

DIN EN 62884-4

ICS 31.140

Einsprüche bis 2016-09-22

Entwurf**Messverfahren für piezoelektrische, dielektrische und elektrostatische Oszillatoren –****Teil 4: Prüfverfahren für die Kurzzeit-Frequenzstabilität
(IEC 49/1182/CD)**

Measurement techniques of piezoelectric, dielectric and electrostatic oscillators –
Part 4: Short-term frequency stability test methods
(IEC 49/1182/CD)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2016-07-22 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des 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 dke@vde.com 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 die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, 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 34 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort.....	3
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	6
3.1 Allgemeines	6
3.2 Begriffe	7
4 Messung der Kurzzeit-Frequenzstabilität.....	12
4.1 Allgemeines	12
4.2 Verfahren 1: Zwei Oszillatoren mit genau der gleichen Mittenfrequenz	12
4.3 Verfahren 2: Frequenzoffset-Messung.....	13
4.4 Verfahren 3: Zeitintervallzähler	13
4.5 Verfahren 4: Verfahren mit Frequenzzähler	14
4.6 Verfahren 5: Über die Integration der Phasenrauschdaten berechnete Kurzzeitstabilität	14
4.7 Prüfbedingungen und Vorkehrungen	15
Literaturhinweise.....	18
Bilder	
Bild 1 – Zeigerdiagramm für einen Träger und unkorreliertes Amplituden- und Phasenrauschen	7
Bild 2 – Zeigerdiagramm nach Unterdrückung des Amplitudenrauschens	7
Bild 3 – Verschiedene Rauschmechanismen über die Zeit (aus: Literaturhinweis [7])	8
Bild 4 – Diagramm der Allan-Abweichung (ADEV) als Funktion von τ	10
Bild 5 – Prüfschaltung für Verfahren 1	12
Bild 6 – Prüfschaltung für Verfahren 2.....	13
Bild 7 – Messverfahren mit Zeitintervallzähler	14
Bild 8 – Einfluss einer Frequenzdrift auf die gemessene Allan-Abweichung (Literaturhinweis [8])	16
Tabellen	
Tabelle 1 – Beziehung zwischen den Bereichen unterschiedlicher Steigung des Phasenrauschens und der Allan-Abweichung	15

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 49/1182/CD:2016 „Measurement techniques of piezoelectric, dielectric and electrostatic oscillators – Part 4: Short-term frequency stability test methods“ (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 TC 49 „Piezoelectric and dielectric devices for frequency control and selection“ 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 642 „Piezoelektrische Bauteile zur Frequenzstabilisierung und -selektion“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils aktuellste Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe des Dokuments.

Der Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden Deutschen Dokumenten ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO [und/oder] IEC sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Das Original-Dokument enthält Bilder in Farbe, die in der Papierversion in einer Graustufen-Darstellung wiedergegeben werden. Elektronische Versionen dieses Dokuments enthalten die Bilder in der originalen Farbdarstellung.

Einleitung

Nach IEC 49/1016/DC wurde vorgeschlagen, die grundlegenden Teile in IEC 60679-1 und die Teile, die sich auf Messverfahren beziehen, voneinander zu trennen, und die vorliegende Ausgabe entspricht diesem Vorschlag und der auf der Sitzung von 2013 in Nagoya getroffenen Entscheidung. Dieses Dokument beschreibt ausschließlich die Messverfahren für die Kurzzeit-Frequenzstabilität.

Messverfahren für piezoelektrische, dielektrische und elektrostatische Oszillatoren – Teil 4: Prüfverfahren für die Kurzzeit-Frequenzstabilität

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument beschreibt die Prüfverfahren zur Messung und Bewertung der Kurzzeit-Frequenzstabilität piezoelektrischer, dielektrischer und elektrostatischer Oszillatoren.

Zweck: Vereinheitlichung der Prüf- und Bewertungsverfahren für die Kurzzeit-Frequenzstabilität.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, 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).

IEC 60027 (alle Teile), *Letter symbols to be used in electrical technology*

IEC 60050-561, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 561: Piezoelectric devices for frequency control and selection*

IEC 60068-1, *Environmental testing – Part 1: General and guidance*

IEC 60068-2-1, *Environmental testing – Part 2-1: Tests – Test A: Cold*

IEC 60068-2-2, *Environmental testing – Part 2-2: Tests – Test B: Dry heat*

IEC 60068-2-6, *Environmental testing – Part 2-6: Tests – Test Fc: Vibration (sinusoidal)*

IEC 60068-2-7, *Basic environmental testing procedures – Part 2-7: Tests – Test Ga and guidance: Acceleration, steady state*

IEC 60068-2-10, *Environmental testing – Part 2-10: Tests – Test J and guidance: Mould growth*

IEC 60068-2-13, *Basic environmental testing procedures – Part 2-13: Tests – Test M: Low air pressure*

IEC 60068-2-14, *Environmental testing – Part 2-14: Tests – Test N: Change of temperature*

IEC 60068-2-17, *Basic environmental testing procedures – Part 2-17: Tests – Test Q: Sealing*

IEC 60068-2-20, *Environmental testing – Part 2-20: Tests – Test T: Test methods for solderability and resistance to soldering heat of devices with leads*

IEC 60068-2-21, *Environmental testing – Part 2-21: Tests – Test U: Robustness of terminations and integral mounting devices*

IEC 60068-2-27, *Environmental testing – Part 2-27: Tests – Test Ea and guidance: Shock*

IEC 60068-2-30, *Environmental testing – Part 2-30: Tests – Test Db: Damp heat, cyclic (12 h + 12 h cycle)*

IEC 60068-2-31, *Environmental testing – Part 2-31: Tests – Test Ec: Rough handling shocks, primarily for equipment-type specimens*

IEC 60068-2-45, *Basic environmental testing procedures – Part 2-45: Tests – Test XA and guidance: Immersion in cleaning solvents*

IEC 60068-2-52, *Environmental testing – Part 2-52: Tests – Test Kb: Salt mist, cyclic (sodium chloride solution)*

IEC 60068-2-58, *Environmental testing – Part 2-58: Tests – Test Td: Test methods for solderability, resistance to dissolution of metallization and to soldering heat of surface mounting devices (SMD)*

IEC 60068-2-64, *Environmental testing – Part 2-64: Tests – Test Fh: Vibration, broadband random and guidance*

IEC 60068-2-78, *Environmental testing – Part 2-78: Tests – Test Cab: Damp heat, steady state*

IEC 60469-1, *Pulse techniques and apparatus – Part 1: Pulse terms and definitions*

IEC 60617-DB¹, *Graphical symbols for diagrams*

IEC 60679-1², *Piezoelectric, dielectric and electrostatic oscillators of assessed quality – Part 1: Generic specifications*

IEC 60679-4, *Quartz crystal controlled oscillators of assessed quality – Part 4: Sectional specification – Capability approval*

IEC 60679-5, *Quartz crystal controlled oscillators of assessed quality – Part 5: Sectional specification – Qualification approval*

IEC 60748-2, *Semiconductor devices – Integrated circuits – Part 2: Digital integrated circuits*

IEC 60749-26, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 26: Electrostatic discharge (ESD) sensitivity testing – Human body model (HBM)*

IEC 60749-27, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 27: Electrostatic discharge (ESD) sensitivity testing – Machine model (MM)*

ISO 1000^{N1)}, *SI units and recommendations for the use of their multiples and of certain other units*

Rangfolge

Wenn sich aus irgendwelchen Gründen Widersprüche ergeben, so gelten die Dokumente in folgender Rangfolge:

- Bauartspezifikation;
- Rahmenspezifikation;
- Fachgrundspezifikation;
- andere internationale Dokumente (z. B. von IEC), auf die Bezug genommen wird.

Die gleiche Rangfolge gilt auch für entsprechende nationale Dokumente.

3 Begriffe

3.1 Allgemeines

Einheiten, graphische Symbole, Formelzeichen und Terminologie müssen, wo immer möglich, aus folgenden Normen entnommen werden:

¹ „DB“ bezieht sich auf die Online-Datenbank der IEC.

² Noch zu veröffentlichen.

^{N1)} Nationale Fußnote. Hier soll es heißen: ISO 80000-1, *Quantities and units – Part 1: General*

- IEC 60027
- IEC 60050-561
- IEC 60469-1
- IEC 60617
- ISO 1000

3.2 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach IEC 60679-1 und die folgenden Begriffe.

3.2.1 Kurzzeit-Frequenzstabilität

Maß für die statistischen Frequenzschwankungen eines Oszillators über kurze Zeiträume [IEV 561-04-16]

$$f(t) = [U_0 + \varepsilon(t)] \cdot \sin[2\pi \cdot f_0 \cdot t + \varphi(t)] \quad (1)$$

Dies kann in einem Zeigerdiagramm dargestellt werden (Bild 1).

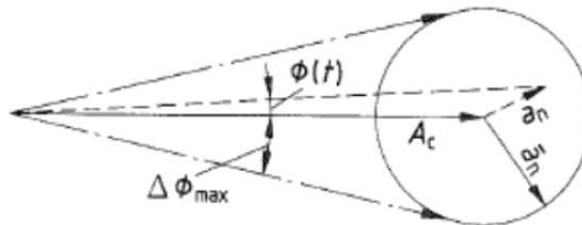


Bild 1 – Zeigerdiagramm für einen Träger und unkorreliertes Amplituden- und Phasenrauschen

Für die Messung der Kurzzeitstabilität wird das Amplitudenrauschen $\varepsilon(t)$ durch einen Begrenzer unterdrückt, so dass sich das vereinfachte Zeigerdiagramm nach Bild 2 ergibt.

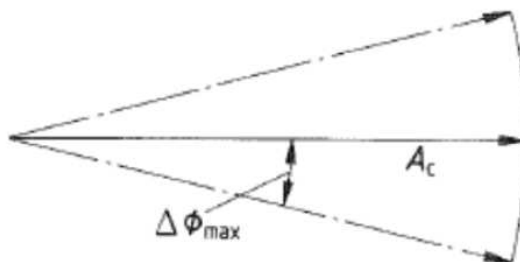


Bild 2 – Zeigerdiagramm nach Unterdrückung des Amplitudenrauschens

Die Momentanfrequenz $f(t)$ ist die Ableitung nach der Zeit der Phasenfunktion $\Phi(t) = 2\pi \cdot f_0 \cdot t + \varphi(t)$, d. h.

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \frac{d\Phi}{dt} \quad (2)$$

Die Phasen- und Frequenzschwankungen können entsprechend ihrer Erscheinung über die Zeit, wie in Bild 3 dargestellt, unterschieden werden.

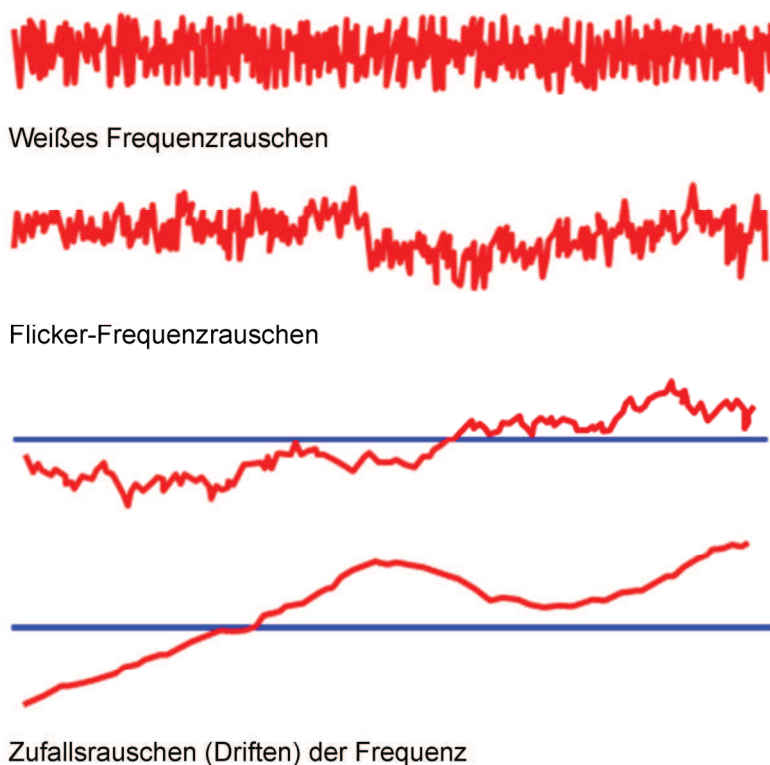


Bild 3 – Verschiedene Rauschmechanismen über die Zeit (aus: Literaturhinweis [7])

Die Kurzzeitstabilität wird üblicherweise für Zeitspannen von >0,001 s bis 1 000 s definiert.

Die klassische Varianz σ^2 und die Standardabweichung σ

$$\sigma^2 = \frac{1}{M-1} \sum_{i=1}^M (y_i - \bar{y})^2$$

mit dem Mittelwert

$$\bar{y} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M y_i$$

für eine Reihe M von Werten y_i sind aufgrund der fehlenden Konvergenz bei einigen allgemeinen Taktrauschenarten für die Analyse der Frequenzstabilität nicht geeignet. Ihr Wert hängt von der Anzahl der Messungen ab.

3.2.2 Allan-Varianz (AVAR)

Die sogenannte Allan-Varianz $\sigma_y^2(\tau)$ (AVAR) ist das gebräuchlichste Maß für die Stabilität im Zeitbereich. Sie ist ein statistischer Erwartungswert der bevorzugten Definition im Zeitbereich für das Kurzzeit-Stabilitätsmaß der Oszillator-Ausgangsfrequenz:

$$\sigma_y^2(\tau) = \frac{1}{M-1} \sum_{k=1}^{M-1} \frac{(y_{k+1} - y_k)^2}{2} \quad (3)$$

Dabei ist

- y_i die mittleren augenblicklichen Frequenzschwankungen, die sich aus aufeinanderfolgenden Messungen ohne dazwischenliegende Totzeit ergeben;
- τ die Abtastzeit, über die die Messung gemittelt wird;
- M die Gesamtanzahl der Messungen.

Die Sicherheit dieser Schätzung steigt mit zunehmendem M .

Die Allan-Varianz kann wahlweise aus den in den Messzeiträumen τ ermittelten Phasenmesswerten x_i abgeleitet werden.

$$\sigma_y^2(\tau, M) = \frac{1}{2 \cdot (M-2) \cdot \tau^2} \sum_{i=1}^{M-2} (x_{i+2} - 2 \cdot x_{i+1} + x_i)^2 \quad (4)$$

3.2.3 Allan-Abweichung (ADEV), Effektivwert der Frequenzschwankungen

In Bauartspezifikationen wird anstelle der Varianz AVAR üblicherweise ihre Quadratwurzel σ verwendet, die als Allan-Abweichung (ADEV) bezeichnet wird. Sie hat dieselbe Größenordnung wie die zu bestimmenden relativen Frequenzschwankungen.

Die Allan-Abweichung ist ein Maß im Zeitbereich für die Kurzzeit-Frequenzstabilität eines Oszillators, die auf den statistischen Eigenschaften einer Anzahl von Frequenzmessungen beruht, wobei jede den Mittelwert der augenblicklichen Frequenz über den festgelegten Abtastzeitraum τ darstellt.

$$\sigma_y(\tau, M) = \sqrt{\frac{1}{2 \cdot (M-1)} \sum_{i=1}^{M-1} (y_{i+1} - y_i)^2} \quad (5)$$

Die Allan-Abweichung kann wahlweise aus den in den Messzeiträumen τ ermittelten Phasenmesswerten x_i abgeleitet werden.

$$\sigma_y(\tau, M) = \sqrt{\frac{1}{2 \cdot (M-2) \cdot \tau^2} \sum_{i=1}^{M-2} (x_{i+2} - 2 \cdot x_{i+1} + x_i)^2} \quad (6)$$

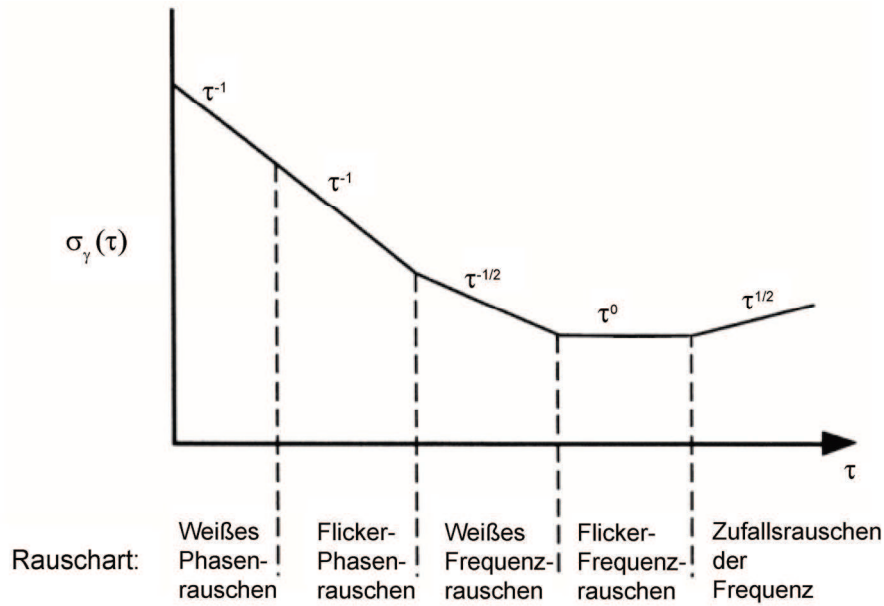
(ANMERKUNG In IEC 60679-1:1997, 2.2.24, wurde die Allan-Abweichung als Effektivwert der Frequenzschwankungen bezeichnet.)

Um ein zufriedenstellendes Vertrauensintervall zu erzielen, muss M hinreichend groß sein. Eine einfache Näherungsgleichung für das Vertrauensintervall CI bei einem Sigmafehler von ± 1 (ungeachtet der Rauschart) ist

$$CI = \pm \frac{\sigma_y(\tau)}{\sqrt{M}} \quad (7)$$

In einem ADEV-Diagramm wird das Vertrauensintervall CI üblicherweise als Fehlerbalken dargestellt. Falls nicht, sollte die Gesamtanzahl der Messungen M im Prüfbericht angegeben werden.

Die Allan-Abweichung wird entweder für bestimmte Einzelwerte von τ definiert oder sie wird grafisch als Funktion des Abtastzeitraums τ (Sigma-Tau-Diagramm) dargestellt, wobei das Vertrauensintervall für jeden Wert als Fehlerbalken angegeben wird. Mit dieser Darstellung können die verschiedenen zugrundeliegenden Rauscharten identifiziert werden (siehe Bild 4).

Bild 4 – Diagramm der Allan-Abweichung (ADEV) als Funktion von τ

3.2.4 Überlappende Allan-Varianz (OAVAR) und überlappende Allan-Abweichung (OADEV)

Eine Form der normalen Allan-Varianz $\sigma_y^2(\tau)$, die maximalen Gebrauch einer Datenreihe macht, indem alle möglichen sich vollständig überlappenden Messwerte für jeden Abtastzeitraum τ berücksichtigt werden. Sie kann anhand einer Reihe von M Frequenzmessungen für den Abtastzeitraum $\tau = m \cdot \tau_0$ geschätzt werden, wobei m der Mittelungsfaktor und τ_0 der Basis-Messzeitraum ist.

$$\sigma_y^2(\tau) = \frac{1}{2m^2 \cdot (M - 2m + 1)} \sum_{j=1}^{M-2m+1} \left[\sum_{i=j}^{j+m-1} (y_{i+m} - y_i)^2 \right] \quad (8)$$

Abgeleitet aus den Phasenmesswerten:

$$\sigma_y^2(\tau) = \frac{1}{2 \cdot (M - 2m) \cdot \tau^2} \sum_{i=1}^{M-2m} (x_{i+2m} - 2 \cdot x_{i+m} + x_i)^2 \quad (9)$$

Üblicherweise wird die Quadratwurzel $\sigma_y(\tau)$ dieser Varianzen verwendet, die als überlappende Allan-Abweichung (OADEV) bezeichnet wird.

Die überlappende Allan-Abweichung OADEV ist das am häufigsten verwendete Basismaß für die Kurzzeit-Frequenzstabilität (auch wenn sie oft fälschlicherweise als Allan-Abweichung bezeichnet wird).

Das Vertrauensintervall der OADEV ist besser als das einer normalen ADEV.

3.2.5 Modifizierte Allan-Varianz (MVAR) und modifizierte Allan-Abweichung (MDEV)

Bei der modifizierten Allan-Varianz (MVAR) und der modifizierten Allan-Abweichung (MDEV) kann zwischen Flicker-Phasenrauschen, das sich im MDEV-Diagramm bei einer Steigung von (τ^{-1}) zeigt, und weißem Phasenrauschen, das bei einer Steigung von $(\tau^{-3/2})$ auftritt, unterschieden werden. Die modifizierte Allan-Varianz wird anhand einer Reihe M von Frequenzmessungen für einen Abtastzeitraum $\tau = m \cdot \tau_0$ geschätzt, wobei m der Mittelungsfaktor und τ_0 der Basis-Messzeitraum ist.

$$Mod_ \sigma_y^2(\tau) = \frac{1}{2m^4 \cdot (M - 3m + 2)} \sum_{j=1}^{M-3m+2} \left[\sum_{i=j}^{j+m-1} \left[\sum_{k=i}^{i+m-1} (y_{k+m} - y_k) \right] \right]^2 \quad (10)$$

Abgeleitet aus den Phasenmesswerten:

$$Mod_ \sigma_y^2(\tau) = \frac{1}{2m^2 \cdot (M - 3m + 1)} \sum_{i=1}^{M-3m+1} \left[\sum_{j=i}^{j+m-1} (x_{i+2m} - 2 \cdot x_{i+m} + x_i) \right]^2 \quad (11)$$

Die Ergebnisse werden üblicherweise mit ihrer Quadratwurzel $Mod_ \sigma_y(\tau)$ angegeben, der modifizierten Allan-Abweichung MDEV.

Für $m = 1$ ist die modifizierte Allan-Varianz (-Abweichung) gleich der normalen Allan-Varianz (-Abweichung).

Der Schätzwert des Vertrauensintervalls für die modifizierte Allan-Abweichung (MDEV) ist der gleiche wie für die normale Allan-Abweichung (ADEV).

3.2.6 Hadamard-Varianz (HVAR)

Die Hadamard-Varianz (HVAR) ist als Dreiwert-Varianz eine Version der Allan-Varianz. Sie ermittelt die 2. Differenz für die relativen Frequenzen.

$$\sigma_H^2(\tau) = \frac{1}{6 \cdot (M - 2)} \sum_{i=1}^{M-2} (y_{i+2} - 2y_{i+1} + y_i)^2 \quad (12)$$

Abgeleitet aus den Phasenmesswerten:

$$\sigma_H^2(\tau) = \frac{1}{6 \cdot (M - 3) \cdot \tau^2} \sum_{j=1}^{M-3} (x_{i+3} - 3x_{i+2} + 3x_{i+1} - x_i)^2 \quad (13)$$

Bei der Hadamard-Varianz wird die lineare Frequenzdrift nicht berücksichtigt.

3.2.7 Zeitintervallfehler

Der Zeitintervallfehler ist eine allgemeine in der Telekommunikationsindustrie verwendete Stabilitätskenngröße. Er ist wie folgt definiert:

$$TIE(n) = \sqrt{\frac{1}{(M - n)} \sum_{i=1}^{M-n} (x_{i+n} - x_i)^2} \quad (14)$$

Dabei ist

$n = 1, 2, \dots, M - 1$ = Mittelungsfaktor;

M die Anzahl der Phasenmesswertpunkte.

Wenn keine Frequenzdrift gegeben ist, ist TIE etwa gleich der Allan-Abweichung ADEV multipliziert mit der Messzeit.

3.2.8 Maximaler Zeitintervallfehler (MTIE)

MTIE ist ein allgemein in der Telekommunikationsindustrie verwendetes Maß für den Taktfehler. Er wird berechnet, indem ein n -Punkte-Fenster (mit $n = \tau/\tau_0$) über die Phasen-(Zeitfehler-)Daten bewegt und die