

## **Multidimensionales Lernen fördert Motivation und Tiefenlernen**

### **Eine Kombination verschiedener Veranstaltungsformate als Lehrexperiment in der Bioinformatik**

#### ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Untersuchung in Form einer didaktischen Reflexion betrachtet eine durchgeführte Neukonzipierung eines Literaturseminars zu „Spatial omics techniques“ gepaart mit praktischen Anwendungen als Lehrveranstaltung im Bereich Bioinformatik für Studierende der Molekularen Biotechnologie und Biowissenschaften der Universität Heidelberg. Durch gezielte Zusammenstellung von Literatur und entsprechende Anwendungsbeispiele konnte ein direkter Transfer der erarbeiteten Thematik in die eigene Anwendung überführt werden, was zu verstärkter Motivation und Aktivierung der Studierenden sowie Verknüpfung des Erlernten führt.

Schlagworte: Mehrdimensionales Lernen – Constructive Alignment – Aktivierung – Motivation – Kombinierte Veranstaltungen

#### ABSTRACT

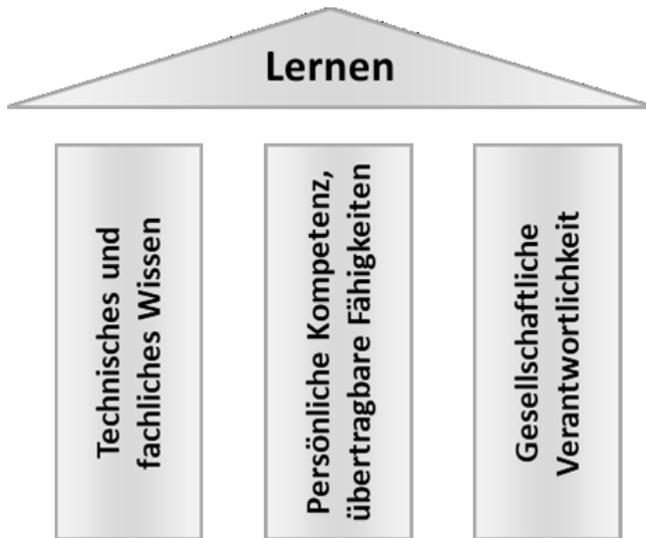
In this work, the newly structured course for students in “Molecular Biotechnology” and “Life Sciences” at the University of Heidelberg is analyzed regarding its concepts and outcomes. The course “Spatial omics techniques” combines a literature seminar with practical analysis aspects in the area of bioinformatics. The combination allowed the students to transfer the knowledge directly from the most recent publications into application in the form of bioinformatics exercises. This leads to increased motivation and activation as well as connection of the learned material.

Keywords: Multi-dimensional learning – Constructive alignment – Activation – Motivation – Combination of course formats

## **Einleitung**

Neues zu lernen ist eine lebenslange Aufgabe, welche Inspirations- und Motivationsgeber sein kann, und zugleich selbst intrinsisch oder extrinsisch motiviert sein kann. Ein übergeordnetes Ziel der Lehre ist es, Studierende auf kontinuierliche Weiterentwicklung vorzubereiten, in der sie an Bekanntes anknüpfen können. Frei nach dem berühmten französischen Schriftsteller, Arzt und Humanisten der Renaissance, François Rabelais (~1492–1553), lässt

sich formulieren: „Lehren heißt nicht ein Fass zu füllen, sondern eine Flamme zu entzünden“. Übertragen auf motivationsbasierte Hochschullehre im 21. Jahrhundert ist es das Ziel, Lehren so zu verstehen, dass hier eine Lernumgebung geschaffen wird, in der folgende drei Säulen gefördert werden: (a) Vermittlung technischen Wissens, (b) Erwerb persönlicher und fachlicher Kompetenz sowie übertragbarer Fähigkeiten und (c) Entwicklung eines Bewusstseins für eine Verantwortlichkeit in und für die Gesellschaft (Abbildung 1). Im Sinne Rabalais, stellen diese Säulen sozusagen den motivierenden Brennstoff für das Feuer des Lernens dar.



**Abbildung 1**

Graphische Darstellung der drei Säulen hochschuldidaktischer Lehre, (a) technisches Wissen und Wissen innerhalb des Fachgebietes (links), (b) persönliche Kompetenz und übertragbare Fähigkeiten (mittig) und (c) das Bewusstsein für eine Verantwortlichkeit in und für die Gesellschaft (rechts).

Vor allem in Studiengängen, in deren Anschluss Studierende ein breites Spektrum an Berufen abdecken, ist eine solche gekoppelte fachliche und persönliche Weiterentwicklung für die Findung und Verfestigung von Berufsvorstellungen und deren erfolgreiche Umsetzung essenziell. Dazu bieten sich kombinierte Unterrichtsformate an, in welchen mehrdimensionales Lernen (WARWITZ & RUDOLF 1977) stattfindet.

Primäres Ziel der Veranstaltung „Spatial Omics Techniques“ war es Kenntnisse und Können in den Bereichen (a) und (b) erlernbar zu machen. In diesem Falle wurde die Neukonzipierung der Veranstaltung genutzt, um anstelle eines klassischen Literaturseminars eine Kombination eines solchen Seminars mit praktischer Anwendung umzusetzen, was es

erlaubt, vermehrt Fähigkeiten aus Säule (b) zu fördern. Im Vergleich zur klassischen Seminarstruktur soll es dieses Veranstaltungsformat den Studierenden erleichtern, Anknüpfungspunkte für das Einsortieren des Erlernten und für die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Konzepten zu finden. Daher wurde besonderer Wert auf multidimensionale Vermittlung des Wissens und die Aktivierung von Tiefenlernen u.a. durch Emotionen gelegt, um das Wissen nachhaltig im Gehirn zu verankern (MARTON & SÄLJÖ 1976).

Dieser Artikel beschäftigt sich zunächst mit den grundlegenden Theorien, die den Hypothesen des Veranstaltungskonzeptes zugrunde liegen. Im Anschluss wird die Planung und Durchführung des Lehrexperiments basierend auf multidimensionalem Lernen dargestellt, bevor eine Auswertung und Diskussion der Ergebnisse und eine zusammenfassende Analyse erfolgt.

## Theorien und Methoden

Die intrinsische Motivation der Studierenden kann über a) Autonomie, b) Kompetenzerleben und c) soziale Eingebundenheit angeregt werden (Abbildung 2) (DECI & RYAN 2017; PRENZEL 2017; KRAPP 1992). Innerhalb verschiedener Lehrveranstaltungen und -formate kann das Autonomieerleben der Studierenden auf unterschiedliche Weise gefördert werden. Beispielsweise kann Studierenden eine Wahl von Themengebieten ermöglicht werden, welche durch eine gemischte Bereitstellung von Materialien und Möglichkeiten zur Wissensaneignung (Autonomie) in Eigenverantwortung (Texte, Folien, bereitgestellte Videos des Inverted-Classroom-Ansatzes) (Kompetenzerleben) oder in Zusammenarbeit im Plenum oder kleineren Gruppen (Soziale Eingebundenheit) ausgearbeitet werden können.

Als zentrales Element der Neukonzipierung der Lehrveranstaltung steht das mehrdimensionale Lernen (WARWITZ & RUDOLF 1977). Dieses ist aufgebaut auf der Bloomschen Lernziel-Taxonomie (ANDERSON & KRATHWOHL 2001), um a) Wissen zu vermitteln und Verständnis zu generieren, idealerweise in Zusammenhang mit schon Bekanntem, b) Übungen und Aufgaben für die Anwendung der erlernten Fähigkeiten durchzuführen und c) Möglichkeiten für die Studierenden zu eröffnen, um Wissen und Fähigkeiten vergleichend zu evaluieren. Kompetenzerleben entsteht durch eigenständige Auswahl und Erarbeitung je eines Themengebietes. Das Teilen des Wissens durch Vorträge und entsprechenden Austausch fördert die soziale Eingebundenheit ebenso wie die Zusammenarbeit in kleineren Gruppen und gegenseitige konstruktive Rückmeldungen.

Ein handlungsleitendes Konzept über alle Lehrformate hinweg stellt das „Constructive Alignment“ (BIGGS 2003; BIGGS & TANG 2011) und die damit zusammenhängenden Lernziele und Evaluationskriterien dar. Eine klare Formulierung der Lernziele zu Beginn der Veranstaltung schafft Transparenz über die Erwartungen und erlaubt es den Studierenden zu wissen, worauf die Veranstaltung abzielt, eine eigene Motivation für das Thema zu entwickeln und den Stoff strukturiert in bereits Gelerntes und Bekanntes einzuordnen. Dadurch

wird eine Verantwortungsübernahme der Studierenden für den eigenen Lernprozess gefördert. Zuletzt erlauben klar festgelegte Evaluationskriterien und deren transparente Darlegung eine direkte Abfrage der tatsächlichen Lernziele auf verschiedenen Stufen, sowie eine kontrolliert subjektive Bewertung, welche durch Vergleichbarkeit die soziale Eingebundenheit verstärkt (GRUNDER & BOHL 2001).

Um eine direkte Anwendung der erlernten theoretischen Konzepte zu ermöglichen, bietet sich daher eine Kombination verschiedener Veranstaltungsformate, in diesem Falle eines Literaturseminars mit praktischen bioinformatischen Übungen, an. Dieses erlaubt zudem eine vielfältige Nutzung von didaktischen Ansätzen und Materialien, beispielsweise zur eigenständigen Erarbeitung von Themengebieten, Vorbereitung der bioinformatischen Analysen oder Impulsvorträgen gepaart mit der Arbeit in kleineren Gruppen, vor und während des Kurses. Eine solche vielfältige Nutzung von Formaten in Kombination mit unterschiedlichen didaktischen Ansätzen erlaubt ein Lernen in mehreren Dimensionen und das Vermitteln von Wissen auf unterschiedlichen Ebenen.



### Abbildung 2

Schematische Darstellung der drei Faktoren Autonomie, Kompetenzerleben und soziale Eingebundenheit, um die intrinsische Motivation anzusprechen. Inspiriert durch Deci und Ryan 2017.

Eine erste Hypothese des Lehrveranstaltungskonzeptes ist es, dass eine Kombination aus Übersichtsvorträgen, selbst erarbeiteten tiefergehenden Themen und praktische Anwendung das Tiefenlernen (MARTON & SÄLJÖ 1997) fördert und im Vergleich zum klassischen Literaturseminar den langfristigen Wissenserhalt verstärkt. Daher wird das Veranstaltungskonzept so ausgelegt, dass die vier Aspekte effektiver Lehre durch den Kurs angesprochen werden. Diese werden von Berendt folgendermaßen beschrieben: a) Anknüpfung an vorhandenes Wissen, b) Überprüfen des Wissens auf Anwendbarkeit, c) unterstützendes Erlernen von Konzepten und d) aktives Einbeziehen der Studierenden (BERENDT 2006, siehe auch DIEDERICH & MESTER 2018).

Ein Aufrechterhalten der Motivation über die Lehrveranstaltung hinweg kann durch verschiedene aktivierende Elemente bewirkt werden. Hierbei kommen im Zuge der beschriebenen Veranstaltung vor allem Impulsvorträge, One-Minute-Paper, Think-Pair-Share und die Nutzung von Schlagwörtern zum Einsatz (UNIVERSITÄT HEIDELBERG a; c; d). Zudem fördert der gezielte Einsatz von Pausen und Wechsel zwischen Impulsvorträgen, Vorträgen der Studierenden und praktischer Umsetzung die Konzentration der Zuhörenden.

Eine zweite Hypothese des Veranstaltungskonzeptes liegt darin, dass Emotionen das Tiefenlernen verstärken und daher mehrdimensionales Lernen dem langfristigen Wissenserwerb dient. Diese Hypothese wird durch verschiedene Arbeiten unterstützt, welche eine verbesserte Erinnerungsleistung, Kreativität und Problemlösungsfähigkeit im Zusammenhang mit positiv aktivierenden Emotionen feststellten (EFKLIDES ET AL. 2006; FREDRICKSON 2001; PEKRUN ET AL. 2002; LI, GOW, & ZHOU 2020). Emotionen haben einen Einfluss auf eine Reihe kognitiver Prozesse, besonders stark jedoch auf die Aufmerksamkeit, welche direkt mit Lernprozessen in Verbindung steht (TYNG ET AL. 2017). Sie können Lernen und die Aufnahme ins Langzeitgedächtnis positiv und negativ beeinflussen. Es ist daher von Bedeutung, emotionale Einflüsse in der Lehre zu berücksichtigen. Zudem können motivierende emotionale Komponenten genutzt werden, Aufmerksamkeit zu erzeugen und somit das Tiefenlernen anzuregen (TYNG ET AL. 2017). Mehrdimensionales Lernen zielt dabei darauf ab, dass verschiedene Personen auf unterschiedliche Weise positiv zur Wissensaufnahme angeregt werden können. Es führt dazu, dass eine Aktivierung über unterschiedliche Ebenen, über auditive und visuelle Kanäle sowie kommunikativ und durch eigenes Ausprobieren („motorisch“), erreicht werden kann. Zusätzlich werden zu Beginn der Unterrichtseinheiten jeweils einfache aktivierende Elemente zur Abfrage der Motivation und Stimmungslage sowie Vorstellungen zum Kurstag genutzt (Emotionsinduktion (STEMMLER 2008)). Zusammenfassend wurde bei der Neukonzipierung der Lehrveranstaltung darauf geachtet die Motivation der Studierenden durch multidimensionale Ansätze und aktivierende Elemente, u.a. das Ansprechen von Emotionen, und somit das Tiefenlernen anzuregen.

## Planung des Lehrexperiments

Basierend auf den Konzepten des „Constructive Alignments“, der Rolle der Motivation für das Tiefenlernen, und des mehrdimensionalen Lernens wurde die Veranstaltung „Spatial Omics Techniques“ als kombinierte Veranstaltung der Formate Seminar und praktische Übungen konzipiert.

Durch die Neukonzipierung der Veranstaltung sollte für die Studierenden ein Kurs geschaffen werden, welcher sie basierend auf einer aktuellen Forschungsthematik an die neueste Literatur und das Thema heranführt sowie Methoden des Erarbeitens neuer Themenkomplexe und die Präsentation von Analyseergebnissen vermittelt. Zusätzlich sollte ein Raum geschaffen werden, in welchem die Studierenden die theoretisch erarbeiteten Konzepte praktisch in Form von bioinformatischen Übungen zum Einsatz bringen konnten. Der eigentliche Kurs vor

Ort fand als dreitägige Blockveranstaltung im Sommersemester 2022 statt. Eine beispielhafte Detailplanung einer Stunde des Kurses wird in diesem Kapitel dargestellt. Die übergeordneten Lernziele der Veranstaltung wurden wie folgt definiert (siehe Tabelle 1):

**Am Ende des Kurses können Sie...**

---

... einen Überblick über die verschiedenen Familien von Spatial-Omics-Methoden in eigenen Worten wiedergeben.

---

... Details der Methoden beschreiben und Unterschiede zwischen ihnen aufzeigen.

---

... Vor- und Nachteile einiger der Methoden erläutern und darauf basierend entsprechende Methoden für bestimmte Analysen auswählen.

---

... beschreiben, wie Spatial-Omics-Methoden von verschiedenen Omics-Ebenen für Multi-Omics-Analysen kombiniert werden können.

---

...erste bioinformatische Analysen von Spatial-Transcriptomics-Daten durchführen.

---

... wissenschaftliche Präsentationen auf Englisch durchführen und anhand anderer Vorträge Ideen für Änderungen/Ergänzungen sammeln.

---

**Tabelle 1**

Übersicht der Lernziele, welche den Studierenden vor der Veranstaltung per Lernplattform und zu Beginn der Veranstaltung präsentiert werden.

Zusätzlich zu den Lernzielen aus Tabelle 1 wurden für die einzelnen Teilveranstaltungen jeweils weitere konkrete untergeordnete Lernziele definiert. Ein Beispiel der untergeordneten Lernziele aus der ersten Sitzung wird aus Tabelle 2 ersichtlich:

Die Lernenden rufen sich Erfahrungen mit Sequenziermethoden in Erinnerung und lernen ihre jeweiligen Erfahrungen kennen.

---

Die Lernenden lernen sich gegenseitig kennen und bauen Vertrauen für folgende Präsentationen auf.

---

Die Lernenden können einen Überblick über die verschiedenen Familien von Spatial-Omics-Methoden in eigenen Worten wiedergeben.

---

Die Lernenden können Vor- und Nachteile einiger der Methoden erläutern und darauf basierend entsprechende Methoden für bestimmte Analysen auswählen

---

**Tabelle 2**

Beispielhafte Übersicht über die untergeordneten Lernziele der ersten Sitzung.

Auf den Lernzielen aufbauend wurde ein Überblick über Themenkomplexe und die zugehörige Literatur in Vorbereitung auf die Veranstaltung zusammengestellt. Den Studierenden wurde nach Anmeldung zum Kurs die Literatur über die Lernplattform Moodle der Universität Heidelberg, zur Sichtung und Auswahl zur Verfügung gestellt. Die gruppierten Themenkomplexe wurden für mehrere Impulsvorträge zusammengeführt, welche von der Lehrkraft

als Powerpoint-Präsentation mit zwischengeschalteten aktivierenden Elementen, wie beispielsweise „X-Minute-Paper“ oder „Think-Pair-Share“, vorbereitet wurden.

Die Veranstaltung wurde so konzipiert, dass jeweils vormittags neue Inhalte vermittelt wurden und nachmittags die vermittelten Inhalte durch praktische Übungen zur Anwendung gebracht werden konnten. Basierend auf dieser groben Zeiteinteilung wurde die Veranstaltung zeitlich so aufgebaut, dass sich Impulsvorträge der Lehrkraft und der Studierenden mit aktivierenden Elementen zur Verarbeitung und Pausen basierend auf der Sandwicharchitektur (WAHL 2013) abwechselten. Präsentationen der Studierenden wurden nach Absprache und basierend auf ihrem jeweiligen Interesse in Themenkomplexe sortiert und entsprechend zeitlich gruppiert. Ein Beispiel für eine zeitliche Planung der ersten Veranstaltungsstunde ist in Tabelle 3 dargestellt.

Evaluationskriterien hinsichtlich Vortragsinhalt, Struktur und Präsentation, z. B. Einordnung in den wissenschaftlichen Kontext, Ausarbeitung von Vor- und Nachteilen, Strukturierung, Verständlichkeit, freie Vortragsweise, wurden vor Beginn festgelegt und die Vorträge wurden darauf basierend evaluiert. Zusätzlich wurden Kriterien für die Evaluation der praktischen Anwendungen definiert.

Zeit	Ziel	Inhalt	Methode
9:15-9:17	Kurze Einführung	Einführung & Überblick Agenda	Vorstellung im Plenum
9:17-9:20	Aktivierung/Vorerfahrungen in Erinnerung rufen	„3-Minute-Paper“, um Begegnungen mit Methoden/ähnlichen Methoden/Anwendungen in Erinnerung zu rufen	Kurztext/3-Min-Paper
9:20-9:35	Kennenlernen und Erfahrungsaustausch	Vorstellungsrunde mit wichtigsten Vorerfahrungen	Blitzlicht im Plenum
9:35-9:50	Überblick über Spatial Omics Techniken für Einordnung der folgenden Präsentationen	Präsentation als Überblick über Spatial Omics Techniken Gleichzeitig: Studierende notieren sich die wichtigsten Punkte	Impulsvortrag durch Lehrenden Zwischendurch kurze Murgelgruppe mit Rückmeldung in Plenum
9:50-9:55	Wichtigste Erkenntnisse aus Impulsvortrag sammeln, Fragen stellen und beantworten	Jeder nennt einen der wichtigsten Punkte (auf Haftnotiz)	Schriftliches Blitzlicht/festhalten als Plakat/Tafel
9:55-10:05	Energie tanken für folgende Vorträge und Diskussionen	Pause	

**Tabelle 3**

Beispiel der zeitlichen Einteilung der ersten Veranstaltungsstunde des Kurses.

## Umsetzung

Das Lehrexperiment als Kombination von Seminar und praktischer Anwendung wurde im Sommersemester 2022 durchgeführt. Es fand als Blockveranstaltung von drei Tagen statt.

Eine kleine Gruppe von sieben Kursteilnehmer\*innen hat an der Veranstaltung teilgenommen, von welchen sechs im Masterstudiengang „Molekulare Biotechnologie“ studieren. Eine weitere Person studierte im Masterstudiengang „Biochemie“. Alle Studierenden befanden sich im 2. Semester ihres Masterstudienganges.

Die Kursteilnehmer\*innen brachten theoretisches Vorwissen aus dem Bereich Next-Generation-Sequencing mit, hatten jedoch noch keine praktische Vorerfahrung in diesem Bereich, weder auf experimenteller Ebene noch mit der Analyse der Daten.

Um optimales Lernen durch Aktivität der Studierenden zu gewährleisten, wurden in der Veranstaltung multiple Ansätze kombiniert. Die Aktivität der Studierenden wurde bereits vor Beginn der Veranstaltungsreihe initiiert, indem verschiedene Themen mit zugehöriger Literatur zur Verfügung und Auswahl gestellt wurden. Mithilfe der zur Verfügung gestellten Materialien selektierten die Studierenden in Absprache mit der Lehrperson die für sie interessanten Themen innerhalb der jeweiligen Themenkomplexe. Sie erarbeiteten basierend auf den Materialien und den Vorgaben zu Vortragsdauer und inhaltlicher Struktur eine Präsentation. Die Studierenden hatten so die Möglichkeit, ein Thema zu wählen, welches ihren Interessen und Neigungen entsprach, um ihre Motivation und ihr Interesse durch Autonomieerleben (DECI & RYAN 2017) anzusprechen. Durch die selbstständige Auswahl der Themengebiete und wissenschaftlichen Literatur dienten nicht nur die zu untersuchenden Methoden sondern auch deren Anwendung, beispielsweise in der Krebs- oder Hirnforschung u. a. auch durch ihre gesellschaftliche Rolle, als starker motivierender Faktor im Sinne der oben dargelegten Überlegungen.

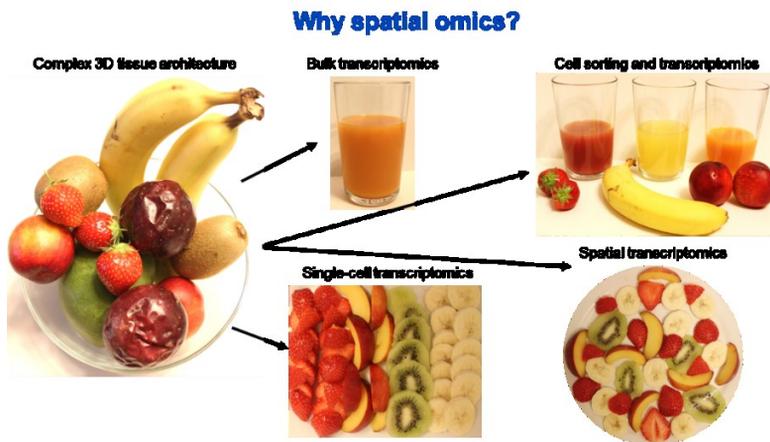
Zusätzlich zur Vorbereitung der Vorträge erhielten die Studierenden bereits in Vorbereitung zur Veranstaltung eine Anleitung zur Installierung der Programme für die bioinformatische Analyse. Sie konnten diese somit schon vor Beginn des Kurses entsprechend vorbereiten. Außerdem erhielten die Studierenden bereits vor Beginn des Kurses die zeitlich eingeteilte Agenda per Email, um sich gedanklich auf den jeweiligen Veranstaltungstag vorzubereiten und einlassen zu können.

Während der Veranstaltung wechselten sich Impulsvorträge, Vorträge der Studierenden und praktische Anwendungen mit aktivierenden Elementen ab. Um die transferierbaren Fähigkeiten der Studierenden für das wissenschaftliche Umfeld und mögliche Berufsfelder zu fördern, wurde darauf geachtet, dass alle Vorträge in englischer Sprache gehalten wurden.

Nach einer kurzen Einführung des Kurses, der Agenda für den ersten Veranstaltungstag und der Lehrperson haben sich die Studierenden mit ihrer eigenen Vorerfahrung beschäftigt und diese in einer ersten Vorstellungsrunde mit den anderen Kursteilnehmern geteilt (siehe Tabelle 3). Dadurch konnten einerseits die Studierenden dieses Vorwissen

wieder in Erinnerung rufen und andererseits konnte sich die Lehrkraft ein Bild der mitgebrachten Erfahrungen der Studierenden machen und gegebenenfalls bestimmte Teile des Kurses entsprechend anpassen.

Als Einstieg in den ersten Impulsvortrag und zur Aktivierung und einfachen Anknüpfung an alltägliche Situationen wurde eine Analogie der Anwendung verschiedener Methoden in Gewebeschnitten auf die „Analyse“ von Obst bzw. Obstkuchen genutzt (Abbildung 3). Diese dient neben der Anknüpfung an Vorwissen zur Illustration der Relevanz der Thematik und zur positiven emotionalen Aktivierung (humorvolle Emotionsinduktion, STEMLER 2008).

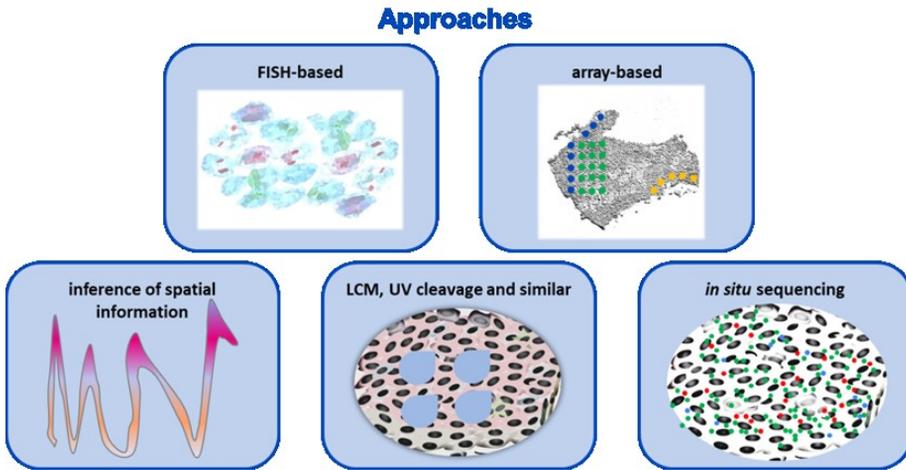


**Abbildung 3**

Graphische Darstellung in Analogie zu verwendeten Methoden und deren Nutzen. Zur Anknüpfung des Wissens an einfache alltägliche Situationen wurde als Einstieg in den ersten Impulsvortrag eine Analogie hergestellt.

Ein zentraler Aspekt des ersten Impulsvortrages war es, einen Überblick über die verschiedenen Familien von Methoden herzustellen und somit eine Einordnung der Methoden und Anwendungen aus den späteren Vorträgen sicherzustellen. Dazu diente eine Übersichtfolie (Abbildung 4), welche während der Präsentation immer wieder die Einordnung in den Zusammenhang erlaubte. Basierend auf dieser Eingruppierung wurden die unterschiedlichen Methoden vorgestellt und die entsprechend untersuchte Literatur eingeführt.

Zudem wurden für jede der Familien von Methoden die Vor- und Nachteile unter verschiedenen Bedingungen herausgearbeitet. Hierbei wurden die Studierenden aktiv einbezogen. So wurden beispielsweise Gruppen gebildet (UNIVERSITÄT HEIDELBERG b), um die Themen zu bearbeiten und die Informationen wurden im Anschluss aus den einzelnen Gruppen im Plenum geteilt, um eine gemeinsam erarbeitete finale Version zu erstellen (UNIVERSITÄT HEIDELBERG c). Ein Beispiel für einen Arbeitsauftrag, um Vor- und Nachteile einer Familie von Methoden zu ermitteln, in Zusammenarbeit mit dem Sitznachbarn, findet sich in Abbildung 5.



**Abbildung 4**

Exemplarische Übersichtsdarstellung verschiedener Familien von Methoden, welche zur Einordnung der Methoden in den Kontext während des ersten Impulsvortrages diente.

### LCM and UV release

**2 min to discuss with your neighbour:**

**Advantages**

**Disadvantages**

**Abbildung 5**

Beispielhafte Darstellung eines Arbeitsauftrags, um wichtige Vor- und Nachteile einer Familie von Methoden, in diesem Falle Laser Capture Microdissection (LCM)- und Ultraviolett (UV)-basierte Extraktionsmethoden zur lokalen Analyse von Genom- oder Transkriptomdaten, herauszuarbeiten. Im Anschluss an die Zusammenarbeit mit den Partner\*innen wurden die erarbeiteten Ergebnisse im Plenum zusammengefasst und diskutiert.

Während der Impulsvorträge sowohl der Lehrperson als auch der Studierenden selbst wurden die Teilnehmer\*innen des Kurses dazu angeregt, aktiv zuzuhören und wichtige Aspekte herauszudestillieren, welche sie jeweils im Anschluss an die Vorträge gesammelt an der Tafel darstellten und im Plenum diskutierten (Abbildung 6). Die Studierenden haben sich damit aktiv mit den Vorträgen befasst und konnten die wichtigsten Informationen abstrahieren und in eigenen Worten sowohl schriftlich als auch mündlich wiedergeben. Dadurch wurden Lernprozesse auf mehreren Ebenen angeregt. Die Zusammenfassung der Ergebnisse im Plenum an der Tafel und die Fokussierung auf die wesentlichsten Aspekte dienten als Grundlage für Fragen und Diskussion.

### Take-home messages

- a) **Notieren Sie während des Überblicksvortrags zwei Punkte auf den Klebezetteln, die Ihnen aus dem Überblick wichtig erscheinen/die Sie mitnehmen möchten**
- b) **Fragen sammeln: Sammeln Sie Fragen zum Vortrag und zu den Methoden**



**Abbildung 6**

Exemplarische Darstellung eines aktivierenden Elements, was zum Sammeln und Zusammentragen der wesentlichen Elemente aus den Impulsvorträgen diente.

Bei jedem der Vorträge der Studierenden wurden zusätzlich zu den wichtigsten Aspekten positive Punkte als Feedback zum Vortrag (Struktur, Vortragsweise, etc.) selbst gesammelt. Auch hier wurden die Punkte jeweils an der Tafel zusammengestellt und gemeinsam diskutiert. Auf diese Weise erarbeiteten sich die Studierenden durch das gegenseitige Feedback Eigenschaften und Vortragstechniken, welche sie als angenehm und lernförderlich empfanden.

Die Anwendungsübungen zur bioinformatischen Analyse der Spatial-Transcriptomics-Daten fanden jeweils nachmittags statt. Hierzu hatten die Studierenden bereits die entsprechenden Programme im Vorfeld installiert und konnten während des Kurses direkt die entsprechenden Daten laden. In Fällen, in denen die Daten nicht direkt geladen werden konnten, lagen diese in unprozessierter Form und nach verschiedenen Prozessierungsschritten

vorbereitet auf einem USB-Stick vor, so dass sichergestellt war, dass die Kursteilnehmenden auch bei technischen Problemen Ergebnisse erzielen konnten. Die Lehrperson hatte Anleitungen zur Installation der Pakete zur Datenanalyse und zu den eigentlichen Schritten der Analyse vorbereitet, welche die Studierenden Schritt für Schritt nachverfolgen konnten. Zu einigen der einzelnen Schritte gab es zusätzlich Erläuterungen im Plenum und Fragen wurden in Kleingruppen oder im Plenum diskutiert.

Zur erneuten Aktivierung an den folgenden Veranstaltungstagen wurden Methoden zur emotionalen Aktivierung mit Bezug auf die Thematik genutzt (CRAIG ET AL. 2004; GRAESSER & D'MELLO 2011; EFKLIDES ET AL. 2006; FREDRICKSON 2001). Beispielsweise war es in der kleinen Gruppe, welche bereits während des ersten Veranstaltungstages enge Beziehungen knüpfen konnte, möglich eine Emotionsinduktion (STEMMLER 2008) durch humorvolle Abfrage der Gefühlslage und der Vorstellungen für die kommenden Stunden der Veranstaltung durchzuführen (siehe Abbildung 7).

## Guten Morgen!

a) So fühle ich mich heute auf einer Schafskala von 1-8... b) Darauf freue ich mich heute...



**Abbildung 7**

Beispiel für ein aktivierendes Element zu Beginn einer Veranstaltungsstunde zur Aktivierung der selbstbestimmten Motivation über Emotionen. Inspiriert durch Helmholtz-Akademie für Führungskräfte.

Auch an den folgenden Veranstaltungstagen wurde jeweils die Agenda für den jeweiligen Tag vorgestellt und im Anschluss folgte eine Mischung aus Impulsvorträgen der Lehrenden und der Studierenden mit aktivierenden Elementen wie Sammeln der wichtigsten Aspekte an der Tafel, Zusammenfassung von Feedback zu den Vorträgen und Murren in Kleingruppen (kurzer thematischer Austausch mit dem Nachbar\*innen oder in Kleingruppen) zur Erarbeitung einzelner Aspekte. Abschließend wurde am Nachmittag das theoretisch erlernte Wissen zu den Methoden und der Datenanalyse praktisch umgesetzt. Dabei wurden anhand

einzelner Übungsschritte Datensätze aus verschiedenen Spatial-Omics-Experimenten ausgewertet. Dadurch konnten die Datensätze, die durch unterschiedliche Ansätze erhoben wurden, direkt miteinander verglichen werden. Zusätzlich lernten die Studierenden mehrere Analysemethoden und deren Vor- und Nachteile kennen. Die Übersicht über die experimentellen Methoden und ihre Unterschiede wurde somit um analytische Methoden ergänzt und Vor- und Nachteile wurden direkt aus den Datensätzen ersichtlich. Diese praktische Anwendung erlaubte es zusätzliche Lernkanäle anzusprechen.

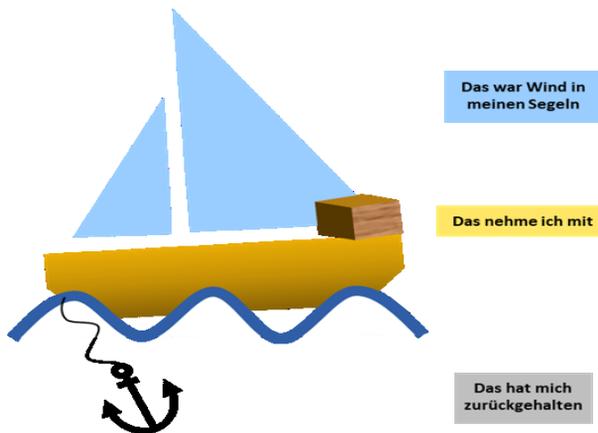
Zusammenfassend nutzte die Lehrveranstaltung also eine Mischung aus klassischen Elementen, welche in Literaturseminaren zum Einsatz kommen (Vorträge der Studierenden), kombiniert mit anderen Impulsvorträgen und motivierenden Elementen sowie anwendungsorientierten bioinformatischen Analysen, um theoretisches Wissen, dessen Anwendung und transferierbare Fähigkeiten zu vermitteln.

## Ergebnisse und Diskussion

Der Ablauf, die Struktur und die Inhalte der neukonzipierten Lehrveranstaltung „Spatial Omics Techniques“ wurden von den Studierenden, laut ihres Feedbacks, positiv aufgenommen, das heißt, dass der Ansatz des multidimensionalen Lernens bei ihnen Anklang fand. Während der Veranstaltung war zu beobachten, dass die Studierenden sich aktiv einbrachten, sich gegenseitig und der Lehrperson konstruktiv Feedback gaben und Fragen stellten. Dieses Verhalten zeigt, dass die Motivation der Studierenden angeregt wurde. Fragen konnten nicht nur im Plenum, sondern auch von den Studierenden gegenseitig, vor allem während der praktischen Anwendungen, beantwortet werden. Dies lässt sich als sehr positives Herausstellungsmerkmal festhalten, da das eigene Weitervermitteln erlernter Inhalte diese nochmals vertieft und aktiv abrufbar macht (HUBER 2007; NEUPERT 2010). Somit wurden die Lernziele des Kurses, dass die Studierenden die Methoden wiedergeben, Unterschiede und Vor- und Nachteile aufzeigen und eigene bioinformatische Analysen der Daten durchführen können, erreicht. Zudem sammelten die Studierenden anhand ihrer Vorträge und derjenigen der Anderen Ideen für Änderungen und Ergänzungen für zukünftige Präsentationen. Zum Ende des Kurses wurden in einer kurzen Evaluationsrunde sowohl inhaltliche als auch strukturelle Aspekte des Kurses abgefragt. Ein Überblick über die genutzten Fragestellungen ist in Abbildung 8 dargestellt. Die drei Aspekte der Abfrage erlauben es einerseits zu verstehen und beurteilen, welche Inhalte von den Studierenden aktiv „mitgenommen“ wurden und welche Teile der Veranstaltung sie als hilfreich für die Wissensvermittlung wahrgenommen haben („Wind in meinen Segeln“) und andererseits die Veranstaltung basierend auf Rückmeldungen zu Schwierigkeiten zu überarbeiten („Das hat mich zurückgehalten“). Beispielsweise erschien der Raum für die Gruppe als zu groß. So ist für die nächste Runde der Veranstaltungsreihe in Betracht zu ziehen, diese in einem kleineren Raum stattfinden zu lassen und entweder für die praktische Anwendung mit dem Computer den Raum zu wechseln oder die Studierenden ihre Laptops nutzen zu lassen, so dass ein Computerraum nicht notwendig ist.

Auf der anderen Seite schätzten die Studierenden die Struktur des Kurses und die klare Kommunikation der Lernziele und Erwartungen. Vor allem die bereits vor Beginn des Kurses an die Studierenden übermittelte Agenda des Veranstaltungsverlaufs wurde durchweg als positiv aufgenommen. Die Studierenden schätzten die gute Lernatmosphäre, in welcher sie sich frei fühlten ihre Vorträge zu halten und Fragen zu stellen. Diese positive Atmosphäre wurde auch in den Mittagspausen deutlich, in denen sich alle Studierenden des Kurses zusammaten und gemeinsam Mittagessen bestellten und teilten, obwohl sie sich teilweise erst seit wenigen Stunden kannten. Hier wird die motivationsfördernde soziale Eingebundenheit der Studierenden besonders deutlich.

Durch die Erläuterung des Wissens, welches die Studierenden „mitnahmen“ und somit während der Feedbackabgabe wiedergaben, wurde dieses nochmals sowohl schriftlich festgehalten als auch im Plenum zusammengefasst. Dieses diente einerseits den Studierenden dazu die Themen nochmals zu verfestigen und aktiv darzustellen (Tiefenlernen) und andererseits der Lehrperson dazu den Wissensstand der Studierenden festhalten zu können. Die hervorragende Zusammenfassung der vermittelten Inhalte während sowie bei der Evaluation zum Ende der Veranstaltung machte deutlich, dass wichtige Inhalte aufgenommen wurden und aktiv weitergegeben werden konnten. Somit wurde die Lehrveranstaltung basierend auf dem Konzept des mehrdimensionalen Lernens erfolgreich umgesetzt. Zudem wurden die Themen durch die Studierenden während der Impulsvorträge sehr gut aufbereitet vorgetragen. Hierbei ist zusätzlich zu beachten, dass die englische Vortragsweise die übertragbaren Fähigkeiten in Hinblick auf wissenschaftliche Vorträge und den Austausch in der englischen Sprache gefördert hat.



**Abbildung 8**

Ein Segelschiff als beispielhafte bildliche Darstellung für eine Evaluation der erlernten Ziele und Kursfeedback. Eine erste Evaluation zum Ende der Lehrveranstaltung wurde durch eine Kombination aus Notizzetteln, welche an den drei Aspekten am Segelschiff befestigt wurden, und direkte Kommunikation im Plenum anhand der in der Graphik angegebenen Punkte durchgeführt. Inspiriert durch Helmholtz-Akademie für Führungskräfte.

Zusätzlich zur Kurzevaluation während der Veranstaltung fand eine Beurteilung über offizielle Evaluationsformulare der Universität Heidelberg statt. Diese Formulare sind jedoch nicht auf eine Mischung aus verschiedenen Veranstaltungsformaten zugeschnitten, sondern erlauben nur die separate Evaluation einzelner Veranstaltungsformate. Nach Überprüfen der einzelnen Fragepunkte bei Formularen für Seminare und Praktika entschied sich die Lehrperson dafür den Fragebogen für Seminare an die Studierenden zu übermitteln. Die Studierenden gaben dem Kurs im Durchschnitt und in den Einzelabfragen eine sehr gute Bewertung und auch hier wurden die freie Auswahl der Themengebiete, die Kombination aus Theorie und Praxis und die Interaktion in guter Lernatmosphäre explizit positiv hervorgehoben. Das bedeutet, dass das mehrdimensionale Lernen sowie die Aspekte der Autonomie, des Kompetenzerlebens und der sozialen Eingebundenheit als positiv erlebt und beurteilt wurden. Als zusätzliche Verbesserungsvorschläge wurden zusätzliche Überblicke zur Einordnung des Erlernten zu weiteren Zwischenzeitpunkten während der Veranstaltung, zusätzliche konstruktive Kritik bezüglich negativer Auffälligkeiten während der Vorträge der Studierenden sowie eine kleinere Raumgröße angegeben. Diese Punkte können bei einer nächsten Durchführung der Veranstaltung Berücksichtigung finden.

Zusammenfassend schätzen damit sowohl die Lehrkraft als auch die Studierenden das Format des Kurses positiv ein, was für eine Fortführung und weitere Ausarbeitung des Konzeptes der Zusammenführung verschiedener Veranstaltungsformate zum Ansprechen multidimensionalen Lernens spricht.

## Zusammenfassende Analyse

Vor Veranstaltungsbeginn wurden zwei Hypothesen aufgestellt: Erstens, dass ein kombiniertes Lehrveranstaltungskonzept aus theoretischer Wissensvermittlung und praktischer Anwendung das Tiefenlernen fördert und im Vergleich zum klassischen Literaturseminar den langfristigen Wissenserhalt verstärkt. Zweitens, dass Emotionen das Tiefenlernen verstärken können und daher multidimensionales Lernen dem langfristigen Wissenserwerb dient.

Die aktive Mitarbeit der Studierenden und ihre Wiedergabe des Erlernten während und am Ende der Veranstaltung lassen darauf schließen, dass das theoretische Wissen aufgenommen wurde und aktiv präsentiert werden konnte. Zum Ende des Kurses gaben die Studierenden detailliert wieder, was sie inhaltlich aus der Veranstaltung mitgenommen hatten, was die Detailtiefe des aufgenommenen Wissens belegt. Zudem waren die Studierenden in der Lage, das Wissen während der bioinformatischen Analyse in aktive Anwendung zu bringen. Dies zeigt einerseits ihre hohe Motivation und andererseits, dass Tiefenlernen stattgefunden hat.

Die hohe Bereitschaft zur Mitarbeit, zum Teilen von Wissen und dazu Fragen zu stellen legen nahe, dass eine angemessene Arbeitsatmosphäre geschaffen wurde. Zudem wurde dieser Unterschied in der Arbeitsatmosphäre in diesem Seminar im Vergleich zu anderen

von den Studierenden explizit positiv hervorgehoben. Sowohl die Lehrperson als auch die Studierenden haben den Kurs als lernförderlich, motivierend und interaktiv erlebt.

Diese ersten Auswertungen zeigen, dass das Veranstaltungsformat durch multidimensionale Aktivierung das Potential hat, Tiefenlernen gezielt zu fördern. Da nach einer einmaligen Durchführung der Vergleich dieser Veranstaltung mit anderen Formaten nicht abschließend beurteilt werden kann, sollte in Zukunft eine Analyse des langfristigen Wissenserwerbs angestrebt werden, beispielsweise durch interessierte Rücksprache mit Studierenden in folgenden Veranstaltungen. Die stetige Auseinandersetzung mit den Studierenden und Rücksprache sowohl über die Inhalte des Kurses als auch über die Struktur und das Veranstaltungsformat werden zu einer kontinuierlichen Verbesserung und Anpassung der Veranstaltung an die idealen Lernbedingungen für ein breites Spektrum an Studierenden führen. Förderlich dazu wird es sicherlich sein, Neugierde beizubehalten, verschiedene didaktische Methoden auszuprobieren und immer wieder anzupassen. Unterschiedliche Gruppen von Studierenden werden sich zudem in ihrem Lernverhalten unterscheiden, so dass, wenn möglich, ein gewisser Grad an Flexibilität zur Anpassung der Lehrveranstaltung auch während des Kurses hilfreich sein kann, um möglichst viele Studierende anzusprechen. Ebenso wie das Lernen selbst wird auch die Anpassung der Lehre an sich ändernde Bedingungen eine lebenslange Aufgabe und gleichzeitig Freude sein.

## Danksagung

Besonderer Dank gilt den Teilnehmenden dieses Kurses sowie der anderen Kurse für ihre aktive Teilnahme und ihr wertvolles Feedback. Vielen Dank an B. Brors für die Möglichkeit, mich aktiv in der Lehre zu engagieren. Ich danke sowohl den Lehrenden des Hochschuldidaktikzentrums als auch den Trainerinnen der Helmholtz-Akademie, P. Grün und S. Driedger, für ihre inspirierenden Ideen, welche in den Kursen Anwendung finden konnten, sowie Familie und Freunden, die mich in dieser Zeit unterstützt haben. Großer Dank gilt auch J. Naser für die gegenseitigen Lehrhospitationen und den Ideenaustausch.

## Bibliographie

- ANDERSON, L. W., KRATHWOHL, D. R. (Hrsg.) 2001. *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: a revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Complete ed. New York: Longman.
- BERENDT, B. 2006. „Gut geplant ist halb gewonnen“. Teilnehmerzentrierte Struktur- und Verlaufsplanung von Lehrveranstaltungen“, in: *Neues Handbuch Hochschullehre. Lehren und Lernen effizient gestalten*, 1.1, Berlin: Raabe.
- BIGGS, J. 2003. *Teaching for Quality Learning at University*.

- BIGGS, J., SO-KUM TANG, C. 2011. *Teaching for Quality Learning at University: What the Student Does*. 4th edition. SRHE and Open University Press Imprint. Maidenhead, England New York, NY: McGraw-Hill, Society for Research into Higher Education & Open University Press.
- CRAIG, S., GRAESSER, A., SULLINS, J., GHOLSON, B. 2004. „Affect and Learning: An Exploratory Look into the Role of Affect in Learning with AutoTutor“, in: *Journal of Educational Media*, 29:3, S. 241–250. <https://doi.org/10.1080/1358165042000283101>.
- DECI, E. L., RYAN, R. M. 2017. *Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik*. <https://doi.org/10.25656/01:11173>.
- DIEDERICH, J., MESTER T. 2018. „Tiefenlernen durch Concept Maps mit Reflexionsanteilen“, in: *die hochschullehre - Interdisziplinäre Zeitschrift für Studium und Lehre*, 4, S. 227–258.
- EFKLIDES, A., KOURKOULOU, A., MITSIOU, F., ZILIASKOPOULOU, D. 2006. „Metacognitive Knowledge of Effort, Personality Factors, and Mood State: Their Relationships with Effort-Related Metacognitive Experiences“, in: *Metacognition and Learning*, 1:1, S. 33–49. <https://doi.org/10.1007/s11409-006-6581-0>.
- FREDRICKSON, B. L. 2001. „The Role of Positive Emotions in Positive Psychology. The Broaden-and-Build Theory of Positive Emotions“, in: *The American Psychologist*, 56:3, S. 218–226. <https://doi.org/10.1037//0003-066x.56.3.218>.
- GRAESSER, A., D’MELLO, S. K. 2011. „Theoretical Perspectives on Affect and Deep Learning“, in: CALVO, R. A., D’MELLO, S. K. (Hrsg.), *New Perspectives on Affect and Learning Technologies*, 11–21. New York, NY: Springer New York. [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-9625-1\\_2](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-9625-1_2).
- GRUNDER, H.-U., BOHL, T. 2001. *Neue Formen der Leistungsbeurteilung in den Sekundarstufen I und II*. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren GmbH.
- Huber, A. A. 2007. *Wechselseitiges Lehren und Lernen (WELL) als spezielle Form kooperativen Lernens*. Berlin: Logos-Verl.
- KRAPP, A. 1992. „Interesse, Lernen und Leistung. Neue Forschungsansätze in der Pädagogischen Psychologie“, in: *Zeitschrift für Pädagogik*, 38:5, S. 747–770. <https://doi.org/10.25656/01:13977>.
- LI, L., ISHERWOOD GOW, A. D., JIAXIAN ZHOU, J. 2020. „The Role of Positive Emotions in Education: A Neuroscience Perspective“, in: *Mind, Brain, and Education*, 14:3, S. 220–234. <https://doi.org/10.1111/mbe.12244>.
- MARTON, F., SÄLIÖ, R. 1976. „On Qualitative Differences in Learning: I–Outcome and Process“, in: *British Journal of Educational Psychology*, 46:1, S. 4–11. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8279.1976.tb02980.x>.

- MARTON, F., SÄLJÖ, R. 1997. „Approaches to learning“, in: *The Experience of Learning*, S. 39–58. Edinburgh: Scottish Academic Press.
- NEUPERT, C. 2010. *Lernen durch wechselseitiges Lehren (WELL)*. München: GRIN Verlag GmbH.
- PEKRUN, R., GOETZ, T., TITZ, W., PERRY, R. P. 2002. „Positive Emotions in Education“, in: *Beyond Coping*, S. 149–174. Oxford University Press.  
<https://doi.org/10.1093/med:psych/9780198508144.003.0008>.
- Prenzel, M. 1993. „Autonomie und Motivation im Lernen Erwachsener“, in: *Zeitschrift für Pädagogik*, 39:2, S. 239–253. <https://doi.org/10.25656/01:11174>.
- STEMMLER, G. 2008. „Induktion von Emotionen in der experimentellen Emotionspsychologie“. In *Experimentelle Emotionspsychologie*. Lengerich/Westfahlen: Pabst, S. 207–224.
- TYNG, C. M., AMIN, H. U., SAAD, M. N. M., MALIK, A. S. 2017. „The Influences of Emotion on Learning and Memory“, in: *Frontiers in Psychology*, 8, Artikel 1454.  
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01454>.
- UNIVERSITÄT HEIDELBERG a. „Impulsreferat“. o. J. Zugegriffen 21. August 2022. [https://www.uni-heidelberg.de/md/slk/konzept/impulsreferat\\_methodenbox\\_digitale\\_tools\\_sep\\_20.pdf](https://www.uni-heidelberg.de/md/slk/konzept/impulsreferat_methodenbox_digitale_tools_sep_20.pdf).
- UNIVERSITÄT HEIDELBERG b. „Murmelgruppe“. o. J. Zugegriffen 21. August 2022. [https://www.uni-heidelberg.de/md/slk/medien/murmelgruppe\\_methodenbox.pdf](https://www.uni-heidelberg.de/md/slk/medien/murmelgruppe_methodenbox.pdf).
- UNIVERSITÄT HEIDELBERG c. „Think-Pair-Share“. o. J. Zugegriffen 21. August 2022.  
[https://www.uni-heidelberg.de/md/slk/konzept/think-pair-share\\_methodenbox\\_digitale\\_tools\\_sep\\_20.pdf](https://www.uni-heidelberg.de/md/slk/konzept/think-pair-share_methodenbox_digitale_tools_sep_20.pdf).
- UNIVERSITÄT HEIDELBERG d. „X-Minute-Paper“. o. J. Zugegriffen 21. August 2022.  
[https://www.uni-heidelberg.de/md/slk/konzept/x-minute-paper\\_methodenbox\\_digitale\\_tools\\_sep\\_20.pdf](https://www.uni-heidelberg.de/md/slk/konzept/x-minute-paper_methodenbox_digitale_tools_sep_20.pdf).
- WAHL, D. 2013. *Lernumgebungen erfolgreich gestalten: vom trägen Wissen zum kompetenten Handeln*. 3. Aufl. mit Methodensammlung. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- WARWITZ, S., RUDOLF, A. 1977. „Das Prinzip des mehrdimensionalen Lehrens und Lernens“, in: *Projektunterricht. Didaktische Grundlagen und Modelle*, Schorndorf: Hofmann, S. 15–22.

Dr. Lena Voith von Voithenberg arbeitet an der Analyse molekularer Tumordaten mittels bioinformatischer Methoden. Der Schwerpunkt ihrer Forschung liegt dabei auf der Untersuchung der Heterogenität der Tumormikroumgebung. Sowohl in der Forschung als auch in der Lehre bereitet es ihr große Freude neue Methoden auszuprobieren und zu etablieren, um anschließend ihre Expertise zu teilen.

Dr. Lena Voith von Voithenberg  
lena.voithenberg@dkfz-heidelberg.de