

# Über das spektrale Reflexionsvermögen des Erdmondes

Andreas Ulrich

Beitrag zur Spektroskopietagung

Heidelberg 2008

Der Mond  
ist farbig !



Siehe auch  
„heavens above“  
im Mai 2007

## Inhalt:

Motivation

Daten aus der Literatur

Das verwendete Spektrometer

Messung der Reflektivität von Gestein

Konzept und Geometrie der Messung am Mond

Der Einfluss der Erdatmosphäre

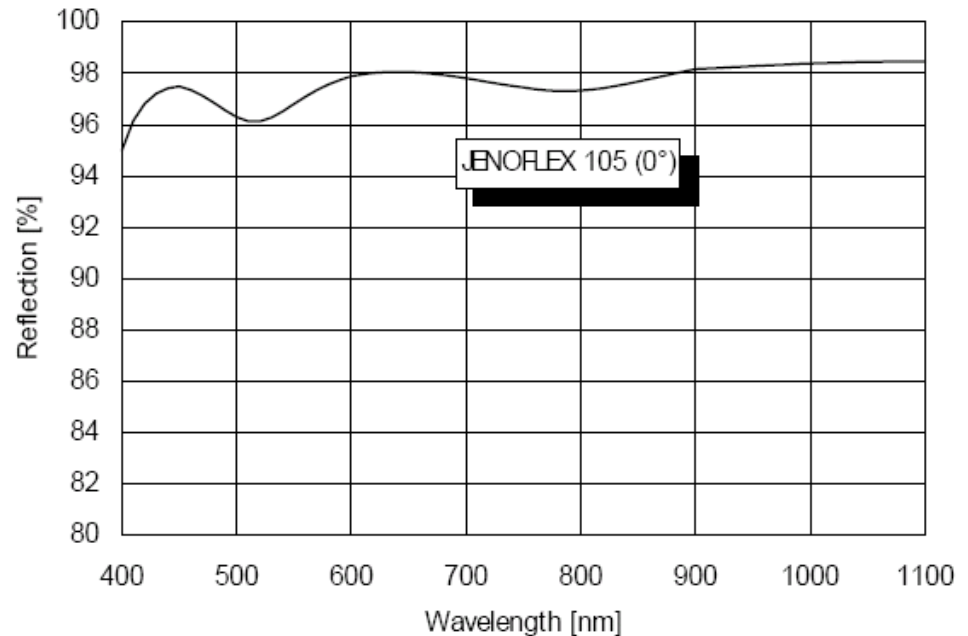
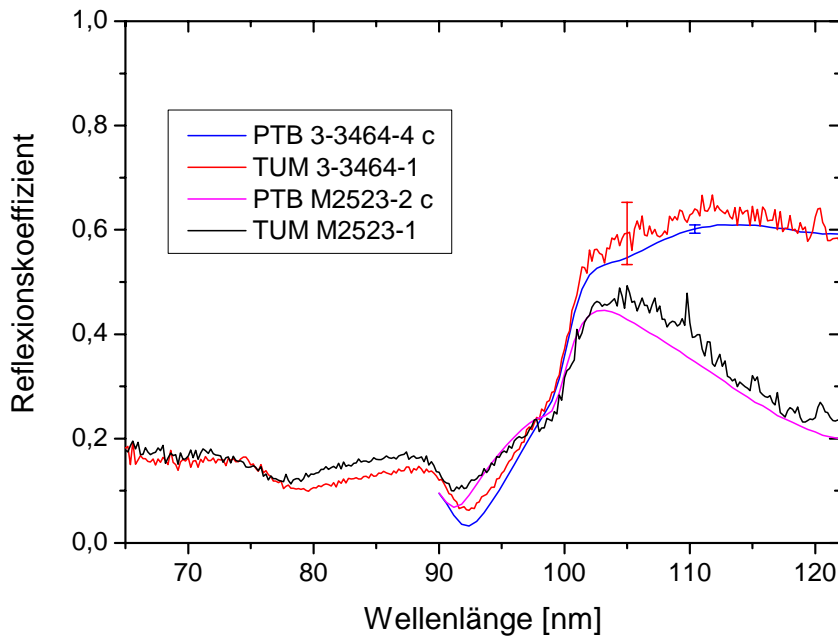
Erste Ergebnisse

Zusammenfassung und Ausblick

# Motivation

Es ist wohl seit der Antike bekannt, dass der Mond nur durch Reflexion des Sonnenlichtes leuchtet.

Aber: Kein Spiegel reflektiert in allen Spektralbereichen:



Stellt sich somit die Frage:

**Welche spektrale Zusammensetzung hat das Mondlicht?**

In Astronomiebüchern findet man in der Regel keine Information über den „Spektraltyp“ des Mondes.

Präzisierung der Fragestellung: Wie ist die mittlere Reflektivität der Mondoberfläche beschaffen - bzw. wie ist das Verhältnis der Lichtintensität  $I_m(\lambda)$  z.B. des Vollmondlichtes und der Intensität des Sonnenlichtes  $I_s(\lambda)$ :

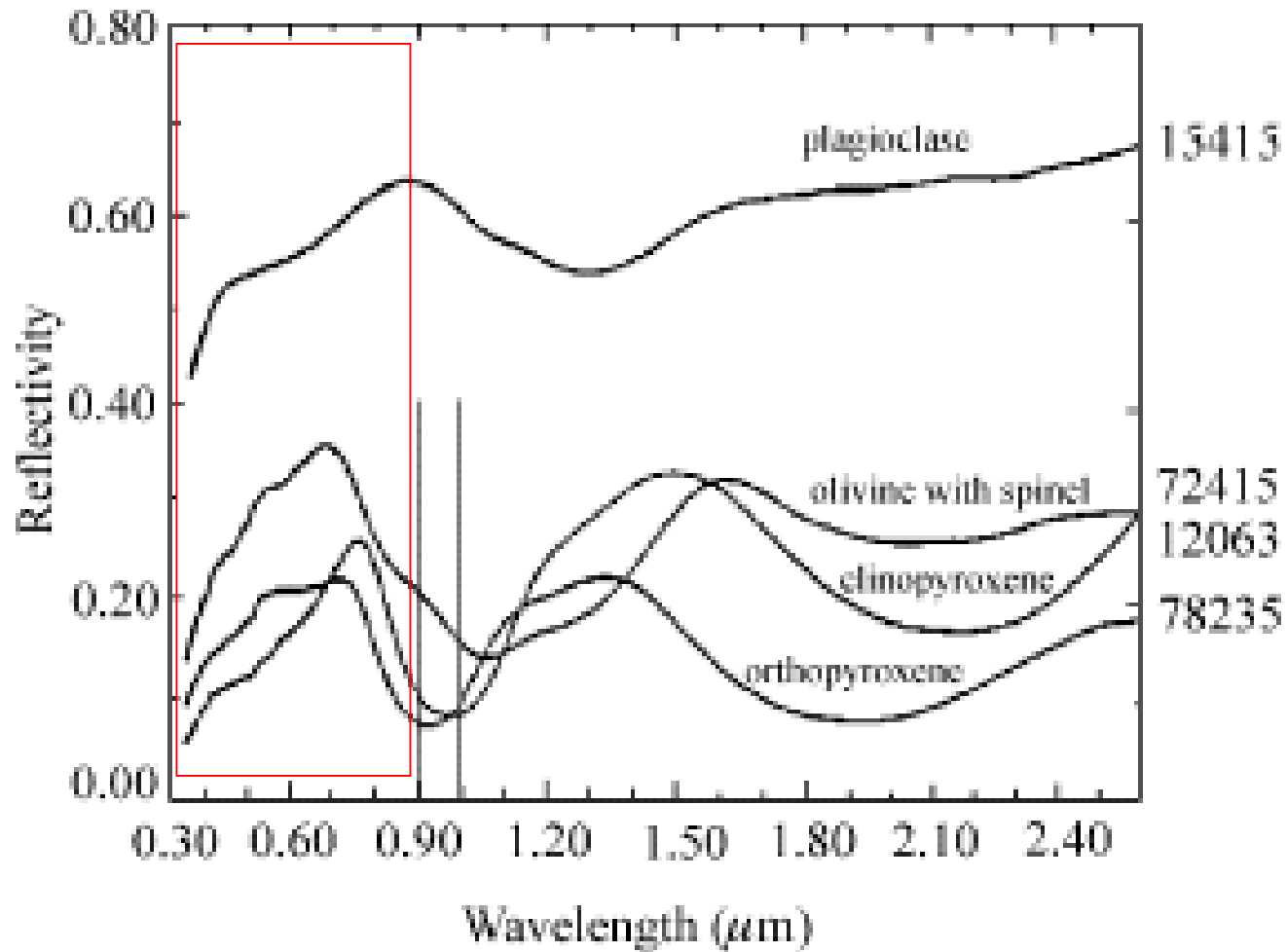
$$R = I_m(\lambda) / I_s(\lambda)$$

Die Experten „schauen viel zu genau hin“ (ortsaufgelöst) !

Auch eine relativ intensive Suche im Internet ergibt keine Information über die gemittelte spektrale Reflektivität der (Erd-) Mondoberfläche. Nur bei Monden anderer Planeten findet man solche Daten.

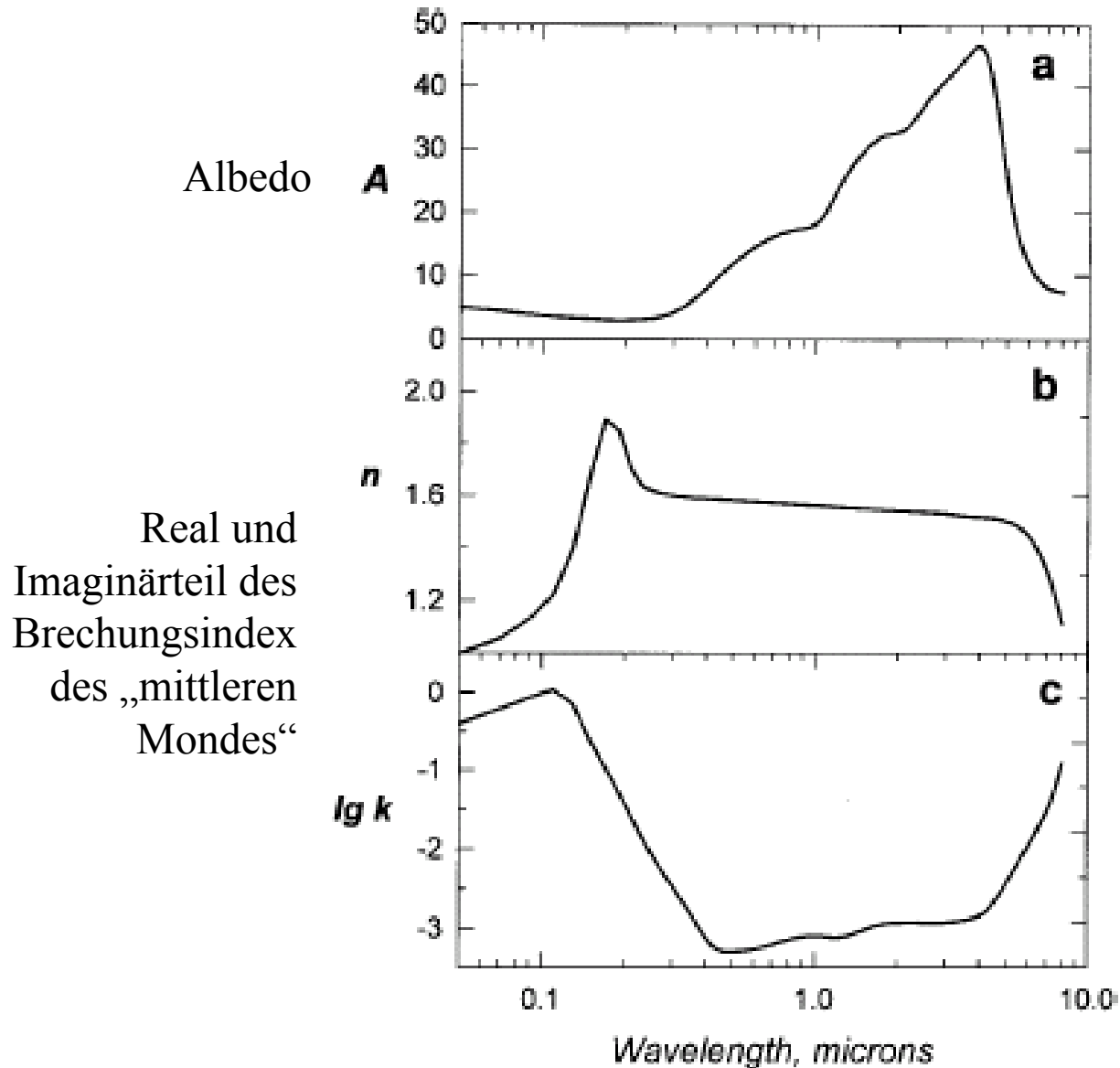
Damit ist das evtl. eine Lücke, die gerade von der Amateur- Spektroskopie gefüllt werden kann.

## Literaturdaten:



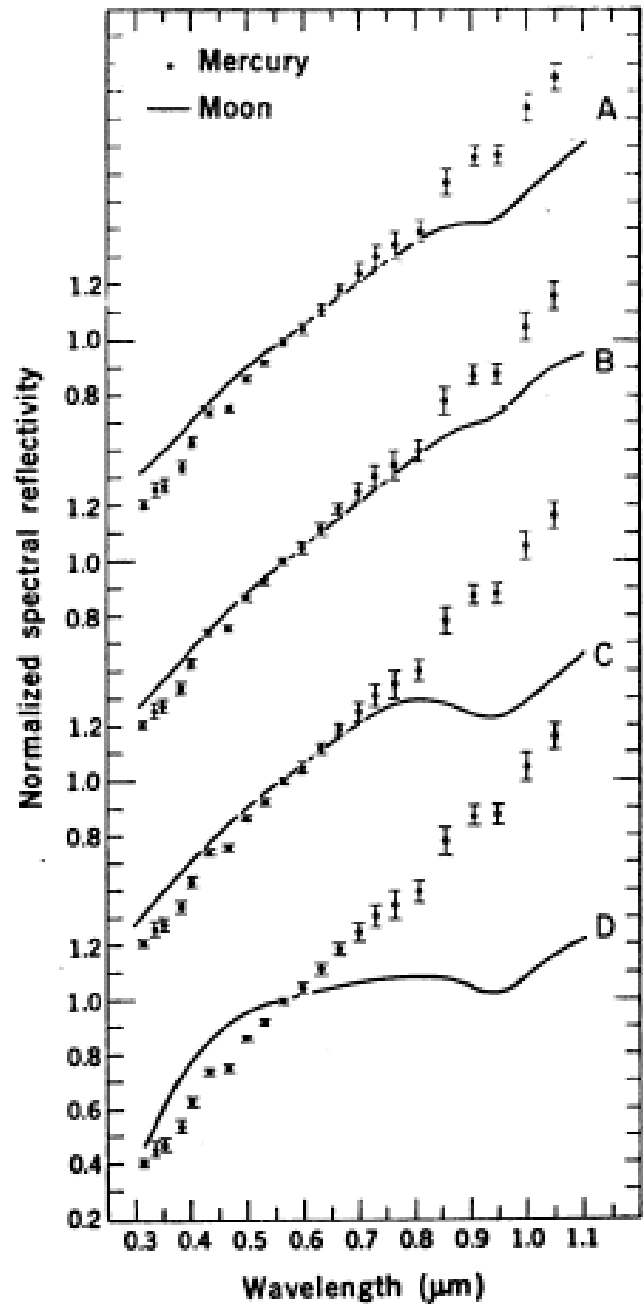
Yong-Liao Zou et al., Chin. J. Astron. Astrophys. **4**, 97-104 (2004)

# Die Partikelgröße spielt eine Rolle !



Yurij Shkuratov and  
Larissa Starukhina  
Icarus **137** 235-246  
(1999)

# Reflektivität von Merkur, Mond als Vergleich



Hochländer

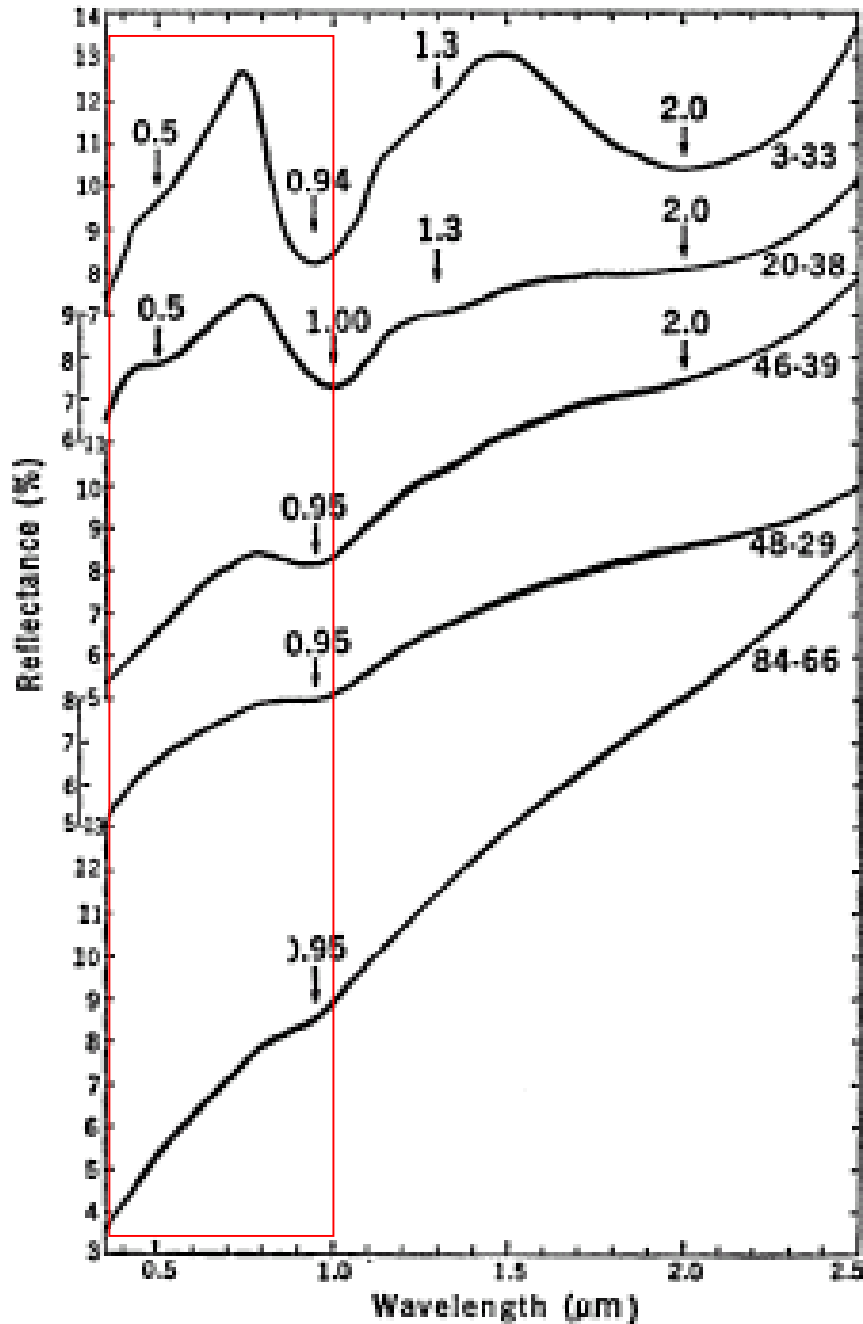
Mare

Helle Hochlandkrater

Helle Mare- Krater

Th. McCord and J. B. Adams,  
Science **178**, 746





Reflektivität von  
Mondproben von  
Apollo 11

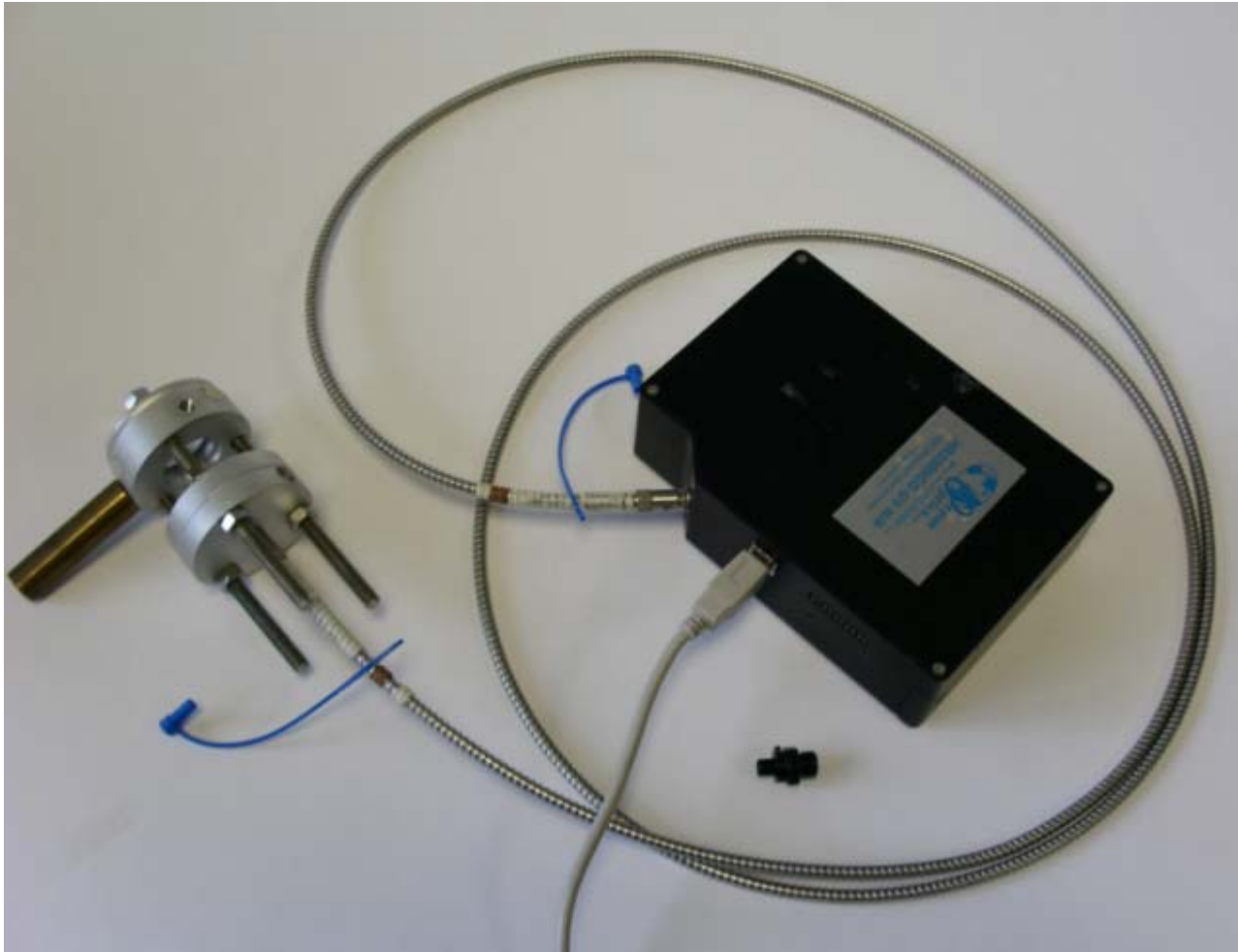
Kristallines Gestein

Breccien

Feines Oberflächenmaterial

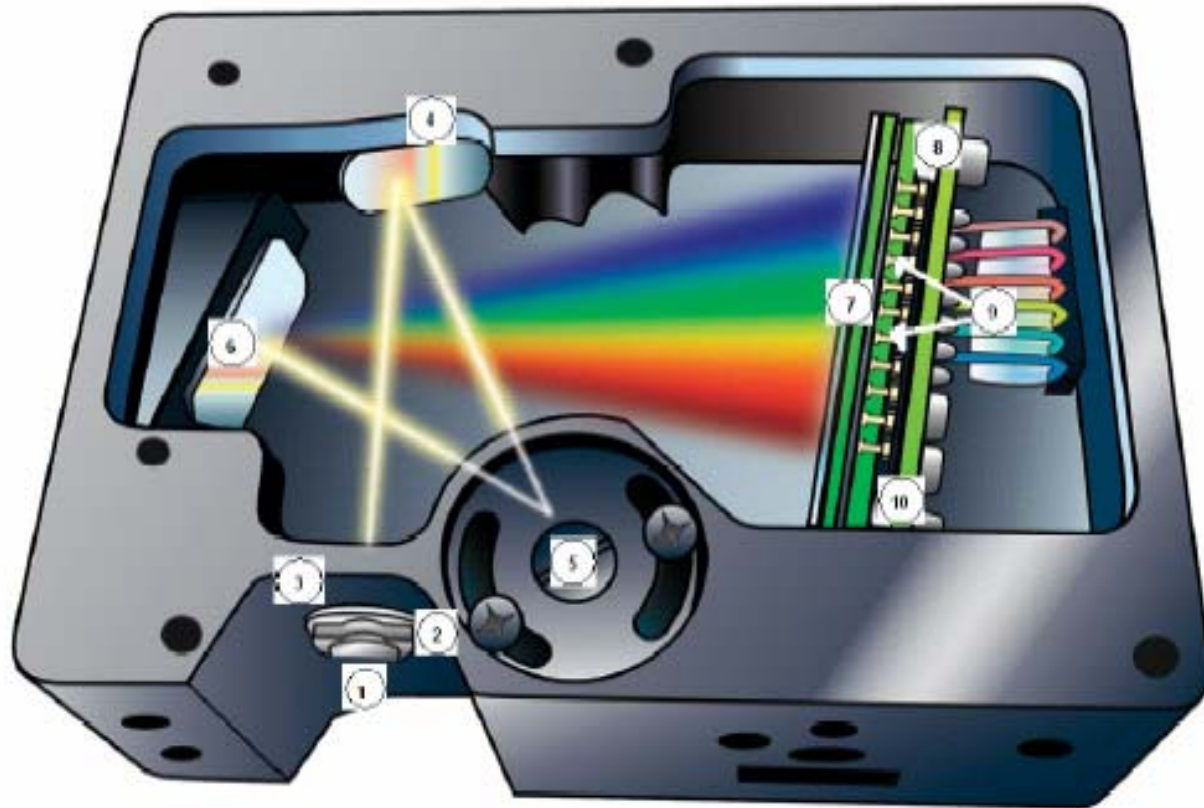
J. B. Adams and R. L. Jones  
Science **167**, 738 (1970)

## Das verwendete Spektrometer



Ocean Optics HR2000

# Strahlengang in den hier verwendeten „OCEAN OPTICS“ Spektrometern:



**Dimensions:** 148.6 mm x 104.8 mm x 45.1 mm

**Weight:** 570 grams

**Power Consumption:** 95 mA @ 5 VDC

**Detector:** Sony ILX511 linear CCD array

**Detector Range:** 200-1100 nm

**Pixel size:** 14  $\mu\text{m}$  x 200  $\mu\text{m}$

**Optical bench:** f/4, 101 mm focal length

**Gratings:** Choose from 13 different gratings

**Pixel elements:** 2048

**Entrance Aperture:** 5, 10, 25, 50, 100 or 200  $\mu\text{m}$  wide slits or fiber (no slit)

**Order-sorting filters:** Installed longpass and bandpas filters

**Stray Light:** <0.05% at 600 nm; <0.10% at 435 nm

**Dynamic Range:** 2 x 10<sup>8</sup> (system); 2000:1 for a single scan

**Fiber Optic Connector:** SMA 905 to single-strand optical fiber 0.22 NA)

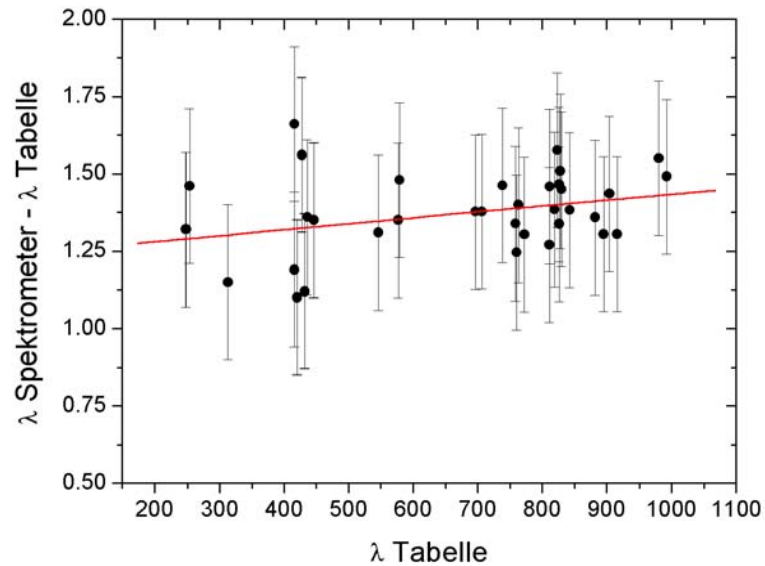
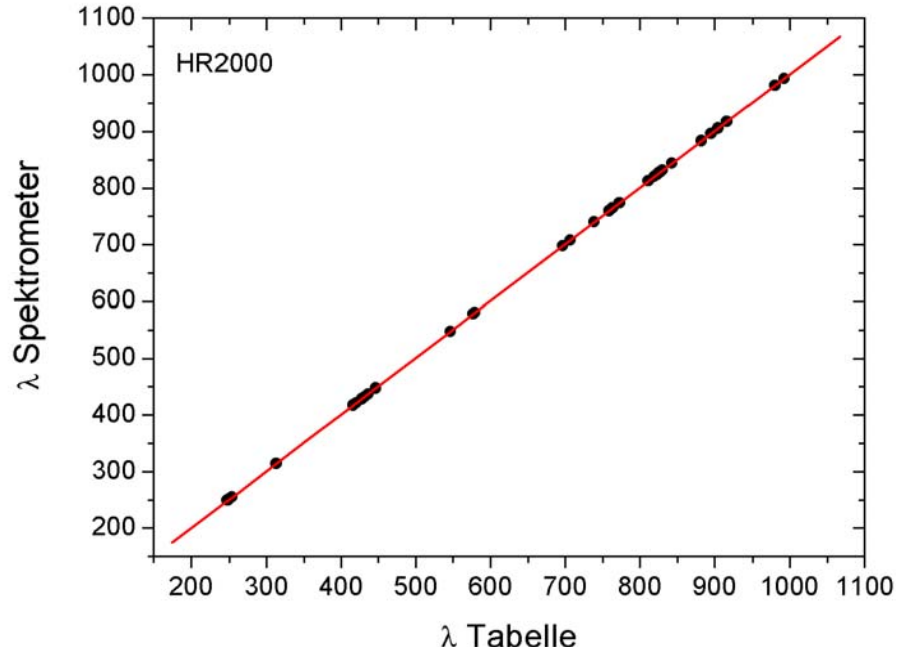
**Data Transfer Rate:** Full scans into memory every 13 milliseconds

**Integration Time:** 3 milliseconds to 65 seconds

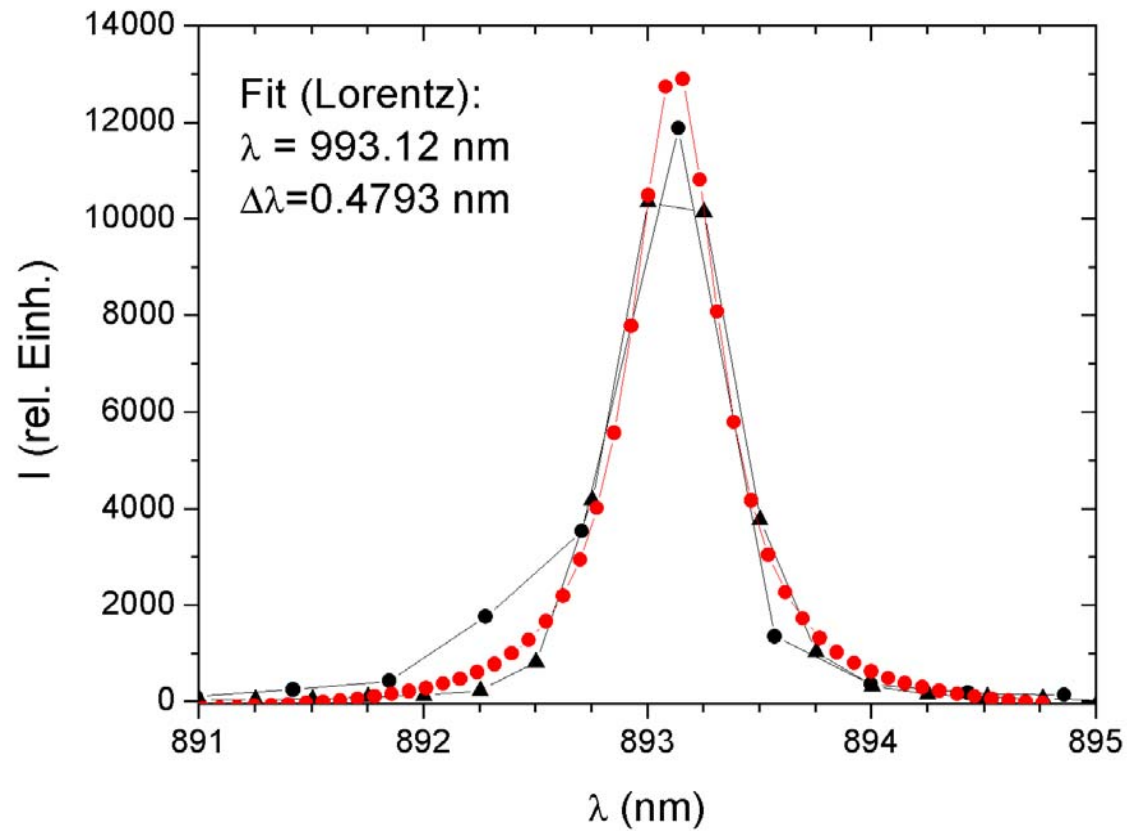
**Operating Systems:** Windows 98/ME/2000/XP, Mac OS X and Linux when using the USB interface on desktop or notebook PCs. Any 32-bit Windows operating system when using the serial port on desktop or notebook PCs.

Slit Width (microns)	Resolution (pixels)
5	1.5
10	2.0
25	2.5
50	4.2
100	8.0
200	15.3
400	25.2

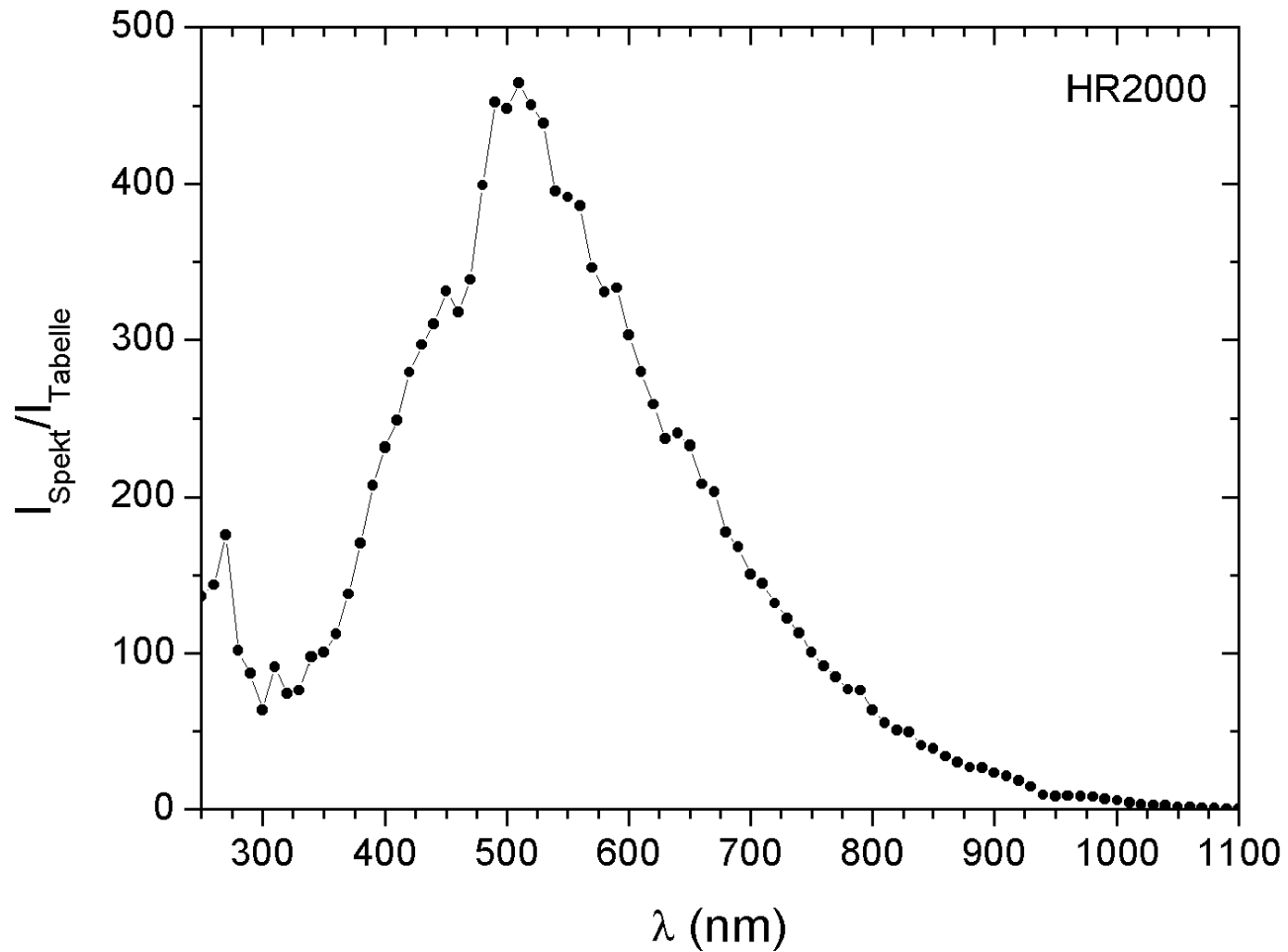
# Wellenlängenkalibrierung



# Test der spektralen Auflösung

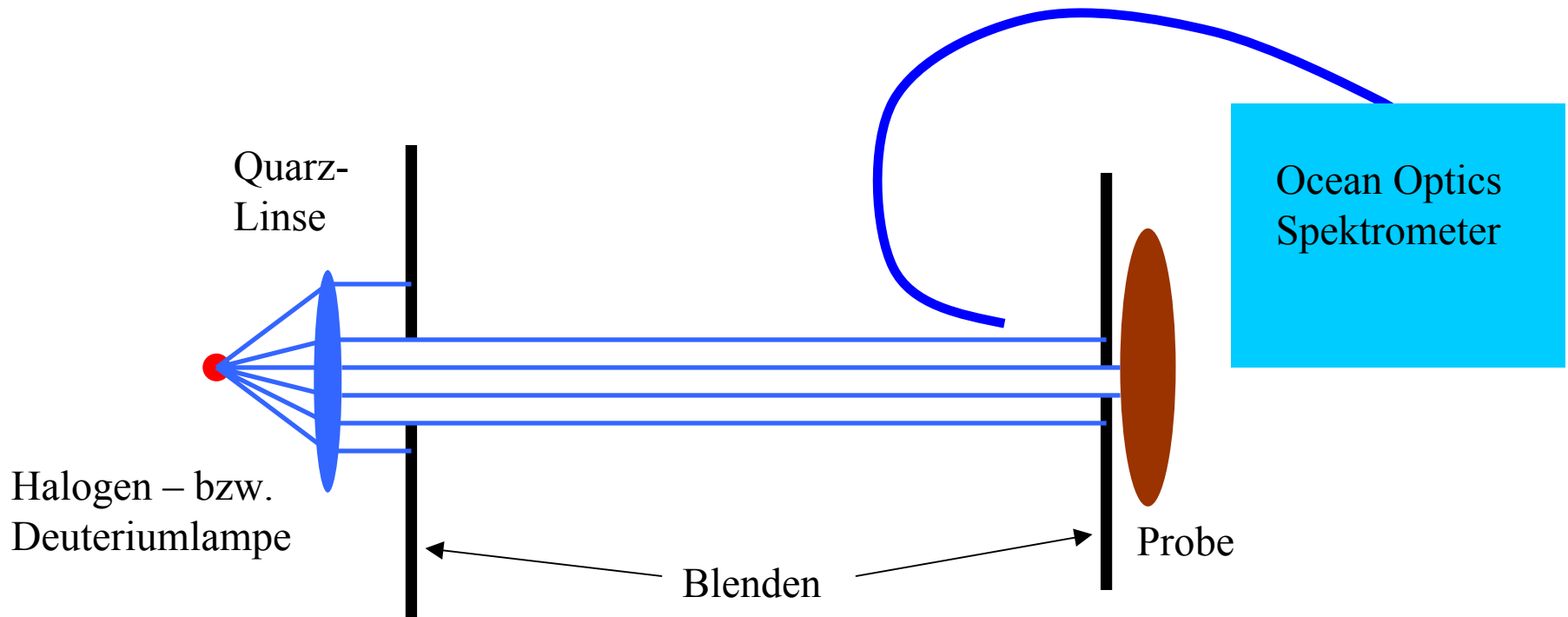


# Messung der spektralen Ansprechfunktion



Halogenlampe LSB 20, Nr. LSK 113, 100 W, 6,60 A, 100 h vorgealtert,  
Heraeus Prüfbericht Nr. 18332

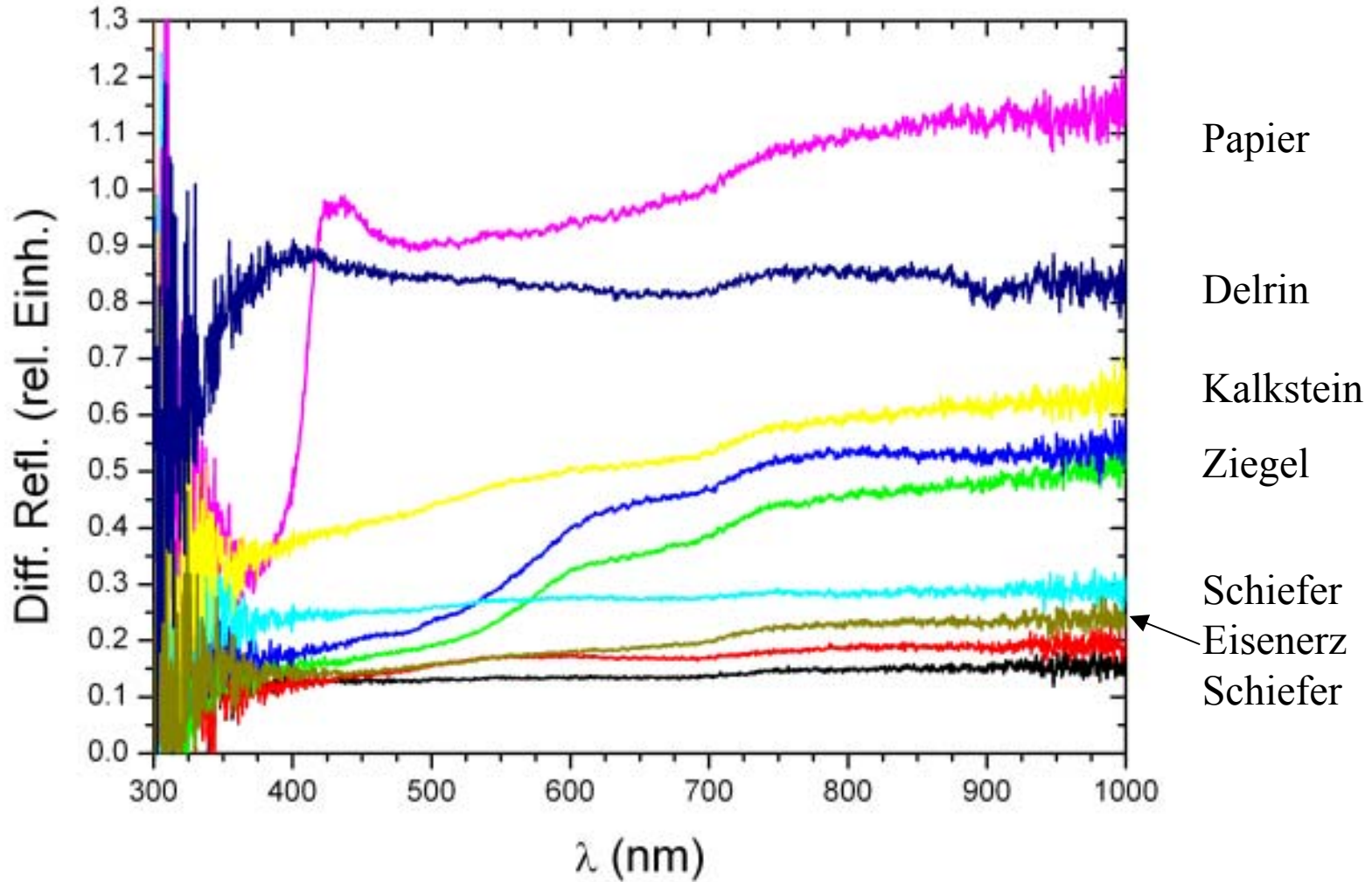
# Messung der spektralen Ansprechfunktion von Gestein



Als Referenz wurde das Spektrum der Quelle direkt mit kurzer Belichtungszeit gemessen.

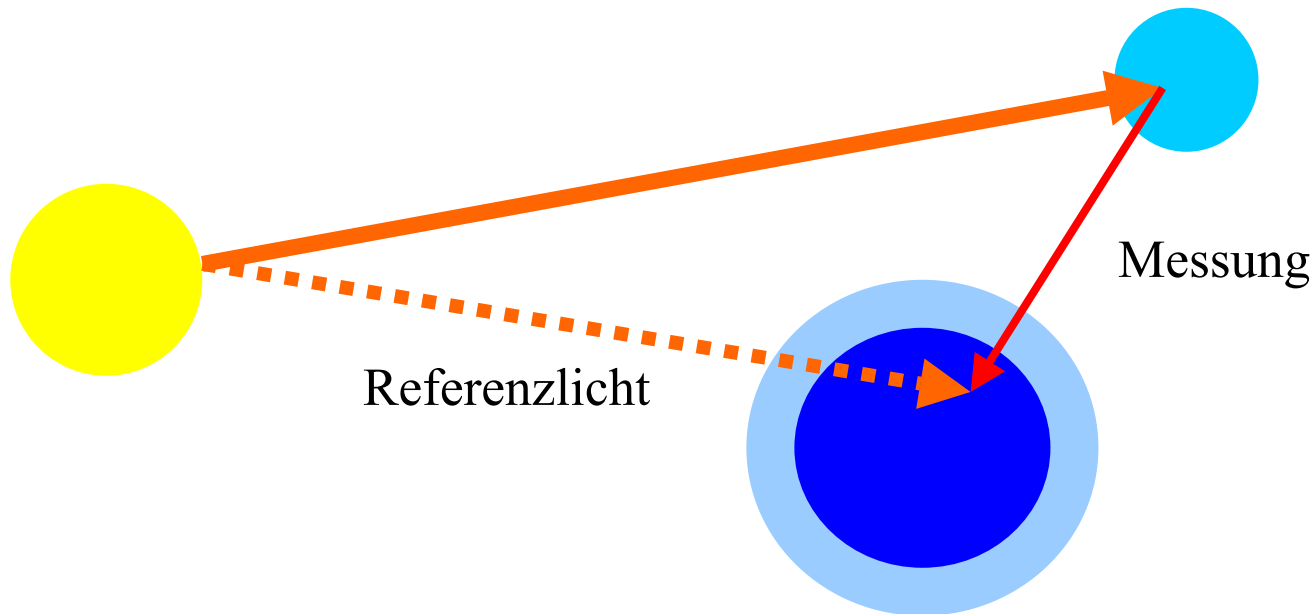


## Ergebnisse



Der Trend zu geringerer Reflektivität im UV liegt auch hier vor

# Konzept und Geometrie der Messung am Mond

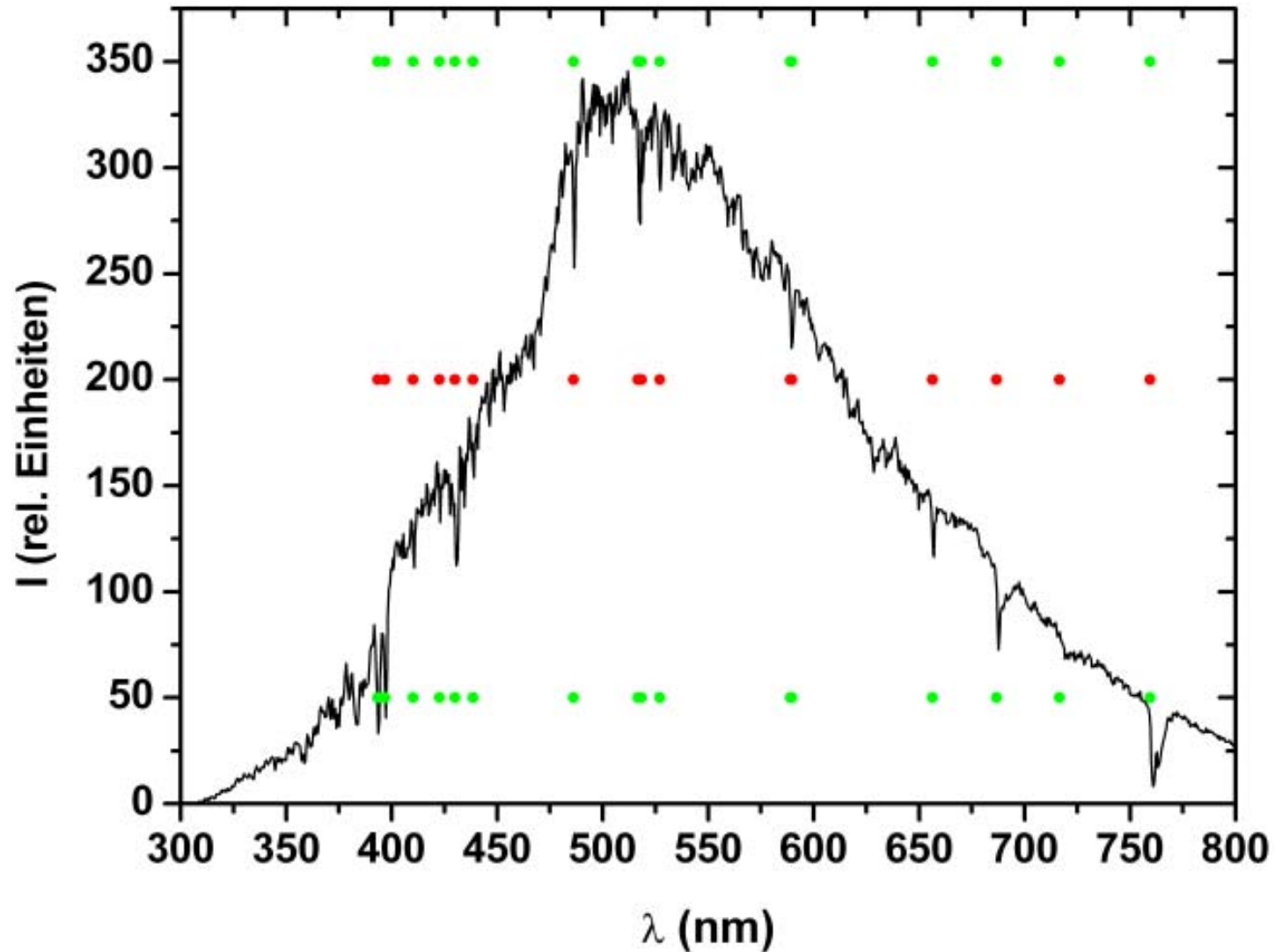


## Problemstellung:

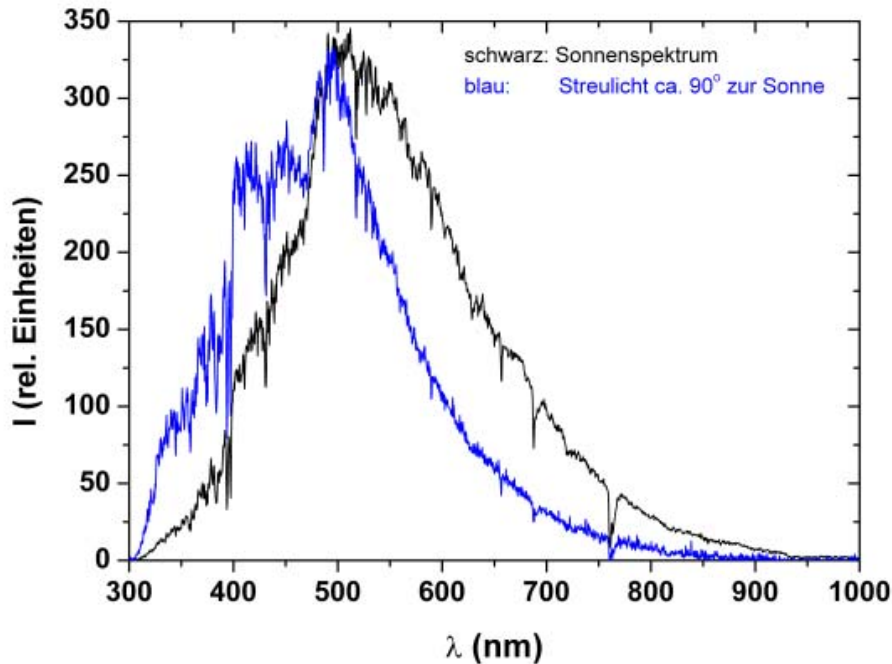
- Einfluss der Atmosphäre
- Helligkeitsunterschied:  $\text{mag}_{\text{sonne}} = -26,5$ ,  $\text{mag}_{\text{mond}} = -12,5$ : Faktor ca.  $4 \times 10^5$

## Sonnenspektrum: Die Referenz

einfach zuordenbare Fraunhoferlinien mit Punkten markiert



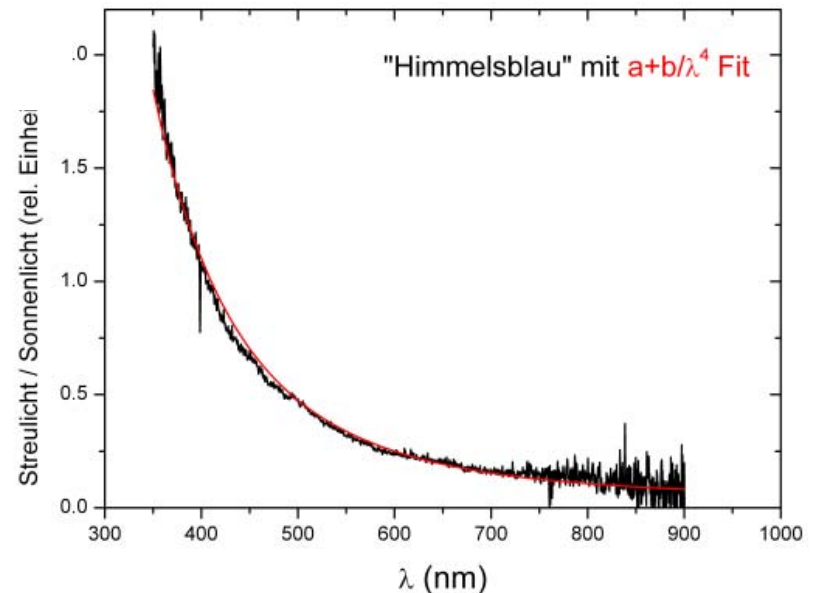
# Einfluss der Atmosphäre



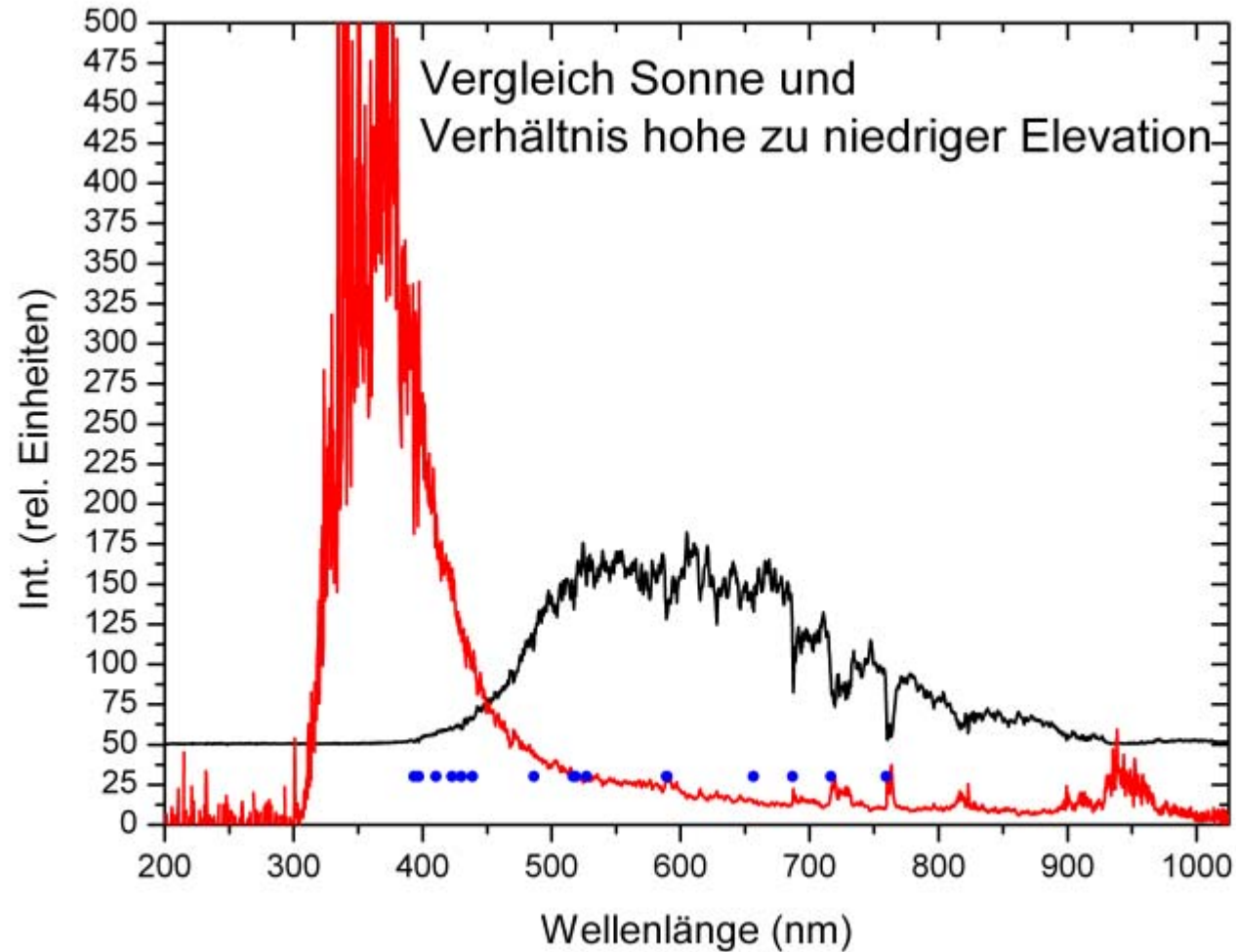
Das **Streulicht** zeigt sich als „Himmelsblau“. Ein Vergleich des Sonnenspektrums mit dem Spektrum des blauen Himmels zeigt sehr schön das von der Rayleigh – Streuung zu erwartende  $\lambda^{-4}$  Verhalten !

Anmerkung:

Das Sonnenspektrum findet sich vielfach im Alltag wieder !



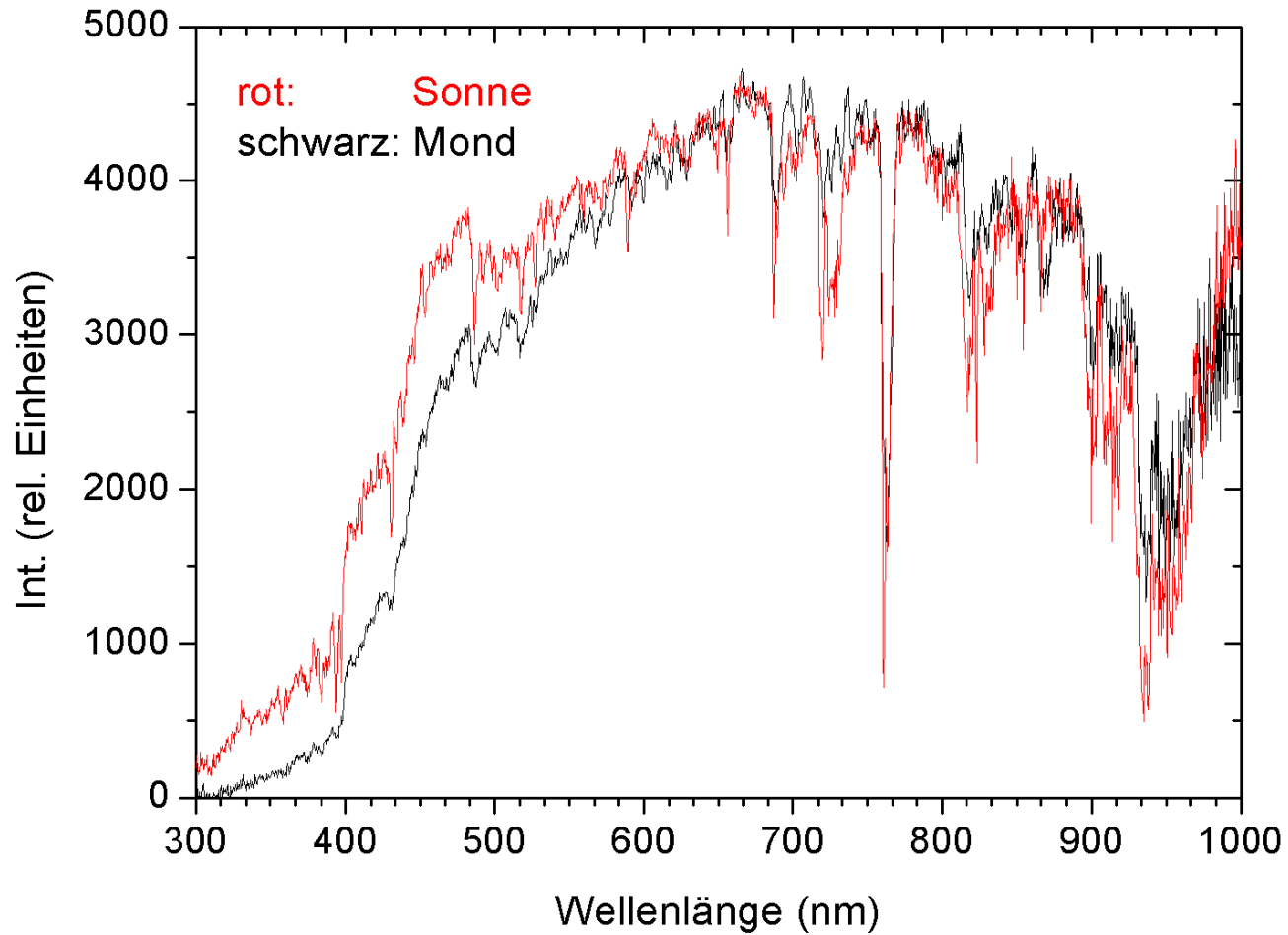
## Zur Wirkung der Extinktion



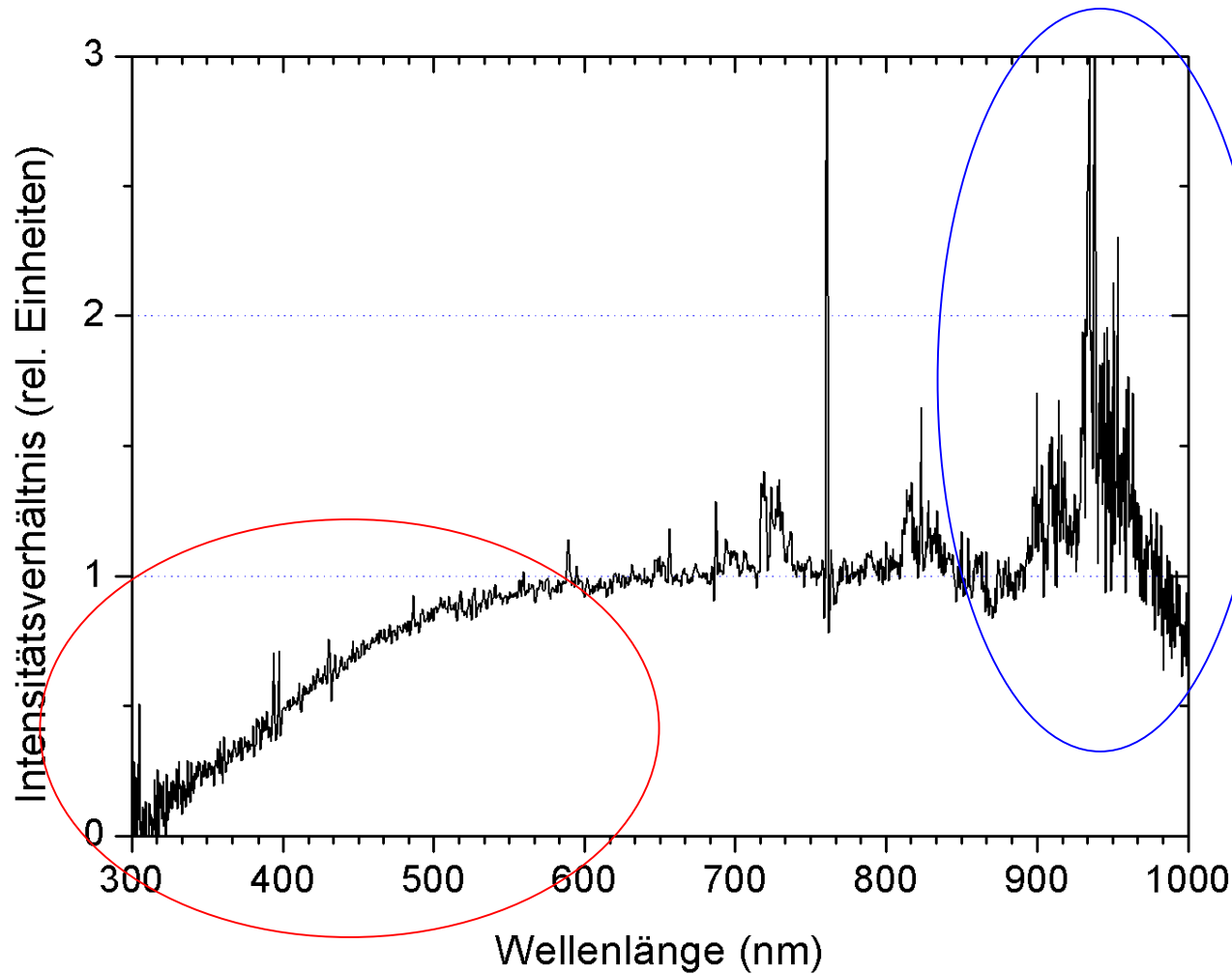
Fazit: Vorsicht unterhalb von ca. 500 nm !!!

# Die Reflektivität des Mondes

Ein erster Datensatz



## Verhältnis: „Mond / Sonne“



Der Mond ist in den tellurischen Linien „zu hell“. D.h. bei seiner Aufnahme war die Extinktion kleiner.

Es zeigt sich der erwartete Reflektivitätsabfall im UV

## Zusammenfassung und Ausblick

Die globale Reflektivität der Mondoberfläche und damit die Farbe des Mondlichtes ist nicht einfach zu beschreiben.

Kleine Spektrometer mit Fasereinkopplung liefern schöne Übersichtsspektren heller Himmelskörper.

Mit einer Absolutkalibrierung und/oder durch Referenzspektren (z. B. Sonnenlicht) lassen sich interessante Untersuchungen z. B. des Mondlichtes oder der Erdatmosphäre durchführen.

Für genauere Daten zur globalen Reflektivität des Mondes müssen noch sorgfältigere Messungen bei verschiedenen Elevationen und atmosphärischen Bedingungen folgen.





**Vielen Dank für die Aufmerksamkeit !**