



# uku / uls

Technisches Datenblatt - Ulbrichtkugeln

## Inhaltsverzeichnis

Einleitung	3
Ulbrichtkugeln - uku	4
uku120	4
uku240	5
uku315	6
uku500	7
uku800	8
uku1000	9
uku1600	10
Homogene Lichtquellen - uls	11
uls315	12
uls500	12
uls800	13
uls1000	13
Zubehör	14
Weitere Informationen	15
Beschichtung	15
Ports	15
Photometrie	15
Quellenverzeichnis	16



## Einleitung

Die Aufgabe einer Ulbrichtkugel ist es, Licht räumlich möglichst perfekt homogen zu verteilen. Idealerweise wäre die Innenseite der Kugel hierzu perfekt diffus bzw. lambertsch streuend und die Kugel komplett geschlossen.

Beide Voraussetzungen lassen sich in der Realität selbstverständlich nur schwer umsetzen. Die Art und der Reflexionsgrad der Innenbeschichtung, sowie die Größe und die Anzahl der Kugelöffnungen, beeinflussen das Kugelverhalten erheblich.

Ulbrichtkugeln werden für eine Vielzahl verschiedener Messanwendungen verwendet.

Typische Anwendungsbereiche sind:

- Lichtstrommessung
- Messung der Reflexion oder Transmission von Materialien
- Leuchtdichtenormale (uls)

Je nach Anwendung werden andere Kugelparameter relevant bzw. kommt weiteres Zubehör zum Einsatz.

Ähnlich wie jede Öffnung das ideale Kugelverhalten stört, so stören auch sämtliche zusätzliche Elemente in der Kugel. Diese sind aber wiederum zur Durchführung der Messung oft zwingend erforderlich.

Der Einfluss dieser Störelemente lässt sich jedoch in der Regel durch Einsatz entsprechender Hilfslichtquellen weitestgehend eliminieren.

Bei der Messung von Licht ist in der Regel zu vermeiden, dass Licht direkt oder direkt nach der ersten Reflexion an der Kugel auf den oder die Detektoren trifft. Um dies zu verhindern sind in der Kugel Schatter eingebaut.

Bei der Lichtstrommessung kann das Einbringen des Lichtstroms von außen über einen der Ports oder auch im Inneren der Kugel erfolgen.

Zur Messung der Reflexion oder Transmission wird eine weitere Lichtquelle sowie mehrere Messungen notwendig.

Das Erzeugen einer Fläche gleichmäßiger Leuchtdichte kann direkt an der Kugelinnenfläche, an einem in der Kugel angebrachten Target oder auch an einem der Kugelports mit entsprechender Abdeckung erfolgen.

Je größer die Kugel desto kleiner ist der Einfluss der Störgrößen. Allerdings nimmt die Leuchtdichte innerhalb der Kugel mit größeren Durchmessern stark ab.

Weitere technische Informationen finden Sie am Ende dieses Dokumentes.



opsira

## Ulbrichtkugeln - uku

### uku120

- Robuste Ulbrichtkugel aus Voll-Aluminium
- Innenbeschichtung aus hochwertigem Bariumsulfat ( $\text{BaSO}_4$ )
- Außenbeschichtung RAL9005 (tiefschwarz), andere Beschichtung auf Wunsch möglich
- Kugelhälfte verschraubt
- Plane Portflächen zur einfachen Montage von Prüflingen und Detektoren
- Ergonomische Tragemulden
- M6 Gewinde zur Integration in Laboraufbauten

## Spezifikationen

Kugeldurchmesser	120 mm
Innenbeschichtung	$\text{BaSO}_4$
Reflexionsgrad der Innenbeschichtung	ca. 93 %
Durchmesser Port 1 @ 90/45	20 mm
Durchmesser Port 2 @ 90/45	20 mm
Durchmesser Port 3 @ 90/135	20 mm
Fehlflächenkoeffizient f	< 0,7 %
Kugelfaktor M	ca. 11,5
Maße (Breite x Tiefe x Höhe)	126 x 130 x 130 mm <sup>3</sup>
Gewicht	ca. 2 kg



opsira

## uku240

- Robuste Ulbrichtkugel aus Voll-Aluminium
- Innenbeschichtung aus hochwertigem Bariumsulfat (BaSO<sub>4</sub>)
- Außenbeschichtung RAL9005 (tiefschwarz), andere Beschichtung auf Wunsch möglich
- Kugelhälfte verschraubt
- Plane Portflächen zur einfachen Montage von Prüflingen und Detektoren
- ±6° Reflexionsanordnung der Ports 2, 3 und 4
- Ergonomische Tragemulden
- M6 Gewinde zur Integration in Laboraufbauten

## Spezifikationen

Kugeldurchmesser	240 mm
Innenbeschichtung	BaSO <sub>4</sub>
Reflexionsgrad der Innenbeschichtung	ca. 93 %
Durchmesser Port 1 @ 90/45	20 mm
Durchmesser Port 2 @ 90/-45	40 mm
Durchmesser Port 3 @ 90/129 (-6° zu Port 2)	20 mm
Durchmesser Port 4 @ 90/141 (+6° zu Port 2)	20 mm
Fehlflächenkoeffizient f	< 0,7 %
Kugelfaktor M	ca. 11,5
Maße (Breite x Tiefe x Höhe)	265 x 260 x 260 mm <sup>3</sup>
Gewicht	ca. 14 kg



opsira

## uku315

- Robuste Ulbrichtkugel aus Aluminium
- Stabile Schweißkonstruktion in freitragendem Al-Rahmen
- Innenbeschichtung aus hochwertigem Bariumsulfat (BaSO<sub>4</sub>)
- Außenbeschichtung RAL9005 (tiefschwarz), andere Beschichtung auf Wunsch möglich
- Kugelhälfte über Scharniere schwenkbar
- Ergonomische Arbeitshöhe (Tischgerät)
- Probentisch im Kugelzentrum (optional)
- Probentisch am Seitenport (optional)

## Spezifikationen

Kugeldurchmesser	315 mm
Kugelwandstärke	ca. 3 mm
Innenbeschichtung	BaSO <sub>4</sub>
Reflexionsgrad der Innenbeschichtung	ca. 93 %
Durchmesser Port 1 @ 90/180	60 mm
Durchmesser Port 2 @ 30/0	60 mm
Durchmesser Port 3 @ 90/45	20 mm
Durchmesser Port 4 @ 90/-45	20 mm
Durchmesser Port 5 @ 150/0	60 mm
Fehlflächenkoeffizient f	< 2,95 %
Kugelfaktor M	ca. 7,79
Maße (Breite x Tiefe x Höhe)	320 x 435 x 460 mm <sup>3</sup>
Gewicht	ca. 20 kg



opsira

## uku500

- Robuste Ulbrichtkugel aus Aluminium
- Stabile Schweißkonstruktion in freitragendem Al-Rahmen
- Innenbeschichtung aus hochwertigem Bariumsulfat (BaSO<sub>4</sub>)
- Außenbeschichtung RAL9005 (tiefschwarz), andere Beschichtung auf Wunsch möglich
- Kugelhälfte über Scharniere schwenkbar
- Ergonomische Arbeitshöhe (Tischgerät)
- Probentisch im Kugelzentrum (optional)
- Probentisch am Seitenport (optional)

## Spezifikationen

Kugeldurchmesser	500 mm
Kugelwandstärke	ca. 3 mm
Innenbeschichtung	BaSO <sub>4</sub>
Reflexionsgrad der Innenbeschichtung	ca. 93 %
Durchmesser Port 1 @ 90/180	100 mm
Durchmesser Port 2 @ 20/0	60 mm
Durchmesser Port 3 @ 90/45	20 mm
Durchmesser Port 4 @ 90/-45	20 mm
Durchmesser Port 5 @ 160/0	60 mm
Fehlflächenkoeffizient f	< 1,81 %
Kugelfaktor M	ca. 8,54
Maße (Breite x Tiefe x Höhe)	525 x 700 x 800 mm <sup>3</sup>
Gewicht	ca. 28 kg



opsira

## uku800

- Robuste Ulbrichtkugel aus Aluminium
- Stabile Schweißkonstruktion in freitragendem Al-Rahmen
- Innenbeschichtung aus hochwertigem Bariumsulfat (BaSO<sub>4</sub>)
- Außenbeschichtung RAL9005 (tiefschwarz), andere Beschichtung auf Wunsch möglich
- Kugelhälfte über Scharniere schwenkbar
- Ergonomische Arbeitshöhe (Tischgerät)
- Probentisch im Kugelzentrum (optional)
- Probentisch am Seitenport (optional)

## Spezifikationen

Kugeldurchmesser	800 mm
Kugelwandstärke	ca. 3 mm
Innenbeschichtung	BaSO <sub>4</sub>
Reflexionsgrad der Innenbeschichtung	ca. 93 %
Durchmesser Port 1 @ 90/0	100 mm
Durchmesser Port 2 @ 20/0	60 mm
Durchmesser Port 3 @ 45/45	20 mm
Durchmesser Port 4 @ 45/-45	20 mm
Durchmesser Port 5 @ 160/0	60 mm
Fehlflächenkoeffizient f (in der Standardkonfiguration)	< 0,71 %
Kugelfaktor M	ca. 9,44
Maße (Breite x Tiefe x Höhe)	850 x 1000 x 1200 mm <sup>3</sup>
Gewicht	ca. 46 kg





opsira

## uku1000

- Robuste Ulbrichtkugel aus Aluminium
- Stabile Schweißkonstruktion in freitragendem Al-Rahmen
- Innenbeschichtung aus hochwertigem Bariumsulfat (BaSO<sub>4</sub>)
- Außenbeschichtung RAL9005 (tiefschwarz), andere Beschichtung auf Wunsch möglich
- Kugelhälfte über Scharniere schwenkbar
- Ergonomische Arbeitshöhe (einstellbar)
- Probentisch im Kugelzentrum (optional)
- Probentisch am Seitenport (optional)

## Spezifikationen

Kugeldurchmesser	1000 mm
Kugelwandstärke	ca. 3 mm
Innenbeschichtung	BaSO <sub>4</sub>
Reflexionsgrad der Innenbeschichtung	ca. 93 %
Durchmesser Port 1 @ 90/0	125 mm
Durchmesser Port 2 @ 12/0	60 mm
Durchmesser Port 3 @ 45/45	20 mm
Durchmesser Port 4 @ 45/-45	20 mm
Durchmesser Port 5 @ 168/0	60 mm
Fehlflächenkoeffizient f (in der Standardkonfiguration)	< 0,59 %
Kugelfaktor M	ca. 9,45
Maße (Breite x Tiefe x Höhe)	1400 x 1200 x 1600 mm <sup>3</sup>
Gewicht	ca. 90 kg



## uku1600

- Robuste Ulbrichtkugel aus Aluminium
- Stabile Schweißkonstruktion in freitragendem Al-Rahmen
- Innenbeschichtung aus hochwertigem Bariumsulfat (BaSO<sub>4</sub>)
- Außenbeschichtung RAL9005 (tiefschwarz), andere Beschichtung auf Wunsch möglich
- Kugelhälfte über Linearführungen aufschiebbar
- Ergonomische Arbeitshöhe
- Probentisch im Kugelzentrum (optional)
- Probentisch am Seitenport (optional)

## Spezifikationen

Kugeldurchmesser	1600 mm
Kugelwandstärke	ca. 4 mm
Innenbeschichtung	BaSO <sub>4</sub>
Reflexionsgrad der Innenbeschichtung	ca. 93 %
Durchmesser Port 1 @ 90/0	250 mm
Durchmesser Port 2 @ 10/0	60 mm
Durchmesser Port 3 @ 45/45	20 mm
Durchmesser Port 4 @ 45/-45	20 mm
Durchmesser Port 5 @ 170/0	60 mm
Fehlflächenkoeffizient f (in der Standardkonfiguration)	< 0,69 %
Kugelfaktor M	ca. 9,45
Maße (Breite x Tiefe x Höhe)	2500 x 1800 x 2300 mm <sup>3</sup>
Gewicht	ca. 320 kg

## Homogene Lichtquellen - uls

Alle Modelle der uku Serie sind als "uls" Varianten (uniform light source) erhältlich.

Hierbei verfügen die Kugeln über eine oder mehrere Lichtquellen, eventuell einen oder mehrere Detektorports und einen Ausgangsport mit homogener Leuchtdichte und lambertscher Abstrahlung.

Je nach Konfiguration ist der Lichtstrom in der Kugel und somit die Leuchtdichte am Ausgangsport variabel oder fix. Hierbei erfolgt die Regelung des Lichtstroms über eine motorische Blende ohne Änderung der Spektralverteilung in der Kugel.

Der Port der homogenen Leuchtdichte liegt auf Position 90/0. Der Lichtquellenport liegt bei 45/45. Werden weitere Lichtquellen- oder Detektorports benötigt, so sind diese optional an den Positionen 45/-45, 135/45 und 135/-45 erhältlich.

Als Target mit homogener Leuchtdichte kann je nach Anwendung entweder die Kugelwand selbst, ein zusätzliches Target in der Kugel oder auch ein diffuser Verschluss am Port der Kugel dienen. Der Verschluss der Kugel wird über ein diffuses Quarzglas mit sehr guten Streueigenschaften realisiert, verringert jedoch die erreichbare Leuchtdichte bei gleichbleibendem Lichtstrom in der Kugel.

Werden die Kugeln mit unverschlossenem Ausgangsport betrieben, so ist vor den Lichtquellen ein Schatter installiert. Bei geschlossenen Systemen mit Fenster ist dies nicht erforderlich.

## uls315

Kugeldurchmesser	315 mm
Kugelwandstärke	ca. 3 mm
Innenbeschichtung	BaSO <sub>4</sub>
Reflexionsgrad der Innenbeschichtung	ca. 93 %
Durchmesser Port 1 @ 90/0	100 mm
Durchmesser Port 2 @ 45/45	60 mm
Fehlflächenkoeffizient f	< 3,5 %
Kugelfaktor M	ca. 8,4
Maße (Breite x Tiefe x Höhe)	320 x 435 x 460 mm <sup>3</sup>
Gewicht	ca. 20 kg
Leistung der Lichtquelle(n)	150 W
Ähnlichste Farbtemperatur T <sub>n</sub>	ca. 2900 - 3000 K
Leuchtdichte in der Kugel	ca. 20 kcd/m <sup>2</sup>
Leuchtdichte an diffusem Quarzverschluss (optional)	ca. 2 kcd/m <sup>2</sup>

## uls500

Kugeldurchmesser	500 mm
Kugelwandstärke	ca. 3 mm
Innenbeschichtung	BaSO <sub>4</sub>
Reflexionsgrad der Innenbeschichtung	ca. 93 %
Durchmesser Port 1 @ 90/0	100 mm
Durchmesser Port 2 @ 45/45	60 mm
Fehlflächenkoeffizient f	< 1,4 %
Kugelfaktor M	ca. 10,3
Maße (Breite x Tiefe x Höhe)	525 x 700 x 800 mm <sup>3</sup>
Gewicht	ca. 28 kg
Leistung der Lichtquelle(n)	150 W
Ähnlichste Farbtemperatur T <sub>n</sub>	ca. 2900 – 3000 K
Leuchtdichte in der Kugel	ca. 9 kcd/m <sup>2</sup>
Leuchtdichte an diffusem Quarzverschluss (optional)	ca. 0,9 kcd/m <sup>2</sup>

## uls800

Kugeldurchmesser	800	mm
Kugelwandstärke	ca. 3	mm
Innenbeschichtung	BaSO <sub>4</sub>	
Reflexionsgrad der Innenbeschichtung	ca. 93	%
Durchmesser Port 1 @ 90/0	100	mm
Durchmesser Port 2 @ 45/45	60	mm
Durchmesser Port 3 @ 45/-45	60	mm
Fehlflächenkoeffizient f (in der Standardkonfiguration)	< 0,95	%
Kugelfaktor M	ca. 11,2	
Maße (Breite x Tiefe x Höhe)	850 x 1000 x 1200	mm <sup>3</sup>
Gewicht	ca. 46	kg
Leistung der Lichtquelle(n)	2 x 150	W
Ähnlichste Farbtemperatur T <sub>n</sub>	ca. 2900 - 3000	K
Leuchtdichte in der Kugel	ca. 8	kcd/m <sup>2</sup>
Leuchtdichte an diffusem Quarzverschluss (optional)	ca. 0,8	kcd/m <sup>2</sup>

## uls1000

Kugeldurchmesser	1000	mm
Kugelwandstärke	ca. 3	mm
Innenbeschichtung	BaSO <sub>4</sub>	
Reflexionsgrad der Innenbeschichtung	ca. 93	%
Durchmesser Port 1 @ 90/0	100	mm
Durchmesser Port 2 @ 45/45	60	mm
Durchmesser Port 3 @ 45/-45	60	mm
Fehlflächenkoeffizient f (in der Standardkonfiguration)	< 0,45	%
Kugelfaktor M	ca. 9,7	
Maße (Breite x Tiefe x Höhe)	850 x 1000 x 1200	mm <sup>3</sup>
Gewicht	ca. 46	kg
Leistung der Lichtquelle(n)	2 x 150	W
Ähnlichste Farbtemperatur T <sub>n</sub>	ca. 2900 – 3000	K
Leuchtdichte in der Kugel	ca. 5	kcd/m <sup>2</sup>
Leuchtdichte an diffusem Quarzverschluss (optional)	ca. 0,5	kcd/m <sup>2</sup>
Leistung der Lichtquelle(n)	4 x 150	W
Leuchtdichte in der Kugel	ca. 10	kcd/m <sup>2</sup>
Leuchtdichte an diffusem Quarzverschluss (optional)	ca. 1	kcd/m <sup>2</sup>

## Zubehör

### Portadapter

OTS-Z-UKU-A0	Verschlussblende für die Ulbrichtkugel gegen Licht und Staub
OTS-Z-UKU-A1	Verschlussblende für die Ulbrichtkugel zur Aufnahme einer SMA Faser (1/4-36 UNS)
OTS-Z-UKU-A3	Befestigungskralle zur Montage des spr'3 Spektroradiometers an der Ulbrichtkugel
OTS-Z-UKU-A4	Befestigungskralle zur Montage des frc'3 Photometers an der Ulbrichtkugel
OTS-Z-UKU-A5	Universalkralle zur Montage von Detektoren an der Ulbrichtkugel
OTS-Z-UKU-A6	Befestigungskralle zur Montage des spr'3 Spektroradiometers an der Ulbrichtkugel mit optimierter Kabelführung
OTS-Z-UKU-A7	Portabdeckung / Fenster für Port mit Durchmesser 100 mm mit diffus streuendem Material (Keramik) und Gewindebohrung zur Befestigung von Spannfedern für Proben

### Detektoren

OTS-FRC-F	Photometer
OTS-SMS-SP3-x	Spektrometer
OTS-SMS-SPR3	Spektroradiometer
OTS-LMS-x	Leuchtdichtemesssystem

### Lichtquellen

OTS-Z-UKU-HLQ01	Hilfslichtquelle, benötigt 60 mm Port
OTS-Z-KLQ-HAL100	Lichtstromkalibrierlichtquelle, Halogen, 100W

### Stromversorgungen

OTS-Z-LSV-PS512	Festspannungsversorgung zur Versorgung der Hilfslichtquelle
OTS-Z-LSV-1803210T	Hochwertige programmierbare Laborstromversorgung zum definierten und kontrollierten Hochfahren von Lichtquellen (uls)

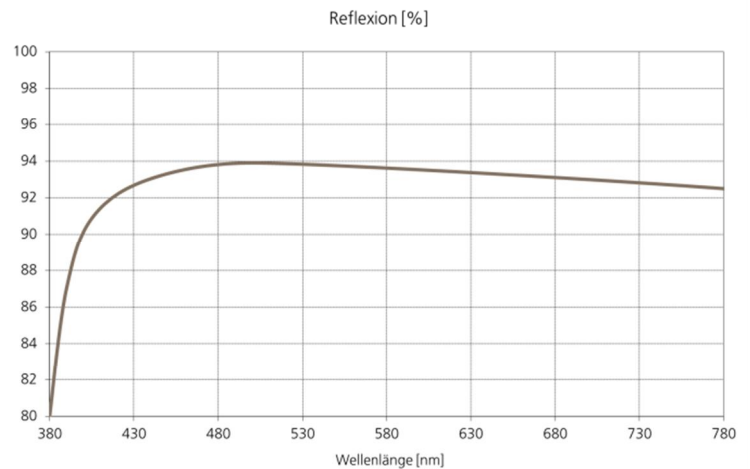
### Mechanik

OTS-UKU-xxx-PT1	Probentisch zur Aufnahme von Prüflingen im Kugelzentrum (benötigt 168/0 Port)
OTS-UKU-xxx-PT2	Probentisch zur Aufnahme von Prüflingen am Seitenport (benötigt 90/0 oder 90/180Port)

### Beschichtungsservice

OTS-UKU-xxx-NB	Neubeschichtung einer Ulbrichtkugel
----------------	-------------------------------------

Weiteres Zubehör auf Anfrage



## Weitere Informationen

### Beschichtung

Die Innenbeschichtung der opsira Ulbrichtkugeln ist aus vielen Schichten Bariumsulfat ( $\text{BaSO}_4$ ) aufgebaut, welches eine sehr gute lambertsche Reflexion zeigt und deutlich stabiler ist als das teilweise eingesetzte Magnesiumoxid.

Mit den Bariumsulfatbeschichtungen ist ein mittlerer Reflexionsgrad von  $\rho = 93\%$  über den sichtbaren Spektralbereich erreichbar. Die Beschichtung ist annähernd grau und zeigt nur eine sehr geringe Änderung über die Wellenlänge innerhalb des sichtbaren Bereiches.

Im UV-Bereich lässt die Reflexion des Bariumsulfats merklich nach.

Im NIR kann bis ca. 2500 nm gearbeitet werden. Allerdings wird auch hier die Reflexion ab ca. 2000 nm geringer.

### Ports

Je nach Anwendung bzw. Konfiguration der Kugeln kommen verschiedene Ports zum Einsatz.

Die Ports werden durch Ihre Lage an der Kugel und durch Ihren Durchmesser definiert. Die Lage wird durch die Angabe der Portposition in einem Polarkoordinatensystem beschrieben. Hierbei zeigt der Pol bei allen Kugeln senkrecht nach oben und liegt in der Trennebene der beiden Halbkugeln. Die Position ergibt sich dann aus dem Zenitwinkel  $\vartheta$  und dem mathematisch positiven Azimutwinkel  $\varphi$  um die Kugel. Der Azimutwinkel startet hierbei am Pol des nicht beweglichen Teils der Kugel bzw. am Hauptport der Kugel. Dieser liegt somit an der Position  $90/0$ .

Die Standardportdurchmesser sind 20 mm, 60 mm und 100 mm.

Die 1000er Kugel hat einen 125 mm, die 1600er Kugel einen 250 mm Hauptport.

### Photometrie

Wird ein Lichtstrom  $\Phi$  in die Kugel eingetragen, so berechnet sich die Leuchtdichte in der Kugel nach:

$$L = \frac{\Phi \cdot \rho}{\pi \cdot A} \text{ in } \left[ \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{sr}} \right] \text{ oder } \left[ \frac{\text{cd}}{\text{m}^2} \right]$$

mit  $\pi$  als dem projizierten Raumwinkel der Kugel- fläche und A als der Kugel fläche selbst.

## Quellenverzeichnis

DIN EN 13032      Licht und Beleuchtung - Messung und Darstellung photometrischer Daten von Lampen  
und Leuchten

---

DIN 5032-1      Lichtmessung - Photometrische Verfahren

---

Handbuch uku – opsira GmbH

---