

## **EducationZen – Ein Studienreformprojekt in der Mathematik für Chemikerinnen und Chemiker an der TU Berlin – invertierte Tutorien, ein Zulassungskriterium zur Klausur und Studierende, die eine Probeklausur korrigieren.**

**Franz-Josef Schmitt – Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg**

### **Abstract**

Im Studienreformprojekt EducationZen an der Technischen Universität Berlin wurde eine neue Form von Tutorien entwickelt, in denen die Studierenden unter Anwesenheit von Ansprechpartner\*innen aus der Lehre ihr Hausaufgaben rechnen und dabei 80% der Aufgaben richtig lösen müssen, um zur Klausur zugelassen zu werden. In den Tutorien konnten die Studierenden Fragen zu beliebigen (auch früheren Aufgaben) stellen und sich notfalls die Lösung ggf. auch direkt in die Hand diktieren lassen. Korrekturen der bereits abgegebenen Hausaufgaben konnten bis zur Klausur beliebig oft nachgereicht werden und es wurde die erreichte Punktzahl auf der letzten Abgabe gewertet. Alle Hausaufgaben wurden mit leicht abgewandelten Aufgabenstellungen als Lehrvideo gedreht und sind frei auf YouTube zugänglich.

Um auch die Fehler der Kommiliton\*innen einmal zu sehen, wurde eine Probeklausur abgehalten, die die Studierenden gegenseitig anhand einer Musterlösung korrigierten. Dadurch sank der Arbeitsaufwand der Tutorinnen und Tutoren um ca. 90% für diesen Termin, da es fast nichts zu korrigieren gab. Im Sommersemester 2014, als wir das neue Konzept mit allen Komponenten vollständig installiert hatten, sank dann der Anteil der Studierenden, die durch die Klausur gefallen sind, von 50% auf 10%.

### **Essay**

Ende 2012 haben wir an der Technischen Universität Berlin das Studienreformprojekt EducationZen ins Leben gerufen, das Ende 2016 abgeschlossen und in die Regellehre implementiert wurde. Die Kernidee dieses Projektes war es, in der Mathematik für Chemikerinnen und Chemiker ein flexibles Stufensystem einzuführen, innerhalb dessen sich Studierende selbst einschätzen können und Stufe für Stufe die Geheimnisse der Mathematik erklimmen. Dabei sollten Sie perfekt durch den Stoff geführt werden und quasi automatisiert in das nächste Level geschickt werden, wenn sie den Stoff hinreichend verstanden hatten. Zu diesem Zweck benötigt man hinreichendes feedback, ob denn der Stoff einer Stufe bereits vollständig verstanden wurde, also am besten Aufgaben, die freiwillig und wissbegierig gelöst werden, automatisch korrigiert werden und den Studierenden dann das passende feedback zu ihrem Leistungsstand geben. Die Idee war zunächst, dies über eine Plattform geschehen zu lassen. Deshalb wurden in der ersten Förderperiode des von der TU Berlin finanzierten Studienreformprojektes EducationZEN auch einige Mittel in die Entwicklungsarbeit einer Internetplattform gesteckt, die sich jedoch weder der hinreichenden Funktionalität, noch der Akzeptanz seitens der Studierenden erfreuen konnte, um das gewünschte Ziel zu erreichen. Dies trieb uns damals an, uns etwas Neues auszudenken, wollten wir doch nicht mit einem gescheiterten Projekt abschließen – und es zwang uns, unser Konzept einer Art „Nürnberger Trichter“ im Internet noch einmal komplett neu zu denken. Das war, in der Retrospektive, eine positive Entwicklung.

Natürlich lag das Geheimnis guter Lehre, die flexibel gestaltet ist, und Studierende selbst ermächtigt, ihren Lernfortschritt zu gestalten, nicht in einer Onlineplattform, die in Konkurrenz zu bereits existierenden Plattformen wie Khan Akademie, zahllosen Youtube Videos, Mathewikis oder Flash Seiten mit teilweise ausgereiften automatisch korrigierten Matheaufgaben ins Netz gestellt wird.

Wir erkannten, dass der Schlüssel vielleicht darin bestand, ein vergleichsweise starres System der Mathematikausbildung, wie sie zu dieser Zeit an der TU Berlin in der Chemie praktiziert wurde, aufzubrechen und den Studierenden neue Optionen zu geben, mit viel mehr Flexibilität, viel mehr Eigenverantwortung, aber auch klar definierten Anforderungen, zur Klausur überhaupt zugelassen zu werden und diese dann auch zu meistern. Wir mussten als Coaches auftreten und nicht als entfremdete vorlesende Dozenten, ansprechbar sein und multiple Analogien und Bilder im Kopf haben, wie wir den Studierenden die mathematischen Probleme anschaulich vermitteln konnten, um ein tiefes Verständnis zu schaffen. Wir mussten sie motivieren, selbst zu üben, wie Musiker, die auf einen Auftritt hinfiebern und begeistert sind von den Rockstars, die sie vorher auf der Bühne gesehen haben.

Unser Ziel war es, dass die Studierenden in Eigenverantwortung das nötige Rüstzeug lernen, um bestens präpariert zu sein, dies aber ohne einen externen Zeit- und Leistungsdruck, der ihnen die eigene Mündigkeit raubt. Dafür wollten wir sie beim Üben und beim Verständnis der Mathematik unterstützen.

Zu diesem Zweck wurde deshalb zunächst ein neues Tutorium mit neuen Aufgaben entwickelt, in dem die Studierenden unter unserer Aufsicht ihre freiwilligen Hausaufgaben lösen konnten. Dabei sollten die Aufgaben auch an der ein oder anderen Stelle einen stärkeren Bezug zur Chemie oder Physik bieten, damit die Sinnhaftigkeit der Notwendigkeit, die Mathematik zu erlernen, besser begriffen wurde. Mehrdimensionale Optimierungsprobleme, Wegintegrale in der Thermodynamik und Differentialgleichungssysteme zur Beschreibung der Photosynthese wurden somit beispielsweise zum Bestandteil der Übungen. Ziel war es, dass alle Studierenden alle Aufgaben auch wirklich gerechnet haben, bevor sie in die Klausur gehen.

Im ersten Durchlauf funktionierte dies jedoch noch nicht so recht. Möglicherweise aus historischen Gründen hatten die Studierenden nicht wirklich die Absicht, die fakultativen Aufgaben zu rechnen. Unser neu geschaffenes Tutorium blieb leer, die neuen Aufgaben blieben unbearbeitet. Wir sahen also ein, dass es so ganz freiwillig an dieser Stelle nicht weitergehen würde.

Deshalb wurde ein 80% Zulassungskriterium erdacht, das unter Absegnung durch die Ausbildungskommission und bei erstaunlich hoher Akzeptanz seitens der Studierendenschaft (die Zulassungshürde selbst wurde sogar positiv evaluiert) verlangte, dass 80% der Hausaufgaben richtig gerechnet sein mussten, bevor jemand in die Klausur treten durfte. Da diese Hürde, gerade in der Mathematik, quasi unüberwindlich scheint, wurde jedoch vereinbart, dass neben den Sondertutorien, in denen die Studierenden direkt rechnen und auch nach der Lösung fragen konnten und sich quasi so die Lösung ggf. auch von uns in die Hand diktieren lassen konnten, auch Korrekturen der bereits abgegebenen Hausaufgaben möglich sind, beliebige Fragen gestellt werden konnten (was ja selbstverständlich sein sollte) und erst die letzte Abgabe schlussendlich für das Zulassungskriterium gewertet wird. Die Hausaufgaben konnten somit jederzeit im Semesterverlauf abgegeben werden und auch die Korrekturen derselben jederzeit nachgereicht werden. Es wurde lediglich eine Deadline gesetzt, die hinreichend Zeit für die finalen Korrekturen bieten musste, denn wie zu erwarten, war besonders in der kurzen Zeit vor der Deadline der Korrekturaufwand, also die Flut der Abgaben, immens. Mit diesem Verfahren waren wir ein gutes Stück weiter. Die Rechenübungen waren plötzlich voll und es etablierte sich ein völlig neuartiges Tutoriengefühl. Nur wenn sehr allgemeine Fragen, die für alle von Interesse waren, gestellt wurden, stellte sich überhaupt mal jemand an die Tafel, sonst rechneten alle in Gruppen von bis zu einem Dutzend Studierenden emsig vor sich hin, meldeten sich, wenn keiner am Tisch mehr die Lösung wusste und warteten bis die Dozierenden, die zwischen den Tischen hin und her sprangen, Zeit für die gestellten Fragen und hoffentlich eine anschauliche Lösung parat hatten. Wurde diese Zeit zu lang, so drehte man sich auch mal zum Nachbartisch um, worauf die Dozierenden merkten, dass sie gar nicht mehr

so unbedingt gebraucht wurden, hatten wir doch eine Übungsgruppenkultur, die in der Veranstaltung abhanden gekommen war, wieder neu geschaffen.

Doch wurde hier wiederum die Schwierigkeit offenbar, dass manche Studierende aus zeitlichen Gründen vielleicht daran gehindert waren, unsere Rechenübungen zu besuchen. Immer wieder kamen auch Studierende mit alten Blättern, so dass die Übungsgruppen vor allem gegen Ende des Semesters zu zerfasern drohten, weil quasi jeder eine eigene individuelle Frage zu irgend einer alten Aufgabe hatte. Deshalb rechneten wir alle Hausaufgaben mit leicht abgewandelten Aufgabenstellungen als Übungsaufgaben alle einmal vor – aber auf dem Tablet als screencast, auf YouTube, so dass alle Studierenden jederzeit die Musterlösung zu ihrer Aufgabenkategorie im Internet Schritt für Schritt an der Tafel vorgerechnet nachvollziehen konnten. Ich lernte erst zu dieser Zeit, dass dieses Konzept, im Unterricht live zu rechnen und sich die Arbeit der Dozierenden an der Tafel zu Hause im Internet anzusehen, als „inverted classroom“, also invertierter Klassenraum, bezeichnet wurde. Wir hatten also einen invertierten Klassenraum mit einem Pool von fast 200 Lehrvideos geschaffen [1]. Da dies nicht die ganze Veranstaltung betraf, sondern nur die Tutorien, die Vorlesung aber erhalten blieb, sprachen wir fortan von den teilinvertierten Tutorien in der Mathematik für Chemikerinnen und Chemiker [2,3,4,5].

Um den Studierenden nicht nur die eigenen Fehler, sondern auch die Fehler ihrer Kommilitonen und Kommilitoninnen sichtbar zu machen, wurde schlussendlich ein Verfahren eingeführt, das Prof. Marc Ihle an der Hochschule Karlsruhe entwickelt hatte und dafür mit einer Fellowship des Stifterverbands für die Hochschullehre ausgezeichnet wurde (wie auch wir in den Folgejahren), das sogenannte peer marking. An einem Termin der Rechenübungen wurden nicht einfach Hausaufgaben gerechnet, sondern eine ausgeteilte Probeklausur. Anschließend wurden die pseudonymisierten Blätter eingesammelt, kopiert und jeweils drei davon zufällig an die Studierenden des teilnehmenden Tutoriums verteilt. Diese korrigierten dann mit einer vorgegebenen Musterlösung emsig die Abgaben ihrer Kommilitoninnen und Kommilitonen und erkannten neben ihren eigenen Fehlern die Fehler, die sie nicht selbst aber andere gemacht hatten. Insbesondere lernten sie, Aufgaben auch wirklich schrittweise zu überprüfen, um beispielsweise Folgefehler zu verstehen und die inhärente Logik einer Rechnung auch wirklich nachzuvollziehen. Ein netter Nebeneffekt der peer marking Veranstaltung war, dass es nach Ende des Termins keine Abgaben für die Tutorinnen und Tutoren zu korrigieren gab. Es konnte einfach der erreichte Punktestand aller drei studentischen Korrekturen gemittelt werden und dies wurde den Studierenden als Ergebnis „ihres Übungsblattes“ mitgeteilt, natürlich mit der Option, nachzukorrigieren, falls die 80% nicht erreicht waren. Die Studierenden hatten sich dazu also gegenseitig selbst korrigiert.

Das System schien uns dabei beliebig skalierbar. Nichts würde wirklich dagegen sprechen, in jedem Tutorium nach dem peer marking Prinzip zu verfahren. Dies haben wir jedoch aus Gründen des Respekts vor der eigenen Verantwortung als Dozierende (aus mir bis heute nicht wirklich eingängigen Gründen) am Schluss doch nicht durchgeführt und an den übrigen 11 von 12 Terminen die 100 Abgaben in 50 Arbeitsstunden (verteilt auf 5 Tutorinnen und Tutoren sowie mich als Übungsleiter) selbst korrigiert, während ein peer marking Termin über 2 Stunden von 2 Tutoren betreut werden konnte und fast ohne Korrekturen auskam (bis auf die nachgereichten Nachkorrekturen für das 80 % Kriterium).

Diese dreifaltige Neugestaltung, die Einführung neuer Rechenübungen mit neuen praxisnahen Aufgaben und Lehrvideos zu allen Aufgaben, die Einführung eines hohen Zulassungskriteriums für die Klausur mit der Möglichkeit der Korrektur bereits abgegebener, aber fehlerhafter Blätter und die Probeklausur, die sich die Studierenden gegenseitig anhand einer Musterlösung selbst korrigierten, führte schließlich dazu, dass im Sommersemester 2014 die Quote der nichtbestanden Klausuren von

über 50 % auf schmale 10 % fiel. Statt der Hälfte des Kurses sind also nur noch ein paar wenige vereinzelte Studierende durch die Klausur gefallen. Gleichzeitig hatte sich die Durchschnittsnote des ganzen Kurses von 3,3 auf 2,3 verbessert.

Dies klingt nach fantastischen Zahlen. Man muss aber fairerweise auch sagen, dass statt wie üblich 95 % nur noch 55 % des Jahrgangs überhaupt zur Klausur angetreten sind. Die anderen hatten eben das hohe Zulassungskriterium nicht gemeistert oder sich von den Stufen, die sie zunächst erklimmen mussten, abschrecken lassen. Unter dem Strich hat sich also die Absolutzahl der Studierenden, die erfolgreich im ersten Anlauf die Klausur bestanden haben, nur marginal verbessert. Ein deutlicher Unterschied aber war, dass die Studierenden, die nicht angetreten und durchgefallen sind, natürlich auch nicht in den 2. Prüfungsversuch gerutscht sind und somit nicht unter dem psychischen Druck standen, bald herausgeprüft zu werden.

Der Erfolg dieses Studienreformprojekts begründet sich jedoch noch anders. Es hängt zwar alles stark davon ab, dass auch wirklich mit Vehemenz und viel Aufwand mit den Studierenden an den Aufgaben gearbeitet wird, Lehrvideos aufgezeichnet werden und Probeklausuren abgehalten werden, bei der in einem neuartigen Lehrmodell mit Blättertausch 100 Studierende von 2 Dozierenden dirigiert werden müssen. Es hängt davon ab, dass man bereit ist, wieder und wieder falsche Aufgaben anzustreichen und zu korrigieren und ausführlich zu erklären, warum die Aufgaben denn immer noch fehlerhaft sind und wie der richtige Lösungsweg ausgesehen hätte, und es hängt vor allem davon ab, dass man in der heißen Phase am besten jederzeit für die Studierenden (z.B. per mail) erreichbar ist. Aber der Erfolg lohnt sich. Denn ein System der Angst, in dem eine Klausur von mehr als der Hälfte des Kurses im ersten Anlauf nicht geschafft wird, wird in ein System der Selbstermächtigung transformiert, in dem die Studierenden flexibel arbeiten und selbst entscheiden, wann sie für die Klausur präpariert sind. Den Beweis dafür erbringen sie anhand einer Abgabe von 80% richtiger Hausaufgaben. Die Studierenden konnten sich darüber hinaus herausuchen, wann sie die Hausaufgaben rechnen. Sie konnten sich dafür eine direkte Hilfestellung holen und sie wurden nicht dafür bestraft, beliebig viele Fehler zu machen. Sie konnten ihre Fehler korrigieren und konnten die Klausur dann auch noch in einer Probeklausur „erleben“. Wenn sie selbst zufällig Fehler, für die sie eigentlich anfällig gewesen wären, doch nicht gemacht haben, dann aber zufällig genau diese Fehler bei ihren Kommilitoninnen und Kommilitonen korrigieren durften, lernten sie noch einmal etwas Neues hinzu. Die Studierenden mussten schlussendlich sich lediglich während der echten Klausur innerhalb von 120 Minuten auf den Punkt profilieren. Diese Anforderung blieb. Die Klausur, die zweimal im Semester abgehalten wurde, war dann der Prüfstein, dem man sich sehenden Auges nähern musste, wie immer. Die Flexibilität bei der Bearbeitung, die direkten Hilfestellungen, die Notwendigkeit der iterativen Auseinandersetzung und der klar kommunizierte Anspruch zur Zulassung und zum Bestehen der Klausur, waren schlussendlich die essentiellen Elemente, die die Lehrveranstaltung auf das Niveau gehoben haben, das erwachsenen Studierenden auch gebührt.

Leider wurde ich selbst nur diese vier Jahre lang mit der Leitung von EducationZEN und der Übungen in der Mathematik für Chemikerinnen und Chemiker betraut und wechselte dann in ein anderes Projekt. Seitdem wurde die Veranstaltung inzwischen wieder ein bisschen stärker formalisiert, erlaubt nicht beliebig viele Abgaben, setzt für jedes Blatt eine deadline und arbeitet nicht mehr mit dem gegenseitigen Korrigieren. In den Regelbetrieb übernommen ist jedoch das teilinvertierte Konzept mit den Rechenübungen und Lehrvideos.

Das Konzept der teilinvertierten Lehre habe ich an der TU Berlin auf zahlreiche weitere Veranstaltungen übertragen, vor allem auch Praktika oder studierendenzentrierte Zusatzmodule im freien Wahlbereich wie das mehrfach preisgekrönte Modul „iGEM-Synthetische Biologie“, doch davon an anderer Stelle mehr [6,7,8].

1. [https://www.youtube.com/watch?v=kNVKXKUIRKY&list=PLxBGoo9cyo3-gl0SC\\_7TUfIZ8jFiCXtOT](https://www.youtube.com/watch?v=kNVKXKUIRKY&list=PLxBGoo9cyo3-gl0SC_7TUfIZ8jFiCXtOT) (Stand 28.1.2020)
2. F.-J. Schmitt, T. Schönemann, F. Kruse, F. Egbers, S. Delitzscher, J. Weissenborn, A. Aljanazrah, T. Friedrich, Targeted Inversion of the Tutorials in “Mathematics for Chemists”, A Case Study, *Association for the Advancement of Computing in Education (AACCE)*, 2015/4, 191-200 (2015)  
[https://www.researchgate.net/publication/338855338\\_Targeted\\_inversion\\_of\\_the\\_tutorials\\_in\\_Mathematics\\_for\\_Chemists\\_a\\_case\\_study](https://www.researchgate.net/publication/338855338_Targeted_inversion_of_the_tutorials_in_Mathematics_for_Chemists_a_case_study) (Stand 28.01.2020)
3. F.-J. Schmitt, F. Kruse, F. Egbers, S. Delitzscher, T. Schönemann, B. Theis, S. Wilkening, M. Moldenhauer, R. Wiehe, M. Willoweit, C. Keuer, A. Aljanazrah, T. Friedrich, Effectiveness of Using Interactive Targeted Inverted (IGT)–Education on Students’ Learning at the Technische Universität Berlin, *Society for Information Technology & Teacher Education International Conference*, 2146-2153 (2017),  
[https://www.researchgate.net/publication/319187096\\_Effectiveness\\_of\\_Using\\_Interactive\\_Targeted\\_Inverted\\_IGT\\_-\\_Education\\_on\\_Students'\\_Learning\\_at\\_the\\_Technische\\_Universitat\\_Berlin?\\_sg=VFUr1PbTa7T7WAEixTfCO6-WWAAMOBHd1xy5LwUrGkCFHtMFH025R71LkYH-0YBpOiZ1ZhqbwFFRBmk8gSD4rBD6E5fm-T8f2BpseuTNVgQ.TIVsS892Sjha8GtOT-uXeVESAmq\\_r\\_qwZL37T3qzunAAxLF60P\\_Kynqp\\_tU9dePkewNUGTrN339Kpx9Zlga-dQ](https://www.researchgate.net/publication/319187096_Effectiveness_of_Using_Interactive_Targeted_Inverted_IGT_-_Education_on_Students'_Learning_at_the_Technische_Universitat_Berlin?_sg=VFUr1PbTa7T7WAEixTfCO6-WWAAMOBHd1xy5LwUrGkCFHtMFH025R71LkYH-0YBpOiZ1ZhqbwFFRBmk8gSD4rBD6E5fm-T8f2BpseuTNVgQ.TIVsS892Sjha8GtOT-uXeVESAmq_r_qwZL37T3qzunAAxLF60P_Kynqp_tU9dePkewNUGTrN339Kpx9Zlga-dQ) (Stand 28.01.2020)
4. A. Aljanazrah, F.-J. Schmitt, T. Friedrich, Evaluation of the use of flipped classroom based tutorials in “mathematics for chemists” course from students`perspective, *Research Highlights in Education and Science* 150 (2017),  
[https://www.isres.org/books/Research\\_Highlights\\_in\\_Education\\_and\\_Science\\_2017\\_21-12-2017.pdf](https://www.isres.org/books/Research_Highlights_in_Education_and_Science_2017_21-12-2017.pdf) (Stand 28.01.2020)
5. F. Schmidt, F.-J. Schmitt, L. Böger, A. Wilhelm-Weidner, N. Torjus, Digital Teaching and Learning Projects in Engineering Education at Technische Universität Berlin, *ASEE 2019 Conference Proceedings* (2019)  
[https://www.researchgate.net/publication/337398923\\_Digital\\_Teaching\\_and\\_Learning\\_Projects\\_in\\_Engineering\\_Education\\_at\\_Technische\\_Universitat\\_Berlin](https://www.researchgate.net/publication/337398923_Digital_Teaching_and_Learning_Projects_in_Engineering_Education_at_Technische_Universitat_Berlin) (Stand 28.1.2020)
6. F.-J. Schmitt, C. Schröder, Z.Yenice Campbell, S. Wilkening, M. Moldenhauer, T. Friedrich, Self-dependent students in transdisciplinary projects tend to higher interest in sustainability research, *Education Excellence for Sustainable Development*, SEFI Annual Conference 2017, 25-32, [https://www.sefi.be/wp-content/uploads/SEFI\\_2017\\_PROCEEDINGS.pdf](https://www.sefi.be/wp-content/uploads/SEFI_2017_PROCEEDINGS.pdf) (Stand 28.01.2020)
7. F.-J. Schmitt, Z. Yenice Campbell, H.-J. Schwab, M. Weinkauf, C. Schröder, Forschendes Lernen in der Studieneingangsphase – die Projektlabore im Orientierungsstudium MINT<sup>grün</sup> Greifswalder Beiträge zur Hochschullehre, Okt. 2018, S. 75 ff. [https://www.uni-greifswald.de/fileadmin/uni-greifswald/2\\_Studium/2.1\\_Studienangebot/2.1.4\\_Qualitaet\\_in\\_Studium\\_und\\_Lehre/interStudies/UniBroschu\\_re\\_Web\\_final.pdf](https://www.uni-greifswald.de/fileadmin/uni-greifswald/2_Studium/2.1_Studienangebot/2.1.4_Qualitaet_in_Studium_und_Lehre/interStudies/UniBroschu_re_Web_final.pdf) (Stand 28.01.2020)
8. F.-J. Schmitt, Z. Yenice Campbell, J. Lefebre, F. Graeger, S. Frielingsdorf, N. Budisa Studierendenzentrierte Projekte nach dem Prinzip des forschenden Lernens stiften hohe Motivation, *Proceedings des MINT Symposiums Nürnberg*, 26./27.9.2019  
[https://www.researchgate.net/publication/337709303\\_Studierendenzentrierte\\_Projekte\\_nach\\_dem\\_Prinzip\\_des\\_forschenden\\_Lernens\\_stiften\\_hohe\\_Motivation](https://www.researchgate.net/publication/337709303_Studierendenzentrierte_Projekte_nach_dem_Prinzip_des_forschenden_Lernens_stiften_hohe_Motivation) (Stand, 28.1.2020)