

EIN SERIOUS GAME MIT LERNENDEN- UND OBJEKTZENTRIERTER AUFGABENGESTALTUNG ALS DIGITALE LÖSUNG BEIM ÜBERGANG ZUR UNIVERSITÄREN INGENIEURAUSSILDUNG

Thomas Müller, Anna Seidel, Franziska Weidle, Marlen Dubrau und Claudia Börner
Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, learn-and-play@b-tu.de

Abstract 1 Studierende der Ingenieurwissenschaften sehen sich großen Barrieren zum Studienbeginn konfrontiert. Dabei nimmt das Grundlagenfach der Technischen Mechanik durch die abstrakten und technischen Inhalte eine besondere Rolle ein. Das im Projekt Learn&Play entwickelte Serious Game adressiert inhaltliche und motivationale Lernschwierigkeiten, indem das Lösen technischer Aufgaben mithilfe spielerischer Elemente unterstützt wird. Der in drei Ebenen aufgeteilte Aufgabenraum – Real-, Lösungs- und Ergebnis- bzw. Feedbackebene – fokussiert individuelle Wissenslücken und liefert eine Antwort auf die Frage, wie das Erlernen mathematisch-physikalischen Fachwissens erleichtert sowie motivational unterstützt werden kann, um abstrakte Problemstellungen der technischen Mechanik zu lösen.

Keywords Technische Mechanik, Fachdidaktik, Motivation, Serious Game, GBL

Abstract 2 First-semester students in engineering studies are confronted with several challenges, such as the abstract and technical content of the basic subject engineering mechanics. The project Learn&Play addresses the content and motivational difficulties by supporting the task process with playful elements. The task space is differentiated into three levels: the levels of reality, solution and result/feedback. This approach can be regarded as a possible answer to the question of how to enhance the acquisition of mathematical and physical knowledge as well as how to support the learners motivationally in order to solve the abstract problems of mechanical engineering.

Keywords Engineering Mechanics, Serious Game, Game-Based Learning, task space

EINFÜHRUNG

Studierende der Ingenieurwissenschaften sehen sich in der Studieneingangsphase mit verschiedenen Herausforderungen konfrontiert [Bosse, Trautwein, 2014]. Neben veränderten inhaltlichen Anforderungen und dem Übergang zu universitären Lehrformaten wird das Grundlagenfach der Technischen Mechanik (TM) als hürdenreich wahrgenommen [Dammann, 2016]. Die TM besteht aus mathematischen und physikalischen Fragestellungen und verfügt über einen hohen Abstraktionsgrad, der u. a. zu hohen Abbruchquoten führt [Dammann, 2016, S. 18]. Weiterhin bestehen in ingenieurwissenschaftlichen Studienrichtungen bereits frühzeitig in verschiedenen technischen Fächern Leistungsschwierigkeiten [Gensch, Kliegl, 2012]. Diese Problematik und die Reduktion der Studierendenzahlen ist weiterhin kritisch, da in Deutschland ein Fachkräftemangel besteht und z.B. die Bundesagentur für Arbeit bereits eine sinkende Zahl von Studienanfänger/innen im naturwissenschaftlichen Bereich verzeichnet [Bundesagentur für Arbeit, 2019; VDI, 2020].

Um dem drohenden Fachkräftemangel entgegenzuwirken, gilt es, geeignete Maßnahmen und Strategien zu entwickeln, die das Wissen und Durchhaltevermögen der Studierenden in der Studieneingangsphase von Ingenieurwissenschaften fördern und entsprechend auf Wissenslücken eingehen [Seidel, Weidle, Börner, Flagmeier, Vossler, 2019]. Nach Gensch und Kliegl fehlt es an dieser Stelle an fachlichen Unterstützungsangeboten sowie an verbesserter Transparenz der Studieninhalte, damit Motivationsverlust und fachliche Schwierigkeiten reduziert werden können [Gensch, Kliegl, 2012, S.9]. Weiterhin ist es förderlich, bereits in der Studienorientierungsphase relevante Inhalte abzubilden [Gensch, Kliegl, 2012].

DAS SERIOUS GAME DES LEARN&PLAY PROJEKTS

Im Rahmen des Projekts *Learn&Play*¹ der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus-Senftenberg (BTU) wird ein Serious Game zur Reduzierung der Barrieren der TM erarbeitet. Ziel ist es, niedrigschwellig in die Thematik der TM einzuführen und durch motivationale Faktoren die Lernenden für eine wiederholte und notwendige Auseinandersetzung mit den Aufgaben zu begeistern. Damit sollen die Bedarfe der Lernenden in der Studieneingangsphase aufgegriffen und die Begeisterung und Motivation zum Lösen von ingenieurtechnischen Problemstellungen befördert werden.

Im Serious Games des Learn&Play Projekts werden die Spieler/innen Teil eines Netzwerks, welches sich dem drohenden Weltuntergang entgegenstellt und zu Handlungen aufruft. Das Digital Storytelling rahmt hierbei die technischen Inhalte und soll die Immersion des Spiels und damit die Motivation zur Lösung von technischen Aufgaben sowie die Begeisterung für die Thematik steigern [Bormann, Greitemeyer, 2015].

Der Schwerpunkt des Serious Games liegt in der Bewältigung technischer Frage- und Problemstellungen. Darin werden gezielt alltägliche und bekannte Objekte bzw. Beispiele abgebildet und mit abstrakten mathematisch-physikalischen Elementen wie z.B. Formeln verknüpft. Damit werden die Komplexität und der Abstraktionsgrad von Aufgaben der TM gemindert und die Lebenswelt der Spielenden adressiert. Um den unterschiedlichen Bedarfen der diversen Studierendenschaft gerecht zu werden, wurde eine adaptive und personalisierte Lernweggestaltung umgesetzt (Börner et al., 2020). Diese bezieht sich u. a. auf fehlerspezifisches Feedback, wie beispielsweise der Anpassung der Spielumgebung und Wiederholung fehlerhafter Aufgaben, sodass die Aufnahme von neuem Fachwissen individuell gefördert wird.

Im Folgenden werden die Aufgaben hinsichtlich ihrer inhaltlichen Ausgestaltung, aber auch der Ansprache von Motivation und der Reduktion von abstrakten und schwer verständlichen Inhalten im Detail beschrieben.

Ausgewählte Inhalte der Technischen Mechanik

Um der Heterogenität der Zielgruppe gerecht zu werden, bedarf es einer Abbildung von Grundlagenwissen im Serious Game, das sich an den Inhalten des Schulunterrichts orientiert. Ergänzend dazu bieten weiterführende Aufgaben die Möglichkeit, erstes Anwendungswissen zu entwickeln, das insbesondere im ingenieurtechnischen Studium relevant ist (siehe Abb. 1, gestrichelt umrandet). In der folgenden Übersicht sind alle inhaltlichen Themen des Serious Games dargestellt.

¹ <https://www.b-tu.de/learn-and-play>, gefördert durch den Europäischen Sozialfond (ESF) und das Ministerium für Wissenschaft, Forschung & Kultur des Landes Brandenburg.

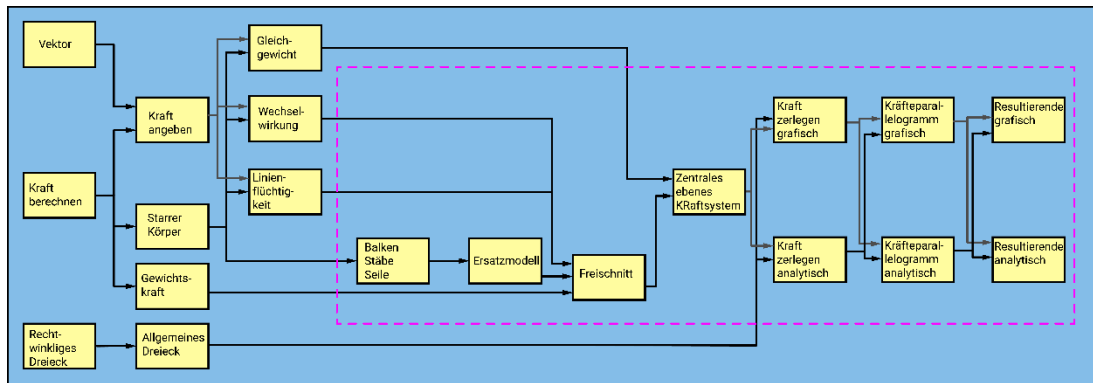


Abbildung 1: Übersicht der im Serious Game verwendeten Lerninhalte (BTU, 2020, CC BY-NC-ND 4.0)

Neben klassischen analytischen Berechnungsaufgaben gibt es weiterhin Aufgaben, die den grafischen Lösungsansatz in den Vordergrund stellen. Ziel ist dabei ein besseres Verständnis von abstrakten Inhalten zu befördern. Mit den grafischen Lösungen, z.B. dem Zeichnen von Kräften und Kraftverhältnissen am realen Objekt, erhalten die Spieler/innen eine visuelle und ergänzende Darstellung der abstrakten und analytischen Berechnungen.

UMSETZUNG DER AUFGABEN IM KONSTRUKTOR

Die Aufgaben, die die Spielenden bewältigen können, finden sich in drei Spielszenarien wieder: der Ausbildung in der Zentrale des Netzwerks, dem Insektenbefall in einem ländlichen Lebensraum und einem Pandemieszenario in einer städtischen Umgebung. Die Aufgaben sind in die verschiedenen Themengebiete der Starrkörperstatik eingeteilt. Dabei kann jedes Thema in jedem Szenario anhand unterschiedlicher objektbezogener Beispiele behandelt werden. Dies ermöglicht es den Spielenden, zwischen verschiedenen Themen zu wählen und so ihren individuellen Spielverlauf selbst zu gestalten. Durch diese Personalisierungsmöglichkeit können unterschiedliche Interessen angesprochen und die Spielenden motiviert werden [Börner et al., 2020]. Die Beispiele bilden den Rahmen für die zu bewältigenden Problemstellungen. Diese werden dann in einem speziellen Spielbereich, dem Aufgabenraum, bearbeitet. Dieser wird im Weiteren als *Konstruktor* bezeichnet und ist mit seinen drei Ebenen dem klassischen Bearbeitungsprozess von mathematischen und physikalischen Berechnungen nachempfunden [Magnus, Müller-Slany, 2005].

Bei der Bearbeitung einer Aufgabenstellung durchlaufen die Spielenden folgende Ebenen: Real-, Lösung- und Ergebnis- bzw. Feedbackebene. In der Realebene machen sich die Spielenden mit der Aufgabenstellung vertraut und sortieren Informationen in gegebene und gesuchte Werte. In der Lösungsebene suchen die Spielenden die geeignete Formel und erstellen den Lösungsweg mit ggf. Zwischenergebnissen und in der Ergebnis- und Feedbackebene ermitteln die Spielenden die Lösung und erhalten dazu Feedback bzw. eine Bewertung.

Realebene

In der Realebene wird den Spielenden die Aufgabe über Dialogfenster vermittelt. Vorher definierte Spielcharaktere, so genannte Non-Player Character (NPC), stellen den Spielenden auf Abruf Informationen zur Verfügung. Die Realebene verfügt weiter über Ablagebereiche für gegebene und gesuchte Werte, in die Informationen aus den Dialogfenstern gezogen werden können.



Abbildung 2: Realbereich des Aufgabenraums mit offenem Dialogfenster, aus dem die Informationen in die Ablagen gezogen werden können (BTU, 2020, CC BY-NC-ND 4.0)

Des Weiteren besteht die Möglichkeit, notwendige Informationen mittels eines Analyse-Tools zu identifizieren. Das bedeutet, dass die Spieler/innen durch Interaktion mit der Spielwelt die notwendigen Werte direkt an der dazugehörigen Stelle im Objekt suchen und dann angezeigt bekommen. Dies verringert den Abstraktionsgrad von Informationen und dem dazugehörigen z.T. alltäglichen Objekt und fördert das Verständnis. Das zu dem Wert dazugehörige Objekt wird darüber hinaus auch in der Symbolik abgebildet (siehe Abb. 2 unten links), um die Verknüpfung in späteren Bearbeitungsschritten aufrechtzuhalten.

Lösungsebene

Nach dem Zuordnen der Werte werden die Spieler/innen zur nächsten Ebene des Konstruktors weitergeleitet. In der Lösungsebene muss der Lösungsweg ausgewählt und definiert werden, ähnlich dem Nachschlagen von Formeln in einem Tafelwerk bzw. dem Festlegen der Zeichenart in einem Koordinatensystem. Das bedeutet, dass die Spieler/innen an dieser Stelle ein Lösungsmodul für eine Berechnung oder eine Zeichnung auswählen. Jedes Modul enthält dabei eine Vorschau, die eine Kurzbeschreibung des jeweiligen Lösungsschrittes beinhaltet (siehe Abbildung 3).



Abbildung 3: Ausgewähltes Modul in der Lösungsebene (BTU, 2020, CC BY-NC-ND 4.0)

Ergebnis- und Feedbackebene

Haben sich die Spieler/innen für ein Modul ihrer Wahl entschieden, können sie im nächsten Schritt die Ergebnisebene betreten. Hier ordnen die Spielenden die vorher identifizierten Werte den entsprechenden Variablen der Formeln zu. Auf das händische berechnen bzw. eintippen der Werte

wird verzichtet, da zum einen der Fokus auf dem richtigen Finden der wichtigen Größen und der Lösungswege gelegt wird und zum anderen der Aufwand für die Umsetzung eines taschenrechnerähnlichen Funktionsbereiches ressourcenintensiv und wenig spielerisch ist.

Anschließend werden den Spielenden die errechneten Lösungswerte angezeigt und um eine kurze Animation ergänzt. Den Spielenden soll damit vermittelt werden, welche Relevanz ihre Berechnungen haben und welche Konsequenzen in der Spielwelt daraus folgen. Sieht die Aufgabenstellung einen grafischen Lösungsweg vor, müssen die Spielenden ihre Lösung an dieser Stelle selbstständig generieren, z.B. indem sie die gesuchten Kraftvektoren selbst einzeichnen.

Den Abschluss der Aufgabenbearbeitung bildet die Auswertung der einzelnen Arbeitsschritte in der Feedbackebene. Die Vorgehensweise sieht ein zwei-stufiges Feedbacksystem vor, das es den Spieler/innen ermöglicht, die Aufgabe bei Fehlern erneut zu bearbeiten [Narciss, 2006, 2010]. Weiterhin regelt es den individuellen Spielfortschritt und die Aufgabenfreischaltung je nach Ergebnis. So kann das Gelernte gesichert werden und leistungsschwachen Spielenden in verschiedenen Kontexten erneut abwechslungsreiche, auf das individuelle Niveau angepasste Aufgaben zur Verfügung gestellt werden. Das Feedback beinhaltet u.a. Informationen, ob ein Fehler gemacht wurde, bei welchem Arbeitsschritt der Fehler entstanden ist und was die Spieler/innen tun können, um die richtige Lösung zu erhalten.

Verweis auf weitere Informationen und Informationsanalyse

Im gesamten Aufgabenraum können die Spielenden vorhandene Werte analysieren. Um die Dekontextualisierung des Wissens zu befördern, können die Lernenden hier auf Informationen wie Formelzeichen, Einheiten und Definitionen zugreifen und damit die zugeordneten Parameter der Aufgabenstellung umfassender betrachten. Sollte den Lernenden weiteres Wissen zur Bearbeitung der Aufgabenstellung fehlen, steht ihnen bei Bedarf ein Glossar mit Begriffsklärungen, Lernvideos sowie kurze textliche Zusammenfassungen der Themen zur Verfügung. Auch in der Feedbackebene werden den Spieler/innen Verlinkungen zu den Wissensseinheiten (Lernvideos und Zusammenfassungen) angezeigt, um Wissenslücken zu schließen und bei Wiederholung der Aufgaben nochmals Hilfestellungen zu leisten.

AUSBLICK

Aktuell ist die inhaltliche Ausgestaltung des Serious Games soweit fortgeschritten, dass der Fokus auf der technischen Umsetzung zur Lösung der Aufgaben liegt. Es gilt auch hier stetig zu eruiieren, inwieweit die fachdidaktische Aufgabengestaltung technisch umgesetzt und auf Grundlage von User Testings weiterentwickelt werden kann.

Bis Frühjahr 2021 gilt es, die Nutzerführung weiterzuentwickeln und ein allgemeines Hilfesystem zur Unterstützung der Spieler/innen zu implementieren. Ziel ist es, dieses mithilfe eines Chatbots umzusetzen und den Spielern/innen damit individuelle Hilfestellungen bereitzustellen. Des Weiteren ist ein Spielmodus geplant, in dem speziell inhaltliche Problemstellungen trainiert werden können. Ferner wird ein Bewertungssystem entwickelt, das nach erfolgreicher Absolvierung von Aufgaben den Fortschritt und die Freischaltung neuer Elemente und Funktionen bestimmt.

Referenzen

Börner, Claudia; Seidel, Anna; Weidle, Franziska; Dubrau, Marlen; Müller, Thomas; Flagmeier, Lukas; Tylkowski, Matthias (2020). Projekt Learn&Play: Personalisierung und Adaptivität in einem Serious Game. In Müller Werder, Claude; Erlemann, Johner (Hg.). *Seamless Learning - lebenslanges, durchgängiges Lernen ermöglichen*. Waxmann, Münster, 225-230.

Bormann, Daniel; Greitemeyer, Tobias (2015). Immersed in virtual worlds and minds: effects of in-game storytelling on immersion, need satisfaction, and affective theory of mind. *Social Psychological and Personality Science* 6.6: 646-652.

Bosse, Elke; Trautwein, Caroline (2014). Individuelle und institutionelle Herausforderungen der Studieneingangsphase. *Zeitschrift für Hochschulentwicklung* 9.5: 41-62.

Bundesagentur für Arbeit (2019). *Berichte: Blickpunkte Arbeitsmarkt – MINT-Berufe*. Nürnberg, S. 20-25.

Dammann, Elmar (2016). *Entwicklung eines Testinstruments zur Messung fachlicher Kompetenzen in der Technischen Mechanik bei Studierenden ingenieurwissenschaftlicher Studiengänge*. Dissertation an der Universität Stuttgart, Fakultät für Erziehungswissenschaft (IfE).

Gensch, Kristina; Kliegl, Christina (2012). Studienabbruch – was können Hochschulen dagegen tun. *Bewertung der Maßnahmen aus der Initiative „Wege zu mehr MINT-Absolventen“*. In: *Studien zur Hochschulforschung* 80, München.

Magnus, Kurt; Müller-Slany, Hans Heinrich (2005). *Stereo-Statik. Grundlagen der Technischen Mechanik*. Vieweg+ Teubner Verlag, Wiesbaden, 35-82.

Narciss, Susanne (2006). *Informatives tutorielles Feedback. Entwicklungs- und Evaluationsprinzipien auf der Basis instruktionspsychologischer Erkenntnisse*. Waxmann, Münster.

Narciss, Susanne (2012). *Feedback in instructional contexts*. In Seel, Norbert M. (Ed.), *Encyclopedia of the Learning Sciences*, Volume F(6), pp. 1285-1289. Springer Science & Business Media, LLC, New York.

Seidel, Anna; Weidle, Franziska; Börner, Claudia; Flagmeier, Lukas; Vossler, Jonas (2019). *Dealing with Diversity – Co-designing a Game-based Learning Scenario in Engineering Studies*. In: *Varietas delectat...Complexity is the new normality*. SEFI 47th Annual Conference Proceedings. Budapest, Hungary. P. 1010-1021.

VDI-Fachbeirat Beruf und Arbeitsmarkt (2020). *Fachkräftesicherung in Zeiten konjunktureller Abkühlung*. <https://www.vdi.de/news/detail/fachkraeftesicherung-bleibt-wichtiges-zukunftsthema> (01.11.2020).