

enlightening LABels **Fluoreszenzmikroskopie im Schülerlabor**

Grundidee der Schülerlaboreinheit enlightening LABels

Da Wissenschaft und Gesellschaft sich stets weiterentwickeln, sollte auch der Unterricht in der Schule modern und zeitgemäß gehalten sein und aktuelle Themen aufgreifen. Die Curriculare Innovationsforschung leistet dazu einen Beitrag: Ihr Ziel ist es, aktuelle und innovative Themen aus der wissenschaftlichen Forschung, die Anknüpfungspunkte an obligatorische Inhalte aus dem Chemieunterricht bieten, für die Lehre zu erschließen (Tausch, 2004; Parchmann et al., 2017).

Im Rahmen der curricularen Innovationsforschung wird das aktuelle Thema der Fluoreszenzmikroskopie experimentell-konzeptionell erschlossen und eine Schülerlaboreinheit mit dem Namen enlightening LABels entwickelt, erprobt und evaluiert. Fluoreszenzmikroskopische Aufnahmen werden alltäglich in den Laboren der Lebenswissenschaften angefertigt, um Informationen über den Aufbau und die Funktionsweise von biologischen Zellen zu gewinnen. Hierzu werden die zellulären Strukturen, die für den jeweiligen Forschungsschwerpunkt von Interesse sind, mit Fluoreszenzfarbstoffen, auch genannt *fluorescent dyes* oder *fluorescent labels*, markiert und die Präparate unter einem Fluoreszenzmikroskop betrachtet. Aus den erhaltenen Aufnahmen können wissenschaftliche Erkenntnisse abgeleitet werden (z. B. Kubitscheck, 2017; Lichtman & Conchello, 2005).

Die Fluoreszenzmikroskopie zeichnet sich durch eine besondere Interdisziplinarität aus. Die chemische Forschung trägt dabei vor allem zur Entwicklung und Optimierung von *fluorescent labels* bei mit dem Ziel, zelluläre Strukturen bis hin zu einzelnen Molekülen möglichst spezifisch anzufärben (Cells in Motion Interfaculty Centre, 2024).

Die Schülerlaboreinheit enlightening LABels legt den Fokus auf die üblicherweise in der Fluoreszenzmikroskopie eingesetzten *fluorescent labels* und die zugrundeliegenden Prinzipien, nach denen diese Fluoreszenzfarbstoffe zelluläre Strukturen anfärben (Kubitscheck, 2017; Schmitt, 2016). Die chemischen Grundlagen dieser Prinzipien knüpfen an obligatorische Inhalte aus dem Chemieunterricht der Sekundarstufe I und II an und können anhand dieser durch die Lernenden in Modellexperimenten erschlossen werden (KMK, 2020; Sprysch & Kröger, 2024).

Konzeption der Schülerlaboreinheit

enlightening LABels richtet sich an Schüler:innen aus Chemiekursen der Sekundarstufe II. Die Schülerlaboreinheit wird im Institut für Didaktik der Chemie der Universität Münster absolviert und umfasst ungefähr sieben Stunden.

Der Aufbau der Schülerlaboreinheit kann Abb. 1 entnommen werden. Der Schülerlabortag beginnt mit einem kurzen Impulsvortrag, der mit fluoreszenzmikroskopischen Aufnahmen faszinieren und Interesse bei den Lernenden hervorrufen soll. Den weiteren Teil des Schülerlabortages absolvieren die Lernenden in Stationen in Kleingruppen von zwei bis drei Personen.

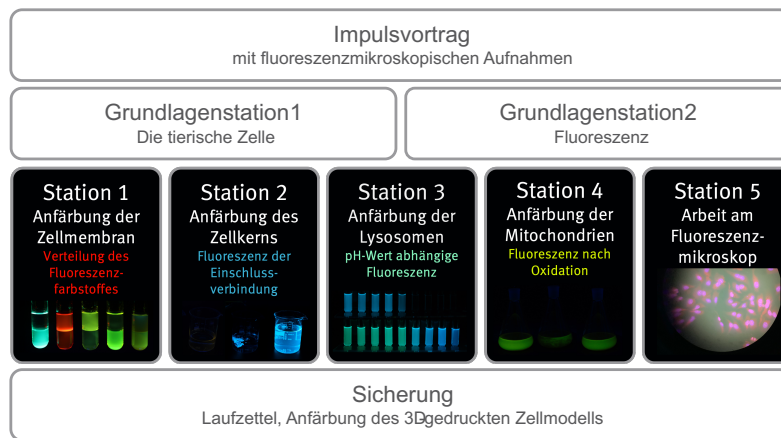


Abb. 1: Aufbau der Schülerlaboreinheit enlightening LABels.

Stationen der Schülerlaboreinheit

Zunächst werden in zwei Grundlagenstationen fachliche Inhalte als Basis für das Verständnis der Schwerpunktstationen des Schülerlabortages vermittelt. Die Lernenden wiederholen in *Grundlagenstation 1* den Aufbau der tierischen Zelle, indem sie eine Schemazeichnung einer tierischen Zelle mit Legekärtchen beschriften. Der unterschiedliche chemische Aufbau und die verschiedenen Eigenschaften und Funktionen der Zellstrukturen ermöglichen es, dass diese gezielt mit Fluoreszenzfarbstoffen angefärbt werden können (Schmitt, 2016). *Grundlagenstation 2* betrachtet das Phänomen der Fluoreszenz genauer: Die Lernenden führen ein Experiment durch, in dem die Fluoreszenz des Farbstoffes Uranin zu beobachten ist. Der fachliche Hintergrund wird anhand einer Animation zu ebendiesem Experiment auf der Vorstellungsebene anhand des Energiestufenmodells erklärt (Animation in Anlehnung an Meuter & Tausch, o. D.).

Nachdem die zwei Grundlagenstationen absolviert wurden, gehen die Lernenden zu den fünf Schwerpunktstationen des Schülerlabortages über. Diese werden in beliebiger Reihenfolge von allen Kleingruppen durchlaufen. Vier der fünf Stationen konzentrieren sich auf die chemischen Grundlagen der Prinzipien der Anfärbung zellulärer Strukturen und nutzen unter UV-Licht zu betrachtende Modellexperimente, um diese zu veranschaulichen (Sprysch & Kröger, 2024). Die Modellexperimente greifen den originalen Sachverhalt der Färbung von Zellstrukturen für die Betrachtung unter einem Fluoreszenzmikroskop in didaktisch reduzierter Form auf. Aus der großen Bandbreite an im Original eingesetzten Fluoreszenzfarbstoffen und den Möglichkeiten, wie diese bestimmte Strukturen markieren (z. B. Thermo Fisher Scientific, 2010; Xu et al., 2016), wurden bestimmte Prinzipien der Anfärbung ausgewählt. Diese werden in Experimenten im Reagenzglasmaßstab mit nicht-toxischen Modellschubstanzen, die originale *fluorescent labels* modellieren, veranschaulicht (Sprysch & Kröger, 2024). Die Prinzipien der Anfärbung werden dabei nach Tausch (2004) wissenschaftlich konsistent repräsentiert und in den Modellexperimenten didaktisch prägnante Beobachtungen erzielt. Alle Modellexperimente beinhalten zudem experimentelle Handlungen und erfüllen somit die drei Kriterien nach Sommer et al. zur Definition eines Modellexperimentes (2017).

In *Station 1* wird die Anfärbung der Zellmembran thematisiert und das Prinzip der Anfärbung fokussiert, dass lipophile Fluoreszenzfarbstoffe sich in die innere, lipophile Schicht der

Zellmembran einlagern können. Die Lernenden setzen sich hier vor allem mit den Struktur-Eigenschaftsbeziehungen verschiedener Fluoreszenzfarbstoffe auseinander. *Station 2* betrachtet die Anfärbung des Zellkerns durch den oftmals eingesetzten Farbstoff 4',6-Diamidin-2-phenylindol, kurz DAPI. Dieser bildet eine Einschlussverbindung mit der DNA aus, wodurch es zu einer Fluoreszenzverstärkung kommt, die im Experiment mit Modellsubstanzen veranschaulicht wird. In *Station 3* wird zur Anfärbung der vergleichsweise sauren Lysosomen die pH-Wert-abhängige Fluoreszenzfarbe bzw. Fluoreszenzintensität verschiedener Fluoreszenzindikatoren untersucht und damit an die Säure-Base-Chemie angeknüpft. *Station 4* legt den Schwerpunkt auf die Anfärbung der Mitochondrien durch Fluoreszenzfarbstoffe, die in diesen Zellstrukturen oxidiert und auf diese Weise in ihre fluoreszierende Form überführt werden. An dieser Station werden Redoxreaktionen mit organischen Molekülen aufgegriffen. (Sprysch & Kröger, 2024; Thermo Fisher Scientific, 2010; Xu et al., 2016)

Station 5 absolvieren die Lernenden im Institut für Lebensmittelchemie der Universität Münster, arbeiten dort selbst an einem Fluoreszenzmikroskop und bekommen einen Einblick in die aktuelle Forschung.

Zu Beginn der Schülerlaboreinheit erhalten alle Kleingruppen ein 3D-gedrucktes Zellmodell, das passgenau zur Schemazeichnung der tierischen Zelle entwickelt wurde. Die fluoreszierenden Lösungen, die in den Modellexperimenten zur Anfärbung der einzelnen Zellstrukturen erhalten wurden, werden zum Abschluss des Schülerlabortages in die entsprechenden Strukturen im 3D-gedruckten Zellmodell eingefüllt. Unter UV-Licht betrachtet ergibt sich das Bild einer mit Fluoreszenzfarbstoffen gefärbten Zelle (Sprysch & Kröger, 2024).

Vorerprobung

Der Schülerlabortag im Umfang von sieben Stunden wurde im Juni 2024 mit 13 Lernenden aus Chemiekursen der EF und Q1 einer Gesamtschule durchgeführt. Zur Auswertung wurden Videos der Experimentierphasen sowie der Station am Fluoreszenzmikroskop angefertigt und ein Prä-Post-Test sowie eine Evaluation mithilfe eines Fragebogens durchgeführt. Zusätzlich wurden Artefakte der Lernenden in Form von Lernmaterialien ausgewertet. Erste Ergebnisse zu den Lernmaterialien zeigen, dass diese insbesondere in Hinblick auf den biologischen Hintergrund der Stationen für einen einzelnen Schülerlabortag zu umfangreich waren. Positiv durch die Lernenden hervorgehoben wurde der Einsatz des 3D-gedruckten Zellmodells zum Zusammentragen der Ergebnisse des Schülerlabortages. Hinsichtlich der Experimente konnte festgestellt werden, dass diese anhand der Versuchsvorschriften gut von den Lernenden selbstständig durchgeführt werden konnten und die intendierten Beobachtungen bei allen Gruppen und Stationen erkennbar waren.

Ausblick

Resultierend aus der Vorerprobung werden die Materialien auf zwei Versionen angepasst: Um die Schülerlaboreinheit zielführend an einem Schülerlabortag durchführen zu können, wird eine gekürzte Version der Materialien angefertigt. Zusätzlich wird die bestehende Version angepasst, um diese ausführlichere Fassung der Materialien für eine Projektwoche oder Ferienangebote einsetzen zu können. In einer Haupterprobung wird der Schülerlabortag, an dem die gekürzte Version der Materialien eingesetzt wird, mit Lernenden der Sekundarstufe II getestet und es werden Daten erhoben, die Rückschlüsse auf den Fachwissenszuwachs und die Durchführbarkeit der Einheit ermöglichen sollen.

Literatur

- Cells in Motion Interfaculty Centre (2024). Homepage der Einrichtung der Universität Münster. <https://www.uni-muenster.de/Cells-in-Motion/de/> [abgerufen am 30.10.2024].
- KMK – Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2020). Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.06.2020. Bonn, Berlin: KMK.
- Kubitscheck, U. (Hrsg.) (2017). Fluorescence Microscopy. From Principles to Biological Applications (2. Aufl.). Weinheim: Wiley-VCH.
- Lichtman, J. W. & Conchello, J.-A. (2005). Fluorescence microscopy. *Nature Methods*, 2 (12), 910–919.
- Meuter, N. & Tausch, M. (o. D.). Fluoreszenz und Phosphoreszenz im Energiestufenmodell [Animation]. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/de/digitale-medien/animationen/photochemie/fluoreszenz-und-phosphoreszenz-im-energiestufenmodell/> [abgerufen am 30.10.2024].
- Parchmann, I., Schwarzer, S., Wilke, T., Tausch, M. & Waitz, T. (2017). Von Innovationen der Chemie zu innovativen Lernanlässen für den Chemieunterricht und darüber hinaus. *CHEMKON*, 24 (4), 161–164.
- Schmitt, S. (2016). Funktionalisierte Fluoreszenzfarbstoffe für Biologie und Medizin. *Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule*, 65 (1), 10–15.
- Sommer, K., Toschka, C., Schröder, L., Schröder, T. P., Steff, H. & Fischer, R.A. (2017). Modellexperimente im Chemieunterricht. *CHEMKON*, 24 (1), 13–19.
- Sprysch, A. & Kröger, S. (2024). Faszination Fluoreszenzmikroskopie – Modellexperimente für eine Schülerlaboreinheit. *CHEMKON*, 31 (3), 90–95.
- Tausch, M. (2004). Curriculare Innovation. *Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule*, 53 (8), 18–21.
- Thermo Fisher Scientific (2010). The Molecular Probes® Handbook – A Guide to Fluorescent Probes and Labeling Technologies. <https://www.thermofisher.com/handbook> [abgerufen am 30.10.2024].
- Xu, W., Zeng, Z., Jiang, J.-H., Chang, Y.-T. & Yuan, L. (2016). Wahrnehmung der chemischen Prozesse in einzelnen Organellen mit niedermolekularen Fluoreszenzsonden. *Angewandte Chemie*, 128 (44), 13858–13902.