

DIN EN 62047-20

ICS 49.090; 31.080.01

Einsprüche bis 2012-09-30

Entwurf**Halbleiterbauelemente –
Bauelemente der Mikrosystemtechnik –
Teil 20: Gyroskope (IEC 47F/122/CD:2012)**

Semiconductor devices –
Micro-electromechanical devices –
Part 20: Gyroscopes (IEC 47F/122/CD:2012)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2012-07-23 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise als Datei per E-Mail an dke@din.de in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (Hausanschrift: Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main).

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 102 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Inhalt

	Seite
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Kenngrößen und Kennwerte	6
4.1 Kategorisierung von Gyroskopen	6
4.2 Betriebs-Grenzwerte.....	6
4.3 Nenn-Betriebsbedingungen.....	8
4.4 Wesentliche Merkmals-Kenngrößen	8
5 Messverfahren.....	11
5.1 Skalenfaktor.....	11
5.2 Querachsen-Empfindlichkeit	25
5.3 Bias.....	29
5.4 Ausgangsrauschen.....	39
5.5 Frequenzband	44
5.6 Auflösung.....	50
Anhang A (informativ) Vertrauenswürdigkeit der Messung von Gyroskop-Kenngrößen.....	53
A.1 Winkel und Winkelgeschwindigkeit	53
A.2 Beispiel für mögliche Winkelabweichung nach der Kalibrierung.....	53
Literaturnachweise.....	54
Bilder	
Bild 1 – Beispiel für einen Messaufbau (Blockschaltbild)	12
Bild 2 – Beschaltungsbeispiel.....	13
Bild 3 – Beispiel von Messdaten bei ausgeübter Drehrate.....	14
Bild 4 – Beispiel von Skalenfaktor-Messdaten bei jedem Temperaturwert	16
Bild 5 – Beispiel für das Verhältnis zwischen Skalenfaktor und Skalenfaktor-Temperaturkoeffizient bei jedem Temperaturwert.....	17
Bild 6 – Beispiel für die Messung des ratiometrischen Skalenfaktor-Fehlers	18
Bild 7 – Beispiel für die Messung der Skalenfaktor-Stabilität	20
Bild 8 – Beispiel für die Messung der Skalenfaktor-Symmetrie.....	21
Bild 9 – Messaufbau für die Querachsen-Empfindlichkeit.....	26
Bild 10 – Messprinzip für die Querachsen-Empfindlichkeit	27
Bild 11 – Messaufbau 1 für Bias	30
Bild 12 – Messaufbau 2 für Bias	31
Bild 13 – Messbeispiel für den ratiometrischen Biasfehler.....	33
Bild 14 – Bias-Temperaturempfindlichkeit und Bias-Hysterese	35
Bild 15 – Lineare Bias-Beschleunigungsempfindlichkeit.....	36
Bild 16 – Messaufbau zum Ausgangsrauschen	40
Bild 17 – Beschaltungsbeispiel zum Ausgangsrauschen	41

	Seite
Bild 18 – Frequenz-Leistungsspektrum	42
Bild 19 – Winkeldrift (ARW)	43
Bild 20 – Bias-Instabilität	43
Bild 21 – Messaufbau (Blockschaltbild) für den Frequenzgang	45
Bild 22 – Beschaltungsbeispiel für den Frequenzgang	46
Bild 23 – Frequenzgang-Kurven	47
Bild 24 – Amplitudenüberhöhungs- und Frequenzgang-Kurven	47
Bild 25 – Kalibrierung für den Frequenzgang	49
Tabellen	
Tabelle 1 – Gyro-Kategorien	6
Tabelle 2 – Betriebs-Grenzwerte	7
Tabelle 3 – Nennbetriebsbedingungen	8
Tabelle 4 – Merkmals-Kenngrößen	9
Tabelle 5 – Festzulegende Bedingungen für die Messung des Skalenfaktors	24
Tabelle 6 – Festzulegende Bedingungen für die Bias-Messungen	39
Tabelle 7 – Festzulegende Bedingungen für die Frequenzband-Messung	50
Tabelle 8 – Festzulegende Bedingungen für die Frequenzband-Messung	52

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 47F/122/CD:2012 „Semiconductor devices – Micro-electromechanical devices – Part 20: Gyroscopes“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom SC 47F „Micro-electromechanical systems“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Die IEC und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf prEN nur 2 Monate beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium K 631 „Halbleiterbauelemente“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Halbleiterbauelemente – Bauelemente der Mikrosystemtechnik – Teil 20: Gyroskope

1 Anwendungsbereich

In dieser Internationalen Norm sind Begriffe, Kenngrößen und Merkmale sowie Messverfahren für Gyroskope festgelegt.

Gyroskope werden hauptsächlich in Anwendungsbereichen für Endverbraucher, allgemeine Industrie und Luftfahrt eingesetzt. Die MEMS- (en: micro electro mechanical system) und Halbleiterlaser-Technologien werden für Gyroskopbauteile in großem Umfang verwendet.

In diesem Dokument wird das Gyroskop kurz als Gyro benannt.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. 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).

KEINE

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Schleifring

elektrisch leitender Ring gegen Kohlebürsten, die beibehalten und verwendet werden, um einen Stromfluss von einem sich bewegenden auf einen feststehenden Teil einer Schaltung mithilfe eines schleifenden Kontaktes zu ermöglichen

ANMERKUNG Es sollte beachtet werden, dass der Schleifring eine Quelle für Rauschen sein kann.

3.2

Drehtisch

Rotationstisch

rotierende Einrichtung auf der das Gyro (DUT; en: device under test) während der Messung beansprucht wird

ANMERKUNG Vorzugsweise liefert dieser Tisch eine Winkelgeschwindigkeit (Drehrate) bezüglich der Rotation, die nicht kleiner ist als der Gyro-Erfassungsbereich, und der Tisch ist außerdem für Anpassungsänderungen in der Winkelgeschwindigkeit entsprechend der Mindestauflösung geeignet. Siehe Anhang A für die Verlässlichkeit der Messung des Drehtisches.

3.3

Erd-Winkelgeschwindigkeit

Winkelgeschwindigkeit, die im Inertialraum durch die Erdrotation erzeugt wird

ANMERKUNG Wenn die Winkelgeschwindigkeit im Inertialraum festgelegt mit 23 h und 56 min [siderischer Tag] ist, dann wird eine Referenz 4,098903691 s erhalten, so wie sie durch den International Earth Rotation Service (IERS) festgelegt ist, und folglich beträgt die Winkelgeschwindigkeit der Erde in Inertialraum ungefähr 15,04 °/h. Siehe <http://hpiers.obspm.fr/eop-pc/models/constants.html> zu Einzelheiten dieser Definition.

3.4

Skalenfaktor

Verhältnis der Gyro-Ausgangsspannung oder des digitalen Gyro-Ausgangssignals über der Winkelgeschwindigkeit, die ausgeübt wird (Verhältnis des Gyro-Ausgangssignals zu Gyro-Eingangssignal in der Einheit: V/deg/s oder bit/deg/s)

4 Kenngrößen und Kennwerte

4.1 Kategorisierung von Gyroskopen

In der Tabelle 1 werden die Verwendungen von Gyros mithilfe von Feldanwendungen aufgelistet.

Tabelle 1 – Gyro-Kategorien

Kategorie	Merkmale
1	vorwiegend im Konsumbereich, wo die Abweichungen der (Gyro-)Bias nicht festgelegt sind.
2	vorwiegend im industriellen Bereich, wobei mit einem entsprechenden Wertebereich der (Gyro-)Biasstreuung bemessen und entwickelt wird.
3	vorwiegend im Luftfahrtbereich, wobei mit einer ermittelbaren Erd-Winkelgeschwindigkeit bemessen und entwickelt wird.

4.2 Betriebs-Grenzwerte

In der Tabelle 2 werden die (absoluten) Betriebs-Grenzwerte des Gyro aufgelistet.

Die folgenden in der Tabelle aufgelisteten Merkmalspositionen sind in der Detailspezifikation anzugeben, falls in der entsprechenden Lieferspezifikation nicht anders festgelegt. Beanspruchungen jenseits dieser Grenzwerte können eine der Ursachen dauerhafter Bauteileschädigungen sein.

Tabelle 2 – Betriebs-Grenzwerte

	Kategorie			Angabe			Einheit
	1	2	3	Kleinstwert	Nennwert	Höchstwert	
4.2.1 Lagerungstemperaturbereich	x	x	x	x		x	°C
4.2.2 Betriebstemperaturbereich	x	x	x	x		x	°C
4.2.3 Lagerungs-Luftfeuchtigkeitsbereich Feuchte-(Absorptions)Level (z. B. Level entsprechend Tabelle 5.1 "Moisture Sensitivity Levels" auf Seite 7 in IPC/JEDEC J-STD-020C, [1] angegeben unter Literaturnachweise) für das Reflowlöten sind festzulegen. Diese Angaben sind nicht erforderlich für Bauteile, die nicht reflowgelötet und/oder hermetisch dicht verpackt werden.							%
4.2.4 Mechanischer Schock im Betriebszustand Höchstwert des mechanischen Schocks, bei dem keine dauerhafte Schädigung des Bauteils bei einem entsprechenden Betriebszustand verursacht wird. Beschleunigung, Zeit und Wellenform sind festzulegen.	x	x	x			x	m/s ²
4.2.5 Mechanischer Schock im Ruhezustand Höchstwert des mechanischen Schocks, bei dem keine dauerhafte Schädigung des Bauteils bei einem entsprechenden Ruhezustand verursacht wird. Beschleunigung, Zeit und Wellenform sind festzulegen.	x	x	x			x	m/s ²
4.2.6 Mechanisches Schwingen im Betriebszustand Höchstwert der mechanischen Schwingbeschleunigung und -frequenz, bei dem keine dauerhafte Schädigung des Bauteils bei einem entsprechenden Betriebszustand verursacht wird.	x	x	x			x	m/s ²
4.2.7 Mechanisches Schwingen im Ruhezustand Höchstwert der mechanischen Schwingbeschleunigung und -frequenz, bei dem keine dauerhafte Schädigung des Bauteils bei einem entsprechenden Ruhezustand verursacht wird.	x	x	x			x	m/s ²
4.2.8 Drehraten-Grenzwert Höchstwert der Drehrate, bei dem keine dauerhafte Schädigung des Bauteils bei einem entsprechenden Betriebszustand verursacht wird.	x	x	x			x	deg/s
4.2.9 Winkelbeschleunigungs-Grenzwert Höchstwert der Winkelbeschleunigung, bei dem keine dauerhafte Schädigung des Bauteils bei einem entsprechenden Betriebszustand verursacht wird.	x	x	x			x	deg/s ²
4.2.10 Versorgungsspannungs-Höchstwert Höchstwert der Versorgungsspannung, bei dem keine dauerhafte Schädigung des Bauteils verursacht wird.	x	x	x			x	V
4.2.11 Versorgungsstrom-Höchstwert Höchstwert des Versorgungsstroms, bei dem keine dauerhafte Schädigung des Bauteils verursacht wird. Dieser Grenzwert ist nur für Bauteile festzulegen, die mit Konstantstrom versorgt werden.						x	A
ANMERKUNG x: Pflichtangabe, leer: optionale Angabe							

4.3 Nenn-Betriebsbedingungen

In Tabelle 3 sind die Nennbetriebsbedingungen des Gyro aufgelistet.

Die folgenden Positionen sind in der Detailspezifikation anzugeben, falls in den entsprechenden Lieferspezifikationen nicht anders festgelegt. Diese Bedingungen werden empfohlen als festgelegte Kennwerte unter stabilen Betriebsbedingungen bei der Anwendung der Bauelemente.

Tabelle 3 – Nennbetriebsbedingungen

	Kategorie			Angabe			Einheit
	1	2	3	Kleinstwert	Nennwert	Höchstwert	
4.3.1 Zugesicherter Betriebstemperaturbereich	x	x	x	x		x	°C
4.3.2 Zugesicherter Lagerungs-Luftfeuchtigkeitsbereich	x	x	x	x		x	%
4.3.3 Versorgungsspannungsbereich	x	x	x	x	x	x	V
4.3.4 Gesamtstromaufnahme	x	x	x			x	A
4.3.5 Anlaufstrom			x			x	A
4.3.6 Versorgungsspannungs-Restwelligkeit			x			x	V _{pp}
4.3.7 Andere umgebungsspezifische Bedingungen Empfohlene Bereiche von entsprechenden umgebungsspezifischen Kenngrößen (wie Bedingungen für elektromagnetische Umgebungen, Luftdruck), jeweils festgelegt von einem entsprechenden Kleinstwert bis zu einem Höchstwert.				x		x	
4.3.8 Übersteuerungs-Erholzeit Höchstwert der Übersteuerungs-Erholzeit im Messbereich kleiner als der höchste Betriebsgrenzwert.			x			x	s
ANMERKUNG x: Pflichtangabe, leer: optionale Angabe							

4.4 Wesentliche Merkmals-Kenngrößen

In Tabelle 4 sind die wesentlichen Merkmals-Kenngrößen des Gyro aufgelistet.

Tabelle 4 – Merkmals-Kenngrößen

	Kategorie			Angabe			Einheit
	1	2	3	Kleinstwert	Nennwert	Höchstwert	
4.4.1 Messbereich Messbereich der Drehrate für eine zugesicherte Funktionsfähigkeit.	x	x	x			x	deg/s
4.4.2 Skalenfaktor-Nennwert Skalenfaktor-Nennwert wird auch als Standardempfindlichkeit bezeichnet und sein üblicher Kennwert wird in der Einheit V/deg/s oder bit/deg/s angegeben.	x	x	x		x		V/deg/s oder bit/deg/s
4.4.3 Skalenfaktor-Inertialstreuung Kleinst- und Höchstwert der Streuung der Standardempfindlichkeit bei einer festgelegten Temperatur.		x	x	x		x	%
4.4.4 Skalenfaktor-Streuung bez. Temperatur oder Temperaturkoeffizient des Skalenfaktors Kleinst- und Höchstwert der Standardempfindlichkeit bei einer festgelegten Streuung der Temperatur.		x	x	x		x	%
4.4.5 Ratiometrischer Fehler des Skalenfaktors Höchstwert des Fehlers der Empfindlichkeit bei ausgeübter Spannungsschwankung, die durch betriebliche Instabilitäten der angelegten elektrischen Strom-/Spannungsversorgung verursacht wird.			x			x	%
4.4.6 Linearität						x	%
4.4.7 Skalenfaktor-Stabilität Üblicher Kennwert der Stabilität der Empfindlichkeit bei einem festgelegten Eingangsspannungswert.	n		x		x		*% 1σ
4.4.8 Skalenfaktor-Symmetrie Üblicher Kennwert der Asymmetrie der Empfindlichkeit, festgelegt als Verhältnis der anzuwendenden Empfindlichkeit plus dem Wert der festgelegten Eingangsspannung minus dem Wert einer festgelegten Eingangsspannung, siehe 5.1.3.8.	n		x		x		*%(ppm)
4.4.9 Querachsen-Empfindlichkeit Höchstwert der Querachsen-Empfindlichkeit (siehe 5.2.3 Messprinzip).			x			x	%
4.4.10 Nenn-Bias Üblicher Wert der Standard-Biasspannung oder Bitwert bei einem entsprechend ausgeübten Eingangsspannungswert.	x	x	x		x		V oder bit
4.4.11 Bias-Inertialstreuung Kleinst- und Höchstwert der Standard-Bias bei einer festgelegten Temperatur.			x	x		x	deg/s
4.4.12 Biasstreuung bez. der Temperatur oder Bias-Temperaturkoeffizient Kleinst- und Höchstwert der Standard-Bias bei einer festgelegten Temperaturstreuung.			x	x		x	deg/s

Tabelle 4 – Merkmals-Kenngrößen (fortgesetzt)

	Kategorie			Angabe			Einheit
	1	2	3	Kleinstwert	Nennwert	Höchstwert	
4.4.13 Ratiometrischer Biasfehler Höchstwert des Biasfehlers bei ausgeübter Spannungsschwankung, die durch betriebliche Instabilitäten der angelegten elektrischen Strom-/Spannungsversorgung verursacht wird.			x			x	V
4.4.14 Bias-Wiederholpräzision (Einschalt- zu Ausschaltzustand) Kleinst- und Höchstwert der Biasschwankung einer Periode während des Wechsels vom eingeschalteten zum ausgeschalteten Zustand.			x	x		x	deg/s
4.4.15 Bias-Hysterese Höchstwert der Bias-Hysterese bei einer festgelegten Temperaturstreuung.			x			x	deg/s
4.4.16 Lineare g-Empfindlichkeit Höchstwert des geänderten Biaswertes bei Betriebsbedingungen bei einer festgelegten konstanten Beschleunigung.			x			x	deg/s/g
4.4.17 Biasdrift nach dem Einschalten Höchstwert der Biasdrift während des Einschaltens bei angelegter Strom-/Spannungsversorgung.			x			x	deg/s
4.4.18 (Innen-)Bandrauschen (in band noise) Rauschen am Ausgang innerhalb des Bandes bei stabilem Betriebszustand			x			x	deg/SRMS
4.4.19 Breitbandrauschen Breitbandrauschen am Ausgang bei stabilem Betriebszustand.			x			x	deg/SRMS
4.4.20 Winkeldrift (ARW; en: angular random walk) Streuung des Gyro-Ausgangssignals infolge Rauschens.			x			x	deg/SRMS
4.4.21 Bias-Instabilität			x			x	deg/SRMS
4.4.22 Anlaufdauer Dauer, die erforderlich ist, bis der Gyro den festgelegten Ausgangssignalwert nach dem Einschalten erreicht.			x			x	s
4.4.23 Frequenzband Frequenzgangkurve	x	x	x	x			Hz
4.4.24 Resonanzüberhöhung Höchstwert der Amplitudenüberhöhung des Frequenzgangs bei einer festgelegten Frequenz. Liefert einen festgelegten Frequenzwert.						x	dB bei Hz
4.4.25 Auflösung Erkennbare kleinste Änderung in der Eingangs-Drehrate.			x	x			deg/s
ANMERKUNG x: Pflichtangabe, leer: optionale Angabe, n: nicht erforderlich							

5 Messverfahren

5.1 Skalenfaktor

5.1.1 Zweck

Festlegen des Messverfahrens für den Gyro-Skalenfaktor.

5.1.2 Messaufbau (Blockschaltbild)

Im Bild 1 wird ein Aufbaubeispiel für die Empfindlichkeits-Messeinrichtung und im Bild 2 ein Beispiel für die Beschaltung (Verdrahtung) gezeigt. Der Messaufbau besteht aus dem zu messenden Gyro und den im Folgenden aufgeführten Geräten. Weiterhin sind Positionen zur Erinnerung unten beschrieben.

Temperaturgeregelte Kammer: Diese sollte geeignet sein, für den Gyro eine festgelegte Umgebungstemperatur aufrecht zu halten. Allerdings sollte der geregelte Temperaturbereich größer sein als der Betriebstemperaturbereich des Gyro.

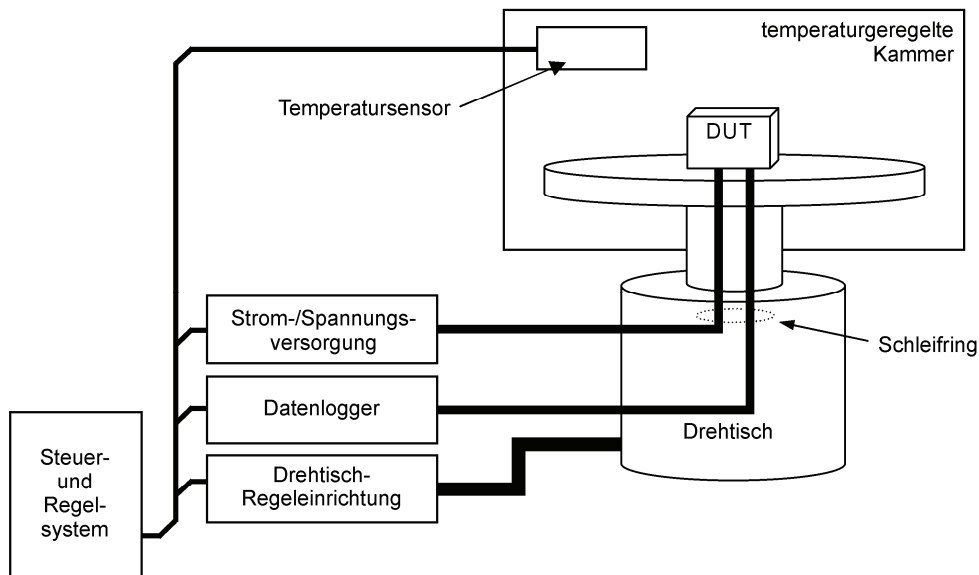
Temperatursensor: Geeignet für das Messen der Temperatur in der temperaturgeregelten Kammer. Es kann ein Temperatursensor verwendet werden, der bereits in der temperaturgeregelten Kammer eingebaut ist.

Strom-/Spannungsversorgung für den Gyro: Geeignet für die erforderliche Versorgung des Gyro mit Strom und Spannung, wobei der Schwankungsbereich der Restwelligkeitsspannung am Ausgang usw. die Anforderungen des Gyro im Versorgungszustand erfüllen sollte.

Datenaufzeichnungssystem: Messgerät bzw. Messsystem, das auf die Ausgangskonfiguration des Gyro eingestellt ist. Z. B. wird ein Digitalmultimeter oder Datenrekorder (Datenlogger) verwendet, wenn der Gyro einen Analogausgang hat.

Regeleinrichtung für den Drehtisch: Regeleinrichtung, mit der die Eingangs-Drehrate, die der Drehtisch bereitstellt, regelt.

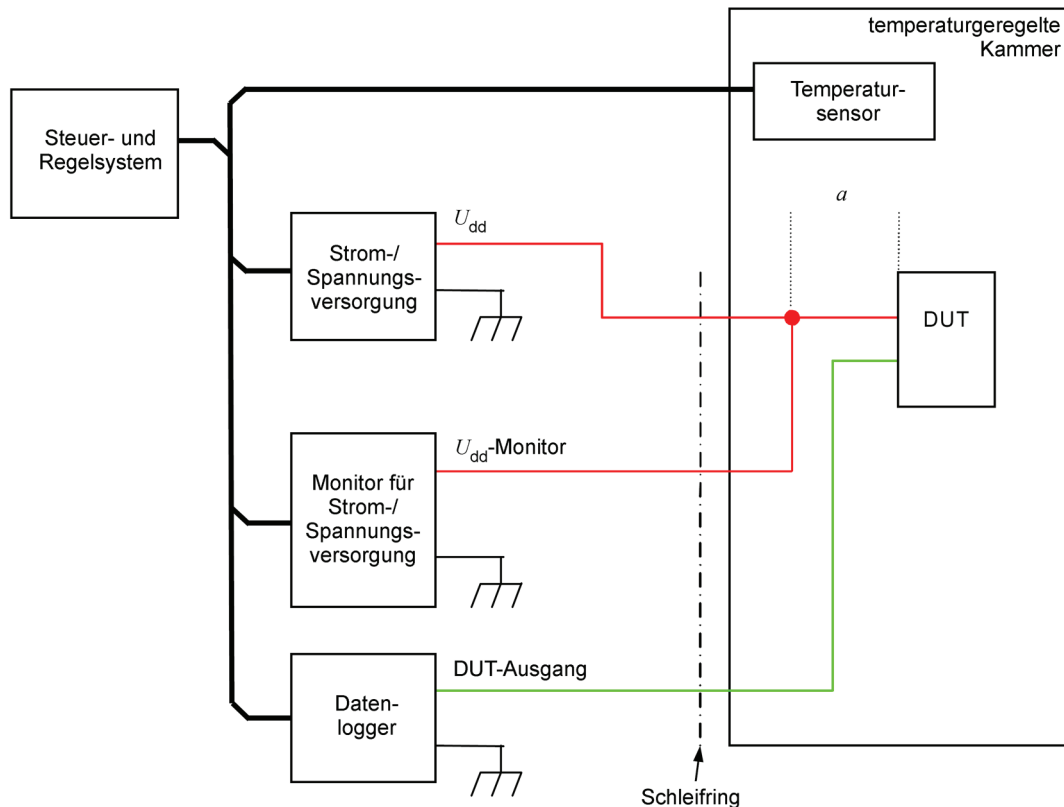
Steuer- und Regelsystem für Messung: Ein umfassendes System für die automatische Regelung der Strom-/Spannungsversorgung, des Gyro, des Datenaufzeichnungssystems und der Regeleinrichtung des Drehtisches. Das ist bei manuellem Betreiben nicht erforderlich.



Legende

DUT, zu messendes Bauteil:	Gyroskop-Bauteil
Drehtisch:	rotierender Tisch
temperaturgeregelte Kammer:	zum Bereitstellen einer festgelegten Temperatur am DUT
Temperatursensor:	zum Überwachen der Umgebungstemperatur in der Kammer
Strom-/Spannungsversorgung:	zur elektrischen Energieversorgung für den Betrieb des DUT
Datenlogger:	zum Aufzeichnen der Daten während der Messung
Drehtisch-Regleinrichtung:	zum Einstellen festgelegter Rotationsbedingungen des Drehtischs
Steuer- und Regelsystem:	zum Steuern und Regeln der Messeinrichtung während der Messung
Schleifring:	definiert in 3.1

Bild 1 – Beispiel für einen Messaufbau (Blockschaltbild)



Legende

DUT:	Gyroskop-Bauteil
temperaturgeregelte Kammer:	zum Bereitstellen einer festgelegten Temperatur am DUT
Thermometer:	zum Überwachen der Umgebungstemperatur in der Kammer
Strom-/Spannungsversorgung:	zur elektrischen Energieversorgung für den Betrieb des DUT
Versorgungs-Überwachung:	zum Überwachen der Strom-/Spannungsversorgung
Datenlogger:	zum Aufzeichnen der Daten während der Messung
Steuer- und Regelsystem:	zum Steuern und Regeln der Messeinrichtung während der Messung
Schleifring:	Position des Schleifrings (bei Verwendung eines Schleifrings)
A:	Feedbackposition der Strom-/Spannungsversorgung ~ Position des Gyro-Versorgungsanschlusses (Länge der Zuleitung sollte so kurz wie möglich sein.)
U_{dd} :	Versorgungsspannung
U_{dd} -Monitor:	
DUT-Ausgang:	Ausgangsanschluss des DUT (Gyro)

Bild 2 – Beschaltungsbeispiel

5.1.3 Messprinzip

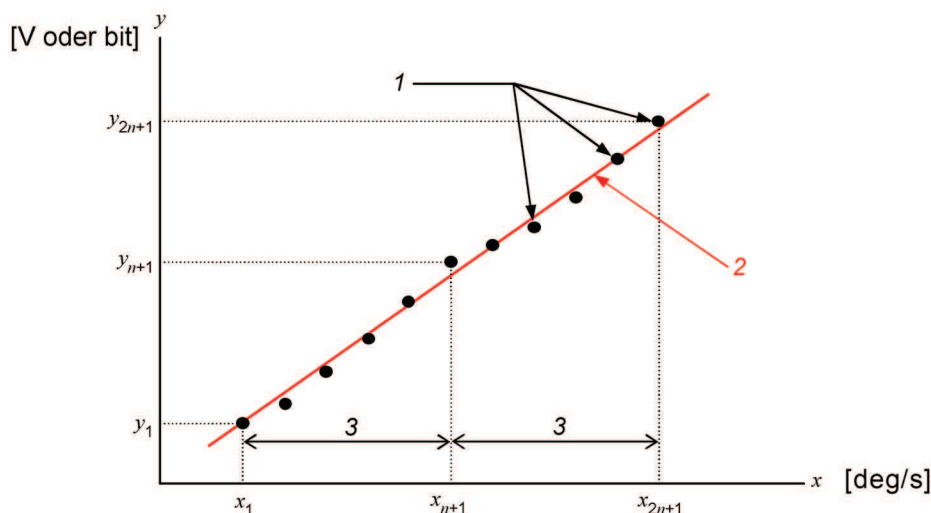
5.1.3.1 Skalenfaktor

Entsprechend dem Messaufbau nach Bild 1, wobei der Gyro mit einer festgelegten Messtemperatur T_{BASE} (festgelegte Temperatur, bereitgestellt als Mittelwert zwischen den festgelegten Kleinst- und Höchstwerten der Betriebstemperatur: Siehe Bild 4) und einer festgelegten Versorgungsspannung U_{BASE} , einer ausgeübten Drehrate $x_1, x_2, \dots, x_{2n+1}$, die den unteren und höheren Anzeige-Halbbereich des Gyro n -verteilt gliedern wie z. B. $x_1, x_2, \dots, x_n$ (vorzugsweise $n \geq 5$) und den zur festgestellten Eingangs-Drehrate korrespondierenden

Ausgangssignalwerten der Drehrate $y_1, y_2, \dots, y_{2n+1}$, die in der Einheit V/deg/s bzw. bit/deg/s angegeben wird.

Der Hersteller kann den Wert " n " zwar festlegen, trotzdem kann der Wert geändert werden, falls es basierend auf vereinbarten Spezifikationen zwischen dem Hersteller und dessen Kunden notwendig wird.

Im Bild 3 wird ein Beispiel von Messdaten gezeigt. Die Abkürzungssymbole CCW und CW in diesem Bild stellen die Linksrotation (entgegen Uhrzeigersinn, en: counter clockwise) und die Rechtsrotation (im Uhrzeigersinn, en: clockwise) dar. (Im Bild 3 wird das Beispiel als mit $n = 5$ geteilt und einer Gesamtzahl von 11 Datenpunkten im stationären Zustand dargestellt.) Der Skalenfaktor wird auf Basis dieser Messpunkte mithilfe einer Berechnung erhalten. Da allerdings die gewonnenen Messdaten nicht auf einer Geraden liegen, so wie im Bild 3 gezeigt, ist eine Gerade auf Grundlage der Methode der kleinsten Abweichungsquadrate zu berechnen (diese Gerade wird hier als am besten angepasste Gerade (Ausgleichsgerade) bezeichnet).



Legende

- 1 Messpunkte bei einer ausgeübten Drehrate
- 2 Ausgleichsgerade
- 3 unterteilt in festgelegte Intervalle von " n "
- x x-Achse, Eingangs-Drehrate in der Einheit deg/s
- x_1 höchster festgestellter CCW-Wert
- x_{n+1} stationärer Zustand
- x_{2n+1} höchster festgestellter CW-Wert der Eingangs-Drehrate
- y y-Achse, Gyro-Ausgangssignal in der Einheit V bzw. Bit
- y_1 CCW-seitiger höchster Ausgangssignalwert
- y_{n+1} Ausgangssignalwert im stationären Zustand
- y_{2n+1} CW-seitiger höchster Ausgangssignalwert

Bild 3 – Beispiel von Messdaten bei ausgeübter Drehrate

Hier wird der Gyro-Ausgangssignalwert an jedem Messpunkt durch „ y_i “ dargestellt und die Drehrate am Gyro-Eingang wird durch „ x_i “ dargestellt. Die Konstanten für die Ausgleichsgerade „ $y = a_{\text{BASE}} \times x + b_{\text{BASE}}$ “ werden wie folgt berechnet:

$$a_{\text{BASE}} = \frac{(2n+1) \sum_{i=1}^{2n+1} x_i y_i - \sum_{i=1}^{2n+1} x_i \sum_{i=1}^{2n+1} y_i}{(2n+1) \sum_{i=1}^{2n+1} x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{2n+1} x_i \right)^2} \quad (1)$$

$$b_{\text{BASE}} = \frac{\sum_{i=1}^{2n+1} x_i^2 \sum_{i=1}^{2n+1} y_i - \sum_{i=1}^{2n+1} x_i y_i \sum_{i=1}^{2n+1} x_i}{(2n+1) \sum_{i=1}^{2n+1} x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{2n+1} x_i \right)^2} \quad (2)$$

Die Steigung „ a_{BASE} “ der Ausgleichsgerade für dieses Ereignis ist der Skalenfaktor unter den Bedingungen einer Referenz-Messtemperatur „ T_{BASE} “ und einer Referenz-Versorgungsspannung „ U_{BASE} “.

5.1.3.2 Skalenfaktor-Initialstreuung

Diese zeigt den Streuungswert zwischen dem Skalenfaktor „ a_{BASE} “ und dem Nenn-Skalenfaktor (Standardwert des Skalenfaktors) „ a_{TYP} “ unter den Bedingungen der Referenz-Messtemperatur „ T_{BASE} “ und der Referenz-Versorgungsspannung „ U_{BASE} “ des Gyro.

Hier wird die Streuung des Initial-Skalenfaktors „ SF_Var_{BASE} “ wie folgt berechnet:

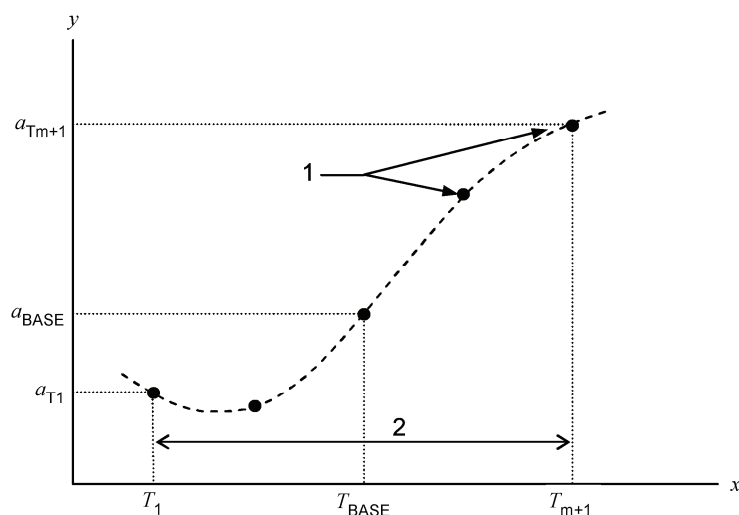
$$SF_Var_{\text{BASE}} = \frac{a_{\text{BASE}} - a_{\text{TYP}}}{a_{\text{TYP}}} \times 100 \quad (\% \text{ von Nennskalenfaktor}) \quad (3)$$

5.1.3.3 Streuung des Skalenfaktors bezüglich der Temperatur

Wenn der Betriebstemperaturbereich des Gyro m -verteilt mit $T_1, T_2, \dots, T_{m+1}$ (vorzugsweise $m \geq 4$) unter der Bedingung der Referenz-Versorgungsspannung des Gyro „ U_{BASE} “ gegliedert wird und der Skalenfaktor, der bei jedem Temperaturwert von $T_1, T_2, \dots, T_{m+1}$ erhalten wird, durch „ $a_{T1}, a_{T2}, \dots, a_{Tm+1}$ “ ausgedrückt wird, dann stellt der Streuungswert zwischen diesen Werten und „ a_{BASE} “ den Temperaturfehler bezüglich jedes Temperaturwertes dar.

Der Hersteller kann den Wert „ m “ zwar festlegen, trotzdem kann der Wert geändert werden, falls es basierend auf vereinbarten Spezifikationen zwischen dem Hersteller und dessen Kunden notwendig wird.

Im Bild 4 wird ein Beispiel für Skalenfaktor-Messdaten gezeigt. (Im Bild 4 wird das Beispiel als mit $m = 4$ und einem das mit $m = 3$ geteilt zur Referenz-Messtemperatur dargestellt).



Legende

1	Skalenfaktor bei jedem Temperaturwert
2	unterteilt in m Abschnitte
x	x-Achse: Umgebungstemperatur am Gyro
T_1	unterer Betriebstemperaturwert
T_{BASE}	Referenz-Messtemperatur
T_{m+1}	Höchstwert der Betriebstemperatur
y	y-Achse, Gyro-Skalenfaktorwert
a_{T1}	Skalenfaktor bei kleinster Betriebstemperatur
a_{BASE}	Skalenfaktor bei Referenz-Messtemperatur
a_{Tm+1}	CW bei höchster Betriebstemperatur

Bild 4 – Beispiel von Skalenfaktor-Messdaten bei jedem Temperaturwert

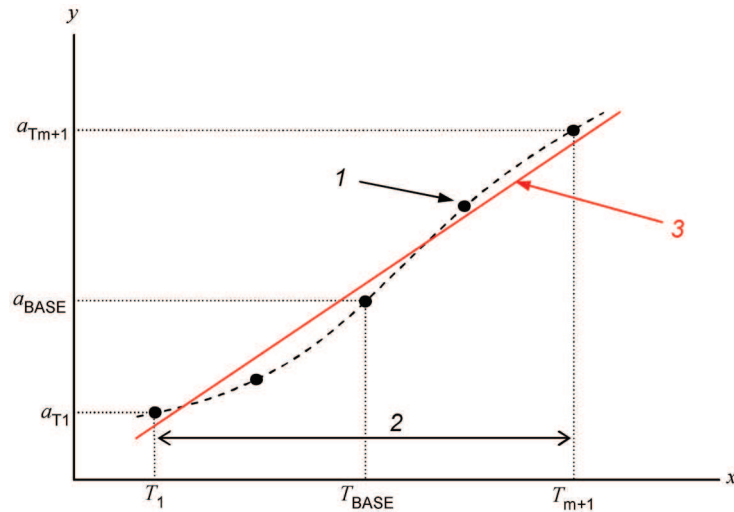
Wenn hier der Skalenfaktor bei jedem Temperaturwert „ T_i “ durch „ a_{Ti} “ dargestellt wird, dann wird die Streuung des Skalenfaktors bezüglich der Temperatur „ SF_Var_{Ti} “ wie folgt berechnet:

$$SF_Var_{Ti} = \frac{a_{Ti} - a_{BASE}}{a_{BASE}} \times 100 \quad (\% \text{ von Initialskalenfaktor}) \quad (4)$$

Die obige Berechnung wird für jeden Temperaturwert „ $T_1, T_2, \dots, T_{m+1}$ “ und dem Wert „ SF_Var_{Ti} “ durchgeführt und somit wird die Skalenfaktor-Streuung für jeden Temperaturwert, der gleich „ T_i “ ist, erhalten.

5.1.3.4 Temperaturkoeffizient für den Skalenfaktor

Die Steigung der Temperaturänderung für die Skalenfaktor-Streuung über die Temperatur unter der Bedingung der Referenz-Versorgungsspannung „ U_{BASE} “ des Gyro ist der Temperaturkoeffizient des Skalenfaktors. Im Bild 5 wird ein Beispiel gezeigt.



Legende

- 1 Skalenfaktor bei jedem Temperaturwert
- 2 unterteilt in m Abschnitte
- 3 Ausgleichsgerade (Temperaturkoeffizient = TC_{SF})
- x x-Achse: Umgebungstemperatur am Gyro
- T_1 unterer Betriebstemperaturwert
- T_{BASE} Referenz-Messtemperatur
- T_{m+1} Höchstwert der Betriebstemperatur
- y y-Achse, Gyro-Skalenfaktorwert
- a_{T1} Skalenfaktor bei kleinster Betriebstemperatur
- a_{BASE} Skalenfaktor bei Referenz-Messtemperatur
- a_{Tm+1} CW bei höchster Betriebstemperatur

Bild 5 – Beispiel für das Verhältnis zwischen Skalenfaktor und Skalenfaktor-Temperaturkoeffizient bei jedem Temperaturwert

Für „ $a_{T1}, a_{T2}, \dots, a_{Tm+1}$ “, die entsprechend 5.1.3.3 erhalten werden, wird die am besten angepasste Gerade (Ausgleichsgerade) „ $y = TC_{SF} \times x + c$ “ über die Methode der kleinsten Abweichungsquadrate erhalten.

$$TC_{SF} = \frac{(m+1) \sum_{i=1}^{m+1} T_i a_{T_i} - \sum_{i=1}^{m+1} T_i \sum_{i=1}^{m+1} a_{T_i}}{(m+1) \sum_{i=1}^{m+1} T_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{m+1} T_i \right)^2} \quad (5)$$

$$c = \frac{\sum_{i=1}^{m+1} T_i^2 \sum_{i=1}^{m+1} a_{T_i} - \sum_{i=1}^{m+1} T_i a_{T_i} \sum_{i=1}^{m+1} T_i}{(m+1) \sum_{i=1}^{m+1} T_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{m+1} T_i \right)^2} \quad (6)$$

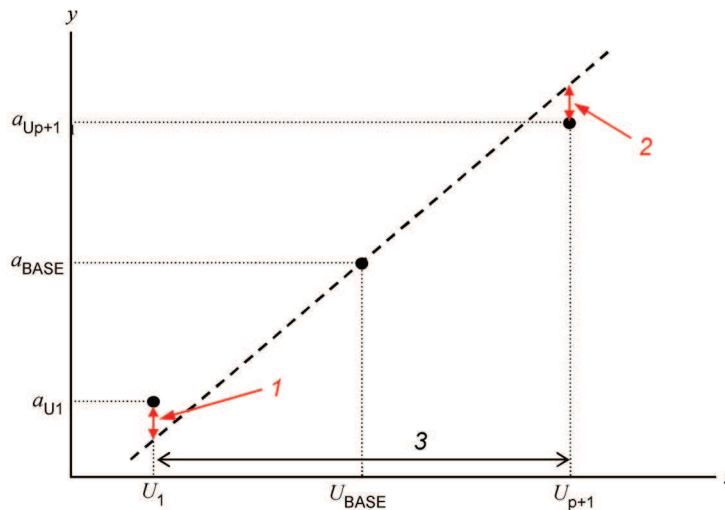
Die Steigung „ TC_{SF} “ der Ausgleichsgerade für dieses Ereignis ist der Skalenfaktor-Temperaturkoeffizient.

5.1.3.5 Ratiometrischer Fehler des Skalenfaktors

Wenn der Betriebsspannungsbereich des Gyro p -verteilt wird (vorzugsweise $p \geq 2$), und zwar unter der Bedingung der Referenz-Messtemperatur des Gyro „ T_{BASE} “, dann wird bei jeder Versorgungsspannung „ $U_1, U_2, \dots, U_{p+1}$ “ der Skalenfaktor zu „ $a_{U1}, a_{U2}, \dots, a_{Up+1}$ “.

Der Hersteller kann den Wert „ p “ zwar festlegen, trotzdem kann der Wert geändert werden, falls es basierend auf vereinbarten Spezifikationen zwischen dem Hersteller und dessen Kunden notwendig wird.

Im Bild 6 wird ein Beispiel für den ratiometrischen Fehler von Skalenfaktor-Messdaten gezeigt. (Im Bild 6 wird das Beispiel als mit $p = 2$ dargestellt, wobei $p = 2$ als Referenz-Versorgungsspannung betrachtet wird).



Legende

- 1 ratiometrischer Fehler (R_Error_{U1})
- 2 ratiometrischer Fehler (R_Error_{Up+1})
- 3 Teilung in p Segmente
- x x-Achse: Gyro-Betriebsspannung
- U_1 Kleinstwert der Betriebsspannung
- U_{BASE} Referenz-Betriebsspannung
- U_{p+1} Höchstwert der Betriebsspannung
- y y-Achse, Gyro-Skalenfaktorwert
- a_{U1} Skalenfaktor beim Kleinstwert der Betriebsspannung
- a_{BASE} Skalenfaktor bei Referenz-Betriebsspannung
- a_{Up+1} Skalenfaktor beim Höchstwert der Betriebsspannung

Bild 6 – Beispiel für die Messung des ratiometrischen Skalenfaktor-Fehlers

In diesem Fall wird der ratiometrische Fehler des Skalenfaktors „ $R_Error_{U_i}$ “ wie folgt berechnet:

$$R_Error_{U_i} = \frac{\left| a_{U_i} - (a_{\text{BASE}}) \times \left(\frac{U_i}{U_{\text{BASE}}} \right) \right|}{a_{\text{BASE}}} \times 100 \quad (\% \text{ vom Skalenfaktor bei Nennversorgungsspannung}) \quad (7)$$

Die oben angeführte Berechnung wird für jeden Spannungswert „ $U_1, U_2, \dots, U_{p+1}$ “ durchgeführt und der dabei erhaltene Wert „ $R_Error_{U_i}$ “ ist der ratiometrische Fehler für den Skalenfaktor bei der Spannung „ U_i “.

5.1.3.6 Linearität

Dies ist ein Wert, der den Betragswert der Streuung zwischen den gemessenen Ausgangssignalwerten und den Werten der Ausgleichsgeraden unter den Bedingungen der Referenz-Messtemperatur „ T_{BASE} “ und der Referenz-Versorgungsspannung des Gyro „ U_{BASE} “ entsprechend 5.1.3.1 zeigt.

Der Linearitätsfehler „ LI_Error_i “ bei einer festgelegten Drehrate wird berechnet, wenn eine bestimmte Drehrate „ x_i “ addiert wird und der Gyro-Ausgangssignalwert durch „ y_i “ dargestellt wird, dann wird der Kennwert über die Ausgleichsgerade „ $a_{BASE} \times x_i + b_{BASE}$ “ und dem Gyro-Anzeigebereich, dargestellt durch „ $Full_Scale$ “, wie unten gezeigt berechnet.

$$LI_Error_i = \frac{\left| y_i - (a_{BASE} \times x_i + b_{BASE}) \right|}{Full_Scale} \times 100 \quad (\% \text{ vom } Full_Scale) \quad (8)$$

Hier wird der Fall aus dem Bild 3 betrachtet mit

$$Full_Scale = y_{MAXCW} - y_{MAXCCW} = y_{2n+1} - y_1 \quad (9)$$

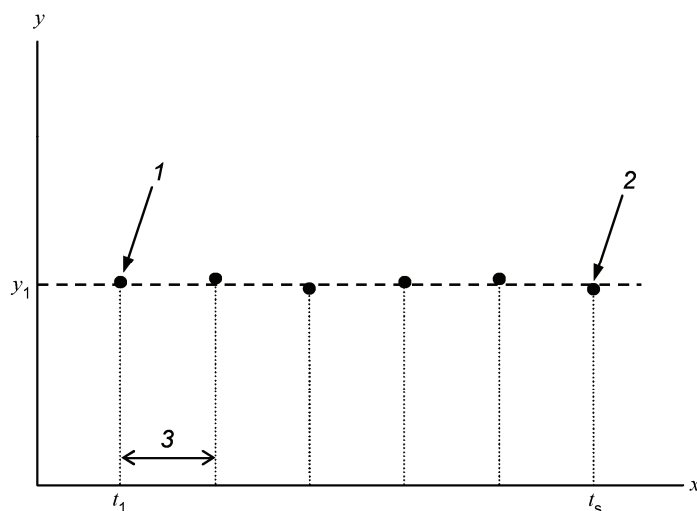
Die oben angeführte Berechnung wird für jeden Messpunkt „ $y_1, y_2, \dots, y_{2n+1}$ “ durchgeführt. Der erhaltene Wert „ LI_Error_i “ ist der Linearitätsfehler für jeden Wert der Drehrate y_i .

5.1.3.7 Skalenfaktor-Stabilität

Dies ist der Wert, der den Betrag der Stabilität zeigt, während der Gyro mit einer konstanten Drehrate unter der Bedingung der Referenz-Messtemperatur „ T_{BASE} “ und der Referenz-Versorgungsspannung des Gyro „ U_{BASE} “ rotiert. Die Drehrate „ x_i “ (x_i ist die Drehrate für einen Wert aus $x_1, x_2, \dots, x_{q+1}$) ist gegeben, wobei der Anzeigebereich des Gyro in q Segmente unterteilt ist, und der Ausgangs-Signalwert „ y_i “ (y_i ist der Ausgangs-Signalwert für einen Wert aus $y_1, y_2, \dots, y_{q+1}$) wird kontinuierlich bei konstantem Abtastintervall „ r “ während der Abtastzahl „ s “ gemessen. (Folglich wird die Messdauer angegeben mit $r \times s$.)

Der Hersteller kann die Werte „ q “, „ r “ und „ s “ zwar festlegen, trotzdem können sie geändert werden, falls es basierend auf vereinbarten Spezifikationen zwischen dem Hersteller und dessen Kunden notwendig wird.

Im Bild 7 wird ein Beispiel von Messdaten für die Skalenfaktor-Stabilität gezeigt. (Bild 7 ist eine erklärende Darstellung, die die Ausgangsstabilität bei einer Eingangs-Drehrate „ x_i “ zeigt.

**Legende**

- 1 Ausgangssignal bei Messbeginn (y_{i_1})
- 2 Ausgangssignal bei Messende (y_{i_s})
- 3 Abtastintervall (Samplingintervall)
- x x-Achse: Zeit
- t_1 Zeitpunkt des Messbeginns
- t_s Zeitpunkt der Messendes
- y y-Achse, Gyro- Ausgangssignalwert
- y_i Gyro-Ausgangssignalwert unter konstanter Drehrate

Bild 7 – Beispiel für die Messung der Skalenfaktor-Stabilität

Wenn die Messdatengruppen der Gyro-Ausgangssignalwerte bei einer Eingangs-Drehrate „ x_i “ durch „ y_{i_1} , y_{i_2} , y_{i_3} , ..., y_{i_s} “ dargestellt werden und der Anzeigebereich durch „ $Full_Scale$ “ dargestellt wird, dann wird die Stabilität „ δ_i “ für diese Werte wie folgt berechnet:

$$\delta_i = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{j=1}^s (y_{i_j} - \bar{y}_i)^2}{s}}}{Full_Scale} \times 100 \quad (\% \text{ vom } Full_Scale) \quad (10)$$

$$\bar{y}_i = \frac{1}{s} \times \sum_{j=1}^s y_{i_j} \quad (11)$$

Hier wird das Beispiel von Bild 3 betrachtet. Dann wird

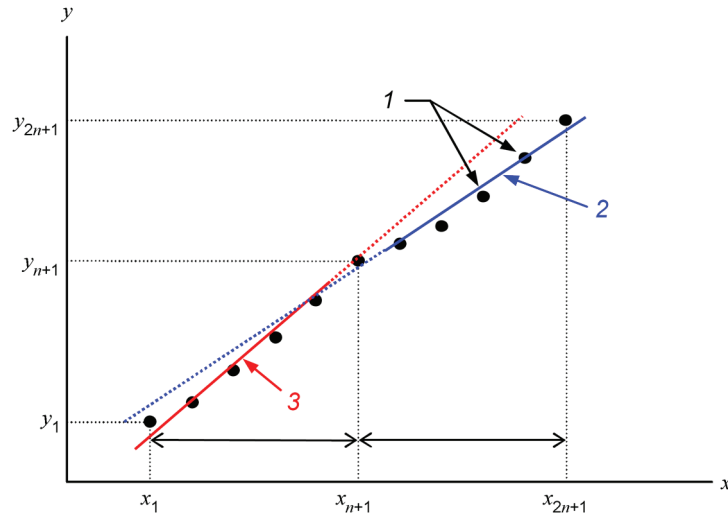
$$Full_Scale = y_{MAXCW} - y_{MAXCCW} = y_{2n+1} - y_1 \quad (12)$$

erhalten.

Die oben angeführte Berechnung ist für jede einzustellende Drehrate „ x_1 , x_2 , ..., x_{q+1} “ durchzuführen. Der erhaltene Wert „ δ_i “ ist die Skalenfaktor-Stabilität für jeden Drehratenwert „ x_i “. Allerdings ist diese Messung im stationären Zustand nicht anwendbar.

5.1.3.8 Skalenfaktor-Symmetrie

Dies ist ein Wert, der die Differenz bei Skalenfaktorwerten zeigt, die erhalten werden, wenn die Ausgleichsgerade mit den Messdaten berechnet wird, und zwar getrennt einmal nach CW-Daten (rechtsdrehend) und das andere Mal nach CCW-Daten (linksdrehend) unter den Bedingungen der Referenz-Messtemperatur „ T_{BASE} “ und der Referenz-Versorgungsspannung „ U_{BASE} “ des Gyro nach 5.1.3.1.



Legende

- 1 Gruppen von Messdaten, wenn eine Drehrate ausgeübt wird
- 2 Ausgleichsgerade (CW)
- 3 Ausgleichsgerade (CCW)
- X x-Achse: Eingangs-Drehrate
- x_1 höchster Eingangs-Drehratenwert bezüglich CCW
- x_{n+1} Ruhezustand
- x_{2n+1} höchster Eingangs-Drehratenwert bezüglich CW
- Y y-Achse, Gyro-Ausgangssignalwert
- y_1 CCW-seitiger Ausgangs-Höchstwert
- y_{n+1} Ausgangswert im Ruhezustand
- y_{2n+1} CW-seitiger Ausgangs-Höchstwert

Bild 8 – Beispiel für die Messung der Skalenfaktor-Symmetrie

In dem Fall von Bild 8 dargestellten Beispiel werden die Ausgleichsgeraden bezüglich CW bzw. CCW dargestellt durch „ $y_i = a_{CW} \times x_i + b_{CW}$ “ bzw. „ $y_i = a_{CCW} \times x_i + b_{CCW}$ “. Sie werden wie folgt berechnet:

$$a_{CW} = \frac{n \sum_{i=n+2}^{2n+1} x_i y_i - \sum_{i=n+2}^{2n+1} x_i \sum_{i=n+2}^{2n+1} y_i}{n \sum_{i=n+2}^{2n+1} x_i^2 - \left(\sum_{i=n+2}^{2n+1} x_i \right)^2} \quad (13)$$

$$b_{CW} = \frac{\sum_{i=n+2}^{2n+1} x_i^2 \sum_{i=n+2}^{2n+1} y_i - \sum_{i=n+2}^{2n+1} x_i y_i \sum_{i=n+2}^{2n+1} x_i}{n \sum_{i=n+2}^{2n+1} x_i^2 - \left(\sum_{i=n+2}^{2n+1} x_i \right)^2} \quad (14)$$

$$a_{CCW} = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=n+2}^{2n+1} x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2} \quad (15)$$

$$b_{CCW} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 \sum_{i=1}^n y_i - \sum_{i=1}^n x_i y_i \sum_{i=1}^n x_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2} \quad (16)$$

Die Messdaten „Yn+1“ für den stationären Zustand werden für diese Berechnung nicht verwendet.

Mit den so berechneten Skalenfaktoren „a_{CW}“ und „a_{CCW}“ bezüglich CW und CCW wird der Symmetriefehler „SY_Error“ wie folgt berechnet:

$$SY_Error = \frac{|a_{CW} - a_{CCW}|}{a_{TYP}} \times 100 \quad (\% \text{ Nennskalenfaktor}) \quad (17)$$

5.1.4 Messdurchführung

5.1.4.1 Skalenfaktor

Die Messdurchführung für den Skalenfaktor bei der Temperatur „T_i“ und der Versorgungsspannung „U_i“ ist im Folgenden angegeben. Sowohl für die Streuung des Skalenfaktors bei Temperatur als auch dem ratiometrischen Skalenfaktor-Fehler werden während der Messung die Temperatur und die Spannung entsprechend dem unten angeführten Ablauf geändert und die Berechnung wird mithilfe der Messergebnisse vorgenommen.

a) Versorgungsspannung

Die Spannung „U_i“ wird an den Gyro angelegt. Ein Spannungsabfall ist infolge der Verdrahtung in diesem Fall möglich. Folglich sind sowohl die Anschlussleitungen für die Versorgungsspannung als auch für die Spannungsüberwachung, wie im Bild 2 gezeigt, separat zu legen und es sollte außerdem geprüft werden, ob die Ausgangsspannung der Spannungsüberwachungsleitung mit der geplanten Spannung übereinstimmt.

b) Einstellen der Temperatur

Der Gyro wird zur Messung auf dem Drehtisch mit der Temperatur „T_i“ beansprucht. Der Gyro auf dem Drehtisch sollte in der temperaturgeregelten Kammer solange verbleiben, bis mindestens die eingestellte Temperatur erreicht wurde.

c) Nachregelung der Versorgungsspannung

Es ist wahrscheinlich, dass die eingestellte Versorgungsspannung im Zeitverlauf leicht variiert oder die Gesamtstromaufnahme sich beim Einstellen der oben angeführten Temperatur ändert. Folglich sollte die Versorgungsspannung nachgeregelt werden, nachdem der Gyro die eingestellte Temperatur erreicht hat.

In diesem Fall ist es wahrscheinlich, dass die Spannung nicht genau auf den einzustellenden Wert gesetzt werden kann (z. B. 4,9998 V bei einer Einstellspannung von 5,0000 V) und deshalb sollte die momentane Versorgungsspannung aufgezeichnet werden.

d) Nachweis des Ausgangssignals

Nachdem nachgewiesen wurde, dass das Ausgangssignal des Gyro im Ruhezustand stabil ist, wird die festgelegte Drehrate, wie in 5.1.3.1 gezeigt, ausgeübt und dann bei dieser Konstellation gemessen.

e) Normalisierung des Ausgangssignalwertes

Falls der Gyro ratiometrische Merkmale hat, um die Nebenfehler infolge der Versorgungsspannung (z. B. Fehler, weil die Versorgungsspannung bei der Messung 4,9998 V statt der einzustellenden 5,0000 V beträgt) zu minimieren, sollte der tatsächlich gemessene Ausgangssignalwert normalisiert werden, sodass die gemessenen Ausgangsfunktionen in der ratiometrischen Blickweise dem theoretischen Wert entsprechen.

Hier werden der tatsächlich gemessene Ausgangssignalwert durch „ $y_{\text{RAW}i}$ “, die einzustellende Spannung durch „ U_{BASE} “, die (tatsächliche) Versorgungsspannung durch „ U_i “ dargestellt, und dann wird der korrigierte Ausgangssignalwert „ y_i “ mithilfe der folgenden Gleichung berechnet:

$$y_i = y_{\text{RAW}i} \times \frac{U_{\text{BASE}}}{U_i} \quad (18)$$

f) Berechnung für jeden einzelnen Messpunkt

Jeder einzelne Datensatz wird mithilfe der Berechnung entsprechend den in 5.1.3.1 angegebenen Gleichungen erhalten. Andere Merkmale als die der Skalenfaktor-Stabilität werden durch das Ändern von Temperatur und Spannung erhalten.

5.1.4.2 Skalenfaktor-Stabilität

Die Messdurchführung für die Skalenfaktor-Stabilität bei der Temperatur „ T_i “ und der Versorgungsspannung „ U_i “ ist im Folgenden angegeben.

a) Versorgungsspannung

Siehe 5.1.4.1 a).

b) Einstellen der Temperatur

Siehe 5.1.4.1 b).

c) Nachregelung der Versorgungsspannung

Siehe 5.1.4.1 c).

d) Nachweis des Ausgangssignals

Nachdem nachgewiesen wurde, dass das Ausgangssignal des Gyro im Ruhezustand stabil ist, wird die festgelegte Drehrate, wie in 5.1.3.7 gezeigt, ausgeübt und dann bei dieser Konstellation gemessen.

e) Normalisierung des Ausgangssignalwertes

Falls der Gyro ratiometrische Merkmale hat, um die Nebenfehler infolge der Versorgungsspannung (z. B. Fehler, weil die Versorgungsspannung bei der Messung 4,9998 V statt der einzustellenden 5,0000 V beträgt) zu minimieren, sollte der tatsächlich gemessene Ausgangssignalwert normalisiert werden, sodass die gemessenen Ausgangsfunktionen in der ratiometrischen Blickweise dem theoretischen Wert entsprechen.

Hier werden der tatsächlich gemessene Ausgangssignalwert durch „ $y_{\text{RAW}i_j}$ “, die einzustellende Spannung durch „ U_{BASE} “, die (tatsächliche) Versorgungsspannung durch „ U_i “ dargestellt, und dann wird der korrigierte Ausgangssignalwert „ y_{i_j} “ mithilfe der folgenden Gleichung berechnet:

$$y_{i_j} = y_{\text{RAW}i_j} \times \frac{U_{\text{BASE}}}{U_i} \quad (19)$$

f) Berechnung für jeden einzelnen Messpunkt

Jeder einzelne Datensatz wird mithilfe der Berechnung entsprechend 5.1.3.7 erhalten.

5.1.5 Festgelegte Bedingungen

In Tabelle 5 sind die Messbedingungen aufgeführt, die vor der Messung festgelegt werden sollten.

Tabelle 5 – Festzulegende Bedingungen für die Messung des Skalenfaktors

Merkmals-Nr.	Messgröße	Parameter	Bemerkungen
5.1.3.1	Skalenfaktor	Referenz-Messtemperatur = T_{BASE} Referenz-Versorgungsspannung = U_{BASE} gemessene Drehrate = $x_1, x_2, \dots, x_{2n+1}$	Drehraten-Werte von $x_1, x_2, \dots, x_{2n+1}$ entsprechend Bild 3. Folglich sind „ $2n + 1$ “ Datensätze für die Berechnung des Skalenfaktors erforderlich.
5.1.3.1	Skalenfaktor-Inertialstreuung	Referenz-Messtemperatur = T_{BASE} Referenz-Versorgungsspannung = U_{BASE}	
5.1.3.3	Streuung des Skalenfaktors bezüglich der Temperatur	Referenz-Versorgungsspannung = U_{BASE} Messtemperatur = $T_1, T_2, \dots, T_{m+1}$	Temperaturwerte von „ $T_1, T_2, \dots, T_{m+1}$ “ entsprechend Bild 4. Es sind „ $2n + 1$ “ Datensätze für die Berechnung des Skalenfaktors bei jedem einzelnen Temperaturwert notwendig. Folglich sind für die Berechnung der Streuung des Skalenfaktors bez. der Temperatur insgesamt $(2n + 1) \times (m + 1)$ Datensätze erforderlich.
5.1.3.4	Temperaturkoeffizient des Skalenfaktors	Referenz-Versorgungsspannung = U_{BASE} Messtemperatur = $T_1, T_2, \dots, T_{m+1}$	Die gleichen wie unter 5.1.3.3.
5.1.3.5	ratiometrischer Fehler des Skalenfaktors	Referenz-Messtemperatur = T_{BASE} Messspannung = $U_1, U_2, \dots, U_{p+1}$	Messspannungswerte von $U_1, U_2, \dots, U_{p+1}$ entsprechend Bild 6. Es sind „ $2n + 1$ “ Datensätze für die Berechnung des Skalenfaktors bei jedem einzelnen Temperaturwert notwendig. Folglich sind für die Berechnung des ratiometrischen Fehlers des Skalenfaktors insgesamt $(2n + 1) \times (p + 1)$ Datensätze erforderlich.
5.1.3.6	Linearität	Referenz-Messtemperatur = T_{BASE} Referenz-Versorgungsspannung = U_{BASE} gemessene Drehrate = $x_1, x_2, \dots, x_{2n+1}$	Die gleichen wie unter 5.1.3.1.

Tabelle 5 – Festzulegende Bedingungen für die Messung des Skalenfaktors (fortgesetzt)

Merkmals-Nr.	Messgröße	Parameter	Bemerkungen
5.1.3.7	Skalenfaktor-Stabilität	Referenz-Messtemperatur = T_{BASE} Referenz-Versorgungsspannung = U_{BASE} gemessene Drehrate = $x_1, x_2, \dots, x_{2q+1}$ Abtastfrequenz = r Anzahl der Abtastintervalle = s	Für die Messung unter den Bedingungen der Abtastfrequenz und Anzahl der Abtastintervalle sind für die Berechnung der Stabilität bei jeder gemessenen Drehrate $x_1, x_2, \dots, x_{2q+1}$ die Ergebnisse von „s“ Messpunkten notwendig. Folglich sind für die Berechnung der Skalenfaktor-Stabilität insgesamt $s \times (p + 1)$ Datensätze erforderlich.
5.1.3.8	Skalenfaktor-Symmetrie	Referenz-Messtemperatur = T_{BASE} Referenz-Versorgungsspannung = U_{BASE} gemessene Drehrate = $x_1, x_2, \dots, x_{2n+1}$ (Allerdings ist der Ruhepunkt „ x_{n+1} “ ausgeschlossen.)	Drehraten-Werte von $x_1, x_2, \dots, x_{2n+1}$ entsprechend Bild 8 (Allerdings ist der Wert x_{n+1} „Ruhepunkt“ ausgeschlossen). Folglich sind für die Berechnung der Skalenfaktor-Symmetrie insgesamt „2n“ Datensätze erforderlich.

5.2 Querachsen-Empfindlichkeit

5.2.1 Zweck

Festlegungen zum Messverfahren für die Querachsen-Empfindlichkeit des Gyro.

5.2.2 Messaufbau

Im Bild 9 wird der Messaufbau zur Querachsen-Empfindlichkeit gezeigt. Der Messaufbau setzt sich zusammen aus dem zu messenden Gyro, der Strom-/Spannungsversorgung, dem Drehtisch, dem Datenlogger und der Beschaltung (Verdrahtung). Die Bestandteile des Messaufbaus müssen den unten angeführten Anforderungen entsprechen.

Die Strom-/Spannungsversorgung muss geeignet sein, eine festgelegte Spannung sowie den elektrischen Strom, der vom Gyro benötigt wird, zu liefern; der Schwankungsbereich der Welligkeitsspannung (Störspannung) am Ausgang usw. sollte den Anforderungen des Gyro für die Versorgung entsprechen.

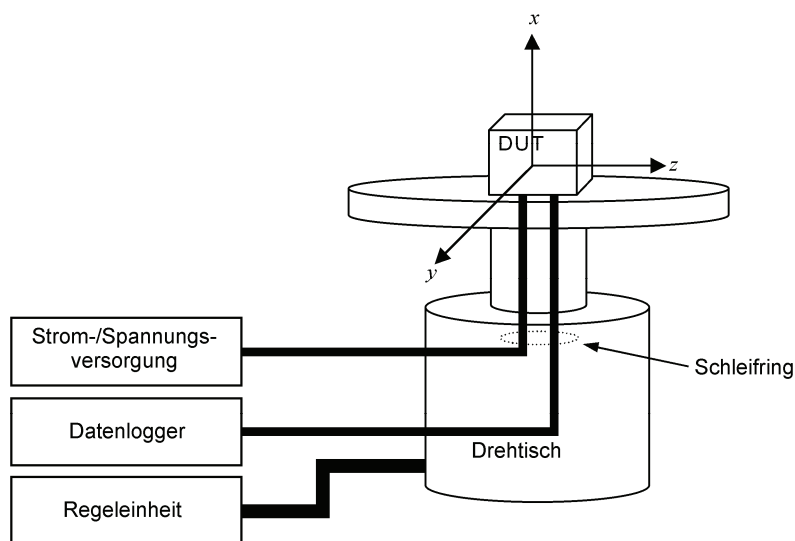
Der Drehtisch als Teil des Rotationssystems muss geeignet sein, eine festgelegte Drehrate für den Gyro auszuüben, und er sollte die Eingangs-Drehrate des Gyro in einem entsprechenden Bereich variieren können, wobei dieser Bereich äquivalent zu einem festgelegten Mindestwert der Auflösung der Drehrate ist. Im Falle der Messung der Querachsen-Empfindlichkeit sollte außerdem die festgelegte Strom-/Spannungsversorgung sowie die Ausgabe des elektrischen Ausgangssignals über einen geeigneten Schleifring (über geeignete Schleifringe) erfolgen, um in der Lage zu sein, den festgelegten Drehratenwert kontinuierlich am Gyro auszuüben. Allerdings ist ein entsprechender Schleifring (sind entsprechende Schleifringe) im Falle dieses Messverfahrens im Messaufbau zu verwenden, um die Schleifring-Einflüsse während der Messung zu vermeiden.

Die Steuer- und Regeleinrichtung muss geeignet sein, den festgelegten Bereich der Eingangs-Drehrate des Gyro mithilfe einer überwachten Rotation des Drehtisches zu regeln.

Das Datenloggersystem muss ein Teil des Messgerätes oder des Messsystems sein und auf den Gyro-Ausgang eingestellt sein. Z. B. wird ein Digitalmultimeter oder Datenlogger verwendet, wenn der Gyro mit einer (analogen) Ausgangsspannung arbeitet.

Die Beschaltung muss mithilfe von Leitungen für die elektrische Verbindung von Strom-/Spannungsversorgung, Gyro und Datenlogger erfolgen. Die Abnahme der Messbeschaltung muss als eine entsprech-

ende Abnahme bezüglich der Minimierung der Einflüsse, die im Messsystem erzeugt werden, sowie des Störtauschs außerhalb des Systems, durchgeführt werden.



Legende

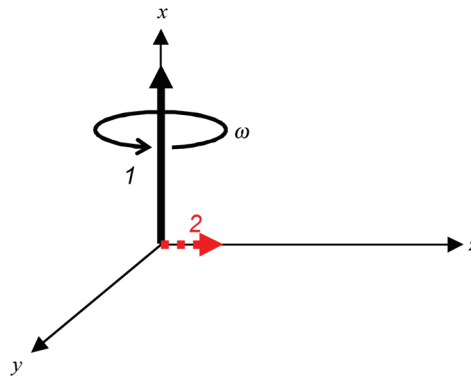
DUT (Gyro):	
Drehtisch:	rotierender Tisch
Strom-/Spannungsversorgung:	Strom-/Spannungsversorgung für das DUT (Gyro)
Datenlogger:	Datenerfassungs- und -Sammel-System
Regeleinheit:	Drehtisch-Regeleinheit
Temperatursensor:	zum Überwachen der Umgebungstemperatur in der Kammer
Schleifring:	Schleifringposition (falls Schleifring verwendet)
X	x-Achse: keine anzeigende Achse des DUT (Gyro)
Y	y-Achse: keine anzeigende Achse des DUT (Gyro)
Z	z-Achse: anzeigende Achse des DUT (Gyro)

Bild 9 – Messaufbau für die Querachsen-Empfindlichkeit

5.2.3 Messprinzip

Die Definition der Querachsen-Empfindlichkeit ist wie folgt:

Entsprechend dem Beispiel in Bild 10, wo die Drehrate ω um die x-Achse ausgeübt wird, ist die Querachsen-Empfindlichkeit festgelegt als die Gyro-Ausgangsdrehrate/ausgeübte Drehrate.



Legende

- 1 ausgeübte Drehrate (nicht anzeigende Achse des Gyro)
- 2 Gyro-Ausgangsdrehrate
- X x-Achse: keine anzeigende Achse des DUT (Gyro)
- Y keine anzeigende Achse des DUT (Gyro)
- Z z-Achse: anzeigende Achse des DUT (Gyro)

Bild 10 – Messprinzip für die Querachsen-Empfindlichkeit

Unter Beachtung der oben angeführten Definition ist das Messprinzip wie folgt:

Um hier ein vereinfachtes Messprinzip für die Querachsen-Empfindlichkeit zu erhalten, wird als ein Beispiel das Messprinzip für die Empfindlichkeit einer Achse des Gyro unter Einbeziehung seiner Eingangsachse im Folgenden beschrieben.

Die Referenzachse von den drei rechtwinkligen Achsen, die von einem mechanischen Chassis oder dem Gyrogehäuse gebildet werden, wird als Referenzachse des Gyro gesetzt und die Drehrate wird auf jede Achse ausgeübt, die als nicht anzeigende Achse festgelegt werden sollte, um dann das Gyro-Ausgangssignal zu messen.

Beispielsweise hat der Gyro, wie in den Bildern 9 und 10 gezeigt, eine Eingangsachse in z-Richtung des auf dem Drehtisch montierten Chassis, und die Drehrate wird um die x-Achse ausgeübt, um das Gyro-Ausgangssignal $OUT(X)$ zu messen.

In ähnlicher Weise wird die Drehrate um die y-Achse ausgeübt, um das Gyro-Ausgangssignal $OUT(Y)$ zu messen, und die Querachsen-Empfindlichkeit wird dann entsprechend der folgenden Gleichungen berechnet.

$$\omega(x) = (OUT(X) \times SF) \quad (20)$$

$$\omega(y) = (OUT(Y) \times SF) \quad (21)$$

$$K_x = \omega(x) / \omega \quad (22)$$

$$K_y = \omega(y) / \omega \quad (23)$$

Dabei ist

- $\omega(x)$ die Drehrate am Ausgang, wenn Drehrate um die x-Achse ausgeübt wird,
- $\omega(y)$ die Drehrate am Ausgang, wenn Drehrate um die y-Achse ausgeübt wird,
- $OUT(X)$ das Messergebnis, wenn die Drehrate um die x-Achse ausgeübt wird,
- $OUT(Y)$ das Messergebnis, wenn die Drehrate um die y-Achse ausgeübt wird,

- SF der Skalenfaktor,
 K_x die Querachsen-Empfindlichkeit, wenn die Drehrate um die x-Achse ausgeübt wird,
 K_y die Querachsen-Empfindlichkeit, wenn die Drehrate um die y-Achse ausgeübt wird,
 ω die ausgeübte Drehrate.

Die Querachsen-Empfindlichkeit kann mit den oben gezeigten Messungen bestimmt werden.

5.2.4 Vorsichtsmaßnahmen während der Messungen, wenn eine Drehrate ausgeübt wird

- Die axiale Rundlaufabweichung des Drehtisches, die orthogonale Ausrichtung der Befestigungsaufnahme für den Gyro und die Befestigungsebene für den Gyro muss ausreichend kleiner (1/5 bis 1/10 oder kleiner) als die zu messende Querachsen-Empfindlichkeit sein;
- Die ausgeübte Drehrate darf im Allgemeinen die Betriebs-Grenzwerte des Gyro nicht überschreiten;
- Um eine genaue Messung der Querachsen-Empfindlichkeit sicherzustellen und/oder für ein besseres Verständnis wird die folgende Betrachtung vor der Messung empfohlen;

ANMERKUNG Wenn z. B. die Ausgangs-Drehraten-Stabilität des Gyro 0,5 deg/s beträgt und der Messbereich 200 deg/s ist, kann ermittelt werden, dass das Ausgangssignal durch die Querachsen-Empfindlichkeit erzeugt wird, wenn das gemessene Ausgangssignal mehr als doppelt so groß (1 deg/s) als die Gyro-Stabilität ist. Möglich ist deshalb eine signifikante Messung der Querachsen-Empfindlichkeit in diesem Fall mit „1 deg/s Ausgangsmessung, wenn mit 200 deg/s beansprucht wird“. (Bei Konvertierung bezüglich der Querachsen-Empfindlichkeit werden ungefähr $1/200 = 0,5\%$ erhalten.)

- Falls die Querachsen-Empfindlichkeit zur Korrektur oder Kompensation der Messung verwendet wird, wird empfohlen das die Polarität und andere relevante Faktoren entsprechend der Vereinbarung zwischen Hersteller und Anwender eingestellt werden.

5.2.5 Messdurchführung

Die Durchführung der Messung für die Querachsen-Empfindlichkeit ist unten beschrieben. Sie ist in ähnlicher Art auch auf die Messdurchführung von einem Gyro mit mehreren Eingangsachsen anwendbar.

- a) Der Gyro ist auf dem Drehtisch zu montieren, um die Drehrate auf die nicht anzeigende Achse, rechtwinklig zur Eingangsachse, auszuüben.
- b) Die festgelegte Versorgungsspannung, die von einer entsprechenden Strom-/Spannungsversorgung bereitgestellt wird, ist an das DUT (Gyro) anzulegen, dann ist das DUT in einen festgelegten Betriebszustand einzuschalten.
- c) Die Drehrate ist um die nicht anzeigende Achse, so wie in Schritt 1 beschrieben, auszuüben.
- d) Das Gyro-Ausgangssignal ist zu messen, während die Drehrate ausgeübt wird.
- e) Die Strom-/Spannungsversorgung ist auszuschalten, damit keinerlei Versorgungsspannung bereitgestellt wird; dann ist der Gyro auf dem Drehtisch so zu montieren, dass die Drehrate auf die andere nicht anzeigende Achse ausgeübt werden kann, und zwar rechtwinklig sowohl zur gesetzten Achse, die im Schritt 1 beschrieben wurde, als auch zur Eingangsachse.
- f) Die festgelegte Versorgungsspannung, die von einer entsprechenden Strom-/Spannungsversorgung bereitgestellt wird, ist an das DUT (Gyro) anzulegen, dann ist das DUT in einen festgelegten Betriebszustand einzuschalten und die Drehrate ist um die gesetzte nicht anzeigende Achse, die in Schritt 5 beschrieben wurde, auszuüben.
- g) Das Gyro-Ausgangssignal ist zu messen, während die Drehrate ausgeübt wird. Dann sind der Gyro und die Messeinrichtung auszuschalten.
- h) Unter Verwendung der Messergebnisse aus den Schritten 4 und 5, wird die Querachsen-Empfindlichkeit entsprechend dem Verfahren, das im Messprinzip festgelegt wurde, berechnet.

5.2.6 Festzulegende Bedingungen

- Drehrate, die auf DUT ausgeübt wird;
- Betriebstemperatur während der Messdurchführung;

- Versorgungsspannung, die an das DUT angelegt wird.

5.3 Bias

5.3.1 Zweck

Festlegen von Messverfahren für jede biasspezifische Gyro-Kenngröße.

5.3.2 Messaufbau

In den Bildern 11 und 12 werden die Messaufbauten 1 und 2 zusammen mit ihren Bestandteilen gezeigt. Der Messaufbau 2 wird für die Messung der linearen Bias-Beschleunigungsempfindlichkeit entsprechend 5.3.3.7 verwendet, und der Messaufbau 1 wird für alle anderen biasspezifischen Kenngrößen verwendet.

5.3.2.1 Messaufbau 1

Im Bild 11 wird der Bias-Messaufbau 1 dargestellt, der aus dem zu messenden Gyro, der Strom-/Spannungsversorgung, einem feststehenden Tisch, dem Datenaufzeichnungssystem und der temperaturgeregelten Kammer (einschließlich des Temperatursensors) besteht. Diese Bestandteile sind in dem Messaufbau auf die im Folgenden festgelegten Bedingungen einzustellen.

5.3.2.1.1 Festgelegte Bedingungen der Bestandteile des Messaufbaus

Feststehender Tisch: Eine Einrichtung, die für das sichere Befestigen des Gyro geeignet ist sowie so installiert wird, dass sie frei von äußeren Faktoren wie z. B. Schwingungen ist, außerdem ist sie geeignet, die Eingangsachse des Gyro in einer festgelegten Richtung auszurichten. Ein Aufbau, um eine Eingangs-Drehrate zu zulassen, ist nicht erforderlich.

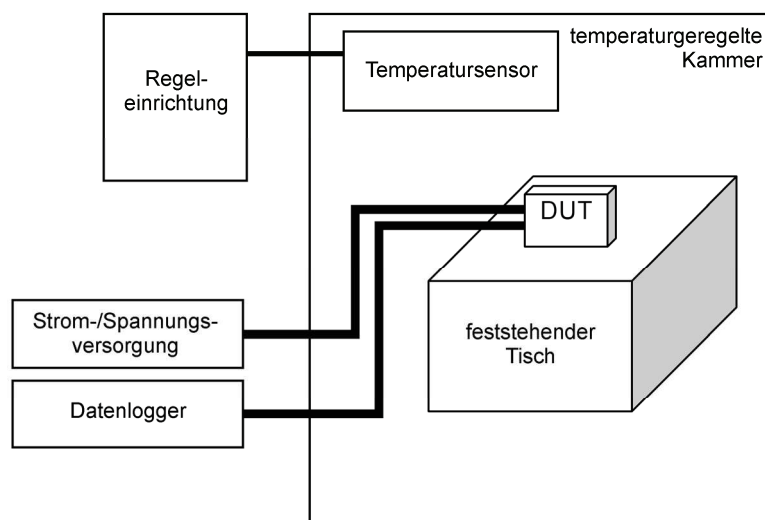
ANMERKUNG Für das Ausrichten der Eingangsachse ist der Wert der Erd-Winkelgeschwindigkeit bei der Bias-Messung zu subtrahieren. Das ist nicht erforderlich, wenn die Erd-Winkelgeschwindigkeit mit $4,178 \times 10^{-3}$ deg/s vernachlässigt werden kann.

Strom-/Spannungsversorgung: Spannungs-, Strom- und Rausch-Kenngrößen der verwendeten Energieversorgungseinrichtung müssen die entsprechenden Leistungsmerkmale haben, um für die Gyro-Anwendung geeignet zu sein.

Datenlogger: Eine Messeinrichtung, die entsprechend der Ausgangsspezifikationen des Gyro (analog, digital) ausgewählt wird, und die geeignet ist, die Genauigkeitsanforderungen bezüglich der Bias-Messung zu erfüllen. Wenn der Gyro auf einem Analogausgang (Analogspannung oder Analogstrom) basiert, dann sollte ein Spannungsmessgerät oder Strommessgerät verwendet werden, wobei der Messbereich und die Auflösung den Spezifikationen des zu messenden Bauteils entsprechen sollten. Entsprechend sollte bei einem Digitalausgang der Messbereich (Anzahl der bit) ausreichend gut den Spezifikationen des Gyro entsprechen.

ANMERKUNG Vorzugsweise mehr als das Doppelte für den Messbereich und kleiner als 1/10 für die Auflösung.

Temperaturgeregelte Kammer: Die temperaturgeregelte Kammer sollte für eine Regelung der Umgebungstemperatur am zu messenden Bauteil geeignet sein, welches sich auf dem feststehenden Tisch befindet, um die Umgebungstemperatur zu erzeugen. Die Umgebungstemperatur kann mithilfe eines Temperatursensors gemessen werden, der ein anderer Sensor ist als derjenige, welcher für die Funktionen der temperaturgeregelten Kammer verwendet wird.



Legende

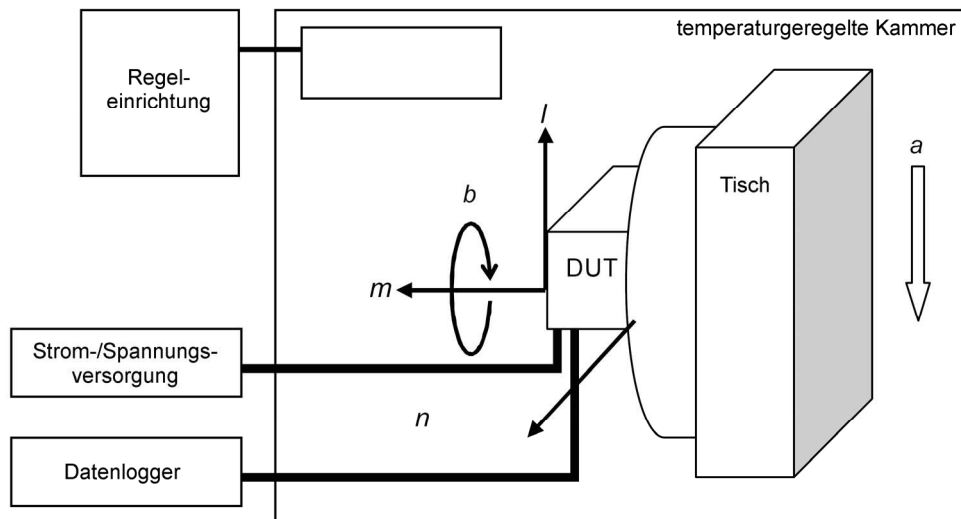
DUT; Prüfling (en: device under test):	Gyro-Bauteil
feststehender Tisch:	
temperaturgeregelte Kammer:	Bereitstellen einer festgelegten Temperatur am DUT
Temperatursensor:	Überwachen der Umgebungstemperatur in der Kammer
Strom-/Spannungsversorgung:	elektrische Energieversorgung zum Betreiben des Gyro
Datenlogger:	Aufzeichnen der Daten während der Messung
Steuer- und Regelsystem:	Regelung der Kammertemperatur

Bild 11 – Messaufbau 1 für Bias

5.3.2.2 Messaufbau 2

Im Bild 12 wird der Bias-Messaufbau 2 gezeigt. Die folgenden Bestandteile des Messaufbaus sind entsprechend den unten aufgeführten Bedingungen einzustellen. Die Bestandteile des Messaufbaus 1, die gleich sind, sind auch im Messaufbau 2 auf die gleichen Bedingungen einzustellen.

Feststehender Tisch: Eine Einrichtung, die für das sichere Befestigen des Gyro geeignet ist sowie so installiert wird, dass sie frei von äußeren Faktoren wie z. B. Schwingungen ist, außerdem ist sie geeignet, die Eingangsachse des Gyro in einer festgelegten Richtung auszurichten (zwei Richtungen; einmal die der Fallbeschleunigung und zum anderen rechtwinklig zu der Fallbeschleunigung); weiterhin ist sie geeignet für eine Rotation der Achse, die rechtwinklig zur Beschleunigungsachse ist, und letztlich ist sie geeignet, bei einem festgelegten Intervallwinkel fixiert zu werden.



Legende

DUT; Prüfling (en: device under test):	Gyro-Bauteil
Tisch:	rotierbarer und feststellbarer Tisch
temperaturgeregelte Kammer:	Bereitstellen einer festgelegten Temperatur am DUT
Temperatursensor:	Überwachen der Umgebungstemperatur in der Kammer
Strom-/Spannungsversorgung:	elektrische Energieversorgung zum Betreiben des Gyro
Datenlogger:	Aufzeichnen der Daten während der Messung
Steuer- und Regelsystem:	Regelung der Kammertemperatur
a:	Richtung der Fallbeschleunigung
b:	Wert der Fallbeschleunigung, zum Nachweisen der Achse bei geänderter Rotation
l:	rechtwinklig gesetzt = x-Achse, nicht anzeigende Gyro-Achse vertikal gesetzt = y-Achse, nicht anzeigende Achse
m:	rechtwinklig gesetzt = x-Achse, nicht anzeigende Gyro-Achse vertikal gesetzt = z-Achse, anzeigende Achse
n:	rechtwinklig gesetzt = y-Achse, nicht anzeigende Achse vertikal gesetzt = x-Achse, nicht anzeigende Achse

Bild 12 – Messaufbau 2 für Bias

5.3.3 Messprinzip

5.3.3.1 Bias-Nennwert

Der Bias-Nennwert wird auf Basis der folgenden Messdurchführung bezüglich des Gyro-Ausgangs und der Berechnung entsprechend Gleichung (24) erhalten.

Das Gyro-Ausgangssignal wird unter den Bedingungen konstanter Umgebungstemperatur (festgelegte Temperatur) und einer Eingangs-Drehrate, die entweder Null oder bekannt ist (vorhandene Erd-Winkelgeschwindigkeit als Eingang) gemessen.

Nachdem die festgelegte elektrische Energie den Gyro versorgt und eine festgelegte Dauer vergangen ist, wird die bekannte Eingangs-Drehrate (Erd-Winkelgeschwindigkeit) vom Gesamtdurchschnitt innerhalb der festgelegten Dauer (festgelegte Datenlänge) des Gyro-Ausgangs subtrahiert.

$$\text{Bias-Nennwert} = \text{Ausgangs-Durchschnittswert} - \text{Erd-Winkelgeschwindigkeits-Komponente (deg/s)} \quad (24)$$