

# I. Leitfragen für die Berichterstattung und Rückmeldung zu innovativen Lehrprojekten

## 1. Titel des Projekts, Ansprechperson(en)

Blitzlichtgewitter – Zeitaufgelöste optische Spektroskopie in Theorie und Experiment

Dr. Sascha Eidner (Physikalische Chemie),  
apl. Prof. Dr. Tillmann Klamroth (Theoretische Chemie),  
apl. Prof. Dr. Michael Kumke (Physikalische Chemie)

## 2. Welche (Haupt-)Ziele wollten Sie erreichen?

Die Ziele des innovativen Lehrprojektes „Blitzlichtgewitter“ waren:

- (1) Heranführen der Studierenden an ein selbständiges, fachübergreifendes und problemorientiertes wissenschaftliches Arbeiten
- (2) Kompetenz-basierte Ausbildung für selbstorganisiertes Handeln
- (3) Eigenständiges Erstellen eines Forschungsplans durch die Studierenden in Teamarbeit und praktische Umsetzung desselben nach Konsultationen und mit Unterstützung der Dozierenden
- (4) Erprobung eines elektronischen Laborjournals (ELN) für die Begleitung und Dokumentation der experimentellen Arbeiten sowie der theoretischen Rechnungen
- (5) Dokumentation der experimentellen Arbeiten sowie die Darstellung der daraus resultierenden Ergebnisse mit Hilfe des elektronischen Laborjournals (s. (4))

Die wesentlichen Ziele, die mit der Projektarbeit adressiert wurden, sind unter Punkt 1, Punkt 2 und Punkt 3 aufgeführt. Die beiden Ziele, die auf Studierendenkompetenzen (Punkt 1 und Punkt 2) abzielen, wurden erreicht. Durch die Verknüpfung von Theorie und Experiment konnten fach(disziplinen)übergreifend inhaltliche und methodische Verknüpfungen durch die Studierenden hergestellt werden. Aufgrund der Pandemie-eingeschränkten Möglichkeiten der Labor- und Gruppenarbeit konnte Punkt 3 nicht in der angedachten Form durchgeführt werden. Der Forschungsplan wurde daher in einer groben Struktur vorgegeben. Die Studierenden hatten die Aufgabe, diesen mit konkreten Inhalten (im Labor: Probenanzahl, Konzentrationen, Messbedingungen; am Computer: Funktional, Basissätze etc.) zu füllen. Der Dokumentation der Messungen und Darstellung der Ergebnisse basierend auf einem elektronischen Laborjournal wurde im Verlauf der praktischen Arbeiten ein geringeres Augenmerk beigemessen, was auch auf die komprimierte Laborzeit zurückzuführen war, wodurch das Potential für eine „Echtzeit“-Dokumentation nicht voll genutzt wurde. Grundsätzlich sehen wir elektronische Laborjournale aber als gute Möglichkeit, den Erkenntnisgewinnungsprozess zu begleiten und aus den darin dargestellten Messungen und ihren Ergebnissen Hinweise zu geben und Vorschläge zu unterbreiten, die den Fortgang der Arbeiten unterstützen. Hierzu konnten wir im Rahmen des Fortgeschrittenen Praktikums Physikalische Chemie auch schon erste Erfahrungen sammeln. Das aktuelle Lehrprojekt „Blitzlichtgewitter“ wurde allerdings nur von einer sehr kleinen Studierendengruppe (zwei Studierende) belegt, so dass in diesem Fall dem persönlichen Austausch und der persönlichen Begleitung der praktischen Arbeiten Vorzug gegenüber einem elektronischen Laborjournal gegeben wurde.

3. Wie können diese Ziele in das Leitbild Lehre der Universität eingeordnet werden in Bezug auf die Themen Forschungsorientierung, Tätigkeitsfeldorientierung und Persönlichkeitsbildung, interdisziplinäre und fachübergreifende Lehre, zielgruppenspezifische Lehre sowie Studierenden- und Kompetenzorientierung? Die Bezüge zum Leitbild Lehre, die im Antrag hergestellt wurden, werden hier aus der Retrospektive des ersten Durchlaufs dieser Projektarbeit eingeordnet.

Forschungsorientierung:

Die an die Studierenden gerichtete Aufgabe war, für einen organischen Farbstoff (hier: Cumarin 102) Untersuchungen zu seiner Photophysik mit Experimenten im Labor und quantenchemischen Rechnungen mithilfe von Computern durchzuführen. An diesem Beispiel lässt sich ein „Forschungsprozess“ [...]

erlebbar [...]mach[en]" (Leitbild Lehre, Punkt 1.1), an dem die Studierenden einen sehr hohen Eigenanteil hatten und bei dem die Lehrenden als Trainierende und Beratende zur Seite standen. Darüber hinaus wurde mit dieser Projektarbeit verdeutlicht, wo und wie sich die bisher vermittelten Kenntnisse und Kompetenzen aus verschiedenen Wissenschaftsdisziplinen der Chemie im Rahmen eines Forschungsprojektes einbringen lassen.

**Tätigkeitsfeldorientierung und Persönlichkeitsbildung:**

Für Studierende eines Masterstudiums gehört zum künftigen Tätigkeitsfeld, sich auf neue Herausforderungen einzustellen und diese anzunehmen. Das setzt voraus, dass die Studierenden Kompetenzen erworben haben, sich in neue Sachverhalte einzuarbeiten und Lösungen zu entwickeln. Mit dem Konzept der Projektarbeit wurde den Studierenden ein Forschungsthema vorgegeben – hier die Untersuchung angeregter Zustände mit experimentellen und theoretischen Methoden. Die Studierenden hatten sich mit dem Thema auseinanderzusetzen und einen Parametersatz sowohl für die praktischen Arbeiten im Labor als auch für die theoretischen am Computer zu erstellen, mit dem die Untersuchungen möglich wurden und sich sinnvolle, komplementäre Aussagen aus den Rechnungen und Experimenten ableiten ließen. Zunächst mussten die Studierenden für sich die abstrakte Aufgabe „Beschreibung der Photophysik von Cumarinen“ in sinnvolle Abläufe im Labor und am Rechner herunterbrechen und mit Inhalten füllen. Die Planung und Durchführung setzte Fähigkeiten im Projekt- und Zeitmanagement voraus, die im Verlauf solcher Projekte u. a. durch den Austausch mit den Dozierenden (kommunikative Fähigkeiten) weiter entwickelt werden können. Für die Vorbereitung der Projektarbeit war eine eigenständige Literaturrecherche durchzuführen. Damit verbunden müssen Quellen bewertet und hinsichtlich ihrer Eignung ausgewählt werden. Die kritische Arbeit mit Quellen stellt eine Schlüsselkompetenz dar, die weit über Fächergrenzen hinweg zu einem späteren Tätigkeitsfeld gehört. Hier sorgt jede Form von Quellenarbeit und Austausch darüber dafür, dass diese Kompetenz entwickelt wird.

**Interdisziplinäre und fachübergreifende Lehre:**

Die gesamte Projektarbeit setzt genau an der Schnittstelle zwischen zwei Fachdisziplinen an. Konkret ging es hierbei um die enge Verzahnung der Wissenschaftsdisziplinen Theoretische Chemie und Physikalische Chemie. Die Studierenden konnten erfahren, wie sich die Methoden aus beiden Disziplinen zusammenführen lassen, um eine konkrete Fragestellung von zwei Seiten zu beleuchten und einen Mehrwert an Verständnis zu erreichen. Das führt auch durch „Aha“-Erlebnisse der Studierenden dazu, dass die Dozierenden eine Rückmeldung bekommen, an welchen Stellen sich Querverweise herstellen lassen, die dann exemplarisch in Lehrveranstaltungen genutzt werden können, um eine Vernetzung von Erkenntnissen herbeizuführen.

**Zielgruppenspezifische Lehre:**

Mit dem „Blended Learning“-Ansatz wurde getrennt zwischen Wissen, das sich angeeignet werden kann, und Fähigkeiten, die nur durch ein praktisches Erleben erlernt werden können. So erfolgte die Planung des Projektes ausgehend von dem zur Verfügung gestellten Material, das im eigenen Tempo bearbeitet werden konnte. Bei den praktischen Tätigkeiten im Labor konnte dank der kleinen Gruppengröße individuell auf die Bedürfnisse der Studierenden eingegangen werden, wodurch diese gezielt gefordert oder gegebenenfalls auch gefördert werden konnten. Da die Projektarbeit theoretische, quantenmechanische Konzepte mit praktischen Arbeiten im Labor kombiniert, wurde den Studierenden Gelegenheit gegeben, eine eigene Schwerpunktsetzung vorzunehmen und neben dem zu erwartenden Aufwand im Labor oder am Rechner noch zusätzlich nach Interessenlage, ihr Engagement in der einen oder anderen Richtung zu erhöhen.

**Studierenden- und Kompetenzorientierung:**

Die Projektarbeit war klar auf den Kompetenzerwerb von Studierenden zugeschnitten. So haben die Studierenden im Labor eine für sie komplett neue experimentelle Methode (Transienten-Absorptionsspektroskopie) kennengelernt. Darüber hinaus konnten sie Konzepte und Verfahren, die ihnen aus ihrem bisherigen Curriculum bekannt waren, auf ein neues Thema anwenden und zusätzlich Inhalte aus zwei Wissenschaftsdisziplinen miteinander verknüpfen. Neben der Erweiterung ihres fachlichen

Wissens konnten die Studierenden aber auch ihre persönlichen Fähigkeiten und Fertigkeiten weiterentwickeln, indem eine Strategie zur Lösung eines Problems in einem vorgegebenen Rahmen selbstständig zu entwickeln war.

4. Was konnten Sie konkret im Rahmen des Projekts umsetzen? Was wurde im Einzelnen gemacht?

Das Projekt konnte wie vorgesehen umgesetzt werden. Förderlich für die Umsetzung des Projektes waren die Mittel für die wissenschaftlichen Hilfskräfte. Durch dieses Personal konnten die Inhalte der Projektarbeit im Vorfeld getestet und für eine Durchführung im Rahmen einer Lehrveranstaltung angepasst werden. In der Physikalischen Chemie wurde im Vorfeld eine Substanzklasse identifiziert, die sich für die Untersuchungen eignet. Die Wahl fiel auf die Cumarine, von denen das Cumarin 102 für die weiteren Untersuchungen ausgewählt wurde. Nachdem das System (Cumarin 102 in Ethanol) feststand, konnten in der Theoretischen Chemie die quantenchemischen Rechnungen geplant und durchgeführt werden. Das Ziel der Untersuchungen war es, die Photophysik des Cumarins 102 in Ethanol zu untersuchen. Das heißt, die energetische Lage und Lebensdauer angeregter Zustände aus dem Experiment und aus den Rechnungen zu bestimmen.

Die Arbeiten im Labor wurden in einem Coaching durchgeführt. Hier stand ein Trainer zur Verfügung, der die Grundlagen des experimentellen Aufbaus (Transienten-Absorptionsspektroskopie) erklärte und die Studierenden befähigte, eigenständig Messungen mit dem Transienten-Absorptionsspektrometer vorzunehmen. Für das weitere Arbeiten an diesem Spektrometer und im Labor stand er beratend zur Seite. Ähnlich wurde auch bei den Rechnungen verfahren. Hierfür gab es ein Skript, das das notwendige Handwerkszeug vermittelte, das notwendig ist, einen Einstieg in die Lösung des konkreten Problems (Berechnung angeregter Zustände) zu bekommen. Für die weitere Bearbeitung stand auch hier ein Dozierender als Ratgeber bereit.

Die Ergebnisse wurden in einem Bericht zusammengefasst und werden im Rahmen eines wissenschaftlichen Vortrags verteidigt werden. Pandemie-bedingt war während der Projektphase der direkte Austausch unter allen Akteuren aufgrund der Hygiene- und Abstandsregeln erschwert und fand daher in der Regel digital statt.

5. Welche zusätzliche Unterstützung wäre für zukünftige, ähnliche Projekte hilfreich?

Die gewährte finanzielle Unterstützung war für das Projekt in dieser Art sehr hilfreich. Eine Ausweitung auf andere Module als die Vertiefungsfächer in Physikalischer und Theoretischer Chemie würden eine Implementierung im jeweiligen Curriculum (Bachelor- oder Masterstudiengang) voraussetzen, wofür die Studienordnungen entsprechend anzupassen wären. Je nach Umfang und Ausrichtung der Arbeiten im Labor und auch der Rechnungen an Computern wären gegebenenfalls Investitionen in die Infrastruktur notwendig, um dann auch größere Gruppen von Studierenden den Zugang an entsprechende Forschungsapparaturen zu ermöglichen.

6. Wie sind die Studierenden mit den (neuen) Methoden, Konzepten oder Szenarien umgegangen?

Die Rückmeldungen zur Projektarbeit waren durchweg positiv. So sorgte vor allem die Verzahnung von Theorie und Experiment für ein tieferes Verständnis sowohl der Inhalte der Theoretischen Chemie als auch der Physikalischen Chemie. Gerade der komplementäre Charakter des Lehrprojektes, das den Vergleich von experimentellen Daten mit theoretischen Verfahren zum Inhalt hat, hat das Verständnis der eher abstrakten, quantenchemischen Rechnungen deutlich erhöht. Die Studierenden konnten sowohl nach der Einarbeitung am Transienten-Absorptionsspektrometer im Labor als auch in die Methoden der quantenchemischen Rechnungen beides selbstständig ausführen.

7. Fazit und Ausblick: Welchen Stellenwert hat das Projekt für Ihre zukünftige Lehre bzw. für die Lehre in Ihrem oder in anderen Bereichen? Gab es spezielle Erkenntnisse im Hinblick auf die digitale Lehre?

Sollen Teile oder das gesamte Vorgehen Ihres Konzeptes dauerhaft in die Lehre eingehen? Handelte es sich um eine pilothafte Erprobung? Welche Gründe sprechen für oder gegen eine Verstetigung?

Dieses Projekt hat einen sehr hohen Stellenwert für unsere zukünftige Lehre. Es hat gezeigt, dass sich an der Schnittstelle der Wissenschaftsdiziplinen Theoretische Chemie und Physikalische Chemie bei den verantwortlichen Dozierenden Fragestellungen finden lassen, die beide Seiten interessant finden und die sich in einem Lehr-Lern-Kontext gut untersuchen lassen. Häufig sind Studierende, die sich für die physikalische Chemie interessieren auch an der theoretischen Chemie (und umgekehrt) interessiert. Daher bieten sich solche gemeinsamen Module an, den Studierenden beide Facetten gleichermaßen nahezubringen, um ihnen die Möglichkeiten der einen und der anderen Fachdisziplin aufzuzeigen. Den Dozierenden helfen solche gemeinsamen Aktivitäten, aus Konkurrenzsituation zu entkommen, in denen sich die Studierende für die eine oder andere Wissenschaftsdisziplin entscheiden müssen. Mit diesem integralen Ansatz kann die gesamte Gruppe der grundsätzlich interessierten Studierenden erreicht werden. So ist es durchaus vorstellbar, eine gemeinsame Wahlpflichtveranstaltung der theoretischen und der physikalischen Chemie im Curriculum der Chemiestudiengänge zu etablieren. Eine Projektarbeit in der Form, in der sie im vergangenen Wintersemester 2020/21 erstmals durchgeführt wurde, wird auf jeden Fall im kommenden Wintersemester 2021/22 erneut angeboten werden.

## II. Fragen zur Kategorisierung von Lehrprojekten

Bitte helfen Sie uns bei der Kategorisierung Ihres Projekts und setzen ein Kreuz bei den zutreffenden Punkten.

Eine Mehrfachauswahl ist möglich.

### 1. Einbezogene(s) Lehrveranstaltungsformat(e)

„X“ an zutreffender Stelle setzen	
	Seminar
	Vorlesung
	Übung
	Exkursion, Studienreise
X	kleine Gruppen (1-20)
	mittlere Gruppen (21-49)
	große Gruppen (>50)
	sehr große Gruppen (>100)
X	studentisches Projekt
Sonstiges/Anderes (bitte nennen):	_____

### 2. Spezielle Lehrmethodik, spezielles Lehrarrangement

„X“ an zutreffender Stelle setzen	
	Projektmethode, Projektseminar
X	forschendes Lernen (bspw. Forschungsseminare, Problem Based Learning)
	interdisziplinäres Co-Teaching
	Co-Teaching
	Simulation, Planspiel
	Inverted Classroom Model, “Flipped Classroom”
Kooperation mit externem Partner (bspw. Service-Learning), nämlich (bitte nennen):	_____ entfällt _____
Sonstiges/Anderes (bitte nennen):	_____

### 3. Neue Lehrinhalte

(Bitte in Stichpunkten beschreiben)
_____
_____
_____

4. Gestaltungsebene(n)

„X“ an zutreffender Stelle setzen	
X	Lehrveranstaltung(en)
	Modul(e)
	Studiengang
	Studiengangsübergreifende(s) Angebot(e)
	Internationale(r) Kurs(e) (bspw. Online-International-Learning)
Sonstiges/Anderes (bitte nennen):	_____

5. E-Learning, Medieneinsatz

„X“ an zutreffender Stelle setzen	
X	Anreicherung mit Online-Angebot (bspw. begleitende Materialien)
X	Integration (Blended Learning)
	Integration mit Ersatz von Präsenzveranstaltungen
	Virtuelle Lehre (bspw. MOOC)
	Einsatz von Video
	Virtuelle Realität, Augmented Reality
	360-Grad-Bilder
	E-Assessment, elektronische Prüfungen
Sonstiges/Anderes (bitte nennen):	_____

6. Schwerpunkt auf folgende Zielgruppe(n)

„X“ an zutreffender Stelle setzen	
	Studierende, allgemein
	nur BA-Studierende
X	nur MA-Studierende
	Lehramtsstudierende
	ausländische Studierende
	Studienanfänger*innen
	Berufstätige (bspw. Wissenschaftliche Weiterbildung)
	offenes Angebot (bspw. MOOC)
Sonstiges/Anderes (bitte nennen):	_____

7. Bezug zum Leitbild Lehre

7.1 Bezug zu den Themen des Leitbilds Lehre

„X“ an zutreffender Stelle setzen	
X	Forschungsorientierung
X	Tätigkeitsfeldbezug und Persönlichkeitsbildung
X	Interdisziplinäre und fachübergreifende Lehre
X	Zielgruppenspezifische Lehre
X	Studierenden- und Kompetenzorientierung

7.2 Bezug zu den Querschnittsthemen des Leitbilds Lehre

„X“ an zutreffender Stelle setzen	
	Weiterbildung/Qualifizierung für Lehrende
X	Digitalisierung
	Heterogenität
	Internationalisierung
	Lehramt
X	Kommunikation/Vernetzung (u. a. Aufbau einer Best Practice Datenbank)
	Qualitätsverständnis, Qualitätspolitik und Qualitätskultur

8. Bitte vergeben Sie Schlagwörter, die das Projekt weitergehend spezifizieren

(bspw. "Hackathon", "Blockseminar")

Bitte freie Schlagwörter nennen
___ Projektarbeit _____
___ Theorie und Experiment aus einer Hand _____
___ forschendes Lernen _____
_____
_____