

## Die Farben des Goldes

### Nanostrukturen verändern das Licht

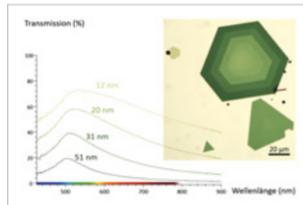
#### So lässt man Gold wachsen:

Man nehme 20 Milliliter Ethylenglycol, 36 Mikroliter Wasser und eine Prise Hydrogentetra-chloraurat(III), vermenge diese gründlich in einem Plastikgefäß und gebe ein Glassubstrat hinzu. Nach Kochen über Nacht bei etwa 90°C kann das Glassubstrat entnommen, mit Alkohol und Wasser gesäubert und schließlich mit Stickstoff getrocknet werden.

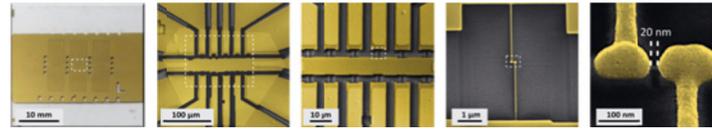
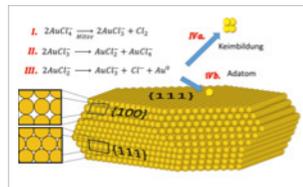
Voilà, auf dem Glassubstrat sind zahlreiche Goldflocken zu finden. Schaut man hindurch, scheinen sie unterschiedliche Farben zu haben. Dies liegt an ihren unterschiedlichen Dicken. Weiterhin sind sie sehr viel breiter als hoch – oft 1.000 bis 10.000-mal. Diese hauchdünnen Scheibchen sind sehr gut als Material zum Strukturieren geeignet.



↑ Optische Mikroskop-Aufnahmen einer Goldflocke in Reflexion. Die Goldflocken sind weniger als 50 Nanometer dick und teilweise über 100 Mikrometer groß.



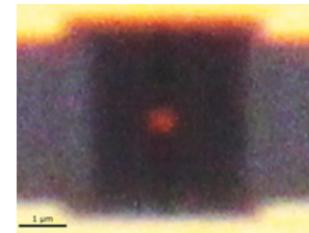
↑ Lichttransmission durch Goldflocken. Abhängig von ihrer Dicke scheinen die Goldflocken dunkel- bis hellgrün.



↑ Zoom in die Nanowelt: Vom Deckglaschen mit Elektrodenkontakten (links) bis zu einer einzelnen optischen Antenne (rechts), aufgenommen mit einem Elektronenmikroskop und nachkoloriert.

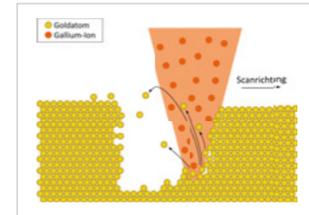
#### Nanostrukturen aus Gold

Nanostrukturen sind winzig klein – ein Nanometer (nm) entspricht einem Millionstel Millimeter. Wenn Strukturen so klein sind, wechselwirken sie sehr gut mit sichtbarem Licht (Wellenlängen 400-750 nm) – ein besonders gut geeignetes Material ist zum Beispiel Gold. Damit lässt sich eine optische Antenne bauen: Zwei Goldstäbchen getrennt durch eine kleine Lücke reflektieren Licht einer bestimmten Wellenlänge beispielsweise sehr effizient.



↑ Reflexion einer Goldantenne im optischen Mikroskop. Die Länge der Antenne ist so gewählt, dass hauptsächlich rotes Licht reflektiert wird.

Die Nanostrukturen kann man mit Hilfe von Gallium-Ionen herstellen. Dazu werden die Ionen durch eine hohe Spannung beschleunigt, auf die Goldflocken geschossen und so Goldatome abgetragen.



→ Mit einem Strahl von Gallium-Ionen kann Gold gezielt in wenigen nanometergroßen Bereichen abgetragen werden.



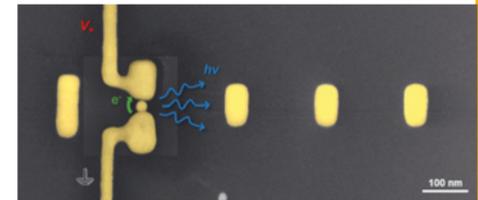
#### Yagi-Uda-Antenne

Vor fast 100 Jahren entwickelten die Japaner Hidetsugu Yagi und Shintaro Uda eine Richtantenne, die Radiowellen gezielt in eine Richtung aussenden und von dort empfangen kann. Sie besteht aus einem aktiven Dipol-Element, das die Wellen empfängt, einem Reflektor und mehreren richtungsgebenden Direktor-Stäben.



↑ Eine Yagi-Uda-Antenne zum Empfang von Radiowellen im Frequenzbereich von etwa 100 MHz. (Quelle: Mk2010, CC BY-SA 3.0)

Das gleiche Prinzip funktioniert auch für Licht. Damit lassen sich beispielsweise direkt Daten auf Computerchips zwischen den einzelnen Prozessorkernen austauschen. Dazu müssen die einzelnen Elemente der Antenne auf Nanometergröße verkleinert und Licht durch Anlegen einer Spannung im aktiven Element erzeugt werden.



↑ Eine nanometergroße Yagi-Uda-Antenne zum Aussenden von Licht im Frequenzbereich von 400 THz.



# B11



EP5 nano optics

HIGHLIGHTS  
DER  
PHYSIK

