

SCHOTT Technical Glass  
Solutions GmbH  
Otto-Schott-Strasse 13  
07745 Jena  
Germany  
Telefon +49 (0)3641/681-4686  
Telefax +49 (0)3641/2888-9241  
info.borofloat@schott.com  
[www.schott.com/borofloat/om](http://www.schott.com/borofloat/om)

**SCHOTT**  
glass made of ideas

**BOROFLOAT® 33**  
& optische Spiegel:  
Die Verbindung von  
Inspiration & Qualität

White Paper



## BOROFLOAT® 33 & optische Spiegel: Die Verbindung von Inspiration & Qualität

Die Anforderungen an optische Spiegel sind außerordentlich hoch, denn bereits geringe Abweichungen von den genau abgestimmten Parametern können einen großen Einfluss auf die Leistung haben. Wenn Spiegel in einer Umgebung verwendet werden, in der es zu erheblichen Temperaturschwankungen kommen kann, dann ist eine hervorragende thermische Widerstandsfähigkeit unabdingbar. Weitere Faktoren, auf die Ingenieure großen Wert legen, wenn sie das Material ihrer Wahl spezifizieren, sind eine hervorragende Oberflächenqualität in Verbindung mit außerordentlich hoher Lichtdurchlässigkeit zu einem angemessenen Preis. BOROFLOAT® erfüllt diese hohen Anforderungen und wird deshalb weltweit für anspruchsvolle optische Anwendungen eingesetzt.

### 1. Einleitung

SCHOTT ist in der Glaswelt bekannt für seine qualitativ hochwertigen Werkstoffe und Komponenten. Spezialglas und Glaskeramik für hochkomplizierte und technisch herausfordernde optische Anwendungen sind der Grundstein unserer langen und stolzen Firmengeschichte. Seit mehr als 130 Jahren erfüllt, ja übertrifft SCHOTT die Anforderungen, die solche fortschrittlichen optischen Anwendungen stellen, durch die Entwicklung von Spezialwerkstoffen mit einzigartigen und dabei sehr vielseitigen Leistungsmerkmalen. Ein Musterbeispiel für die beeindruckende Kombination hervorragender optischer Eigenschaften, zusammen mit einem geringen thermischen Ausdehnungskoeffizienten und einer hervorragenden Temperaturwechselbeständigkeit ist BOROFLOAT® – das weltweit erste gefloatete Borosilicatglas von SCHOTT. Nach seiner Einführung im Jahr 1993 stieß BOROFLOAT® den Beginn einer neuen Ära von Borosilicatgläsern an, denn es ermöglichte erstmalig überdimensionale, sehr flache und homogene Scheiben mit einer Reinheit, die vergleichbar zu optischen Gläsern war. Seitdem kommt es in einer Vielzahl an Anwendungen zum Einsatz und versetzt uns nun sogar in die Lage, das Universum besser zu verstehen.

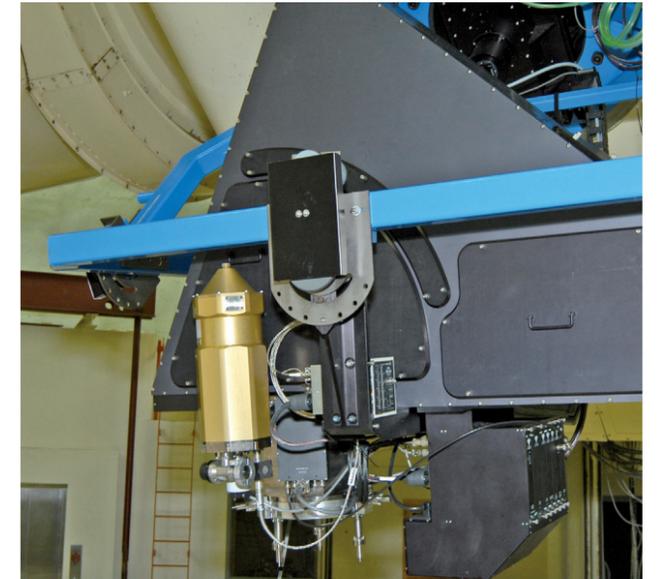
### 2. BOROFLOAT® Spezialglas wird bei der Erforschung unseres Universums verwendet

Einsteins Allgemeine Relativitätstheorie verwandelte vor mehr als einem Jahrhundert die theoretische Physik und die Astronomie grundlegend und „herrscht seitdem als Erklärung dafür, wie die Gravitation funktioniert“ [1]. Doch seit Kurzem fragen sich Wissenschaftler, ob es möglich sein könnte, „dass die Gravitation auf der großen Skala unseres Universums schwächer wird“ [1]. Eine internationale Gruppe von Forschern arbeitet an einem Großprojekt mit der Bezeichnung HETDEX [2] zusammen, um etwas zu erforschen, aus dem drei Viertel unseres Universums bestehen – die Dunkle Energie, „einer geheimnisvollen Kraft, die unser Universum dazu bringt, sich mit zunehmenden Alter schneller auszudehnen“ [3]. Die Astronomen hatten bisher immer angenommen, dass sich die Ausdehnungsrate des Universums nach dem Urknall vor 13,7 Milliarden Jahren verringern würde, aber neuere Erkenntnisse weisen eher darauf hin, dass sie größer wird. HETDEX soll mithilfe des riesigen Hobby-Eberly-Teleskop (HET), für das SCHOTT den gigantischen 11-Meter-ZERODUR®-Spiegel geliefert hat, Antworten finden. Als Messinstrumente dient der VIRUS-Spektrograf (Visible Integral Field



Replicate Unit Spektrograph), dessen 150 Spiegel aus BOROFLOAT® Spezialglas bestehen.

VIRUS besteht aus einer Reihe neuer Instrumente, die das Licht von mehr als einer Million 9 bis 11 Milliarden Lichtjahre entfernter Galaxien analysieren sollen. HETDEX wird mithilfe von 150 Spektrographen am Teleskop eine dreidimensionale Karte von Teilen unseres Universums erstellen. Die Spektrografen zerlegen das Licht der Galaxien in einzelne Wellenlängen und bestimmen daraus die chemische Zusammensetzung, die Temperatur und die Bewegungsgeschwindigkeit dieser Himmelskörper. Über die Analyse der Rotverschiebung können die Wissenschaftler berechnen, ob und wie schnell sich ein Objekt von uns entfernt. HETDEX wird den Astronomen letztlich erlauben „zu messen, wie schnell sich das Universum zu verschiedenen Zeitpunkten in seiner Geschichte ausgedehnt hat. Aus den Änderungen der Expansionsrate können sie dann auf die Rolle der Dunklen Energie während unterschiedlicher Epochen schließen“ [3].

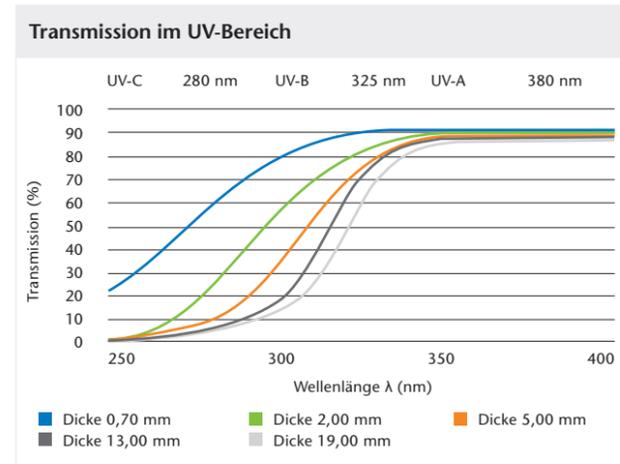
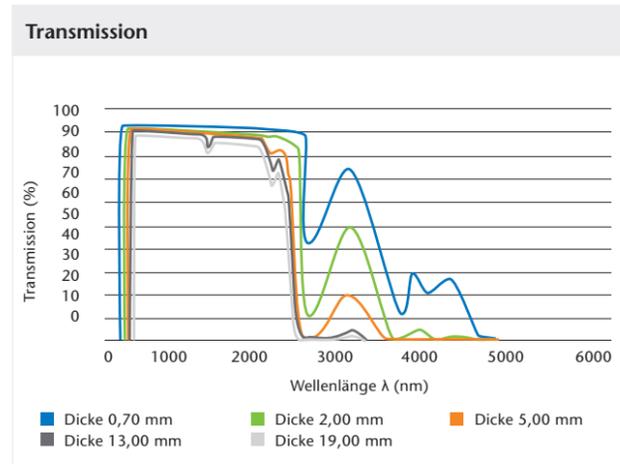


Das Unternehmen Precision Glass & Optics, mit Sitz in Santa Ana, Kalifornien, stellt die optischen Spiegel her, die in solchen Spektrografen verwendet werden, und nutzt dafür BOROFLOAT®. Abgesehen von sehr strengen optischen Anforderungen müssen diese Spiegel eine außerordentlich hohe Oberflächenqualität haben und extremen Umweltbedingungen standhalten. Nach Dan Bukaty, dem Eigentümer von PG&O, war BOROFLOAT® „wegen des geringen thermischen Ausdehnungsverhaltens, seiner hervorragenden optischen Eigenschaften und dem niedrigen Preis im Vergleich zu anderen optischen Materialien wie Quarzglas eine großartige Wahl“.

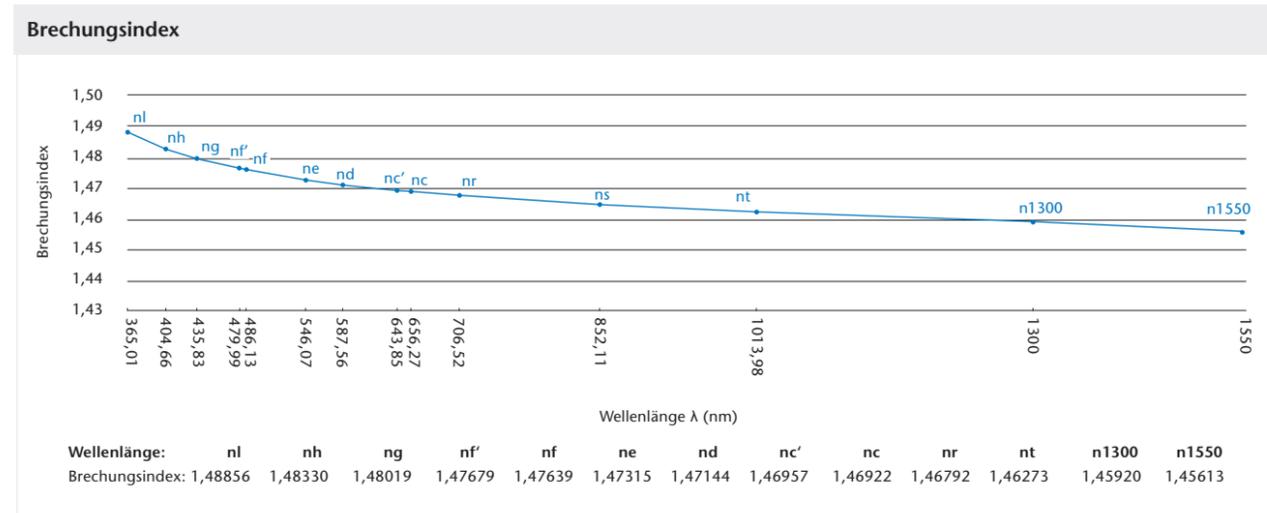
### 3. Optische Eigenschaften

Die außergewöhnlich hohe Transparenz, seine hervorragende visuelle Qualität und seine optische Reinheit machen BOROFLOAT® zum Schlüsselwerkstoff für viele optische Anwendungen in Forschung und Industrie. Die hohe Lichtdurchlässigkeit im sichtbaren sowie nahem IR- & UV-Wellenlängenbereich bietet den Kunden eine Fülle neuer Möglichkeiten. Spezifische Lichttransmissionswerte

sind dickenabhängig und werden stark durch das Maß an Verunreinigungen durch Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> beeinflusst. BOROFLOAT® Spezialglas besteht aus reinen Rohmaterialien mit einer für Floatgläser extrem niedrigen Eisen-Verunreinigung (ca. 90 ppm). BOROFLOAT® ist das Industrieglas mit dem geringsten Eisenverunreinigungs-Gehalt aller Floatgläser auf dem Markt.



Eine weitere bemerkenswerte Eigenschaft von BOROFLOAT® ist sein niedriger Brechungsindex.

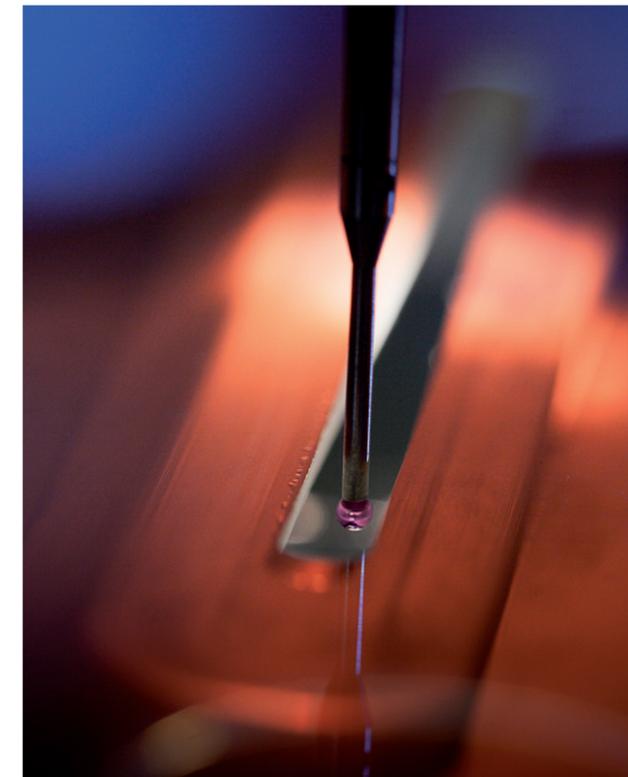


### 4. Thermische Eigenschaften

Die Zusammensetzung von BOROFLOAT® Spezialglas wird nicht nur im Hinblick auf die hervorragenden optischen Eigenschaften maßgeschneidert, sondern auch, um eine sehr geringe thermische Ausdehnung und eine hohe chemische Stabilität zu erreichen. Das Element Bor spielt für die Erzeugung dieser speziellen Eigenschaften eine entschei-

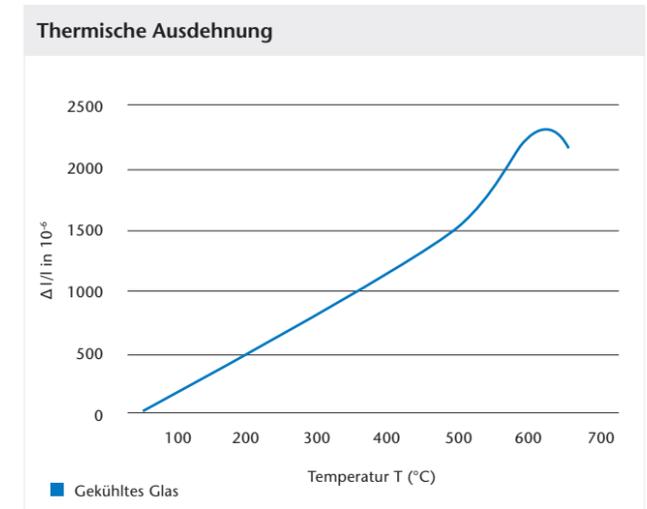
dende Rolle, denn es bestimmt, wie stark die Bindungen innerhalb des Glasnetzwerks sind.

Es ist die Summe seiner Eigenschaften, die BOROFLOAT® zum Werkstoff der Wahl für das faszinierende HETDEX-Projekt und viele andere hochmoderne optische Anwendungen macht.



| Thermische Eigenschaften   |  |
|--|--|
| Nominaler mittlerer thermischer Längenausdehnungskoeffizient $\alpha_{(20-300^\circ\text{C})}$ | $3,25 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1} *$ |
| Spezifische Wärmekapazität $c_{p(20-100^\circ\text{C})}$                                       | 0,83 kJ/(kg·K)                         |
| Spezifische Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{(900^\circ\text{C})}$                                 | 1,2 W/(m·K)                            |

\* Gemäß ISO 7991.



### 5. Ausblick

Es ist die Summe seiner Eigenschaften, die den Erfolg unseres Spezialfloatglases begründet. Dass die Entwicklung vieler innovativer Produkte und ihre Anwendungen in Industrie und Forschung erst durch BOROFLOAT® möglich werden, macht unser Spezialfloatglas so attraktiv für den Markt. Und Dank unserer Kunden, die den technischen Fortschritt unerlässlich vorantreiben, ist ein Ende seiner Einsatzmöglichkeiten noch lange nicht in Sicht!

BOROFLOAT® Spezialglas – für den Blick über Galaxien hinaus.

4. Literatur  
[1] „What is Dark Energy?“, Hobby-Eberly Telescope Dark Energy Experiment, Hetdex.org

[2] HETDEX ist ein Gemeinschaftsprojekt der University of Texas in Austin, der Pennsylvania State University, der Texas A&M University, der Universitäts-Sternwarte München, des Leibniz Instituts für Astrophysik (AIP), des Max-Planck-Instituts für Extraterrestrische Physik, des Instituts für Astrophysik Göttingen und der University of Oxford.

[3] HETDEX: Leading the Revolution, Hetdex.org/hetdex