

# kaloMAX II



**Handbuch**

**Version 1.02**



## **Herstelleradresse und Kontaktdaten**

BAQ GmbH  
Hermann-Schlichting-Str. 14  
D-38110 Braunschweig  
Tel.: +49 5307 / 95102 0  
Fax: +49 5307 / 95102 20  
Mail: [info@baq.de](mailto:info@baq.de)

**Made in Germany**



## Inhaltsverzeichnis

1	Sicherheitshinweise .....	6
2	Lieferumfang .....	8
3	Technische Daten .....	9
4	Einleitung .....	10
5	Inbetriebnahme .....	12
6	Allgemeine Hinweise zur Bedienung.....	13
6.1	Bedienelemente .....	13
6.2	Tastenfunktionen .....	14
6.3	Option abnehmbarer Schraubstock .....	15
7	Programmierung .....	16
8	Durchführung einer Messung .....	17
9	Auswertung der Kalotten .....	19
9.1	Schichtdickenmessung ebener beschichteter Proben.....	19
9.2	Schichtdickenmessung zylindrischer beschichteter Proben.....	21
10	Beispielmessungen.....	22
11	Wartung des Gerätes .....	23
11.1	Reinigung.....	23
11.2	Sicherungen.....	23
11.3	Austausch der Antriebswelle.....	23

## 1 Sicherheitshinweise

- Lesen Sie dieses Handbuch vor der Inbetriebnahme des kaloMAX II sorgfältig durch.
- Bewahren Sie das Handbuch zum Nachschlagen auf.
- Beachten Sie alle Sicherheits- und Warnhinweise, die auf dem kaloMAX II angezeigt werden.
- Stellen Sie das kaloMAX II immer auf einer ebenen Fläche auf.
- Betreiben Sie das kaloMAX II nur in Bereichen, die elektrisch nicht als gefährlich eingestuft sind.
- Die Stromversorgung der IEC-Eingangsbuchse muss über das mitgelieferte IEC-Netzkabel an eine Erdung angeschlossen werden.
- Das kaloMAX II muss mit Sicherungen ausgestattet sein, die in diesem Handbuch spezifiziert sind und der Versorgungsspannung entsprechen.
- Jede Ersatz-Netzleitung muss eine gleichwertige Spezifikation wie die mitgelieferte haben.
- Beim Betrieb des kaloMAX II sollten Sie lose Kleidung oder Schmuckstücke, die sich verfangen können, entfernen und sich vor beweglichen Teilen in Acht nehmen.
- Vermeiden Sie bei der Reinigung oder Verwendung des kaloMAX II das Einatmen von Lösungsmitteldämpfen.
- Versuchen Sie nicht, das kaloMAX II an der Welle anzuheben.
- Das kaloMAX II darf nicht in explosionsgefährdeten Bereichen eingesetzt werden.

## Entsorgung



Das kaloMAX II darf nicht über den Haus-, Gewerbe- oder Industriemüll entsorgt werden. Bitte beachten Sie die örtlichen Entsorgungsmethoden oder kontaktieren Sie uns bezüglich der ordnungsgemäßen Entsorgung von Elektronikgeräten.

## 2 Lieferumfang

Grundgerät kaloMAX II

Universeller Schraubstock zur Probenaufnahme

IEC-Netz kabel

Handbuch

### **Optionen:**

Abnehmbarer Schraubstock

Verbrauchsmaterial

Kugeln unterschiedlicher Durchmesser

Diamantsuspensionen

Staubschutzhülle

Auswertesoftware kaloSOFT

Mikroskope



Bitte überprüfen Sie umgehend nach Erhalt der Ware den Lieferumfang auf Vollständigkeit.

### 3 Technische Daten

Spannungsversorgung:	85 – 264 VAC, 47 – 63 Hz Sicherungen: 5x20, 2 A t/250 V
Spannbereich für ebene Proben:	50 mm
Spannbereich für runde Proben:	Ø 3 – 30 mm (an Probengeometrie angepasste Spannprofile auf Anfrage)
Positionierbereich Kreuztisch:	25 x 25 mm
Kugeldurchmesser:	15 – 40 mm
Neigung der Probenebene:	60°
Drehzahlen der Antriebswelle:	100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200 1/min (weitere Zwischenstufen auf Anfrage)
Laufzeiten:	5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 150, 180 s (weitere Zwischenstufen auf Anfrage)
Abmessungen:	300 / 295 / 235 mm (B / T / H)
Gewicht:	6,6 kg

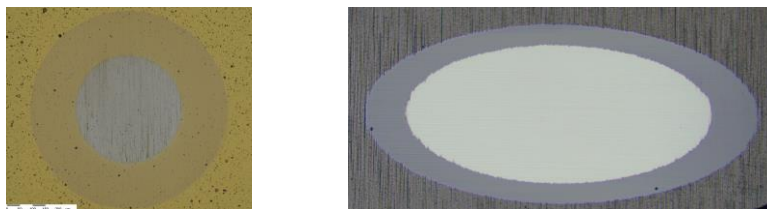
## 4 Einleitung

Mit den Schichtdickenmessgeräten der kaloMAX-Familie wird die Schichtdicke per Kalottenschleifverfahren gemessen. Eine lose zwischen Antriebswelle und Probe aufliegende gehärtete Stahlkugel mit exakt definiertem Durchmesser wird durch die motorisch angetriebene Welle in Rotation versetzt (vgl. Prinzipskizze).



**Abbildung 1:** Messprinzip Kalottenschliff

Die Kugel dient dabei als Träger für ein Abrasivmittel (Diamantsuspension, Diamantpaste o.ä.). Dadurch wird eine Vertiefung in die Probe geschliffen – die sogenannte Kalotte. Die Schleifdauer beträgt je nach Schichttyp (Dicke und Verschleißfestigkeit) wenige Sekunden bis einige Minuten. Wird das Schichtsystem der eingespannten Probe durchgeschliffen (Schlifftiefe > Schichtdicke), ist jede einzelne Schicht unter dem Mikroskop als konzentrischer Ring (ebene Probe) bzw. Ellipse (zylindrische Probe) zu erkennen.



**Abbildung 2:** Kalotten auf ebener (links) und zylindrischer Probe (rechts)



Mit dem Kalottenschleifverfahren lassen sich sowohl Einzel- als auch Mehrlagenschichten analysieren. Da der Durchmesser der gehärteten Stahlkugel sehr groß im Vergleich zu den Schichtdicken ist, wird das Schichtsystem unter einem sehr flachen Winkel angeschliffen, wodurch die Schicht gewissermaßen verbreitert wird (der Durchmesser der einzelnen Ringe ist typischerweise ca. um den Faktor 200 größer als die Schichtdicke).

Da die zu messenden Schichtdicken im  $\mu\text{m}$ -Bereich liegen, sind die eingeschliffenen Kugelkalotten dennoch sehr klein. Um klar zu erkennende Grenzen zu erhalten, wurde beim kaloMAX II besonderer Wert auf die Führung der Kugel auf der Antriebswelle und auf die Lagerung der Welle gelegt, so dass die Kugel während des Schleifvorganges keine senkrechten oder waagrechten Bewegungen ausführt.

Die Speicherung unterschiedlicher Kombinationen von Drehzahl und Laufzeit unter einer Programmnummer ermöglicht schnelle und reproduzierbare Messungen an verschiedenen Beschichtungstypen. Einstellungsfehler werden so weitgehend vermieden.

### 5 Inbetriebnahme

Das kaloMAX II muss so aufgestellt werden, dass während des Schleifvorgangs keine Erschütterungen oder Vibrationen auftreten. Die Stromversorgung erfolgt über ein Weitbereichsnetzteil mit einem Eingangsspannungsbereich von 85 – 264 V und einer Frequenz von 47 – 63 Hz.



Aufgrund von CE-Vorschriften sind auf dem Typenschild nur Bereiche angegeben, die oben und unten um jeweils 10 % eingeschränkt sind.

Zum Betrieb werden Kugeln (meistens aus gehärtetem Stahl) mit geeignetem Durchmesser und ein Abrasivmittel (z.B. Diamantsuspension) benötigt.

Bei größeren Stahlkugeln ist die eingeschleifene Kalotte flacher, d.h. die unter dem Mikroskop auszumessenden Durchmesser unterscheiden sich stärker. Daraus ergibt sich eine höhere Messgenauigkeit. Auf der anderen Seite ist bei gleicher Tiefe das ausgeschleifene Volumen größer. Dies hat zur Folge, dass die Schleifdauer etwas ansteigt, da die Flächenpressung mit zunehmender Schlifftiefe immer geringer wird. Ein Kugeldurchmesser von 30 mm ist meist ein guter Kompromiss.

Die verwendete Diamantsuspension muss in Ihrer Körnung zu Schichtart und -dicke passen. Eine gröbere Körnung führt aufgrund der höheren Abrasivität in der Regel zu einer geringeren Schleifdauer. Im Gegenzug wird jedoch das Schliffbild unsauberer. In der Regel sind Diamantsuspensionen mit Körnungen zwischen 0,5 µm und 3 µm gut geeignet.

## 6 Allgemeine Hinweise zur Bedienung

### 6.1 Bedienelemente

**Einschalter/Sicherungen:** Der Netzschalter befindet sich an der Rückseite des Gerätes. An dieser Stelle sind auch die Sicherungen zu finden (5x20, 2 A t/250 V).

**Probenaufnahme:** Die zu prüfenden Teile werden von einem Schraubstock aufgenommen. Die auf die Spannbacken montierten Spannprofile können zur besseren Aufnahme von runden Proben gedreht werden. Bei Beschädigungen können sie einfach ausgetauscht werden.

**Kreuztisch:** Die Probenaufnahme ist auf einem Kreuztisch montiert, mit dem sich die zu prüfenden Teile im Bereich 25 x 25 mm positionieren lassen.

**Verschiebblock:** Die Anpassung auf unterschiedliche Kugeldurchmesser oder Probendicken erfolgt durch die Verschiebung der gesamten Einheit Probenaufnahme/Kreuztisch nach Lösen der Feststellschraube auf der Rückseite.

**Anzeigen:** In den LED-Anzeigen werden die aktuellen Werte für die Drehzahl, die Laufzeit und das Programm dargestellt. Nach dem Einschalten des Gerätes sind immer die zuletzt aktuellen Parameter aktiv. Nach dem Start des Motors läuft die eingestellte Zeit in der Anzeige rückwärts bis null.

### 6.2 Tastenfunktionen



Mit dieser Taste wird der Schleifvorgang gestartet.



Wird diese Taste gedrückt während ein Schleifvorgang läuft, wird dieser sofort beendet.



Diese Taste wird zum Anlegen eines neuen Programms benötigt.

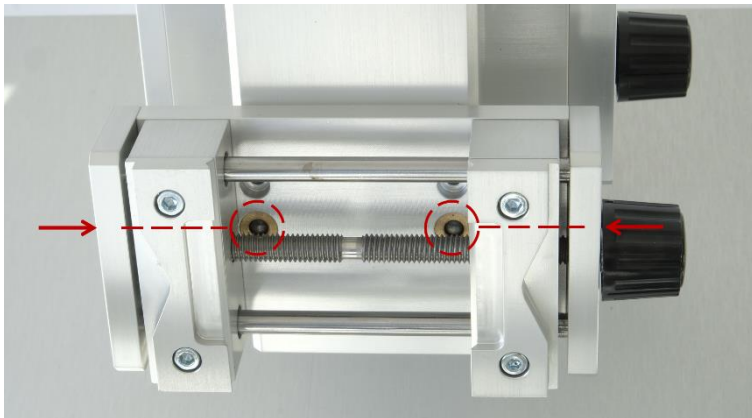
#### **Cursortasten**



Die Tasten  $\uparrow$   $\downarrow$  neben den Anzeigen für Drehzahl und Laufzeit ändern die zugehörigen Werte in Stufen. Wurde ein Wert geändert, geht die Programmanzeige auf '–'. Der Schleifvorgang mit dieser neuen Kombination kann mit der Start-Taste gestartet werden.

### 6.3 Option abnehmbarer Schraubstock

Der Schraubstock kann mit der eingespannten Probe vom Kreuztisch abgenommen werden. Unter einem Mikroskop kann dann festgestellt werden, ob die Schicht schon durchgeschliffen ist. Soll noch weiter geschliffen werden, wird der Schraubstock wieder aufgesetzt. Die Präzisionsführungen sorgen dafür, dass die Kalotte an exakt derselben Stelle weitergeschliffen wird. Beim Abnehmen und Aufsetzen des Schraubstocks ist darauf zu achten, dass dieser nicht verkantet wird und sich keine Partikel auf der Rückseite des Schraubstocks befinden. Zum Abnehmen sollte er außen, auf der Linie der beiden Führungen, angefasst werden (siehe Abbildung unten).



**Abbildung 3:** abnehmbarer Schraubstock

### 7 Programmierung

Das kaloMAX II bietet die Möglichkeit, bestimmte häufig gebrauchte Kombinationen der Parameter Drehzahl und Laufzeit unter einer Programmnummer zu speichern und bei Bedarf schnell wieder aufzurufen. Nach dem Einschalten des Gerätes ist immer das zuletzt verwendete Programm aktiv. Mit den Tasten  $\uparrow\downarrow$  neben der Programmanzeige wird das Programm geändert. Die zugehörigen Werte für Drehzahl und Laufzeit werden sofort angezeigt.

#### **Anlegen eines neuen Programms:**

- Einstellen der gewünschten Werte für Drehzahl und Laufzeit
- 'ENTER' drücken
- Gewünschte Programmnummer einstellen. Der Dezimalpunkt in der Programmanzeige leuchtet als Hinweis, dass die Programmierung noch nicht abgeschlossen ist. Alle Tasten bis auf 'ENTER' sind gesperrt.
- 'ENTER' zum Abschluss der Programmierung drücken. Der Dezimalpunkt verschwindet.

## **8 Durchführung einer Messung**

Damit die Schichtdicke mit einer möglichst hohen Genauigkeit bestimmt werden kann, ist ein sauberes Schliffbild der Kalotte erforderlich. Dieses hängt von folgenden Faktoren ab:

- Verwendetes Abrasivmittel
- Drehzahl
- Schleifdauer
- Kugeldurchmesser
- Auflagekraft der Kugel

Das kaloMAX II wird mit dem Einschalter auf der Rückseite des Gerätes gestartet. Daraufhin kann direkt mit den Messungen begonnen werden.

### **Schritt 1: Probeneinspannung und -positionierung**

Zunächst wird die Probe in den Schraubstock des kaloMAX II eingespannt und bei Bedarf gereinigt. Daraufhin wird die Auflagekraft eingestellt. Wie in der Prinzipskizze (vgl. Abbildung 1) zu erkennen ist, wird das Eigengewicht der Kugel von der Antriebswelle und der Probe aufgenommen. Je größer der Abstand der Probe von der Welle ist, umso größer ist bei einem bestimmten Kugeldurchmesser die Kraft auf die Probe. Daraufhin kann die Probe mit dem Kreuztisch so positioniert werden, dass die Kalotte an der gewünschten Stelle geschliffen wird.

### **Schritt 2: Wahl der Schleifparameter**

Die Schleifparameter Drehzahl und Schleifdauer werden eingestellt. Dabei

besteht sowohl die Möglichkeit diese über die entsprechenden ↑↓-Tasten individuell festzulegen als auch ein gespeichertes Programm (vgl. Abschnitt 7) zu verwenden.

### **Schritt 3: Auflegen der Kugel**

Die Kugel wird gereinigt und kann anschließend zwischen Probe und Traktionsringe des kaloMAX II gelegt werden.

### **Schritt 4: Zugabe Abrasivmittel**

Es wird eine kleine Menge des Schleifmittels (meistens Diamantsuspension) auf die Kugel gegeben. Dazu kann u.a. eine Pipette oder ein Glasstäbchen verwendet werden



In einigen Fällen kann es vorteilhaft sein, mehrere Tropfen der Diamantsuspension auf dem Umfang der Kugel zu verteilen. Dazu kann die Welle des kaloMAX II manuell gedreht werden.

### **Schritt 5: Schleifprozess**

Der Schleifprozess wird über START gestartet. Die Zeit in der Anzeige läuft rückwärts bis auf null. Anschließend kann die Probe zur Schichtdickenbestimmung unter das Mikroskop gelegt werden (vgl. Abschnitt 9).



Weder Kugel noch Antriebswelle dürfen während des Schleifvorgangs berührt werden.



## 9 Auswertung der Kalotten

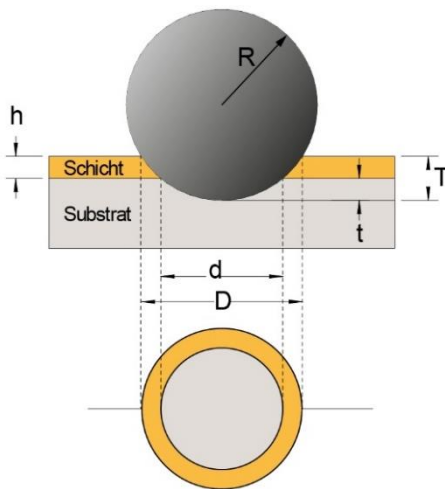
Das Kalottenschleifverfahren ermöglicht die Schichtdickenmessung von Ein- und Mehrlagenschichten auf Proben unterschiedlicher Geometrie. Aufgrund der „Schichtverbreiterung“ durch den Kalottenschliff, kann die Auswertung mit einem normalen Auflichtmikroskop (z.B. GSX-500) erfolgen. Als Auswertesoftware wird kaloSOFT empfohlen.



Weitere Informationen über GSX-500 und kaloSOFT auf [www.baq.de](http://www.baq.de)

### 9.1 Schichtdickenmessung ebener beschichteter Proben

Damit die Schichtdicke der zu prüfenden Beschichtung bestimmt werden kann, muss die Schlifftiefe größer als die Schichtdicke sein. In diesem Fall ist jede einzelne Schicht unter dem Mikroskop sichtbar und kann ausgemessen werden.



#### **Bezeichnungen**

h: gesuchte Schichtdicke

R: Kugelradius

T: gesamte Eindringtiefe

t: Eindringtiefe in das Substrat

D: äußerer Kalottendurchmesser

d: innerer Kalottendurchmesser

**Abbildung 4:** Schichtdickenmessung auf einer ebenen Probe

Die gesamte Eindringtiefe der Kugel beträgt:

$$T = R - \sqrt{R^2 - D^2/4} \quad (1)$$

Die Eindringtiefe der Kugel im Substrat ist:

$$t = R - \sqrt{R^2 - D^2/4} \quad (2)$$

Damit ergibt sich die Schichtdicke aus der Differenz:

$$h = T - t \quad (3)$$

$$h = \sqrt{R^2 - d^2/4} - \sqrt{R^2 - D^2/4} \quad (4)$$

Bei dünnen Schichten und nur wenig ins Substrat eingeschliffenen Kalotten sind die Durchmesser  $D$  und  $d$  sehr klein gegenüber dem Kugelradius  $R$ . Damit vereinfacht sich Gleichung 4 zu:

$$h = \frac{D^2 - d^2}{8 \cdot R} \quad (5)$$

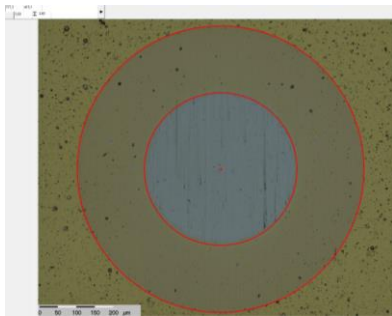
An Gleichung 5 ist zu erkennen, dass die Genauigkeit der Schichtdickenmessung mit dem Kalottenschleifverfahren von der Genauigkeit abhängt, mit der die Durchmesser  $D$  und  $d$  bestimmt werden können, da der Fehler von  $R$  unter 1% liegt. Das sorgfältige Ausmessen der beiden Durchmesser ist auch wichtig, da die beiden Größen quadratisch in die Schichtdickenberechnung eingehen. Zur Erzielung einer hohen Genauigkeit wird empfohlen, die Schlifftiefe so zu wählen, dass  $D \approx 2 \cdot d$ .



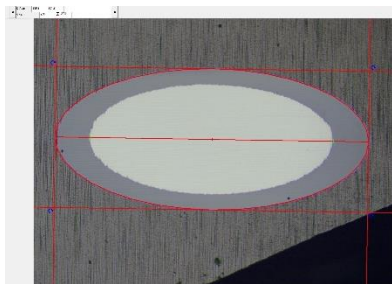
Weitere Informationen zur Betrachtung der Messgenauigkeit beim Kalottenschleifverfahren auf [www.baq.de](http://www.baq.de)



## 10 Beispielmessungen

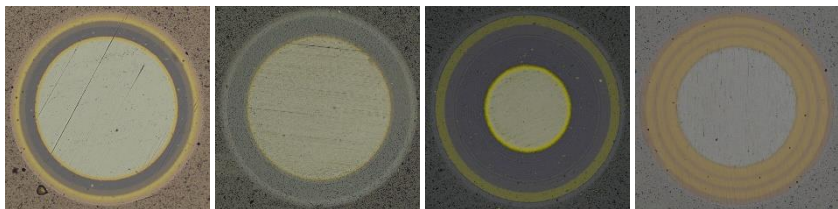


**Beschichtung:** TiN  
**Abrasivmittel:** 0,5 µm Diamantsuspension  
**Drehzahl:** 300 U/min  
**Schleifdauer:** 120 s  
**Kugel-Ø:** 30 mm  
**D = 777,3 µm; d = 415,1 µm**  
**Schichtdicke:** 3,60 µm



**Beschichtung:** AlTiN  
**Abrasivmittel:** 0,5 µm Diamantsuspension  
**Drehzahl:** 100 U/min  
**Schleifdauer:** 180 s  
**Kugel-Ø:** 30 mm  
**D = 839,6 µm; d = 651,6 µm**  
**Schichtdicke:** 2,34 µm

### Weitere Beispielkalotten:



## **11 Wartung des Gerätes**

### **11.1 Reinigung**

Beim Reinigen des Gerätes ist darauf zu achten, dass keine Flüssigkeiten in das Innere des kaloMAX II gelangen können. Die Oberseite ist nicht komplett abgedichtet.

### **11.2 Sicherungen**

In der Netzanschlusseinheit befinden sich 2 Sicherungen 1 A träge (2-polige Absicherung).

### **11.3 Austausch der Antriebswelle**

Sind die Traktionsringe auf der Antriebswelle beschädigt, ist es am einfachsten, die komplette Welleneinheit auszutauschen da die Traktionsringe auf exakten Rundlauf geschliffen sind. Dies kann nur an der ausgebauten Welle erfolgen. Zum Ausbau wird die Abdeckung auf der linken Seite abgeschraubt. Dann kann nach Lösen der Befestigungsschrauben auf beiden Seiten der Welle die komplette Einheit mit Lagern nach links herausgezogen werden.

BAQ GmbH

Hermann-Schlichting-Str. 14

38110 Braunschweig

Tel: 05307 / 95102 - 0

Fax: 05307 / 95102 - 20