

Mit Mikroskop und iPad

Ein digitales Arbeitsheft zum digital gestützten Mikroskopieren und Zeichnen mit der App Pages

Laura Sophie Schneider, Lars Holder, Nina Meyerhöffer

In diesem Beitrag wird ein Konzept vorgestellt, bei dem Schülerinnen und Schülern die fachgemäßen Arbeitsweisen Mikroskopieren und Zeichnen digital gestützt erarbeiten und üben. Dabei leitet sie ein digitales Arbeitsheft auf dem iPad zur Nutzung der Kamera und mehreren Bildebenen an, um die Übertragung vom realen Objekt in ein Schemamodell zu erleichtern.

Stichwörter: digitales Arbeitsheft, Mikroskopieren, mikroskopisches Zeichnen, Pages, iPad, Pflanzenzelle, Fotosynthese

1 Einleitung

Das Mikroskopieren und mikroskopische Zeichnen sind grundlegende fachgemäße Arbeitsweisen, die fest im Biologieunterricht verankert sind. Dabei liegt der Fokus darauf, das Objekt auf seine Bestandteile zu untersuchen und dieses anschließend abstrahiert in einer Zeichnung darzustellen. Diese Arbeitsweisen bedürfen guter Anleitung und bergen einige Herausforderungen, die für Schülerinnen und Schüler bei nicht ausreichend durchdachter Planung frustrierend sein können. Um mikroskopische Betrachtungen zu verstetigen, werden diese seit der Erfindung der Mikroskopie dokumentiert (Stahl 2018). Das Zeichnen als klassische Methode ist noch heute üblich im Biologieunterricht, wobei auch die analoge und die digitale Fotografie zum selben Zweck eingesetzt werden (Stahl 2018). Während früher spezielle Aufsätze, sogenannte Zeichenrohre, für das Mikroskop nötig waren, um das Präparat „abpausen“ zu können, gelingt dies dank Kamera und Touchscreen des Tablets heute schnell und kostengünstig. In diesem Beitrag wird ein Konzept vorgestellt, in dem digitale Medien die Vermittlung des Mikroskopierens und Zeichnens unterstützen und der Lehrkraft mehr Freiraum zur individuellen Hilfestellung verschaffen. Die Basis dafür ist ein digitales Arbeitsheft, welches Lernende auf dem iPad durch die einzelnen Arbeitsschritte leitet. Unter anderem werden die Kamera und mehrere Bildebenen genutzt, um die Übertragung vom realen Objekt in ein Schemamodell zu erleichtern. Das vorliegende Material wurde in einer siebten Klasse erprobt, kann jedoch für andere Klassenstufen angepasst werden.

1.1 Häufige Probleme und Ansätze zur Abhilfe durch digitale Medien

Im Folgenden werden gängige Probleme, die im Unterricht beim Mikroskopieren und mikroskopischen Zeichnen auftreten können, gelistet und Ansätze zur Abhilfe durch digitale Medien skizziert. In Abschnitt 2 wird dann das digitale Arbeitsheft erläutert, in dem diese Ansätze für den unterrichtlichen Einsatz ausgearbeitet wurden.

Problemset 1

- Besonders bei Monokularen fällt es Schülerinnen und Schülern schwer, für längere Zeit durch das Mikroskop zu schauen.
- Der Objektträger verrutscht versehentlich und die gewählte Einstellung ist weg.
- Lernende möchten sich Objekte gegenseitig zeigen, müssen dafür aber an den Einstellungen des Mikroskops nachjustieren.
- Die Lehrkraft will Lernende auf eine bestimmte Stelle im Bildausschnitt hinweisen, was nur durch mündliche Erklärung geht.

Lösungsansatz:

Wenn die richtige Einstellung am Mikroskop gefunden wurde, wird mit dem iPad ein Bild durch das Okular gemacht. Dieses Bild lässt sich dann vom Bildschirm, der weitaus leichter zu betrachten ist, abzeichnen. Falls es z.B. wegen wackliger Hände schwerfällt, ein gutes Bild zu machen, kann stattdessen ein Video aufgenommen und daraus ein geeigneter Screenshot gewählt werden. Auf dem digitalen Bild kann bei einer Diskussion direkt mit dem Finger auf relevante Stellen gezeigt werden.

Problemset 2

- Das Arbeitstempo der Lernenden variiert stark innerhalb der Lerngruppe.
- Viele Lernende brauchen gleichzeitig bei unterschiedlichen Arbeitsschritten des Mikroskopierens und Zeichnens Unterstützung.
- Einige Lernende werden innerhalb der vorgesehenen Zeit nicht mit ihrer Zeichnung fertig.

Lösungsansatz:

Lernende werden zu einer Anleitung in der Anwendung *LearningSnacks* geführt, die sie in eigenem Tempo durch die Arbeitsschritte leitet. Das Chatformat der *LearningSnacks* ist interaktiv und begünstigt so im Gegensatz zu einer klassischen Anleitung auf Papier das schrittweise und genaue

Vorgehen. Wenn die *LearningSnacks* detailliert genug gestaltet sind, kann die Lehrkraft darauf als erste Hilfsquelle verweisen, was ihr mehr Freiheit für individuelle Hilfestellungen verschafft. Ein Foto des mikroskopischen Präparats durch das Okular konserviert das Ergebnis der Mikroskopie und kann von langsameren Lernenden zur späteren Fertigstellung ihrer Zeichnung genutzt werden. Zur Differenzierung für schnelle Schülerinnen und Schüler bietet es sich, an zusätzliche Objekte (z.B. Zwiebelzelle, *Elodea*, Blattquerschnitt) vorzubereiten und diese mikroskopieren und fotografieren zu lassen. Durch das Foto haben auch diese Schülerinnen und Schüler ihr Ergebnis gesichert und können es zu einem späteren Zeitpunkt vorzeigen. Falls der Schwerpunkt stärker auf dem Zeichnen liegen soll, kann binnendifferenzierend auch ein digitales Foto eines weiteren Objekts zur Verfügung gestellt werden, das die schnellen Schülerinnen und Schüler wie im vorherigen Abschnitt beschrieben zeichnen.

Problemset 3

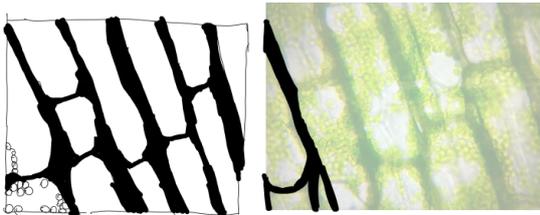
- Es ist für Lernende schwierig, beim freien Zeichnen die richtigen Formen und Proportionen des Objekts zu treffen.
- Die mikroskopische Zeichnung ist zu klein.
- Es wird kein Platz für Beschriftungen gelassen.
- (Häufige) Verbesserungen mit dem Radiergummi führen zu einem unschönen Ergebnis.

Lösungsansatz:

Um die richtigen Proportionen zu treffen, kann ein mit dem iPad aufgenommenes Bild des Objekts als Vorlage zum Abpausen genutzt werden. Eine Möglichkeit dabei ist es, das Bild auf die benötigte Einstellung zu vergrößern und es dann bei höchster Helligkeitsstufe durch ein auf den Bildschirm aufgelegtes Blatt Papier abzuzeichnen. Eine weitere Möglichkeit ist es, eine digitale Zeichnung direkt auf dem iPad anzufertigen. Sehr einfach geht dies mit iOS' Standard-Textverarbeitungsapp *Pages*. Hier können Lernende ihr Bild einfügen, dessen Transparenz heruntersetzen und dann mit dem digitalen Stift die Linien, die sie sehen, nachfahren (Bild 1). Das digitale Zeichnen auf dem iPad, erlaubt fortwährend das Anpassen der Größe und Verschieben der Zeichnung. Mithilfe der Zoom-Funktion können auch nur einzelne Ausschnitte nach Bedarf vergrößert oder verkleinert werden. Beliebig viele Korrekturen hinterlassen keine Spuren eines Radiergummis, was ein sauberes Ergebnis ermöglicht.

Bild 1: Beispiel einer Schülerzeichnung von Pflanzenzellen (*Elodea spec.*) im digitalen Arbeitsheft. Im Hintergrund ist das Foto des mikroskopischen Präparats zu erkennen. Für die digitale Zeichnung wurde die Transparenz des Fotos verringert, sodass Strukturen mit dem digitalen Stift nachgezeichnet werden konnten.

3.2 Meine Mikroskopische Zeichnung der Elodea canadensis



2 Das digitale Arbeitsheft

Das hier vorgestellte digitale Arbeitsheft integriert die aufgeführten Lösungsansätze in direkt im Unterricht nutzbaren Materialien für die Klassenstufe 7. Das Material und Konzept lassen sich durch geringfügige Anpassungen am Material auch auf höhere Klassenstufen übertragen.

2.1 Aufbau und Inhalt

In der vorliegenden Form eignet sich das digitale Arbeitsheft für den Einstieg in das Thema Photosynthese. Es enthält eine einleitende Problematisierung (S. 5-7; Seitenzahlen beziehen sich auf das gesamte Dokument) sowie eine Einführung in Aufbau und Funktion des Lichtmikroskops (S. 8-10). Anschließend werden die Lernenden durch die Arbeitsschritte des Mikroskopierens geführt (S. 11-12) und erhalten Anleitung zum mikroskopischen Zeichnen (S. 13-14). Mithilfe eines Informationstextes werden danach die beobachteten Bestandteile der Pflanzenzellen erschlossen und die Schülerinnen und Schüler vergleichen ihr Objekt und ihre Zeichnung mit einer typischen Schemazeichnung einer Pflanzenzelle (S. 15-17). Diesen Inhalten vorangestellt sind ein Vorwort (S. 3), in dem die Lernenden erste Hinweise zur Bearbeitung erhalten und ein Inhaltsverzeichnis, welches einen Überblick zu den enthaltenen Themen liefert (S.5). Im Folgenden werden relevante didaktische Überlegungen hinter den ausgewählten Inhalten, Methoden und Tools erläutert.

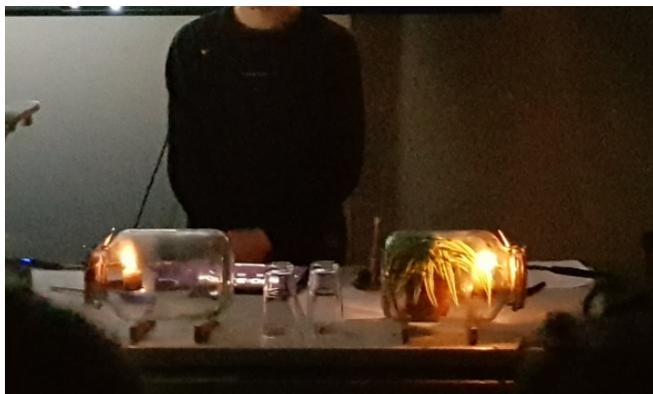
Einstieg (S. 5-7)

Als problemorientierter Einstieg wird der historische Versuch des englischen Naturforschers Joseph Priestley nachgestellt (Bild 2). Aufgrund des Materialaufwands und des hohen feinmotorischen Anspruchs beim Abdichten der Versuchsgefäße erfolgt dies in Form eines Demonstrations-experiments im Plenum. Vorbereitend für die kommende Arbeit mit dem Heft leitet die Lehrkraft die Lernenden im Unterrichtsgespräch zur Formulierung von Hypothesen und Beobachtungen an. Die Arbeitsaufträge im Heft (S. 5) sind so konzipiert, dass die Lernenden kognitiv aktiviert werden,

obwohl sie den Versuch nicht selbst durchführen. Sie sind nach der Durchführung aufgefordert, den Versuch und ihre Beobachtungen selbstständig multimedial durch Tonaufnahmen und Fotos zu dokumentieren. Ein Anleitungsvideo und Platzhalter für die Kameraaufnahmen geben ihnen dabei Orientierung (S. 6). Diese Abwechslung zum rein schriftlichen Protokoll soll die Schülerinnen und Schüler durch mediale Vielfalt motivieren und den Einstieg in die Arbeit mit dem digitalen Heft erleichtern. Zusätzlich ist der Versuch auch schematisch dargestellt, sodass sich ein Vergleich zwischen der Schemazeichnung und dem Bild des realen Aufbaus anbietet. Diese Vorarbeit bereitet die Schülerinnen und Schüler auf den späteren Vergleich zwischen dem realen Objekt unter dem Mikroskop und den schematischen Darstellungen, wie sie meist in Lehrmaterialien genutzt werden, vor. Durch Anpassungen in den Arbeitsaufträgen kann der Einstieg auch ohne den Demonstrationsversuch nur anhand des Schemas erfolgen, wobei jedoch der lernförderliche Einfluss der Primärerfahrung verloren geht (vgl., Berck & Graf, 1999).

Aus den Ergebnissen der Aufgaben 3 und 4 (S. 7) lässt sich die Notwendigkeit ableiten, Aufbau und Struktur von Blatt und Pflanzenzelle genauer zu untersuchen. Dies liefert die Überleitung zum Mikroskop als wissenschaftliches Arbeitsgerät. Mikroskopieren fördert kognitive, affektive und psychomotorische Kompetenzen, wobei das Abstraktions- und Vorstellungsvermögen der Schülerinnen und Schüler geschult wird, wenn sie das zweidimensionale mikroskopische Bild in die dreidimensionale Vorstellung vom Realobjekt übersetzen (vgl., Gropengießer et al., 2010). Hierbei muss vorab der Umgang mit dem Objekt und dem empfindlichen Lichtmikroskop geschult werden, damit die Lernenden in der Lage sind, sehr genau auf Details zu achten. Auf den Seiten 8-11 erarbeiten sie daher mithilfe eingebetteter Videos die Teile des Lichtmikroskops, deren Funktion und Grundlagen zur Arbeitsweise Mikroskopieren. Eine Sicherung erfolgt durch das Quiz-Tool *Kahoot* (Fragen und Lösungen sind in den begleitenden Folien aufgeführt). Optional kann hier eine praktische Vorübung, wie etwa das Mikroskopieren von Haaren, eingeschoben werden (nicht im Arbeitsheft enthalten).

Bild 2: Versuchsaufbau zum Priestley-Versuch als Demonstrationsexperiment. In zwei luftdicht verschlossenen Glasflaschen wurde jeweils ein Feuerzeug entzündet. In einer Flasche ist eine Pflanze vorhanden, die zweite enthält nur Luft.



Mikroskopieren und Zeichnen (S. 12-14)

Sowohl das Anfertigen des Präparats (hier: *Elodea spec.*) als auch das Zeichnen des beobachteten Objekts auf dem iPad wird über die Webanwendung *LearningSnacks* (learningsnacks.de) angeleitet. *LearningSnacks* sind interaktive textbasierte Dialogsysteme, in die neben Text auch Abbildungen und Videos eingebunden werden können. Einzelne Arbeitsschritte lassen sich durch einen „Weiter“-Button trennen, sodass Lernende sich Wissen in eigenem Tempo in kleinen Portionen aneignen können. Für die Durchführung eines *LearningSnacks* ist keine Anmeldung erforderlich. Mithilfe des Tools lassen sich die Individualisierung und Differenzierung fördern, da Interesse und Arbeitstempo der Lernenden berücksichtigt werden. Es gewährleistet zudem, dass Schülerinnen und Schüler eigenständige Handlungsprodukte entwickeln (vgl., Meyer, 2012). Die Lehrkraft gewinnt indes Zeit, um individuelle Hilfestellungen zu leisten. Mit dem Zeichnen erfolgt die abstrahierte Darstellung der Merkmale der Pflanzenzelle. Im Vergleich zur klassischen Methode auf Papier liefert die Nutzung von Fotoaufnahmen, die in *Pages* eingefügt werden, eine zusätzliche Stufe der Unterstützung bei der komplexen Übertragung vom mikroskopierten Bild in eine Zeichnung. Da sich Foto, eigene Zeichnung und schematische Darstellung (S. 16) später in einem Medium befinden, wird das Herstellen von Zusammenhängen zwischen realem Objekt und schematischer Darstellung unterstützt. Eine anschließende Diskussion der Ergebnisse mithilfe eines Beamers oder Displays erlaubt anschaulich das Aufdecken von Fehlkonzepten (z.B. bei übereinander liegenden Zellschichten) und die Reflexion der Denk- und Arbeitsprozesse der Schülerinnen und Schüler.

Während sich die Lernenden bis zu diesem Punkt hauptsächlich auf ihr Vorwissen und ihre Beobachtungen unter dem Mikroskop gestützt haben, erfolgt abschließend die Erarbeitung der Bestandteile der Pflanzenzelle mithilfe eines Informationstextes (S. 15). In diesem Zug wird auch der Vergleich zwischen der eigenen Zeichnung und der Schemazeichnung angestellt. Die so gewonnenen Erkenntnisse erlauben die Zuordnung der Funktionen zu den einzelnen Bestandteilen der Pflanzenzelle und in daran anknüpfenden Stunden die Erarbeitung der Fotosynthese in den Chloroplasten.

2.2 Technische Hinweise

Vorausgesetzt für den Einsatz des Arbeitsheftes wird für jede/n Schüler/in ein iPad, auf dem die App *Pages* installiert ist, sowie ein damit verbundener digitaler Stift. Außerdem sind persönliche Kopfhörer hilfreich, um den Geräuschpegel, z.B. beim Schauen von Anleitungsvideos, zu regulieren. Zum Speichern der bearbeiteten Hefte sollte entweder lokaler Speicher (wenn es sich um persönliche Geräte handelt) oder eine schuleigene Datenbank zur Verfügung stehen. Das leere Heft lässt sich zu Beginn der Reihe am einfachsten über *AirDrop* an die Geräte der Lernenden verteilen. Für den Zugriff auf die im Heft verlinkten *LearningSnacks* und Anleitungsvideos wird eine aktive Internetverbindung benötigt.

Anpassungen am beigefügten Arbeitsheft kann die Lehrkraft auf allen Apple-basierten Systemen in der App *Pages* vornehmen. Auf anderen Systemen lässt sich auch die systemoffene Webversion unter *iCloud* ([icloud.com](https://www.icloud.com)) mit einem kostenlosen Account nutzen. Um ein versehentliches Verrutschen des Layouts zu vermeiden, sind die meisten Objekte im Arbeitsheft (Arbeitsaufträge, Texte, Bilder) mit der Funktion „Schützen“ fixiert. Sie lassen sich durch Auswahl des Objekts und Tippen auf die Option „Schutz aufheben“ bearbeiten. Texte mit Verknüpfungen oder Platzhalter sollten nicht geschützt werden, da sie dann für die Lernenden nicht funktionieren und diese erst den Schutz aufheben müssten. Da grundsätzlich auch die Schülerinnen und Schüler die Objekte bearbeiten können, sollte dies vorab thematisiert und an einen gewissenhaften Umgang appelliert werden.

3 Schulpraktische Einbettung und Erfahrung

Die Arbeit mit dem digitalen Arbeitsheft bildete in der siebten Klasse eines Gymnasiums den Einstieg in die Thematik *Fotosynthese* und umfasste drei Doppelstunden. In der ersten Doppelstunde wurde der Demonstrationsversuch (Priestley-Versuch) durchgeführt, den die Schülerinnen und Schüler beschrieben sowie interpretierten (S.5-7). Im Anschluss erarbeiteten sich die Lernenden den Aufbau und die Funktion des Lichtmikroskops in Vorbereitung auf die Mikroskopie der zweiten Doppelstunde (S. 8-11). In dieser mikroskopierten sie mithilfe des Arbeitsheftes eigenständig Zellen von *Elodea spec.* und fertigten eine digitale Zeichnung der Pflanzenzellen an (S.12-14). Die letzte Doppelstunde diente der Sicherung der digitalen Zeichnungen durch ein geleitetes Unterrichtsgespräch. Verschiedene Zeichnungen wurden verglichen und die Bestandteile der pflanzlichen Zelle anhand des Textes und der Schemazeichnung erarbeitet. Im Anschluss verglichen die Schülerinnen und Schüler die Schemazeichnung mit ihren eigenen digitalen Zeichnungen und ergänzten die sichtbaren Bestandteile (S.15-17). Somit leisteten sie die Übertragung des im Mikroskop beobachteten Objekts in eine eigene Zeichnung und davon ausgehend in eine abstrakte schematische Darstellung.

Da die Klasse nur wenig Erfahrung mit iPads im Unterricht aufwies, war der Zeitbedarf für den Erwerb technischer Grundlagen im Umgang mit den Geräten relativ hoch. Besonders die Neueinführung der *LearningSnacks* in Kombination mit den Arbeitstechniken Mikroskopieren und Zeichnen führte bei manchen Lernenden zur Überforderung und bedurfte einiger Hilfestellungen. Im Nachhinein wäre es hier ratsam gewesen, das Tool *LearningSnacks* im Unterrichtsgespräch vor der selbstständigen Nutzung zu demonstrieren und die Bedeutung des schrittweisen Vorgehens zu betonen. Da in der Erprobung keine persönlichen Geräte, sondern Leihgeräte eingesetzt wurden, war auch das Herunterladen und Hochladen der Arbeitshefte in die schulische Datenbank in jeder Doppelstunde ein zeitintensiver Prozess. Viele Lernende hatten dabei Schwierigkeiten, verschiedene Versionen Ihrer Dateien zu erkennen, sodass teilweise Ergebnisse überspeichert wurden. Eine kleinschrittige Begleitung dieser Prozesse beim Einsatz des Arbeitsheftes in zukünftigen Lerngruppen kommt auch der Förderung allgemeiner digitaler Kompetenzen zugute (KMK, 2016) und kann als lohnende Investition für den weiteren Medieneinsatz betrachtet werden.

Insgesamt hat das digitale Arbeitsheft die Erwartungen an seine motivationale und lernunterstützende Wirkung erfüllt. Die Schülerinnen und Schüler zeigten sich während der Unterrichtsreihe sehr motiviert und drückten Freude bei der Arbeit mit den *iPads* aus. Den meisten gelang es, selbstständig ein Präparat anhand des *LearningSnacks* herzustellen und zu mikroskopieren. Auch das digitale Zeichnen mithilfe eines Fotos gelang den Lernenden. Typische Zeichenfehler, wie zu dicke oder überlappende Linien, traten trotz Einführen der Zeichenregeln weiterhin auf, konnten jedoch in der Ergebnissicherung rasch identifiziert werden. Da es dank der Methode kaum Probleme mit den Proportionen oder der Größe der Zeichnungen gab, konnte ein höherer Anteil der Lernenden zum Vergleich mit der schematischen Darstellung der Pflanzenzelle beitragen. Das lag vermutlich daran, dass ihre Zeichnung durch das digitale „Abpausen“ höhere Ähnlichkeit mit dem Schema aufwies. Aufgrund der Unterstützung bei dieser kognitiv anspruchsvollen Übertragung vom Objekt zum Schema ist das digital gestützte Mikroskopieren und Zeichnen mithilfe des digitalen Arbeitshefts also den Erfahrungen aus der Erprobung nach eine empfehlenswerte Alternative zum klassischen Vorgehen mit Stift und Papier.

4 Literatur

- Berck, K.-H. & Graf, D. (2010). *Biologiedidaktik: Grundlagen und Methoden*. Wiebelsheim: Quelle & Meyer.
- Gropengießer, H.; U. Kattmann & D. Krüger (2010). *Biologiedidaktik in Übersichten*. Hannover, Oldenburg, Berlin: Aulis.
- KMK (Kultusministerkonferenz). (2016). *Bildung in der digitalen Welt: Strategie der Kultusministerkonferenz*. <https://www.kmk.org/aktuelles/thema-2016-bildung-in-der-digitalen-welt.html>
- Stahl, L.M. (2018). *Isolieren – Zerlegen – Stillstellen: Zum Verhältnis von Bios und Biologie am Beispiel mikroskopischer Bildgebung*. Paderborn: Brill/Fink.