

## Das x-myrox-Lager von MPS: das ölfreie Uhrenlager

Patrice Parietti\*, Laurent Lehnert\*\*, Carole Steiner\*\*\*

\* MPS Micro Precision Systems AG (RMB bearings) - Eckweg 8 - 2501 Biel 6 – Schweiz - e-mail: watch@mpsag.com und

\*\* Jaeger-LeCoultre, Branch of Richemont International SA - Rue de la Golisse 8 - 1347 Le Sentier und

\*\*\* Patek Philippe – Genf – Chemin du Pont-du-Centenaire 141 – 1228 Plan-Les-Ouates

### Zusammenfassung

Seit langem befassen sich Uhrmacher intensiv mit dem Ölen der Zahnräder von mechanischen Uhrwerken. Trotz der technischen Weiterentwicklung der Schmiermittel stellt die Alterung der Schmieröle eine der Hauptursachen dafür dar, dass das Uhrwerk früher oder später versagt. In der Regel wird empfohlen, die Zahnräder mindestens alle 5 Jahre zu reinigen und neu zu ölen. MPS bietet ein Vierpunktlager, das lediglich absolute Sauberkeit erfordert und ansonsten völlig wartungsfrei ist und hat somit heute eine Vorreiterrolle inne. Die Uhrenmanufaktur Jaeger-LeCoultre wird in dieser Publikation erwähnt, da sie hohe Summen in ein einjähriges Testprogramm investiert hat, das dazu diente, die Vorteile zu evaluieren, die der Einsatz eines x-myrox-Lagers im Vergleich zu einem Standardvierpunktlager (auch Uhrenlager genannt) bietet. Das Labor von Patek-Philippe, das mit einem reflexionsarmen Messraum ausgestattet ist, hat diese Tests, bei denen es ausschließlich um Vergleichsmessungen zur Geräuscentwicklung ging, durchgeführt.

### 1. Konzipierung des Standardvierpunktlagers

Das Vierpunktkugellager besteht aus 5 Teilen : dem Ring, dem Kern, dem Kegel, dem Käfig oder dem Kugeltrenner und den Kugeln.

Der Ring, der Kern und der Kegel sind üblicherweise aus Chromstahl 20AP (1.1268+Pb) oder, in bestimmten Fällen, ganz oder teilweise aus CuBe gefertigt. Der Käfig wird in die Berylliumbronze (CuBe) gestanzt. Die Kugeln werden aus Chromstahl 100Cr6 (1.3505), aus Edelstahl X105CrMo17 (1.4125) oder – für die Funktion als Zahnräder – aus synthetischem Rubin hergestellt.

### 2. Risiken beim Einsatz eines ölfreien Lagers

Der Einsatz eines Standardlagers aus Stahl ohne Schmiermittel führt nach einer gewissen Dauer, die von der Geschwindigkeit und den einwirkenden mechanischen Belastungen abhängt, zu Mikroschweißstellen auf der Oberfläche derjenigen Teile (Ring, Kern und Kugeln), die einander unter Belastung berühren.

Außerdem können sich die Mikropartikel aus Stahl, die durch dieses Phänomen entstehen, lösen und somit das Uhrwerk so sehr beschädigen, dass dieses sogar zum Stillstand kommen kann.

### 3. Konzipierung des x-myrox-Lagers

Die Konstruktion des x-myrox-Lagers bleibt in jeder Hinsicht mit der des Standardlagers vergleichbar. Der Unterschied liegt in der Wahl der Werkstoffe.



Abb. 1 : Explosionszeichnung eines x-myrox-Vierpunktlagers

#### 3.1 Werkstoff für den Ring, den Kern und den Kegel

Für das Abstechen der Lagerringe verwendet MPS Edelstahl, um die Korrosionsrisiken auf ein Minimum zu reduzieren.

#### 3.2 Werkstoff für die Kugeln

Eine wirkliche Innovation stellt die Einführung des Werkstoffes Keramik als Basiswerkstoff für die Herstellung der Kugeln dar. Dadurch wird das Risiko der Entstehung von Mikroschweißstellen (unter Punkt 2 beschrieben) ausgeschaltet.

Außerdem wird, wie unter Punkt 1 erwähnt, in manchen Kugellagern von Uhrwerken bereits synthetischer Rubin verwendet. Dieser Werkstoff kann jedoch keinesfalls für das Lager einer Automatikuhr mit Selbstaufzug durch eine Schwungmasse eingesetzt werden.

Dies ist damit zu begründen, dass die schlechten stoßabsorbierenden Eigenschaften der Kugeln aus synthetischem Rubin dazu führen, dass letztere beim Aufprall zerspringen.

Daher muss eruiert werden, welche Keramikart den folgenden Spezifikationen am ehesten entspricht :

- Stoßfestigkeit von bis zu 5000 g (Test mit Hilfe des Pendelschlagwerks)
- Ausdehnungskoeffizient ähnlich dem von Stahl, um bei extremen Temperaturen dasselbe Betriebsspiel sicherzustellen.
- Produktionsmittel und –kapazitäten, um winzige Kugeln von einem Durchmesser bis zu 0,200 mm herzustellen.
- Geometrie- und Oberflächeneigenschaften, die qualitativ denjenigen von Stahlkugeln entsprechen.

Die Keramikart, die sich hinsichtlich dieser Auflagen und Belastungen als am geeignetsten herausgestellt hat, ist Zirkoniumoxyd (ZrO<sub>2</sub>).

Die Hauptvorteile sind:

- eine hohe Festigkeit (ZrO<sub>2</sub>: 1200 HV / Stahl: 800 HV)
- ein Elastizitätsmodul ähnlich dem von Stahl (ZrO<sub>2</sub>: 220.000 Mpa / Stahl: 210.000 Mpa).

Haupteigenschaften des gewählten Zirkoniumoxyds:

Eigenschaft	Wert
Dichte	6,0 g/ cm <sup>3</sup>
Härte	1150-1200 HV
Ausdehnungskoeffizient	11x10 <sup>-6</sup> •K <sup>-1</sup>
Bruchfestigkeit	10 Mpa•m <sup>1/2</sup>
Biegefestigkeit	> 1800 Mpa

### **3.3 Werkstoff für den Käfig**

Was das Standardvierpunktugellager betrifft, so hat die Analyse zahlreicher Lager, die nach einer mehreren Jahren entsprechenden Betriebsdauer beobachtet wurden, gezeigt, dass sich CuBe-Mikropartikel lösen, die sich beim Kontakt mit dem Schmiermittel zu einer Masse verbinden, die wiederum die Leistungsfähigkeit des Lagers beeinträchtigt.

Außerdem ist CuBe auf Dauer korrosionsanfällig. Dies zeigt sich in einer farblichen Veränderung des Materials von gelb zu rot. Dieser Aspekt, der keinerlei Auswirkung auf die Funktionsfähigkeit des Lagers hat, ist in der Qualitätsuhrenmanufaktur, wo die ästhetischen Ansprüche sehr hoch sind, von großer Bedeutung.

Die Unterbindung des durch die Belastung entstehenden Kontaktes Stahl-Stahl zwischen den Kugeln und dem Käfig dank der Verwendung von Keramik zur Herstellung der Kugeln, ermöglichte es, einen stanzfähigen Edelstahl zu verwenden. Der gewählte austenitische Stahl AISI 301 (1.4310) bietet folgende Vorteile :

- bessere Beherrschung der Geometrie nach der Zerschneidung (flach) als bei CuBe.
- kein Ablösen von Mikropartikeln des Werkstoffs beim Kontakt Kugel / Käfig unter Belastung.
- Eliminierung der toxischen Risiken, die aufgrund des Umgangs mit und der Verarbeitung von hochgiftigem Beryllium entstehen, das in der Verbindung Berylliumbronze (CuBe) enthalten ist

## **4. Leistungsprüfung und Test der Aufziehleistung**

### **4.1 Testart**

Der Vergleichstest hat den Vorteil, dass er die Entwicklung einer Lösung im Vergleich zu einer anderen aufzeigt. Daher wurde diese Vorgehensweise gewählt.

### **4.2 Grundprinzip**

Alle Tests wurden so durchgeführt, dass jegliches Risiko einer Verfälschung der Ergebnisse durch andere Komponenten ausgeschaltet wird.

Mit anderen Worten: Alle Lager wurden im gleichen Uhrwerk JLC 889 und mit derselben Referenzschwungmasse getestet.

### **4.3 Getestete Teile**

5 Standardlager (Lageringel aus 20AP + Käfig auf CuBe + Kugeln aus Edelstahl AISI 440C oder 1.4125).

5 x-myrox-Lager (Lageringel aus 4C27A + Käfig aus AISI 301 + Kugeln myrox®).

## **5 Test der Ansprechempfindlichkeit des Lagers**

### **5.1 Testprinzip**

Das Referenzuhrwerk, auf dem das zu testende Lager montiert wird, enthält nur die automatische Aufziehvorrichtung (von der Schwungmasse bis zum Federgehäuse).

Das Lager wird stets mit derselben Referenzschwungmasse getestet.

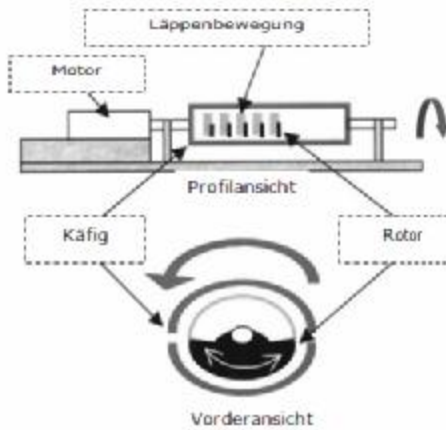
Das Testprinzip besteht darin, die Ansprechempfindlichkeit des Lagers zwischen zwei Phasen des Einlaufprogramms, die wie folgt geregelt sind, regelmäßig zu messen:

Rotationsgeschwindigkeit	: 110 U/min
Drehrichtungsumkehr	: alle 100.000 U
Messungen	: alle 100.000 U bis 500.000 U
20°-Neigung des Motors	: ab 500.000 U    ã 1.000.000 U
Messung	: nach 1.000.000 t

**5.2 Testausrüstung**

Ausgerüstet mit der Referenzschwingmasse wird das zu testende Lager auf dem Referenzuhrwerk montiert. Das Referenzuhrwerk wird durch einen Horizontalmotor zum Rotieren gebracht. Durch seine eigene Masse treibt die Schwingmasse den automatischen Aufziehmechanismus an.

Abb. 2 : Einlaufprinzip der Testlager



**5.3 Messausrüstung**

Um die Messung nach folgendem Prinzip durchzuführen, wurde extra ein Kontrollgerät entwickelt :

Ein Horizontalmotor, dessen Achse in den Kern (oder in den Innenring) des Lagers eingepasst ist, dreht sich mit einer Geschwindigkeit von 2 U/min. Die fest verbundene Schwingmasse des Außenrings des Lagers bleibt aufgrund ihrer eigenen Masse auf einer vertikalen Linie hängen. Eine Vorrichtung ermöglicht es, die Motorachse von der horizontalen in die vertikale Lage zu bringen.

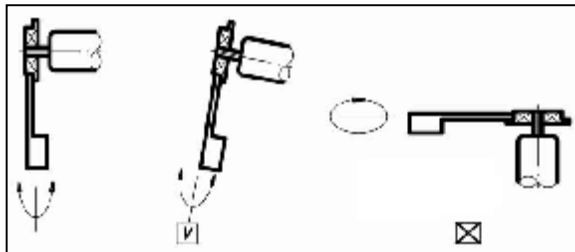


Abb. 3 : Prinzip bei der Messung der Ansprechempfindlichkeit

**5.4 Ablauf des Tests der Ansprechempfindlichkeit**

Der Test der Lager (siehe Punkt 4.3) umfasst folgende Phasen :

1. Einlauf gemäß des unter Punkt 5.1 erklärten Programms
2. Für jede Messung, Rotor abnehmen und ihn auf dem Gerät zur Kontrolle der Ansprechempfindlichkeit anbringen.
3. Für jedes getestete Lager den kritischen Winkel aufzeichnen, ab dem die Schwingmasse (auf dem Außenring des Lagers montiert) in der sich drehenden Achse des Motors einrastet und sich mindestens 1 Mal vollständige um diese Achse dreht.
4. Mittelwert errechnen und die Ergebnisse in eine Tabelle eintragen.
- 5.

**5.5 Ergebnisse des Vergleichstests der Ansprechempfindlichkeit**

Was die Standardlager betrifft, so steigen Ansprechempfindlichkeit oder Leistung nach einer Einlaufphase von 200.000 Umdrehungen. Dieses Phänomen hängt mit der Veränderung des Zustands des Schmiermittels zusammen, wie das anhand des Aussehens der Bauteile nach dem Test zu erkennen sein wird.

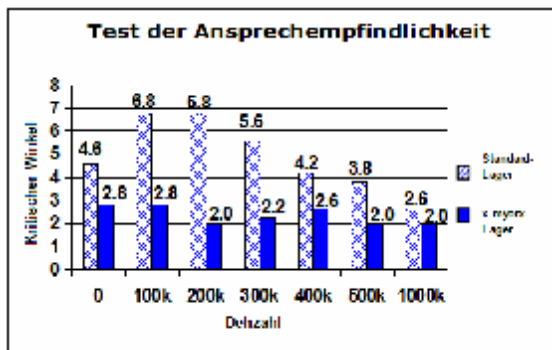


Abb. 4 : Vergleichsmessungen während des Tests der Ansprechempfindlichkeit

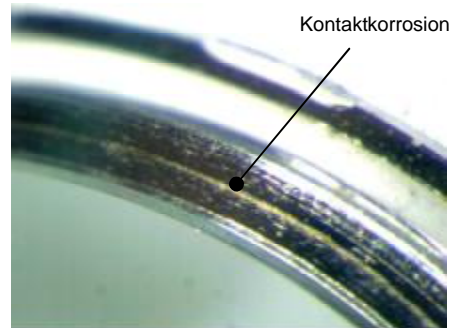
Die Ergebnisse zeigen eine langfristige Stabilität der guten Leistung des x-myrox-Lagers.

### 5.5 Demontage und Untersuchung der Komponenten nach dem Einlaufen

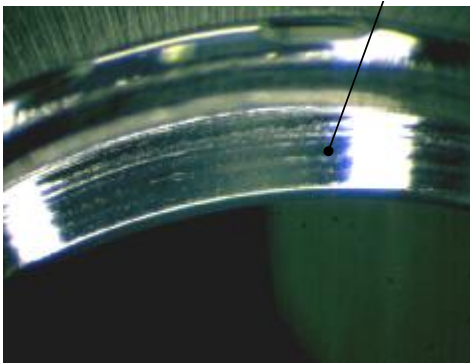
#### 5.5.1 Beobachtungen auf den Außenringen

**Abb. 5** : Foto des Außenrings (20AP) eines Standardlagers

Nach einer Million Umdrehungen war festzustellen, dass der anfängliche Schmierfilm, der als Trennschicht eingesetzt wird, zerstört war. Dadurch kommt es zu einer Reibkorrosion.



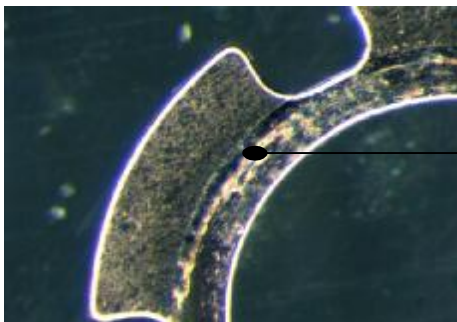
Leichte Kalthärtung



**Abb. 6** : Foto des Außenrings (4C27A) eines x-myrox-Lagers

Nach einer Million Umdrehungen war eine geringfügige Verfestigung aufgrund des wiederholten Durchlaufs der Kugeln festzustellen. Der Oberflächenzustand der Laufrille der Kugeln entsprach fast dem Neuzustand.

#### 5.5.2 Beobachtungen auf den Käfigen oder Kugeltrennern

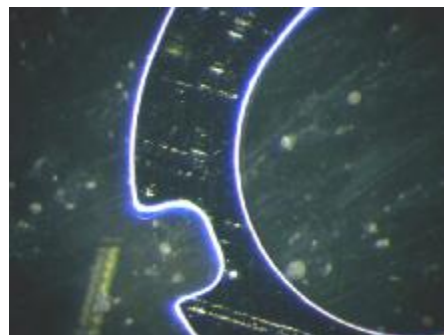


**Abb. 7** : Foto des Käfigs (CuBe) eines Standardlagers

Die Analyse der Ablagerung auf dem Käfig, der zwischen dem Kern und dem Kegel eingeklemmt ist, weist ein Amalgam aus CuBe-Mikropartikeln und Schmieröl nach, das auf der Oberfläche des Käfigs klebt. Es ist klar, dass dieses Amalgam sich direkt auf die Leistung des Lagers auswirkt.

**Abb. 9** : Foto des Käfigs (AISI 301) eines x-myrox-Lagers

Nach einer Million Umdrehungen entspricht der Oberflächenzustand des Käfigs fast dem Neuzustand



## 6. Test der Aufziehleistung

### 6.1 Testprinzip

Die Lager werden auf vollständige, eingestellte und in Gehäusen geschützte Uhrwerke montiert.

Das Testprinzip besteht darin, die im Federgehäuse gespeicherte, verbleibende Funktionszeit während der festgelegten Testdauer wie folgt auf dem Cyclotest zu evaluieren:

Rotationsgeschwindigkeit : 4 U/min  
Zyklus : 800 Umdrehungen  
Dauer : 3,33 h

Die verbleibende Funktionszeit ist die Zeit, die zwischen dem Aufziehen und dem Stillstand des Uhrwerks vergeht.

### 6.2 Testausrüstung

Die erste Testserie wurde mit 9 Uhrwerken durchgeführt, die mit geölten, nicht eingelaufenen und auf serienmäßigen Schwungmassen montierten Standardlagern, ausgestattet waren.

Für die zweite Testserie wurden die Standardlager durch x-myrox-Lager ersetzt, die aus der eingelaufenen Serie (1.000.000 Umdrehungen) stammten und die auf serienmäßigen Schwungmassen montiert waren.

In beiden Fällen wurde besonders darauf geachtet, dass keine unerwünschte Reibung zwischen der Schwungmasse und der Platine oder dem Gehäuse entsteht.

### 6.3 Messausrüstung

Für diesen Test wird ein Cyclotest automatic-test von Reglomat eingesetzt.

### 6.4 Ablauf des Tests der Aufziehleistung

Der Test umfasst folgende Phasen:

1. 9 Uhrwerke mit Standardlagern ausstatten
2. Uhrwerke auf den Cyclotest montieren und den wie unter Punkt 6.1 programmierten Test starten
3. Die für die Standardlager verbleibende, im Federgehäuse gespeicherte Funktionsdauer messen
4. Dieselben Uhrwerke nehmen, die mit Standardlagern ausgestatteten Rotoren demontieren und sie durch das Modell mit x-myrox-Lagern ersetzen.
5. Die Uhrwerke auf dem Cyclotest montieren und den wie unter Punkt 6.1 programmierten Test starten
6. Die für die x-myrox-Lager verbleibende, im Federgehäuse gespeicherte Funktionsdauer messen
7. Ergebnisse vergleichen

### 6.5 Ergebnisse des Vergleichstests der Aufziehleistung

Ergebnisse, die für die 9 Uhrwerke verzeichnet wurden, die bei der ersten Serie mit Standardlagern (Kugellagering aus 20AP + Käfig aus CuBe + Kugeln aus Edelstahl AISI 440C oder 1.4125) und bei der zweiten Serie mit denselben Uhrwerken mit x-myrox-Lagern (Kugellagering aus 4C27A + Käfig aus Stahl AISI 301 + myrox-Kugeln) ausgestattet waren.

Uhrwerk-Nr.	Standardlager	x-myrox-Lager
1	36 h 05 min	38 h 21 min
2	36 h 26 min	38 h 47 min
3	36 h 10 min	38 h 05 min
4	34 h 30 min	38 h 03 min
5	37 h 00 min	39 h 04 min
6	36 h 20 min	38 h 25 min
7	37 h 45 min	37 h 50 min
8	35 h 03 min	38 h 20 min
9	34 h 13 min	37 h 10 min
Mittelwert	36 h 23 min	38 h 09 min

Abb. 10 : Vergleichende Tabelle der Cyclotest-Ergebnisse

Der Test der Aufziehleistung mit Hilfe des Cyclotests bestätigt die Ergebnisse, die der Test der Ansprechempfindlichkeit ergeben hat. Das x-myrox-Lager verbessert die Aufziehleistung um 1h46 min.

## 7. Praxistest während des Tragens

### 7.1 Testprinzip

Die Uhrwerke, die mit den zu testenden Lagern ausgestattet sind, sind vollständig montiert und die so zusammengebauten Uhren werden Mitarbeitern des Unternehmens Jaeger-LeCoultre anvertraut.

Die Träger werden in Abhängigkeit von der Aktivität der Person gewählt, da eben diese Aktivität die Aufladeleistung der Energiereserve bestimmt.

Das Testprinzip besteht darin, die im Federgehäuse gespeicherte, verbleibende Funktionszeit während der wie folgt festgelegten Tragedauer zu evaluieren:

Tragedauer : 8 Stunden

**7.2 Testausrüstung**

Die erste Testserie wurde mit 7 Uhren durchgeführt, die mit Uhrwerken mit Standardlagern ausgestattet waren.

Für die zweite Testserie wurden die Standardlager durch x-myrox-Lager ersetzt. Beide Testserien wurden vom selben Träger durchgeführt.

**7.3 Ablauf des Praxistests während des Tragens**

Der Test umfasst folgende Phasen:

1. Uhrwerke mit Standardlagern ausstatten
2. Uhren vollständig zusammenbauen
3. Jede Uhr dem Träger für 8 Stunden geben
4. Verbleibende Funktionszeit auswerten
5. Standardlager ausbauen und durch x-myrox-Lager ersetzen
6. Jede Uhr dem Träger für 8 Stunden geben
7. Verbleibende Funktionszeit auswerten
8. Ergebnisse vergleichen

**7.4 Ergebnisse des Vergleichstests während des Tragens**

**7.4.1 Ergebnisse, die für die 7 Uhren verzeichnet wurden**, die mit Uhrwerken mit Standardlagern (Kugellagerringe aus 20AP + Käfig aus CuBe + Kugeln aus Edelstahl AISI 440C oder 1.4125) ausgestattet waren.

Träger	Uhr 1	Uhr 2	Uhr 3	Uhr 4	Uhr 5	Uhr 6	Uhr 7
1	22h30	31h05	24h50	36h15	34h30	26h10	29h25
2	22h05	24h20	34h40	40h00	29h10	39h10	22h45
3	29h20	35h25	33h20	34h30	39h35	24h00	24h00
4	34h15	32h10	25h20	24h05	20h10	28h15	28h10
5	23h20	25h05	31h50	36h30	17h50	24h55	32h30
6	28h50	27h25	19h05	22h05	21h30	36h30	23h50
7	40h27	22h25	29h30	28h05	36h10	26h00	24h30
Mittelwert	28h41	28h16	28h22	30h12	28h25	29h17	26h27

Abb. 11 : Ergebnisse des Praxistests für Standardlager

**7.4.2 Ergebnisse, die für die 7 Uhren verzeichnet wurden**, die mit Uhrwerken mit x-myrox Lagern (Kugellagerringe aus 4C27A + Käfig aus Stahl AISI 301 + myrox-Kugeln) ausgestattet waren.

Träger	Uhr 1	Uhr 2	Uhr 3	Uhr 4	Uhr 5	Uhr 6	Uhr 7
1	42h01	30h10	30h55	27h35	32h16	28h19	34h29
2	43h26	34h26	34h52	38h10	33h17	40h35	41h52
3	41h45	34h27	33h02	34h27	40h15	41h06	45h17
4	27h31	28h09	35h26	34h25	36h25	33h45	26h45
5	34h08	29h25	35h30	37h19	25h26	36h20	27h20
6	27h32	28h22	38h03	30h04	27h11	30h05	34h27
7	35h19	40h40	28h45	31h40	35h40	33h46	34h43
Mittelwert	35h57	32h14	33h47	33h22	32h55	34h50	34h59

Abb. 12 : Ergebnisse des Praxistests für x-myrox-Lager

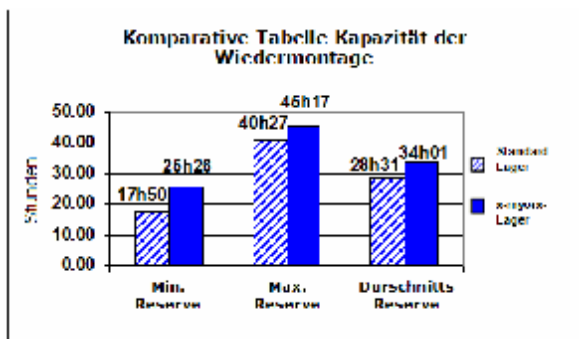


Abb. 13 : Tabelle zum Vergleich der Ergebnisse des Praxistest während des Tragens

Bei einer Tragedauer von 8 Stunden gewinnt man dank des x-myrox-Lagers im Schnitt bei allen Trägern 5h30min. Dies entspricht einer Leistungssteigerung von 19% im Vergleich zum Standardlager.

## 8 Stoßfestigkeit des x-myrox-Lagers

### 8.1 Testprinzip

Stoßmessungen werden in der Uhrenindustrie mit Hilfe des sogenannten Pendelschlagwerks durchgeführt. Dieses Gerät ermöglicht es, einen Stoß zu simulieren, der einem Sturz aus 1 Meter Höhe, also einer Geschwindigkeit von 4,33m/s beim Aufprall entspricht. Dies entspricht einer Beschleunigung von 5000g. Nach Bestehen dieses Tests erhält die Uhr das Zertifikat „Stoßsicher“. Der Test wurde gemäß der Norm NIHS 91-10 durchgeführt.

### 8.2 Ergebnis des Pendelschlagwerk-Tests.

5 mit x-myrox-Lagern ausgestattete Uhren haben den Test bestanden.

Nach dem Auseinanderbauen und einer Untersuchung war keinerlei Schaden festzustellen.

## 9 Korrosionsfestigkeit des x-myrox-Lagers

3 Lager wurden für 30 Stunden einer Atmosphäre mit 40°C warmem Salznebel ausgesetzt.

3 Lager wurden für 30 Stunden bei 40°C einem Test mit Kunstschweiß unterzogen.

Bei der gründlichen Untersuchung der 6 Bestandteile wurde keine einzige Korrosionsspur entdeckt.

## 10 Thermoschockfestigkeit

3 Lager wurden zuerst auf 200°C erhitzt und dann in Wasser getaucht.

Alle Bauteile haben diesen Test ohne Bruchstellen oder Haarrisse bestanden.

## 11 Geräuschmessungen

In der Uhrenindustrie wird die Geräuschentwicklung oft mit Hilfe des Gehörs und nicht im Rahmen einer Messung evaluiert. Daher hängt das Ergebnis von der Beurteilung durch eine Person ab und kann somit als subjektiv eingestuft werden. Andererseits kann die Ummantelung (Gehäuse + Boden) wie ein „Resonanzkasten“ wirken und das Geräusch verstärken.

### 11.1 Testprinzip

Dieser Test dient dem Vergleich der Höhe der Eigengeräuschentwicklung beider Lagertypen, die bei verschiedenen Geschwindigkeiten in einem reflexionsarmen Messraum gemessen wird.

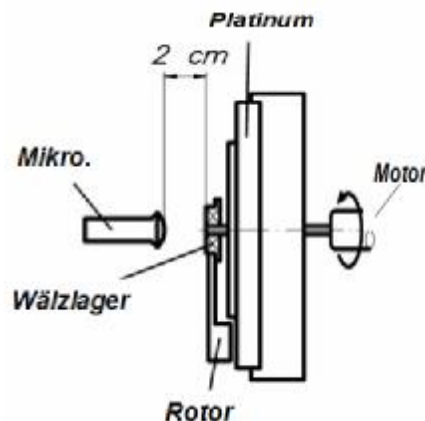
### 11.2 Testausrüstung

10 Standardkugellager und 10 x/myrox-Lager werden mit Schwungmassen ausgestattet. Dann werden die Rotoren auf Platinen des Kalibers 315 von Patek-Philippe geschraubt.

### 11.3 Messausrüstung

Mittels eines zylinderförmigen Trägers aus Delrin wird die Platine auf der Achse eines Motors befestigt. In Verlängerung der Achse wird ein Mikrophon in einem Abstand von 2 cm vom Lager (siehe Abb. 14) aufgestellt. Der Versuchsaufbau wird horizontal in einen reflexionsarmen Messraum gestellt.

Abb. 14 : Prinzip der Geräuschmessung



### 11.4 Ablauf des Tests zur Geräuschmessung

Die Aufzeichnungen erfolgen während 20 Sekunden bei Geschwindigkeiten von 200, 350, 500, 1000, 1300 und 1600 U/min. Der geringe Lärmpegel des Motors und seine Entfernung vom Punkt der Aufzeichnung erlauben es, seinen Einfluss auf die Messung zu vernachlässigen.

**11.5 Ergebnisse des Vergleichstests zur Geräuschmessung**

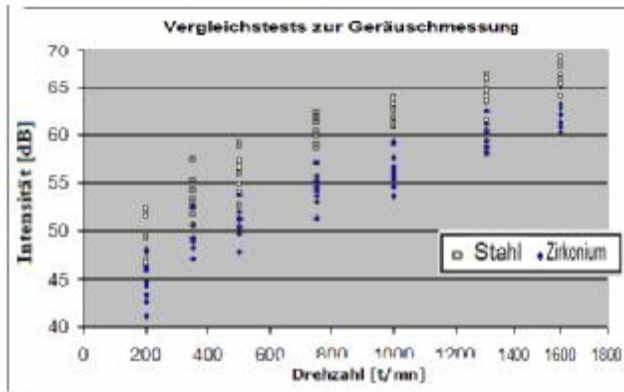


Abb. 15 : Graphische Darstellung der Ergebnisse

Abbildung 15 zeigt deutlich, dass die Geräuschentwicklung durch die Lager mit Stahlkugeln mit einem Faktor von 1,2 bis 2 im Vergleich zu den Werten der x-myrox-Lager deutlich höher ist. Die Geräuschintensität wird in dB angegeben. Eine Differenz von 1 dB wird vom menschlichen Ohr nicht wahrgenommen. Eine Differenz von 3 dB ist erforderlich, um den Unterschied erkennbar zu machen und eine Differenz von 6 dB entspricht einer Verdoppelung der Intensität.

Wenn man zu den unten genannten Testbedingungen noch andere Bestandteile des Aufziehmechanismus hinzufügt, ist die Differenz bei niedrigen Geschwindigkeiten zwar weniger deutlich, steigt aber mit höherer Geschwindigkeit deutlich an.

**12 Ölen des x-myrox-Lagers**

Was geschieht, wenn das x-myrox-Lager bei einem Kunden oder bei einem Zwischenhändler des letzteren geölt wird ?

Es gibt zwei Fälle:

1. Das Ölen erfolgt durch eine starke Dispersion aus Hochdruck-Uhrenöl in einem Lösungsmittel (wie von MPS beim Standarduhrenwerk durchgeführt)
2. Das Ölen wird mit einer Ölpipette durchgeführt (1, 2, 2 1/2 oder 3 Tropfen Uhrenöl für hohe Druckbelastungen).

Im Fall Nr. 1 zeigen die Ergebnisse eines Tests der Ansprechempfindlichkeit bei 800.000 Umdrehungen (durchgeführt unter den selben Bedingungen wie unter Punkt 5 genannt), dass die Ansprechempfindlichkeit fast derjenigen entspricht, die beim ungeölte x-myrox-Lager gemessen wurde.

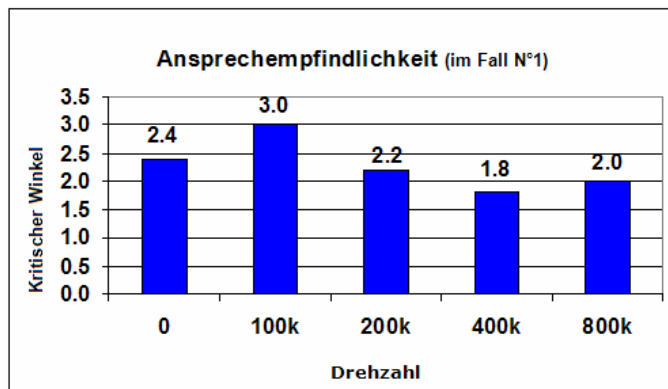


Abb. 16 : Tabelle der Testergebnisse zur Ansprechempfindlichkeit des geölte x-myrox-Modells

Im Fall Nr. 2 ist der Leistungsverlust (Ansprechempfindlichkeit) umso größer, je höher die Zahl der in das Lager geträufelte Öltropfen ist. Dies gilt sowohl für das Standardlager, als auch für das x-myrox-Modell.

Zusammenfassend ist also zu sagen, dass die Technik des Ölens sowohl für das x-myrox-Lager, als auch für das Standardlager ausschlaggebend ist, wenn das Uhrwerk eine geringe Aufziehleistung hat.



**13 Schlussfolgerung**

Die Ergebnisse aller Tests ermöglichen es, klar und deutlich die Vorteile des x-myrox-Lagers im Vergleich zum Standardmodell darzulegen:

1. Dank der Unterbindung des Kontaktes Stahl-Stahl unter Last durch die Einführung von Keramikkugeln, wird das Ölen unnötig.
2. Stoßfestigkeit (getestet bis zu 5000g gemäß der Norm NIHS 91-10).
3. Maximale Leistung (+19% im Vergleich zum Standardlager im Praxistest während des Tragens).
4. Langfristige Leistungsstabilität (getestet bei 1.000.000 Umdrehungen, was 4,5 Jahren täglichen Tragens entspricht).
5. Reduzierung der Eigengeräuschentwicklung.
6. Vereinfachung und zuverlässige Wartung für den Uhrmacher, sowie für die nationalen und internationalen Kundenservicestellen.
7. Sehr lange Lagerdauer ohne Beschädigung (keine Sorgen mehr wegen des Verhaltens der Öle bei der Alterung).
8. Der Ersatz von CuBe durch Stahl AISI 401 als Werkstoff für den Käfig oder den Kugeltrenner trägt dazu bei, die Toxizitätsrisiken auszuschalten, die mit dem Umgang mit und der Verarbeitung von hochgiftigem Beryllium, das in der Verbindung Berylliumbronze enthalten ist, einhergehen.

Kurzum: das x-myrox-Lager der MPS Micro Precision Systems AG bietet Lösungen für die dringlichsten Probleme der Schweizer Uhrmacher in diesem Bereich. Die erste Lösung besteht darin, eine stets gesteigerte Verlässlichkeit anzubieten, die zweite besteht darin, die Funktionsgeräusche zu verringern und die dritte ermöglicht längere Abstände zwischen den Wartungseingriffen.

**MPS Micro Precision Systems AG**  
**Patrice Parietti**  
**CH - Eckweg 8**  
**2504 Biel/Bienne**

**E-mail: [watch@mpsag.com](mailto:watch@mpsag.com)**