktsystems. **Nur KONZEPT.** Diese Darstellung ist kein Produkt-, Fabrik-, Inspektions-, Prüf-, Feldleistungs- oder Zertifizierungsnachweis von PremFixer Fasteners.

1.1 Vier Kundengruppen kaufen nicht denselben Wert

1.1.1 Rahmenhersteller: Stabilität der strukturellen Schnittstelle

Rahmenhersteller achten zunächst auf:

- die funktionale Passung zwischen Drehpunktbohrung und Achse/Schaft;
- die Toleranzkette von Lager, Distanzstück und Federungslenker;
- ungewöhnliche radiale oder axiale Lasten während der Montage;
- das Schadensrisiko an lokalen Carbon-/Aluminium-Schnittstellen;
- die Einhaltung der Funktionsmaße nach der Beschichtung;
- die Stabilität der Drehpunktschnittstelle nach der Ermüdungsprüfung des Rahmens.

Aus Sicht des Rahmenherstellers gilt daher:

> **Der tatsächliche Wert von Drehpunkt-Hardware besteht darin, die Wahrscheinlichkeit zu senken, dass ein kleines Teil einen teuren Rahmen zu Ausschuss macht.**

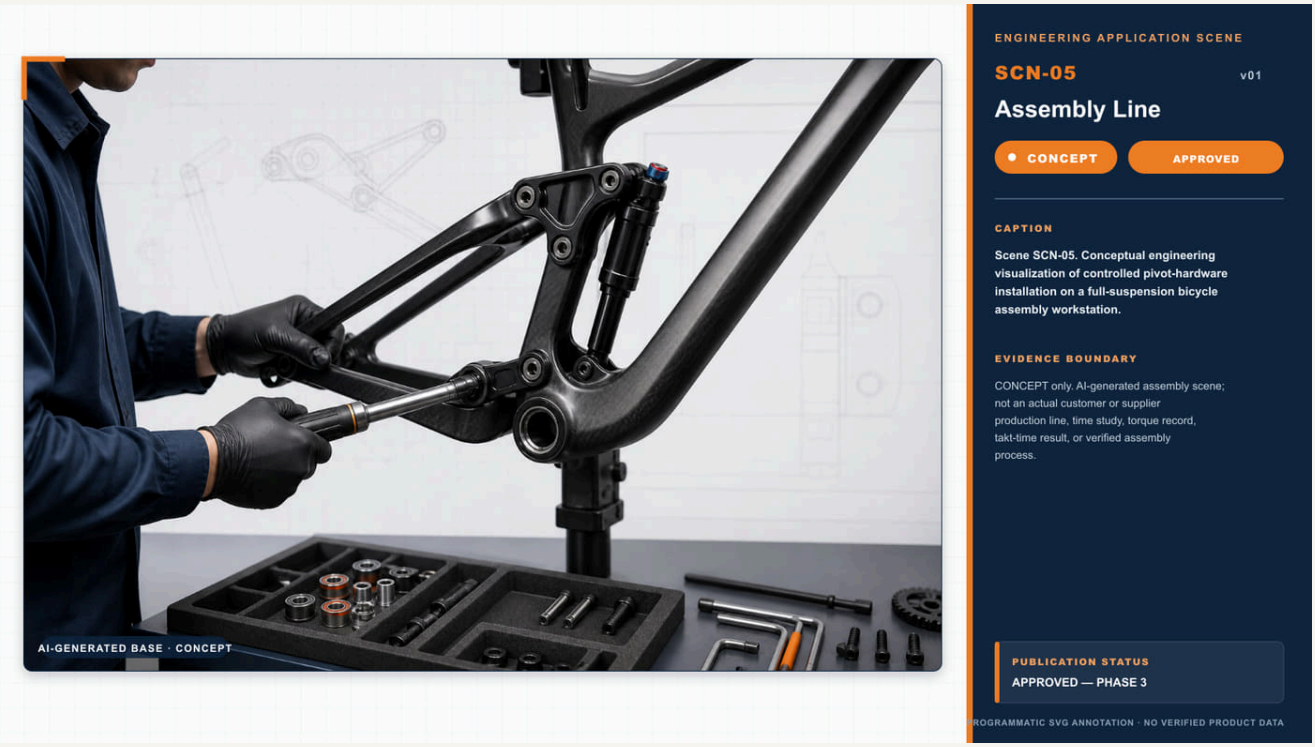
1.1.2 Montagewerk: Montagetakt und Konsistenz

Das Montagewerk achtet auf:

- einen stabilen Eingriff der Antriebsschnittstelle;
- einfache automatische Werkzeugzentrierung;
- leichtgängiges Einschrauben des Gewindes;
- die Vermeidung manueller Entnahme, Dosierung und Reinigung von Klebstoff;
- eindeutig unterscheidbare Teilenummern;
- stabiles Drehmoment;
- höheren First-Pass-Yield.

Vorbeschichtete Schraubensicherung ist ein ausgereifter industrieller Montageweg. Öffentliche technische Unterlagen von Henkel geben an, dass trockene, berührungsfeste Vorbeschichtungen bei der Schraubenmontage in hohen Stückzahlen eingesetzt werden können, um das zusätzliche Auftragen flüssiger Schraubensicherung vor Ort zu vermeiden.[R13][R14]

Dies stützt die technische Richtung, dass eine vorapplizierte Sicherung die Montagestandardisierung verbessern kann. Es **belegt jedoch nicht automatisch eine feste Einsparung von 1,5–2 Minuten an einer bestimmten Fahrradlinie**. Der Taktzeitgewinn muss durch eine reale Zeitstudie bestimmt werden.



SCN-05 · Anwendungsszene — Szene SCN-05. Konzeptionelle technische Visualisierung der kontrollierten Montage von Drehpunkt-Hardware an einem Arbeitsplatz für vollgefederte Fahrräder. **Nur KONZEPT.** Diese Darstellung ist kein Produkt-, Fabrik-, Inspektions-, Prüf-, Feldleistungs- oder Zertifizierungsnachweis von PremFixer Fasteners.

1.1.3 MTB-/E-MTB-Marke: Zuverlässigkeit und Markenerlebnis

Hochwertige Marken achten auf:

- leichtgängige Federungsbewegung;
- ungewöhnliches Knarren oder Klicken;
- mögliches Selbstlockern der Hardware;
- Zuverlässigkeit bei Regen, Schlamm, Schweiß und Salz;
- einfache Wartung;
- langfristige Verfügbarkeit von Ersatzteilen;
- Rückverfolgbarkeit von Feldausfällen.

Die veröffentlichten Wartungsunterlagen von Santa Cruz behandeln Drehpunktachsen und Lager als wichtige Wartungselemente, die regelmäßig geprüft, gereinigt, geschmiert und bei Bedarf ersetzt werden müssen; in nassen, sandigen oder staubigen Umgebungen sind häufigere Prüfungen erforderlich.[R9] Specialized schließt die Lager der Federungsdrehpunkte bei einigen aktuellen vollgefederten Modellen zudem in eine langfristige Austauschunterstützung für Erstbesitzer ein.[R10]

Diese öffentlichen Praktiken zeigen:

> **Ein Drehpunktsystem ist ein Serviceobjekt über den gesamten Lebenszyklus und kein Teil, das nach der Fahrradmontage „für immer ignoriert“ werden kann.**

1.1.4 Komponenten-/Lenkerhersteller: Entwicklungsgeschwindigkeit und Schnittstellenkoordination

Für Hersteller von Federungslenkern und Komponenten entsteht Komplexität durch:

- Achsen unterschiedlicher Länge
- verschiedene Schultern
- Distanzstücke
- Scheiben
- Lager
- Dichtungen
- Gewindeeinsätze
- linke und rechte Teile
- unterschiedliche Farben und Beschichtungen

Werden diese Teile von verschiedenen Lieferanten verwaltet, entstehen die tatsächlichen Kosten nicht nur aus dem Stückpreis, sondern auch aus:

- Koordination von Zeichnungsrevisionen
- Lieferantenkommunikation
- Wareneingangsprüfung
- Mindestbestellmengen
- Lagerbestand
- Verpackung
- Risiko fehlender Teile

Die Lieferlogik für Drehpunkt-Hardware kann daher von der Einzelteilbeschaffung auf Folgendes erweitert werden:

> **Ein Drehpunktsystem / eine kontrollierte Stückliste / eine Rückverfolgbarkeitskette**

1.2 Ausfälle zeigen häufig einen „Kostenverstärkungseffekt“

Nach einem Problem mit einem geringwertigen Kleinteil kann die Kostenkette wie folgt verlaufen:

Teilefehler
→ Nacharbeit
→ Linienstopp
→ Quarantäne des Fahrrads
→ Händlerdiagnose
→ Ersatz-Hardware
→ internationaler Transport
→ Kundenkommunikation
→ Garantie
→ Markenreputation

Die Gesamtbetriebskosten dürfen daher nicht nur den Einkaufspreis des Teils berücksichtigen.

$$
\begin{aligned}
TCO = \\
C_{part} \\
+C_{assembly} \\
+C_{inspection} \\
+C_{inventory} \\
+C_{rework} \\
+C_{downtime} \\
+C_{warranty} \\
+C_{dealer} \\
+C_{logistics} \\
+C_{reputation}
\end{aligned}
$$

Dabei ist C_{reputation} schwer präzise zu quantifizieren, stellt für hochwertige Marken jedoch besonders unerwünschte langfristige Kosten dar.

1.3 Evidenzbehandlung der Aussage „Drehpunkte verursachen 30–35 % der Rahmengarantiefälle“

V1.0 nannte einen makroskopischen Anteil von 30–35 %. Nach der ersten öffentlichen Literaturrecherche für V2.0 wurde **keine auditierbare und öffentlich nachprüfbare globale Statistikdatenbank von MTB-Marken gefunden, die diesen festen Anteil stützt**.

Die formelle V2.0 behandelt diesen Anteil daher nicht mehr als Branchentatsache.

Empfohlen wird, dass jede Marke eine eigene folgende Auswertung aufbaut:

Pareto-Analyse der Drehpunkt-Garantiefälle

Felder:

- Modell
- Modelljahr
- Drehpunktposition
- Ausfallart
- Hardware-Teilenummer
- Lager-Teilenummer
- Fahrleistung / Fahrzeit
- Umgebung
- Händlerarbeitszeit
- Ersatzkosten
- Fracht
- Grundursache
- Korrekturmaßnahme

Nur reale Feld-/Garantiedaten können auf E5 hochgestuft werden.

Evidenzbox dieses Kapitels

Externe Evidenz

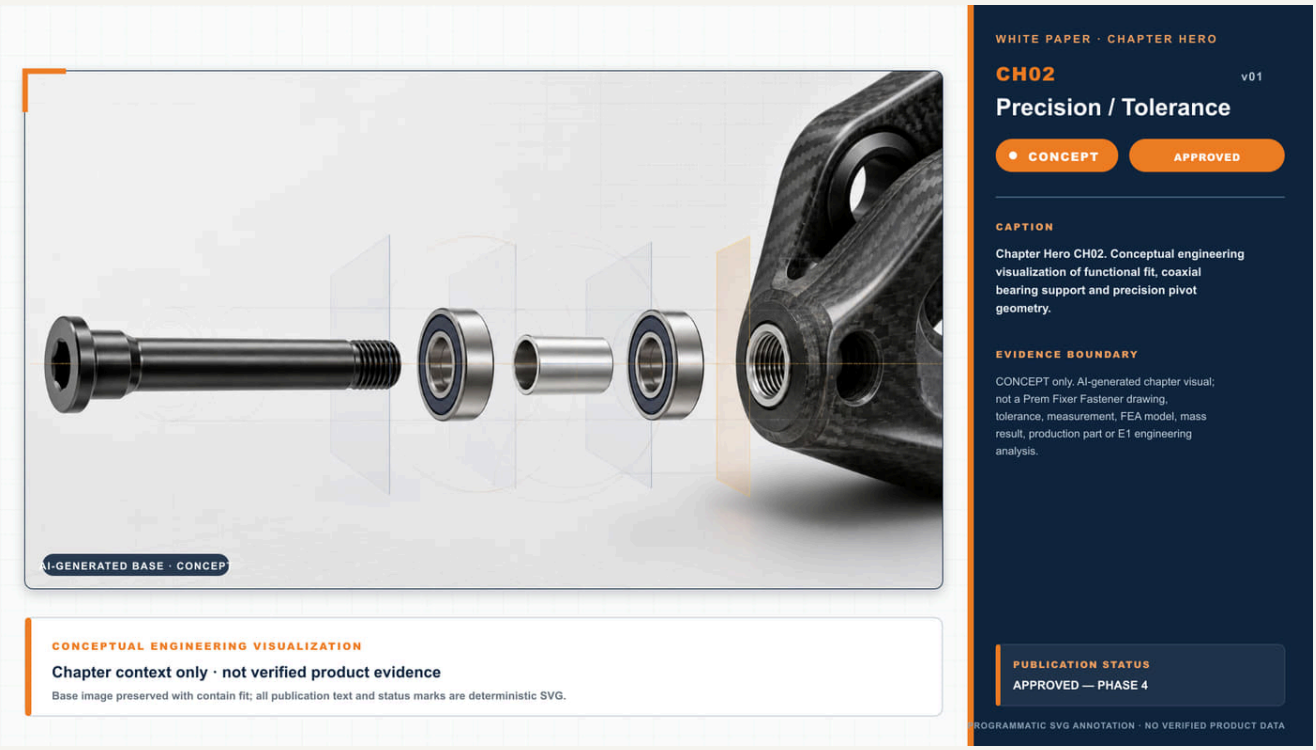
- OEM-Wartungspraxis: X3
- Garantiepolitik: X3
- industrielle Praxis vorapplizierter Sicherung: X3

Verifizierungsschranke von PremFixer Fasteners

- Garantieanteil: E0 / feste Statistik ENTFERNEN
- Montagezeiteinsparung: E0 / Zeitstudie erforderlich
- TCO-Einsparung: E0-E1 / Kundenmodell erforderlich

Kapitel 2: Strukturelle Integrität, Toleranzen, Lastpfad und Leichtbau

2. Strukturelle Integrität, Toleranztechnik und Leichtbau



CH02 · Kapitelmotiv — Kapitelmotiv CH02. Konzeptionelle technische Visualisierung von Funktionspassung, koaxialer Lagerabstützung und präziser Drehpunktgeometrie. **Nur KONZEPT.** Diese Darstellung ist kein Produkt-, Fabrik-, Inspektions-, Prüf-, Feldleistungs- oder Zertifizierungsnachweis von PremFixer Fasteners.

2.1 Der Schaft ist kein „blankes Stangenmaß“, sondern eine Funktionspassung

Der Schaft einer Drehpunktachse oder Bundschraube übernimmt häufig:

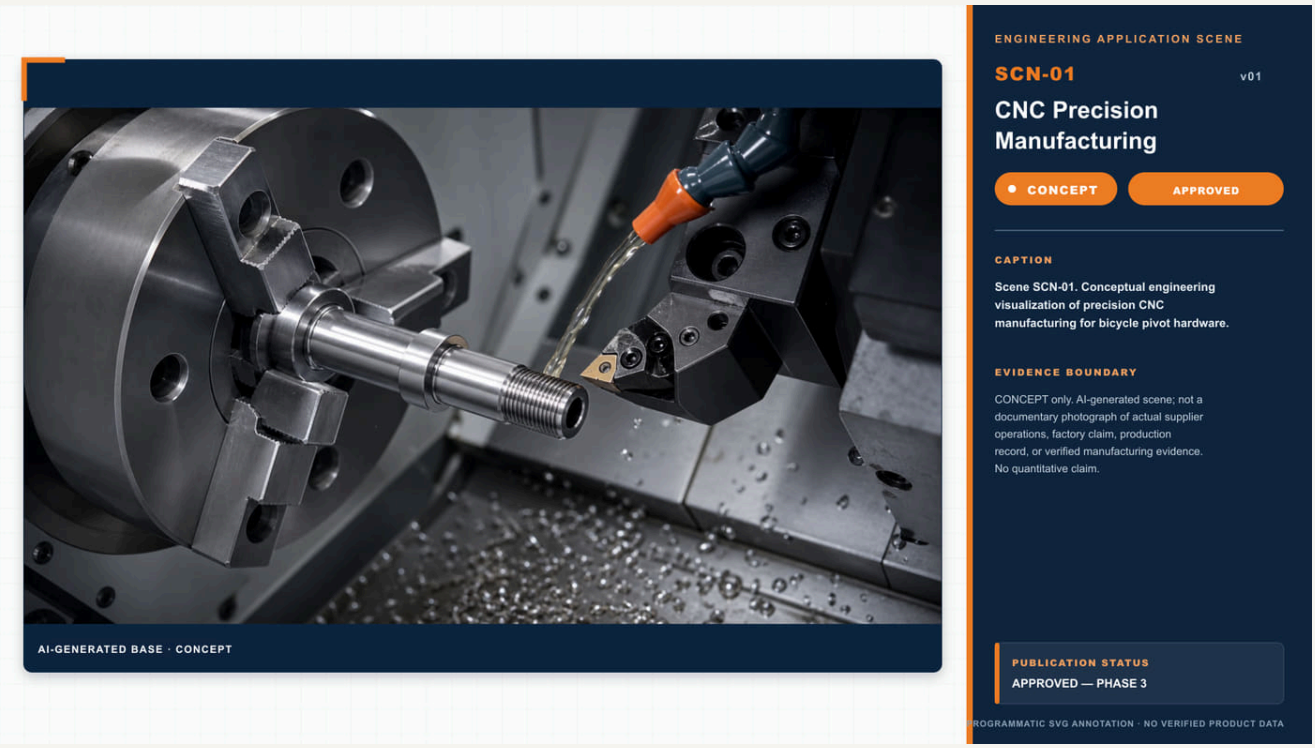
- Positionierung
- Abstützung des Lagerinnenrings
- Übertragung von Scherlasten
- Erhaltung der Koaxialität
- Führung bei Montage und Demontage

Er entspricht daher eher einem Präzisionswellenteil als einer gewöhnlichen Standardschraube.

SKF nennt die geringe Relativbewegung zwischen Welle/Bohrung und Lagerring als wichtigen Mechanismus der Reibkorrosion und weist darauf hin, dass unzureichende Passung, Wellendurchbiegung und Oberflächenfehler diese Schäden fördern.[R5][R6]

Dies zeigt:

> **Die Schafttoleranz darf nicht unabhängig von Lagerinnendurchmesser, Distanzstück, Klemmkraft, Oberflächengüte und Beschichtung betrachtet werden.**



SCN-01 · Anwendungsszene — Szene SCN-01. Konzeptionelle technische Visualisierung der CNC-Präzisionsfertigung von Fahrrad-Drehpunkt-Hardware. **Nur KONZEPT.** Diese Darstellung ist kein Produkt-, Fabrik-, Inspektions-, Prüf-, Feldleistungs- oder Zertifizierungsnachweis von PremFixer Fasteners.

2.2 ±0,008 mm sind kein „Branchenstandard für alle Drehpunkte“

Einige kritische Schnittstellen können enge Toleranzen erfordern. „±0,008 mm“ ist jedoch nur sinnvoll, wenn sämtliche folgenden Bedingungen festgelegt sind:

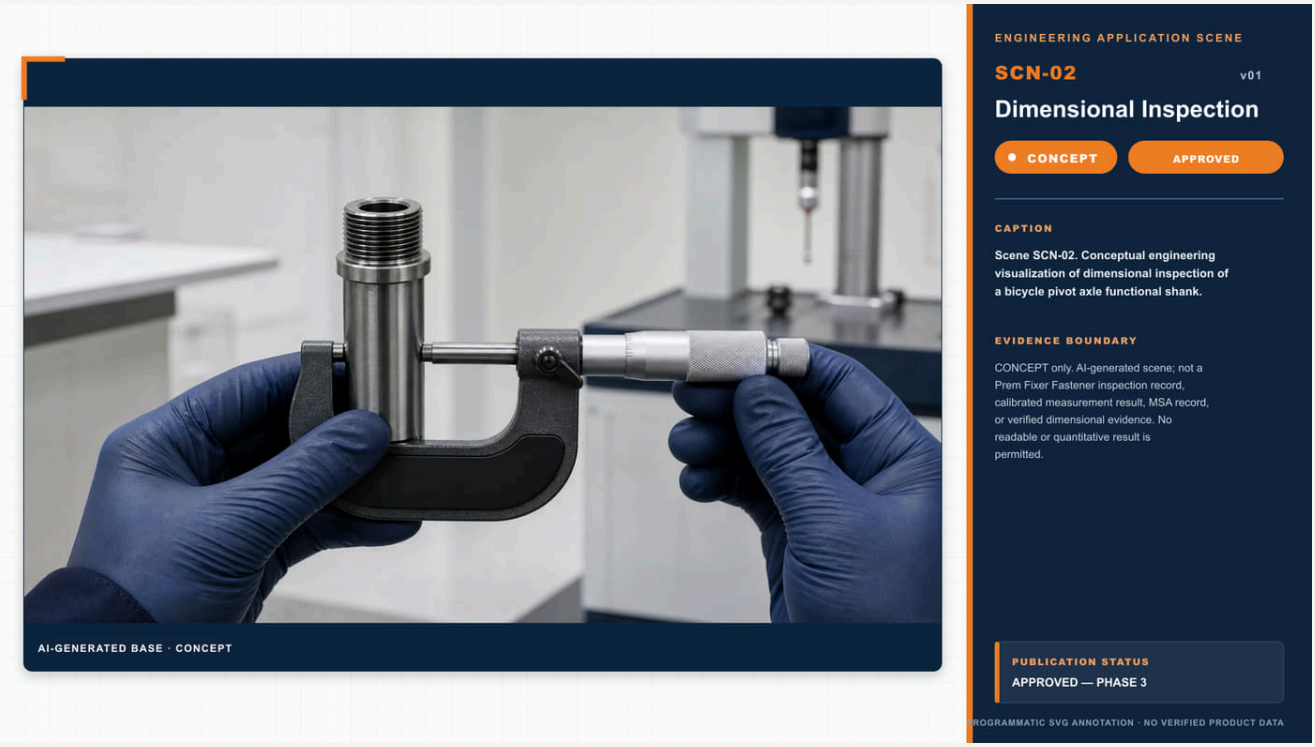
1. Nenndurchmesser
2. Lager- oder Buchsenspezifikation
3. Toleranz des Gegenstücks
4. Beschichtungsdicke
5. Endzustand der Messung
6. Temperatur
7. Fähigkeit des Messsystems
8. Montage-/Serviceanforderung

V2.0 empfiehlt daher folgende Formulierung:

> [PF-VERIFY] **Für das kritische Funktionsschaftmerkmal einer ausgewählten Hero-SKU ist die in der Kundenzeichnung definierte Toleranz zugrunde zu legen und die tatsächliche Serienfähigkeit mit MSA + Maßdaten von n≥30 + Cpk nachzuweisen.**

Nicht:

> „Alle Drehpunktbolzen halten strikt ±0,008 mm ein.“



SCN-02 · Anwendungsszene — Szene SCN-02. Konzeptionelle technische Visualisierung der Maßprüfung des Funktionsschafts einer Fahrrad-Drehpunktachse. **Nur KONZEPT.** Diese Darstellung ist kein Produkt-, Fabrik-, Inspektions-, Prüf-, Feldleistungs- oder Zertifizierungsnachweis von PremFixer Fasteners.

2.3 Toleranzkette: Maßhaltige Einzelteile bedeuten kein funktionierendes System

Die axiale oder radiale Funktion eines Drehpunktsystems wird üblicherweise durch mehrere Maße gemeinsam bestimmt.

Vereinfachte Darstellung:

$$T_{system}=f(T_{shank},T_{bearing},T_{spacer},T_{frame},T_{coating},T_{assembly})$$

Gleichzeitig zu berücksichtigen sind:

- Worst-Case-Toleranzkette
- statistische Toleranzkette

- Beschichtungsaufbau
- interne Lagerluft
- Parallelität des Distanzstücks
- Breite des Federungslenkers
- Scheibendicke
- Schulterlänge
- Funktionsfläche
- Gewinde-GUT/AUSSCHUSS
- Gewindeposition
- Rundlauf
- Antriebsgeometrie
- Härte
- Beschichtungsdicke
- Reibungs-/Drehmomentverhalten, sofern kontrolliert
- Position der Sicherungsbeschichtung

Ist das Distanzstück zu kurz, kann sich das Montagedrehmoment in eine axiale Lagerlast umwandeln.
Ist die Schulter zu lang, kann die Verbindung möglicherweise nicht die erwartete Klemmung erzeugen.

Die richtige Frage lautet daher nicht:

> „Ist jedes Teil maßhaltig?“

Sondern:

> **„Ist der Lastpfad nach der Montage korrekt geschlossen?“**

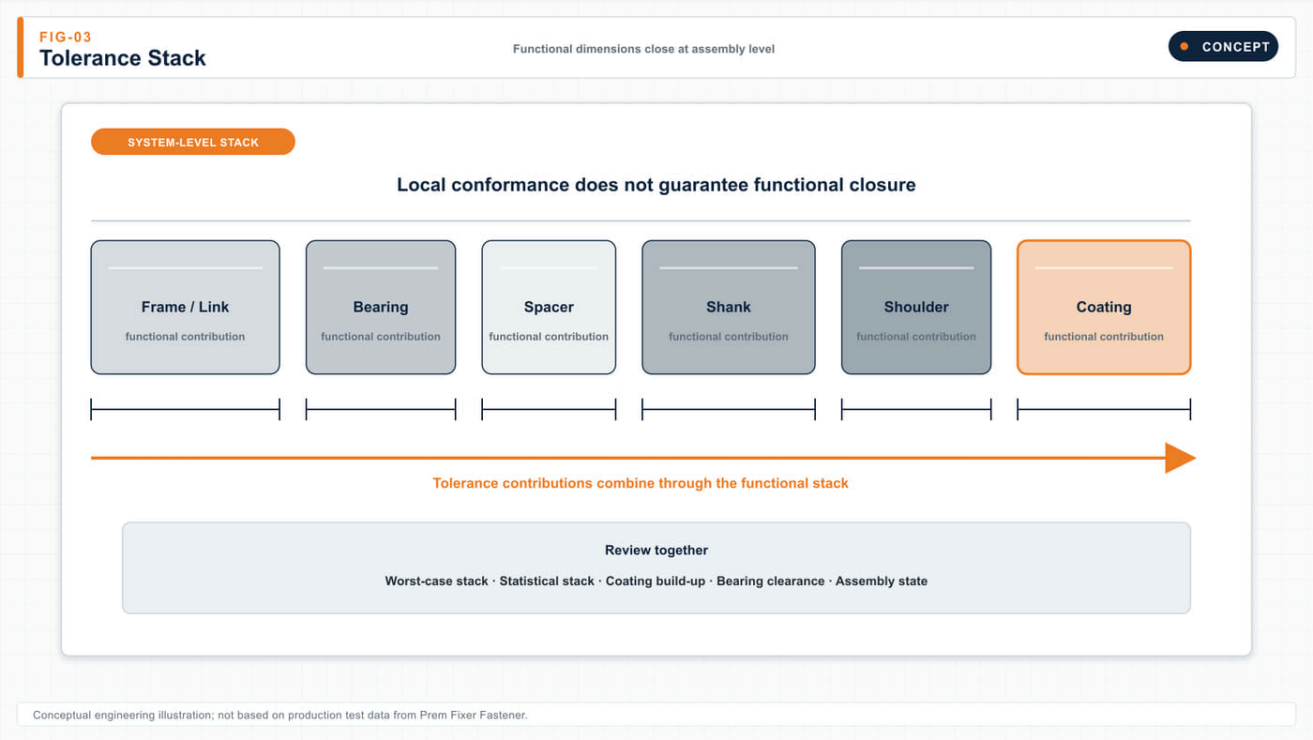


FIG-03 · Technische Abbildung — Abbildung FIG-03. Beiträge von Rahmen/Lenker, Lager, Distanzstück, Schaft, Schulter und Beschichtung zur Toleranzkette auf Systemebene. Konzeptionelle technische Darstellung; es werden keine Serienmaße gezeigt. **Nur KONZEPT.** Diese Darstellung ist kein Produkt-, Fabrik-, Inspektions-, Prüf-, Feldleistungs- oder Zertifizierungsnachweis von PremFixer Fasteners.

2.4 Der Beschichtungsaufbau muss in die Maßauslegung eingehen

Oberflächensysteme wie Anodisieren, Hartanodisieren, Galvanisieren, Zn-Ni, Zinklamellen und PVD beeinflussen:

- Endmaße
- Oberflächenrauheit
- Gewindepassung
- Reibung
- Klemmkraft
- Lösemoment

Der Auslegungsprozess muss daher lauten:

Funktionales Endmaß
→ Fenster der Beschichtungsdicke
→ Bearbeitungsziel
→ Beschichtung
→ Endprüfung

Und nicht:

Auf Endmaß bearbeiten
→ beschichten
→ hoffen, dass es noch passt

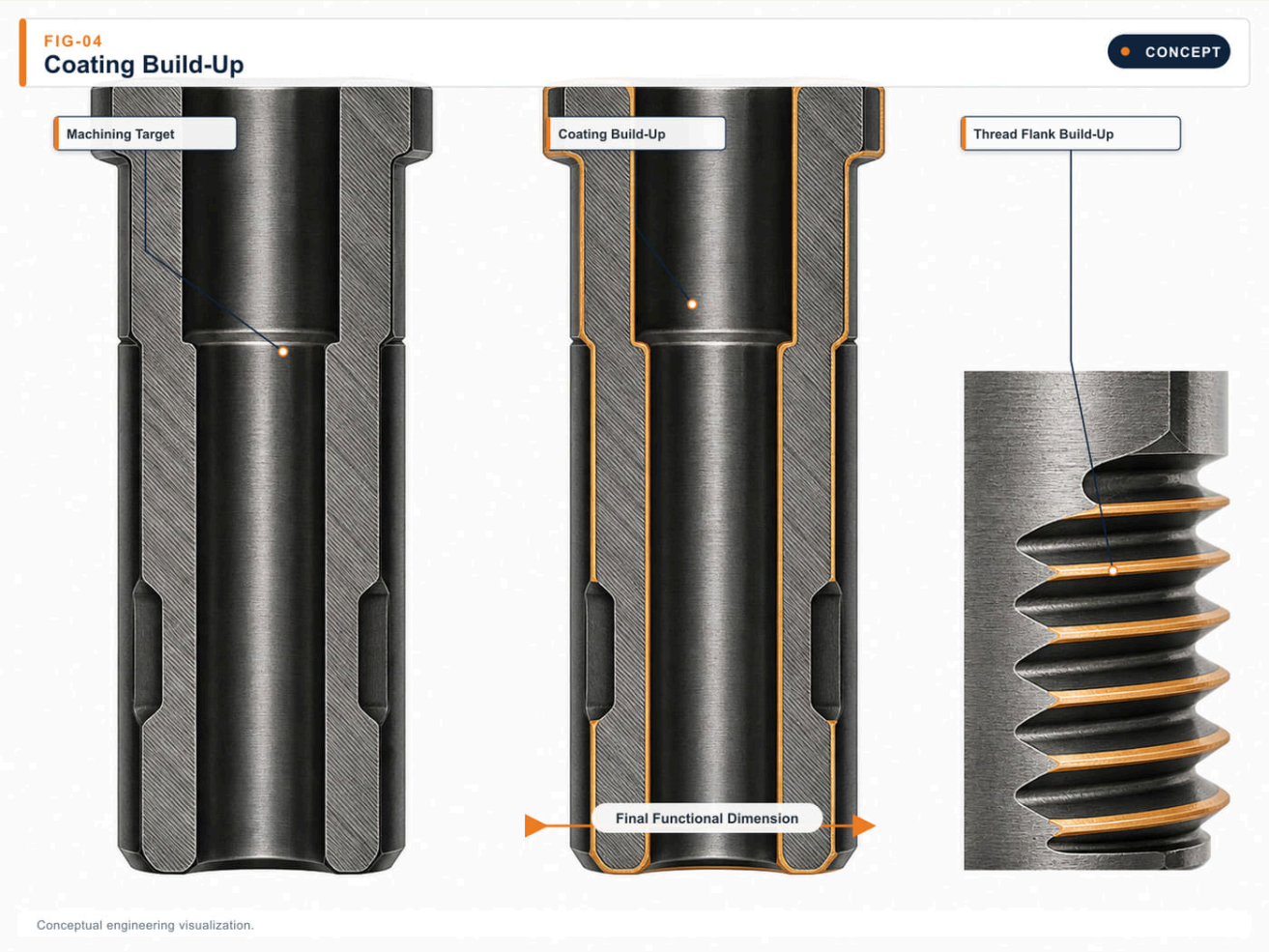


FIG-04 · Technische Abbildung — Abbildung FIG-04. Beschichtungsaufbau und funktionales Endmaß. Konzeptionelle technische Visualisierung; daraus werden weder eine Beschichtungsdicke noch eine Produktionsfähigkeit abgeleitet. **Nur KONZEPT.** Diese Darstellung ist kein Produkt-, Fabrik-, Inspektions-, Prüf-, Feldleistungs- oder Zertifizierungsnachweis von PremFixer Fasteners.

2.5 GD&T: Koaxialität und Geometrie der Auflageflächen dürfen nicht ignoriert werden

Forschung zu Schraubenverbindungen zeigt, dass nicht parallele Auflageflächen den Anziehvorgang und das Vorspannverhalten beeinflussen.[R4]

Für Drehpunkt-Hardware sollten geprüft werden:

- Achse des Funktionsschafts
- Kopfauflagefläche
- Schulterfläche
- Gewindeachse
- Distanzstückflächen
- Sitz des Federungslenkers

Kritische CTQ-Merkmale können umfassen:

- Rechtwinkligkeit
- Rundlauf

- Position
- Ebenheit
- Parallelität

Zweck ist nicht, „die Zeichnung komplizierter zu machen“, sondern die Geometriebeziehungen, die den Lastpfad tatsächlich beeinflussen, in messbare technische Sprache zu überführen.

2.6 Lastpfad und FEA: mehr als eine Wolke maximaler Spannung

Eine aussagekräftige FEA eines Drehpunkts muss angeben:

- Rahmen-/Lenkergeometrie
- Kontaktdefinition
- Lagermodellierung
- Schraubenvorspannung
- Reibung
- Randbedingungen
- Lastrichtung
- Stoß-, Brems- und Pedallastfälle
- Werkstoff
- Netzkonvergenz
- lokale Kerbspannung
- Risiko am Gewindeauslauf

Eine Studie aus dem Jahr 2022 zu einem vollgefederten Downhill-Fahrradrahmen behandelt symmetrische und asymmetrische Lasten, Versagensstellen und strukturelle Verbesserungen. Sie zeigt, dass reale Fahrradrahmenlasten nicht allein durch einen einzigen idealisierten statischen Lastfall beschrieben werden können.[R7]

V2.0 bezeichnet „15 kN“ daher nicht mehr als allgemeine Standardlast für Drehpunkte.

Korrekte Formulierung:

> [MODEL] **Unter den vom Kunden definierten äquivalenten Lastfällen sind Referenz- und optimierte Struktur hinsichtlich Spannung, Verschiebung und Sicherheitsreserve zu vergleichen; die endgültige Systemlebensdauer muss weiterhin durch eine Validierung auf Verbindungs-/Rahmenebene bestätigt werden.**

2.7 Verrundung, Gewindeauslauf und Spannungskonzentration

Typische Hochrisikostellen an Drehpunkt-Hardware sind:

- Übergang von Kopf zu Schaft
- Schulterstufe
- Ende einer Hohlbohrung

- Gewindeauslauf
- kleiner Querschnitt nahe dem Antriebsmerkmal

Optimierungsmaßnahmen:

- angemessener Verrundungsradius
- abrupte Stufen vermeiden
- Hauptscherebene aus dem Gewindebereich verlagern
- Ende der Hohlbohrung optimieren
- Bearbeitungsspuren kontrollieren

Jede Angabe wie „Spannung um 22 % reduziert“ muss verknüpft sein mit:

- Referenzgeometrie
- optimierter Geometrie
- Last
- Netz
- Werkstoff
- FEA-Bericht

Andernfalls bleibt sie lediglich [TARGET].

2.8 Gewinderollen und Ermüdung: wissenschaftlich begründbar, aber nicht beliebig übertragbar

Eine Studie aus dem Jahr 2025 verglich geschnittene, gerollte und tiefgerollte Gewinde an M12-Proben aus 42CrMo4+QT. Unter ihren spezifischen Prüfbedingungen berichtete sie eine höhere Ermüdungsfestigkeit gerollter Gewinde und setzte das Ergebnis mit Eigenspannungs-, Oberflächen- und Härtezuständen in Beziehung.[R3]

Dieses öffentliche Ergebnis stützt:

> **Der Gewindeherstellungsweg kann die Ermüdungsleistung wesentlich beeinflussen.**

Es darf daraus jedoch nicht unmittelbar formuliert werden:

> „Das gerollte Gewinde von PremFixer Fasteners erhöht die Ermüdungsfestigkeit um XX %.“

Um diese Aussage zu belegen, muss PremFixer Fasteners Folgendes abschließen:

- exakten Werkstoff
- Wärmebehandlung
- exakte Gewindegeometrie
- geschnittene und gerollte Vergleichsproben

- soweit möglich Oberfläche/Eigenspannung
- Ermüdungsprüfung
- Versagensort

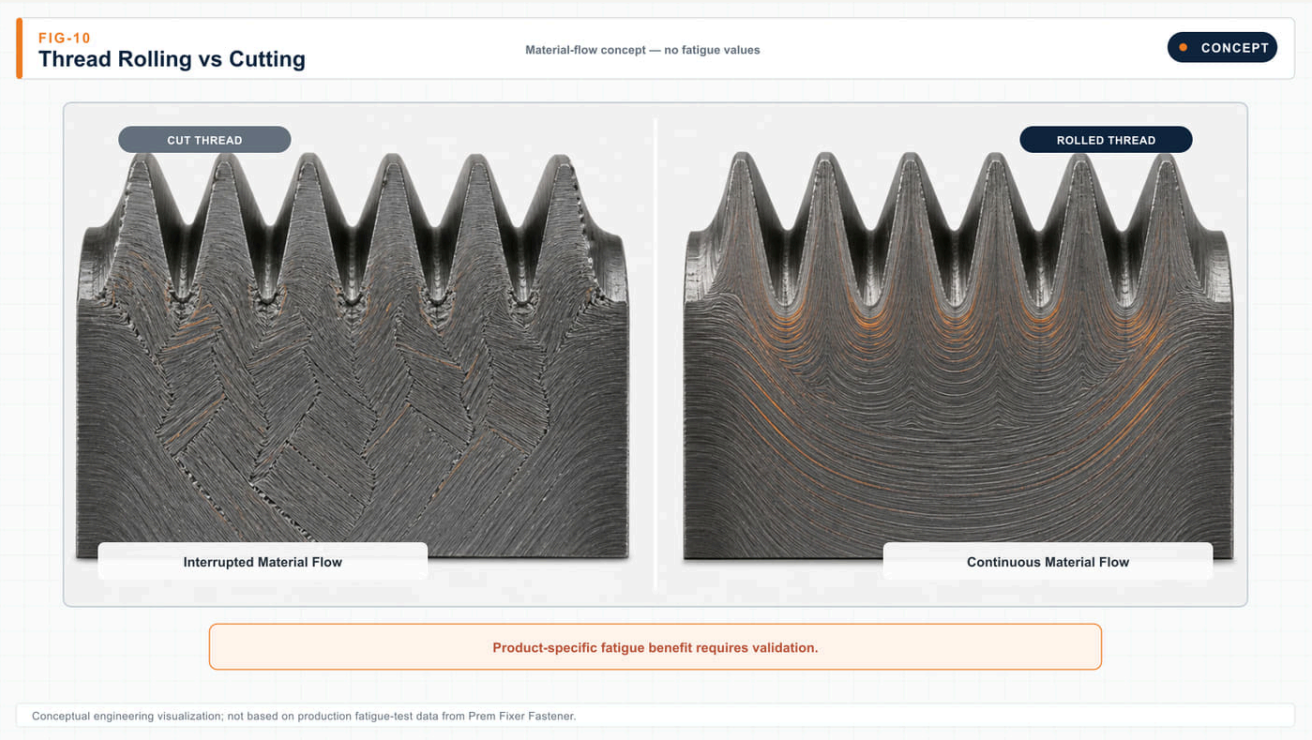


FIG-10 · Technische Abbildung — Abbildung FIG-10. Konzeptioneller Vergleich von unterbrochenem Werkstofffluss in einem geschnittenen Gewinde und kontinuierlichem Werkstofffluss in einem gerollten Gewinde. Ein produktspezifischer Ermüdungsvorteil muss validiert werden. **Nur KONZEPT.** Diese Darstellung ist kein Produkt-, Fabrik-, Inspektions-, Prüf-, Feldleistungs- oder Zertifizierungsnachweis von PremFixer Fasteners.

2.9 Gewichtswirtschaftlichkeit: Leichtbau ist nicht bloß „Aushöhlen“

Der Wert des Leichtbaus entsteht aus:

- Wettbewerb um das Fahrradgesamtgewicht
- Produktspezifikation
- Differenzierung hochwertiger Modelle
- Marketinggeschichte
- Fahrerwahrnehmung
- Komponentenintegration

Die technische Randbedingung lautet jedoch:

$$\text{Minimum Mass} \quad \text{subject to} \quad \text{Strength, Fatigue, Clamp, Service, Corrosion Constraints}$$

Bei hohlgebohrten Konstruktionen sind zu prüfen:

- verbleibende Wanddicke
- Scherung
- Zug
- Ermüdung
- Beulen/lokale Stabilität
- Drehmomentkapazität der Antriebsschnittstelle
- Fertigungsstreuung
- Korrosionsreserve

Korrigiertes Rechenbeispiel

Wiegt die Referenz-Stückliste der Drehpunkte 180 g und die optimierte 95 g:

$$\frac{180-95}{180}=47.2\%$$

Dies darf nicht als „35 % Gewichtsreduzierung“ beschrieben werden.

Für eine Aussage von 35 % müsste gelten:

$$180\times(1-0.35)=117g$$

V2.0 verlangt für sämtliche veröffentlichten Prozentwerte sowohl eine rechnerische als auch eine evidenzbezogene Prüfung.

Evidenzbox dieses Kapitels

Extern

- Reibkorrosionsmechanismus am Lager: [R5][R6]
- Einfluss nicht paralleler Auflageflächen: [R4]
- Forschung zur Belastung vollgefederter Rahmen: [R7]
- Forschung zu Gewindeherstellung und Ermüdung: [R3]

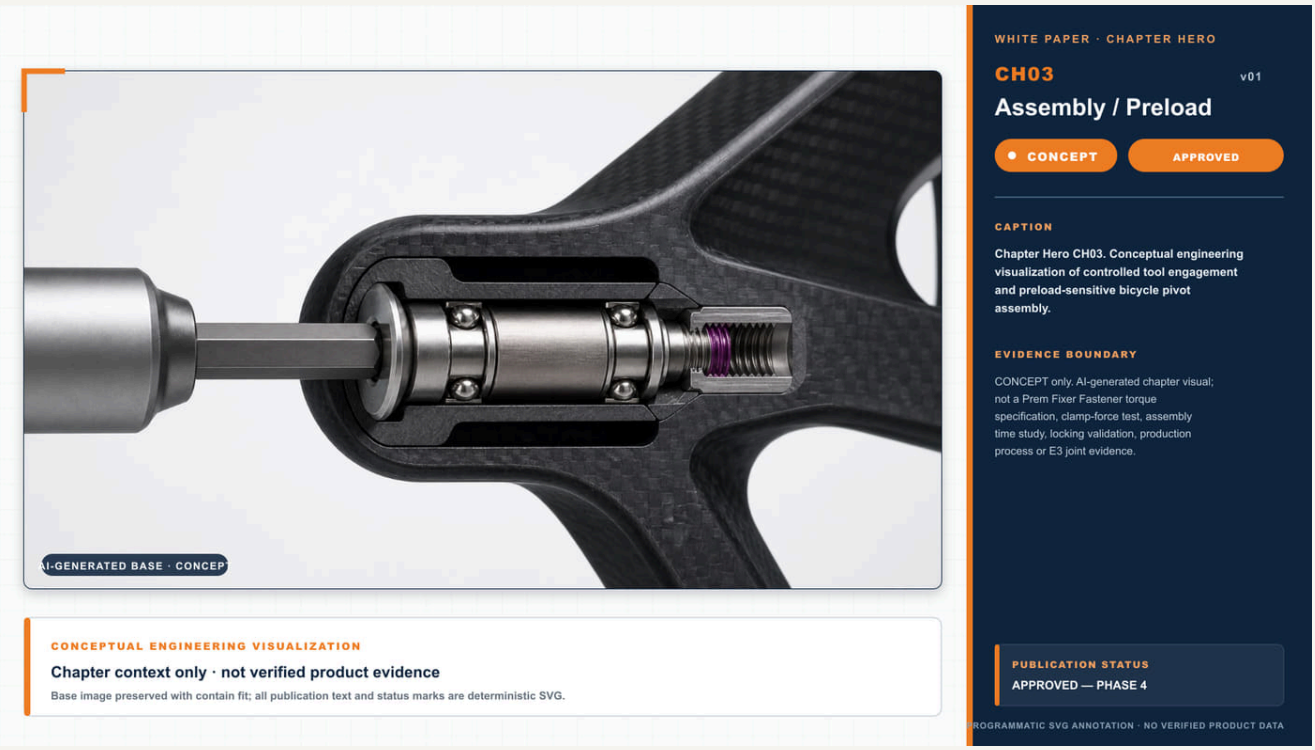
PremFixer Fasteners

- Schaftfähigkeit: PF-PIVOT-C02-001 / E0 → MSA + Cpk
- Beschichtungsaufbau: C02-003 / E0 → paarweise Messung
- quantitative FEA-Verbesserung: C02-006 / E0-E1
- Gewichtsreduzierung: C02-007/008 / E0 → tatsächliches Stücklistengewicht
- Ermüdungsvorteil durch Rollen: C08-007 / E0 → eigene Ermüdungsdaten

---

Kapitel 3: Montageeffizienz, Drehmoment–Klemmkraft und dynamische Losdrehsicherung

3. Montageeffizienz, Vorspannungskontrolle und Losdrehsicherung



CH03 · Kapitelmotiv — Kapitelmotiv CH03. Konzeptionelle technische Visualisierung eines kontrollierten Werkzeugeingriffs und einer vorspannungssensitiven Fahrrad-Drehpunktmontage. **Nur KONZEPT.** Diese Darstellung ist kein Produkt-, Fabrik-, Inspektions-, Prüf-, Feldleistungs- oder Zertifizierungsnachweis von PremFixer Fasteners.

3.1 Technische Realität: Das Drehmoment ist lediglich eine Prozesseingabe

In einer Schraubenverbindung besteht die Hauptfunktion des Montagedrehmoments darin, Klemmkraft aufzubauen.

Vereinfacht gilt:

$$T=KFd$$

Dabei sind:

- T: Drehmoment
- F: Klemmkraft / Vorspannung
- d: Nenndurchmesser
- K: zusammengefasster Reibungseinfluss

K ist jedoch keine konstante Werkstoffkennzahl.

Es wird beeinflusst durch:

- Gewindereibung
- Reibung unter dem Kopf / an der Auflagefläche
- Beschichtung
- Schmierstoff
- Schraubensicherung
- Oberflächenrauheit
- wiederholtes Anziehen
- Werkstoff des Gegenstücks
- Montagegeschwindigkeit

Die Forschung von Croccolo et al. zur Drehmoment–Vorspannungs-Beziehung betont die Bedeutung des Reibungskoeffizienten für den Vorspannungsaufbau.[R2] ISO 16047 bietet einen standardisierten Prüfrahmen für Drehmoment/Klemmkraft-Prüfungen an Gewindebefestigern.[R17]

Daher gilt:

> **„10 N·m“ ist keine Verbindungsleistung, sondern im Wesentlichen eine reibungsabhängige Prozessanweisung.**

3.2 Optimales Klemmfenster

Zu geringe Klemmung

Mögliche Folgen:

- Mikroschlupf der Verbindung
- Selbstlockern
- Reibkorrosion
- Knarren
- Bewegung des Lagerrings
- Bohrungsverschleiß

Zu hohe Klemmung

Mögliche Folgen:

- erhöhter Lagerwiderstand
- Kompression des Distanzstücks
- lokale Überlastung von Carbon/Einsatz
- Gewindeausreißen
- Fließen des Befestigers

- erschwerte Demontage

Ziel

Tatsächlich aufzubauen ist:

> **Drehmoment → Klemmkraftverteilung → funktionales Verbindungsfenster**

Nicht das Streben nach „je höher das Drehmoment, desto sicherer“.

Öffentliche Forschung zeigt, dass unzureichende und übermäßige Vorspannung jeweils unterschiedlichen Grenzbereichen von Lockerung, Überlastung und Ermüdung entsprechen.[R1]

FIG-05 · Technische Abbildung — Abbildung FIG-05. Konzeptionelles technisches Drehmoment–Klemmkraft-Fenster. Es wird nur die Beziehung dargestellt; keine Messreihe, kein Drehmomentwert und kein Klemmkraftergebnis. **Nur KONZEPT.** Diese Darstellung ist kein Produkt-, Fabrik-, Inspektions-, Prüf-, Feldleistungs- oder Zertifizierungsnachweis von PremFixer Fasteners.

3.3 Änderungen an Beschichtung oder Schmierung erfordern eine erneute Drehmomentvalidierung

Bei folgenden Lieferkettenänderungen:

- Zn → Zn-Ni
- trocken → geschmiert
- ohne Sicherung → vorapplizierte Sicherung
- Titan trocken → Anti-Seize

- geänderte Scheibenoberfläche
- anderer Innengewindeeinsatz

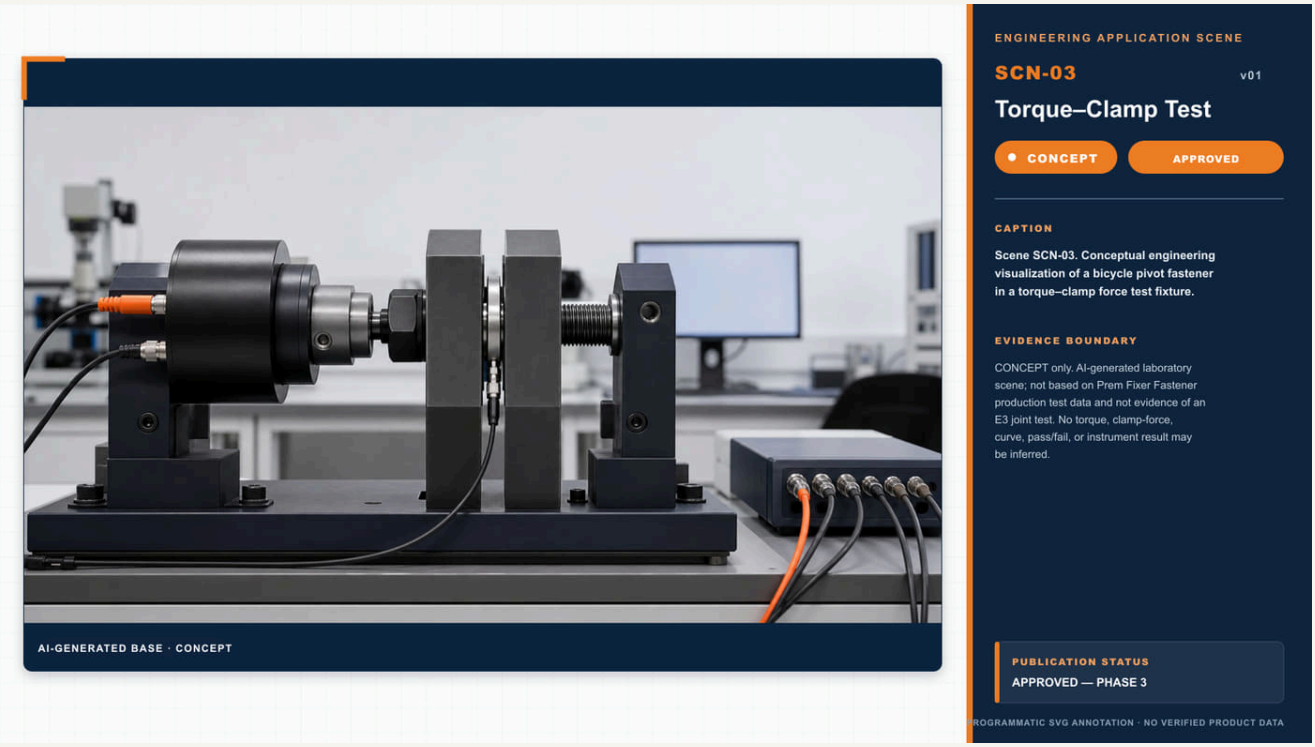
darf das bisherige Drehmoment nicht automatisch übernommen werden.

V2.0 empfiehlt:

Freigabeprüfung Drehmoment–Klemmkraft

Mindestens auszugeben sind:

- mittlere Klemmkraft
- Minimum / Maximum
- Streuung
- Drehmomentkurve
- Lösemoment
- Versagensart



SCN-03 · Anwendungsszene — Szene SCN-03. Konzeptionelle technische Visualisierung eines Fahrrad-Drehpunktbefestigers in einer Drehmoment–Klemmkraft-Prüfvorrichtung. **Nur KONZEPT.** Diese Darstellung ist kein Produkt-, Fabrik-, Inspektions-, Prüf-, Feldleistungs- oder Zertifizierungsnachweis von PremFixer Fasteners.

3.4 Antriebsgeometrie: Montageschnittstelle, nicht Gestaltungselement

Die Leistung eines Innen-Sechsrund- oder Innensechskantantriebs hängt ab von:

- Tiefe
- Konizität

- Eckgeometrie
- Konzentrizität
- Grat
- Härte
- Werkzeugeingriff

Empfohlene Validierung:

Antriebsdrehmoment bis zum Versagen

Zu vergleichen sind:

- neuer Werkzeugeinsatz
- verschlissener Werkzeugeinsatz
- Nenndrehmoment
- Überdrehmomentreserve
- geringe Fehlausrichtung

Eine „Ausdrehrate ≤0,05 %“ darf keine feste Aussage ohne Quelle sein.

Soll sie beibehalten werden:

> [PF-VERIFY] **Nachweis anhand realer PPM-Montagedaten.**

3.5 Vorapplizierte Schraubensicherung: vom chemischen Produkt zur Prozessschnittstelle

Öffentliche Henkel-Unterlagen zeigen, dass trockene, berührungsfeste Schraubensicherungen bereits vor Eintritt der Schraube in die Montagelinie appliziert werden können und so einen zusätzlichen Auftrag vor Ort vermeiden. Einige mikroverkapselte Produkte setzen ihre aktiven Komponenten bei der Montage durch mechanische Einwirkung frei.[R13][R14]

Der Wert lässt sich aufteilen in:

Prozesswert

- weniger Handgriffe zur Flüssigkeitsentnahme
- standardisierte Klebstoffmenge
- weniger Auslassungen
- weniger Verschmutzung durch Überauftrag
- bessere Automatisierbarkeit

Verbindungswert

- Sicherungswirkung
- gewisse Dichtwirkung

- veränderter Reibungszustand

Vorbeschichtung bedeutet daher nicht bloß:

> „Für den Kunden eine blaue Klebstoffschicht auftragen.“

Sondern:

> **einen kontrollierten Prozess, der in die Regeln für Drehmoment–Klemmkraft, Lagerdauer, Applikationslänge und Wiederverwendung einfließen muss.**

3.6 „1,5–2 Minuten Einsparung pro Fahrrad“ muss durch eine Zeitstudie bestimmt werden

Öffentliche technische Unterlagen können belegen:

> Eine Vorapplikation kann den separaten Klebstoffauftrag an der Linie vermeiden.[R13]

Die tatsächliche Taktzeiteinsparung hängt jedoch ab von:

- Anzahl der zu behandelnden Befestiger pro Fahrrad
- Linienlayout
- Position von Flasche/Dispenser
- Bewegungen des Bedieners
- Prüfung
- Abwischen/Reinigung
- Nacharbeit

Die formelle V2.0-Formulierung lautet daher:

> [PF-VERIFY] **PremFixer Fasteners ermittelt den tatsächlichen Taktzeitgewinn durch eine Vergleichsstudie von manueller Flüssigapplikation und Vorapplikation am selben Arbeitsplatz.**

3.7 Querlast und dynamisches Selbstlockern

Forschung zum Selbstlockern von Gewindebefestigern untersucht seit Langem transversale zyklische Belastung. Die experimentelle Studie von Yang et al. nennt die Vorspannung als wichtige Einflussgröße für Lockerung und Ermüdung und zeigt eine wesentliche Beziehung zwischen Querlast und Lockerungsversagen.[R1]

Der formelle Anwendungsbereich von ISO 16130:2015 ist die dynamische Prüfung des Sicherungsverhaltens unter Querbelastung in der Luft- und Raumfahrt und dient vor allem Entwicklungsarbeiten.[R18]

Die korrekte Nutzung in V2.0 lautet daher:

> **Das Prinzip einer vergleichenden Querschwingungsprüfung übernehmen und für das Fahrradprojekt eigene Vorrichtung, Verschiebung, Frequenz, Anfangsklemmkraft und Annahmekriterien festlegen.**

Nicht:

> „Der Fahrrad-Drehpunktbolzen ist nach ISO 16130 zertifiziert."

3.8 3000 Zyklen / ≤5 % sind keine feste Branchenaussage mehr

PremFixer Fasteners kann künftig folgende interne Ziele wählen:

- 3000 Zyklen
- Restklemmkraft ≥95 %

Diese müssen jedoch verknüpft werden mit:

- Befestiger
- Verbindung
- Anfangsklemmkraft
- Verschiebung
- Frequenz
- Beschichtung
- Schraubensicherung
- Vorrichtung
- Stichprobengröße

Das endgültige Veröffentlichungsformat muss lauten:

> „Unter den definierten Bedingungen der Querschwingungsprüfung behielt Variante B nach N Zyklen X % der anfänglichen Klemmkraft, die Referenzvariante A dagegen Y %."

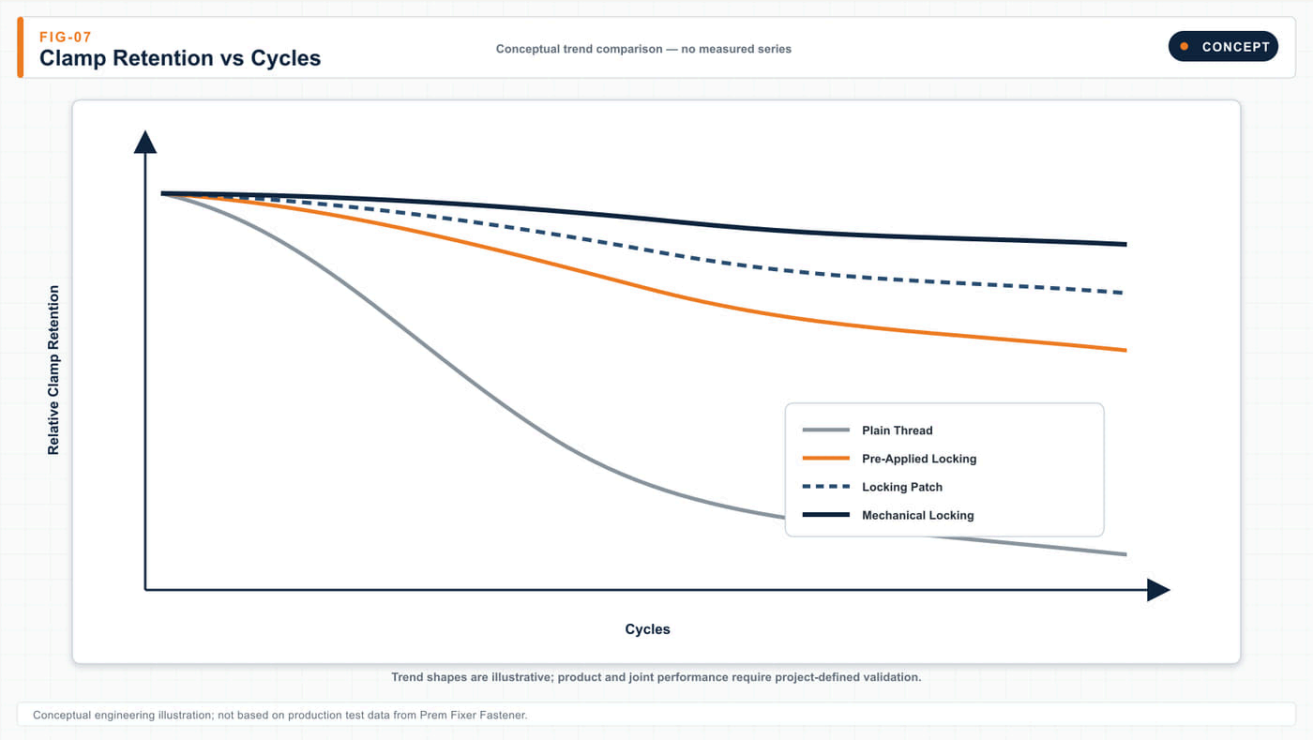


FIG-07 · Technische Abbildung — Abbildung FIG-07. Konzeptioneller Vergleich von Trends des Klemmkrafterhalts. Die Kurven sind illustrativ und enthalten weder gemessene Zykluszahlen noch Erhaltungsergebnisse oder Produktaussagen. **Nur KONZEPT.** Diese Darstellung ist kein Produkt-, Fabrik-, Inspektions-, Prüf-, Feldleistungs- oder Zertifizierungsnachweis von PremFixer Fasteners.

3.9 Wiederholte Demontage und Montage: Das Drehmoment des ersten Zyklus repräsentiert nicht den achten

Öffentliche Forschung zum wiederholten Anziehen zeigt, dass sich der Reibungskoeffizient im Verlauf wiederholter Montagen verändert.[R15]

„Für 5–8 wiederholte Montagen geeignet“ muss daher definieren:

- Sicherungstechnologie
- Zykluszahl
- Montagedrehmoment
- Losbrechmoment
- vorherrschendes Drehmoment
- Gewindezustand
- Beschichtungsverschleiß
- funktionale Annahme

Für wartungsintensive MTBs wird mindestens folgender Vergleich empfohlen:

Vergleich Zyklus 1 / 3 / 5 / 8

Die endgültige Zykluszahl wird jedoch durch die Projektanforderung und nicht durch eine Marketingaussage bestimmt.

3.10 OEM-Praxis: Ein Rahmen verwendet nicht „einen Klebstoff und ein Drehmoment“

Das veröffentlichte Hardware-Schema des Pivot Cycles Mach 429 SL V3 zeigt, dass unterschiedliche Hardwarepositionen Folgendes unterschiedlich einsetzen:

- Schmierstoff
- Schraubensicherung
- Schmierstoff am Schraubenschaft + Schraubensicherung am Gewinde
- Anti-Seize
- Fügeklebstoff
- Drehmomentwerte

Im veröffentlichten Schema verwenden beispielsweise M8-Hardware am oberen Lenker/Dämpfer und M14-Hardware am unteren Lenker unterschiedliche Drehmomente und Schnittstellenbehandlungen.[R8]

Diese Branchenpraxis stützt eine wichtige Schlussfolgerung von V2.0:

> **Eine Verbindungsfreigabespezifikation muss Schaftbehandlung, Gewindebehandlung und Drehmoment gemeinsam definieren; eine einzelne Schraubenzeichnung reicht nicht aus.**

3.11 Spezifikationsblatt für die Drehpunktmontage

Empfohlene Ausgabe für jedes Kundenprojekt:

```
Drehpunktposition:
Teilenummer des Befestigers:
Zeichnungsrevision:
Lager:
Distanzstück:
Innengewinde:
Werkstoff des Befestigers:
Beschichtung:
Schaftschmierung:
Gewindeschmierung:
Schraubensicherung:
Anti-Seize:
Fügeklebstoff:
Montagedrehmoment:
Drehmomenttoleranz:
Klemmkraftziel:
Lösemoment:
Wiederverwendungsregel:
Austauschregel:
```

Evidenzbox dieses Kapitels

Extern

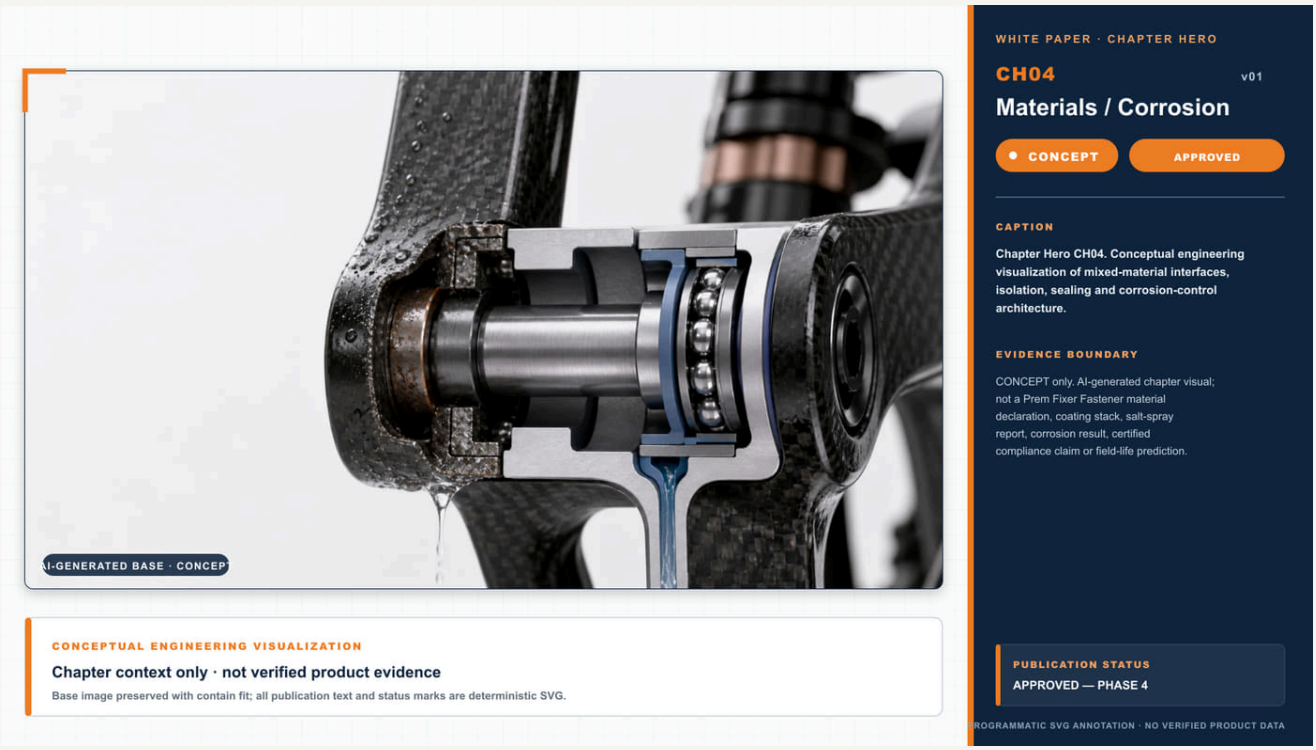
- Vorspannung / Lockerung: [R1]
- Drehmoment/Reibung: [R2][R17]
- wiederholtes Anziehen: [R15]
- vorapplizierte Schraubensicherung: [R13][R14]
- OEM-Montagebehandlung: [R8]
- Anwendungsbereich ISO 16130: [R18]

PremFixer Fasteners

- Drehmoment–Klemmkraft: C03-007 / E0 → T08
- Taktzeiteinsparung: C03-004 / E0 → Zeitstudie
- Schwingung: C03-008 / E0 → T11
- Wiederverwendungszyklen: C03-009 / E0 → T10
- Antriebsfehlerrate: C03-002 / E0 → Produktions-PPM

Kapitel 4: Werkstoffwissenschaft, Oberflächentechnik und Korrosion

4. Werkstoffe, Oberflächentechnik und Korrosionsschutz



CH04 · Kapitelmotiv — Kapitelmotiv CH04. Konzeptionelle technische Visualisierung von Mischwerkstoffschnittstellen, Isolation, Abdichtung und Korrosionsschutzarchitektur. **Nur KONZEPT.** Diese Darstellung ist kein Produkt-, Fabrik-, Inspektions-, Prüf-, Feldleistungs- oder Zertifizierungsnachweis von PremFixer Fasteners.

4.1 Die Werkstoffauswahl ist keine „Festigkeitsrangliste“

Die Werkstoffauswahl für Drehpunkte muss folgender Funktion entsprechen:

f(
Strength,
Fatigue,
Density,
Corrosion,
Galling,
Coating,
Manufacturability,
Cost,

Serviceability)

Es gibt daher keinen Werkstoff, der für alle Fahrradklassen stets optimal ist.

4.2 Aluminium 7075-T6: Leichtbauwert und Grenzen

Geeignet für:

- massensensitive Anwendungen
- größere Querschnitte
- Hohlachsenkonstruktionen
- hochwertige Leichtbaukonfigurationen

Zu beachten sind:

- Aufbau der Oberflächenbehandlung
- Gewindefestigkeit
- Ermüdung
- lokale Lagerpressung
- Korrosion an Schnittstellen
- Beschädigung bei Wartung

Der korrekte Vorteil lautet nicht:

> „Luftfahrtaluminium, also zwangsläufig sicher.“

Sondern:

> **Unter definierten Geometrie- und Validierungsbedingungen mit geringerer Dichte die erforderliche strukturelle Leistungsfähigkeit erreichen.**

4.3 Ti-6Al-4V / Grade 5: Hochwertig bedeutet nicht wartungsfrei

Der Wert einer Titanlegierung umfasst:

- hohe spezifische Festigkeit
- Korrosionsbeständigkeit
- hochwertige Werkstoffpositionierung

Öffentliche tribologische Forschung weist jedoch darauf hin, dass Titan reibungs- und fressempfindlich ist und die Schmierstrategie Reibung und Fressverhalten wesentlich beeinflusst.[R12]

Daher gilt:

> **„Titan ist korrosionsbeständig“ bedeutet nicht „Titangewinde trocken montieren“.**

Bei der Auslegung müssen gleichzeitig validiert werden:

- Schmierstoff / Anti-Seize
- Beschichtung
- Werkstoff des Innengewindes
- Montagegeschwindigkeit
- Drehmoment–Klemmkraft
- Lösemoment
- Wiederholungszyklen

4.4 Legierter Stahl: Das am leichtesten übersehene Risiko ist Wasserstoffversprödung

Hochfester Stahl bietet ausgezeichnete Festigkeit und Querschnittseffizienz; beim Galvanisieren ist jedoch die Wasserstoffversprödung zu beachten.

ISO 4042:2022 legt Anforderungen an galvanisch beschichtete Stahlbefestiger fest und enthält ausdrücklich Anforderungen und Empfehlungen zur Verringerung des Wasserstoffversprödungsrisikos. ISO 4042:2022/Amd 1:2026 wurde 2026 veröffentlicht.[R20] [R21]

Außerdem:

- ISO 15330 beschreibt einen Vorspannprüfweg zur Erkennung von Wasserstoffversprödung.[R22]
- ISO/TR 20491 stellt einen grundlegenden Mechanismenrahmen zur Wasserstoffversprödung von Stahlbefestigern bereit.[R23]

Die Freigabe eines hochfesten Stahl-Drehpunkts darf daher nicht nur Folgendes betrachten:

> Härte + Salzsprühnebel.

Zusätzlich zu prüfen sind:

- Stahlsorte
- Zugfestigkeit / Härte
- Reinigung / Beizen
- galvanischer Prozessweg
- Zeit bis zum Tempern (falls zutreffend)
- Temperprozess (falls zutreffend)
- Lieferantenkontrollen
- Chargenrückverfolgbarkeit

- Erkennungs-/Validierungsverfahren

4.5 Nichtrostender Stahl: konkrete Sorte und Festigkeitsklasse angeben

ISO 3506-1:2020 klassifiziert die mechanischen und physikalischen Eigenschaften korrosionsbeständiger Schrauben und Gewindestifte aus nichtrostendem Stahl.[R25]

Daher genügt nicht:

> „Drehpunktbolzen aus nichtrostendem Stahl“

Anzugeben sind:

- exakte Sorte
- Festigkeitsklasse
- Gewinde
- Kaltverfestigungs-/Wärmezustand
- Korrosionsumgebung
- Fressverhalten

4.6 Eine Beschichtung ist ein Mehrzielsystem, nicht bloß Farbe

Oberflächentechnik beeinflusst mindestens gleichzeitig:

- Korrosion
- Reibung
- Verschleiß
- Erscheinungsbild
- Maß
- Gewindepassung
- Drehmoment–Klemmkraft
- Demontage
- Chemikalienkonformität

ISO 4042 betrifft bei Beschichtungssystemen für galvanisch beschichtete Stahlbefestiger beispielsweise nicht nur Korrosion, sondern auch Maße, Deckschicht, Schmierstoff und das Risiko der Wasserstoffversprödung.[R20]

ISO 10683:2018 behandelt nicht elektrolytisch aufgebrachte Zinklamellen-Beschichtungssysteme für Stahlbefestiger.[R24]

4.7 Salzsprühnebel: wertvolle, aber häufig missbrauchte Prüfung

Die öffentliche Beschreibung von ISO 9227 ist eindeutig.

Salzsprühverfahren können verwendet werden, um:

- die Aufrechterhaltung der Schutzqualität zu prüfen
- Beschichtungsfehler zu erkennen

Sie dürfen jedoch:

- nicht einfach zur Rangfolge der langfristigen Korrosionsbeständigkeit verschiedener Werkstoffe verwendet werden
- nicht zur Vorhersage einer langfristigen realen Korrosionslebensdauer verwendet werden.[R19]

Folgende Formulierung ist daher zu streichen:

> „200 Stunden Salzsprühnebel entsprechen zwei Jahren Fahrlebensdauer.“

4.8 Neue Evidenz von 2026 für Salzsprühprüfungen an Schrauben: ISO/TR 19852

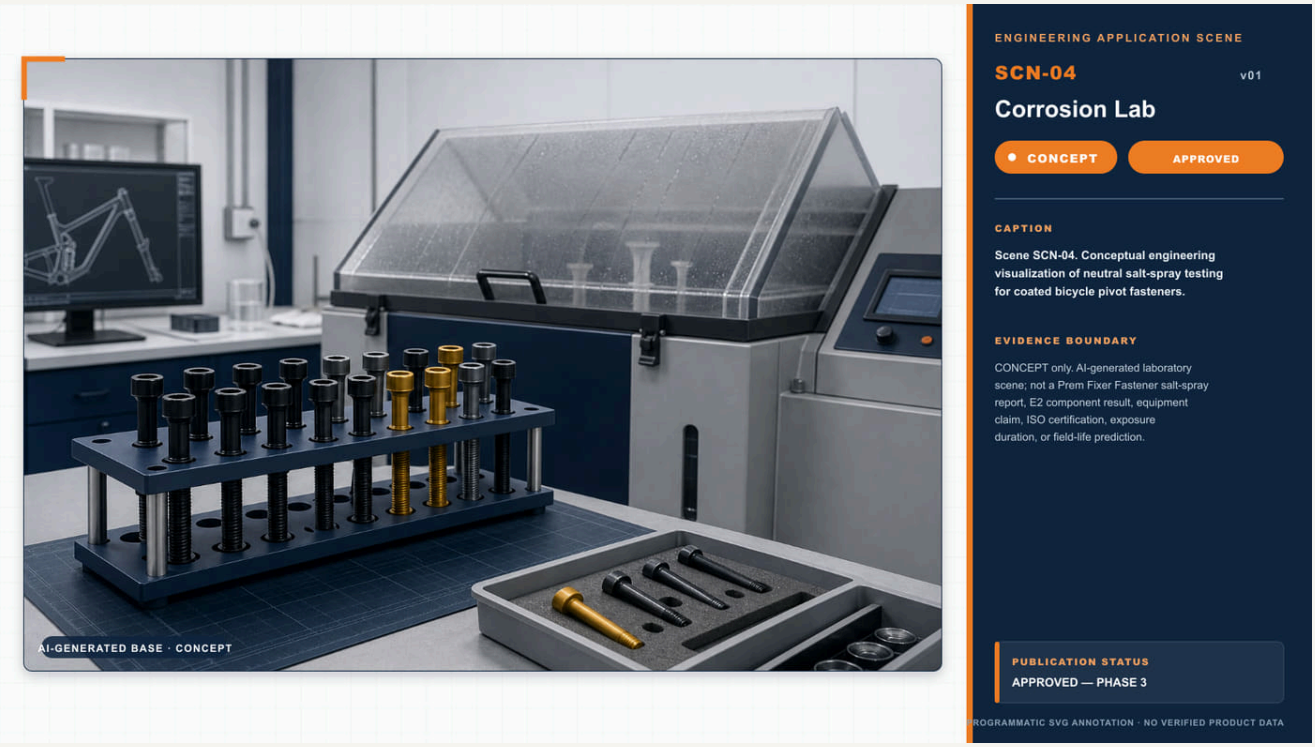
ISO/TR 19852:2026 berichtet eine Ringstudie zur neutralen Salzsprühprüfung an beschichteten M6×50-Schrauben. Erfasst wurden Erscheinungen wie Grauschleier, Weißrost und Rotrost; im Mittelpunkt stand die Reproduzierbarkeit zwischen Laboren.[R26]

Für dieses Weißbuch bedeutet dies:

> **Auch der Salzsprühbericht selbst benötigt „Nachweise der Prüfqualität“.**

Ein künftiges Salzsprüh-Evidenzpaket von PremFixer Fasteners sollte Folgendes erfassen:

```
Labor:
Kammer:
Grundwerkstoff:
Beschichtung:
Vorbehandlung:
Dicke:
Prüfart:
Temperatur:
pH-/Sammelbedingungen:
Stichprobengröße:
Ausrichtung:
Prüfintervall:
Kriterium für Weißkorrosion:
Kriterium für Rotkorrosion:
Berichtsnummer:
```



SCN-04 · Anwendungsszene — Szene SCN-04. Konzeptionelle technische Visualisierung der neutralen Salzsprühprüfung beschichteter Fahrrad-Drehpunktbefestiger. **Nur KONZEPT.** Diese Darstellung ist kein Produkt-, Fabrik-, Inspektions-, Prüf-, Feldleistungs- oder Zertifizierungsnachweis von PremFixer Fasteners.

4.9 Traditionelle Schwarzbehandlung gegenüber Hochleistungsbeschichtung: keine unbedingten Stundenangaben

V1.0 verwendete:

> Schwarzbehandlung <24 h
> Hochwertige Beschichtung 96–200 h

V2.0 ersetzt dies durch:

> **Konkrete Beschichtungsstapel sind auf demselben Grundwerkstoff, derselben Probengeometrie und nach demselben ISO-9227-Verfahren parallel zu prüfen.**

Ergibt sich künftig beispielsweise:

- A = 24 h
- B = 192 h

lautet die Veröffentlichung:

> **„In dieser konkreten Prüfung …“**

Das Ergebnis darf nicht als Werkstoffeigenschaft sämtlicher Schwarzoxid- oder PVD-Systeme verallgemeinert werden.

4.10 Zyklische Korrosion: ein realitätsnäheres Entwicklungswerkzeug

Die MTB-Umgebung ist üblicherweise kein konstanter Salzsprühnebel, sondern:

Nass → Schlamm → Trocken → Waschen → Salz → Temperaturwechsel → Schwingung

Für hochwertige Projekte kann daher eine zyklische Umweltprüfung definiert werden.

Das ISO-System umfasst ebenfalls zyklische Korrosionsprüfverfahren mit Nass-, Salzsprüh-, Trocken- und Feuchtphasen zur Bewertung der Beschichtungsleistung unter komplexeren Bedingungen.[R27]

Das Fahrradprojekt muss seinen anwendungsspezifischen Zyklus dennoch anhand folgender Faktoren definieren:

- Fahrregion
- Wintersalz
- Waschpraxis
- Luftfeuchtigkeit
- Schlammexposition

4.11 CFRP + Aluminium: galvanische Korrosion muss in das Drehpunkt-DFM eingehen

Öffentliche Forschung zeigt, dass CFRP und Aluminium bei vorhandenem Elektrolyten ein starkes galvanisches Paar bilden können und die Korrosion auf der Aluminiumseite beschleunigen.[R11]

Dies ist für hochwertige Carbon-MTBs besonders wichtig, da typische Strukturen gleichzeitig enthalten können:

- Carbonrahmen
- Aluminiumlenker/-einsatz
- Titan-/Stahl-Hardware
- nichtrostendes Lager

Das Risiko entsteht nicht schon dadurch, dass „unterschiedliche Werkstoffe zusammenliegen“. Gleichzeitig erforderlich sind:

1. Werkstoffe mit unterschiedlichen Potenzialen
2. leitfähige Verbindung
3. Elektrolyt

Lösungsansätze sind daher:

- elektrische Isolation

- Barrierebeschichtung
- isolierende Scheibe/Hülse
- Dichtung
- Entwässerung
- gegebenenfalls Schmierstoff / Anti-Seize
- Minimierung von Spalten mit Wasseransammlung

4.12 Polymerisolation: validierbarer Entwicklungsweg

Forschung zu verschraubten Verbundwerkstoff-/Metallverbindungen hat den technischen Ansatz bestätigt, dass Polymerisolation das Risiko galvanischer Kopplung verringern kann.[R28]

Obwohl die konkreten Werkstoffsysteme dieser Veröffentlichungen nicht vollständig denen eines Fahrrads entsprechen, stützen sie:

> **Elektrische Isolation ist eine validierbare Strategie, die in das DFM des Drehpunktsystems aufgenommen werden sollte.**

Abschließend ist weiterhin eine Umweltprüfung der tatsächlichen Werkstoffkombination von PremFixer Fasteners bzw. des Kunden erforderlich.

Evidenzbox dieses Kapitels

Extern

- Titanfressen: [R12]
- galvanische Korrosion CFRP/Al: [R11]
- Polymerisolation: [R28]
- ISO 4042 / Wasserstoffversprödung: [R20]-[R23]
- ISO 9227: [R19]
- ISO/TR 19852: [R26]
- ISO 10683: [R24]
- ISO 3506-1: [R25]

PremFixer Fasteners

- Zuordnung der Werkstoffzeugnisse: C04-001/002/003/004 / E0
- Salzsprühnebel der konkreten Beschichtung: C04-006 / E0 → E2
- Zn-Ni-Stapel: C04-007 / E0
- Lösen/Fressen von Titan: C04-011 / E0 → E3
- Kontrollen gegen Wasserstoffversprödung: C04-012 / E0 → Lieferanten-/Prozessnachweise

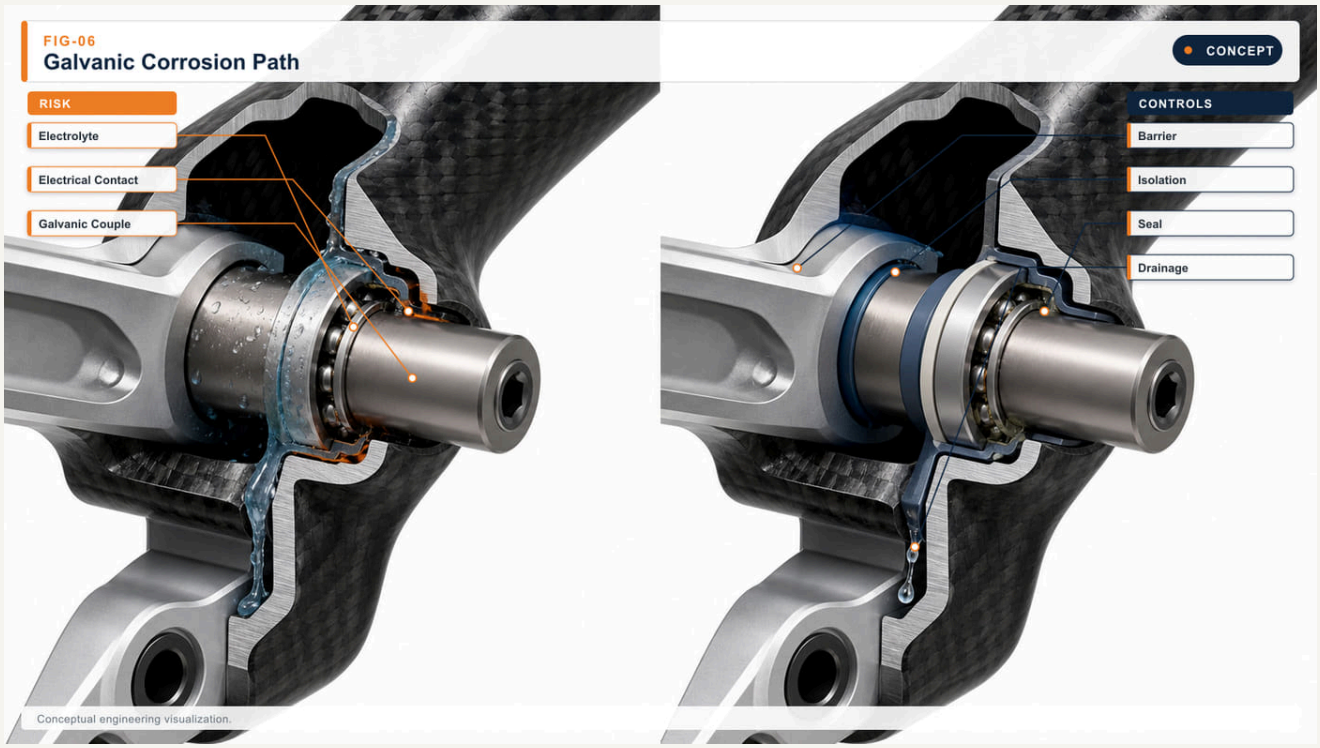
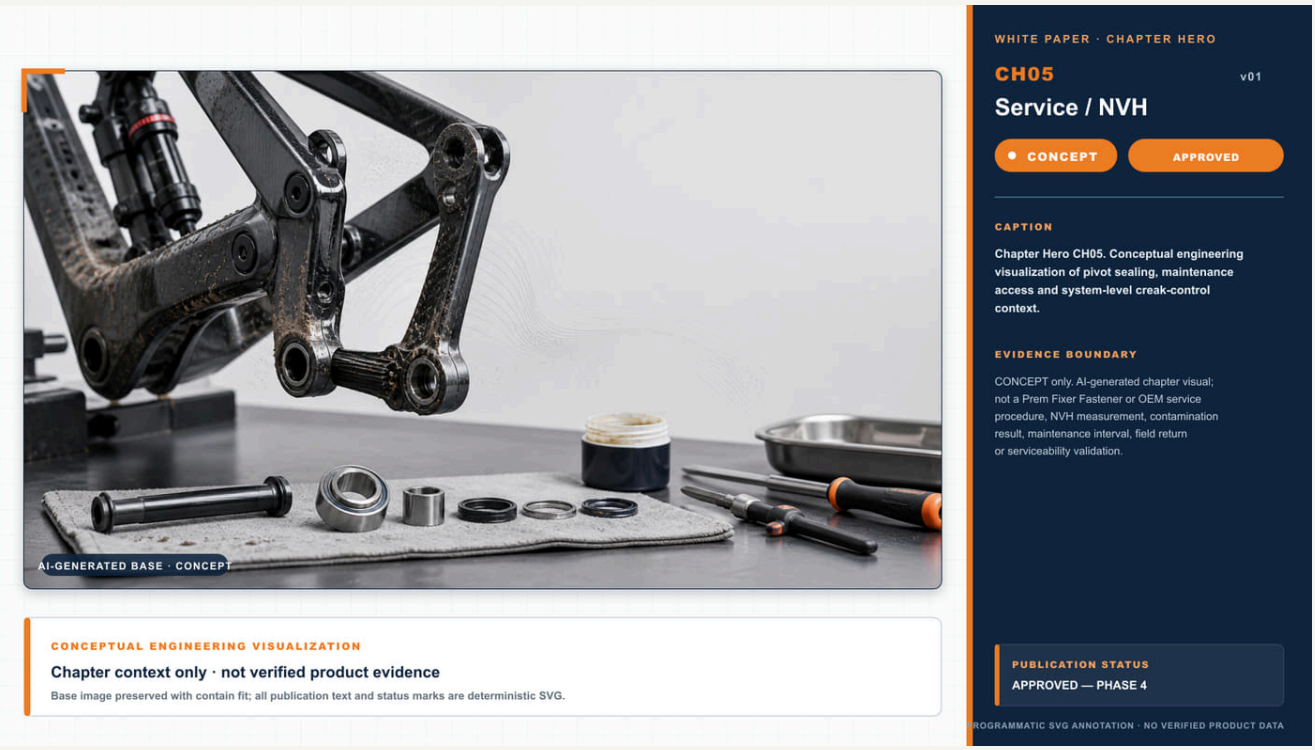


FIG-06 · Technische Abbildung — Abbildung FIG-06. Pfad galvanischer Korrosion und Isolationsstrategie. Konzeptionelle technische Visualisierung; daraus werden weder ein verifizierter Legierungsstapel noch ein Korrosionsergebnis abgeleitet. **Nur KONZEPT.** Diese Darstellung ist kein Produkt-, Fabrik-, Inspektions-, Prüf-, Feldleistungs- oder Zertifizierungsnachweis von PremFixer Fasteners.

Kapitel 5: Abdichtung, Verschmutzung, NVH und Wartungsfreundlichkeit

5. Verschmutzungsschutz, Knarrkontrolle und Wartungsfreundlichkeit



CH05 · Kapitelmotiv — Kapitelmotiv CH05. Konzeptionelle technische Visualisierung von Drehpunktabdichtung, Wartungszugang und dem Systemkontext der Knarrkontrolle. **Nur KONZEPT.** Diese Darstellung ist kein Produkt-, Fabrik-, Inspektions-, Prüf-, Feldleistungs- oder Zertifizierungsnachweis von PremFixer Fasteners.

5.1 Die reale MTB-Umgebung ist kein Labor

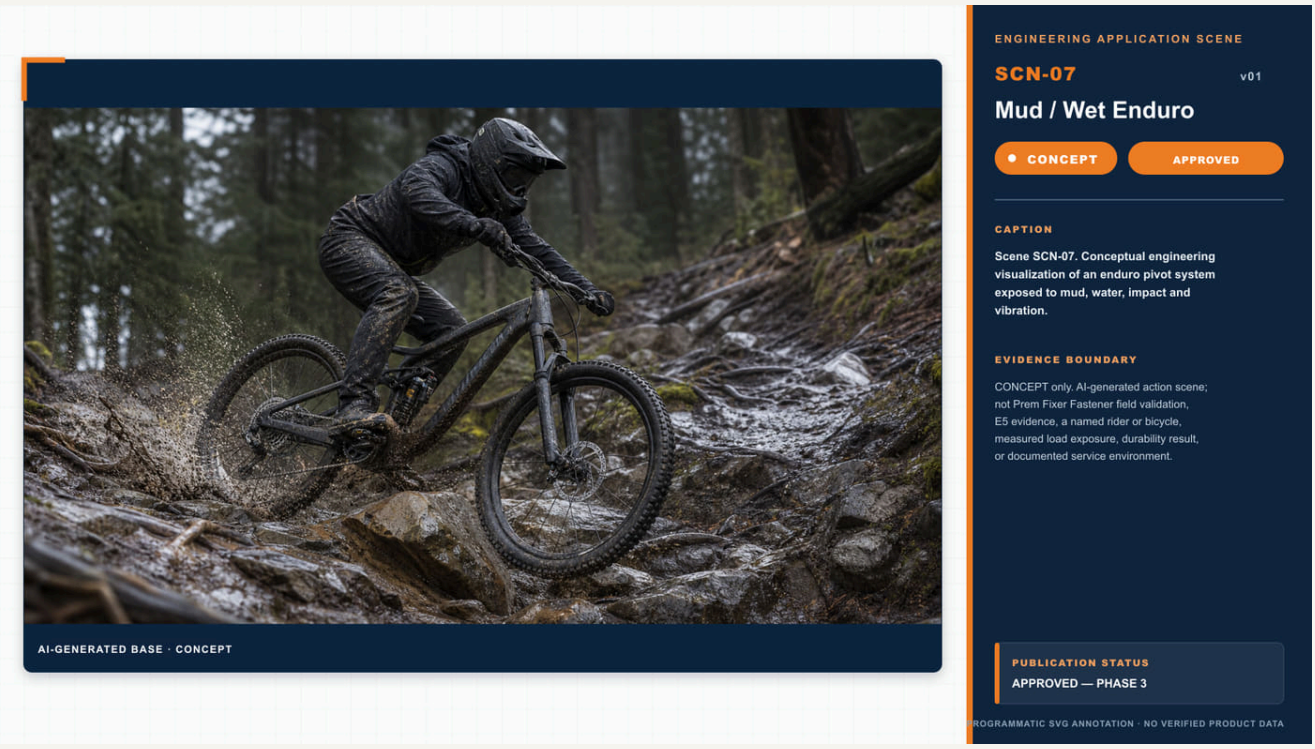
Ein Drehpunktsystem ist tatsächlich ausgesetzt gegenüber:

- Wasser
- Schlamm
- Feinstaub
- Sand
- Schweiß
- Straßensalz
- Entfetter
- Fahrradreiniger
- Hochdruckreinigung

- Temperaturschwankungen

Lagertechnische Quellen weisen darauf hin, dass Feuchtigkeit und Mikrobewegung Lagerschäden und Reibkorrosionsausfälle fördern können.[R5][R6]

Die öffentliche Wartungsanleitung von Santa Cruz weist zudem ausdrücklich darauf hin, dass Drehpunktlager in nassen, sandigen oder staubigen Umgebungen häufiger geprüft werden müssen.[R9]



SCN-07 · Anwendungsszene — Szene SCN-07. Konzeptionelle technische Visualisierung eines Enduro-Drehpunktsystems unter Schlamm, Wasser, Stößen und Schwingung. **Nur KONZEPT.** Diese Darstellung ist kein Produkt-, Fabrik-, Inspektions-, Prüf-, Feldleistungs- oder Zertifizierungsnachweis von PremFixer Fasteners.

5.2 Mehrschichtiger Verschmutzungsschutz

Die Abdichtung sollte als Folge mehrerer Barrieren verstanden werden:

Schicht 1 — Außengeometrie

Wasser und Schlamm abweisen

Schicht 2 — O-Ring / Dichtscheibe

direkten Eintrittspfad verringern

Schicht 3 — Labyrinth

Verschmutzungspfad verlängern

Schicht 4 — Lagerdichtung

letzte Verteidigungslinie

Schicht 5 — Schmierstoffbarriere

Schmierung + zusätzliche Verschmutzungsbarriere

Schicht 6 — Entwässerung

unvermeidbares Wasser abführen

Konstruktionsprinzip:

> **Nicht von einer einzigen Dichtung verlangen, jeden Verschmutzungsmechanismus zu beherrschen.**

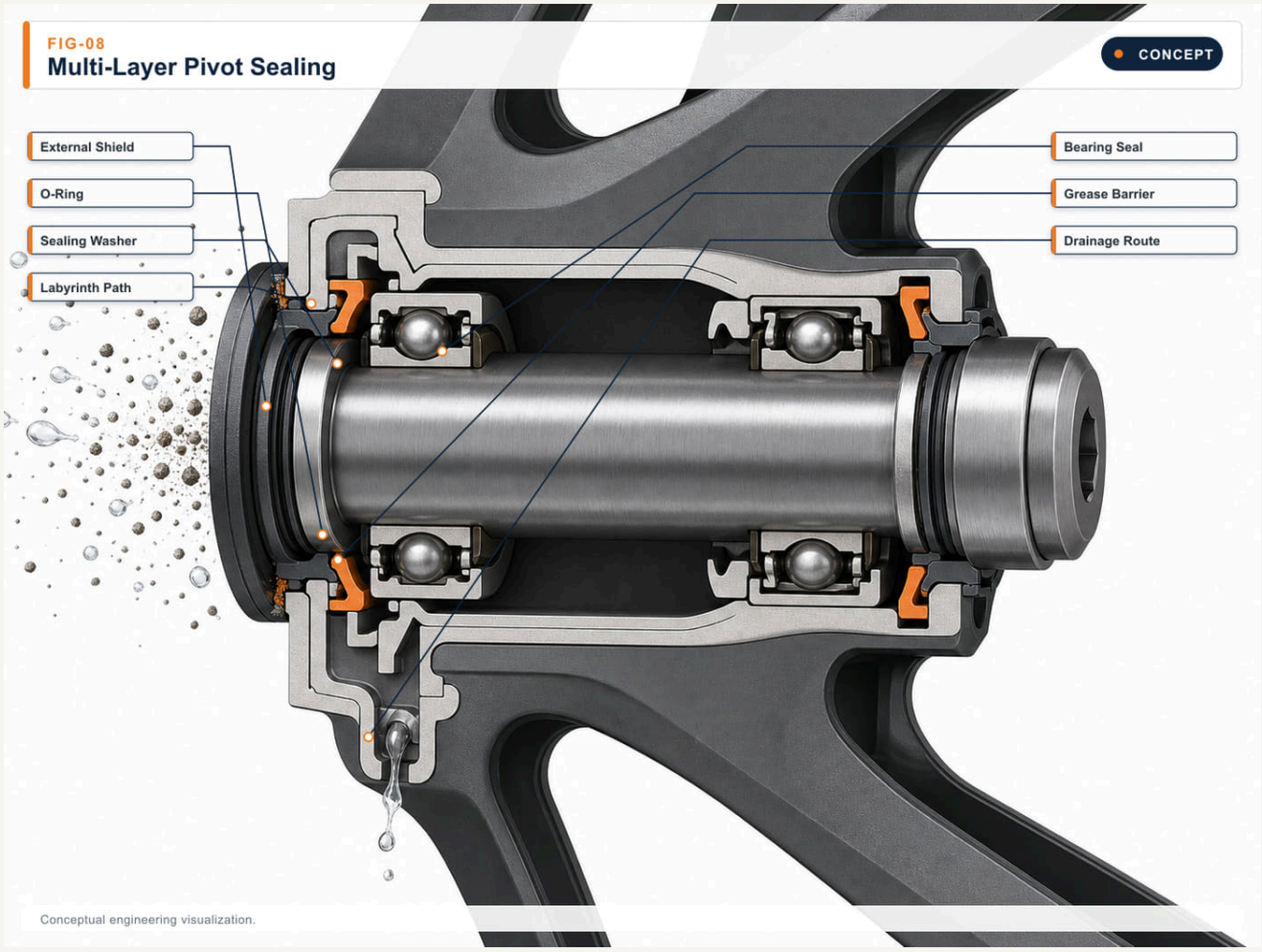


FIG-08 · Technische Abbildung — Abbildung FIG-08. Mehrschichtige Architektur der Drehpunktabdichtung. Konzeptionelle technische Visualisierung; kein verifizierter Nachweis für Eindringen, Waschen oder Lebensdauer. **Nur KONZEPT.** Diese Darstellung ist kein Produkt-, Fabrik-, Inspektions-, Prüf-, Feldleistungs- oder Zertifizierungsnachweis von PremFixer Fasteners.

5.3 Hochdruckreinigung

Ein Hochdruckwasserstrahl kann:

- die Dichtlippe überwinden
- Schmierstoff verdünnen/auswaschen
- Reinigungsmittel eintragen
- Lagerkorrosion beschleunigen

Daher kann intern eine folgende Prüfung aufgebaut werden:

Entwicklungsprüfung Waschen / Eindringen

Ausgaben:

- Masse / Wassereintritt
- Lagergefühl
- Korrosion
- Schmierstoffzustand
- Rotationsmoment

5.4 Knarren ist ein Systemsymptom

Die aktuell veröffentlichten Hinweise von Santa Cruz zur Fehlersuche bei Knarren nennen verschmutzte/verschlissene Lager ausdrücklich als häufige Geräuschquelle.[R29]

Technisch kann Drehpunktknarren jedoch entstehen an:

- Lagerinnenring / Achse
- Lageraußenring / Rahmen
- Distanzstück
- Schulterfläche
- Scheibe
- Schraubenkopfauflage
- Gewinde
- Einsatz
- Lenker
- trockenem Kontakt

Daher gilt:

> **Knarren darf nicht einfach als „die Schraube ist locker“ diagnostiziert werden.**

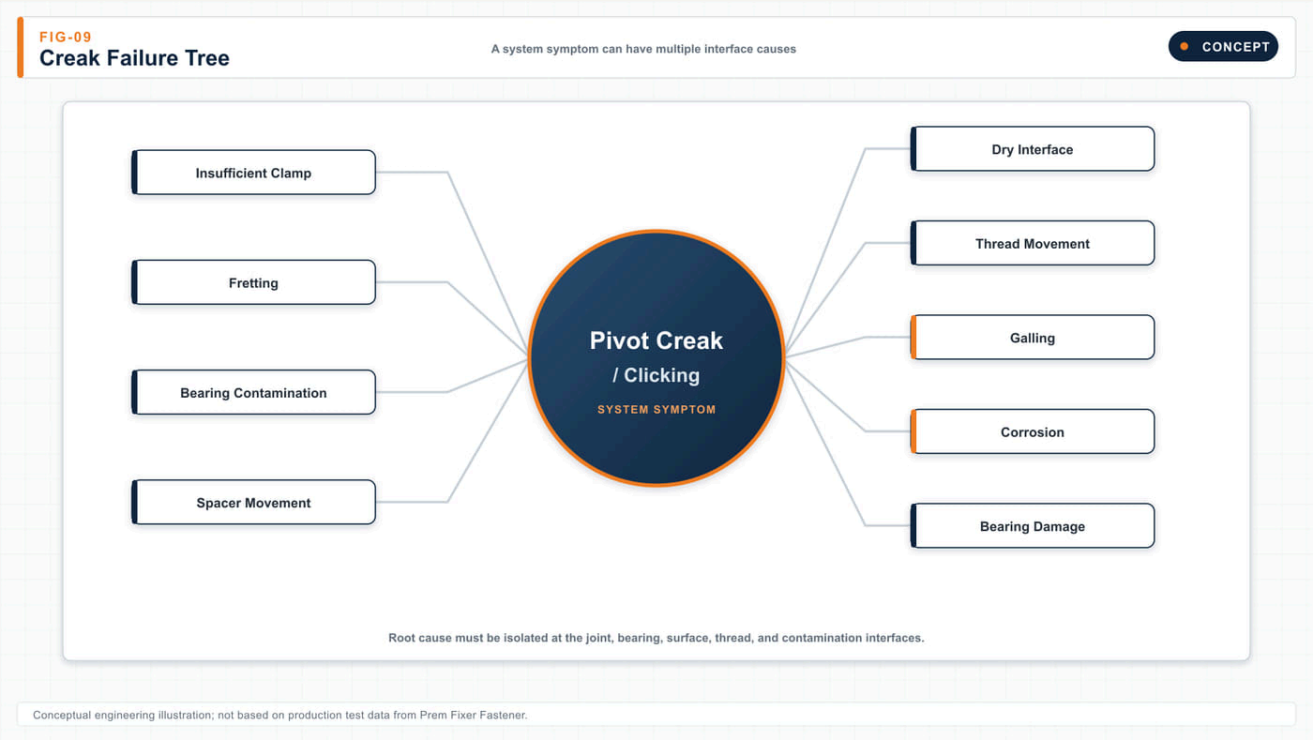


FIG-09 · Technische Abbildung — Abbildung FIG-09. Konzeptioneller Fehlerbaum für Drehpunktknarren mit mehreren möglichen Schnittstellenursachen. Er ist ein Diagnoserahmen und kein Nachweis von Ausfallraten. **Nur KONZEPT.** Diese Darstellung ist kein Produkt-, Fabrik-, Inspektions-, Prüf-, Feldleistungs- oder Zertifizierungsnachweis von PremFixer Fasteners.

5.5 Mikroschlupf und Reibkorrosion

Geringe Relativbewegung kann:

- Oberflächenfilme zerstören
- Abrieb erzeugen
- Kontaktreibung verändern
- Spiel vergrößern
- Geräusche erzeugen
- Korrosion fördern

Kontrollstrategien:

- korrekte Vorspannung
- Funktionspassung
- stabile Auflagefläche
- Oberflächenzustand
- geeignete Schmierung
- Losdrehsicherung
- Verschmutzungskontrolle

5.6 Funktionsstapel Lager–Achse–Distanzstück

Jede Drehpunktkonstruktion muss beantworten können:

1. Welcher Lagerring wird geklemmt?
2. Welches Teil muss sich relativ drehen?
3. Welche Schnittstelle trägt die Scherlast?
4. Liegt das Gewinde in der Hauptscherebene?
5. Wie schließt das Distanzstück den axialen Lastpfad?
6. Erzeugt das Drehmoment eine ungewöhnliche axiale Lagerlast?

Der korrekte Lastpfad muss direkt durch CAD bzw. eine Schnittzeichnung dargestellt werden.

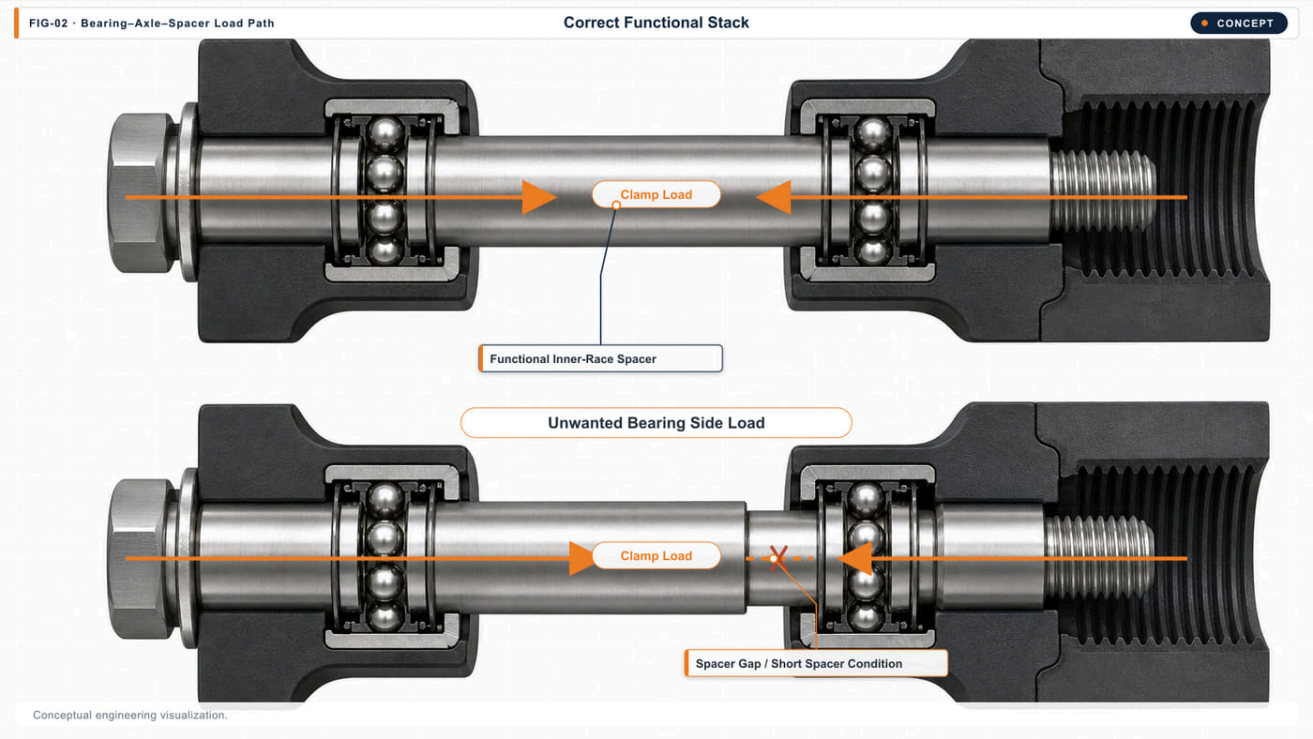


FIG-02 · Technische Abbildung — Abbildung FIG-02. Funktionaler Lastpfad von Lager, Achse und Distanzstück sowie Seitenlastzustand bei zu kurzem Distanzstück. Konzeptionelle technische Visualisierung; daraus werden keine quantifizierte Kraft und kein freigegebener Stapel abgeleitet. **Nur KONZEPT.** Diese Darstellung ist kein Produkt-, Fabrik-, Inspektions-, Prüf-, Feldleistungs- oder Zertifizierungsnachweis von PremFixer Fasteners.

5.7 Wartungsfreundlichkeit: Die dritte Demontage ist die eigentliche Prüfung

Die Rahmenkonstruktion darf nicht nur fragen:

> „Kann das Werk das Fahrrad beim ersten Mal korrekt montieren?“

Sie muss auch fragen:

> „Kann die Werkstatt es normal demontieren, nachdem der Benutzer zwei Jahre gefahren ist?“

Wichtige Kennwerte:

- Werkzeugzugang
- Haltbarkeit der Antriebsschnittstelle
- Lösemoment
- Korrosionsfestfressen
- Fressen
- unverlierbare Teile
- Teilekennzeichnung
- Verfügbarkeit von Ersatzteilen
- Wiederverwendungsregel

5.8 OEM-Wartung belegt einen realen Bedarf an Wartungsfreundlichkeit

Die öffentliche Wartungsanleitung von Santa Cruz enthält eine Logik für regelmäßige Prüfung und Schmierung von Drehpunktachsen/-lagern.[R9] Für einige aktuelle vollgefederte Produkte unterstützt Specialized den langfristigen Austausch von Federungsdrehpunktlagern.[R10]

Dies bedeutet nicht, dass deren Lager „schlecht“ sind, sondern:

> **Hochwertige Marken behandeln Drehpunktlager bereits als wartbare Komponenten über den gesamten Fahrradlebenszyklus.**

Das Weißbuch schlägt daher vor:

Wartungsfreundlichkeitsindex

Bewertet werden können:

- Werkzeugvereinheitlichung
- Zugang
- Demontage
- Lageraustausch
- Ersatzsatz
- Drehmomentspezifikation
- Festfressrisiko
- Wiederholbarkeit der erneuten Montage

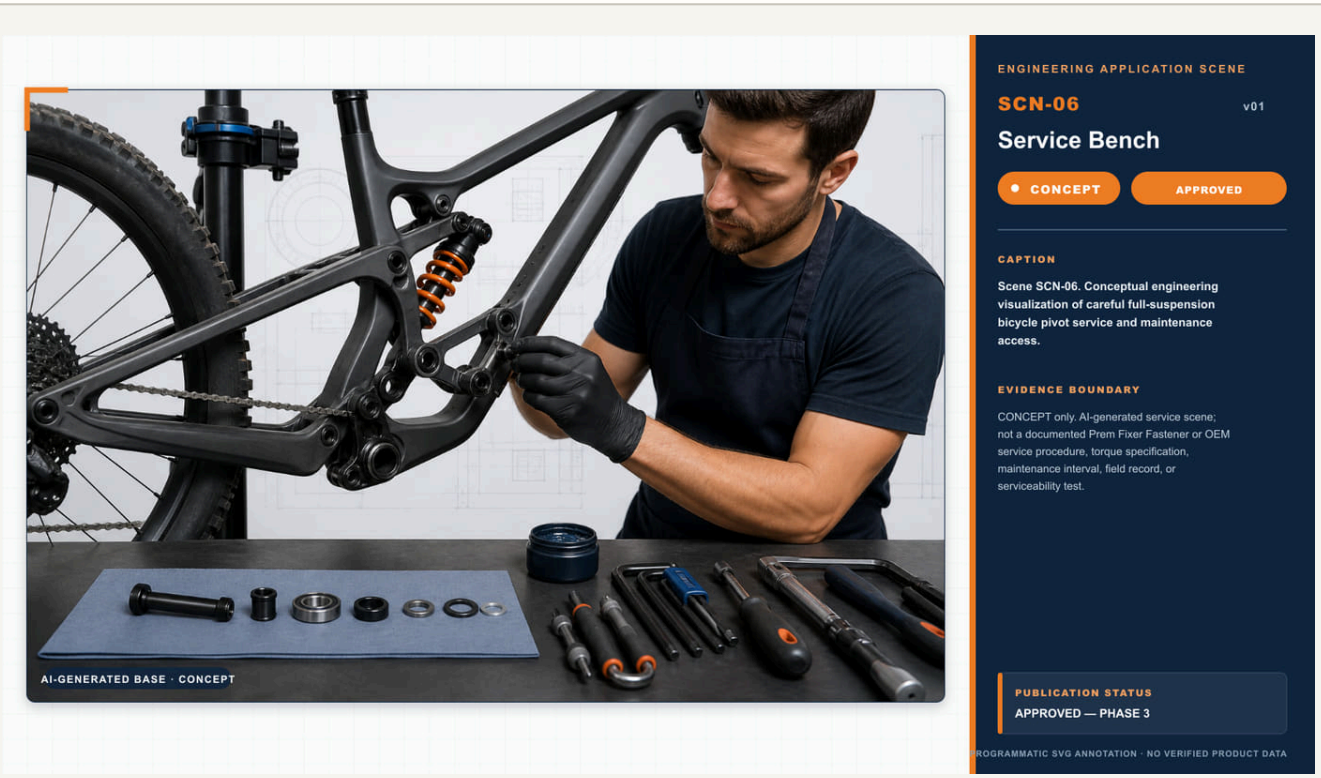
Evidenzbox dieses Kapitels

Extern

- Reibkorrosion / Feuchtigkeit: [R5][R6]
- Santa-Cruz-Wartung: [R9]
- Fehlersuche bei Knarren: [R29]
- Specialized-Lagerunterstützung: [R10]

PremFixer Fasteners

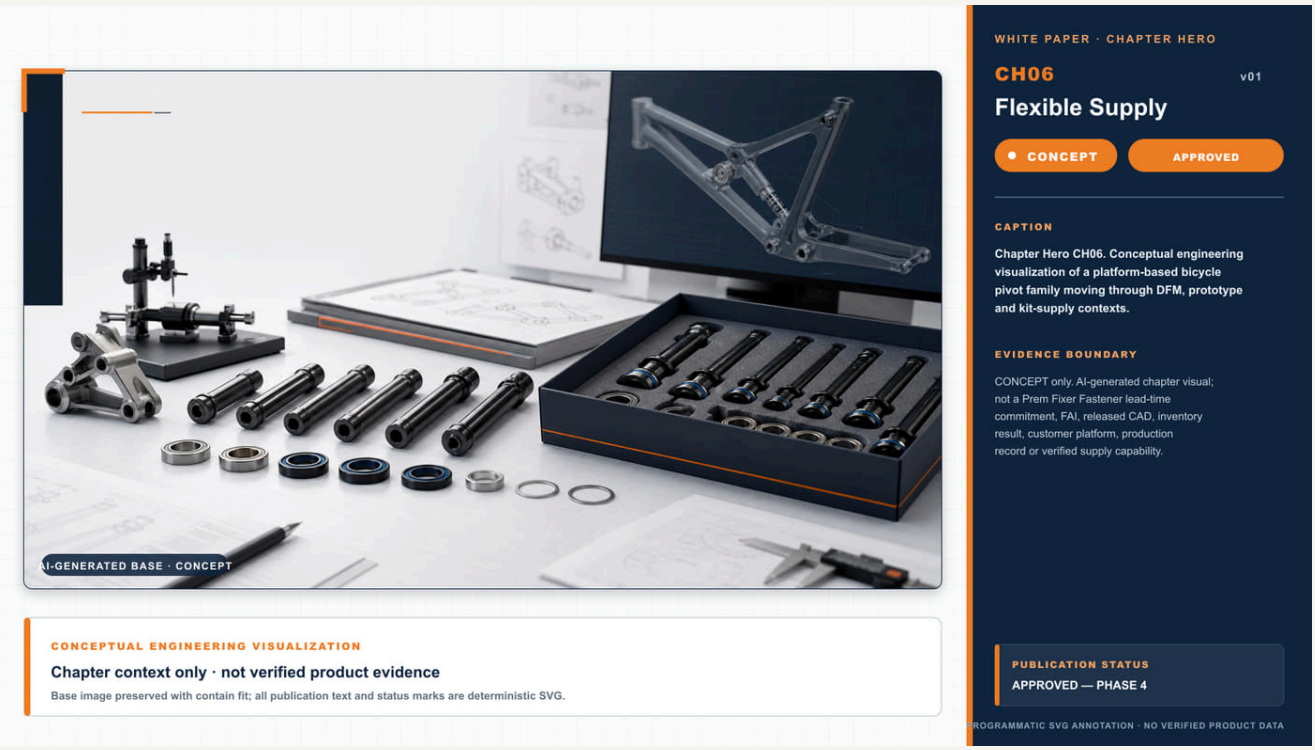
- Eindringprüfung: C05-001 / E0
- NVH-Verbesserung: C05-004 / E0
- Lösemoment: C05-005 / E0
- Wiederholbarkeit beim dritten Service: C05-007 / E0



SCN-06 · Anwendungsszene — Szene SCN-06. Konzeptionelle technische Visualisierung einer sorgfältigen Wartung von Drehpunkten eines vollgefederten Fahrrads und des Wartungszugangs. **Nur KONZEPT.** Diese Darstellung ist kein Produkt-, Fabrik-, Inspektions-, Prüf-, Feldleistungs- oder Zertifizierungsnachweis von PremFixer Fasteners.

Kapitel 6: Schnelle Entwicklung, Plattformstrategie und flexible Lieferkette

6. Schnelle Entwicklung, Plattformstrategie und Lieferflexibilität



CH06 · Kapitelmotiv — Kapitelmotiv CH06. Konzeptionelle technische Visualisierung einer plattformbasierten Familie von Fahrrad-Drehpunkten in DFM-, Prototypen- und Satzlieferkontexten. **Nur KONZEPT.** Diese Darstellung ist kein Produkt-, Fabrik-, Inspektions-, Prüf-, Feldleistungs- oder Zertifizierungsnachweis von PremFixer Fasteners.

6.1 Reine Zeichnungsfertigung reicht nicht mehr aus

Traditioneller Ablauf:

> Zeichnung → Angebot → Bearbeitung

Für hochwertige Drehpunkte empfohlen:

> Anforderung
> → DFM
> → Risikoprüfung
> → Verbindungsdefinition

→ Werkstoff / Beschichtung
→ Prototyp
→ FAI
→ Verbindungsprüfung
→ Pilot
→ Freigabe

6.2 Fragen, die in der ersten DFM-Runde beantwortet werden müssen

Geometrie

- Liegt das Gewinde in einem hoch belasteten Scherbereich?
- Erzeugt das Ende der Hohlbohrung eine Kerbe?
- Bietet die Schulter ausreichende Abstützung?
- Ist der Werkzeugeingriff ausreichend?

Passung

- Lagerinnendurchmesser
- Schaft
- Distanzstück
- Lenker
- Beschichtung

Werkstoff

- Festigkeit
- Ermüdung
- Korrosion
- Fressen
- Beschichtungsverträglichkeit

Montage

- Drehmoment
- Schmierung
- Schraubensicherung
- Zugang
- Fehlersicherheit

Service

- Demontage
- Wiederverwendung

- Ersatzteile
- Kennzeichnung

6.3 Ein 7–10-tägiger Prototyp ist nur ein bedingtes Ziel

V2.0 empfiehlt:

> [TARGET] **Für Projekte, bei denen Werkstoff, Werkzeug, Wärmebehandlung und Oberflächenbehandlung verfügbar sind, kann ein Ziel von 7–10 Arbeitstagen für Schnellmuster gesetzt werden; die tatsächliche Lieferzeit richtet sich nach dem kritischen Projektpfad.**

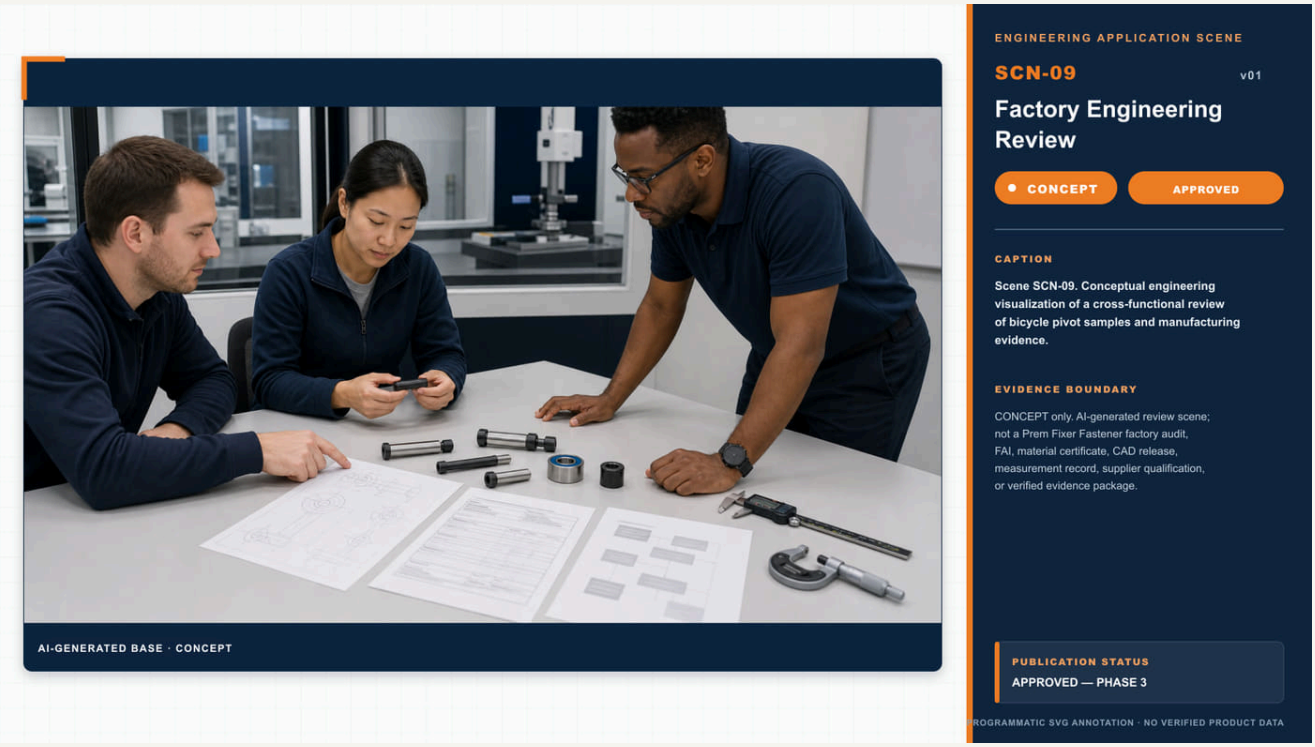
Zur Hochstufung als Tatsache sind erforderlich:

- RFQ-Datum
- Zeichnungsfreigabe
- Fertigstellungsdatum des Musters
- FAI-Datum
- Kundenrückmeldung

6.4 FAI: mehr als „einige Maße gemessen“

Eine vollständige FAI sollte enthalten:

- ballonierte Zeichnung
- vollständigen Maßbericht
- Werkstoffzeugnis
- Wärmebehandlung
- Beschichtungszeugnis
- Gewindelehre
- Funktionspassung
- Gewicht
- Fotos
- Revision
- Abweichungen



SCN-09 · Anwendungsszene — Szene SCN-09. Konzeptionelle technische Visualisierung einer funktionsübergreifenden Prüfung von Fahrrad-Drehpunktmustern und Fertigungsnachweisen. **Nur KONZEPT.** Diese Darstellung ist kein Produkt-, Fabrik-, Inspektions-, Prüf-, Feldleistungs- oder Zertifizierungsnachweis von PremFixer Fasteners.

6.5 Plattformbildung

Mehrere Fahrradmodelle können gemeinsam nutzen:

- Gewindefamilie
- Antrieb
- Lagerschnittstelle
- Beschichtung
- Werkstoff
- Scheibenfamilie
- Teilenummernlogik

Variabel bleiben:

- Schulterlänge
- Gesamtlänge
- Hohlbohrtiefe
- Kopfgeometrie

Ziel:

> **Unnötige Varianten verringern, ohne alle Fahrradmodelle zur Nutzung desselben Teils zu zwingen.**

6.6 Eine „SKU-Reduzierung um 30–50 %“ muss durch die Kundenstückliste belegt werden

Im allgemeinen Weißbuch bleibt nur das Modell:

$$Savings_{SKU} = C_{inventory} + C_{MOQ} + C_{planning} + C_{quality} + C_{service}$$

Der tatsächliche prozentuale Gewinn ist zu berechnen aus:

- SKU-Anzahl vorher
- SKU-Anzahl nachher
- Volumen
- Mindestbestellmenge
- Sicherheitsbestand
- Ersatzteilbedarf

6.7 Ein Fahrrad / ein Drehpunktsatz

Geeignete Verpackungslogik für Montagewerke:

- ein Rahmensatz
- Positionskennzeichnung
- QR / Charge
- Montagereihenfolge
- Drehmomentreferenz
- Revisionskontrolle

Dadurch können verringert werden:

- fehlende Teile
- vermischte Längen
- liniennahe Kommissionierung
- Revisionsverwechslung

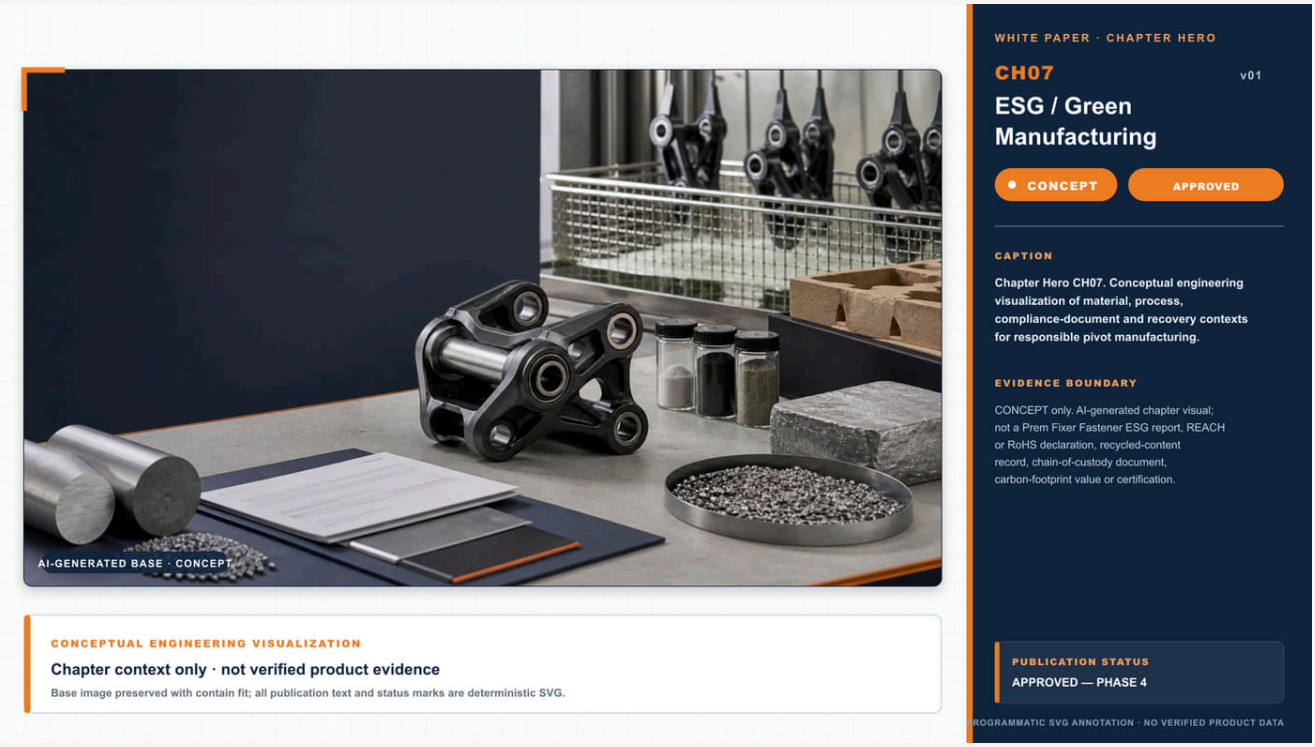
Evidenzbox dieses Kapitels

PremFixer Fasteners

- Prototypenlieferzeit: C06-001 / E0
- FAI-Fähigkeit: C06-002 / E0
- Satzlieferung: C06-003 / E0
- TCO-Reduzierung: C06-004 / E0-E1
- SKU-Reduzierung: C06-005 / E0

Kapitel 7: ESG, REACH, RoHS und grüne Fertigung

7. ESG, Chemikalienkonformität und grüne Fertigung



CH07 · Kapitelmotiv — Kapitelmotiv CH07. Konzeptionelle technische Visualisierung von Werkstoff-, Prozess-, Konformitätsdokumentations- und Rückgewinnungskontexten für verantwortungsvolle Drehpunktfertigung. **Nur KONZEPT.** Diese Darstellung ist kein Produkt-, Fabrik-, Inspektions-, Prüf-, Feldleistungs- oder Zertifizierungsnachweis von PremFixer Fasteners.

7.1 ESG darf nicht bei der Aussage „umweltfreundlicher Werkstoff“ stehen bleiben

Für die Lieferkette hochwertiger Marken können ESG-/Konformitätsanforderungen umfassen:

- beschränkte Stoffe
- Rückverfolgbarkeit
- Cr(VI)-Kontrolle
- Recyclinganteil
- Produktkettennachweis
- CO_2-Fußabdruck
- Umweltmanagement des Lieferanten

7.2 REACH: Die Kandidatenliste ist dynamisch

Die ECHA-Kandidatenliste wird aktualisiert. Eine korrekte Erklärung benötigt daher:

- Ausstellungsdatum
- Referenzdatum der Kandidatenliste
- Werkstoff-/SKU-Geltungsbereich
- Version der Lieferantenerklärung
- gegebenenfalls Prüfung / Screening

Nicht zulässig ist:

> „Dauerhaft REACH-konform."

7.3 RoHS: Der Anwendungsbereich muss stimmen

RoHS 2011/65/EU betrifft im Kern Elektro- und Elektronikgeräte.[R30]

Ob mechanische Drehpunkt-Hardware RoHS-Nachweise benötigt, ist zu beurteilen anhand von:

- Geltungsbereich des endgültigen E-Bikes/Elektro- und Elektronikgeräts
- Kundenstückliste
- kundenspezifischer Liste beschränkter Stoffe
- Vertrag

Korrekte Formulierung:

> **„Entsprechende Werkstofferklärungen können gemäß dem regulatorischen Geltungsbereich des Endprodukts und der kundenspezifischen Liste beschränkter Stoffe bereitgestellt werden."**

7.4 Cr(VI)-frei

Die Lieferkette kann Risiken im Zusammenhang mit sechswertigem Chrom verringern durch:

- dreiwertige Passivierung
- Cr(VI)-freie Deckschicht
- geeignete Zinklamellensysteme
- alternative Beschichtungen

„Cr(VI)-frei" muss jedoch gestützt werden durch:

- Lieferantenerklärung
- chemische Spezifikation

- gegebenenfalls Prüfbericht

7.5 Recyclinganteil: Produktkettennachweis aufbauen

Die 2026 aktualisierten ISO-Inhalte zu Umweltaussagen und Produktkettennachweisen betonen weiter, dass Umweltaussagen eine glaubwürdige Materialzuordnung und Rückverfolgbarkeitslogik benötigen.[R31][R32]

Falls PremFixer Fasteners künftig angibt:

> „X % recyceltes Aluminium“

müssen aufbewahrt werden:

- Rohmaterallieferant
- Charge
- Erklärung
- Produktkettenmodell
- Berechnungsmethode
- gegebenenfalls Massenbilanzregeln

7.6 CO_2-Fußabdruck

Künftig kann aufgebaut werden:

CFP =
Raw\ Material
+ Machining
+ Heat\ Treatment
+ Coating
+ Packaging
+ Transport

Ausgabeform:

- kg CO_2e / 1.000 Stück
- kg CO_2e / Drehpunktsatz

Zunächst zu definieren sind jedoch:

- Systemgrenze
- Datenquelle
- Allokation
- Strommix

- Transportannahmen

Evidenzbox dieses Kapitels

Extern

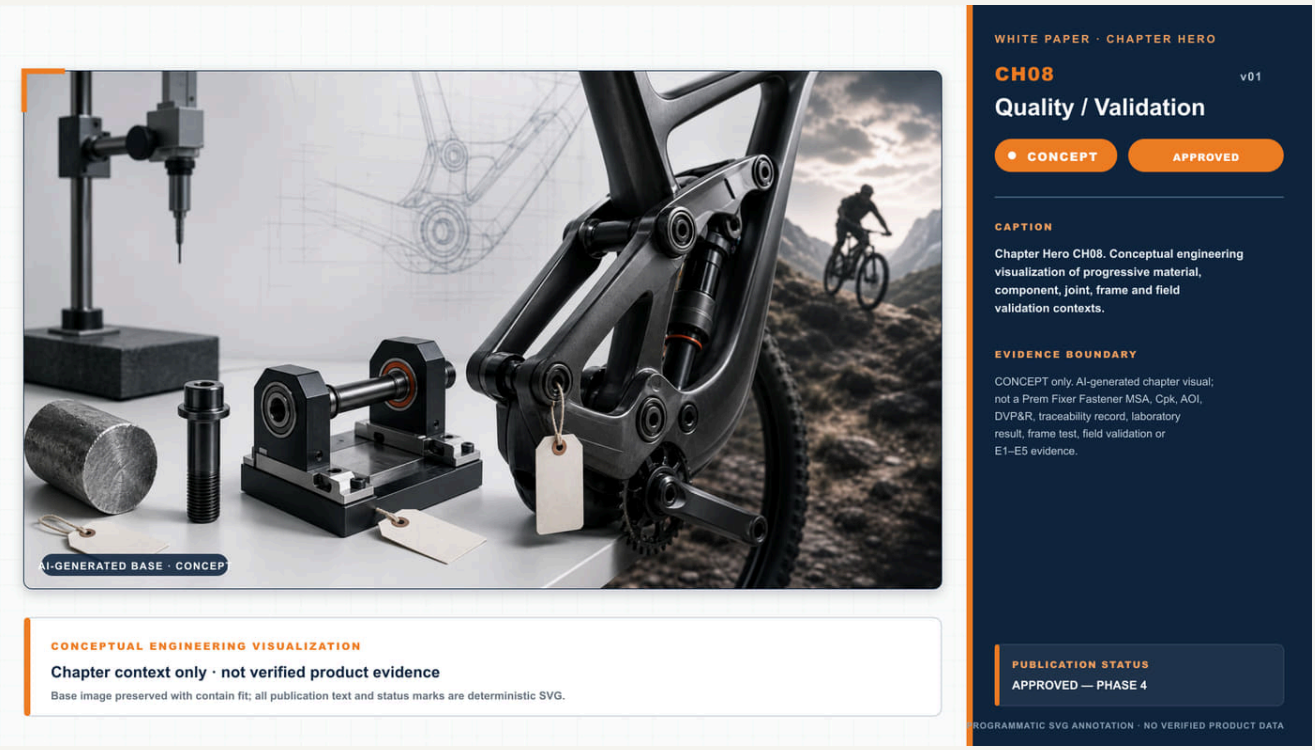
- ECHA / REACH: [R33]
- RoHS: [R30]
- ISO 14021 / Produktkettennachweis: [R31][R32]

PremFixer Fasteners

- REACH-Erklärungen: C07-001 / E0
- Cr(VI)-frei-Nachweis: C07-002 / E0
- Recyclinganteil: C07-004 / E0
- CFP: C07-005 / E0

Kapitel 8: Qualitätswesen, DVP&R und intelligente Fertigung

8. Qualitätswesen, Validierung und digitale Rückverfolgbarkeit



CH08 · Kapitelmotiv — Kapitelmotiv CH08. Konzeptionelle technische Visualisierung aufeinanderfolgender Validierungskontexte für Werkstoff, Komponente, Verbindung, Rahmen und Feld. **Nur KONZEPT.** Diese Darstellung ist kein Produkt-, Fabrik-, Inspektions-, Prüf-, Feldleistungs- oder Zertifizierungsnachweis von PremFixer Fasteners.

8.1 DFMEA: von der „Fehlerprüfung“ zur „Ausfallvermeidung“

Beispiel:

Ausfallart	Mögliche Ursache	Mögliche Auswirkung	Vorbeugung
Selbstlockern	Klemmkraftverlust / Schwingung	Spiel / Knarren	Verbindungsauslegung + Sicherung
Gewindeausreißen	Überdrehmoment / schwaches Innengewinde	Verlust der Haltewirkung	Einschraubtiefe + Drehmoment
Reibkorrosion	Passung / Mikroschlupf	Verschleiß / Knarren	Passung + Klemmung
Fressen	trockener Ti-/SS-Kontakt	Festfressen	Schmierung/Beschichtung
Korrosion	Beschichtung/galvanisch	Festfressen / Festigkeitsverlust	Oberfläche + Isolation
Ermüdungsriss	Spannungskonzentration	strukturelles Versagen	Geometrie + Ermüdungsprüfung

Ausfallart	Mögliche Ursache	Mögliche Auswirkung	Vorbeugung
Lagerreibung	Überklemmung / Distanzstück	schlechtes Federungsansprechen	Stapelauslegung
Antriebsschaden	Werkzeug/Geometrie	Nacharbeit	Kontrolle der Antriebsschnittstelle

8.2 PFMEA + Control Plan

Fertigungsseitige Risiken:

- Werkstoffverwechslung
- falsches Programm
- Werkzeugverschleiß
- Gewindeschaden
- falsche Beschichtung
- falsche Position der Sicherungsbeschichtung
- vermischte Revisionen
- falsche Verpackung

Jeder Punkt muss verknüpft sein mit:

- Vorbeugung
- Erkennung
- Häufigkeit
- Reaktionsplan
- Rückverfolgbarkeit

8.3 CTQ

Typische CTQ-Merkmale eines Drehpunkts:

- Durchmesser des Funktionsschafts
- Schulterlänge

8.4 MSA vor Cpk

Ist das Messsystem unzuverlässig:

> ist Cpk lediglich „eine präzise Berechnung falscher Daten“.

Ablauf:

Messmittelauswahl
→ Kalibrierung
→ MSA / Gage R&R
→ SPC
→ Cp/Cpk

Besonders bei engen Toleranzen sind zu prüfen:

- Messmittelauflösung
- Temperatur
- Bediener
- Vorrichtung
- Oberflächengüte
- Beschichtung

8.5 Cpk ≥1,33 sollte eine Projektschranke sein, keine Werbung ohne Nachweis

V2.0 kann Folgendes als Projektempfehlung oder Ziel einer Kundenvereinbarung verwenden:

- Cpk ≥1,33
- Cpk ≥1,67

Eine externe Aussage von PremFixer Fasteners muss jedoch beruhen auf:

- Merkmal
- Spezifikation
- stabilem Prozess
- Stichproben-/Untergruppenlogik
- MSA
- tatsächlichem Datensatz

8.6 100-%-AOI-Screening ≠ 0-PPM-Garantie

AOI kann eingesetzt werden für:

- fehlendes Merkmal
- Kopffehler
- Länge
- Oberflächenfehler
- vermischtes Teil
- bestimmte Maßmerkmale

AOI erkennt jedoch nicht automatisch:

- falsche Werkstoffchemie

- internen Riss
- Wasserstoffversprödung
- Ermüdungsschwäche
- jedes Innenmaß

Korrekte Formulierung:

> **100 % automatisiertes Screening für definierte erkennbare Merkmale.**

Nicht:

> „AOI = 0 PPM.“

8.7 Validierungspyramide

Stufe 1 — Werkstoff

- chemische Zusammensetzung
- Härte
- mechanische Daten
- Beschichtungsdicke

Stufe 2 — Befestiger

- Maß
- Antriebsdrehmoment
- Gewindeausreißen
- Zug / Scherung
- Korrosion

Stufe 3 — Verbindung

- Drehmoment–Klemmkraft
- wiederholte Montage
- Demontage
- Querschwingung
- Lagerreibung
- Reibkorrosion

Stufe 4 — Rahmen

- statisch

- Ermüdung
- Stoß
- reale Drehpunktkonfiguration

Stufe 5 — Feld

- Pilotfahrräder
- Fahrstunden
- Garantie
- Händlerrückmeldung

FIG-15 · Technische Abbildung — Abbildung FIG-15. Konzeptionelle DVP&R-Validierungspyramide von Werkstoff- und Befestigerkontrollen über Verbindung und Rahmen bis zur Feldevidenz. Kein abgeschlossener Validierungsnachweis von PremFixer Fasteners. **Nur KONZEPT.** Diese Darstellung ist kein Produkt-, Fabrik-, Inspektions-, Prüf-, Feldleistungs- oder Zertifizierungsnachweis von PremFixer Fasteners.

8.8 ISO 4210 und Grenzen extremer Anwendungen

ISO 4210-2:2023 gilt für verschiedene Fahrräder einschließlich Mountainbikes und schließt ausdrücklich bestimmte Fahrräder aus, die speziell für extreme Anwendungen wie genehmigte Wettkämpfe oder Stunts ausgelegt sind.[R34]

ISO 4210-6:2023 legt die zu ISO 4210-2 gehörenden Prüfverfahren für Rahmen und Gabeln fest.[R35]

Daher gilt:

> **ISO 4210 kann eine wichtige Referenz für Fahrrad und Rahmen sein; extreme DH-, Renn- oder Freeride-Projekte können jedoch markeneigene Schwerlastfälle benötigen.**

8.9 DVP&R-Kernmatrix

Prüfung	Zweck	Evidenzstufe
Maßfähigkeit	stabile Passung	E2
Beschichtungsaufbau	Endpassung	E2
Drehmoment–Klemmkraft	Verbindungsvorspannung	E3
Antriebsdrehmoment	Montagereserve	E2
Gewindeausreißen	Gewindekapazität	E2 / E3
Wiederholte Montage	Service	E3
Querschwingung	Sicherung	E3
Salzsprühnebel	Beschichtungsqualität	E2
Zyklische Korrosion	Umgebung	E2 / E3
Reibkorrosionsprüfung der Verbindung	Schnittstelle	E3
Rahmenermüdung	System	E4
Feldpilot	Lebenszyklus	E5

8.10 Rückverfolgbarkeit

Empfohlene Kette:

Kundenbestellung
→ Verpackungslos
→ Endprüfung
→ Beschichtungslos
→ CNC-Charge / Programmrevision
→ Werkstofflos / Schmelze
→ Werkstoffzeugnis

Ziel bei einer Reklamation:

> **Von einem einzelnen Teil zu Werkstoff und Prozess zurückverfolgen.**

Evidenzbox dieses Kapitels

Extern

- ISO 4210-2: [R34]
- ISO 4210-6: [R35]
- ISO 9227 / 19852: [R19][R26]
- ISO 16047: [R17]

PremFixer Fasteners

- CTQ / Control Plan: C08-001 / E0
- Cpk: C08-002 / E0
- AOI-Geltungsbereich: C08-003 / E0
- Werkstoffrückverfolgbarkeit: C08-005 / E0
- Beschichtungsrückverfolgbarkeit: C08-006 / E0

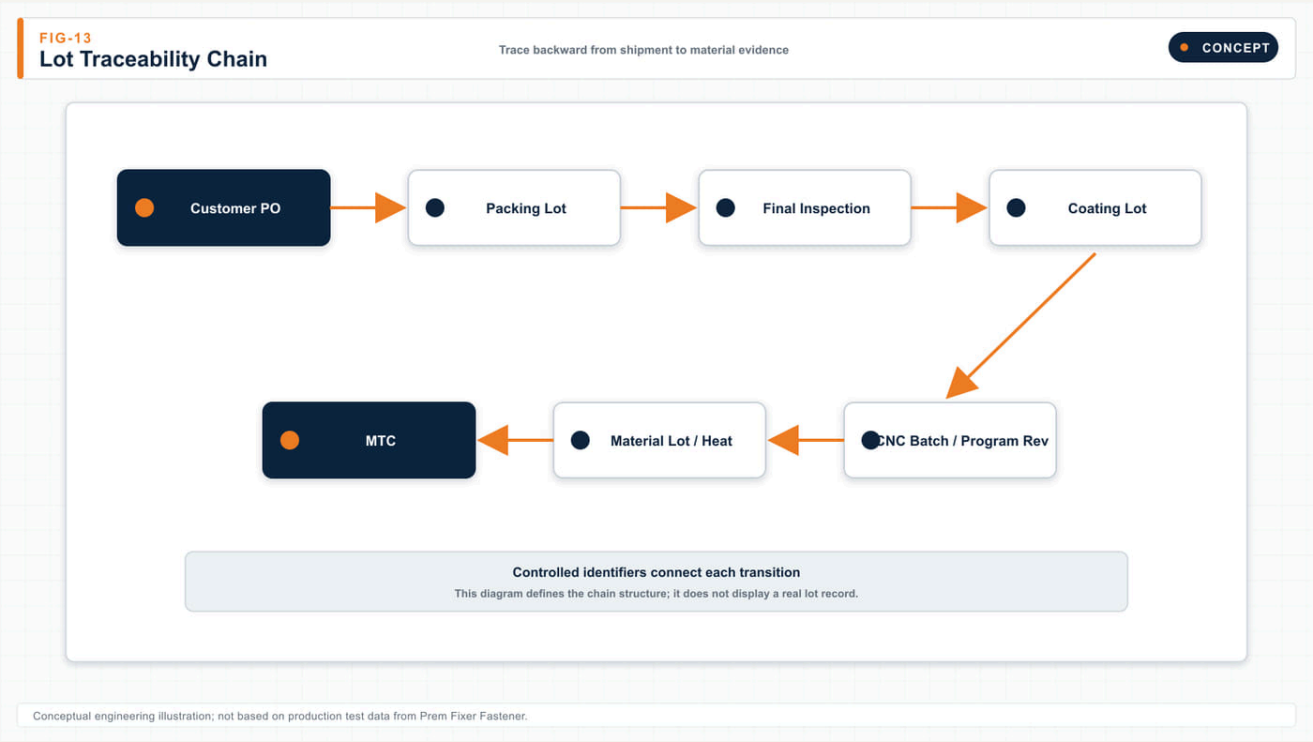
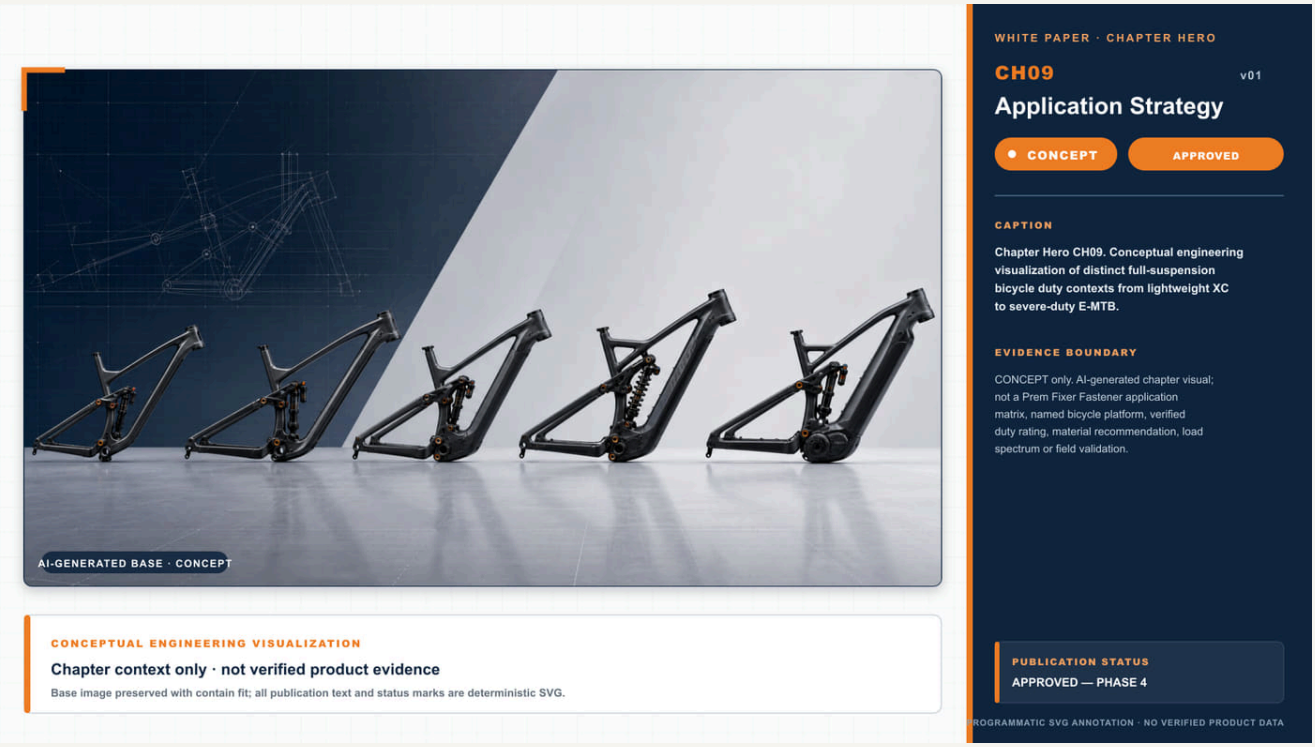


FIG-13 · Technische Abbildung — Abbildung FIG-13. Konzeptionelle Rückwärts-Rückverfolgbarkeitskette von Versand und Prüfung zu Prozess- und Werkstoffnachweisen. Kein Produktionsdatensatz von PremFixer Fasteners. **Nur KONZEPT.** Diese Darstellung ist kein Produkt-, Fabrik-, Inspektions-, Prüf-, Feldleistungs- oder Zertifizierungsnachweis von PremFixer Fasteners.

Kapitel 9: Modellspezifische Drehpunktstrategie

9. Anwendungsspezifische Drehpunktstrategie



CH09 · Kapitelmotiv — Kapitelmotiv CH09. Konzeptionelle technische Visualisierung unterschiedlicher Einsatzkontexte vollgefederter Fahrräder vom leichten XC bis zum hoch belasteten E-MTB. **Nur KONZEPT.** Diese Darstellung ist kein Produkt-, Fabrik-, Inspektions-, Prüf-, Feldleistungs- oder Zertifizierungsnachweis von PremFixer Fasteners.

9.1 XC / Downcountry

Prioritäten:

1. Masse
2. Steifigkeit zu Gewicht
3. geringe Reibung
4. Zuverlässigkeit

Mögliche Richtungen:

- 7075
- selektiver Titaneinsatz
- Hohlachse
- kompakter Kopf
- optimierte Abdichtung

Zu vermeiden sind:

- Schwächung des Antriebsmerkmals zugunsten des Gewichts
- Ermüdungs-Hotspot am Ende der Hohlbohrung
- unzureichende Gewindeeingriffslänge

9.2 Trail

Kern:

> **Ausgewogene Architektur**

Gleichgewicht zwischen:

- Gewicht
- Schlamm
- Service
- Kosten
- Haltbarkeit

Geeignet als zentrale Spezifikation einer gemeinsamen Plattform.

9.3 Enduro

Schwerpunkte:

- Stoß
- Ermüdung
- Losdrehsicherung
- Schlammschutz
- wiederholter Service
- Werkzeugrobustheit

9.4 Downhill

Schwerpunkte:

- Verbindungssteifigkeit
- hohe Scherreserve
- Lagerabstützung
- Servicegeschwindigkeit

- Schwerlastvalidierung

Da ISO 4210-2 bestimmte extreme Wettkampfanwendungen aus ihrem Anwendungsbereich ausschließt,[R34] dürfen DH-Rennprojekte nicht nur auf Mindestanforderungen einer allgemeinen Norm vertrauen.

9.5 E-MTB: Spezifikationen eines analogen MTB nicht einfach kopieren

Öffentlich bekannte Spezifikationen aktueller E-MTBs mit voller Leistung zeigen bereits ein deutlich anderes Systemumfeld.

Für das aktuelle Trek Rail+ werden beispielsweise veröffentlicht:

- bis zu 120 Nm
- 800 Wh
- 160 mm Federweg vorne/hinten.[R36]

Diese Daten können nicht unmittelbar in eine prozentuale Zunahme der Drehpunktlast umgerechnet werden, reichen aber aus, um zu zeigen, dass folgende Faktoren anders sind als bei einem leichten analogen Trailbike:

- Systemmasse
- Antriebsdrehmomentumfeld
- Fahrdauer
- wiederholter Bergauf-/Bergab-Einsatz

V2.0 empfiehlt daher:

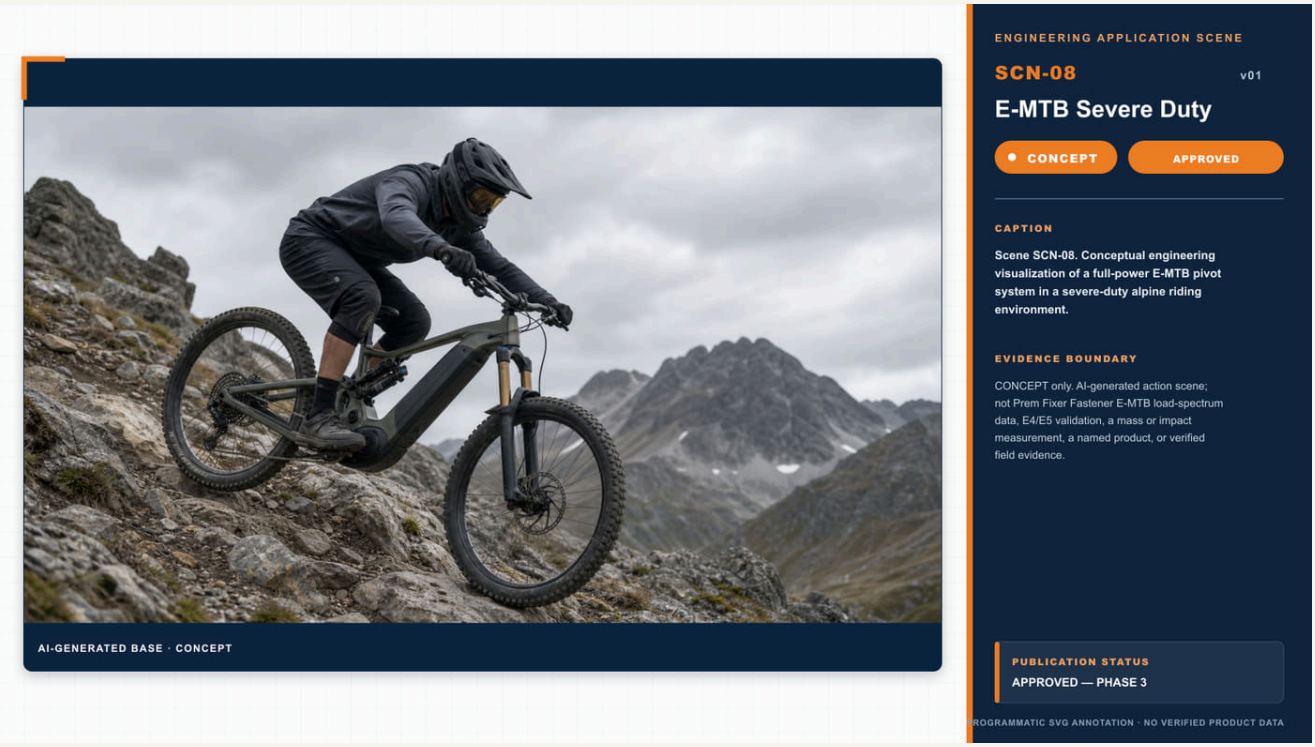
Programm für das E-MTB-Drehpunktlastspektrum

Eingaben:

- Fahrradmasse
- Fahrermasse
- Motordrehmoment
- Geometrie
- Hebelverhältnis
- Bremslast
- Stoßspektrum
- Federweg
- Einsatzprofil

Ausgaben:

- statische Auslegungsfälle
- Ermüdungsspektrum
- Sicherungsprüfung
- Lagerlebensdauer
- Korrosions-/Serviceintervall



SCN-08 · Anwendungsszene — Szene SCN-08. Konzeptionelle technische Visualisierung des Drehpunktsystems eines E-MTB mit voller Leistung in einer hoch belasteten alpinen Fahrumgebung. **Nur KONZEPT.** Diese Darstellung ist kein Produkt-, Fabrik-, Inspektions-, Prüf-, Feldleistungs- oder Zertifizierungsnachweis von PremFixer Fasteners.

Evidenzbox dieses Kapitels

Extern

- Strukturuntersuchung zu vollgefedertem DH: [R7]
- Grenze extremer Anwendungen nach ISO: [R34]
- Kontext aktueller E-MTB-Spezifikationen: [R36]

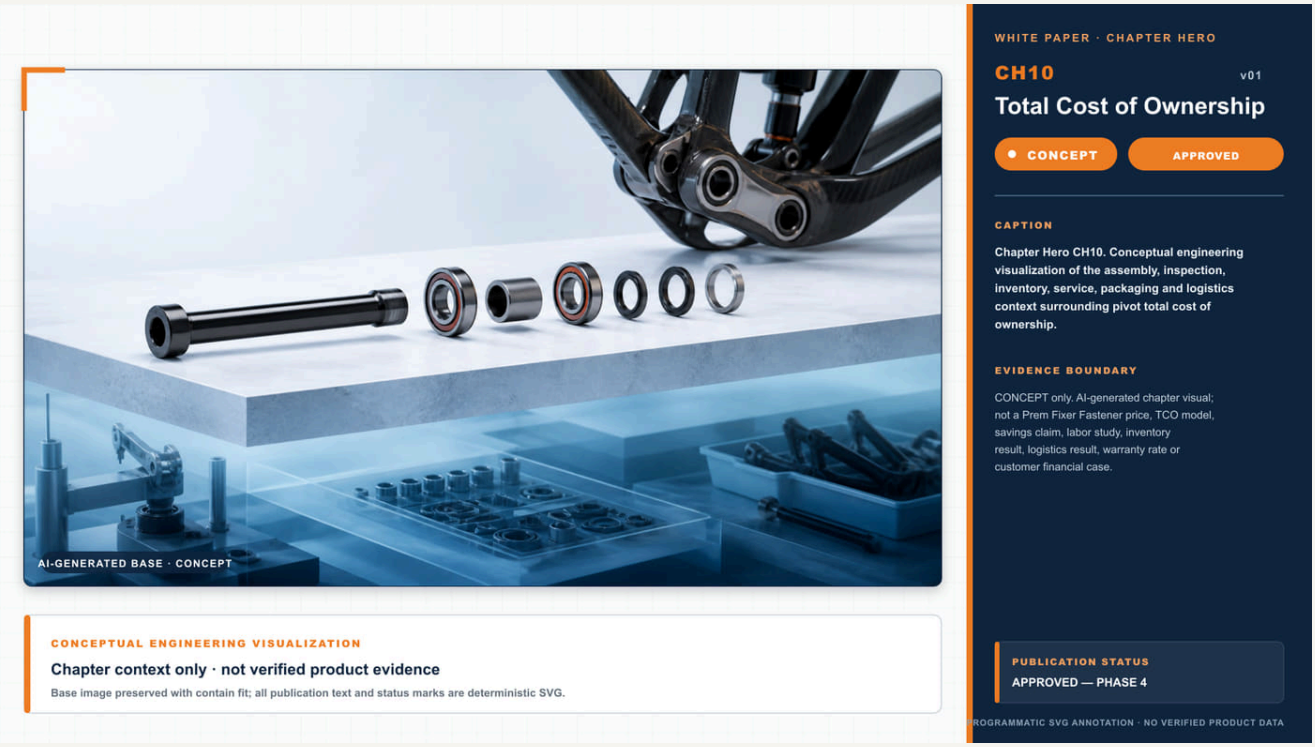
PremFixer Fasteners

- E-MTB-Lastspektrum: NEW-T25 / E0-E1
- Rahmen/Verbindungen: E3-E4 ausstehend

FIG-14 · Technische Abbildung — Abbildung FIG-14. Konzeptionelle Anwendungsstrategiematrix für XC-, Trail-, Enduro-, DH- und E-MTB-Einsatzprofile. Sie ist weder eine verbindliche Werkstoffauswahlregel noch eine verifizierte Einsatzklassifizierung. **Nur KONZEPT.** Diese Darstellung ist kein Produkt-, Fabrik-, Inspektions-, Prüf-, Feldleistungs- oder Zertifizierungsnachweis von PremFixer Fasteners.

Kapitel 10: Gesamtbetriebskosten des Drehpunkts

10. Lebenszyklusökonomie



CH10 · Kapitelmotiv — Kapitelmotiv CH10. Konzeptionelle technische Visualisierung des Montage-, Prüf-, Lager-, Service-, Verpackungs- und Logistikkontexts der Gesamtbetriebskosten eines Drehpunkts. **Nur KONZEPT.** Diese Darstellung ist kein Produkt-, Fabrik-, Inspektions-, Prüf-, Feldleistungs- oder Zertifizierungsnachweis von PremFixer Fasteners.

10.1 Das billigste Teil erzeugt nicht zwingend die niedrigsten Kosten

Vergleich zweier Lösungen:

Option A

Niedriger Einkaufspreis

Mögliche Folgen:

- höhere Montageschwankung
- mehr Nacharbeit
- geringe Korrosionsreserve
- schwierige Demontage
- unklare Rückverfolgbarkeit

Option B

Höherer Einkaufspreis

Kann jedoch die Lebenszykluskosten senken durch:

- stabile Verbindung
- vorapplizierte Sicherung
- kontrollierte Beschichtung
- Satzverpackung
- Wartungsfreundlichkeit
- Qualitätsnachweise

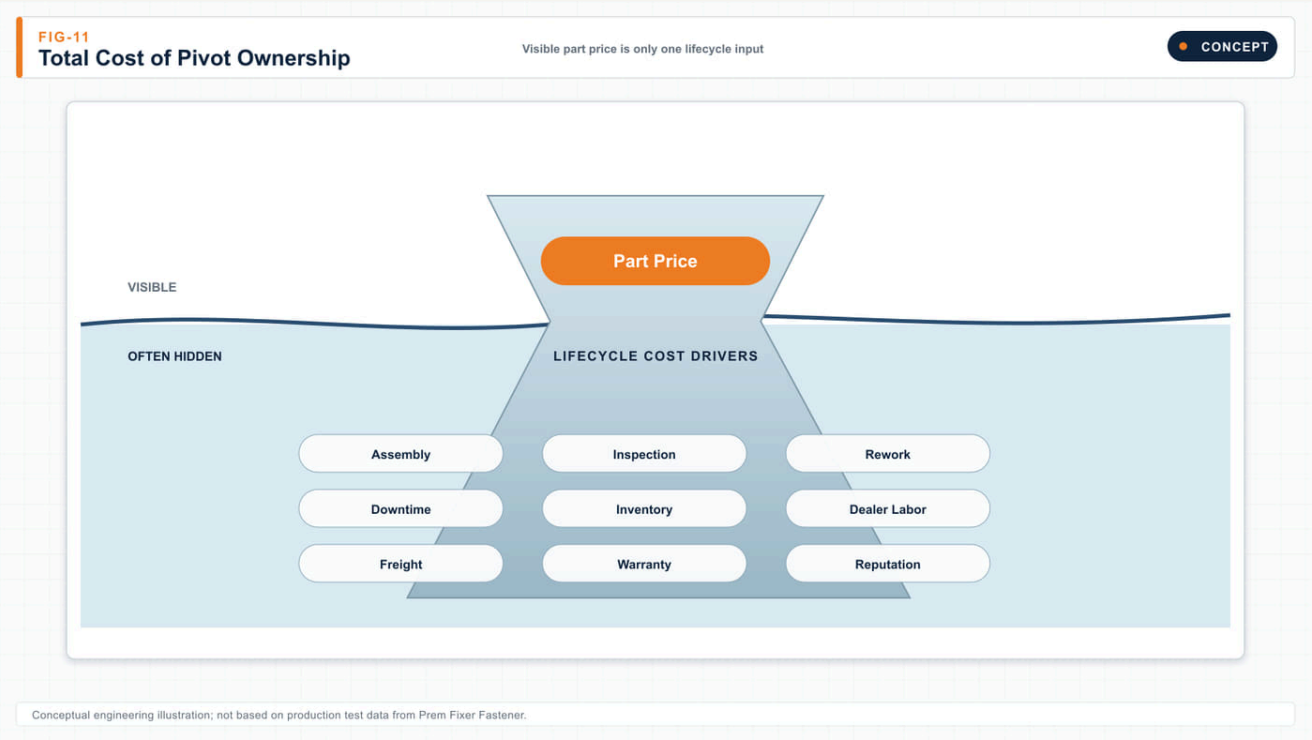


FIG-11 · Technische Abbildung — Abbildung FIG-11. Konzeptioneller Eisberg der Gesamtbetriebskosten. Die Kostentreiberkategorien sind illustrativ; es wird kein finanzielles Ergebnis von PremFixer Fasteners oder eines Kunden behauptet. **Nur KONZEPT.** Diese Darstellung ist kein Produkt-, Fabrik-, Inspektions-, Prüf-, Feldleistungs- oder Zertifizierungsnachweis von PremFixer Fasteners.

10.2 Erwartungskostenmodell

$$E(C)= C_{part} + P_{rework}C_{rework} + P_{warranty}C_{warranty} + C_{inventory}$$

$$+$$

$$C_{inspection}$$

Die Beschaffung sollte daher vergleichen:

> **Kosten je zuverlässigem Fahrrad**

Und nicht:

> **Kosten je Schraube**

10.3 Garantiekosten

$$C_{warranty}$$

$$=$$

$$C_{hardware}$$

$$+$$

$$C_{bearing}$$

$$+$$

$$C_{dealer}$$

$$+$$

$$C_{freight}$$

$$+$$

$$C_{admin}$$

$$+$$

$$C_{customer}$$

Bei internationalen Marken können Händlerarbeitszeit und Logistik die Kosten der Hardware weit übersteigen.

10.4 Quellen der TCO-Daten

Empfohlene reale Kundeneingaben:

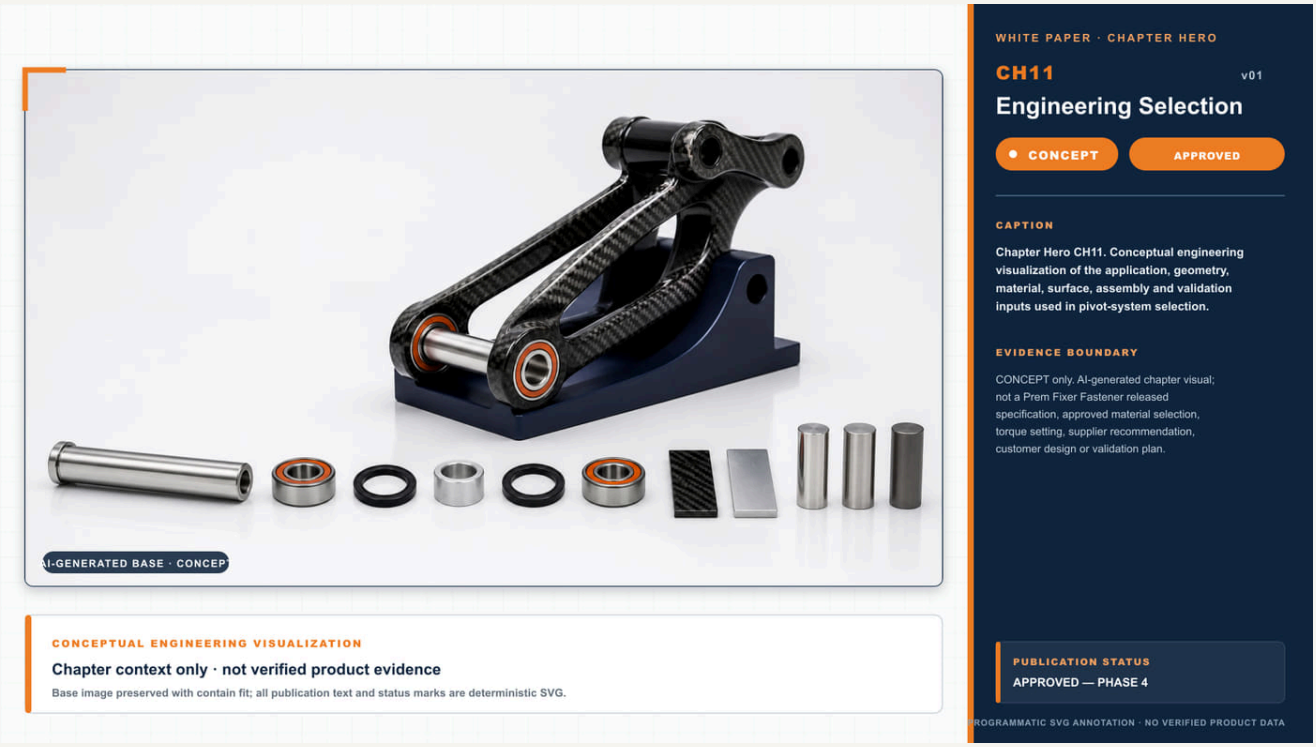
- jährliches Fahrradvolumen
- Hardwarekosten
- Montagearbeit
- Nacharbeitsquote
- Nacharbeitskosten
- Garantiequote
- durchschnittliche Garantiekosten

- Händlerarbeit
- Fracht
- Lagerhaltungskosten
- SKU-Anzahl
- Ausschuss

So lassen sich technische Verbesserungen in finanzielle Ergebnisse übersetzen, die die Beschaffung versteht.

Kapitel 11: Technischer Auswahlleitfaden für Drehpunkte

11. Neunstufiger Auswahlrahmen



CH11 · Kapitelmotiv — Kapitelmotiv CH11. Konzeptionelle technische Visualisierung der Anwendungs-, Geometrie-, Werkstoff-, Oberflächen-, Montage- und Validierungseingaben für die Auswahl eines Drehpunktsystems. **Nur KONZEPT.** Diese Darstellung ist kein Produkt-, Fabrik-, Inspektions-, Prüf-, Feldleistungs- oder Zertifizierungsnachweis von PremFixer Fasteners.

Schritt 1 — Rahmenwerkstoff

- Carbon
- Aluminium
- Mischbauweise

Ausgaben:

- Risiko lokaler Flächenpressung
- galvanisches Risiko
- Einsatzstrategie

Schritt 2 — Fahrplattform

- XC
- Downcountry
- Trail
- Enduro
- DH
- E-MTB

Schritt 3 — Lastdefinition

Eingaben:

- Fahrer
- Fahrrad
- Hebelverhältnis
- Drehpunktposition
- Bremsen
- Stoß
- Pedal-/Motorlast

Schritt 4 — Werkstoff

Kandidaten:

- Aluminiumlegierung
- Titan
- legierter Stahl
- nichtrostender Stahl

Schritt 5 — Geometrie

- Schaft
- Schulter
- Gewinde
- Kopf
- Verrundung
- Hohlbohrung
- Antrieb

Schritt 6 — Oberflächensystem

- Beschichtung
- Dicke
- Reibung
- Korrosion
- Farbe
- Chemikalienkonformität

Schritt 7 — Sicherungsstrategie

- flüssige Schraubensicherung
- vorapplizierter Klebstoff
- Sicherungsbeschichtung
- mechanische Sicherung
- Mutter
- strukturelle Verdrehsicherung

Schritt 8 — Kalibrierung Drehmoment–Klemmkraft

Zu definieren sind:

- Oberflächenzustand
- Drehmoment
- Klemmkraft
- Streuung
- Demontage
- Wiederverwendung

Schritt 9 — DVP&R-Freigabe

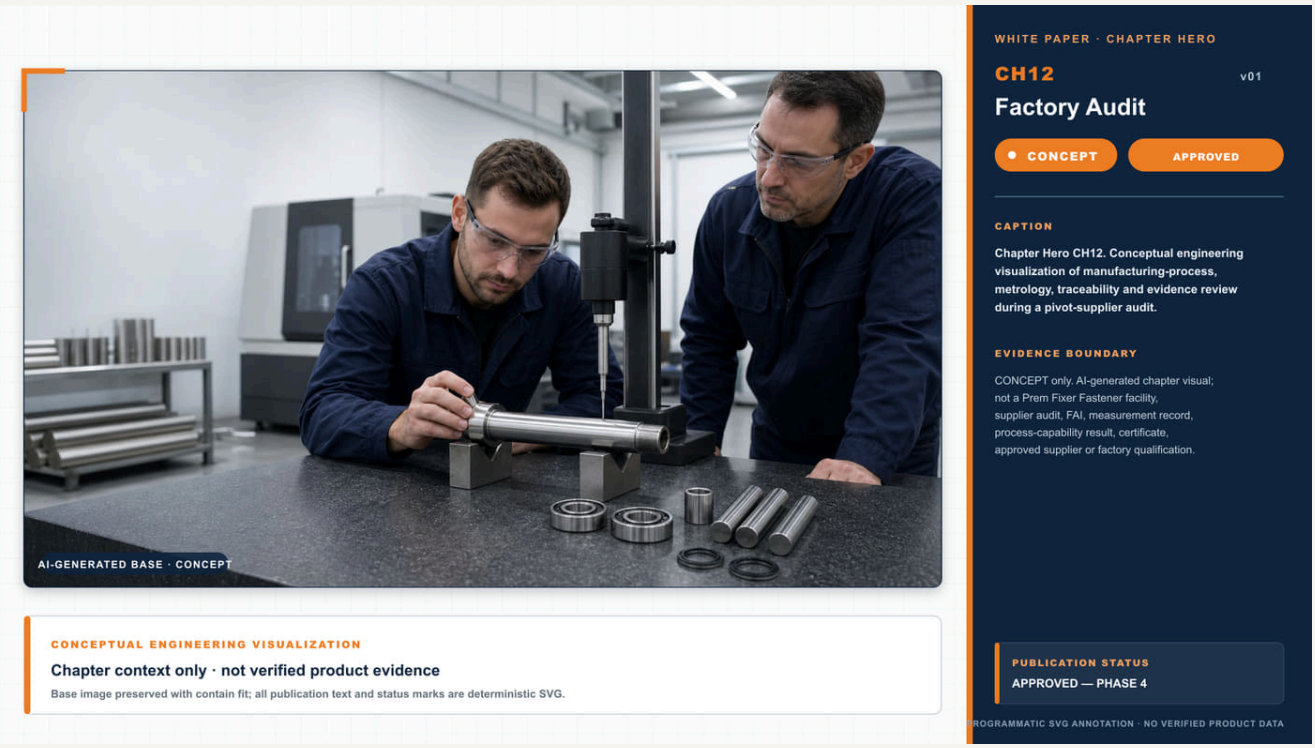
Mindestens:

- Zeichnung
- FAI
- Werkstoffzeugnis
- Beschichtung
- CTQ
- Drehmoment
- Korrosion
- Rückverfolgbarkeit

Kapitel 12: Lieferanten-Werksaudit

12. Technisches 100-Punkte-Audit

Modul	Punkte
Engineering & DFM	15
Werkstoff & Rückverfolgbarkeit	10
CNC / Präzisionsprozess	15
Gewindeprozess	10
Oberflächenbehandlung	10
Messung / MSA	15
Qualität / SPC	10
Verpackung / Rückverfolgbarkeit	5
ESG / Chemikalienkonformität	5
Lieferung / Änderungssteuerung	5
Gesamt	**100**



CH12 · Kapitelmotiv — Kapitelmotiv CH12. Konzeptionelle technische Visualisierung der Prüfung von Fertigungsprozessen, Messtechnik, Rückverfolgbarkeit und Nachweisen bei einem Drehpunktlieferanten-Audit. **Nur KONZEPT.** Diese Darstellung ist kein Produkt-, Fabrik-, Inspektions-, Prüf-, Feldleistungs- oder Zertifizierungsnachweis von PremFixer Fasteners.

12.1 Engineering & DFM — 15

Prüfen:

- Zeichnungsprüfung
- Toleranzkette
- Lagerschnittstelle
- Scherebene
- Beschichtungsaufmaß
- Verständnis von Drehmoment–Klemmkraft
- Wartungsfreundlichkeit
- Änderungssteuerung

12.2 Werkstoff — 10

- Werkstoffzeugnis
- Schmelze/Los
- Trennung
- Wareneingangsprüfung
- Sortenverifizierung
- Zeugnisverknüpfung

12.3 CNC — 15

- Maschinenfähigkeit
- Programmsteuerung
- Vorrichtung
- Werkzeugstandzeit
- Kompensation
- prozessbegleitende Messung

12.4 Gewinde — 10

- Roll-/Schneidweg
- Lehre
- Auslauf
- Grat
- Integrität des Gewindegrunds
- Rückverfolgbarkeit

Öffentliche Ermüdungsforschung stützt die Behandlung des Gewindeherstellungswegs als wichtige technische Variable.[R3]

12.5 Oberfläche — 10

- qualifizierte Quelle
- Vorbehandlung
- Dicke
- Salzsprühnebel
- Reibung
- Wasserstoffversprödung
- Los
- Chemikalienkonformität

12.6 Messung — 15

Nicht nur fragen:

> „Ist ein KMG vorhanden?“

Sondern:

> **„Ist das dem CTQ zugeordnete Messmittel tatsächlich ausreichend?“**

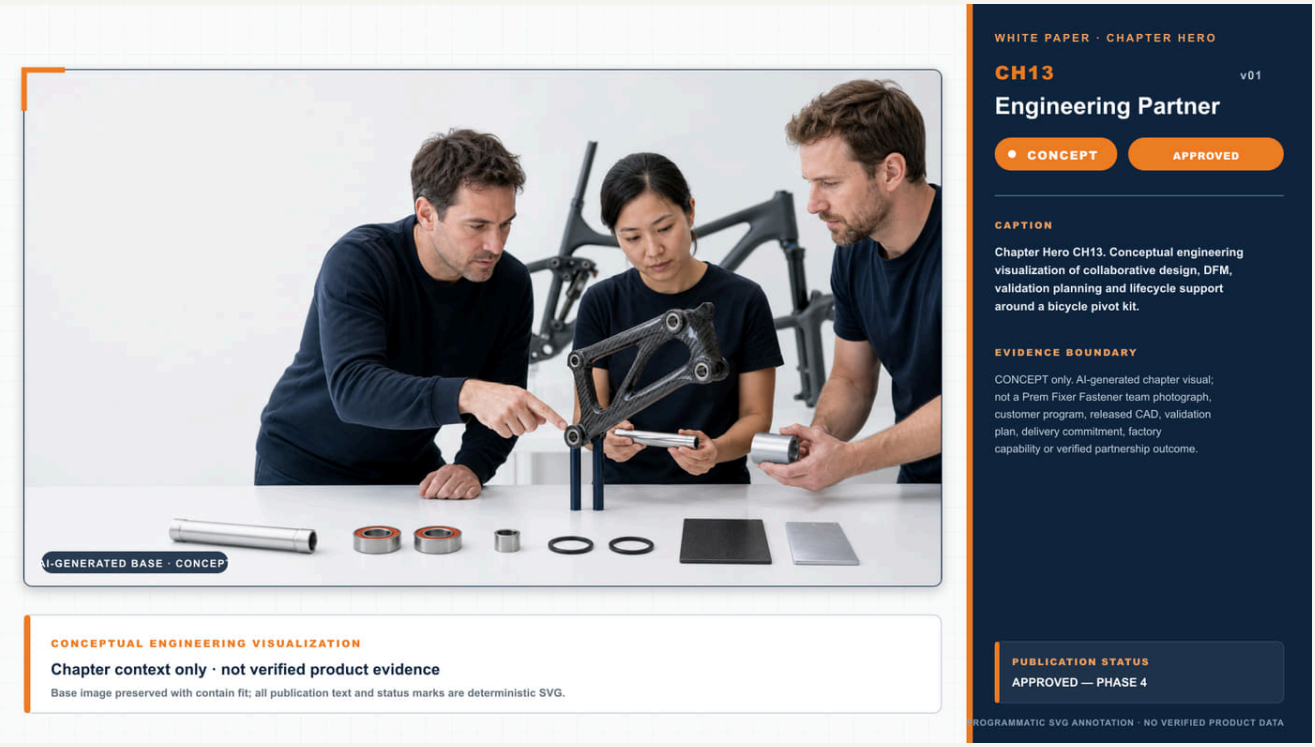
Zur Ausrüstung können gehören:

- Mikrometer
- Luftmessgerät
- Bildverarbeitung
- KMG
- Rauheitsmessgerät
- Schichtdickenmessgerät
- Härteprüfgerät
- Drehmoment-/Klemmkraftmessung
- Salzsprühkammer

Kapitel 13: Evidenzbasiertes Partnerschaftsmodell von PremFixer Fasteners

13. Vom Befestigerlieferanten zum technischen Drehpunktpartner

> Dieses Kapitel definiert die Arbeitsweise des Projekts PremFixer Fasteners V2.0.
> Jede konkrete Aussage, dass „das Werk diese Leistungsfähigkeit bereits besitzt“, darf erst nach Erhalt realer Evidenz in die endgültige öffentliche Fassung aufgenommen werden.



CH13 · Kapitelmotiv — Kapitelmotiv CH13. Konzeptionelle technische Visualisierung von gemeinsamer Konstruktion, DFM, Validierungsplanung und Lebenszyklusunterstützung rund um einen Fahrrad-Drehpunktsatz. **Nur KONZEPT.** Diese Darstellung ist kein Produkt-, Fabrik-, Inspektions-, Prüf-, Feldleistungs- oder Zertifizierungsnachweis von PremFixer Fasteners.

13.1 Engineering-to-Value

Zielprozess:

Kundenanforderung
→ DFM
→ Ausfallrisikoprüfung
→ Werkstoff / Beschichtung

→ Prototyp
→ FAI
→ DVP&R
→ Pilot
→ Serienfertigung
→ Losrückverfolgbarkeit
→ Feldrückmeldung

13.2 Evidenzpaket für Hero-SKUs

Vorrangige Auswahl:

Hero A — Leichtbau

7075 / Hohlbohrung / Massenschwerpunkt

Hero B — Premium

Titan / Wartungsfreundlichkeit / Fresskontrolle

Hero C — Haltbarkeit

Stahl / Korrosion / Ermüdung / Beschichtung

Für jede SKU wird aufgebaut:

```
01_Zeichnung
02_CAD
03_Werkstoff
04_Maße
05_MSA
06_Prozess
07_Beschichtung
08_Drehmoment
09_Festigkeit
10_Korrosion
11_Schwingung
12_Montage
13_Rückverfolgbarkeit
14_Produktfotos
15_Werksfotos
16_Weißbuchabbildungen
```

13.3 Evidenz, die in der ersten Charge geschlossen werden muss

P0-1 Fähigkeit des Funktionsschafts

Ziel:

Die tatsächliche Maßfähigkeit der Serienfertigung belegen.

P0-2 Werkstoffrückverfolgbarkeit

Ziel:

Werkstoffzeugnis → SKU → Los.

P0-3 Beschichtung

Ziel:

konkreter Stapel + Dicke + Salzsprühnebel + chemische Erklärung.

P0-4 Drehmoment–Klemmkraft

Ziel:

Reale Kurve für Beschichtung/Schmierstoff/Sicherung.

P0-5 Wiederholte Montage

Ziel:

Montage-/Demontagezyklus.

P0-6 Sicherung

Ziel:

Vergleichende Querschwingung.

P0-7 Rückverfolgbarkeit

Ziel:

Bestellung → Fertiglos → Beschichtung → CNC → Werkstoff.

13.4 Der Endkunde erhält mehr als ein Angebot

Ein ausgereiftes Drehpunktprojekt kann ausgeben:

1. Angebot
2. DFM-Prüfung
3. Zeichnung
4. Werkstoffzeugnis
5. FAI
6. Drehmoment-/Montagespezifikation
7. DVP&R
8. Control Plan
9. Rückverfolgbarkeit

10. Verpackungs-/Ersatzsatzplan

Dies ist:

> **Technische Fertigungspartnerschaft für Fahrrad-Drehpunkt-Hardware**

Kapitel 14: Technische Schlussfolgerungen V2.0

14. Technische Schlussfolgerungen

Nach der ersten Evidenzierung anhand öffentlicher Normen, fachbegutachteter Forschung und offizieller technischer Praktiken von MTB-Marken erlaubt dieses Weißbuch folgende belastbarere Schlussfolgerungen:

Schlussfolgerung 1

Drehpunkt-Hardware darf nicht ausschließlich wie ein Standardbefestiger konstruiert werden.

Sie erfüllt gleichzeitig die Funktionen einer Präzisionswelle, der Verbindungsvorspannung, einer Lagerschnittstelle und einer Servicekomponente.

Schlussfolgerung 2

Drehmoment ist nicht Klemmkraft.

Jede Änderung von Beschichtung, Schmierung, Schraubensicherung oder Gegenfläche kann die tatsächliche Vorspannung verändern. [R2][R17]

Schlussfolgerung 3

Die Funktionspassung ist wichtiger als „ein einzelner Toleranzwert".

Reibkorrosion steht mit geringer Relativbewegung, Passung und Kontaktzustand in Beziehung.[R5][R6]

Schlussfolgerung 4

Salzsprühnebel ist keine Uhr für die Feldlebensdauer.

ISO 9227 selbst unterstützt keine direkte Umrechnung von Salzsprühresultaten in eine langfristige Nutzungsdauer.[R19]

Schlussfolgerung 5

An CFRP-/Aluminium-Schnittstellen muss galvanische Korrosion beherrscht werden.

Werkstoffisolation, Beschichtung, Dichtung und Entwässerung sind Teil der strukturellen Auslegung.[R11][R28]

Schlussfolgerung 6

Der Premiumwert von Titan erfordert zugleich die Kontrolle von Fressen und Drehmomentreibung. [R12]

Schlussfolgerung 7

Bei galvanisch beschichteten hochfesten Stahlteilen muss Wasserstoffversprödung beherrscht werden. [R20]-[R23]

Schlussfolgerung 8

Der Gewindeherstellungsweg ist eine Variable der Ermüdungsauslegung. [R3]

Schlussfolgerung 9

Wartungsfreundlichkeit ist kein Kundendienst-Zusatz, sondern ein Konstruktions-KPI des Drehpunktsystems. [R9][R10]

Schlussfolgerung 10

Ein E-MTB benötigt ein eigenes Lastspektrum; die Validierung eines analogen MTB darf nicht einfach kopiert werden. [R36]

Anhang A: Werkstoffauswahlmatrix

Werkstoff	Dichte	Festigkeitspotenzial	Korrosion	Fressen	Leichtbau	Typische Rolle
6061-T6	niedrig	mittel	mit Oberflächenbehandlung gut	gering	hoch	Distanzstück / mittlere Last
7075-T6	niedrig	hoch	schnittstellenabhängig	gering–mittel	sehr hoch	leichte Achse/Schraube
Ti-6Al-4V	mittel	sehr hoch	hoch	hohe Relevanz	hoch	Premiumachse/-schraube
Legierter Stahl	hoch	sehr hoch	beschichtungsabhängig	gering–mittel	gering	hohe Last / kompakter Querschnitt
Nichtrostender Stahl	hoch	sortenabhängig	hoch	mittel–hoch	gering	Korrosion/Service

Anhang B: Screening des galvanischen Risikos

> Das Folgende ist ein Konstruktionsscreening und keine genaue Tabelle galvanischer Potenziale.

Kombination	Nass-/Salzrisiko	Hauptmaßnahme
Al ↔ Al	mittel	Oberflächenbehandlung + Dichtung
Al ↔ nichtrostender Stahl	mittel–hoch	Isolation + Dichtung
Al ↔ Titan	mittel–hoch	Barriere / Dichtung
CFRP ↔ Aluminium	hoch	elektrische Isolation
Titan ↔ nichtrostender Stahl	galvanisch gering–mittel, Fressprüfung	Schmierstoff / Service
Stahl ↔ Aluminium	mittel–hoch	Beschichtung + Isolation

Anhang C: Matrix der Oberflächentechnik

Prozess	Basis	Hauptwert	Hauptrisiko
Anodisieren	Al	Korrosion / Erscheinungsbild	Aufbau / Passung
Hartanodisieren	Al	Verschleiß / Korrosion	Maßeinfluss
Zn-System	Stahl	Korrosion	Wasserstoffversprödung / Reibung
Zn-Ni	Stahl	Korrosion	Prozess / Drehmoment
Zinklamelle	Stahl	Korrosion / Funktion	Passung / Reibung
PVD	verschiedene	Verschleiß / Erscheinungsbild	systemabhängige Korrosion
Passivierung	nichtrostender Stahl	Oberflächenzustand	Grundsorte bleibt relevant
Anti-Seize	Gewinde	Verringerung des Fressens	Neukalibrierung des Drehmoments

Anhang D: Arbeitsblatt Drehmoment–Klemmkraft

Projekt:
Rahmen:
Drehpunktposition:
Teilenummer:
Zeichnungsrevision:
Werkstoff:
Gewinde:
Beschichtung:
Schmierung:
Schraubensicherung:
Werkstoff des Innengewindes:
Zieldrehmoment:
Drehmomenttoleranz:
Zielklemmkraft:
Klemmkraftfenster:
Lösemoment:
Wiederverwendungszyklen:

Anhang E: DVP&R-Kernvorlage

Anforderung	Ausfall	Prüfung	Methode	Stichprobe	Annahme	Evidenz
Passung	Reibkorrosion	Maß + Verbindung	intern			
Vorspannung	Streuung	Drehmoment–Klemmkraft	an ISO 16047 angelehnt			
Sicherung	Selbstlockern	Querschwingung	projektspezifisch			
Korrosion	Rotkorrosion	NSS	ISO 9227			
Service	Fressen	wiederholte Montage	intern			
Struktur	Ermüdung	Rahmenprüfung	ISO/Kunde			

Anhang F: DFM-Checkliste

Geometrie

- ☐ Scherebene bei Bedarf außerhalb des Gewindes
- ☐ Schulter stützt die Funktionsschnittstelle
- ☐ ausreichende Verrundung
- ☐ Übergang der Hohlbohrung geprüft
- ☐ ausreichender Werkzeugeingriff
- ☐ ausreichende Gewindeeingriffslänge

Passung

- ☐ Lager
- ☐ Schaft
- ☐ Distanzstück
- ☐ Rahmen / Lenker
- ☐ Beschichtung
- ☐ Endstapel

Werkstoff

- ☐ Sorte
- ☐ Festigkeit
- ☐ Ermüdung
- ☐ Korrosion
- ☐ Fressen
- ☐ galvanische Wirkung

Montage

- ☐ Drehmoment
- ☐ Klemmkraft
- ☐ Schraubensicherung
- ☐ Schmierung
- ☐ Fehlersicherheit

Service

- ☐ Lösemoment

- ☐ Wiederverwendung
- ☐ Ersatzteilnummer
- ☐ Werkzeugzugang
- ☐ Korrosionsfestfressen

Anhang G: Öffentliche Evidenz → interne Verifizierung

Technische Aussage	Durch öffentliche Evidenz gestützt	Von PremFixer Fasteners zu verifizieren
Drehmoment ≠ Klemmkraft	ja	unsere Kurven
Querlast kann lockern	ja	unsere Verbindung
Reibkorrosion durch Mikrobewegung	ja	unsere Passung / Klemmung
Vorapplikation ist ausgereift	ja	unser Takt / unsere Sicherung
galvanisches Risiko CFRP/Al	ja	unser Werkstoffstapel
Risiko des Titanfressens	ja	unsere Schmierung / Demontage
Risiko der Wasserstoffversprödung	ja	unser Beschichtungsprozess
Ermüdungsmechanismus gerollter Gewinde	ja	Ermüdung unseres Produkts
Grenzen von NSS	ja	unser Beschichtungsbericht
E-MTB-Umfeld unterscheidet sich	ja	unser Lastspektrum

Anhang H: Empfohlene Abbildungen des Weißbuchs

1. Explosionsansicht des Drehpunktsystems
2. Lastpfad Lager–Achse–Distanzstück
3. Toleranzkettendiagramm
4. Technisches Drehmoment–Klemmkraft-Fenster
5. Beschichtungsaufbau vorher/nachher
6. Klemmkrafterhaltungskurve nach Junker
7. Pfad galvanischer Korrosion
8. Mehrschichtige Dichtungsarchitektur
9. Fehlerbaum für Knarren
10. Darstellung des Werkstoffflusses beim Gewinderollen
11. TCO-Eisberg
12. Evidenzstufen E0–E5
13. Losrückverfolgbarkeitskette
14. Matrix XC / Trail / Enduro / DH / E-MTB

Anhang I: Glossar

Begriff	Deutsche Benennung	Erläuterung
Pivot	Drehpunkt / Gelenkpunkt	Rotationspunkt des Federungslenkers
Shank	Schaft	gewindefreier funktionaler Schaftabschnitt
Shoulder	Schulter / Bund	Stufe für Positionierung und Abstützung
Clamp Load	Klemmkraft	axiale Klemmkraft der Verbindung
Preload	Vorspannung	anfängliche innere Belastung des Befestigers
Fretting	Reibkorrosion / Mikrobewegungsverschleiß	Kontaktschaden durch kleine Amplituden
Galling	Fressen	starker adhäsiver Verschleiß/Festfressen
Runout	Rundlauf	geometrische Abweichung bei Rotation
Threadlocker	Schraubensicherung	chemisches Sicherungssystem
TCO	Gesamtbetriebskosten	Lebenszykluskosten
DVP&R	Konstruktionsvalidierungsplan und -bericht	Validierungsmatrix
CTQ	kritisches Qualitätsmerkmal	qualitätskritisches Merkmal
MSA	Messsystemanalyse	Fähigkeit des Messsystems
Cpk	Prozessfähigkeitsindex	Prozessfähigkeitskennwert

Literaturverzeichnis

> Diese Liste beruht auf öffentlichen Metadaten, Zusammenfassungen und offiziellen technischen Unterlagen. Volltexte von ISO-Normen sind urheberrechtlich geschützt und werden in diesem Projekt nicht kopiert. Vor der endgültigen öffentlichen Ausgabe sind URL, Revision und Anwendungsbereich aller Onlinequellen erneut zu prüfen.

[R1] Yang, G., Yang, L., Chen, J., et al. (2021). *Competitive Failure of Bolt Loosening and Fatigue under Different Preloads*. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 34, 141. DOI: 10.1186/s10033-021-00663-3.
https://link.springer.com/article/10.1186/s10033-021-00663-3

[R2] Croccolo, D., De Agostinis, M., Vincenzi, N. (2011). *Failure analysis of bolted joints: Effect of friction coefficients in torque–preloading relationship*. Engineering Failure Analysis.
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1350630710001676

[R3] du Maire, P., Hoffmeister, J., Öchsner, A., Johlitz, M. (2025). *Investigations On The Fatigue Strength Of Threads Produced By Different Fabrication Techniques*. 15th International Conference on Shot Peening / Purdue e-Pubs. DOI: 10.5703/1288284317919.
https://docs.lib.purdue.edu/icsp15/papers/fatigue1/2/

[R4] Chen, D. et al. (2019). *Tightening behavior of bolted joint with non-parallel bearing surface*. International Journal of Mechanical Sciences.
https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S002074031833409X

[R5] SKF. *Golden opportunities / Fretting Corrosion*.
https://evolution.skf.com/golden-opportunities/

[R6] SKF. *Bearing damage analysis: ISO 15243 is here to help you*.
https://evolution.skf.com/bearing-damage-analysis-iso-15243-is-here-to-help-you/

[R7] Bulej, V., Kuric, I., Sága, M., et al. (2022). *Analysis of Symmetrical/Asymmetrical Loading Influence of the Full-Suspension Downhill Bicycle's Frame....* Symmetry, 14(2), 255. DOI: 10.3390/sym14020255.
https://www.mdpi.com/2073-8994/14/2/255

[R8] Pivot Cycles. *Mach 429 SL Carbon V3 Hardware / Small Parts Schematic*.
https://portal.pivotcycles.com/portalimages/techspec/Mach%20429%20SL%20V3%20Small%20Parts%20Schematic.pdf

[R9] Santa Cruz Bicycles Rider Support (2026). *Bearing and Pivot Axle Maintenance*.
https://ridersupport.santacruzbicycles.com/how-often-should-i-replace-bearings-and-pivot-axles

[R10] Specialized. Aktuelle Stumpjumper-15-Produktseiten — Unterstützung beim Austausch von Federungsdrehpunktlagern.
https://www.specialized.com/us/en/stumpjumper-15-expert-sram-gx-axs-fox-performance-elite/p/4221401

[R11] Håkansson, E. et al. (2017). *The role of corrosion product deposition in galvanic corrosion of aluminum/carbon systems*. Corrosion Science.
https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0010938X16309659

[R12] Szpunar, M. et al. (2021). *Effect of Lubricant Type on the Friction Behaviours and Galling of Titanium Alloy*. Materials, 14(13), 3721.
https://www.mdpi.com/1996-1944/14/13/3721

[R13] Henkel. *Pre-applied adhesives and sealants*.
https://next.henkel-adhesives.com/us/en/articles/pre-applied-adhesives-sealants.html

[R14] Henkel. *LOCTITE DRI 2250-W*.
https://next.henkel-adhesives.com/us/en/products/industrial-adhesives/central-pdp.html/loctite-dri-2250-w/124651IB/variation/2879425.html

[R15] Liu, Z. et al. (2020). *Changing behavior of friction coefficient for high strength bolted joints during repeated tightening*. Tribology International.
https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301679X20303212

[R17] ISO 16047:2005 + Amd 1:2012. *Fasteners — Torque/clamp force testing*.
https://www.iso.org/standard/27788.html

[R18] ISO 16130:2015. *Aerospace series — Dynamic testing of the locking behaviour of bolted connections under transverse loading conditions*.
https://www.iso.org/standard/55728.html

[R19] ISO 9227:2022. *Corrosion tests in artificial atmospheres — Salt spray tests*.
https://www.iso.org/standard/81744.html

[R20] ISO 4042:2022. *Fasteners — Electroplated coating systems*.
https://www.iso.org/standard/77913.html

[R21] ISO 4042:2022/Amd 1:2026. *Fasteners — Electroplated coating systems — Amendment 1*.
https://www.iso.org/standard/91743.html

[R22] ISO 15330:1999. *Fasteners — Preloading test for the detection of hydrogen embrittlement — Parallel bearing surface method*.
https://www.iso.org/ics/21.060.01.html

[R23] ISO/TR 20491:2019. *Fasteners — Fundamentals of hydrogen embrittlement in steel fasteners*.
https://www.iso.org/ics/21.060.01.html

[R24] ISO 10683:2018. *Fasteners — Non-electrolytically applied zinc flake coating systems*.
https://www.iso.org/standard/70609.html

[R25] ISO 3506-1:2020. *Fasteners — Mechanical properties of corrosion-resistant stainless steel fasteners — Part 1*.
https://www.iso.org/standard/70045.html

[R26] ISO/TR 19852:2026. *Neutral salt spray test — Results of an international interlaboratory test and conclusions for practical application*.
https://www.iso.org/standard/86004.html

[R27] ISO 14993:2026. *Corrosion of metals and alloys — Accelerated test involving cyclic exposure to salt mist, dry and wet conditions*.
https://www.iso.org/standard/89968.html

[R28] Jun, J. et al. (2021). *Mitigation of Galvanic Corrosion in Bolted Joint of AZ31B and Carbon Fiber-Reinforced Composite Using Polymer Insulation*. Materials, 14(7), 1670.
https://www.mdpi.com/1996-1944/14/7/1670

[R29] Santa Cruz Bicycles Rider Support (2026). *Stop the Creak: A Guide to Silencing Your Bike*.
https://ridersupport.santacruzbicycles.com/creaking

[R30] Richtlinie 2011/65/EU (RoHS).
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32011L0065

[R31] ISO 14021:2026. *Environmental statements and programmes for products — Self-declared environmental claims*.
https://www.iso.org/obp/ui/

[R32] ISO (2026). *New ISO standards bring clarity to chain of custody*.
https://www.iso.org/contents/news/2026/03/new-iso-standards-bring-clarity.html

[R33] ECHA. *Candidate List of Substances of Very High Concern*.
https://chem.echa.europa.eu/

[R34] ISO 4210-2:2023. *Cycles — Safety requirements for bicycles — Part 2*.
https://www.iso.org/standard/78077.html

[R35] ISO 4210-6:2023. *Cycles — Safety requirements for bicycles — Part 6: Frame and fork test methods*.
https://www.iso.org/standard/78081.html

[R36] Trek Bicycle Corporation. *Rail+ — High-powered e-MTB*. Aktuelle öffentliche Produktübersicht.
https://www.trekbikes.com/us/en_US/rail-plus-high-powered-emtb/

Vor der öffentlichen Ausgabe zwingend zu ersetzende Evidenz von PremFixer Fasteners

Folgende Inhalte dürfen vor Vorliegen eigener Nachweise nicht zu bestimmten kommerziellen Aussagen hochgestuft werden:

- ☐ stabile Serienfähigkeit von ±0,008 mm
- ☐ Cpk ≥1,33 für ausgewählte CTQs
- ☐ konkrete Salzsprühstunden
- ☐ konkrete Korrosionsleistung von Zn-Ni / PVD
- ☐ Drehmoment–Klemmkraft-Kurve
- ☐ Klemmkrafterhalt unter Schwingung
- ☐ Anzahl der Wiederverwendungszyklen
- ☐ Lösemoment von Titan nach Alterung
- ☐ Kontrollen gegen Wasserstoffversprödung bei legiertem Stahl
- ☐ Taktzeiteinsparung durch Vorapplikation
- ☐ AOI-Erkennungsabdeckung / PPM
- ☐ tatsächliche Aufzeichnungen für 7–10 Tage Prototypenzeit
- ☐ Fallbeispiel zur Reduzierung von Stückliste/SKUs
- ☐ TCO-Kundenfall
- ☐ Garantie-/Felddaten

Schlusswort

Das Drehpunktsystem eines vollgefederten Hochleistungsfahrrads darf in der Lieferkette nicht länger auf Folgendes reduziert werden:

> **„Angebot für M8-/M10-/M12-Sonderschrauben."**

Die tatsächlichen technischen Fragen lauten:

- Woher stammen die Lasten dieser Verbindung?
- Wie groß ist die Klemmkraft?
- Wie wird das Lager abgestützt?
- Welche Schnittstelle kann Mikroschlupf erfahren?
- Wie stark verändert die Beschichtung die Reibung?
- Kann Titan fressen?
- Besteht bei der Stahlbeschichtung ein Risiko verzögerten Bruchs?
- Wie werden Carbon und Aluminium isoliert?
- Wie werden Schlamm und Wasser abgehalten?
- Ist nach zwei Jahren noch eine normale Demontage möglich?
- Ist ein Ausfall rückverfolgbar?

Wenn diese Fragen einzeln beantwortet werden können durch:

Zeichnung + Berechnung + Prüfung + Daten + Rückverfolgbarkeit

steigt Drehpunkt-Hardware tatsächlich vom „geringwertigen Kleinteil" auf zu:

> **einem kontrollierten mechanischen Teilsystem für die Zuverlässigkeit von Fahrrädern.**

Damit ist auch das Ziel von PremFixer Fasteners V2.0 klar:

> **Nicht nur eine zeichnungskonforme Schraube fertigen, sondern ein verifizierbares, serienfähiges, wartbares und rückverfolgbares technisches System für Fahrrad-Drehpunkt-Hardware aufbauen.**

ENDE DER V2.0-EVIDENZAUSGABE — FORMELLER HAUPTTEXT