

# Lehre in der Biologie

*Forschungsnahе, interdisziplinäre und innovative Lehre in internationalen Masterprogrammen*

## Thesen

- Der Fachbereich Biologie besteht aus vielen Unterdisziplinen mit teils unterschiedlichem Fachvokabular.
  - Die Grenzen zwischen den Unterdisziplinen sind fließend, wodurch sich interdisziplinäres Arbeiten in der Biologie anbietet.
  - Ein wichtiges Lernziel des Biologie-Studiums ist, die Studierenden in die Lage zu versetzen, eigenständig geeignete Methoden und Kontrollen zur Adressierung biologischer Fragen zu finden und biologische Prozesse und Konzepte selbstständig zu hinterfragen.
  - Neben fachlichen Kompetenzen sollten im Biologie-Studium auch fächerübergreifende Kompetenzen wie z.B. wissenschaftliches Arbeiten, Präsentieren und Schreiben gelehrt werden.
  - Biologische Forschung findet oft im Team und kollaborativ statt. Daher lohnt es sich Teamfähigkeit und Sozialkompetenzen im Biologie-Studium zu fördern.
- 

## Worum geht's im Biologie-Studium?

Die Biologie ist ein breites Fachgebiet, das sich mit der Struktur, Funktion, Entwicklung, Verhalten, Herkunft und der Vielfalt von Lebewesen befasst. Während des Bachelor-Studiums lernen Studierende die verschiedenen Fachbereiche der Biologie wie z.B. Mikrobiologie, Genetik, Ökologie, Zoologie oder Botanik mit ihren Grundprinzipien und Standardmethoden kennen. Auch allgemeine Fähigkeiten, wie steriles Arbeiten, der Umgang mit Pipetten sowie anderem Laborequipment, und methodisch sauberes Arbeiten werden gelehrt. Später im Master spezialisieren sich Studierende zunehmend auf ein Fachgebiet, wie z.B. Genetik oder Mikrobiologie. Im Verlauf des Masters wird es zunehmend wichtig eigenständig und

forschungsnah zu arbeiten. Studierende müssen also lernen, Versuche selbst zu planen, auszuwerten, zu interpretieren und die Ergebnisse einem Fachpublikum vorzustellen.

## Allgemeine Besonderheiten der Biologie

Die Biologie ist ein sehr breites Feld mit vielen verschiedenen Unterdisziplinen, von der Genetik bis hin zur Ökologie. Jede Disziplin besitzt ihr eigenes fachspezifisches Vokabular, spezielle Methoden und eine eigene Fachkultur. Das macht es für Studierende, Lehrende und Studiengangsverantwortliche gleichermaßen herausfordernd – und gleichzeitig gibt es viele Überschneidungen zwischen den Unterdisziplinen, da die Grenzen zwischen verschiedenen Disziplinen der Biologie fließend sind. Zu den Lernzielen im Biologie-Studium gehört es, eigenständig Lösungen zu finden und Methoden, Prozesse und biologische Konzepte selbstständig zu hinterfragen. Dafür bedarf es Kenntnisse und Anwendungskompetenzen hinsichtlich der gängigen Methoden, denn neben dem wissenschaftlichen Schreiben und Präsentieren werden manche molekularbiologischen Methoden und bioinformatische Standard-Tools in nahezu allen Disziplinen regelmäßig genutzt. Ein Konzept zum Erwerb von Kompetenzen zum wissenschaftlichen Arbeiten in der Biologie, das gängige Untersuchungsmethoden mit fachspezifischem wissenschaftlichem Schreiben und Präsentieren verknüpft, wird in diesem Beitrag vorgestellt.

---

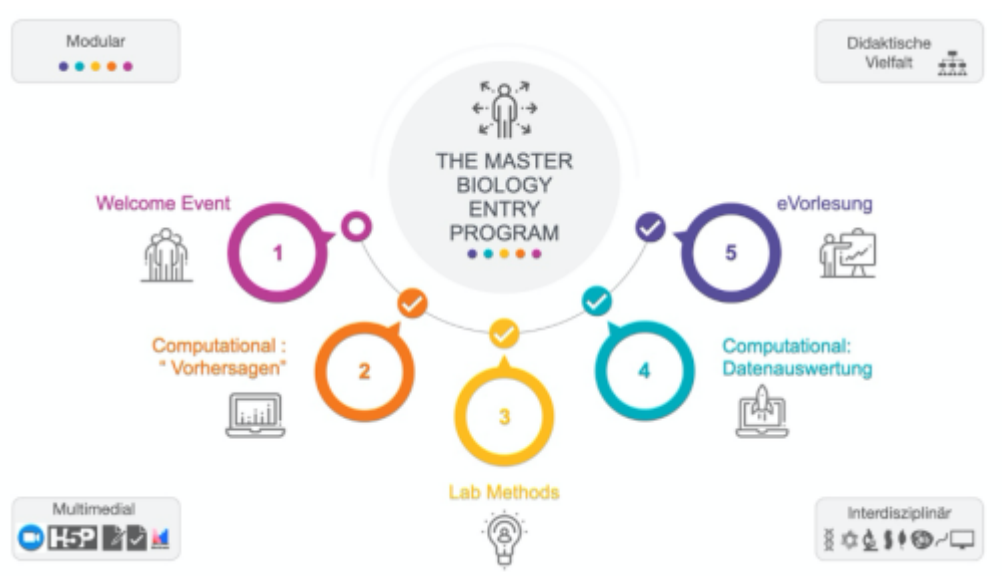
## Beispiel von drei Masterprogrammen

Herausforderungen, die sich für uns als Lehrende in der Biologie stellen, lassen sich gut anhand der drei Masterstudiengänge der Fakultät für Biologie der LMU München aufzeigen. Es starten jedes Jahr ca. 150 internationale Studierende in eines von drei Masterprogrammen, den Master of Human Biology (MHB), den Master of Molecular and Cellular Biology (MCB) und den Master of Plant Science (PLS). Zu Beginn der Programme sind die Studierendengruppen sowohl in Bezug auf ihre praktischen als auch auf ihre theoretischen Kenntnisse sehr heterogen. Dem wollen und müssen wir gerecht werden.

Zudem empfinden viele internationale Studierende ihren Studienstart als große Herausforderung, insbesondere die administrativen und organisatorischen Aufgaben. Mit Hilfe eines Welcome Events wollen wir den Start in den Master gerade auch für diese Studierenden erleichtern, sie mit unserer Fakultät vertraut machen und ein Gruppenbewusstsein unter ihnen

und mit lokalen Studierenden fördern. Zudem lernen die Neuankömmlinge hier auch Studierende höherer Semester kennen und können so von deren Erfahrungen profitieren. Im Anschluss werden die Studierenden in einem insgesamt sieben Wochen dauernden Pflichtmodul durch ein forschungsnahes, medial abwechslungsreiches Programm zum Lernen und Denken motiviert und auf einen theoretisch und praktisch vergleichbaren Wissensstand gebracht.

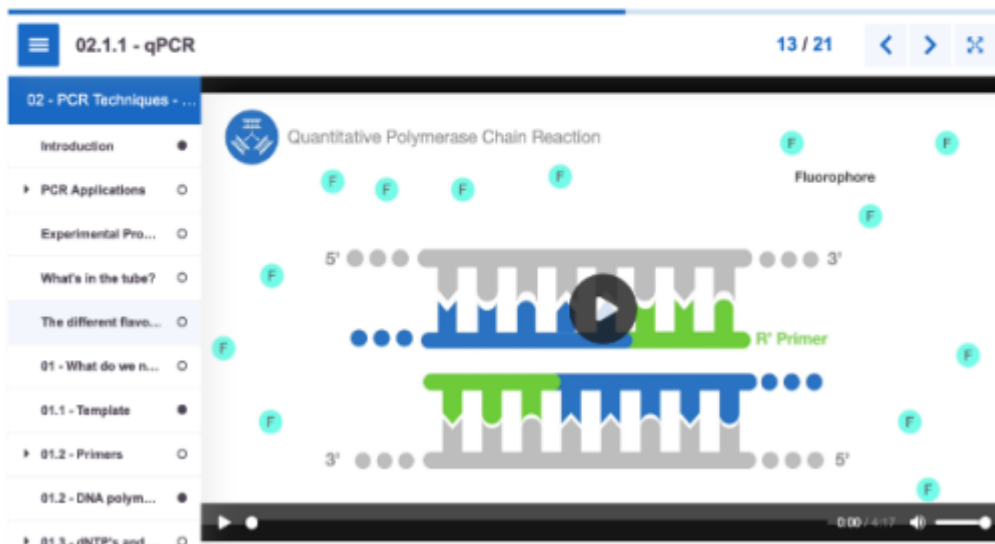
Das Beispiel der drei Masterprogramme wird im Beitrag immer wieder aufgegriffen, um daran die Merkmale, Herausforderungen und Potenziale der fachspezifischen Lehre in der Biologie aufzuzeigen.



**Abbildung 1:** Übersicht über das Masterentryprogramm. Der Welcome Event (1, pink) ist ein freiwilliges Angebot, welches vor allem eine gute soziale Anbindung und Orientierung bietet. Die Einheiten 2-4 sind verpflichtend und entsprechen im Ablauf einer wissenschaftlichen Arbeit, von der Literaturrecherche und der Entwicklung einer biologischen Frage, über *in silico* Klonierung und Vorhersagen zu den eigentlichen Experimenten im Labor, bis hin zur Auswertung der Daten und dem Schreiben eines kurzen wissenschaftlichen Artikels. Das Pflichtmodul wird ferner durch eine eVorlesung und ein live Tutorium begleitet, welche molekularbiologische Methodenkompetenz lehrt und diese auf praktische Beispiele anwendet. Quelle: eigene Darstellung.

## Modulare Gestaltung

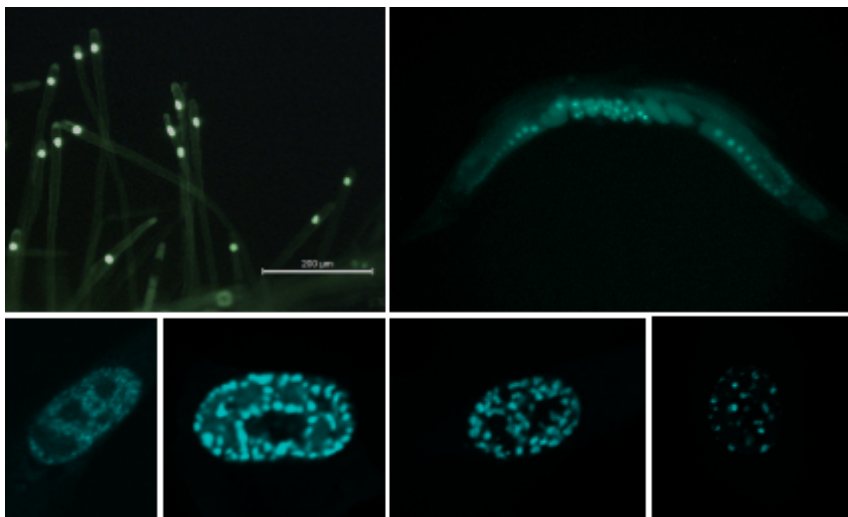
Kennen Sie das auch? Kaum haben Sie ein fertiges Modul gestaltet, ändert sich etwas an den Rahmenbedingungen und Sie müssen Anpassungen vornehmen. Wenn Sie Pech haben, zerschießt es dadurch Ihr ganzes Konzept und Sie müssen von vorne anfangen. Um dieses Szenario zu vermeiden, haben wir das Master-Entry-Programm bewusst modular gestaltet. Es besteht aus insgesamt fünf Modulen und beginnt mit dem Master Welcome Event. Dieser dient allen Mastererstsemester-Studierenden, egal ob Sie bereits an der LMU ihren Bachelor gemacht haben oder ganz neu nach Deutschland gekommen sind, zur Orientierung und dem Kennenlernen und findet bereits in der Woche vor Semesterbeginn mit Unterstützung von Studierenden aus höheren Semestern statt. Die Module zwei, drei und vier bestehen aus den Pflichtkursen „Computational Biology“ (Module 2 und 4) und „Lab Methods“ (Modul 3). Beide Kurse sind inhaltlich und zeitlich eng miteinander verzahnt und entsprechen im Vorgehen einer wissenschaftlichen Arbeit. Das fünfte Modul, die E-Vorlesung „Methods in Molecular Biology“ begleitet, unterstützt und vertieft die Kurse dabei inhaltlich und bereitet zudem auch auf nachfolgende Kurse vor. Um das Transferdenken zu fördern, werden die gelernten theoretischen Inhalte in einem Live-Tutorium auf Beispiele aus der Praxis in Gruppenarbeit übertragen. Die Modularität erlaubt es uns, schnell und unkompliziert Anpassungen vorzunehmen, ohne gleich das Gesamtkurskonzept verändern zu müssen.



*Abbildung 2: H5P Buch: Als interaktives Buch organisierte Video-Vorlesung. Links werden die verschiedenen*

*Kapitel aufgeführt, rechts das Video bzw. Quizfragen dargestellt. Alle H5P Video Vorlesungen stehen auf Moodle zur Verfügung und sind umrahmt von einem Teaser Video, Quizfragen zum Vorwissen, Quizfragen zur Wissensüberprüfung und einer kurzen Videozusammenfassung. Quelle: eigene Darstellung.*

Die Vorlesungen haben wir in kurze Videosequenzen von maximal 5-7 Minuten zerlegt und als H5P Buch zusammengeführt (Abb. 2). Dadurch können einzelne Abschnitte einer Vorlesung relativ einfach und schnell ausgetauscht werden, und wir haben die Möglichkeit geschaffen, an jede Input Einheit ein paar kurze multiple choice-Fragen anzuhängen. So können die Studierenden stets überprüfen, ob sie die bereitgestellte Information verstanden haben. Auch ermöglicht es den Studierenden, einzelne Inhalte wiederholt abzurufen, ohne sich jedes Mal durch die gesamte Vorlesung kämpfen zu müssen. Insgesamt haben wir so also maximale Flexibilität bei Aktualisierungen, eine effiziente Lernmaterialverwaltung und eine verbesserte Zugänglichkeit und Wiederholungsmöglichkeiten für Lehrende und Studierende geschaffen. Die interaktiven Elemente helfen zusätzlich bei einem besseren Verständnis und Transfer der Inhalte und ermöglichen den eigenen Wissenstand zu überprüfen.



**Abbildung 3:** Ein Kern-lokalisiertes GFP-Fusionsprotein wurde in drei verschiedene Modellorganismen transient bzw. stabil eingebracht und exprimiert: in Wurzelhaaren von *Lotus japonicus* (oben links, Dr. Dagmar Hann), in der Keimbahn von *C. elegans* (oben rechts, Dr. Tamara Mikeladze-Dvali) und in C2C12 Myoblast-Zellkultur (Dr. Daniela Meilinger) während unterschiedlicher Stadien der S-Phase (untere Reihe).

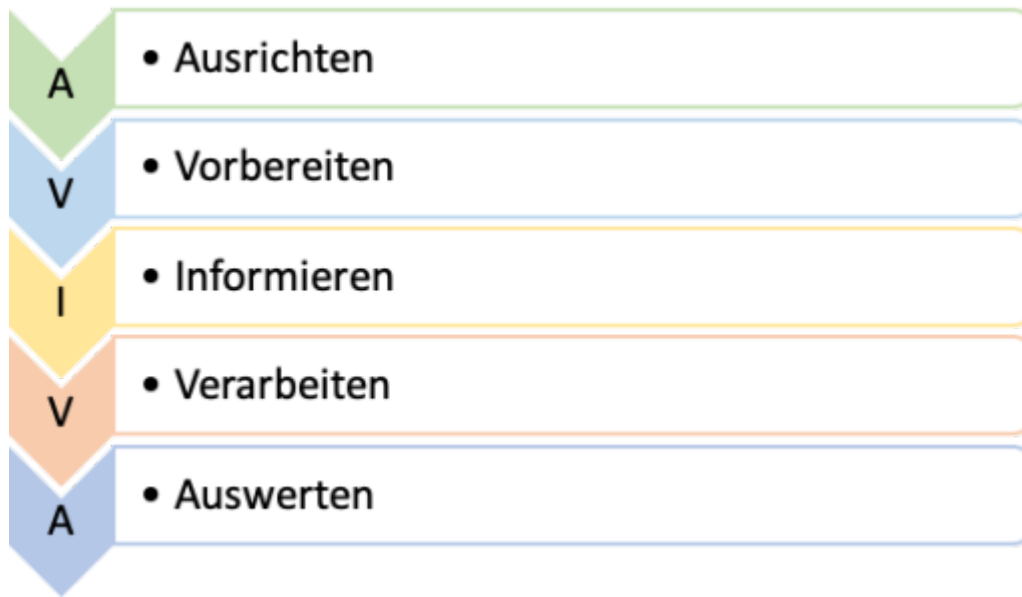
## Interdisziplinäre Zusammenarbeit und Versuche

Neben der allgemeinen wissenschaftlichen Methodik des wissenschaftlichen Schreibens und Präsentierens werden manche molekularbiologische Methoden und bioinformatische Standard-Tools in nahezu allen Disziplinen regelmäßig genutzt. Im Entry-Programm wollen wir den Studierenden daher aufzeigen, dass die Grenzen zwischen verschiedenen Disziplinen der Biologie fließend sind. Mit den beiden Pflichtkursen und der Vorlesung decken wir bewusst einen Großteil der gängigen molekularbiologischen und bioinformatischen Methoden ab, die in fast allen biologischen Fachdisziplinen Anwendung finden. Dabei widmen wir uns im „Lab Methods“-Kurs einer biologischen Fragestellung, welcher wir mit Hilfe von aufeinander aufbauenden Versuchen in drei verschiedenen Modellsystemen und Organismen nachgehen. Kurz und knapp, wir klonieren die Homologe eines protein-kodierenden Gens aus drei verschiedenen Modellorganismen und untersuchen anschließend deren Funktion und subzelluläre Lokalisierung. Durch die Verwendung verschiedener Modellorganismen, darunter Pflanzen, Würmer und humane Zellen (Abbildung 3), bekommen die Studierenden einen Eindruck von unterschiedlichen Forschungsrichtungen an unserer Fakultät. Der Kurs wird in mittlerweile acht Parallelen, unterstützt von Lehrenden aus fünf verschiedenen Fachbereichen, unterrichtet. Die gemeinsame Durchführung und die Expertise der einzelnen Fachbereiche unterstreichen die Interdisziplinarität des Kurses. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass unser Entry-Programm neben labormethodischen und bioinformatischen Kompetenzen auch wissenschaftliche Schreib- und Präsentationskompetenzen adressiert, um die Studierenden auf die verschiedenen Masterstudiengänge vorzubereiten und Heterogenität im Wissens- und Kompetenzbereich auszugleichen. Im Folgenden soll auf das forschungsnahe Arbeiten detaillierter eingegangen werden, da dies den Hauptfokus des Entry-Programms ausmacht.

---

## Didaktik in der Biologie: Lehren und Lernen

Unser erklärtes Ziel ist es, die Studierenden dazu anzuregen, eigenständig Lösungen zu finden und Methoden, Prozesse und biologische Konzepte selbstständig zu hinterfragen. Um dieses Ziel zu erreichen, setzen wir ein breites Repertoire an didaktischen Methoden ein und bauen auf Abwechslung in den Sozialformen. So wird bedarfsgerecht und methodenabhängig zwischen den Sozialformen Plenum, Einzel-, Partner- und Gruppenarbeit gewechselt. Alle Module bestehen sowohl aus asynchronen Lernphasen (Moodle und H5P unterstützt) und synchronen Lernphasen, die in Präsenz oder online stattfinden. Didaktisch orientieren sich alle Programme am AVIVA-Schema (Städeli 2010; Abb. 4).



*Abbildung 4: AVIVA Schema nach Städeli et al., 2010.*

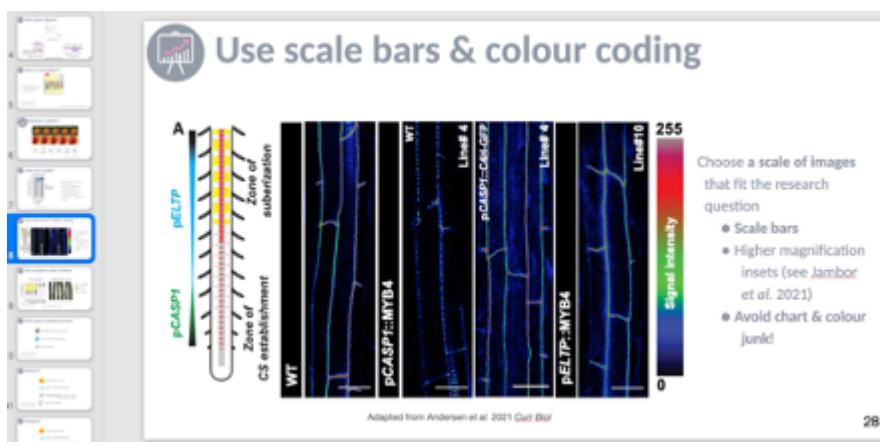
Dabei werden die Studierenden zum Beispiel

- durch kurze Teaser oder Erwartungsabfragen auf das neue Thema ausgerichtet (A)
- durch Moodle oder Mentimeter Quizze Vorwissen (V) abgefragt
- durch interaktive Videos, Whiteboard Einheiten oder bereitgestellte Materialien in kurzen, knappen Einheiten informiert (5 - 20 Minuten, I)
- durch Quiz-Fragen, Übungsaufgaben und Gruppenarbeiten das Gelernte verarbeitet (V)
- sowie das Erlernte durch Lernzielkontrollen und ausführliches Feedback ausgewertet (A)

Ziel ist, dass wir den Studierenden über die reine Wissensvermittlung hinaus beibringen, wie sie sich eigenständig und im Team die notwendigen Informationen beschaffen, die Qualität dieser Informationen bewerten und diese auf die jeweilige gestellte Aufgabe anwenden können. Zusätzlich wird durch regelmäßiges Zwischenfeedback sichergestellt, dass die angebotenen didaktischen Methoden und Medien reibungslos funktionieren und die Studierenden mit Motivation dabei sind.

Im Lab Methods Kurs greifen wir zudem auf blended learning (Welsh et al., 2013), eine Mischung

aus digitalen und analogen Formaten, zurück. Um Studierenden mit geringeren Vorkenntnissen unter die Arme zu greifen, wurden alle Versuche und Methoden in Form von Erklär- und Demonstrations-Videos aufgenommen, und den Studierenden per Moodle bereitgestellt. Die eigentliche Versuchsdurchführung findet dann für alle Studierenden verpflichtend im Labor statt. Im Computational Kurs hingegen verwenden wir das Flipped Classroom Prinzip (Bergmann and Sams 2012), bei dem die Studierenden sich die theoretischen Hintergründe mittels auf Moodle bereitgestellter Informationen selbst erarbeiten müssen. Im Anschluss wenden sie das frisch erworbene Wissen auf Praxisbeispiele an (synchrone Phase). Lernziele, Zeitpläne und Erwartungen an die Studierenden werden dabei von Anfang an klar kommuniziert, um den Studierenden maximale Orientierung zu geben.



**Abbildung 5:** Einführung in Techniken und Leitlinien für wissenschaftliche Präsentationen im Rahmen des Master-Entry Programms. Quelle: eigene Darstellung.

Auch fächerübergreifende Kompetenzen wie wissenschaftliches Schreiben und Vortragen sind uns wichtig. Vielleicht geht es Ihnen wie mir und Sie haben sich irgendwann im Laufe Ihrer Karriere gefragt, woher Sie eigentlich Schreiben und wissenschaftlich präsentieren können sollen? Wurde es Ihnen im Studium explizit beigebracht, oder haben Sie es auch peu á peu durch “learning by doing” gelernt? Ich weiß noch sehr gut, wie ich mir dachte, ich könne wohl einfach nicht schreiben, als mir die Korrektur meiner Diplomarbeit vorlag. Dabei haben wissenschaftliches Schreiben oder ein guter Vortrag in meinen Augen nur wenig mit natürlicher Begabung zu tun. Es sind Fähigkeiten, die wir lernen können, denen klare Regeln und wissenschaftliche Erkenntnisse zu Grunde liegen. Genau das wollen wir den Studierenden vermitteln: dass es Skills sind, die jede\*r lernen kann, und dass es Methoden und Strukturen gibt, auf denen ein gutes Paper oder ein wissenschaftlicher Vortrag aufbauen (Matthews and Matthews 2014, Singh and Mayer 2014, Turbek, Chock et al. 2016, Easy 2018). Neben der rein



fachdidaktischen Wissensvermittlung ist es für Sie als Lehrperson daher wichtig, den Studierenden übertragbare Fähigkeiten beizubringen. So beschäftigen wir uns während der Kurse intensiv mit verschiedenen Feedbackformen, wie Feedback-Regeln, Peer-Feedback und Feedback durch Lehrende, lehren Präsentationstechniken (Abbildung 5) und Fertigkeiten und vermitteln Kompetenzen des wissenschaftlichen Schreibens. Hier legen wir insbesondere Wert auf eine stimmige und akkurate Darstellung von Experimenten und Ergebnissen und gehen auch auf darstellerische Aspekte ein, wie zum Beispiel die Verwendung Dyschromasie-freundlichen Farbkombinationen (Abbildung 5) ein. Diese Fähigkeiten werden schließlich im Lab Methods Kurs abgefragt und benotet. So müssen alle Studierenden während des Kurses einen wissenschaftlichen Kurzvortrag halten und ein Paper über ihre Laborarbeit schreiben. Um einen möglichst großen Lernerfolg zu haben, geben sich die Studierenden zum Vortrag gegenseitig strukturiertes Feedback, welches durch die jeweilige Lehrperson angeleitet und begleitet wird.

Zuletzt noch ein Wort zum Master Welcome Event. Hier bauen wir sehr stark auf peer teaching und den Wissenstransfer von Studierenden höherer Semester, die als Tutor\*innen fungieren, auf die Neuankömmlinge. Die Tutor\*innen haben ähnliche Erfahrungen gemacht wie die Erstsemester-Studierenden und kennen die Fragen, Sorgen und Nöte dieser besser als die Lehrenden. Strukturierte Evaluationen des Welcome Events und Befragungen der Lehrenden und Studiengangskoordinator\*innen ergeben, dass durch das Welcome Event die Verunsicherung der Studierenden bei Studienbeginn deutlich geringer ist und Koordinator\*innen und Dozierende mit weniger Fragen konfrontiert werden.

---

## Forschungsnahes Arbeiten

In der Fakultät für Biologie an der LMU München setzen wir gerade in den Master-Programmen ganz auf forschungsnaher Lehre. Was heißt das und wie geht das? Die Lehrveranstaltungen sollten einen konkreten Forschungsbezug haben, und Studierende anhand von aktuellen Forschungsfragen und Erkenntnissen lernen, wie in ihrem Fach wissenschaftlich gearbeitet wird. Dabei lernen sie theoretisch dazu, und erkennen, welche Bedeutung dieses Wissen für die Praxis hat und wie sie eigene Erkenntnisse ableiten können. Sie lernen also, wie der Erkenntnisprozess in der Wissenschaft abläuft (Glass 2014).

In Forschungspraktika, welche in den einzelnen Arbeitsgruppen über einen Zeitraum von zehn Wochen abgehalten werden, wird besonders forschungsnah gelehrt. Aber vielleicht haben auch Sie schon die Erfahrung gemacht, dass die Studierenden schlecht vorbereitet in das

Forschungspraktikum starten und sich dieses, kaum dass Sie sie eingearbeitet haben, bereits dem Ende neigt. Meine Kollegin Prof. Dr. Macarena Marín und ich wollten das ändern und haben daher ein neues Kurskonzept entwickelt, welches wir "How to design experiments and write a project proposal" genannt haben". In diesem dreiwöchigen Kurs werden die Studierenden mit einer Forschungsfrage aus unserem Labor konfrontiert. Sie recherchieren den theoretischen Hintergrund zu dieser Frage und stellen geeignete Hypothesen auf, um der Frage nachzugehen. Um die Hypothesen im Labor testen zu können, designen sie geeignete Experimente und überlegen sich den Zeit- und Kostenaufwand, den es braucht, um diese durchführen zu können. Außerdem stellen die Teilnehmenden Rückfallpläne auf, falls sie sich in eine Sackgasse verirren. Auf Basis dieser Arbeit schreiben die Studierenden einen kurzen Forschungsantrag im Format eines DFG-Einzelantrags, einschließlich Zeitplan und Kostenaufstellung. Die besten studentischen Forschungsanträge belohnen wir mit einem Forschungspraktikum, bei dem die Studierenden tatsächlich ihren eigenen Plan in unserem Labor verfolgen können.

## Welche Lernziele verfolgen wir dabei?

Unsere Lernziele haben wir nach fachlich-theoretischen, fachlich-praktischen und überfachlichen Zielen sortiert.

### (1) Fachlich-theoretische Lernziele

In unserem Labor beschäftigen wir uns mit der Genetik, Molekularbiologie und Biochemie von Pflanzen-Mikroben-Interaktionen. Dabei versuchen wir, genetische Diversität zu nutzen, um Pflanzen-Mikroben besser zu verstehen. Ein Fokus liegt auf der Interaktion zwischen Rhizobien und Hülsenfrüchten und der Entstehung von Wurzelknöllchensymbiosen. Im Kurs sollen sich die Studierenden die grundlegenden biologischen Konzepte, welche für eine erfolgreiche Symbiose notwendig sind, erarbeiten und aneignen. Außerdem gehen Sie einem spezifischen Forschungsthema auf den Grund und machen sich mit der neuesten Literatur vertraut.

### (2) Fachlich-praktische Lernziele

Die Studierenden sollen lernen, welche Methoden im Fachgebiet etabliert und in einem vernünftigen Zeit- und Kostenrahmen durchführbar sind. Sie lernen, welche Kontrollen, Bedingungen und Probengrößen sie benötigen, um ein aussagekräftiges Experiment durchführen zu können. Die Planung der Experimente wird mit Methoden der Bioinformatik unterstützt und ergänzt. So werden zum Beispiel geplante Klonierungen bereits *in silico* durchgeführt, Primer designed und phylogenetische Analysen durchgeführt. Die dadurch

erworbenen Erkenntnisse fließen als Vorarbeiten in den Forschungsantrag mit ein und wirken sich günstig auf deren Bewertung aus.

### **(3) Fachübergreifende Lernziele**

Unterstützt durch regelmäßige Feedbackrunden (angeleitet durch Peers, Tutor\*innen und Dozierende) lernen die Studierenden, wie wissenschaftliches Arbeiten funktioniert und angewendet wird. In einem kollaborativen Ansatz lernen sie, Literatur effektiv zu recherchieren und zu evaluieren, Experimente stimmig zu planen und kohärent wissenschaftlich zu schreiben.

## **Wie werden diese Lernziele im Kurs adressiert?**

### **(1) Fachlich-theoretische Lernziele**

Für die Vermittlung fachlich-theoretischer Lernziele verwenden wir ein breites Repertoire an Lehrmethoden. So beginnen wir unseren Kurs bereits einige Wochen vorher mit einer Einführungsvorlesung zum Thema Pflanzen-Mikroben-Interaktionen. Dem folgt eine asynchrone Lernphase, in der die Studierenden in Eigenarbeit die Gelegenheit haben, sich auf den Kurs vorzubereiten. Dazu bekommen die Studierenden Zugang zu einer Reihe von Reviews, einer Videovorlesung und den von uns gestellten Forschungsfragen. Bis zum Kurs sollen sie sich soweit mit dem Thema befassen haben, dass sie eine Idee haben, für welche der Forschungsfragen sie sich begeistern.

Außerdem verteilen wir Seminarthemen (Journal Club), welche ebenfalls der Verfestigung des thematischen Hintergrundes dienen. Während der ersten zwei Wochen des Kurses tragen jeden Vormittag Studierende zwei Themen vorgetragen und diskutieren sie mit den übrigen Teilnehmenden. So können die Lernenden das theoretische Fachwissen in den ersten beiden Wochen verfestigen. Abhängig von der gewählten Forschungsfrage bilden wir Kleingruppen aus maximal vier Studierenden, die gemeinsam ihr gewähltes Forschungsthema diskutieren und für die "State of the Art"-Sektion des Forschungsantrags aufbereiten. Dabei bieten Dozierende Konsultationen an, in denen sie offene Fragen klären und Feedback zu den einzelnen Abschnitten geben.

### **(2) Fachlich-praktische Lernziele**

Für die Vermittlung fachlich-praktischer Lernziele ist die Kombination aus dem Kurs „How to

design experiments and write a project proposal“ und dem Forschungspraktikum von entscheidender Bedeutung. Zum einen lernen die Studierenden im Kurs, wie sie Experimente sorgfältig planen, zum anderen wenden sie direkt Methoden der Bioinformatik an, um diese in silico vorzubereiten. Dazu stellen wir Publikationen und Protokolle für etablierte Methoden bereit und besprechen diese in Kleingruppen, wobei wir den Studierenden durch gezielte Fragen Impulse geben wollen, die Lösung selbst herauszufinden. Dabei legen wir insbesondere Wert darauf, dass sich die Studierenden Gedanken zu geeigneten Kontrollen, Art und Anzahl von Replikaten und alternativen Experimenten machen, mit denen die gleiche Hypothese gestützt werden kann. Wir leiten die Studierenden an, sich Gedanken über die Kosten (sind ein Kit oder teure Enzyme notwendig) und den zeitlichen Aufwand zu machen und beides auch in ihrem Antrag festzuhalten. Erste Probeauszüge der geplanten Experimente werden dann zuerst den anderen Gruppen des Kurses präsentiert und verteidigt, bevor sich die Kleingruppen einem Peer Review-Prozess (die Studierenden evaluieren gegenseitig, wie plausibel und verständlich die Experimente geplant und formuliert sind) stellen. Bis zur Abgabe des Antrags haben die Studierenden Zeit die Verbesserungsvorschläge einzuarbeiten.

Im Forschungspraktikum können die Studierenden die geplanten Experimente in die Tat umsetzen. Dabei werden sie von erfahrenen Doktorand\*innen betreut und unterstützt. Hier bekommen sie Gelegenheit zu überprüfen, ob ihr Zeitplan stimmig war, sich die Planung als gut durchführbar erweist und sich so die Hypothese eindeutig beantworten lässt. Jeder Versuch wird dabei sorgfältig protokolliert und dokumentiert. In wöchentlichen Mini-Meetings besprechen die Kleingruppen und ihre Betreuer\*innen die Ergebnisse und Herausforderung und diskutieren mögliche Planänderungen.

Dadurch, dass die Studierenden die Experimente selbst geplant haben und sich zuvor intensiv mit dem Thema, der Fragestellung, den Hypothesen und Experimenten auseinandergesetzt haben, identifizieren sie sich stark mit ihrem Projekt, übernehmen Verantwortung und hängen mit Herzblut und Leidenschaft daran. Mit anderen Worten, sie haben ihr Projekt lieben gelernt, lern(t)en das notwendige Fachwissen und leben das Projekt während ihres Forschungspraktikums. Für uns Lehrende lohnt sich dadurch die zeitliche Investition des Kurses, da wir von besseren Ergebnissen und Abschlussarbeiten profitieren und Studierenden, die tatsächlich für das Thema brennen und uns oft auch noch Jahre später erhalten bleiben, Laborplätze anbieten können. So sind zum Beispiel derzeit 3/6 Doktorand\*innen in unserem Labor ehemalige Teilnehmende des Proposal Writing Kurses.

### **(3) Fachübergreifende Lernziele**

Wie bereits beschrieben, kann jede\*r gute wissenschaftliches Schreiben lernen. Zu diesem Zweck haben wir einen aufwendigen interaktiven Moodle-Kurs entwickelt, um die Studierenden mit der Struktur und den Methoden wissenschaftlichen Schreibens vertraut zu machen.

Dabei erarbeiten wir Aspekte des Schreibens in einem moderierten Workshop, der nach dem flipped classroom-Prinzip stattfindet. Das bedeutet, dass sich die Studierenden online und asynchron mit den verschiedenen Methoden und Strukturen eines Forschungsantrags auseinandersetzen, die wir in Form von Videotutorials und Quizfragen aufbereitet haben. Im Workshop selbst erproben wir das Gelernte mit kleinen Übungen und dem eigenen Antrag unter der Moderation und Anleitung erfahrener Dozierender. Nach kleineren Schreibübungen arbeiten die Lernenden intensiv am eigenen Antrag. Der persönliche Fortschritt wird wechselseitig durch Peer Review, Feedback Sessions oder schriftliches Feedback seitens der Dozierenden vorangetrieben. Um die Qualität der Peer Reviews sicherzustellen, erklären wir am Whiteboard zuvor den Peer Review-Prozess und üben dieses anhand der peer review guidelines eines renommierten Journals ein. Auch hier geben wir den Studierenden Feedback und regen Verbesserungen an.

Über das Journal Club Seminar vermitteln wir Kompetenzen in Sachen wissenschaftlicher Präsentation. In einem ersten Schritt erarbeiten sich die Studierenden hierfür in einem interaktiven Workshop-Format, was einen guten Vortrag ausmacht. Dazu werden die Studierenden in Gruppen eingeteilt und durchlaufen nacheinander drei verschiedene Stationen. Die erste Station widmet sich dem Slide Design, die zweite Station Sprache und Ausdruck und die dritte Station der Struktur, Vorbereitung des Inhalts und potenzieller Fragen. Diese Stationen werden in einer Art Parcours durchlaufen und die gesammelten Punkte im Anschluss am Whiteboard zusammengetragen, strukturiert und diskutiert. In einem zweiten Schritt diskutieren und etablieren wir Regeln für strukturiertes Feedback. So stellen wir sicher, dass jede\*r nach dem Vortrag im Journal Club hilfreiches Feedback erhält und fördern nebenbei eine aktive und konzentrierte Teilnahme am Seminar.

---

## Prüfen & Bewerten

Die erworbenen Fähigkeiten werden in verschiedenen Formaten geprüft. So wird das Erlernete im Computational Biology Kurs über eine Online-Klausur und sogenannte Assignments abgefragt. Bei den Assignments handelt es sich um regelmäßige Hausaufgaben, bei denen das Erlernete auf Fallbeispiele angewendet werden muss. Die Online-Klausur besteht aus Transfer- und Wissensfragen. Im Lab Methods Kurs werden neben Fachwissen auch fächerübergreifende Fähigkeiten geprüft. So müssen alle Studierenden während des Kurses einen wissenschaftlichen Kurzvortrag halten und ein Paper über ihre Laborarbeit schreiben. Die Vorlesung ‚Methods in Molecular Biology‘ schließt mit einem Open Book Examen, bei dem die Studierenden mit einer

komplexen biologischen Frage konfrontiert werden und die richtigen Methoden und Kontrollen finden müssen, um diese zu adressieren.

---

## Empfehlungen bzgl. Präsenz und online

Nach der Corona-Pandemie stehen wir vor der Herausforderung, das Beste aus den Welten „Präsenz“ und „online“ zu vereinen. Das ist für uns Lehrende keine leichte Aufgabe, da wir die Studierenden nicht mit einer Flut an Informationen und Möglichkeiten überfordern und den Arbeitsaufwand für uns Dozierende in einem verträglichen Rahmen halten wollen.

Ich empfehle Ihnen, Modul(bestandteil)e, bei denen es um soziale Interaktionen geht, in Präsenz durchzuführen, ebenso natürlich alle praktischen Arbeiten im Labor. Während der Präsenzeinheiten können Sie einen Mix aus offline- und online-Tools nutzen.

Für Vorlesungen zur Bioinformatik oder mit sehr hohen Studierendenzahlen empfehle ich die Online-Durchführung, da Sie so leichter skalieren und hohen Studierendenzahlen ohne nennenswerte Einschränkungen gerecht werden können. In unserem Kurs wechseln wir zwischen asynchronen und synchronen Lernphasen ab und überprüfen den Wissenserwerb durch regelmäßige Quizze und Aufgaben. Auch das Flipped (bzw. Inverted) Classroom-Modell bietet sich an für Vorlesungen. Ergänzen können Sie dies um interaktive Elemente in Moodle und Quiztools mit automatisiertem Feedback und Bewertung.

Ich empfehle Ihnen sehr, zur Orientierung eine Lernzielübersicht sowie Foren zum Austausch mit den Studierenden und der Studierenden untereinander anzulegen. Bieten Sie den Studierenden ein medial abwechslungsreiches, gut strukturiertes Programm.

---

## Literatur

Bergmann, J. and A. Sams (2012). Flip your classroom: Reach every student in every class every day. International society for technology in education.

Easy, S. W. M. (2018). "A Guide to Scientific Writing." COMMUNICATIONS.

Matthews, J. R. and R. W. Matthews (2014). Successful scientific writing: a step-by-step guide for the biological and medical sciences. Cambridge University Press.

Singh, V. and P. Mayer (2014). "Scientific writing: strategies and tools for students and advisors." Biochemistry and molecular biology education 42(5): 405-413.

Städeli, C. (2010). "Die fünf Säulen der guten Unterrichtsvorbereitung: das AVIVA-Modell für den kompetenzorientierten Unterricht: Christoph Städeli." Folio: die Zeitschrift des BCH| FPS für Lehrkräfte in der Berufsbildung (6): S. 20-23.

Turbek, S. P., et al. (2016). "Scientific writing made easy: A step-by-step guide to undergraduate writing in the biological sciences." The Bulletin of the Ecological Society of America 97(4): 417-426.

Welsh ET, Wanberg CR, Brown KG, Simmering MJ (2003). E-learning: emerging uses, empirical results and future directions. International Journal of Training and Development. 7(4):245-58.

## Danksagung

Das Gesamtkurskonzept ist eine Gemeinschaftsarbeit von Dr. Dagmar Hann und Dr. Daniela Meilinger. Die Ausgestaltung des Konzepts und die Abbildungen wurden gemeinsam mit Dr. Daniela Meilinger (Gesamtkonzept und Säuger Zellkultur), Dr. Tamara Mikeladze-Dvali (*C. elegans*), Dr. Philomena Bodensteiner und Dr. Michael Bögle (Studiengangskoordination) erarbeitet. Das Projekt wurde ferner unterstützt durch Prof. Dr. Heinrich Jung, Prof. Dr. Martin Parniske, Prof. Dr. Heinrich Leonhardt und den Assistent\*innen, die bei der Umsetzung der Kurse helfen. Des Weiteren danken wir allen Tutor\*innen die bei der Gestaltung der E-Vorlesung und der Demonstrationsvideos sowie der Planung und Durchführung des Master Welcome Events über die letzten Jahre unschätzbare Unterstützung geleistet haben und auf Grund ihrer Zahl hier leider nicht namentlich genannt werden können.

---

## Autor\*in

**Dr. Dagmar Hann**, Dozentin an der biologischen Fakultät der LMU München im Fachbereich Genetik, zuvor u.a. in der Schweiz und UK tätig. Zusammen mit Dr. Daniela Meilinger 2023 Gewinnerin des Ars legendi Fakultätenpreises für gute Lehre. Tätig als E-Learning- und Moodle-Beraterin sowie Tutorentainerin.