

Ein Leitfaden zur Definition von Lernzielen.

Bericht 2023-I des GAMM-Fachausschusses „Moderne Lehre und Didaktik in der Mathematik und Mechanik“

6. März 2023

Zusammenfassung

Dieser Bericht soll Impulse und eine Anleitung für die zielführende Definition von Lernzielen geben. Die Definition von Lernzielen und deren transparente Kommunikation an die Lernenden ist die elementare Grundlage dafür, dass eine Lernveranstaltung erfolgreich durchgeführt und insbesondere der Übergang vom Lehren zum Lernen („from teaching to learning“) vollzogen werden kann. Dies gilt nicht nur für Vorlesungen, sondern ebenso für Seminare, Vorträge, Workshops, Kurse bzw., einfach gesagt, alle erdenklichen Veranstaltungen mit dem Ziel des Lernens. „Erfolgreich“ bedeutet in diesem Zusammenhang, dass es allen Teilnehmenden ermöglicht wird, die Lernziele in ausreichendem Maße zu erreichen. Die Zielgruppe sollte demnach immer der Großteil der Teilnehmenden sein, also eher durchschnittliche Studierende, und nicht die „talentiertesten 5%“.

1 Motivation

Die Lehre an deutschen Universitäten, insbesondere in der Mathematik und den Ingenieurwissenschaften, wird immer noch weitgehend in Form von Frontalvorträgen und Monologen durchgeführt, siehe z.B. [1]. Das bedeutet auch, dass die meisten Lernveranstaltungen auf Lerntheorien des Behaviorismus oder bestenfalls des Kognitivismus basieren, vgl. [2, 3]. Die dringenden Empfehlungen gehen aber schon seit geraumer Zeit in eine deutlich andere Richtung (siehe z.B. [4]): Lernumgebungen auf Grundlage konstruktivistischer Lerntheorien (siehe hierzu z.B. [5, 6, 2]) erleichtern das Lernen signifikant, siehe z.B. [7, 8], und sind angesichts der zunehmenden Heterogenität der Studierenden grundlegend als alternativlos einzustufen, siehe z.B. [9, 10, 11]. Lernveranstaltungen sollten daher derart konzipiert sein, dass sie auf studierendenzentrierte sowie kompetenz- und handlungsorientierte Art den Übergang vom Lehren zum Lernen („shift from teaching to learning“), siehe z.B. [12], vollführen. Dazu gehört auch die Förderung der Selbstorganisation und damit die Übernahme von Verantwortung für den individuellen Lernprozess und -erfolg, siehe z.B. [13].

Die eindeutige Definition von Lernzielen ist dabei der erste und sehr wichtige Schritt. Das Ziel dieses Berichts ist es daher, Impulse und Starthilfen dafür zu geben. In Abschnitt 2 werden elementare Punkte aufgeführt, die man bei der Formulierung von Lernzielen stets im Hinterkopf haben sollte. Diese Punkte sollen auch zur kritischen Auseinandersetzung mit den eigenen Lehrveranstaltungen¹ anregen. In Abschnitt 3 gehen wir auf die Taxonomiestufen als nützliche Hilfsmittel bei der konkreten Formulierung von Lernzielen ein. Abschnitt 4 beginnt mit durchaus typischen Beispielen für Formulierungen von Lernzielen, die insbesondere in Modulbeschreibungen zu finden, dabei aber nicht zielführend und nicht hilfreich sind. Dabei gehen wir sowohl auf ein Beispiel aus der Mathematik als auch Mechanik ein. Diese Formulierungen werden dann schrittweise verbessert, wobei jeweils die erzielten Vorteile aber auch die weiterhin bestehenden Unzulänglichkeiten aufgeführt werden, bis eine didaktisch ausgefeilte Form der jeweiligen Beschreibung vorliegt.

2 Leitfaden

Folgende Punkte solltet ihr ganz allgemein bezüglich Didaktik und den zugehörigen Konzepten im Hinterkopf behalten:

- Es ist nicht das primäre Ziel, Prüfungen zu vereinfachen und möglichst alle Studierenden durch diese zu „schleusen“.
- Ganz im Gegenteil: primäres Ziel ist das Erreichen sinnvoller, weil zeitgemäßer und dringend benötigter, Kenntnisse, Fertigkeiten und Kompetenzen. Tendenziell geht dies zumindest nach unserer Erfahrung eher mit einer Anhebung des Niveaus einher.
- Moderne Didaktik ist dabei u.a. dringend erforderlich, damit der Großteil der Studierenden die Lernziele überhaupt erreichen kann. Zudem soll dadurch nachhaltiges Lernen ermöglicht und „Bulimie-Lernen“ vermieden werden.
- Wir Lehrende sind dabei der vermutlich schlechteste Maßstab: Das, was uns im Studium an den Veranstaltungen besonders gefallen hat und was für uns zum Bestehen der Prüfungen bzw. zum Erreichen zufriedenstellender Noten hilfreich war, ist sehr wahrscheinlich nicht repräsentativ für den Großteil der Studierenden.

Folgende Punkte solltet Ihr grundlegend bei der Definition von Lernzielen beachten:

- Eine Auflistung behandelter Themen und Lehrinhalte ist keine Definition von Lernzielen. Dies sollte durch die Beispiele in Abschnitt 4 deutlich werden.
- Bei der Konzipierung einer Lernveranstaltung müssen wir uns ständig fragen, welche Kenntnisse, Fertigkeiten und Kompetenzen die Teilnehmenden nach erfolgreichem Abschluss erlangt haben sollen. Dies muss zudem auch stets transparent den Teilnehmenden kommuniziert werden.

¹Der Begriff Lehrveranstaltung wurde hier mit Absicht gewählt, da bei herkömmlichen Vorlesungen das Lehren im Mittelpunkt steht und das Lernen nicht gefördert und kontrolliert wird. Dies sollte aber der Fokus von Veranstaltungen sein, sodass man bei einem erfolgreichen Übergang vom Lehren zum Lernen von einer Lernveranstaltung sprechen kann.

- Darüber hinaus müssen wir noch detaillierter festlegen, auf welchen Kompetenzniveaustufen (siehe Abschnitt 3) die Lernziele jeweils liegen sollen. Als Bsp.: Einen Beweis/eine Herleitung auswendig zu lernen und rezitieren zu können befindet sich auf einer anderen Niveaustufe als sämtliche Schritte des Beweises tief durchdrungen zu haben oder gar die Kompetenz, eigenständig Beweise für noch ungelöste Problemstellungen führen zu können.
- Es gibt dabei kein „richtig“ oder „falsch“: Ein Lernziel auf einer niedrigeren Kompetenzstufe ist nicht zwangsläufig schlechter als eins auf einer höheren Stufe. Bedenkt dabei, dass die Ziele auf höheren Niveaustufen immer auf den darunterliegenden aufbauen.
- Allerdings sollte die Ausbildung an Hochschulen unbedingt die höheren und auch höchsten Kompetenzniveaustufen adressieren. Dies kann z.B. auch abhängig von der Hochschulform (Fachhochschule, Universität) und des Studiengangs (Bachelor, Master) gemacht werden.
- Wir sollten uns regelmäßig fragen, ob die Lernziele noch zeitgemäß und im Hinblick auf die berufliche Realität relevant sind. In welcher Weise bereiten die Lernziele die Lernenden auf den Beruf vor — auch und vor allem in der Wissenschaft?
- Dabei ist zu beachten, dass sich die Relevanz bestimmter Lernziele mit der Zeit signifikant verändern kann. Während es z.B. lange Zeit vorteilhaft war, viel Wissen auswendig parat zu haben, verliert dies in Zeiten der schnellen Internet-Recherche und Programmen wie ChatGPT zunehmend an Bedeutung. Die zur Verfügung stehenden „Tools“ können und sollten also auch konsequent beim Erreichen bestimmter Lernziele berücksichtigt und zum anderen zur Erweiterung des Spektrums der Lernziele genutzt werden. Das bedeutet, dass nicht mehr zeitgemäße Lernziele durch diese Hilfsmittel abgedeckt und die dadurch eingesparten Kapazitäten mit modernen Lernzielen gefüllt werden sollten.
- Denkt immer an das Motto: “students learn from what they do!”. Die Lernziele, insbesondere auf höheren Taxonomiestufen, können nur mit Nachhaltigkeit erreicht werden, wenn die Lernenden diese Ziele selber aktiv erreichen. Als Bsp.: Das Lernziel, selbst Beweise/Herleitungen führen zu können, kann nicht dadurch erreicht werden, dass Lehrende Beweise vorführen und Lernende nur dabei zuschauen. Es ist also notwendig zu beschreiben, durch welche eigenständigen Tätigkeiten Lernende die Lernziele erreichen können.
- Die Lernziele sollten stets einen engen Bezug zum Studienfach haben, sprich, Aufgaben im Rahmen eines Ingenieurstudiums sollten z.B. immer einen konkreten Bezug zu typischen Problemstellungen aus dem Ingenieurwesen aufweisen. Auch eine Unterscheidung z.B. zwischen Bauingenieurwesen und Maschinenbau kann sehr hilfreich sein. Vorausschauend auf die nachfolgenden Abschnitte sei hier bereits erwähnt: Das Erreichen der höchsten Kompetenzniveaustufen basiert auch und insbesondere auf dem Anwenden, die Realitätsnähe sorgt für eine weitaus bessere Motivation als (möglichst) abstrakte Beispiele.
- Die Lernziele müssen stets prüfbar sein und letztlich auch von uns geprüft werden. Lernziele, die nicht Bestandteil der Prüfung sind, werden vom Großteil der Studierenden nicht erreicht. Im Gegenteil: Wir müssen uns die Prüfung zunutze machen, um durch diese das Erreichen der erwünschten Lernziele zu „garantieren“. Sollte die Prüfungsform dem Erreichen sinnvoller und wichtiger Lernziele im Wege stehen, müssen wir kritisch über die Sinnhaftigkeit der verwendeten Prüfungsform nachdenken.

3 Taxonomiestufen

Die hierarchische Gliederung und Einteilung von Lernzielen geht u.a. auf Arbeiten wie [14, 15] zurück und wurde fortwährend weiterentwickelt. Der hier verfolgte Ansatz beruht grundlegend auf [16] und insbesondere auf den in [17] beschriebenen Erweiterungen. In letztgenannter Arbeit wird die sogenannte Leistungsdimension anhand von bestimmten Verben definiert. Genauer gesagt definieren diese Schlüsselwörter die jeweilige Taxonomiestufe als wichtige Hilfsmittel zur Formulierung von Lernzielen, siehe Tabelle 1.

Tabelle 1: Übersicht verschiedener Taxonomiestufen und zugehöriger Begriffe sowie nutzbarer Verben zur Definition von Lernzielen gemäß [17]

Stufe	Kognitiver Prozess	Passende Verben
1. Erinnern/Wissen: Auf relevantes Wissen im Langzeitgedächtnis zugreifen	Erkennen, Erinnern	schreiben, reproduzieren, auflisten, schildern, bezeichnen, angeben, aufzählen, benennen, zeichnen, skizzieren, wiederholen, ...
2. Verstehen: Informationen aus der Lerneinheit Bedeutung zuordnen	Interpretieren, Veranschaulichen, Klassifizieren, Zusammenfassen, Folgern, Vergleichen, Erklären	darstellen, beschreiben, diskutieren, erklären, zusammenfassen, erläutern, wiederholen, ...
3. Anwenden: Einen Handlungsablauf (ein Schema, eine Methode) in einer bestimmten Situation ausführen oder verwenden	Ausführen, Implementieren	durchführen, berechnen, benutzen, anwenden, lösen, bearbeiten, ...
4. Analysieren: Lerninhalte in ihre konstruierten Elemente zerlegen und bestimmen, wie diese untereinander zu einer übergreifenden Struktur oder einem übergreifenden Zweck verbunden sind	Differenzieren, Organisieren, Zuordnen	testen, vergleichen, auswählen, unterscheiden, gegenüberstellen, analysieren, bestimmen, untersuchen, kategorisieren, ...
5. Beurteilen: Urteile abgeben aufgrund von Kriterien oder Standards	Überprüfen, Bewerten	beurteilen, argumentieren, voraussagen, wählen, evaluieren, begründen, prüfen, entscheiden, kritisieren, abschätzen, werten, schlussfolgern, ...
6. (Er-)Schaffen: Elemente zu einem kohärenten oder funktionierenden Ganzen zusammen setzen; Elemente zu einem neuen Muster oder einer neuen Struktur zusammenfügen	Generieren, Planen, Entwickeln	konstruieren, entwerfen, konzipieren, ableiten, entwickeln, ...

4 Konkrete Beispiele zur Umsetzung

In diesem Abschnitt werden zwei konkrete Beispiele aufgeführt — eins aus der Mathematik und eins aus der Mechanik. Dabei werden jeweils mehrere Schritte einer Evolution von einer ungenügenden bis hin zu einer zufriedenstellenden Formulierung betrachtet. Startpunkt sind dabei übliche und immer noch weit verbreitete Beschreibungen der in den Modulen behandelten Themen.

- Ausgangspunkt

Mathematik:

In diesem Modul behandeln wir den Satz von Green.

Mechanik:

In diesem Modul behandeln wir grundlegende Prinzipien der Dynamik von Starrkörpern.

- + An diesen Formulierungen ist im Sinne der Didaktik nichts positiv anzumerken.
- Wie oben bereits angedeutet, werden dadurch lediglich die Themenschwerpunkte aufgeführt, aber keine Lernziele. Wir Lehrende können daraus zwar ggf. intuitiv ableiten, welche Kenntnisse, Fertigkeiten und Kompetenzen damit verbunden sein könnten bzw. welche wir aus subjektiver Sicht damit verbinden. Dies ist allerdings zum einen für Lernende, selbst wenn Fachbegriffe bereits bekannt sein sollten, unmöglich. Zum anderen sind solche subjektiven Einschätzungen der Lernziele seitens der Lehrenden auch niemals eindeutig. Stellt euch in diesem Kontext vor, dass eine Veranstaltung an eine andere Person übergeht: Ist dieser Person dann eindeutig klar, was genau die Lernziele der Veranstaltung sind und auf was der Fokus gelegt werden soll? Ist dies immer lediglich aus den Unterlagen und verwendetem Lehrmaterial eindeutig ersichtlich? Fragt euch am Ende dieses Abschnittes bitte selber, ob ihr die dort aufgeführten Lernziele direkt und explizit mit den hier genannten Themen verknüpft hättet. Wir halten hier aber bereits fest: Diese Form der Beschreibung von Lernzielen ist weder für Lernende noch für Lehrende zielführend.

- Schritt 1

Der erste Schritt geht in Richtung von Lernaktivitäten, was durch folgende Formulierung erreicht werden könnte.

Mathematik:

In diesem Modul wird die Herleitung des Satzes von Green als Spezialfall des Satzes von Stokes vermittelt. Die Studierenden lernen zudem, den Satz von Green eigenständig auf Problemstellungen anzuwenden.

Mechanik:

In diesem Modul wird die Bedeutung der grundlegenden Prinzipien der Dynamik wie der Kräftesatz und Drallsatz vermittelt. Die Studierenden lernen zudem, diese Prinzipien eigenständig auf Problemstellungen anzuwenden.

- + Positiv ist hier anzumerken, dass zumindest etwas deutlicher wird, was Lernende erwartet und was sie mit den angesprochenen Inhalten/ Themen „tun“ sollen.
- Es ist immer noch viel zu vage formuliert, was genau die Anwendung beinhaltet. Zudem wird nicht darauf eingegangen, welchem Zweck diese Anwendung dient. Damit verbundene Fertigkeiten und Kompetenzen werden nicht spezifiziert, die Beschreibung der Lernziele ist also immer noch unzureichend.

Allgemein lässt sich noch anmerken, dass Formulierungen wie „werden vermittelt“ oder „Die Studierenden lernen“ unbedingt vermieden werden sollten. Lernen ist ein komplexer Prozess, den Lehrende eben nur indirekt beeinflussen können. Hier zu behaupten, dass wir diese Aspekte vermitteln und die Studierenden diese lernen, ist also zu „gewagt“. Unsere Aufgabe als Lehrende ist es, Lernprozesse und deren Initiierung zu ermöglichen, zu erleichtern und zu fördern.

- Schritt 2

Im nächsten Schritt wird konkret auf Fertigkeiten und Kompetenzen eingegangen und auch die oben genannten Behauptungen („wird vermittelt“, „die Studierenden lernen“) werden abgeschwächt.

Mathematik:

Nach erfolgreicher Teilnahme an diesem Modul sind die Studierenden in der Lage, den Satz von Stokes und den Satz von Green auswendig wiederzugeben. Die Studierenden sind weiterhin in der Lage, den Satz von Green als Spezialfall des Satzes von Stokes herzu-leiten. Des Weiteren sind die Studierenden in der Lage, die Flächenmomente nullter, erster und zweiter Ordnung bestimmter vorgegebener Flächen sowohl als Flächenintegral als auch unter Verwendung des Satzes von Green als Randintegral zu berechnen. Dies beinhaltet als Vorbereitung für die Integration die Fertigkeit, geeignete Variablen zu wählen und für den Rand der jeweils vorgegebenen Fläche in Abhängigkeit dieser Variablen eine Parametrisierung vorzunehmen. Die Studierenden sind schließlich in der Lage, die verschiedenen Lösungswege zu vergleichen, Vor- und Nachteile herauszufinden und eigenständig zu beurteilen, welches der Verfahren in verschiedenen Anwendungsfällen zu präferieren ist.

Mechanik:

Nach erfolgreicher Teilnahme an diesem Modul sind die Studierenden in der Lage, die grundlegenden Prinzipien der Dynamik zu benennen und deren Bedeutung für das Lösen von Problemstellungen des Ingenieurwesens zu erläutern. Durch Anwendung dieser Prinzipien sind die Studierenden in der Lage, eigenständig Bewegungsgleichungen für Systeme herzuleiten und diese zu lösen, um die Bewegung dieser Systeme nachvollziehen zu können. Darüber hinaus sind die Studierenden in der Lage, die im System auftretenden

Reaktionskräfte zu berechnen, und diese im Sinne von Tragfähigkeitsnachweisen zu beurteilen. Schließlich sind die Studierenden in der Lage, auf Grundlage dieser Analysen Rückschlüsse hinsichtlich möglicher und ggf. notwendiger Anpassungen an den zugrundeliegenden Systemen zu ziehen und diese zu optimieren.

- + Bei dieser Formulierung wird eindeutig klar, was die Studierenden im Stande sind zu leisten. Dabei wird durch die Verwendung der Schlüsselwörter „wiedergeben“, „herleiten“, „berechnen“, „wählen“, „vornehmen“, „vergleichen“, „herausfinden“, „beurteilen“, „benennen“, „erläutern“, „lösen“, „nachvollziehen“ und „optimieren“ ebenfalls deutlich, auf welcher Kompetenzstufe dies jeweils erfolgt, vergleiche Tabelle 1. Zudem findet sich auch zumindest in dem Beispiel für die Mechanik das „big picture“ des gesamten Moduls wieder, nämlich das Auslegen bzw. Optimieren von Systemen.

Als Text für Modulhandbücher erscheint diese Form der Beschreibung von Lernzielen prinzipiell ausreichend zu sein. Gegebenenfalls sollte man die Beschreibung doch kürzer halten und bzgl. der aufgeführten Lernziele etwas filtern.

- Die verwendeten Mischformulierungen sollte man vermeiden, denn z.B. das Herleiten von Gleichungen, das Lösen dieser und das Nachvollziehen der sich daraus ergebenden Bewegung beschreiben grundlegend Lernziele auf unterschiedlichen Stufen. Gleiches gilt für den nachfolgenden Satz („Reaktionskräfte berechnen“ und diese „beurteilen“). Die eindeutige Entscheidung, ob das Lernziel erreicht wurde, wird dadurch erschwert.

Es bleibt zudem noch offen, durch welche konkreten Tätigkeiten die Studierenden die Fertigkeiten und Kompetenzen erlangen.

Falls Ihr euch an der wiederholten Verwendung der Formulierung „sind in der Lage“ stört, könnt ihr natürlich gerne alternative, aber gleichbedeutende Formulierungen oder eine Auflistung der Punkte nach dem einführenden Satz „Nach erfolgreicher Teilnahme an diesem Modul sind die Studierenden in der Lage,“ verwenden.

- Schritt 3

Im nächsten Schritt werden die Lernziele um die jeweiligen Lernaktivitäten erweitert. Dies führt in der Regel zu recht langen Formulierungen, die ggf. für Übersichten in Modulhandbüchern zu lang sind. Als Grundlage für die eigene Lernveranstaltung sollten die Lernziele allerdings in dieser Form vorbereitet und ebenfalls transparent den Studierenden kommuniziert werden.

Mathematik:

Nach erfolgreicher Teilnahme an diesem Modul sind die Studierenden in der Lage, ...

- *den Satz von Stokes und den Satz von Green auswendig wiederzugeben, indem Sie diese eigenständig (wie unten beschrieben) auf verschiedene Problemstellungen anwenden.*
- *die Herleitung des Satzes von Green als Spezialfall des Satzes von Stokes nachvollziehen, indem sie vorgegebene und detailliert formulierte Herleitungen Schritt für Schritt wiedergeben und erläutern.*

4 KONKRETE BEISPIELE ZUR UMSETZUNG

- *im Kontext der Anwendung des Satzes von Green geeignete Variablen zu wählen und auf dieser Grundlage die Parametrisierung des Randes vorgegebener Flächen vorzunehmen. Dazu implementieren die Studierenden die entsprechenden Gleichungen in das Programm MATHEMATICA und erstellen eine Zeichnung des Randes der Flächen.*
- *die Flächenmomente nullter, erster und zweiter Ordnung der vorgegebenen Flächen sowohl als Flächenintegral als auch unter Verwendung des Satzes von Green als Randintegral zu berechnen. Dazu fertigen die Studierenden Handrechnungen der Flächen- und äquivalenten Randintegrale an.*
- *Vor- und Nachteile der Berechnung der Flächenmomente mit Flächen- bzw. Randintegralen herauszufinden. Dazu implementieren die Studierenden die Berechnung der Randintegrale zusätzlich zu den Handrechnungen mit MATHEMATICA. Durch Vergleiche sind die Studierenden daraufhin in der Lage, sich kontextbezogen für eine der Vorgehensweisen zu entscheiden.*

Mechanik:

Nach erfolgreicher Teilnahme an diesem Modul sind die Studierenden in der Lage, ...

- *eigenständig Bewegungsgleichungen für Systeme herzuleiten, indem sie den Kräfte- und Drallsatz auf vorgegebene Systeme anwenden und damit die jeweilige Bewegungs-Differenzialgleichung herleiten.*
- *die Funktionen der Freiheitsgrade in Abhängigkeit der Zeit für verschiedene Systeme durch den Vergleich mit der vorgegebenen Normalform und der allgemeinen Lösung zu bestimmen.*
- *die Bewegung dieser Systeme visuell nachzuvollziehen. Dazu fertigen die Studierenden Diagramme der zuvor bestimmten Funktionen mithilfe der Programmiersprache Python an und erstellen zudem eigenständig ebenfalls in Python Programme zur Animation der Bewegung verschiedener Systeme.*
- *die im System auftretenden Reaktionskräfte zu berechnen, indem sie eigenständig zielführende Teilsysteme mit Hilfe des Schnittprinzips definieren und für diese den Kräfte- und Drallsatz anwenden.*
- *die Tragfähigkeit der Systeme zu beurteilen. Dazu berechnen die Studierenden auf Basis der zuvor bestimmten Reaktionskräfte die mechanischen Spannungen in den verschiedenen bzw. relevanten Elementen des Systems und vergleichen diese mit den vorgegebenen, maximal zulässigen Spannungen.*
- *Systeme optimal hinsichtlich gängiger Kriterien im Ingenieurwesen auszulegen bzw. zu dimensionieren. Die Studierenden definieren dazu zunächst die jeweilige Zielfunktion und ggf. zugehörige Restriktionen. Anschließend berechnen die Studierenden eigenständig analytische Lösungen für ausgewählte Systemparameter im Sinne einer mathematischen Optimierung.*

+ Hierbei handelt es sich um ausgefeilte und zielführende Formulierungen von Lernzielen.

–

Nachfolgend sind zusätzlich einige Beispiele aufgeführt, die wir aktuellen Modulbeschreibungen entnommen haben. Ziel ist es hier, dass Ihr als Leser*in eigenständig erkennt, inwiefern diese Beschreibungen ggf. unzureichend sind und dass Ihr diese daraufhin beurteilen könnt. Wir bitten um Verständnis, dass wir die Quellen hier nicht nennen.

- „Die Studierenden erlernen die zentralen Begriffe der Linearen Algebra sowie Grundlagen zu Folgen und Reihen.“
- „Nach erfolgreicher Teilnahme an diesem Modul sind die Studierenden befähigt, technische Problemstellungen systematisch anzugehen und zu analysieren.“
- „Die Studierenden sind in der Lage, mit einem 3D-System zu arbeiten.“
- „Die Studierenden lernen die Grundlagen der Linearen Algebra kennen.“
- „Die Studierenden erhalten einen Einblick in die Grundlagen der Finite-Elemente-Methode.“

5 Fazit und Ausblick

Die Anforderungen an Mathematiker*innen und Ingenieur*innen sind im Beruf monoton steigend, neuartige Methoden halten längst Einzug in den Alltag und das Berufsleben. Ein aktuelles und besonders repräsentatives Beispiel dafür sind datenbasierte Methoden und Vorstöße im Bereich der Künstlichen Intelligenz (KI), z.B. unter Verwendung neuronaler Netze. Das Studium muss diesen neuen Anforderungen mit einer zeitgemäßen Ausbildung gerecht werden. Der erste Schritt ist dabei die didaktisch ausgefeilte Definition von Lernzielen, wozu dieser Bericht Impulse liefern und einen Leitfaden an die Hand geben soll. Lernziele bilden das Fundament einer Lernveranstaltung: Ohne die eindeutige Definition von Lernzielen sind wir Lehrende prinzipiell nicht in der Lage, unserer Veranstaltung einen roten Faden sowie ein „big picture“ zu verleihen. Dem entsprechend erkennen die Lernenden diesen roten Faden und das „big picture“ auch nicht und dringend benötigte Lernziele können vom Großteil der Studierenden nicht erreicht werden.

Über die Definition der Lernziele hinaus müssen weitere Konzepte berücksichtigt und angewandt werden, um eine zeitgemäße und kompetenzorientierte Ausbildung zu gewährleisten. Dazu gehört insbesondere das „Constructive Alignment“, das zusätzlich zu den didaktisch sinnvoll definierten Lernzielen noch explizit die Durchführung der zum Erreichen dieser Lernziele notwendigen Lehr- und Lernaktivitäten sowie die Umsetzung einer fortwährenden Lernstandskontrolle berücksichtigt. Im Rahmen dieses Konzepts stellen sich quasi automatisch weitere Fragen, z.B. bezüglich didaktisch geeigneter und kompetenzorientierter Prüfungsformen. Dies sind die nächsten Schritte bei der Konzeption einer didaktisch ausgefeilten Lernveranstaltung, die wir im weiteren Verlauf unserer Aktivitäten näher beleuchten und diskutieren werden.

6 Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Fr. Dr.-Ing. Silke Frye von der IngenieurDidaktik der Fakultät Maschinenbau an der TU Dortmund sowie Fr. Laura Burr vom Institut für Numerische Mathematik der Universität Ulm für wertvolles Feedback zu Zwischenversionen dieses Berichts.

Literatur

- [1] U. Wilkesmann und S. Lauer. “What affects the teaching style of German professors? Evidence from two nationwide surveys”. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, Vol. 18 (4), 2015, S. 713–736
- [2] O. Mayer, J. Hertnagel, und H. Weber. “Lernzielüberprüfung im elearning”. Oldenbourg Verlag München, 2009.
- [3] D. Petko. “Einführung in die Mediendidaktik”, Beltz, 2020.
- [4] ASIIN. “Fachspezifische ergänzende Hinweise zur Akkreditierung von Bachelor- und Masterstudiengängen des Maschinenbaus, der Verfahrenstechnik und des Chemieingenieurwesens”, Stand 09.12.2011
- [5] A.K. Bednar, D. Cunningham, T.M. Duffy, und J.D. Perry. “Theory into practice: how do we link?” in “Constructivism and the technology of instruction” (Hg. T.M. Duffy und D.H. Jonassen), Hillsdale Erlbaum, S. 17–34, 1992.
- [6] M. Kerres. “Multimediale und telemediale Lernumgebungen”. Oldenbourg Verlag München, 1998.
- [7] K.-P. Wild. “Individuelle Lernstrategien von Studierenden. Konsequenzen für die Hochschuldidaktik und die Hochschullehre” in “Beiträge zur Lehrerbildung”, Vol. 23, 2005, S. 191–206.
- [8] H. Siebert, R. Egger, D. Kiendl-Wender, und M. Pöllinger. “Lehren und Lernen aus konstruktivistischer Sicht” in “Hochschuldidaktische Weiterbildung an Fachhochschulen: Durchführung - Ergebnisse - Perspektiven”, Vol. 12, Springer VS Wiesbaden, 2014, S. 49–68.
- [9] B. J. Fraser, H. J. Walberg, W. W. Welch, und J. A. Hattie, “Syntheses of educational productivity research”. *International Journal of Educational Research*, Vol. 11, 1987, S. 147–252.
- [10] C. Eckert, E. Seifried, und B. Spinath, “Heterogenität in der Hochschule aus psychologischer Sicht: Die Rolle der studentischen Eingangsvoraussetzungen für adaptives Lehren” in “Ungleichheitssensible Hochschullehre”, Springer VS Wiesbaden, 2015, S. 257–274.
- [11] F. Greiner, N. Kämpfe, D. Weber-Liel, B. Kracke, und J. Dietrich, “Flexibles lernen in der Hochschule mit digitalen Differenzierungsmatrizen”. *Zeitschrift für Hochschulentwicklung ZFHE*, Vol. 14(3), 2019, S. 287–302.
- [12] R.B. Barr und J. Tagg. “From Teaching to Learning: A New Paradigm for Undergraduate Education”. *Change Magazine*, Vol. 27(6), 1995, S. 12–25.
- [13] R. Collins und M. Hammond. “Self-directed learning: Critical practice”. London Routledge, 1991.
- [14] R.M. Gagné. “Die Bedingungen des menschlichen Lernens”. Schroedel Hannover, 1970.
- [15] D.P. Ausubel, J.D. Novak, und H. Hanesian. “Psychologie des Unterrichts” (Band 1), Beltz, 1980.

- [16] B.S. Bloom (Hg.). "Taxonomie von Lernstufen im kognitiven Bereich". Beltz, 1976.
- [17] L.W. Anderson und D.R. Kratwohl. "A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives". Longman New York, 2001.