

Tonisch, K.

## Mixed signal ... blended learning in der Physik

„Mixed signal“ ist ein technischer Oberbegriff für die Verarbeitung sowohl analoger als auch digitaler (Eingangs-) Signale. Die Reduzierung von Präsenzphasen bei Studienangeboten, die in Teilzeit oder fernstudiert werden, führt in der Regel dazu, dass ein Teil der Lehre in digitalisierte Formen überführt werden. Damit dabei die Anschaulichkeit der präsentierten Inhalte nicht verloren geht, sollten neben Visualisierungen mit Videos, Animationen und Apps auch einfache, selbst durchführbare Experimente Bestandteil der Selbstlernphase sein. Auf diese Weise können Theorie, Experiment, Durchführung und mathematische Auswertung sinnvoll und anschaulich zu einem echten physikalischen und technischen Verständnis verknüpft werden. Gleichzeitig wird der Umgang mit verschiedenen Lernmedien und -methoden geschult und mit einander verknüpft. Im Rahmen des Vorhabens soll daher im Modul Physik eine sinnvolle und effektive Verknüpfung von digitalisierten Lerneinheiten und experimentell vermittelter Anschauung entwickelt werden.

### Inhalt

1. Einführung.....	1
2. Reduktion der Präsenz .....	1
3. Erstellung des Kursraumes und Aufbereitung der Lehrmaterialien.....	2
4. Realisierung und technische Umsetzung .....	3
5. Einbindung von experimentellen Anteilen.....	4
6. Vielfältige Darstellungen: Unterstützung oder Überforderung? .....	5
7. Anbindung an die Bedürfnisse der Arbeitswelt .....	6
8. Fazit.....	6
Autorin .....	7
Hinweise .....	7
Quellenverweise .....	7

### 1. Einführung

Im Rahmen des Programms „Offene Hochschulen“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) werden an der TU Ilmenau im Rahmen des Projektes BASICplus (FKZ 16OH21017, Laufzeit 01.08.2014 – 31.01.2018) auch Zugänge zur Hochschule jenseits des klassischen Vollzeit-Präsenzstudiums erarbeitet. Adressiert werden hier Studieninteressierte jenseits des klassischen Schulabgängers. Dazu zählen

- „Personen mit Familienpflichten,
- Berufsrückkehrer/innen,
- Studienabbrecher/innen,
- arbeitslose Akademiker/innen oder
- Berufstätige, z. B. im Arbeitsleben stehende Bachelor-Absolventen/innen und berufliche Qualifizierte – auch ohne formale Hochschulzugangsberechtigung.“ [1]

Für diese Zielgruppen ist der Schritt aus der Berufstätigkeit in ein Teil- oder Vollzeitstudium mit Risiken und finanziellen Veränderungen verbunden. Daher bietet die Möglichkeit, die eigene Studierfähigkeit und -motivation zu prüfen, bevor der Schritt in ein Teil- oder Vollzeitstudium gewagt wird, eindeutige Vorteile. Dazu kann ein „Studium auf Probe“ gehören, welches an der TU Ilmenau für Studierende ohne formale Hochschulzugangsberechtigung bereits besteht. Einen anderen Weg, um den Wechsel zu erleichtern, bietet ein Einstieg per Teilzeitstudium mit geringer Präsenzphase, wie es aktuell mit 5 Tagen pro Monat in den Studiengängen Elektrotechnik und Maschinenbau (B.Sc.) durchgeführt wird.

### 2. Reduktion der Präsenz

Die Physikausbildung für Studierende der Ingenieurwissenschaften an der TU Ilmenau gliedert sich in eine wöchentliche Experimentalvorlesung, bei der begleitend zur Vorlesung Experimente vorgeführt werden und eine ebenfalls wöchentliche Übung, in welcher in der Regel Sachaufgaben gerechnet werden. Diesen Lehrveranstaltungen

folgt das interdisziplinäre Grundpraktikum, in welchem physikalische, elektrotechnische und weitere Versuche durchgeführt und protokolliert werden. Schon allein wegen der hohen Zahl Studierender ist es organisatorisch unmöglich, das Praktikum für alle Studierenden parallel zur Vorlesung durchzuführen, so dass der Praxisbezug nach der Wissensvermittlung erfolgt. Der Stundenumfang beträgt insgesamt 10 SWS mit je einer Vorlesung und Übung im Winter- und Sommersemester (Physik 1 und 2) sowie dem Physikpraktikum mit insgesamt neun zu protokollierenden Versuchen.

Für ein berufsbegleitendes oder sogar fernstudierbares Angebot im Bereich Physik muss ein großer Teil der klassischen Präsenzlehre umgestaltet und zumindest zum Teil durch digitalisierte Inhalte ersetzt werden. Die starke Reduktion der Präsenzphase hat jedoch die unmittelbare Folge, dass der größte Teil des Wissenserwerbs im Selbststudium erfolgen muss. Das hat im Wesentlichen zwei Konsequenzen.

Zum einen enthalten bereits beim regulären Präsenzstudium die ECTS-Punkte, die innerhalb eines Moduls vergeben werden, typischerweise einen hohen Stundenumfang im Bereich der Selbstlernphasen. Projekte wie ZeitLast [2] zeigen jedoch, dass Studierende das Potential von Selbstlernphasen in der Regel nicht ausschöpfen. Erhöht man im Teilzeitstudium den Anteil des Selbstlernens und fehlen gleichzeitig geeignete Lernstrategien, um das eigene Lernen zu planen, zu strukturieren oder auch den eigenen Lernerfolg zu bewerten, ist der Lernerfolg zwangsläufig geringer als beim Präsenzstudium, welches allein durch die geforderte Präsenzzeit Aspekte wie die Einteilung fester Lernzeiten regelt.

Gerade im ersten Studienjahr oder beim Wiedereinstieg kann es daher für die meisten Studierenden hilfreich sein, wenn diese Selbstlernphasen stark von außen strukturiert und angeleitet werden, so dass hier die Umsetzung eines „blended learning“-Konzeptes für Teil- und Fernstudienmodelle vorgeschlagen wird. Im Rahmen des Projektes wurden daher zunächst die schriftlichen Lehrmaterialien aufbereitet und ein Kursraum auf der Lernplattform moodle [3] eingerichtet, welcher sich neben dem zur Verfügung stellen von Dokumenten wie Skripten und Aufgabenserien auch eignet, um Videos, Simulationen, Applets, aber auch Online-Quizze und weiteres zu verlinken bzw. im Kursraum zu erstellen.

Der zweite wesentliche Aspekt besteht darin, dass durch die Verringerung der Präsenzzeit der klassische Vorlesungs-/ Übungsbetrieb aufgelöst wird zu Gunsten einer

Konsultationsstrategie, in der ergänzende Erklärungen, die Beantwortung von Fragen und das Vermitteln von Methoden in der nun kürzeren Präsenzphase im Vordergrund stehen. Dies führt auch zum Verlust der Vorführexperimente als wesentlichem Bestandteil der Vorlesung und zu der Frage, wie insgesamt 27 Präsenzstunden bei der Durchführung der Praktika aufgefangen werden können. Gerade in den ingenieurwissenschaftlichen Fächern und in der Physik sind Anschauungsobjekte und Experimente ein wichtiger Bestandteil der Lehre, welche sich nicht ohne weiteres in Online-Lernplattformen überführen lassen. Auch das beste Video und die beste Virtualisierung eines Experimentes sind der Realität, dem „Anfassen“ und sinnlichen Erfahren letzten Endes unterlegen. Daher wird neben der zum Teil bereits erfolgten Digitalisierung auch eine Konzeption von einfachen, selbst durchführbaren und zu protokollierenden Versuchen erfolgen müssen, die den praktischen Bezug wiederherstellen.

Daher sollen im Folgenden zunächst die Aspekte der Digitalisierung, insbesondere der Kursraumgestaltung und der Entwicklung von Applets beschrieben werden, da diese zu einem guten Teil bereits realisiert werden konnten. Im zweiten Teil wird der Aspekt des praktischen Experimentierens betrachtet, dieser befindet sich jedoch noch in der Konzeptionsphase.

### 3. Erstellung des Kursraumes und Aufbereitung der Lehrmaterialien

Das Ziel ist es hier, den Selbstlernanteil der Studierenden zu strukturieren und mit Hilfe ergänzender Übungs- und Vertiefungsangebote und eines eingebundenen Feedbacks besser zu unterstützen. Im Einzelnen soll eine strukturierte Lernumgebung aufgebaut werden, welche die Teilnehmer durch die zu vermittelnden Inhalte führt und interaktive Elemente, Selbsttests und eine Anzeige des Bearbeitungsstandes enthält.

Aktuell enthalten die thematisch gegliederten moodle-Kursräume Physik 1 und 2 folgende Elemente:

- Kapitel zu jedem Thema aus dem aktuellen Skript,
- thematisch geordnete Aufgaben,
- Videos einzelner wesentlicher Experimente,
- Applets, die anschaulich Experimente nachbilden (siehe Abb. 1) unter Verknüpfung mit Arbeitsaufträgen und Fragestellungen,
- Online-Quizze mit Verständnisfragen (multiple choice) mit automatischer Bewertung.

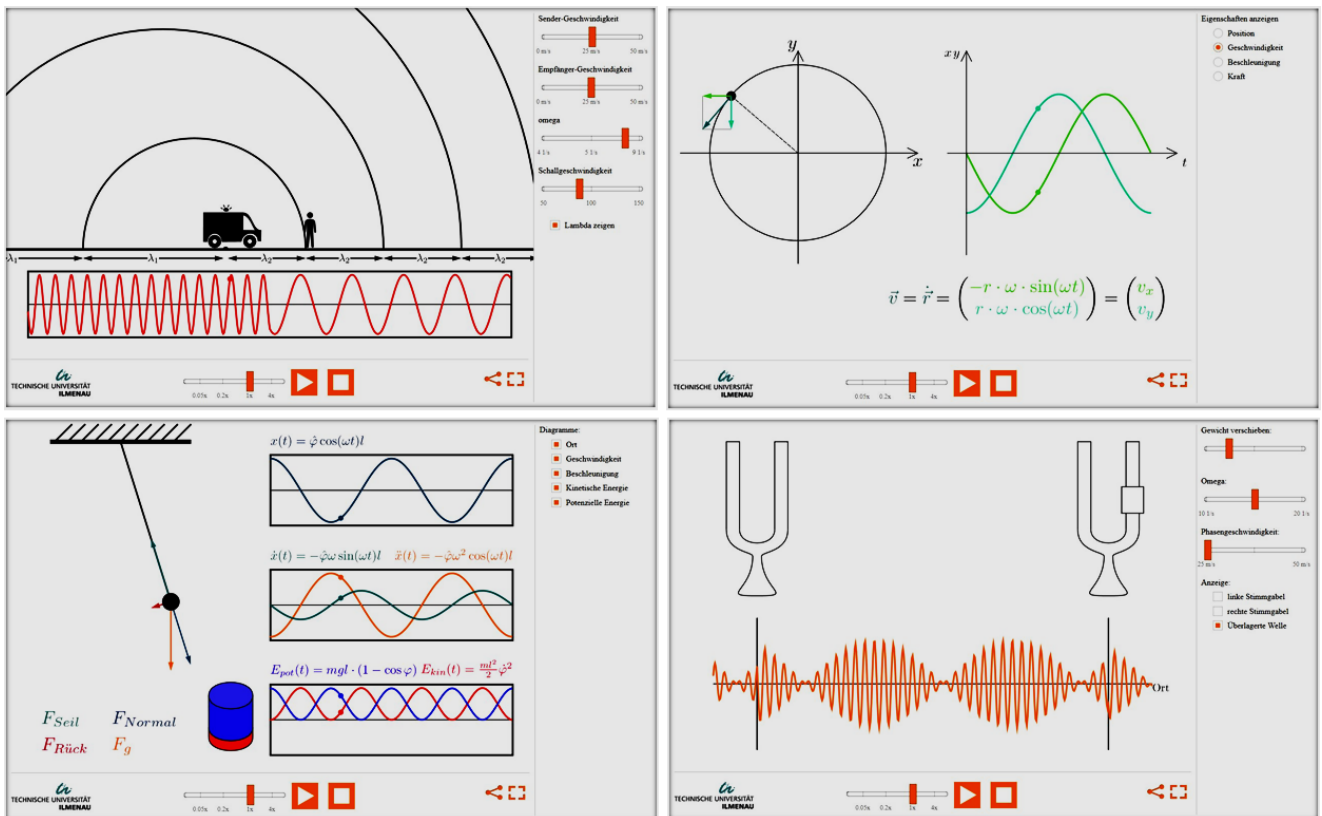


Abb. 1: Beispiele für HTML5-Applikationen zur Darstellung physikalischer Sachverhalte. Diese entstanden im Studienjahr 2015/16 mit Hilfe von Johannes Nau und Hannes Heidtmann, zwei Studierenden der Ingenieurinformatik.

Darüber hinaus geplant ist

- die Erstellung von interaktiven Kreuzworträtseln, mit deren Hilfe der fachspezifische Wortschatz geübt werden kann,
- die Ergänzung der Multiple-Choice-Tests mit kleineren Rechenaufgaben,
- die Erstellung von kommentierten Musterlösungen für häufig verwendete Aufgabentypen,
- die Einbindung aktueller Anwendungsbeispiele aus der ingenieurwissenschaftlichen Praxis und dem Forschungsumfeld der Universität.

Trotz des allgemeinen Ziels, die Präsenzzeit möglichst niedrig zu halten, darf bei der Digitalisierung und der Überführung wesentlicher Anteile des Lernens in Selbstlernphasen der Kontakt zwischen Lehrendem und Studierenden nicht völlig abreißen. Deswegen ist im Falle des reinen Fernstudiums die ergänzende Einrichtung eines Chatkontaktes und die Möglichkeit, Dokumente hochzuladen, sowie diese zu kommentieren und zu bewerten sinnvoll und sollte zusätzlich zu den oben genannten geplanten Ergänzungen erfolgen. Dies kann im Rahmen der Plattform moodle gewährleistet werden.

Neben der Aufbereitung der Dokumente und der Erstellung der Quizze ist die digitale Visualisierung von physikalischen Vorgängen der bei weitem aufwändigste Teil bei

der Erstellung eines in sich geschlossenen Kursraumes. Auf die Herstellung von Lehrvideos wurde bisher aus Gründen des technischen und personellen Aufwands verzichtet. Stattdessen wurden so genannte Applets entwickelt, welche einzelne Effekte grafisch und animiert darstellen und über die Einstellung verschiedener Parameter auch die Betrachtung verschiedener Situationen erlauben.

#### 4. Realisierung und technische Umsetzung

Nutzt man digitale Lernplattformen, so können verschiedene Möglichkeiten der Visualisierung genutzt werden:

1. Reine Animationen und Simulationen, welche den Sachverhalt als bewegtes Bild vorführen ohne Möglichkeit der Interaktion.
2. Lehrvideos, in denen Experimente vorgeführt und erklärt werden.
3. Interaktive Bildschirmexperimente (IBE), welche die Interaktion in eingeschränktem Maße ermöglichen. Dieses digitale Format ermöglicht dem Anwender realitätsgetreue Handlungen mit fotografisch abgebildeten Objekten in Standard-Multimedia-Systemen. Eine wesentliche Eigenschaft des Lernobjekts IBE ist die Repräsentation durch reale Abbilder wie beim Realfilm. Somit basieren die experimentellen Daten und damit die Zustände des

Experimentes auf der Abbildung von realen Vorgängen. Dagegen liegt der Simulation immer ein mathematisches Modell zugrunde. Gerade der Vorteil, „echte“ Vorgänge zu zeigen, führt jedoch zu einem hohen produktionstechnischen Aufwand in der Herstellung solcher Lernobjekte [4].

4. Applets oder Anwendungen (Application, kurz App), bei denen ein physikalischer Sachverhalt ähnlich wie in einer Simulation grafisch dargestellt. Allerdings besteht hier die Möglichkeit, durch das Ändern von Parametern die dazugehörigen Abhängigkeiten gezielt zu betrachten. Dies öffnet die Möglichkeit, Apps ebenso wie IBEs mit Aufgabenstellungen zu verbinden, bei denen eine gezielte Manipulation der Parameter durch den Lernenden mit einer Beobachtungsaufgabe verbunden wird.

Im Rahmen von BASICplus wurde auf den Einsatz von videobasierten Techniken verzichtet, da der technische und personelle Aufwand sich hier als zu hoch darstellte. Zum Teil wurde auf frei verfügbare Lehrvideos zurückgegriffen und diese im moodle-Kurs verlinkt. Stattdessen wurden einige physikalische Effekte als Applet gestaltet.

Die Physik-Apps basieren auf den aktuellen Web-Technologien HTML5/CSS und JavaScript. Damit wird eine Vielzahl von Endgeräten unterstützt. Bei der Entwicklung wurde insbesondere auf eine geeignete Darstellung auf mittleren und großen Displays geachtet.

Jede App besteht aus einem Common-Teil, der für jede App gleich ist, und einem App-spezifischen Teil. Der gemeinsame Teil generiert die HTML-Struktur der Apps, steuert die zyklische Ausführung von Animations- und Zeichenroutinen im App-spezifischen Teil und stellt häufig verwendete Methoden (z.B. Darstellung von Vektorpfeilen oder Diagrammen) zur Verfügung. Der spezifische Teil lässt sich grob in 3 Teile aufteilen: Einen Initialisierungsbereich, der alle Parameter der App abbildet, einen Simulationsteil sowie einem Darstellungsteil. Diese Aufteilung der App reduziert den Entwicklungsaufwand und führt zu einer einheitlichen Darstellung der Apps.

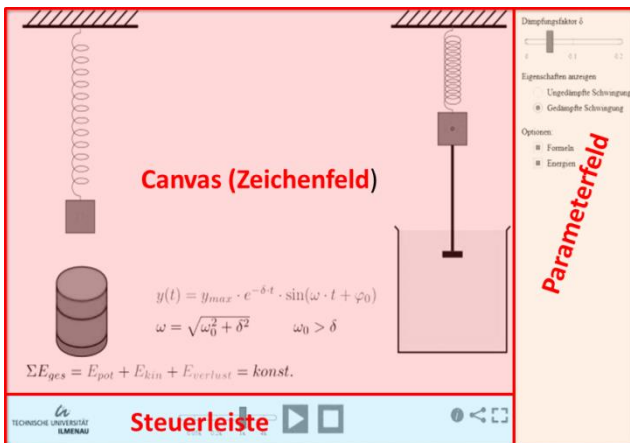


Abb. 2: Aufbau der Darstellung.

Die HTML-Struktur jeder App besteht aus einem Parameterfeld, einem Zeichenbereich (Canvas) und der Steuerleiste (Abb. 2). Im Parameterfeld generiert die App für jeden Parameter je nach Konfiguration entweder Radio- bzw. Check-Buttons oder Schieberegler. Der Zeichenbereich besteht aus einem HTML5-Canvas. Ein Canvas ist eine Zeichenfläche, die durch Javascript pixelweise beschrieben werden kann, wodurch man sehr flexibel in der Darstellung von Inhalten ist. Es ist auch möglich durch eine Javascript-Bibliothek dreidimensionale Szenen darzustellen. Diese werden dann mit Hardwareunterstützung auf der Graphikkarte berechnet.

Die Anzeige ist responsiv gestaltet, so dass je nach anzeigendem Gerät automatisch eine Darstellung im Hoch- oder Querformat gewählt wird. Dabei ist die Anzeige im Querformat die Standardanzeige, welche sich für klassische Bildschirme eignet. Im Hochformat wird das Parameterfeld unterhalb der Steuerleiste dargestellt und eignet sich eher für die Darstellung auf Smartphones und ähnlichem.



Abb. 3: Öffentliche Bereitstellung des Links zum Einbetten der App.

Da die Entwicklung solcher digitaler „Bausteine“ für fernstudierbar gestalte Inhalte aufwändig ist und gleichzeitig durchaus mit Reputation verbunden sind, werden die Apps allgemein zur Verfügung gestellt und können auch von anderen Interessenten genutzt und eingebettet werden (Abb. 3). Dazu muss lediglich der Modul-Loader RequireJS als Skript eingebunden werden. Dieser bekommt als Parameter den Dateinamen des Hauptskripts übergeben. Aufgabe dieses Skripts ist es nun die komplette Webseite auf HTML-Elemente zur durchsuchen die einen „data-app“-Parameter enthalten. Wird ein solches Element gefunden so wird dieses durch die eigentliche App ersetzt, wobei die genaue App hier im „data-app“-Parameter referenziert wird.

### 5. Einbindung von experimentellen Anteilen

Der Erfolg einer Lehrveranstaltung wird insbesondere in physikalisch-technischen Fächern häufig durch die Bearbeitung von Sachaufgaben in einer schriftlichen Klausur geprüft, die - um berechenbar zu bleiben - nach bestimmten Schemata konstruiert werden. Der Wirklichkeitsbezug wird durch Fragestellungen wie „Ein Auto/Zug fährt mit...“ hergestellt. Durch den häufigen Rückzug auf Sachaufga-



ben entsteht jedoch der falsche Eindruck, dass Physik vorwiegend darin besteht, nach einer gewissen Lösungsstrategie einzelne Versatzstücke und Formeln in Form eines Puzzles geschickt zu kombinieren. Diese Überbetonung von Rechenaufgaben hat eine wesentliche Ursache in der leicht messbaren und justiziablen Leistungsermittlung in Form einer schriftlichen Klausur. Dieser Aufgabentyp stellt jedoch auch für den Lernenden vordergründig eine Erleichterung dar, bekommt er doch durch die Aneignung typischer Aufgaben eine sichere Strategie in die Hand, den gestellten Anforderungen zu genügen [5]. Problemlösekompetenzen werden auf diese Weise jedoch nicht vermittelt. Häufig bleibt allein eine ungeordnete und schwankende Zahl von Versatzstücken und Formeln hängen, die ohne Betrachtung von Randbedingungen oder Sinnzusammenhängen ausprobiert werden ganz im Sinne der oben erwähnten Puzzle-Strategie.

Während in der Präsenzlehre dieser Nachteil durch den Rückgriff auf Demonstrationsexperimente in der Vorlesung und durch den Praxisbezug im Praktikum zumindest teilweise wieder ausgeglichen wird, fehlt dieser anschauliche Bezug fast völlig bei ausschließlicher Verwendung von digitalisierten Visualisierungen.

Der eigentliche Erkenntnisgewinn beruht jedoch in der Beobachtung eines Effektes, seiner Isolierung bzw. seines Nachweises im Experiment und der anschließenden mathematischen Beschreibung. Diese Vorgehensweise ist insbesondere für angehende Ingenieure wichtig, da die Nutzbarmachung eines Effektes wesentlich vom Verständnis desselben abhängt. Daher sollte gerade in einer Einführungsveranstaltung im Bereich Physik deutlich mehr Wert gelegt werden auf die Entwicklung eines Konzeptverständnisses anstelle des Einübens von typischen Lösungswegen („*memorizing vs. understanding*“ [6]). Dazu gehört vor allem das „Sichtbar-machen“ von Physik im Alltag, für angehende Ingenieure aber gerade auch in ihrem angestrebten Betätigungsfeld.



Abb. 4: Beispiel eines Experimentierkastens im Bereich Klassische Mechanik der Firma Mekruphy [7].

Experimente erfordern vor allem Zeit für Vorbereitung, Beobachtung und Protokollierung. Genau diese Ressource ist knapp im Falle geringer Präsenzzeiten. Da letztere vor allem benötigt wird für die Reflexion des angelesenen Wissens, die Vertiefung von Fragen, das Vorführen und Üben von Lösungsstrategien, sprengt der Versuch, noch zusätzlich Experimente in diese Präsenzphase einzuplanen den Rahmen der angestrebten reduzierten Präsenzzeit auf höchstens 50% der ursprünglichen.

Ein anderer Ansatz ist die Erstellung von Arbeitsaufträgen zur Durchführung kleiner Experimente durch den Studierenden selbst, die Materialien sollten dabei zur Verfügung gestellt werden.

Zur Durchführung ist festzuhalten, dass es angesichts des breiten Marktes von Experimentierkästen für den Physikunterricht an Schulen (Abb. 4) nicht sinnvoll zu sein scheint, diese Kästen selbst zusammenzustellen. Stattdessen sollte versucht werden, mit einer Auswahl kommerziell erwerbbarer Kästen zu beginnen. Dann könnte gegen eine Leihgebühr oder Kautions der Kasten an die Studierenden weitergegeben werden, so dass ausgewählte Experimente von ihnen selbst aufgebaut, durchgeführt und in einem Kurzprotokoll ausgewertet werden.

## 6. Vielfältige Darstellungen: Unterstützung oder Überforderung?

Die Verwendung verschiedener Medien zur Wissensvermittlung (einschließlich praktischer Anteile) erschließt vor allem eine höhere Variabilität in der Darstellung und komplexe Zugriffsmöglichkeiten. Insbesondere der Einsatz von Lernplattformen wie moodle ermöglichen es, Information zusammenzustellen, flexibel verfügbar zu machen und Interaktionsmöglichkeiten mit Programmen, aber auch mit Menschen (Chats, Bewertungsmodi etc.) zu schaffen.

Die Nutzung verschiedener Medien erschließen durch Multimodalität (Ansprechen verschiedener Sinnesbereiche), Multicodierung (Darstellung in verschiedenen Codesystemen) und Interaktion Möglichkeiten in der Kommunikation, wie sie traditionelle Lehr-Lernformen nicht erreichen. Aus didaktischer Sicht charakterisiert dies eher die Oberflächenstruktur der Lehr-Lern-Umgebung, nicht aber ihre didaktische Qualität oder Ausrichtung. Auch bei der Verwendung digitaler Lernplattformen und Experimentierkästen lassen sich konstruktivistische und instruktionalistische Lehrkonzepte umsetzen. Eine Multicodierung kann hilfreich sein, weil sie verschiedene Beschreibungsformen eines Inhalts anbietet, sie kann aber durch die Informationsflut auch überfordern. Ein wesentlicher Vorteil besteht in der Förderung der kognitiven Flexibilität – Wissen, welches in vielfältiger Weise nutzbar sein soll, muss auch in verschiedenen Arten organisiert, repräsentiert und gelehrt werden [4].

Allerdings muss der Umgang mit vielfältigen Repräsentationen geübt werden. Kozma [8] wies nach, dass der zielgerechte Umgang mit verschiedenen Repräsentationen wie er bei qualifizierten Wissenschaftlern zu beobachten ist, bei Studierenden in der Regel nicht vorausgesetzt werden kann. Ihre Betrachtung ist zunächst oberflächlicher und auf einzelne Darstellungen fixiert, während Experten scheinbar mühelos zwischen den Darstellungsformen wechseln. Dies ist auch in der klassischen Lehre der Fall, wenn zwischen verbalen, mathematischen und grafischen Darstellungen wie Skizzen und Diagrammen gewechselt werden soll [9], wird aber durch den Einsatz von zusätzlichen Darstellungsformen noch verstärkt.

Daher wird hier zunächst ein eher instruierender Ansatz gewählt, der die Studierenden dazu anhält, die verschiedenen Themen und innerhalb der Themen die Bearbeitung von Teilbereichen zu frei gewählten Zeiten, aber in einer eher stark vorgegebenen Reihenfolge zu bearbeiten, damit der (inhaltliche) Sinnzusammenhang erhalten bleibt und als solcher erkannt werden kann. Auf diese Weise wird die scheinbare Gleichzeitigkeit vieler Anforderungen in eine logische Reihenfolge gebracht und die Lernaufgabe insgesamt strukturiert, um der drohenden Überforderung durch viele zu vermittelnde Inhalte, ihre Repräsentationen und die facheigene Methodik entgegenzuwirken.

## 7. Anbindung an die Bedürfnisse der Arbeitswelt

Neben der rein fachlichen Unterrichtung kann über die Adressierung des Lehrstoffes mit unterschiedlichen Medienformen auch der Aspekt des Lernverhaltens berücksichtigt werden. Im Bologna-Prozess ist die Forderung verankert, dass die Fähigkeit, sich selbst weiterzubilden im Sinne des lebenslangen Lernens neben den fachlich-methodischen Kompetenzen zu den zukünftig wichtigsten Kernkompetenzen im Berufsleben gehören werden. Dazu gehört insbesondere

- die Fähigkeit zu lebenslangem selbstgesteuertem Lernen im Sinne des Verfügens über formale Strategien des Lernens zur Bewältigung neuer Lernanforderungen, aber auch
- die Fähigkeit des Einordnens des Lernprozesses in gesamtgesellschaftliche Zusammenhänge als Grundvoraussetzung für die aktive Mitgestaltung unserer Welt,
- die Fähigkeit, sich Orientierungswissen über größere thematische Zusammenhänge anzueignen
- und die Fähigkeit, in ausgewählten Bereichen Detailwissen im Sinne der Vertiefung einzelner thematischer Zusammenhänge zu erwerben.

Im Bereich der physikalisch-technischen Grundlagen kommt dem souveränen Umgang mit digitalen Medien und Lernplattformen und, vielleicht noch stärker, der Verknüpfung mit der unmittelbaren Anschauung und ingenieurtechnischen Praxis eine große Bedeutung zu. Die

vorgestellte Umstellung der Lehre im Bereich Physik zielt darauf ab, mit Hilfe einer strukturierten Lernumgebung die aktive Beteiligung der Studierenden am eigenen Lernprozess zu fördern. Dazu gehört das selbstständige Aneignen von Wissen ebenso wie die Reflexion über Lernziele und bereits erworbene Kompetenzen. Auf diese Weise sollen Techniken des autonomen Lernens entwickelt und gefestigt werden, wie sie für das erfolgreiche Abschließen von Teilzeit- und Fernstudien unerlässlich sind.

## 8. Fazit

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass in grundständigen Studiengängen im ingenieurwissenschaftlichen Bereich ein Teil der Lehre in einen fernstudierbaren Modus übertragen werden kann. Dabei können sowohl die Wissensvermittlung als auch die Aneignung fachspezifischer Problemlösekompetenzen in Online-Kursen erfolgen – diese sollten dann idealerweise gekoppelt sein mit der Möglichkeit durch Chatprogramme und ähnliches Rückmeldungen von Lehrenden zu bekommen. Gleichzeitig ist es wünschenswert, die digitalisierte Vermittlung durch selbst durchzuführende Experimente zu ergänzen, um die für angehende Ingenieure notwendige praktische Erfahrung nicht zu verlieren. Dabei kann in weiten Bereichen, u.a. im Bereich Mechanik, Thermo- und Fluidodynamik, Optik und Akustik, aber auch in der Elektrotechnik und Elektronik zunächst auf kommerzielle Experimentierkästen zurückgegriffen werden.

## Autorin

**Dr.-Ing. Katja Tonisch**, Wissenschaftliche Mitarbeiterin

Anschrift: Technische Universität Ilmenau, Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften, Fachgebiet Technische Physik 1, Institut für Physik, Gustav-Kirchhoffstraße 5, 98683 Ilmenau

E-Mail: [katja.tonisch@tu-ilmenau.de](mailto:katja.tonisch@tu-ilmenau.de)

## Hinweise

Die Verfasser erlauben sich, bei weiblichen und männlichen Personen die männliche oder neutrale Anrede (z.B. Teilnehmer, Mitarbeiter, Studierende/r) zu nutzen. Die nicht genannte weibliche Anredeform ist jeweils eingeschlossen.

Sämtliche Inhalte (Text, Graphik, Daten u.a.) des vorliegenden Dokuments werden im **Open Access Modus** veröffentlicht.

Sämtliche Inhalte (Text, Graphik, Daten u.a.) des vorliegenden Dokuments sind **urheberrechtlich geschützt** (© by TU Ilmenau, BASICplus, 2016-2017). Eine Nutzung ist ausschließlich im Rahmen der üblichen Zitation unter Nennung der veröffentlichten Quelle gestattet.

**Zitationsfähige Quellenangabe:** *Tonisch, K.: Mixed signal ... blended learning in der Physik*; BASICplus Schriftenreihe, Technische Universität Ilmenau, [www.tu-ilmenau.de/basicplus/publikationen](http://www.tu-ilmenau.de/basicplus/publikationen), 2017

**Förderhinweis:** Diese Publikation entstand im Rahmen des Projekts BASICplus „Realisierung einer offenen Studienplattform für die berufsbegleitende und durchgängige Aus- und Weiterbildung in den Ingenieurfächern“. Das Projekt wurde mit Mitteln aus dem Förderwettbewerb „Aufstieg durch Bildung: offene Hochschulen“ aus dem Programm des Bundesministeriums für Bildung und Forschung und der Länder im Rahmen der gemeinsamen Anstrengungen in der Förderung von Wissenschaft und Forschung gefördert (1. Förderphase, Laufzeit August 2014 – Januar 2018, FKZ: 16OH21017).



## Quellenverweise

- [1] [www.wettbewerb-offene-hochschulen-bmbf.de](http://www.wettbewerb-offene-hochschulen-bmbf.de) (31. Mai 2013).
- [2] ZeitLast (TU Ilmenau, Prof. H. Krömker, Förderung durch das BMBF, Laufzeit 04/2009 – 03/2012).
- [3] <https://moodle.de/>
- [4] Raimung Girwitz: Lerntheoretische Konzepte für Multimediaanwendungen zur Physik. Physik und Didaktik in Schule und Hochschule (PhyDid), Nr. 1/3 (2004), S. 9-19.
- [5] H. Dittmann, H. Näpfel, W. B. Schneider: Die zerrechnete Physik, In: Wege in der Physikdidaktik, Band 1, Palm Enke, Erlangen 1989)
- [6] Eric Mazur: Confessions of a converted lecturer, lecture script adapted from E Mazur: Peer Instruction: A User's Manual (Prentice Hall, 1997)
- [7] <http://www.mekruphy.com/mechanik-2.html>
- [8] R. Kozma: The material features of multiple representations and their cognitive and social affordances for science understanding. Learning and Instruction 13 (2003), p. 205-226. 2003
- [9] R. Beichner: Testing student interpretation of kinematics graphs. Am. J. Phys. 62 (1994), p. 750-762.