

	DIN ISO 14635-3	
ICS 21.200	Entwurf	Einsprüche bis 2024-11-26 Vorgesehen als Ersatz für DIN ISO 14635-3:2011-08
Zahnräder – FZG-Prüfverfahren – Teil 3: FZG-Prüfverfahren A/2,8/50 zur Bestimmung von relativer Fresstragfähigkeit und Verschleißverhalten von Getriebefließfetten (ISO 14635-3:2023); Text Deutsch und Englisch Gears – FZG test procedures – Part 3: FZG test method A/2,8/50 for relative scuffing load-carrying capacity and wear characteristics of semifluid gear greases (ISO 14635-3:2023); Text in German and English Engrenages – Méthodes d’essai FZG – Partie 3: Méthode FZG A/2,8/50 pour évaluer la capacité de charge au grippage et les caractéristiques d’usure des graisses d’engrenages semi-fluides (ISO 14635-3:2023); Texte en allemand et anglais Anwendungswarnvermerk Dieser Entwurf mit Erscheinungsdatum 2024-07-26 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt. Weil das beabsichtigte Dokument von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren. Stellungnahmen werden erbeten – vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm- Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben; – oder als Datei per E-Mail an nam@vdma.org möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm- Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden; – oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Maschinenbau (NAM), 60498 Frankfurt am Main, Postfach 71 08 64 oder Lyoner Str. 18, 60528 Frankfurt am Main. Es wird gebeten, mit den Kommentaren zu diesem Entwurf jegliche relevanten Patentrechte, die bekannt sind, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen. DIN-Normenausschuss Maschinenbau (NAM) DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP) Fachausschuss Mineralöl- und Brennstoffnormung (FAM) des NMP Gesamtumfang 54 Seiten		

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort	4
Nationaler Anhang NA (informativ) Literaturhinweise	6
Vorwort	7
Einleitung	9
1 Anwendungsbereich	10
2 Normative Verweisungen	10
3 Begriffe	10
4 Kurzbeschreibung des Verfahrens	14
4.1 Allgemeines	14
4.2 Präzision des Verfahrens	14
5 Prüfmittel	14
5.1 Prüfzahnräder	14
5.2 Reinigungsflüssigkeit	15
6 Geräte	16
6.1 FZG-Zahnrad-Verspannungs-Prüfmaschine	16
6.2 Aufheizvorrichtung	17
6.3 Überrollungszähler	17
6.4 Waage	17
7 Vorbereitung der Prüfmaschine	18
8 Prüfverfahren	19
9 Angabe der Ergebnisse	21
Anhang A (informativ) Prüfzeugnis	22
Anhang B (informativ) Zusätzliches Prüfverfahren für die Bestimmung des Verschleißverhaltens des Schmierstoffes	24
B.1 Allgemeines	24
B.2 Prüfverfahren	24
B.3 Angabe der Ergebnisse	24
Anhang C (informativ) Checkliste für die Wartung der FZG-Zahnrad-Verspannungs-Prüfmaschine	25
C.1 Erkennen einer Funktionsstörung	25
C.1.1 Verteilung der Fressschäden über der Flankenbreite	25
C.1.2 Tragbild	25
C.1.3 Prüfung von Referenzölen	25
C.1.4 Weitere Anzeichen	25
C.2 Maschinenteile, die Wartung benötigen	25
C.2.1 Prüfgetriebekasten	25
C.2.2 Verbindungswellen und Flansche	26
C.2.3 Übertragungsgetriebe	27
C.2.4 Sonstige Einrichtungsteile	28
Literaturhinweise	30

Bilder

Bild 1 — FZG-Prüfzahnräder Typ A, Zahnflanken-Oberflächenveränderungen (Flankenschäden)	13
Bild 2 — Zahnflankenveränderungen der FZG-Prüfzahnräder Typ A durch kontinuierlichen Verschleiß	14
Bild 3 — Schema der FZG-Zahnrad-Verspannungs-Prüfmaschine	17
Bild 4 — Einbau der FZG-Prüfzahnräder Typ A (Bild 3, Ansicht A)	18
Bild C.1 — Verteilung der Riefen oder Fresser, die auf einen Prüfstandsfehler hinweisen	29

Tabellen

Tabelle 1 — Verzahnungsdaten der FZG-Prüfzahnräder Typ A 15

Tabelle 2 — Ausführung der FZG-Prüfzahnräder Typ A 15

Tabelle 3 — FZG-Kraftstufen 20

Tabelle 4 — Prüfbedingungen 20

Tabelle B.1 — Gewichtsverlust 24

Nationales Vorwort

Dieses Dokument enthält die deutsche Übersetzung der Internationalen Norm ISO 14635-3:2023, die vom Technischen Komitee ISO/TC 60 „Gears“, Subkomitee SC 2 „Gear capacity calculation“ erarbeitet wurde, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 060-34-19 AA „Zahnrad schmierung und Schmierstoffe“ im Fachbereich „Antriebstechnik“ im DIN-Normenausschuss Maschinenbau (NAM).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

In Ergänzung zur Einleitung ist zu beachten, dass hinsichtlich der Ermittlung der Graufleckentragfähigkeit ein FZG-Prüfverfahren mit der DIN 3990-16 bereits veröffentlicht ist.

Beim Anwender der Prüfzeugnisvorlage im Anhang A ist unbeschadet der Rechte des DIN an der Gesamtheit des Dokumentes die Vervielfältigung der Prüfzeugnisvorlage gestattet.

DIN ISO 14635 besteht unter dem allgemeinen Titel *Zahnräder — FZG* -Prüfverfahren* aus den folgenden Teilen:

- Teil 1: *FZG-Prüfverfahren A/8,3/90 zur Bestimmung der relativen Fresstragfähigkeit von Schmierölen*
- Teil 2: *FZG-Prüfverfahren A10/16,6R/120 zur Bestimmung der relativen Fresstragfähigkeit von hoch EP-legierten Schmierölen*
- Teil 3: *FZG-Prüfverfahren A/2,8/50 zur Bestimmung von relativer Fresstragfähigkeit und Verschleißverhalten von Getriebefließfetten*

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 1328-1:1995	siehe	DIN 3961:1978, DIN 3962-1:1978, DIN 3962-2:1978 und DIN 3963:1978
ISO 18265	siehe	DIN EN ISO 18265
ISO 21920-2	siehe	DIN EN ISO 21920-2

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

* FZG bedeutet: Forschungsstelle für Zahnräder und Getriebesysteme, Technische Universität München (Gear Research Center, Technical University of Munich), Boltzmannstraße 15, D-85748 Garching, Germany, fzg@fzg.mw.tum.de.

Änderungen

Gegenüber DIN ISO 14635-3:2011-08 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) ISO 1328-1:1995 wurde datiert, da dieses Dokument einen Genauigkeitsgrad verwendet, der sich numerisch von der Toleranzklasse in ISO 1328-1:2013 unterscheidet;
- b) Austausch der ISO 4287, die zurückgezogen und durch ISO 21920-2 ersetzt wurde;
- c) Austausch der ISO 4964, die zurückgezogen wurde, während ähnliche Informationen in ISO 18265 gefunden werden können;
- d) Tabelle 1, Symbol für „spezifisches Gleiten“ wurde entsprechend ISO 21771 korrigiert;
- e) Ersatz von Einträgen in den Literaturhinweisen, die zurückgezogen wurden und Änderung von datierten auf undatierte Verweisungen;
- f) Unterabschnitt 5.2, Formulierung wurde in der Normenreihe DIN ISO 14635 vereinheitlicht;
- g) Abschnitt 9, der Berichtswert für den spezifischen Gewichtsverlust wurde korrigiert.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN 3961:1978, *Toleranzen für Stirnradverzahnungen — Grundlagen*^{**}

DIN 3962-1:1978, *Toleranzen für Stirnradverzahnungen — Toleranzen für Abweichungen einzelner Bestimmungsgrößen*^{**}

DIN 3962-2:1978, *Toleranzen für Stirnradverzahnungen — Toleranzen für Flankenlinienabweichungen*^{**}

DIN 3963:1978, *Toleranzen für Stirnradverzahnungen — Toleranzen für Wälzabweichungen*^{***}

^{**} Historisches Dokument. Wurde 2018-03 zurückgezogen.

^{***} Historisches Dokument. Wurde 2021-09 zurückgezogen.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Normungsthemen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC Directives, Teil 1, beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumententypen beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC Directives, Teil 2, erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO, en: World Trade Organization) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 60, *Gears*, Unterkomitee SC 2, *Gear capacity calculation*, erarbeitet.

Diese zweite Ausgabe ersetzt die erste Ausgabe (ISO 14635-3:2005), die geringfügig überarbeitet wurde. Die wesentlichen Änderungen sind folgende:

- ISO 1328-1:1995¹ wurde datiert, da dieses Dokument einen Genauigkeitsgrad verwendet, der sich numerisch von der Toleranzklasse in ISO 1328-1:2013 unterscheidet;
- Austausch der ISO 4287, die zurückgezogen und durch ISO 21920-2 ersetzt wurde;
- Austausch der ISO 4964, die zurückgezogen wurde, während ähnliche Informationen in ISO 18265 gefunden werden können;
- Ersatz von Einträgen in den Literaturhinweisen, die zurückgezogen wurden und Änderung von datierten auf undatierte Verweise;
- Unterabschnitt 5.2, Formulierung wurde in der Normenreihe DIN ISO 14635 vereinheitlicht;
- Tabelle 1, die Bezeichnung „pitch line velocity (v_w)“ wurde durch „circumferential velocity at the pitch line“ ersetzt, um die Begriffe innerhalb der ISO 6336 Reihe zu vereinheitlichen;

1 Zurückgezogen und ersetzt durch ISO 1328-1:2013.

E DIN ISO 14635-3:2024-09

- Tabelle 1, Symbol für „spezifisches Gleiten“ wurde entsprechend ISO 21771 korrigiert;
- Tabelle 2, Schliff: die Einheit für „Schleifhübe“ wurde korrigiert;
- Tabelle 3, Informationen zur Belastungskupplung wurden an ISO 14635-1 angepasst;
- Abschnitt 9, der Berichtswert für den spezifischen Gewichtsverlust wurde korrigiert.

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 14635 ist auf der ISO-Internetseite abrufbar.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter www.iso.org/members.html zu finden.

Einleitung

Die Art von Zahnradschäden, die durch Schmierstoffe beeinflusst werden können, sind Fressen, Langsamlauf-Verschleiß und die Erscheinungsformen der Zahnflankenermüdung, wie Grauflecken und Grübchen. Bei der Auslegung von Zahnrädern werden diese Zahnradschäden durch bestimmte für den Schmierstoff- und Anwendungsfall typische charakteristische Werte einbezogen. Um eine genaue, auf den Anwendungsbereich bezogene Leistungsfähigkeit sicher zu stellen, sind entsprechende Schmierstoff-Prüfverfahren erforderlich. Die FZG²-Prüfverfahren, die in DIN ISO 14635-1, DIN ISO 14635-2 und DIN ISO 14635-3 beschrieben sind, können als Werkzeug für die Ermittlung der relativen Fresstragfähigkeit von Schmierstoffen angesehen werden, deren Kennwerte in die Tragfähigkeitsberechnung der Zahnräder eingesetzt werden können. DIN ISO 14635-1, FZG-Prüfverfahren A/8,3/90 für die Bestimmung der relativen Fresstragfähigkeit von Schmierölen, ist hilfreich für die meisten Anwendungen in Industrie- und Schiffsgetriebenen. DIN ISO 14635-2, FZG-Stufentest A10/16,6R/120 zur Bestimmung der relativen Fresstragfähigkeit von hoch EP-legierten Schmierölen, bezieht sich auf die Bestimmung der Fresstragfähigkeit von hochtragfähigen Schmierstoffen, wie sie für die Schmierung von Fahrzeuggetrieben verwendet werden, zum Beispiel in Schaltgetrieben. DIN ISO 14635-3 FZG-Prüfverfahren A/2,8/50 beschreibt eine Methode für die Bestimmung der relativen Fresstragfähigkeit und von Verschleißkennwerten von Getriebefließfetten für geschlossene Getriebe. Andere FZG-Prüfverfahren für die Ermittlung der Tragfähigkeit von Schmierstoffen bezüglich Langsamlauf-Verschleißes, Grauflecken- und Grübchentragfähigkeit von Zahnrädern werden zurzeit unter Normungsgesichtspunkten bearbeitet. Sie können später DIN ISO 14635 als weitere Teile angefügt werden.

Von den Verfassern dieses Prüfverfahrens wird vorausgesetzt, dass jeder, der diese Prüfmethode anwendet, mit der gängigen Prüfstand- und Laborpraxis voll ausgebildet ist oder unter Aufsicht einer solchen Person steht. Der Bediener des Prüfstandes ist dafür verantwortlich, dass alle zutreffenden Gesetze, Verordnungen und Richtlinien beachtet werden.

In der FZG-Zahnrad-Verspannungs-Prüfmaschine werden hochbelastete Wellen und hochbeanspruchte Prüfräder bei hoher Drehzahl betrieben. Für den Schutz des Personals ist entsprechende Vorsorge zu treffen. Gehörschutz wird dringend empfohlen.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt ein Prüfverfahren fest, das auf einer FZG-Zahnrad-Verspannungs-Prüfmaschine zur Ermittlung der relativen Fresstragfähigkeit von Getriebefließfetten, gekennzeichnet durch den Zahnflankenschaden Fressen, durchgeführt wird.

Das hier beschriebenen Prüfverfahren gilt für Getriebefließfette der NLGI-Klassen 0 bis 000, die typischerweise in hochbelasteten, geschlossenen Zahnradgetrieben zum Einsatz kommen. Es kann nur bei solchen Fetten angewendet werden, die genügend Fließvermögen im FZG-Prüfgetriebekasten aufweisen.

ANMERKUNG Diese Prüfmethode ist technisch gleichwertig mit DIN-Fachbericht 74.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 1328-1:1995³, *Cylindrical gears — ISO system of accuracy — Part 1: Definitions and allowable values of deviations relevant to corresponding flanks of gear teeth*

ISO 6743-6, *Lubricants, industrial oils and related products (class L) — Classification — Part 6: Family C (Gears)*

ISO 12925-1, *Lubricants, industrial oils and related products (class L) — Family C (Gears) — Part 1: Specifications for lubricants for enclosed gear systems*

ISO 18265, *Metallic materials — Conversion of hardness values*

ISO 21920-2, *Geometrical product specifications (GPS) — Surface texture: Profile — Part 2: Terms, definitions and surface texture parameters*

ASTM D 235, *Specification for Mineral Spirits (Petroleum Spirits) (Hydrocarbon Dry Cleaning Solvent)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:^{N1}

— ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>

— IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org>

³ Zurückgezogen und ersetzt durch ISO 1328-1:2013.

^{N1} Nationale Fußnote: DIN und DKE stellen unter <https://www.din.de/go/din-term> bzw. <https://www.dke.de/DKE-IEV> terminologische Datenbanken zusätzlich mit passenden Begriffen aus DIN-Normen bereit.

3.1

Fressen

besonders schwere Schadensform an der Zahnflankenoberfläche, gekennzeichnet durch ein Verschweißen der Oberflächenrauheiten von Bereichen einander berührender Zahnflanken infolge Fehlens oder Versagens eines Schmierfilms, wie sie typisch durch hohe Temperatur, hohen Druck und anderen Faktoren verursacht wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Fressen tritt überwiegend bei hohen Gleitgeschwindigkeiten auf. Es kann auch bei geringen Gleitgeschwindigkeiten auftreten, wenn die Flankenpressung sehr hoch ist oder aufgrund von rauen Zahnflankenoberflächen und örtlicher Überlast.

Anmerkung 2 zum Begriff: Es ist darauf zu achten, dass bei der Durchführung der Prüfung aufgetretene Fresszonen durch anschließenden Verschleiß in den höheren Kraftstufen nicht wieder abgetragen werden.

3.2

Verschleiß

kontinuierlicher Abtrag von Material, wenn zwei Oberflächen aufeinander abwälzen

3.3

Fresstragfähigkeit

<eines Schmierstoffs> größte Belastung, die unter definierten Bedingungen ertragen werden kann

3.4

FZG – Prüfbedingung A/2,8/50

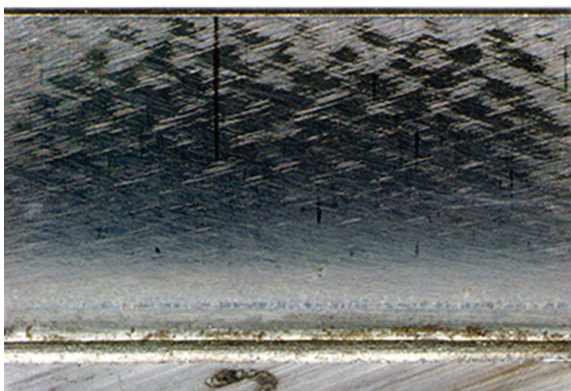
Prüfbedingung, bei der A die besondere Zahnform der Prüfzahnräder nach Tabelle 1; 2,8 die Umfangsgeschwindigkeit am Wälzkreis in m/s und 50 die Anfangstemperatur in °C im Schmierstoffsumpf von Kraftstufe 4 aufwärts ist

3.5

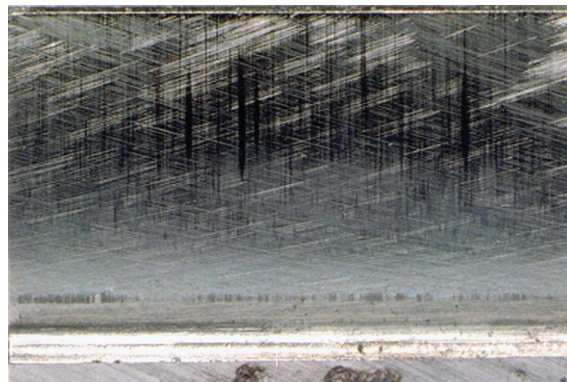
Schadenskraftstufe

Kraftstufe, bei der die Summe der Schäden (Breite aller Riefen und Fresser) an den aktiven Zahnflanken der 16 Ritzelzähne mehr als eine Zahnbreite bzw. 20 mm beträgt

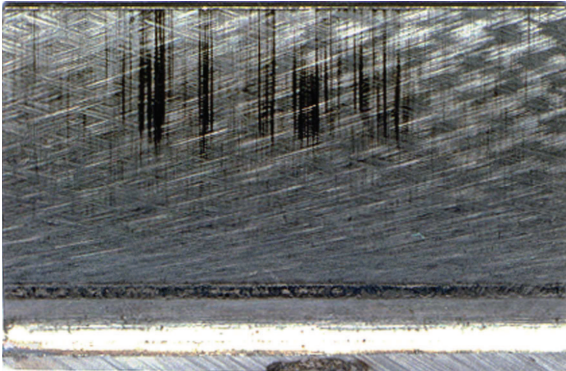
Anmerkung 1 zum Begriff: Beispiele für Zahnflankenschäden sind in Bild 1 gegeben. Beispiele für die Veränderung der Zahnflanken durch Verschleiß sind in Bild 2 gegeben. Kontinuierlicher Verschleiß ist kein Schadenskriterium für diesen Test.



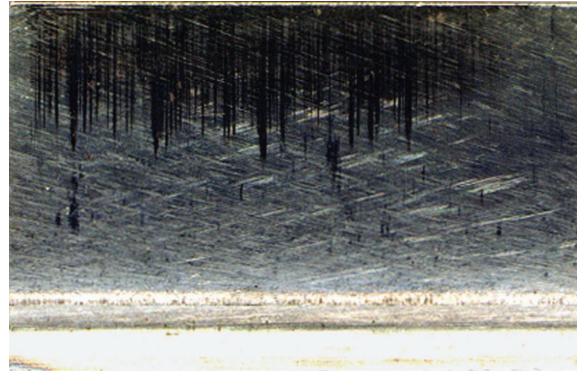
a) Kratzer, kein Schaden



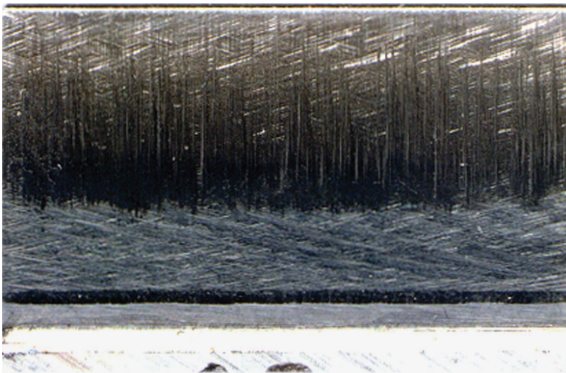
b) Kratzer, kein Schaden



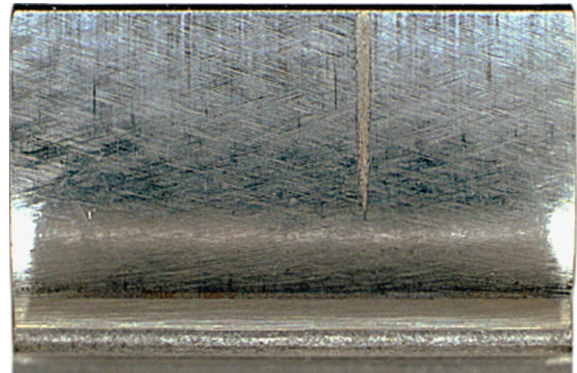
c) etwa 5 mm breiter Schaden



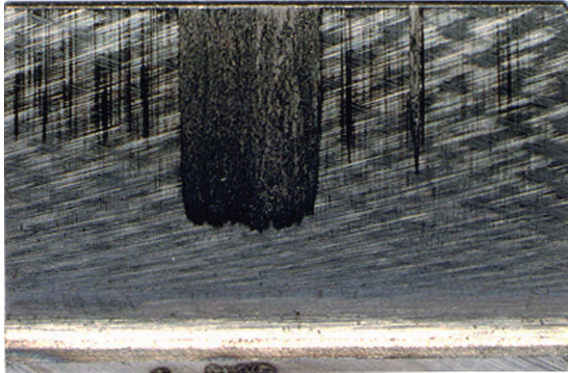
d) etwa 15 mm breiter Schaden



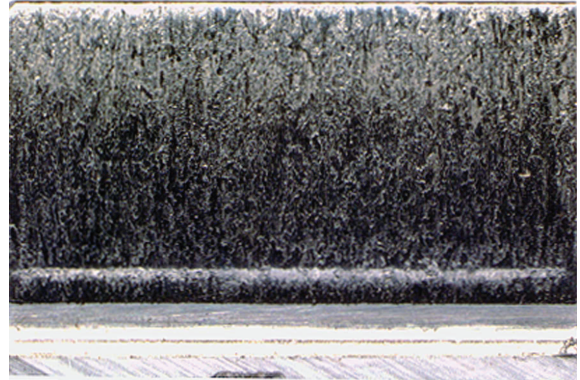
e) 20 mm breiter Schaden



f) etwa 2 mm breiter Schaden



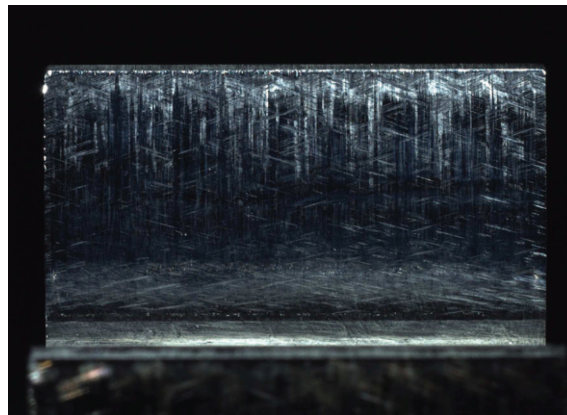
g) etwa 6 mm breiter Schaden



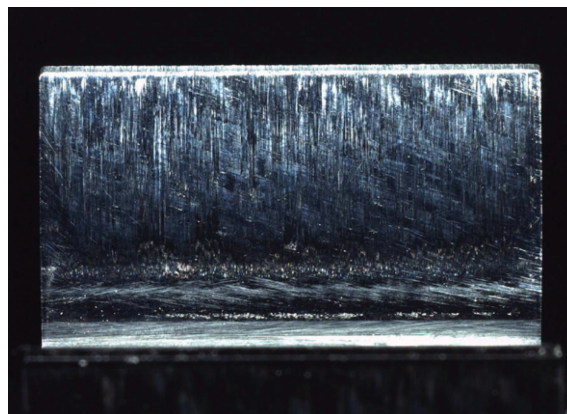
h) 20 mm breiter Schaden

ANMERKUNG Dieses Bild zeigt typische Veränderungen der Ritzel-Zahnflanken, wie sie bei dem hier beschriebenen FZG-Test auftreten. Die Veränderungen des ursprünglichen Oberflächenzustandes (Kreuzschliff) können durch ihr Aussehen beschrieben werden. Der gleiche Flankenschaden kann weltweit mit unterschiedlichen Fachbegriffen (z. B. „Fressen“, „Riefen“ oder „starker Verschleiß“) beschrieben werden. Um Missverständnisse zu vermeiden, die Zahnflankenveränderungen in diesem Test betreffen, werden typische Beispiele für Schäden und keine Schäden im Sinne des Tests gezeigt.

Bild 1 — FZG-Prüfzahnräder Typ A, Zahnflanken-Oberflächenveränderungen (Flankenschäden)



a) leichter Verschleiß



b) mittlerer Verschleiß



c) starker Verschleiß

Bild 2 — Zahnflankenveränderungen der FZG-Prüfzahnräder Typ A durch kontinuierlichen Verschleiß

4 Kurzbeschreibung des Verfahrens

4.1 Allgemeines

Ein Prüfzahnradpaar nach Abschnitt 5, Tabelle 1 und Tabelle 2, dessen Gewicht mit einer Fehlergrenze von 0,001 g vor dem Test bestimmt wurde, läuft in dem zu prüfenden Schmierstoff im Tauchschmiervorgang bei konstanter Drehzahl für eine festgelegte Anzahl von Umdrehungen. Die Belastung der Zahnflanken wird stufenweise gesteigert, siehe Tabelle 3. Mit Beginn der Kraftstufe 5 wird die Anfangstemperatur im Schmierstoffsumpf zwischen $(50 \pm 3)^\circ\text{C}$ geregelt. Während des Prüflaufes in jeder Kraftstufe darf die Schmierstofftemperatur ungeregelt ansteigen. Nach Beendigung der Kraftstufe 4 werden die Ritzelzahnflanken visuell auf Zahnflankenschäden begutachtet und der Masseverlust der Prüfzahnräder mit einer Fehlergrenze von 0,001 g bestimmt. Für jede weitere Kraftstufe wird die Veränderung der Prüfflanken beobachtet und notiert. Die Prüfung ist beendet, wenn die Schädenskraftstufe erreicht oder Kraftstufe 12 ohne Eintreten des Versagenskriteriums durchlaufen ist. Wenn Kraftstufe 12 ohne Erreichen des Schädenskriteriums beendet wurde, wird der Masseverlust des Prüfzahnradpaares mit einer Fehlergrenze von 0,001 g bestimmt.

4.2 Präzision des Verfahrens

Präzisionsangaben für Wiederholbarkeit r und Vergleichbarkeit R wie in ISO 5725-2 beschrieben, sind für dieses Prüfverfahren nicht verfügbar. Die Erfahrung hat gezeigt, dass ähnliche Methoden (siehe ISO 14635-1) für dieses hier beschriebene Prüfverfahren repräsentativ sind.

Die Werte der Wiederholbarkeit (r) und der Vergleichbarkeit (R) in ISO 14635-1 sind:

r 1 Kraftstufe;

R 2 Kraftstufen.

ANMERKUNG Die obigen Ergebnisse der Präzision gelten für die Schädenskraftstufen 5 bis einschließlich 12.

5 Prüfmittel

5.1 Prüfzahnräder

Für die Prüfung muss ein Zahnradpaar vom Typ A, entsprechend den Angaben in Tabelle 1 und Tabelle 2 verwendet werden. Jedes Paar der Prüfzahnräder darf unter Nutzung beider Zahnflankenseiten zweimal verwendet werden.

5.2 Reinigungsflüssigkeit

Siedegrenzenbenzine nach ASTM D 235 müssen verwendet werden.

Tabelle 1 — Verzahnungsdaten der FZG-Prüfzahnräder Typ A

Benennung		Formelzeichen	Zahlenwert	Einheit
Achsabstand		a	91,5	mm
Wirksame Zahnbreite		b	20	mm
Wälzkreisdurchmesser	Ritzel	d_{w1}	73,2	mm
	Rad	d_{w2}	109,8	mm
Kopfkreisdurchmesser	Ritzel	d_{a1}	88,77	mm
	Rad	d_{a2}	112,5	mm
Modul		m	4,5	mm
Zähnezahl	Ritzel	z_1	16	
	Rad	z_2	24	
Profilverschiebungsfaktor	Ritzel	x_1	0,853 2	
	Rad	x_2	-0,5	
Eingriffswinkel		α	20	°
Betriebseingriffswinkel		α_w	22,5	°
Umfangsgeschwindigkeit am Wälzkreis		v_w	2,8	m/s
Kopfeingriffsstrecke	Ritzel	e_{a1}	14,7	mm
	Rad	e_{a2}	3,3	mm
Gleitgeschwindigkeit am Zahnkopf	Ritzel	v_{ga1}	1,85	m/s
	Rad	v_{ga2}	0,42	m/s
Spezifisches Gleiten am Zahnkopf	Ritzel	ζ_{E1}	0,86	
	Rad	ζ_{A2}	0,34	
Spezifisches Gleiten am Zahnfuß	Ritzel	ζ_{A1}	-0,52	
	Rad	ζ_{E2}	-5,96	
Hertzsche Pressung am Wälzkreis		p_c	$14,7 \cdot \sqrt{F_{nt}^a}$	N/mm ²

^a F_{nt} bedeutet die Zahnnormalkraft in N (siehe Tabelle 3).

Tabelle 2 — Ausführung der FZG-Prüfzahnräder Typ A

Werkstoff	Einsatzstahl eingengter Härtebarkeit, auf 2/3 des unteren Streubandes.	
	Werkstoffzusammensetzung:	
	C = 0,13 % bis 0,20 %	Mo = max. 0,12 %
	Si = max. 0,40 %	Ni = max. 0,30 %
	Mn = 1,00 % bis 1,30 %	Al = 0,02 % bis 0,05 %
	P = max. 0,025 %	B = 0,001 % bis 0,003 %
	S = 0,020 % bis 0,035 %	Cu = max. 0,30 %
	Cr = 0,80 % bis 1,30 %	

Tabelle 2 (fortgesetzt)

Wärmebehandlung	Die Prüfzahnräder werden einsatzgehärtet. Die Einsatzhärtungstiefe <i>Eht</i> bei 550 HV 10 muss 0,6 mm bis 0,9 mm betragen. Oberflächenhärte nach dem Anlassen: 60 HRC bis 62 HRC, Kernfestigkeit in Zahnfußmitte: 1 000 N/mm ² bis 1 250 N/mm ² (nach ISO 18265 aus der Brinellhärte ermittelt). Restaustenitgehalt: nominell etwa 20 %
Verzahnungsqualität	Q5 nach ISO 1328-1:1995
Mittenrauwert <i>Ra</i>	<i>Ra</i> wird gesondert für die Rechts- und Linksflanke bestimmt; gemessen an drei Zahnflanken je Rad in Flankenlinienrichtung in Mitte Zahnhöhe; Messung nach ISO 21920-2: Messlänge $l_t = 4,8$ mm; Grenzwellenlänge $\lambda_c = 0,8$ mm; Messgeschwindigkeit $v_t = 0,5$ mm/s; Kufentastsystem Mittlere Rauheit (bezogen auf eine Herstellungsmenge von mindestens 100 Radpaaren) Ritzel: $Ra = 0,35 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$ Rad: $Ra = 0,30 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$ Maximale Rauheit (Mittelwert aus drei Messungen wie oben beschrieben und gültig für 95 von 100 Prüfzahnrädern): Ritzel und Rad: $Ra = 0,5 \mu\text{m}$
Schliff	Maag 15°-Kreuzschliff, mit 154 Schleifhüben je Minute
Flankenkorrektur	keine

6 Geräte

6.1 FZG-Zahnrad-Verspannungs-Prüfmaschine

6.1.1 Die FZG-Zahnrad-Verspannungs-Prüfmaschine ist eine Prüfmaschine mit Leistungskreislauf, die ein bestimmtes Drehmoment (Belastung) für ein Paar hochgenauer Prüfzahnräder bereitstellt. Eine schematische Ansicht der Prüfmaschine ist in Bild 3 und Bild 4 dargestellt. Das Übertragungsgetriebe und das Prüfgetriebe sind durch zwei Torsionswellen kraftschlüssig verbunden. Auf der Welle 1 befindet sich eine Belastungskupplung zur Erzeugung des Prüfdrehmomentes mittels definierter Gewichtstücke, anzuhängen am 0,5 m Hebelarm, wie in Tabelle 3 beschrieben.

6.1.2 Im Prüfgetriebe befinden sich die Heizelemente zur Aufrechterhaltung und zur Regelung der Mindest-Schmierstofftemperatur. Ein Temperaturfühler, der an der Seite des Prüfgetriebes angebracht ist, dient zur Regelung der Heizung, wie sie durch die Prüfbedingungen vorgeschrieben ist.

ANMERKUNG Um eine thermische Zersetzung des Schmierstoffes im Prüfgetriebe zu vermeiden, sollte die maximale Leistung der Heizelemente zwischen 3 W/cm² und 5 W/cm² liegen.

6.1.3 Die Prüfmaschine wird durch einen Elektromotor mit genügend Drehmoment für die Durchführung der Prüfung bei einer Drehzahl von etwa 500 min⁻¹ ± 3 % angetrieben.

6.1.4 Eine Checkliste für die Wartung der FZG-Zahnrad-Verspannungs-Prüfmaschine ist zur Information in Anhang C angegeben.

6.2 Aufheizvorrichtung

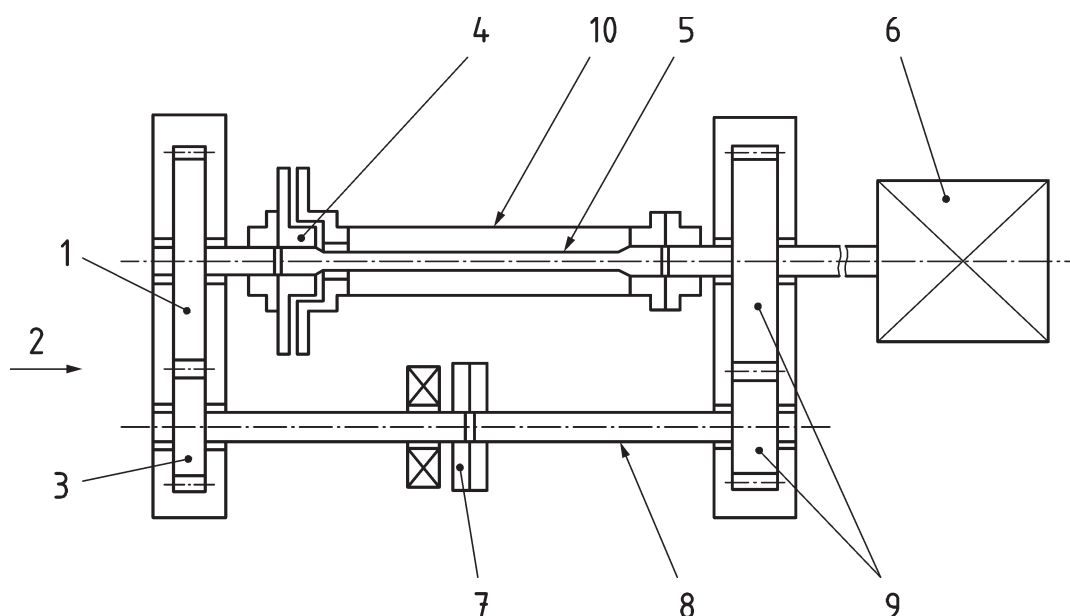
Zur Erwärmung der Prüfzahnräder auf 60 °C bis 80 °C für die Montage auf den Wellen wird eine geeignete Aufheizvorrichtung benötigt.

6.3 Überrollungszähler

Für die Kontrolle der Anzahl von Umdrehungen in jeder Kraftstufe des Prüflaufes muss ein geeigneter Überrollungszähler verwendet werden. Der Zähler sollte im Stande sein, die Prüfmaschine bei der zutreffenden Anzahl von Umdrehungen abzuschalten.

6.4 Waage

Eine geeignete Waage mit einer Mindesttragfähigkeit von 1,3 kg und mit einer Fehlergrenze von mindestens 0,001 g muss zur Bestimmung der Masse des Prüfrades verwendet werden.



Legende

- | | |
|---------------------------|--------------------------------|
| 1 Prüfrad | 6 Antriebsmotor |
| 2 Ansicht A | 7 Belastungskupplung |
| 3 Prüfritzel | 8 Welle 1 (zweiteilig) |
| 4 Torsions-Messkupplung | 9 Übertragungsgetriebe |
| 5 Welle 2 (Torsionswelle) | 10 Außenrohr der Torsionswelle |

Bild 3 — Schema der FZG-Zahnrad-Verspannungs-Prüfmaschine