

# LABPI MEETS NANO

## SPEKTROMETRISCHE UNTERSUCHUNG VON SILBERNANOPARTIKELN MIT LOW-COST-TECHNIK

Björn Bartram & Manuel Wejner

### HERAUSFORDERUNGEN

Die fortschreitende Technisierung der Lebenswelt birgt viele Chancen und neue Herausforderungen in der Umsetzung und Überprüfung neuer Themenfelder. Digitale Messstationen ermöglichen es hierbei den Unterricht, um moderne experimentell-analytische Methoden zu ergänzen und zu erweitern. Dies zeigt sich darin, dass sich im Chemieunterricht klassische Verfahren, wie Titrationsen, instrumentell erfassen, die (Mess-)Ergebnisse digital darstellen und auswerten lassen oder auch, dass der Einsatz digitaler Messstationen analytische Methoden ermöglichen, welche vorher schwer oder gar nicht im Unterricht umsetzbar waren [1]. Gleichzeitig werden auch neue Themen aus der Forschung wie etwa die Funktionsweise und Herstellung von LEDs, Polymere auf Basis nachwachsender Rohstoffe oder Nanotechnologie für den MINT-Unterricht erschlossen und vermehrt in diesem thematisiert. Das Thema Nanotechnologie wurde jüngst von der KMK in den Allgemeinen Bildungsstandards für das Abitur im Fach Chemie aufgenommen [2] und kann etwa anhand fluoreszierender Zinkoxid- oder photokatalytischer Titandioxidnanopartikel thematisiert werden. Auch Silbernanopartikel sind aufgrund ihrer Eigenschaften und Einsatzgebiete in Medizin, Kleidung und Hygieneartikel nicht unkritisch zu betrachten und eignen sich daher zur Auseinandersetzung mit dieser vielversprechenden und neuen Technologie [3]. Mithilfe der digitalen low-cost Messstation LabPi wird die Synthese von Silbernanopartikeln spektrometrisch verfolgt.

### SYNTHESE VON NANO-SILBER

Für die Synthese von Silbernanopartikeln gibt es vielfältige Ansätze, über die verschiedene Formen der Nanopartikel mit unterschiedlichen Eigenschaften hergestellt werden können. Eine zuverlässige und unkomplizierte Synthese setzt auf die Umsetzung von Silbernitrat mit Hilfe von D(+)-Glucose und Polyvinylpyrrolidon (kurz PVP) in Wasser. Dabei werden zunächst 2 g der Glucose und 1 g des PVPs in Wasser gelöst und auf 90 °C erhitzt. Zu dieser Lösung werden unter Rühren 29,5 mL einer 0,1 molaren Silbernitratlösung gegeben und das Gemisch für eine Stunde auf 90 °C gehalten. Das Gemisch beginnt sich nach wenigen Augenblicken zunehmend gelb und im weiteren Verlauf orange zu verfärben. Ursache für diese Verfärbung ist die Plasmonenresonanz der Silbernanopartikel. Diese führt abhängig von Größe und Form der Partikel zur Absorbanz spezifischer Wellenlängen und eignet sich daher auch zur Abschätzung der vorhandenen Menge und Partikelgröße [4,6]. Nach 60 Minuten kann die Dispersion abgekühlt und die Reaktion beendet werden. Aus der Literatur ist bekannt, dass die Ausbeute dieser Reaktion etwa 1% des eingesetzten Silber entspricht und die Partikelgröße ca. 50 nm beträgt [4]. Der Verlauf der Synthese kann spektrometrisch verfolgt werden und die so gewonnenen Nanopartikel können für die Herstellung von Silbernanokompositen oder für die Photometrie zur Gehaltsbestimmung von Silbernanopartikeln in Artikeln (z.B. Reinigern) eingesetzt werden [3].



Bild 1  
Reaktionsverlauf:  
Klare Ausgangslösung (links), intensive gelb/orange Färbung (rechts).



Bild 2  
Schülerinnen und Schüler bei der Synthese von Silbernanopartikeln



Bild 3  
Schüler beim Bedienen des LabPi-Photometers

### ANALYTIK

Die Spektrometrie wird in vielen analytischen Bereichen vielseitig eingesetzt und eignet sich ebenfalls zur näheren Betrachtung von Silbernanopartikeln. Für den Bau eines Spektrometers für LabPi wurde hierzu ein Gehäuse entworfen und schließlich mithilfe eines 3D-Druckers gedruckt. Das Erfassen der Absorptionsspektren, erfolgt über eine Kamera mit befestigtem Transmissionsgitter. Als Lichtquelle dient eine selbstentwickelte Platine mit 11 LEDs, welche eine vollautomatisierte Kalibrierung des Spektrometers ermöglichen (Bild 4). Die Anzahl der LEDs ermöglicht zusätzlich eine weitgehende Abdeckung des Lichtspektrums im sichtbaren Wellenlängenbereich. Angehängt wird das Spektrometer und die genannte LED-Platine mittels USB und Micro-HDMI-Kabel. Der Aufbau ermöglicht das Messen im Wellenlängenbereich von 350 – 700 nm (Bild 5) und lässt sich über die Software LabPi grafisch darstellen. Neben dem Identifizieren von farbigen Stoffen mithilfe bekannter Absorptionsspektren, kann auch das Wachstum von nanoskaligem Silber mit wenigen Fingertipps verfolgt und die Größe der synthetisierten Nanopartikel anhand des Absorptionsmaximums annähernd bestimmt werden (Bild 6). Dabei ist im Verlauf der Synthese das Ausbilden eines Absorptionsmaximums bei 424 nm erkennbar, welche bei Silbernanopartikeln auf eine Partikelgröße von ca. 50 – 60 nm zurückzuführen lässt [4].

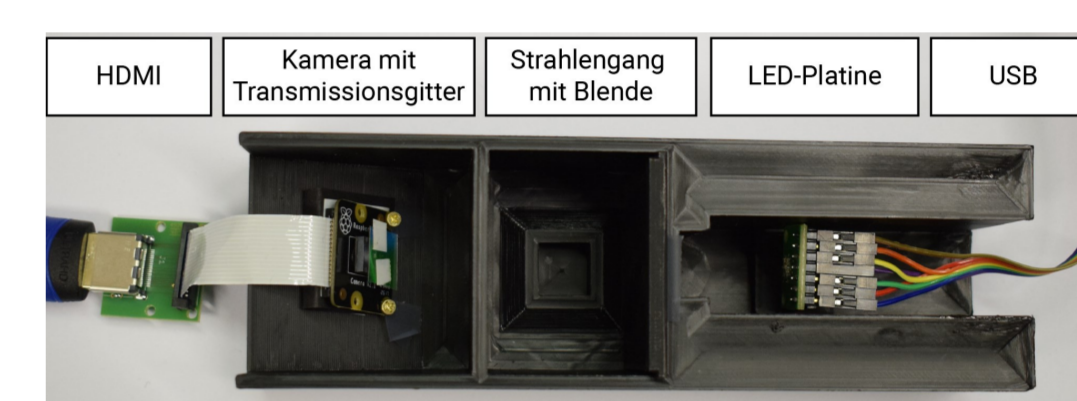


Bild 4  
Aufbau des LabPi-Spektrometers

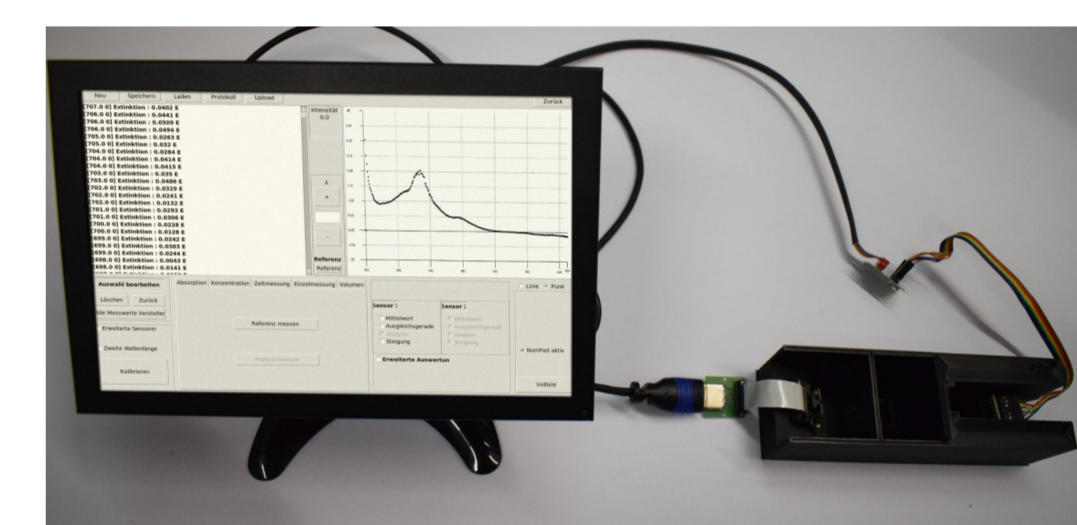


Bild 5  
Aufbau der Messstation

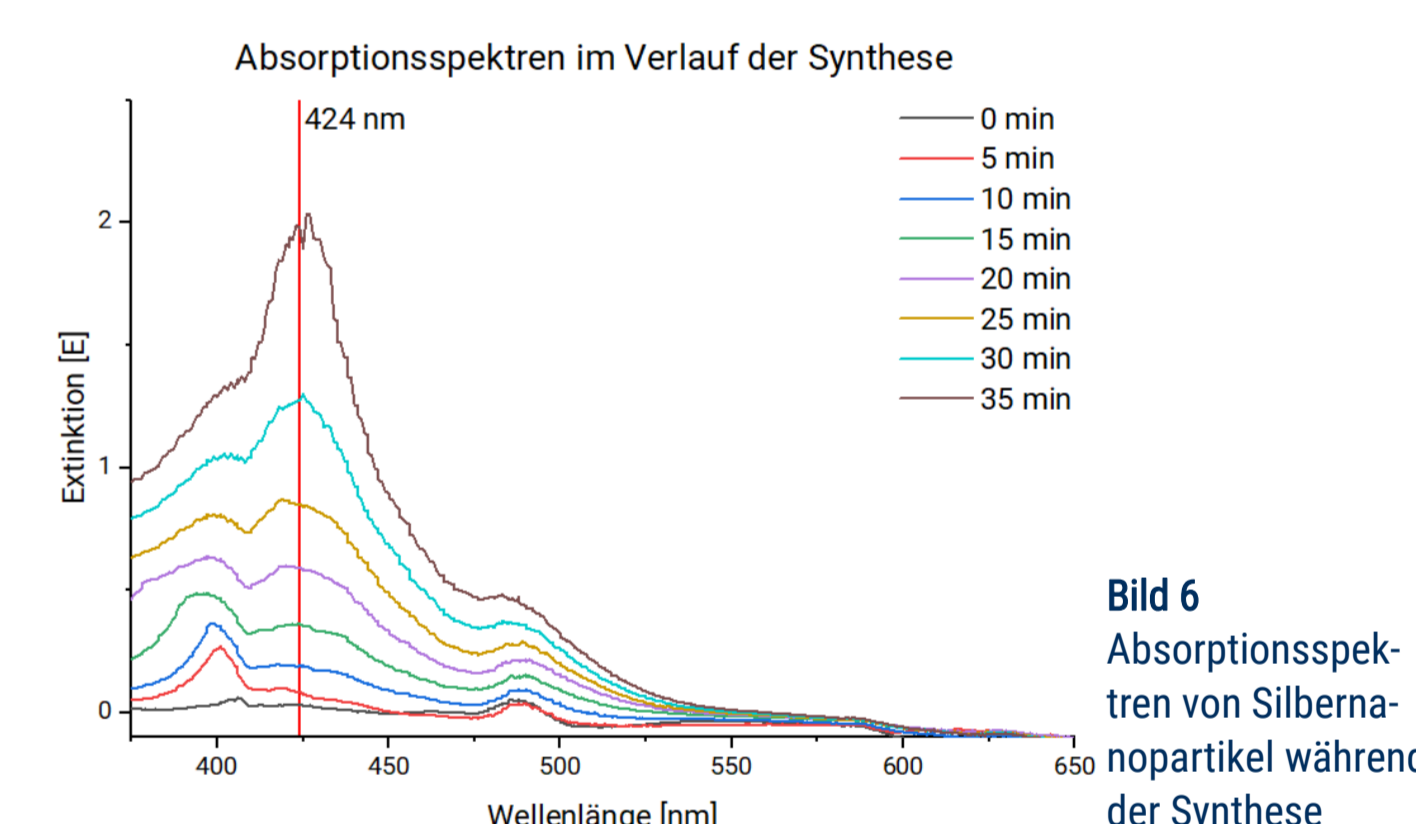


Bild 6  
Absorptionsspektren von Silbernanopartikeln während der Synthese

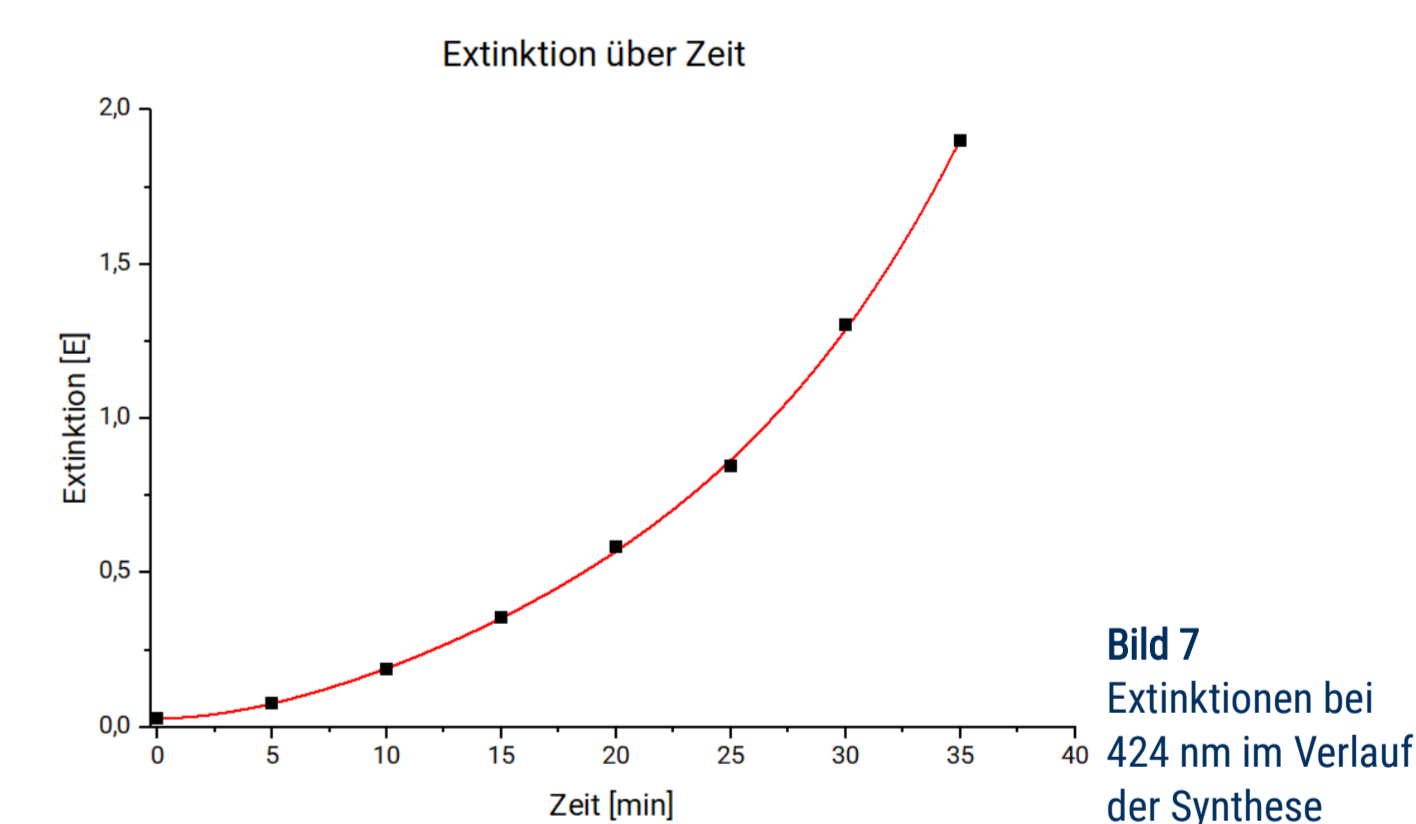


Bild 7  
Extinktionen bei 424 nm im Verlauf der Synthese

### AUSBLICK

Die Kombination aus Low-Cost-Technik und Nanotechnologie stellt ein vielversprechendes Konzept dar. Einerseits existieren noch weitere Nanomaterialien, welche sich aufgrund ihrer Farbeigenschaften für eine Untersuchung eignen, andererseits können die verschiedenen Anwendungen der Nanomaterialien anhand einer Vielzahl von Sensoren näher betrachtet und untersucht werden. Insbesondere für Silbernanopartikel gibt es viele Anwendungen von denen nicht alle unstrittig sind (z.B. Kauspielzeuge für Säuglinge oder desinfizierende Allzweckreiniger). In Kombination mit einem Nachweis über Chlorid-Ionen oder der Titration nach Volhard existieren vielfältige Kontexte, welche moderne Technik und moderne Chemie mit klassischen Verfahren verbinden und sich mit aktuellen Problemen kontextualisieren lassen. Aus technischer Sicht bietet der Einsatz von digitalen Messstationen wie LabPi zusätzlich ein hohes Potential, kollaborative Lernangebote durch den Einsatz von Cloudplattformen zu ermöglichen, Auswertungen digital zu unterstützen und somit eine objektiven Auseinandersetzung mit dem Themenfeld der Nanomaterialien zu begleiten.

### QUELLEN

- [1] M. Wejner & T. Wilke (2019): Low Cost – High Tech: Die digitale Messstation LabPi. CHEMKON 2019, 26, 294. DOI: 10.1002/ckon.201900016
- [2] Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister (Hrsg.) (2020). Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife. <https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen>
- [3] R. Saadat, B. Bartram, T. Wilke. Made to measure: Easy Synthesis and Characterization of Nanocomposites with Tailored Functionalities for Chemistry Education. World Journal of Chemical Education. Vol. 7, No. 2, 2019, pp 65-71. <http://pubs.sciepub.com/wjce/7/2/5>
- [4] Helmlinger, J. N. (2015). Silber-Nanopartikel mit definierter Morphologie. Darstellung, Eigenschaften und biologische Wirkung. Dissertation. Universität Duisburg-Essen, Duisburg-Essen.
- [5] Oldenburg, S. J. Silver Nanomaterials: Properties & Applications, Sigma-Aldrich, <https://www.sigmaaldrich.com/DE/de/technical-documents/technical-article/materials-science-and-engineering/biosensors-and-imaging/silver-nanomaterials0>
- [6] Paramelle, D. et al. Rapid method to estimate the concentration of citrate capped silver nanoparticles from UV-visible light spectra, RSCPublishing, DOI: 10.1039/C4AN00978A

