

Certified Management System

SQS
ISO 9001:2000
Reg.Nr. 12228

PRÜF- UND MESSTECHNIK FÜR MECHANISCHE UHREN



Release 1.0
Mai 2010

Witschi Electronic AG
CH 3294 Büren a.A
Tel. +41 (0)32 - 352 05 00
Fax +41 (0)32 - 351 32 92
www.witschi.com
welcome@witschi.com

witschi

Inhaltsverzeichnis

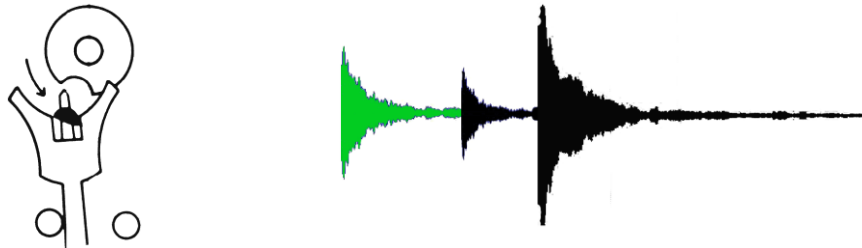
1	Funktionsweise des Regulierorgans	3
1.1	Das Schlaggeräusch der Schweizer Ankerhemmung	3
1.2	Auswertung des Schlaggeräusches	4
1.2.1	Gangabweichung	5
1.2.2	Abfallfehler (Repère)	5
1.2.3	Funktionsprinzip Amplitude-Hebewinkel	5
1.2.4	Amplitude	6
1.3	Schwingungen und Frequenz der Unruh	7
1.3.1	Schwingung	7
1.3.2	Halbschwingung	7
1.3.3	Frequenz der Unruh	7
2	Prüfen mit Chronoscope X1	8
2.1	Zeit-Parameter	8
2.1.1	Integrationszeit	8
2.1.2	Messzeit	8
2.1.3	Intervall	8
2.2	Messbeispiele	9
2.2.1	Diagrammaufzeichnung	9
2.2.2	Anzeigemodus Trace	9
2.2.3	Anzeigemodus Vario	10
2.2.4	Anzeigemodus Sequence	11
2.2.5	Anzeigemodus Scope	11
3	Berechnung der Resultate	13
4	Witschi Mess- und Prüftechnologie	14

1 Funktionsweise des Regulierorgans

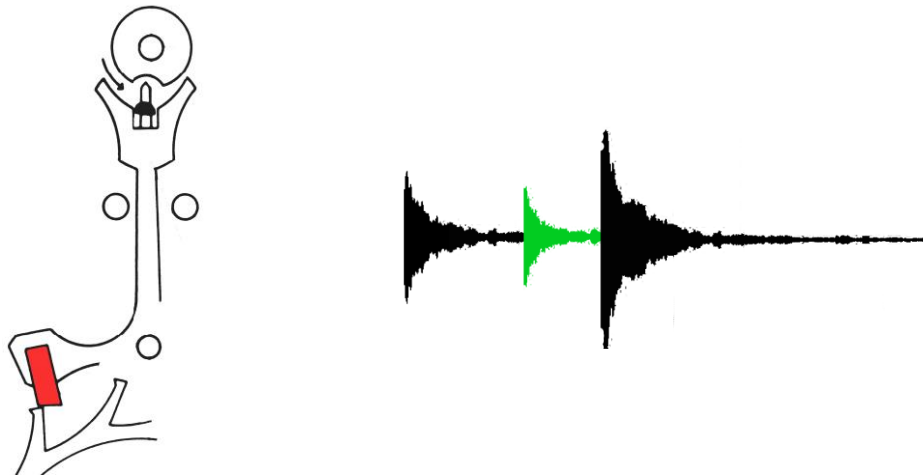
1.1 Das Schlaggeräusch der Schweizer Ankerhemmung

Normalerweise setzt sich das Schlaggeräusch der Schweizer Ankerhemmung aus drei verschiedenen Impulsen zusammen.

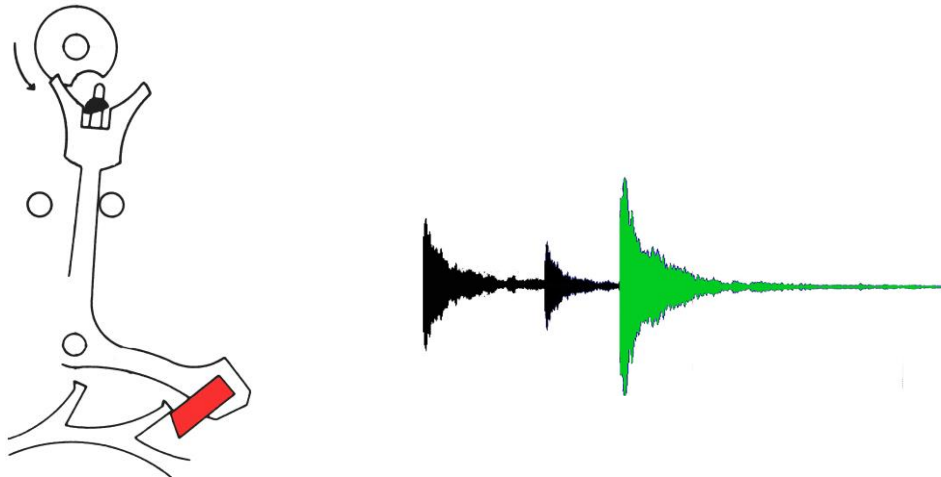
Das **erste** Geräusch entsteht, wenn der Hebelstein der Rolle auf die Gabel des Ankers trifft. Dieses Geräusch ist zeitlich sehr präzise und wird daher für die Diagrammaufzeichnung und für die Berechnung der Gangabweichung sowie des Abfallfehlers (Repère) benutzt.



Ein **zweites** Geräusch entsteht, wenn ein Zahn des Ankerrades auf die Impulsfläche einer Palette trifft und die Ankergabel den Hebelstein berührt. Dieses sehr unregelmäßige Geräusch kann für eine Auswertung nicht benutzt werden.



Das **dritte** und stärkste Geräusch entsteht, wenn ein Zahn des Ankerrades auf die Ruhefläche der Palette fällt und die Ankerstange an einen Begrenzungsstift schlägt. Dieses Geräusch wird für die Berechnung der Amplitude ausgewertet.



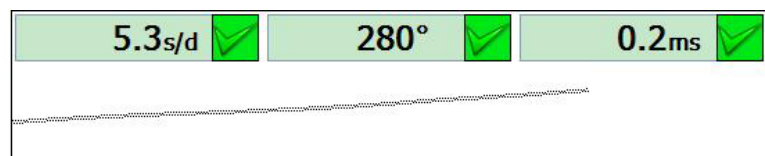
Neben den oben beschriebenen Impulsen entstehen noch zusätzliche, mehr oder weniger starke Reibungs- und Nebengeräusche.

1.2 Auswertung des Schlaggeräusches

Für die Auswertung des Schlaggeräusches wird ein Messgerät (Zeitwaage) mit einer sehr genauen Referenzfrequenz benötigt. Zudem ist es wichtig, dass der Anfang des **ersten** Geräuschpaketes sicher erfasst wird. Falls bei einer Uhr dieses erste Geräusch sehr schwach ist, oder falls die Uhr starke Nebengeräusche erzeugt, muss daher die Verstärkung entsprechend korrigiert werden.

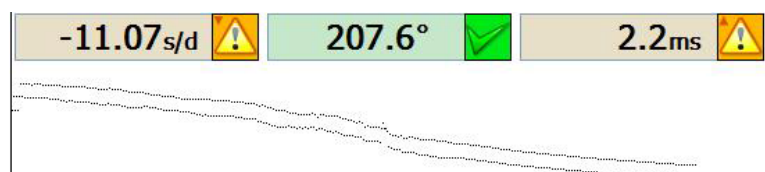
Für die Diagrammaufzeichnung wird jeweils die Zeit zwischen zwei aufeinander folgenden Uhrenschlägen (Periodendauer) gemessen und mit dem Sollwert für einen exakten Gang verglichen. Falls die gemessene Zeit genau dem Sollwert entspricht, wird der neue Punkt auf dem Diagramm genau neben dem vorhergehenden gesetzt. Wenn der neue Schlag etwas zu früh oder zu spät kommt, wird der neue Punkt, entsprechend der Zeitdifferenz zum Sollwert, gegenüber dem letzten Punkt nach oben oder nach unten verschoben. Die Reihe der Punkte auf der Anzeige bildet daher je nach Gangabweichung eine gerade oder eine nach oben oder unten geneigte Linie.

Beispiel 1: Regelmässiges Diagramm



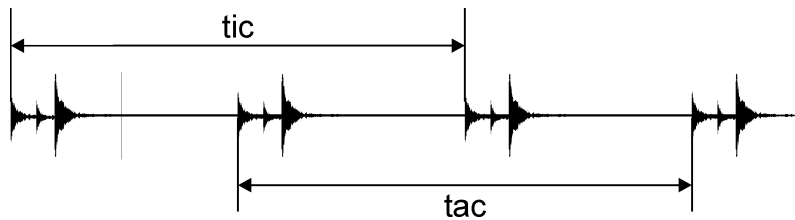
Das Diagramm zeigt natürlich nicht nur die Gangabweichung, sondern auch andere zeitliche Unregelmässigkeiten im Uhrenschlag, wie z.B. Abfallfehler (Repère), defekte Ankerradzähne etc.

Beispiel 2: Unregelmässiges Diagramm



1.2.1 Gangabweichung

Zur Berechnung der Gangabweichung werden die Differenzen zwischen gemessener Periodendauer und Sollwert jeweils über die eingestellte Messzeit gemittelt, in s/d (Sekunden pro Tag) umgerechnet und auf dem Bildschirm angezeigt.

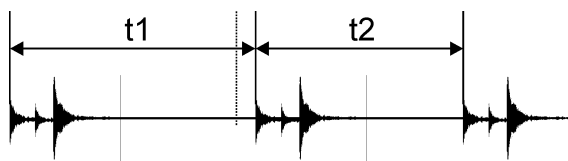


$$\text{Gang} = \frac{\text{Gang tic} + \text{Gang tac}}{2}$$

1.2.2 Abfallfehler (Repère)

Asymmetrisches Schwingen der Unruh. Die Drehschwingung einer Unruh kann mit Hilfe des Drehwinkels beschrieben werden. Steht die Uhr still, so definiert die Position der Unruh dort ihre Nulllage. Unter einem (stets vorhandenen) "Abfallfehler" versteht man den Sachverhalt, dass die Drehschwingung nicht in allen Prüflagen ganz symmetrisch um die Nulllage herum ausgeführt wird, d. h. die Unruh schwingt in eine Richtung weiter als in die Entgegengesetzte. Diese Asymmetrie kann auf einer Zeitwaage sichtbar gemacht werden. Der Abfallfehler wird in Millisekunden (ms) gemessen. Hochwertige Uhren besitzen eine besondere Vorrichtung für die Einstellung des Abfallfehlers.

Untenstehende Grafik zeigt einen typischen Repère. Für einen nicht vorhandenen Repère müssten t_1 und t_2 identische Werte aufweisen.

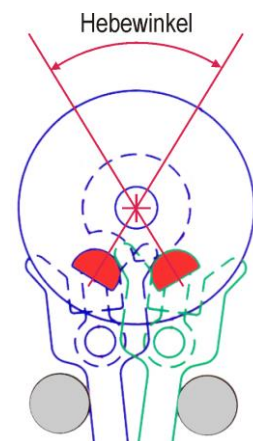


$$\text{Repère} = \frac{t_1 - t_2}{2}$$

1.2.3 Funktionsprinzip Amplitude-Hebewinkel

Die Winkelgeschwindigkeit des Oszillationssystems (Unruh mit Spiral) beim Durchlaufen des Nullpunkts ist von seiner Amplitude abhängig. Man bestimmt diese Geschwindigkeit mittels Zeitmessung zwischen dem Auslösesignal und dem Fallsignal der Hemmung. Diese Zeit bezeichnet man als **Hebezeit der Unruh** und der von der Unruh während dieser Periode durchlaufener Winkel heisst **Hebewinkel**.

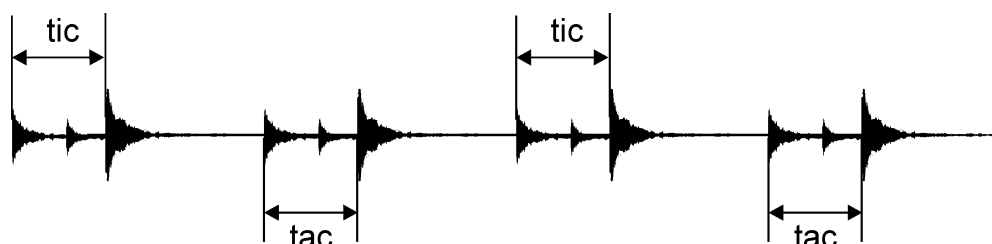
Während dem Durchlaufen dieses Winkels bleibt der Hebelstein (Ellipse) in Kontakt mit der Ankergabel. Für die meisten Standard-Uhrwerke liegt der Hebewinkel um die ca. 50 - 51°.



1.2.4 Amplitude

Die Amplitude (Schwingungsweite) entspricht dem Winkel von der Gleichgewichtslage (Ruhelage der Unruh) bis zur maximalen Entfernung (Wendepunkt). Die Amplitudenwerte der heute verbreiteten Armbanduhrenwerke liegen bei ca. 260° - 310° . Die Amplitudenwerte sind in vertikalen Lagen (9H / 12H / 3H / 6H) tiefer als in horizontalen Lagen (HH / HB). Mit zunehmender Alterung der Öle sinken diese Werte allmählich ab.

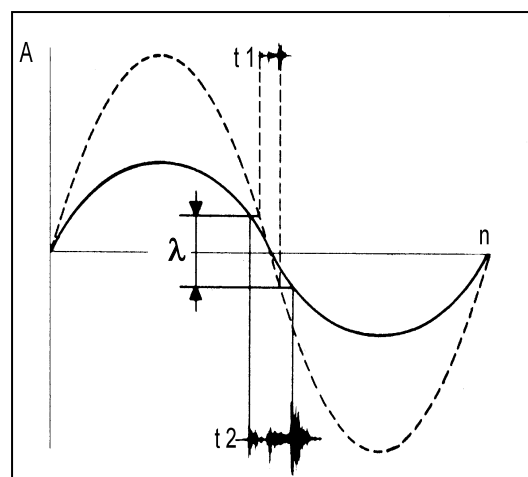
Zur Berechnung der Amplitude wird die Zeit zwischen dem **ersten** Impuls und dem **dritten** Impuls im Schlaggeräusch gemessen.



Zwischen diesen beiden Impulsen dreht sich die Unruh um einen bestimmten Winkel. Dieser so genannte Hebewinkel ist durch die Konstruktion des Uhrwerks bestimmt und wird als Parameter für die Messung benutzt. Je grösser die Amplitude der Unruh, desto grösser ist auch die Geschwindigkeit, mit welcher sie diesen Hebewinkel durchläuft und desto kleiner ist die Zeit, die sie zum Durchlaufen dieses Winkels benötigt.

Die Amplitude kann daher aus der Zeit zwischen den **ersten** und **dritten** Impulsen im Schlaggeräusch, unter Berücksichtigung der Schlagzahl und des Hebewinkels, ausgerechnet werden.

Die während einer Periode zurückgelegte Strecke der schwingenden Unruh ist eine Sinusfunktion. Die volle Linie entspricht einer geringen Amplitude und die gestrichelte Linie einer grossen Amplitude. Die Horizontalen des konstanten Hebewinkels λ schneiden die zwei Sinuskurven an verschiedenen Stellen. Daraus resultiert eine geringe Amplitude für eine lange Hebezeit (t_2) und eine grosse Amplitude für eine kurze Hebezeit (t_1).



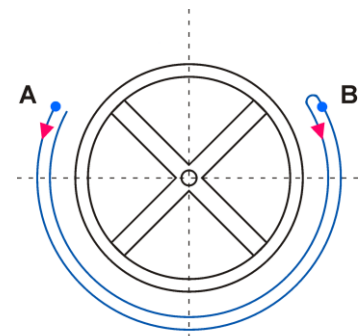
BEMERKUNG

Alle Witschi-Prüfgeräte sind mit speziellen, wählbaren Testmodi versehen. Diese ermöglichen auch eine genaue Amplitudenmessung an Uhren mit speziellen Hemmungen wie Coaxial, AP u.a.

1.3 Schwingungen und Frequenz der Unruh

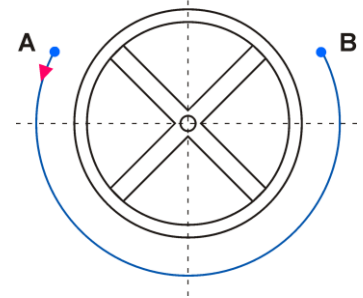
1.3.1 Schwingung

Die **Schwingung** der Unruh ist der Weg eines Punktes von einem Wendepunkt zum anderen und zurück (**A – B – A**).



1.3.2 Halbschwingung

Eine halbe Schwingung der Unruh wird als **Halbschwingung** bezeichnet (**A – B**).



1.3.3 Frequenz der Unruh

Die Frequenz der Unruh (Anzahl Schwingungen pro Sekunde) wird nach folgender Formel berechnet:

$$F = \frac{A/h}{2 \cdot 3600}$$

F Frequenz (Hz)

A/h Anzahl Halbschwingen pro Stunde

Einige Beispiele:

18'000 A/h ► 2.5 Hz

21'600 A/h ► 3 Hz

28'800 A/h ► 4 Hz

36'000 A/h ► 5 Hz

2 Prüfen mit Chronoscope X1

Nachfolgend sind Test- und Messmöglichkeiten eines modernen Prüfgeräts aufgeführt. Beschreibungen und Beispiele beziehen sich auf das Witschi Top-Gerät "Chronoscope X1" und sind eine Ergänzung zur bestehenden Bedienungsanleitung.

2.1 Zeit-Parameter

2.1.1 Integrationszeit

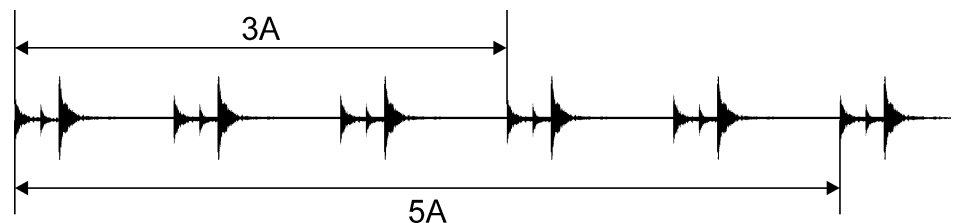
Über die Integrationszeit werden die numerischen Resultate berechnet und angezeigt. Im Rhythmus der Integrationszeit werden die Resultate bis Ablauf des Messzyklus kontinuierlich aktualisiert. Bei der Diagrammaufzeichnung solange bis diese manuell angehalten wird.

Im Anzeigemodus "**Diagramm**" kann nur die Integrationszeit gewählt werden. Die numerischen Resultate werden nach Ablauf der ersten Integrationszeit kontinuierlich alle 2 s aufgefrischt. Auch 3A ist wählbar.

Beispiel

Gewählte Integrationszeit: **10 s**
Schlagzahl (Halbschwingungen): 28'800 A/h
Anzahl Halbschwingungen für Mittelwertbildung: $28800 : 3600 * 10 = 80 A$

Je nach Anzeigemodi kann auch eine Integrationszeit von 3A, 5A, 7A und 9A gewählt werden (A = Halbschwingungen).



Diese sehr kurzen Integrationszeiten sind für Labormessungen empfehlenswert. Kleinere Schwankungen der Gang- und Amplitudenwerte sind besser und detaillierter dargestellt.

Beispiel

Gewählte Integrationszeit: **3A**
Schlagzahl (Halbschwingungen): 28'800 A/h
"Auffrischungszeit" für die Messwertanzeige: **0.375 s**

2.1.2 Messzeit

Für einige Anzeigemodi wird nebst der Integrationszeit auch die Messzeit gewählt, wobei die Messzeit immer länger als die Integrationszeit ist.

Für die Testmodi "**Trace und Vario**" wird die Integrationszeit entsprechend der gewählten Messzeit automatisch eingestellt. Nach erstmaligem Durchlaufen der Integrationszeit werden die Messwerte angezeigt, und anschliessend im Rhythmus der festgelegten Integrationszeit ständig aktualisiert. Diese Testmodi werden vor allem für Labormessungen über einen längeren Zeitraum (bis 100 Stunden) verwendet. Es kann auch die Integrationszeit 3A gewählt werden, wobei dann die maximale Messzeit auf 8 min. beschränkt ist.

Im "**Sequence**" Anzeigemodus kann eine Messzeit von bis zu 10 Minuten gewählt werden, wobei die Integrationszeit fest auf 2 s eingestellt ist.

2.1.3 Intervall

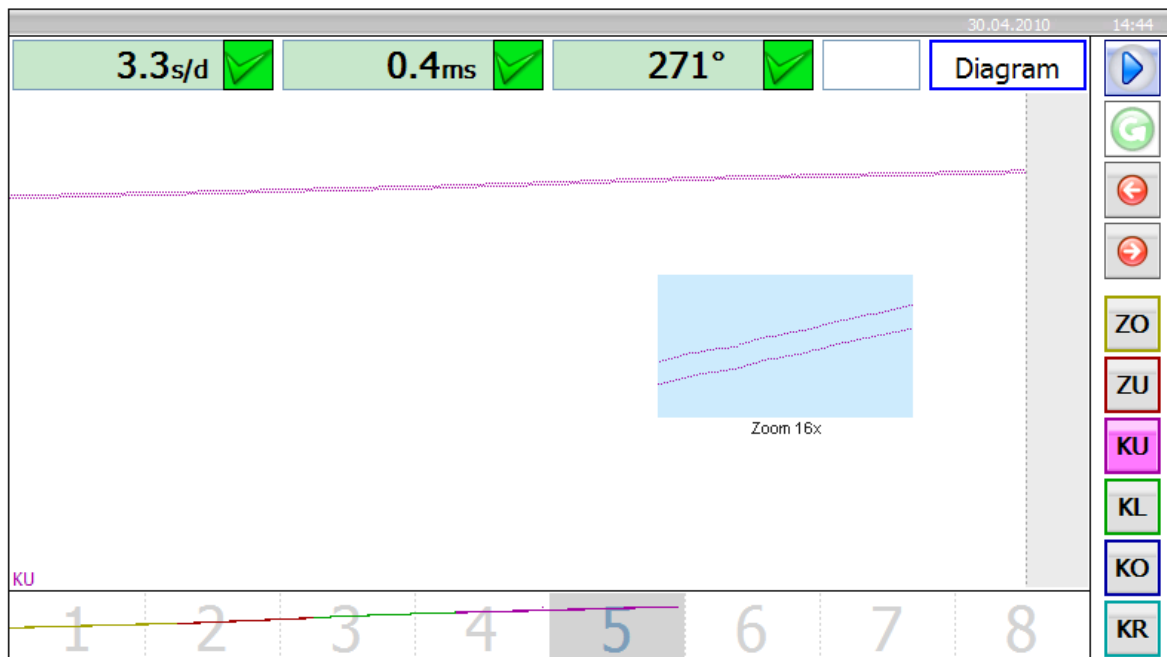
Nur für "**Scope**" Modus. Es kann ein Aktualisierungsintervall von 3A, 5A, 7A, 9A oder 2 s eingestellt werden. Nebst der grafischen Darstellung des Schlaggeräusches wird auch der Messwert der Amplitude angezeigt.

2.2 Messbeispiele

2.2.1 Diagrammaufzeichnung



Während der kontinuierlichen Aufzeichnung der Schlaggeräusche werden Gang, Amplitude und Abfallfehler (Repère) numerisch angezeigt.



Bei längerer Diagrammaufzeichnung werden die letzten acht Seiten als Streifen im Kleinformat angezeigt. Zusätzlich ermöglicht eine bis zu 16-fache Zoomfunktion (Lupe) Unregelmässigkeiten besser darzustellen.

2.2.2 Anzeigemodus Trace



Nachfolgendes Beispiel zeigt die Aufzeichnung mit der kürzesten Integrationszeit von 3A.



Die Messwertpunkte werden jeweils nach 3 Halbschwingungen aufgezeichnet und miteinander verbunden. Damit kann die Aufzeichnung der Messwerte von Gang und Amplitude bis ins kleinste Detail betrachtet und analysiert werden. Auch in diesem Modus steht die Zoomfunktion zur Verfügung.

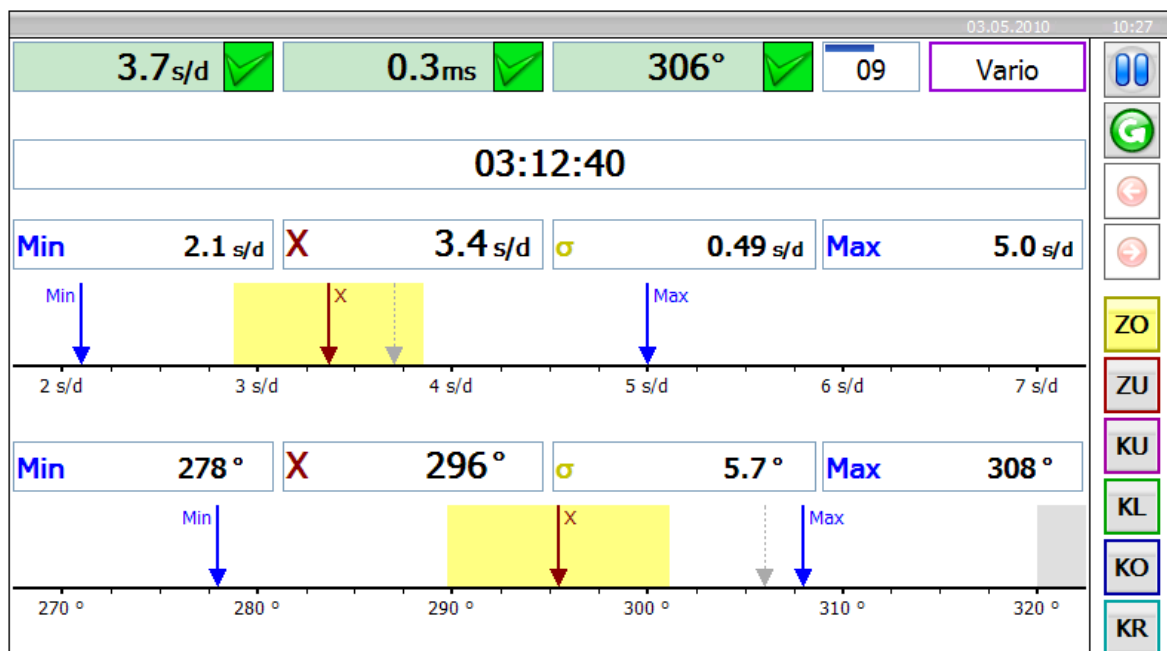
Hier wurden Gang und Amplitude über einen Zeitraum von 6 Stunden aufgezeichnet. Langzeitmessungen bis zu 100 Stunden sind möglich. Dabei kann z.B. der Ablauf bis zum Stillstand der Uhr verfolgt werden.



2.2.3 Anzeigemodus Vario



In diesem Modus kann über einen längeren Zeitraum die Stabilität von Gang und Amplitude überwacht werden. Die Messwerte werden während des ganzen Messablaufs laufend im Zyklus der eingestellten Integrationszeit aktualisiert. Angezeigt werden die kleinsten und grössten Messwerte, die Mittelwerte und Standardabweichungen sowie die abgelaufene Messzeit.

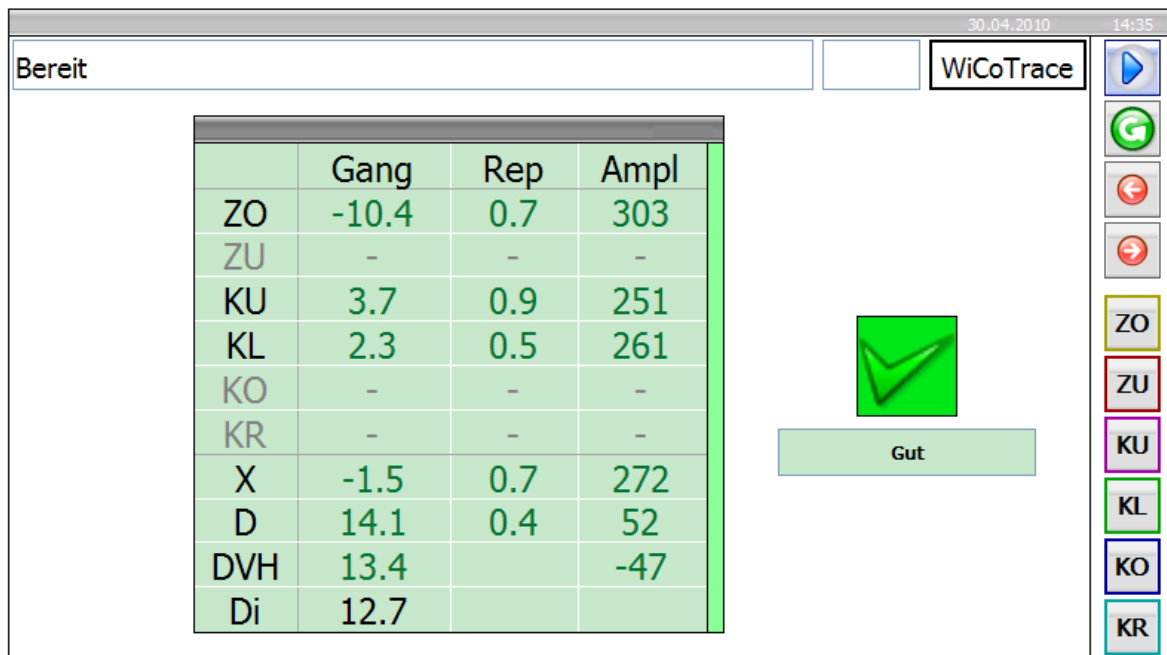


- Min** Kleinster Messwert seit Messbeginn
- Max** Grösster Messwert seit Messbeginn
- X** Mittelwert seit Messbeginn
- σ** Standardabweichung seit Messbeginn

2.2.4 Anzeigemodus Sequence



Nach Ablauf einer Testsequenz erscheinen die Messergebnisse der einzelnen Prüflagen in einer übersichtlichen Tabelle. Bei Programmerstellung können bis zu 6 Prüflagen inkl. Stabilisierungs- und Messzeit definiert werden.

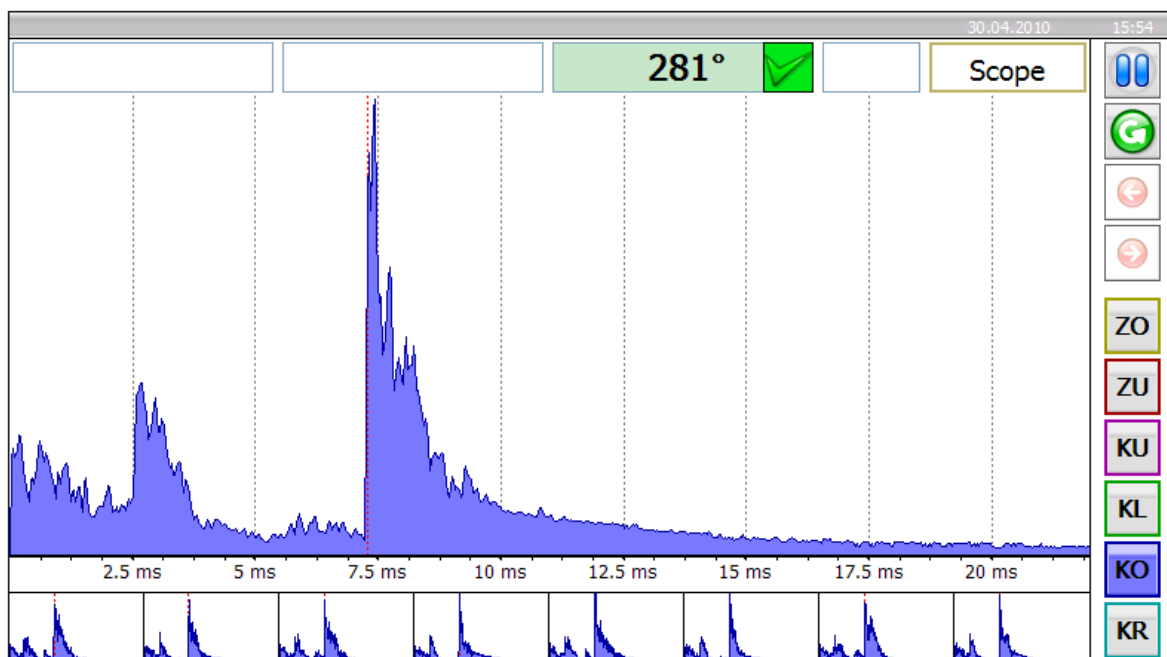


Ein idealer Testmodus zum Prüfen kleinerer Serien, für die Schlusskontrolle in Uhren-Servicezentren, für die Eingangskontrolle etc.

2.2.5 Anzeigemodus Scope

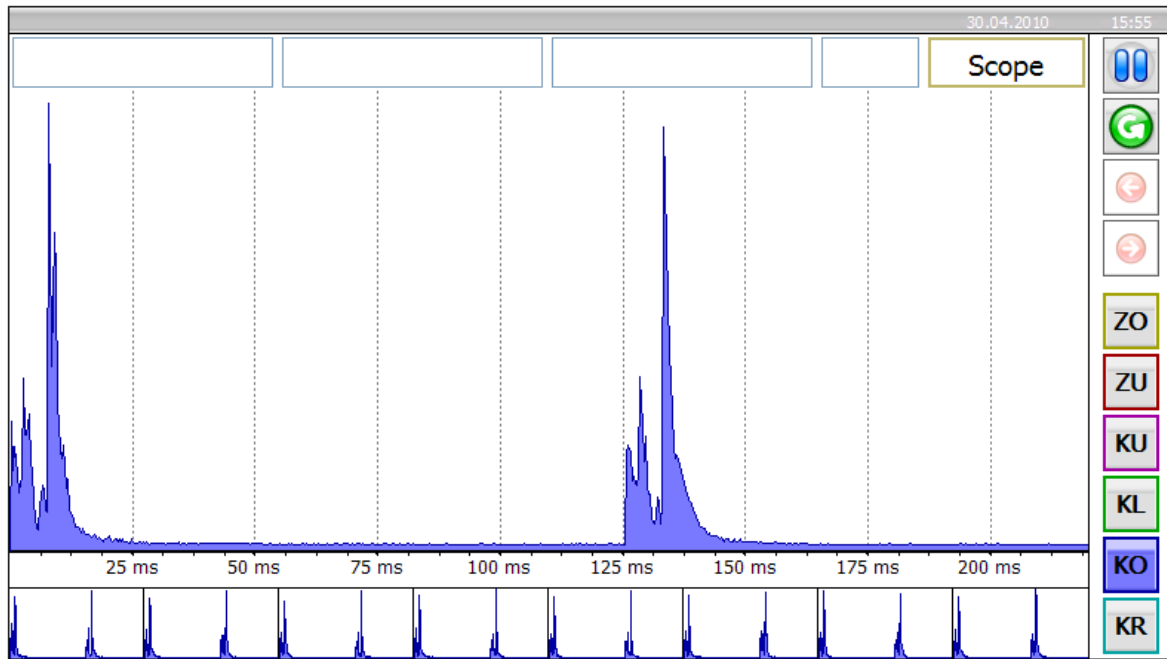


Die grafische Darstellung der Schlaggeräusche erlaubt eine eingehende Analyse über den Zustand der Hemmung.

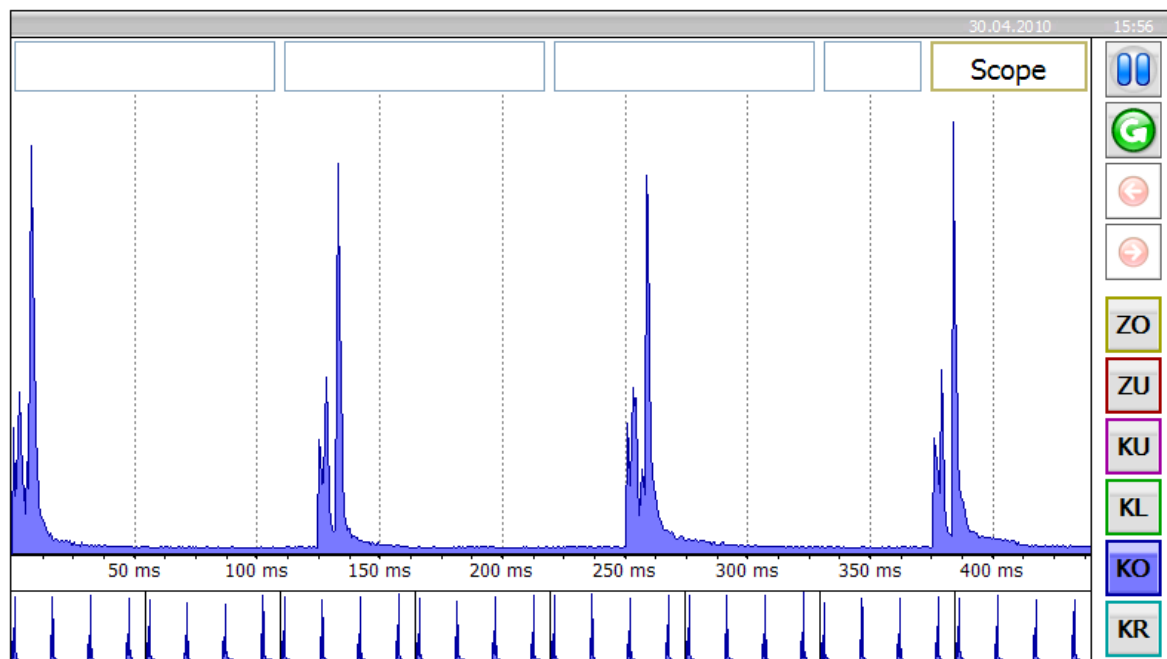


Beispiel mit **3A** Integrationszeit und einem Zeitbereich von **20 ms**. Dabei werden abwechslungsweise ein **Tic** und ein **Tac** dargestellt inkl. Amplitudenwert. Für eine Uhr mit 28'800 A/h erfolgt der Anzeigewechsel alle **0.375** Sekunden.

3A Integrationszeit und Zeitbereich von 200 ms



3A Integrationszeit und Zeitbereich von 400 ms



Je nach Schlagzahl und gewähltem Zeitbereich (200ms oder 400ms) werden mehrere sich folgende Schlaggeräusche dargestellt.

Die letzten acht Schlaggeräusche werden als Streifen im Kleinformat angezeigt. Wenn nach Anhalten der Scope Funktion eines der kleinen Bilder berührt wird, dann erscheint dieses in grosser Darstellung.

3 Berechnung der Resultate

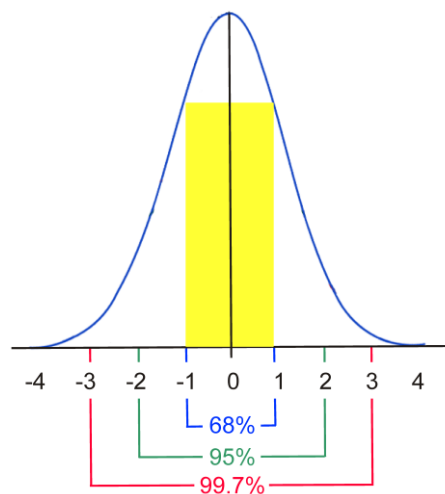
Im Testmodus Sequence:

- X** Summe der Messwerte dividiert durch die Anzahl Prüflagen.
- D** Differenz zwischen dem grösstem und kleinstem Messwert.
- DVH** Differenz zwischen den Mittelwerten der vertikalen und horizontalen Prüflagen.
- Di** Gangdifferenz zwischen den Prüflagen KL und ZO (CH und 6H).

	Gang	Rep	Ampl
ZO	-10.4	0.7	303
ZU	-	-	-
KU	3.7	0.9	251
KL	2.3	0.5	261
KO	-	-	-
KR	-	-	-
X	-1.5	0.7	272
D	14.1	0.4	52
DVH	13.4		-47
Di	12.7		

Im Testmodus Vario:

- σ** **Standardabweichung.** Sie ist das Mass für die Streuung der Werte um ihren Mittelwert.
68,27 % aller Messwerte haben eine Abweichung vom Mittelwert aus, die maximal dem Wert der Standardabweichung entspricht ($X \pm 1 \sigma$).



Beispiel

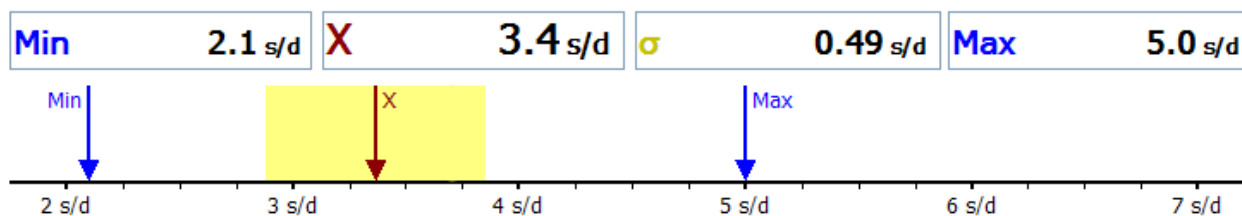
Nach einer Messzeit von über 3 Stunden resultiert für die Gangmessung ein σ von **0.49s/d** und ein Mittelwert von **3.4s/d**.

Berechnung

Mittelwert X abzüglich Standardabweichung σ $3.4 - 0.49 = 2.91s/d$

Mittelwert X zuzüglich Standardabweichung σ $3.4 + 0.49 = 3.98 s/d$

In unserem Beispiel liegen **68,27 %** (gelbe Zone) aller Messwerte im Bereich von **2,91 bis 3.98 s/d**.



Gleiches Vorgehen gilt auch für die Amplitudenmessung.

Je kleiner die Standardabweichung, desto besser ist die Stabilität von Gang und Amplitude.

4 Witschi Mess- und Prüftechnologie

Witschi Electronic AG ist weltweit führend auf dem Gebiet der Mess- und Prüftechnologie für Uhren und andere mikrotechnische Produkte.

Unser Angebot besteht aus Geräten zu Mess- und Prüfzwecken für die Produktion und den Reparatur-Service von mechanischen Uhren und Quarzuhren.

Bei allen unseren Aktivitäten verfolgen wir die Vision, das weltweit führende Unternehmen auf dem Gebiet der Prüftechnik für Uhren zu sein und zu bleiben.

Wir wollen innovative, hochwertige Produkte mit hohem Kundennutzen bereitstellen.

Nähere Informationen finden Sie auf unserer Webseite www.witschi.com