



Heat and Flow in Zeiten von Corona

J.G.M. Kuerten

Power & Flow, Department of Mechanical Engineering, Eindhoven University of Technology

Abstract

Dieser Artikel beschreibt den Aufbau des Kurses „Heat and Flow“ im zweiten Jahr des Bachelor-Studiengangs Maschinenbau der Technischen Universität Eindhoven. Vor der Coronapandemie und der damit verbundenen Sperrung wurden verschiedene Maßnahmen ergriffen, um die Erfolgsquote dieses Kurses zu erhöhen, die früher sehr niedrig war. Insbesondere wurde neben den normalen Kurselementen von Vorlesungen, Instruktionen und Übungen eine vollständige Online-Version des Kurses entwickelt. Auf diese Weise werden Studierende mit unterschiedlichen Lernstilen bedient. Um die Studierenden zu motivieren, lange vor der Prüfung genügend Zeit für den Kurs zu verbringen, wurde ein System obligatorischer Fortschrittstests entwickelt. Ein gutes Ergebnis für jeden Test ist die Voraussetzung, um die Prüfung des Kurses zu bestehen. Die Anzahl der Versuche für jeden Test ist innerhalb eines bestimmten Zeitrahmens unbegrenzt. Die Kombination beider Entwicklungen verbesserte die Erfolgsquote des Kurses erheblich. Während der Coronapandemie wurde das gleiche System aufrechterhalten, indem alle Elemente des Kurses synchron, jedoch online angeboten wurden. Die schriftliche Prüfung wurde durch eine online beaufsichtigte Prüfung ersetzt. Die Studierenden waren mit dieser Art des Unterrichts zufrieden, aber die Teilnahme an den Übungsstunden war sehr gering. Sie kann verbessert werden, indem sie in kleinen Gruppen mit jeweils einem persönlichen Tutor organisiert werden.

This paper describes the set-up of the course Heat and Flow in the second year of the bachelor program in Mechanical Engineering of Eindhoven University of Technology. Before the corona pandemic and its associated lockdown, several measures have been taken to increase the success rate of this course, which used to be very low. In particular next to the normal course elements of lectures, instruction and exercise sessions, a complete online version of the course has been developed. In this way students with different learning styles are served. In order to stimulate students to spend sufficient time on the course well before the exam, a system of compulsory progress tests has been developed. A good result for each test is a requirement to pass the exam of the course. The number of attempts for each test is unlimited within a certain time frame. The combination of both developments significantly improved the success rate of the course. During the corona pandemic, the same system was maintained by offering all elements of the course in a synchronous way, but online. The written exam was replaced by an online proctored exam. Students were satisfied by this way of teaching, but the participation in the exercise sessions was very low. This can be improved by organizing them in small groups, each with a personal tutor.

*Corresponding author: j.g.m.kuerten@tue.nl

Dieser Artikel wurde im Original in Englisch eingereicht.

1. Einleitung

In diesem Beitrag beschreibe ich die Lehr- und Bewertungsmethoden, die in der Lehrveranstaltung Heat and Flow des zweiten Jahres des Bachelor-Studiengangs Maschinenbau an der Technischen Universität Eindhoven während der Corona-Pandemie im Frühjahr 2020 eingesetzt wurden. Um dies in den richtigen Kontext zu stellen, werde ich zunächst in Abschnitt 2 die Geschichte dieses Kurses darstellen, wobei ich insbesondere aufzeigen werde, wie der Kurs im Laufe der Jahre verändert wurde, um die Erfolgsquote zu erhöhen. Als Nächstes werde ich in Abschnitt 3 die Lehrmethoden beschreiben, die im akademischen Jahr 2019-2020 während der Corona-Pandemie angewandt wurden, als der gesamte Unterricht auf dem Campus aufgrund des Lockdowns nicht erlaubt war. In Abschnitt 4 werde ich die aus dieser Erfahrung gezogenen Lehren und die im nächsten akademischen Jahr, als die Corona-Maßnahmen teilweise gelockert wurden, ergriffenen Maßnahmen zur Verbesserung des Lehrens und Lernens diskutieren. Im letzten Abschnitt werden die wichtigsten Schlussfolgerungen vorgestellt.

2. Geschichte von Heat and Flow

Im Jahr 2012 startete die Technische Universität Eindhoven (TU/e) eine komplett neue Einrichtung für alle Bachelor-Studiengänge, das sogenannte Bachelor College. Damit sollten sowohl die Anzahl und die Vielfalt der Studierenden erhöht als auch der Studienerfolg verbessert werden. Eine der Maßnahmen zur Steigerung des Studienerfolgs war eine Änderung der Größe aller Kurse von 3 EC auf 5 EC, um die Anzahl der Prüfungen zu reduzieren (1 EC entspricht einem Studienpensum von 28 Stunden und ein volles Jahr hat 60 EC).

Aus diesem Grund wurden zwei bestehende Kurse, einer über Transportphänomene und der andere über Wärmeübertragung, zu dem neuen Kurs Heat and Flow im vierten Quartal des zweiten Studienjahres des Studiengangs Maschinenbau zusammengefasst. Von Anfang an bin ich der verantwortliche Dozent für diese Lehrveranstaltung und halte die Vorlesungen zum Strömungsteil. Der Dozent des Wärme-

teils war bereits der Verantwortliche für den alten Kurs über Wärmeübertragung, während ich der Dozent eines Erstjahreskurses Einführung in Heat and Flow war. Der Strömungsteil des neuen Kurses basierte teilweise auf einem anderen bestehenden Kurs über physikalische Transportphänomene.

Die im Kurs behandelten Themen sind:

- Wiederholung von Differentialoperatoren, Materialableitung und Zylinderkoordinaten;
- Integrale Erhaltungssätze für Masse, Impuls und Energie sowie die Bernoulli-Gleichung;
- Herleitung der Kontinuitätsgleichung und der Navier-Stokes-Gleichung für inkompressible Strömungen und einige einfache Lösungen;
- Skalierung und Ähnlichkeit;
- Strömung in Rohren, um Objekte und in Grenzschichten, einschließlich der Blasius-Lösung für laminare Strömung und Ab-scheidung;
- Grundlegende Mechanismen der Wärmeübertragung, Leitung, Konvektion und Strahlung;
- Stetige und un-stetige Wärmeleitung;
- Konvektion und thermische Grenzschichten;
- Grundlegende Definitionen für Strahlung und strahlende Wärmeübertragung.

Der Kurs ist verpflichtend für alle Studenten des Bachelors Maschinenbau und Wahlfach für eine kleinere Anzahl von Studenten des Bachelors Nachhaltige Innovation und für eine Gruppe von Studenten, die ein Premaster-Programm verfolgen, nachdem sie einen Bachelor an einer Fachhochschule abgeschlossen haben. Die Gesamtzahl der Studenten, die in den Kurs eingeschrieben sind, beträgt typischerweise etwa 350.

Im Kurs folgen wir lose einem Lehrbuch [1], aber für einige Teile haben wir unsere eigenen Vorlesungsskripte erstellt und ein Buch mit Übungen entwickelt, die teilweise von uns selbst zusammengestellt wurden und aus anderen Kursen stammen und teilweise aus einer Reihe verschiedener Lehrbücher entnommen wurden. Es gibt nicht so viele Lehrbücher,

die Strömungsmechanik und Wärmeübertragung kombinieren und für Studenten auf Bachelor-Niveau geeignet sind. Das von uns ausgewählte Lehrbuch ist eines der wenigen. Es hat einige Nachteile, insbesondere die kombinierte Verwendung von SI- und amerikanischem Einheitensystem. Der Hauptvorteil dieses Buches ist, dass das zum Verständnis der Theorie erforderliche mathematische Niveau für unsere Studenten nicht zu hoch ist.

Ursprünglich galt für das Bachelor College die Vorgabe, dass die Abschlussprüfung jedes Kurses zu maximal 70 % in die Endnote des Kurses eingeht. Zwischenprüfungen zählen für den Rest der Endnote. Die Idee dahinter ist, die Studenten zu ermutigen, früher als ein paar Tage vor einer Prüfung mit dem Lernen zu beginnen, um die Erfolgsquote zu erhöhen. In den ersten drei Jahren, in denen der Kurs unterrichtet wurde, hatten wir ein oder zwei Zwischenprüfungen, um diese Anforderung zu erfüllen. Es stellte sich jedoch heraus, dass der Effekt davon eher das Gegenteil von dem war, was beabsichtigt war. Studenten mit einer schlechten Note in der ersten Zwischenprüfung waren durch ihr Ergebnis demotiviert und haben den Kurs in der Regel nicht bestanden. Abgesehen davon ist es eine große Aufgabe, Zwischenprüfungen für eine so große Anzahl von Studenten zu organisieren und zu benoten.

Sobald die Anforderung aufgehoben wurde, stoppten wir die Zwischenprüfungen und ersetzten sie durch eine formative Bewertung in Form von digitalen Quizzes, einen für jedes Thema des Kurses, damit die Studenten ihren Fortschritt überwachen konnten. Allerdings machte nur eine Minderheit der Studenten diese Quizze tatsächlich und die Bestehensquote des Kurses änderte sich nicht, sondern blieb nach der ersten Prüfung bei etwa 40 %.

Zu dieser Zeit, etwa 2017, förderte unsere Universität mehr und mehr den Einsatz von Blended Learning durch die Kombination verschiedener Lernmethoden für einen Kurs. Es ist bekannt, dass einige Studenten es bevorzugen, individuell zu lernen, wann und wo sie wollen, während andere die strukturierte Art des Lernens bevorzugen, indem sie Vorlesungen und Übungseinheiten zu der Zeit besuchen, zu der sie angesetzt sind und gerne in einer kleinen

Gruppe von Studenten an einer Übung arbeiten [2]. Aus diesem Grund haben wir den Plan gefasst, eine Online-Version des Kurses zu entwickeln und den Studenten die Wahl zu lassen, alle geplanten Aktivitäten zu besuchen oder die Online-Version des Kurses zu nutzen.

Für alle Elemente des Kurses wurde eine Online-Variante erstellt. Der Kurs besteht aus drei Elementen:

1. Das erste Element des Kurses sind die Vorlesungen. Der Kurs besteht aus 13 Vorlesungen von je zwei Stunden. Die Online-Variante jeder Vorlesung ist ein Dokument mit einer kurzen Zusammenfassung des Kursmaterials und Links zu Video-Vorlesungen, die aus YouTube ausgewählt wurden. Wir haben die Autoren der Filme um die Erlaubnis gebeten, ihr Material in unserem Kurs zu verwenden. Auf diese Weise können wir es herunterladen und auch dann verwenden, wenn ein Video nicht mehr auf YouTube verfügbar ist. Alle Autoren reagierten sehr schnell und positiv auf unsere Anfrage und einige von ihnen baten darum, über unsere Online-Bemühungen informiert zu werden.
2. Das zweite Element des Kurses ist die so genannte Instruktion, in der die Dozenten eine Reihe ausgewählter Übungen an der Tafel machen, um erweiterte Beispiele für jede Art von Übung zu geben, die wichtig und von Prüfungsniveau ist. In der Regel gibt es sieben Unterrichtseinheiten zu je zwei Stunden. Die Online-Variante der Unterweisung ist eine Reihe von Pencasts, in denen dieselben Übungsbeispiele behandelt und erklärt werden. Abbildung 1 zeigt ein Standbild aus einem Pencast.
3. Das dritte Element des Kurses ist das sogenannte geführte Selbststudium (GSS), bei dem die Studierenden einzeln oder in kleinen Gruppen an Übungen arbeiten. Eine Reihe von Lehrassistenten und die Dozenten sind anwesend, um Fragen zu beantworten. Die Anwesenheit beim GSS ist in der Regel eher gering, sie liegt zwischen 25 und 30 % und nimmt gegen Ende des Kurses ab. Normalerweise gibt es sieben GSS-Sitzungen von je zwei Stunden. Der wichtige Aspekt der GSS ist die Möglichkeit des

Feedbacks, das online schwieriger zu geben ist. Hierfür haben wir ein Online-Assessment-System namens Cirrus [3] verwendet. In Cirrus wurde eine Reihe von Aufgaben zusammengestellt, meist mit Zufallszahlen. Die Studenten können ihre Antworten eingeben und im Falle einer falschen Antwort wird eine automatische Rückmeldung gegeben. Ein Beispiel für eine automatische Rückmeldung ist in Abbildung 2 dargestellt. Es sind nicht nur numerische Fragen möglich, sondern auch Multiple-Choice-Fragen und mathematische Fragen, bei denen die Studenten Formeln eingeben müssen.

Die ersten beiden Elemente der Online-Version des Kurses sind in unserem Lernmanagementsystem Canvas verfügbar. Um alles zu entwickeln, wurden zwei Lehrassistenten für insgesamt 800 Stunden eingestellt. Die finanziellen Mittel für ihre Gehälter wurden durch den Bildungsinnovationsfonds der Technischen Universität Eindhoven bereitgestellt. Die Lehrkräfte des Kurses überprüften das ausgewählte Videomaterial, die Pencasts und die Online-Übungen. Ein Lehrsupporter der Universität unterstützte sie bei der Einrichtung einer benutzerfreundlichen Organisation des Kurses im Lernmanagementsystem. Das Material in Canvas ist in den 13 Vorlesungen des

Kurses organisiert und bietet Links zu den Cirrus-Übungen. Am Ende jeder Vorlesung muss ein Online-Quiz mit ausreichendem Ergebnis (80 %) absolviert werden, um Zugang zur nächsten Vorlesung zu erhalten. Auf diese Weise stellen wir sicher, dass die Studenten ausreichend Zeit für jede Vorlesung aufwenden.

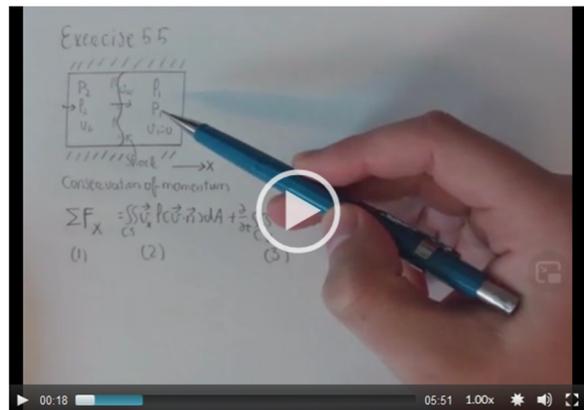


Abb. 1: Standbild aus einem Pencast. Der Pencast hat auch Ton. Das Video ist unter <https://youtu.be/4xrsQbQUEmE> verfügbar.

Schließlich gibt es zu jeder Vorlesung ein Diskussionsforum, in dem Studierende, die die Online-Version des Kurses verfolgen, Fragen stellen können. Normalerweise beantworten die Dozenten diese Fragen, aber in einigen Fällen antworten auch andere Studenten.

FILL IN THE MISSING VALUE(S)

2



The Bernoulli's law needs to be applied twice in this case. Once over the manometer and once over the fan itself. Note that there is no velocity difference in the manometer, hence the pressure difference, Δp_m , is equal to the pressure due to the height difference of the water, $\rho g \Delta z$.

Subsequently, there is no height difference over the fan. Hence, the pressure difference due to the velocity, $\frac{1}{2} \rho_{air} \Delta v_{fan}^2$, is equal to the pressure difference, Δp_{fan} .

And finally, it holds that $\Delta p_{fan} = \Delta p_m$. Now, solve this for the Δv_{fan} and assume that the velocity in front of the fan is zero (holds if you draw your control volume correctly).

Hint: Be aware that you are working with two different densities. Do not mix them up.

430



Power in fluid dynamics is expressed as $P = \Delta p Q$. Both Δp and Q are obtained at the first part of this exercise.

$Q =$ m^3/s

$P =$ W

Abb. 2: Beispiel für eine automatische Rückmeldung bei falschen Antworten auf digitale Übungen in Cirrus.

Wir testeten die erste Version des Online-Kurses an einer Gruppe von sechs Studenten, die die Prüfung mehrmals nicht bestanden. Sie gaben Feedback und bekamen direkt nach diesem Test eine zusätzliche Prüfung angeboten. Die meisten Rückmeldungen waren positiv und in einigen Fällen schlugen sie sogar besseres Videomaterial vor als von den Lehrassistenten ausgewählt. Sie alle bestanden die ihnen angebotene Zusatzprüfung mit bemerkenswert guten Noten.

Dies zeigte, dass der Online-Kurs gut auf die Prüfung vorbereitet und in diesem Sinne eines der Kriterien für eine konstruktive Ausrichtung erfüllt [2]. Die Studierenden, die an der Prüfung teilnahmen, konnten jedoch aufgrund ihrer geringen Anzahl gut überwacht werden und waren alle sehr motiviert wegen der zusätzlichen Möglichkeit, den Kurs zu bestehen, der für die meisten von ihnen die letzte Hürde zum Abschluss ihres Bachelorstudiums war.

Wir wussten, dass für die normale Gruppe von Studenten der Anreiz, während des Kurses am Ball zu bleiben, nicht so hoch sein würde. Daher entschieden wir uns, eine Bewertungsmethode zu entwickeln, die die Studenten dazu zwingt, schon lange vor der Prüfung Zeit für den Kurs aufzuwenden, ohne den Nachteil von Zwischentests, dass ein schlechtes Ergebnis nicht repariert werden kann [4].

Wir haben eine Lösung in Form von sogenannten Fortschrittstests gefunden. Während des Kurses müssen die Studenten drei Fortschrittstests machen, die digital in Cirrus angeboten werden. Jeder Test kann beliebig oft gemacht werden, jedoch innerhalb einer begrenzten Zeitspanne von etwa einer Woche. Bei falschen Antworten gibt es ein automatisches Feedback in Form eines Verweises auf die entsprechende Theorie. Die Studenten benötigen für jeden der drei Tests eine Punktzahl von 80 % oder mehr, um die Note für die Abschlussprüfung zu erhalten. Sie können gemeinsam an den Tests arbeiten, aber es werden Zufallszahlen verwendet, was das Kopieren von Antworten sinnlos macht. Der erste Fortschrittstest beginnt bereits in der ersten Woche des Kurses und bezieht sich auf die im Kurs geforderten mathematischen Vorkenntnisse. Der zweite Fortschrittstest bezieht sich auf die Vor-

lesungen 2-5 und der dritte und letzte Fortschrittstest auf die grundlegenden Mechanismen der Wärmeübertragung und der stationären und instationären Wärmeleitung. Jeder Test besteht aus zehn Fragen. Die meisten davon sind numerische Fragen und ein paar andere Multiple-Choice-Fragen. Der erste Test enthält auch eine Reihe von mathematischen Fragen, bei denen die Antwort eine Formel ist. Diese Art von Fragen ist jedoch recht fehleranfällig; so sollten z. B. Multiplikationszeichen zwischen zwei Symbolen nicht vergessen werden.

Diese Methode der Bewertung ist nicht in Übereinstimmung mit den Vorschriften des Bachelor-Kollegs. Deshalb haben wir um Erlaubnis für diesen Piloten gebeten und auch den Prüfungsausschuss unseres Fachbereichs und die Studenten im Programmausschuss konsultiert, die alle mit diesem Piloten einverstanden waren.

Das erste Mal war das neue System im Frühjahr 2019 im Einsatz, also ein Jahr vor Beginn der Corona-Pandemie. Unser Hauptziel war eine Verbesserung der Erfolgsrate des Kurses. Die Erfolgsrate kann auf verschiedene Weise definiert werden, aber egal welche Definition wir verwendeten, die Steigerung der Erfolgsrate war signifikant. Die Erfolgsquote aller eingeschriebenen Studenten stieg von 34 % in den Jahren 2017 und 2018 auf 50 % im Jahr 2019. Eine ganze Reihe von eingeschriebenen Studenten entscheidet sich, den Kurs auf ein späteres Jahr zu verschieben. Daher ist es besser, die Erfolgsquote aller Studenten zu betrachten, die einen ernsthaften Versuch in der Prüfung unternommen haben (Punktzahl von 15% oder mehr). Diese Zahl stieg von 48% auf 70%.

Die Verteilung der Prüfungsnoten ist in Abbildung 3 für die Jahre 2017-2019 dargestellt. Die Noten reichen von 0 bis 10, wobei 10 das Maximum ist und 6 zum Bestehen des Kurses ausreicht. Die Abbildung zeigt, dass die Verteilung der Noten im Jahr 2019 eine Form hat, die einer Normalverteilung näher kommt. Das fast völlige Fehlen von sehr niedrigen Noten im Jahr 2019 hat einen anderen Grund, aber dies hat keinen Einfluss auf die Schlussfolgerung zu

den Erfolgsquoten, da die sehr niedrigen Noten bei den Erfolgsquoten nicht berücksichtigt werden.

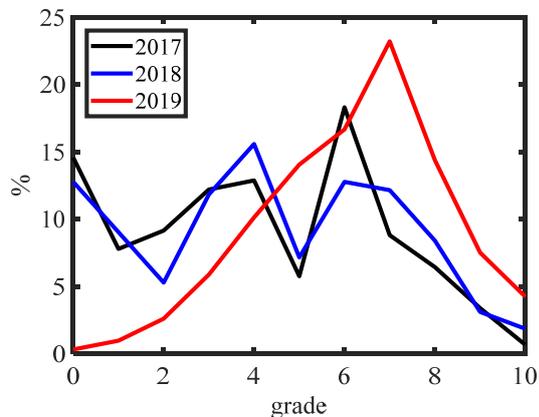


Abb. 3: Verteilung der Noten der ersten Prüfung von Heat and Flow in den Jahren 2017-2019. Zum Bestehen des Kurses ist eine Mindestnote von 6 erforderlich.

Studenten, die die Anforderungen der Fortschrittsprüfungen nicht bestanden haben, konnten sie in den Wochen zwischen der ersten Prüfung und ihrer Wiederholung erneut machen. Nur ein Student nahm an der ersten Prüfung teil, ohne die Anforderungen zu erfüllen. Er bestand die Anforderungen später und erhielt dann sein Prüfungsergebnis. Einige weitere Studenten nahmen nur an der Wiederholungsprüfung teil und machten die Fortschrittstests nach der ersten Prüfung.

Bei der Standardevaluation des Kurses war eine bemerkenswerte Beobachtung, dass die Studenten angaben, dass sie weniger Zeit für den Kurs gebraucht haben als in den Jahren zuvor. Dies zeigt deutlich, dass die Fortschrittstests den Studierenden helfen, die Lernziele des Kurses zu erreichen. Die Evaluation zeigte auch, dass die Studierenden mit dem Feedback, das die Lernfortschrittstests bieten, zufrieden sind (Note 3,8 auf einer Skala von 1-5). Die Fortschrittstests helfen den Studierenden nicht nur zu wissen, was sie lernen sollen, sondern sie führen auch zu einer besseren Verteilung des Arbeitspensums über die Zeit. Die Ergebnisse unseres Pilotprojekts haben die Dozenten anderer Kurse dazu angeregt, in ihren Kursen ebenfalls von Zwischenprüfungen auf digitale Fortschrittstests umzustellen. Derzeit verwenden alle Hauptkurse in Maschinenbau im ersten Jahr und ein weiterer Kurs

im zweiten Jahr diese Bewertungsmethode, und ein Kurs im dritten Jahr wird im nächsten Studienjahr folgen.

Die Details des Systems der Fortschrittsprüfungen unterscheiden sich von Kurs zu Kurs, wie zum Beispiel die Anzahl der Tests und die Kriterien, die zum Bestehen verwendet werden. In naher Zukunft werden wir vorschlagen, die Vorschriften des Bachelor-Kollegs so anzupassen, dass Fortschrittsprüfungen für alle Kurse erlaubt sind. Mehrere andere Institute zeigten ihr Interesse an diesem System, da es eine bessere Methode zu sein scheint, die Studenten während der Zeit, in der ein Kurs läuft, zu beschäftigen und es nicht zu Prokrastinationsverhalten führt.

3. Heat and Flow während der Corona-Pandemie

Als die Corona-Pandemie im März 2020 die Niederlande erreichte und die Abriegelung angekündigt wurde, beschloss die Leitung unserer Universität, den gesamten Lehrbetrieb während einer Woche ausfallen zu lassen, um den Lehrkräften Zeit zu geben, ihre Kurse auf ein Online-Format umzustellen. Für einige Kurse, die experimentelle Einrichtungen benötigten, war dies keine leichte Aufgabe, aber für alle Kurse, die von unserem Institut organisiert wurden, wurde eine akzeptable Lösung gefunden, zum Beispiel durch die Verwendung und Analyse von experimentellen Ergebnissen aus einem früheren Jahr, anstatt neue Experimente durchzuführen.

Viele Dozenten entschieden sich, von zu Hause aus zu unterrichten, entweder mit Microsoft Teams oder dem Lernmanagementsystem Canvas. Andere nutzten die noch vorhandenen Livestream-Möglichkeiten in den Hörsälen am Campus oder nahmen ihre Vorlesungen im Studio am Campus oder zu Hause auf.

Ein größeres Problem war es, eine Lösung für die Klausuren zu finden, die bereits drei Wochen nach Beginn der Sperrung angesetzt waren. Für einige Kurse, insbesondere solche mit einer geringen Anzahl von Studierenden, war es möglich, die schriftliche Prüfung durch eine Hausarbeit zu ersetzen. Für Kurse mit 100 oder mehr Studenten und in Kursen, in denen Mathematik eine wichtige Rolle spielt, ist dies auf-

grund des enormen Arbeitsaufwands zur Benotung der Aufgaben oder aufgrund der Lernziele des Kurses keine Lösung.

Daher entschied man sich, in Fällen, in denen andere Lösungen nicht möglich sind, für Online-Proctored-Prüfungen. Online-Proctoring ist nicht nur wegen der Datenschutzbestimmungen ein heikles Thema, sondern der Universität fehlte auch jegliche Erfahrung in größerem Umfang. Innerhalb kürzester Zeit wurde eine Firma gefunden, die Online-Proctoring anbietet, das unseren Datenschutzbestimmungen entspricht [5]. Außerdem wurden mit den Studierenden im Hochschulrat Richtlinien vereinbart, die die meisten Einwände gegen Online-Proctoring ausräumen. Zum Beispiel kann sich ein Student für ein Opt-out entscheiden und bekommt in diesem Fall eine alternative Prüfung auf dem Campus angeboten. Proteste gegen Online-Proctoring, wie sie an mehreren anderen Universitäten des Landes stattfanden, blieben in Eindhoven daher aus.

Online-Proctoring bedeutet, dass die Webcam eingeschaltet ist und alle Bilder aufgezeichnet und gespeichert werden. Außerdem werden alle Aktivitäten am Computer überwacht und je nach den Einstellungen der Prüfung sind einige Dinge nicht erlaubt, z. B. die Verwendung eines Webbrowsers für andere Websites als die Prüfung. Abweichungen vom normalen Verhalten werden statistisch erfasst und können später anhand der aufgezeichneten Bilder im Detail untersucht werden. Für diese Aufgabe stand ein Team von Personen zur Verfügung. Zusätzlich muss sich der Student zu Beginn der Prüfung ausweisen, es wird ein Raumschirm mit Hilfe der Webcam durchgeführt und die Studenten müssen den Inhalt ihres Tisches zeigen, um zu überprüfen, dass nur erlaubte Gegenstände vorhanden sind. Die erlaubten Gegenstände hängen von der Prüfung ab und werden vom verantwortlichen Dozenten des Kurses festgelegt, z. B. ein Taschenrechner, ein Buch, leere Blätter usw.

Dennoch traten einige Probleme während der Prüfungen auf, insbesondere in den Fällen, in denen die Studenten Dateien mit ihren Lösungen hochladen mussten, und einige Prüfungen litten unter technischen Problemen aufgrund der sehr großen Anzahl von Studenten. In zwei oder drei Fällen wurde eine zusätzliche Prüfung ein paar Wochen später angesetzt.

Der Kurs Heat and Flow konnte von Erfahrungen aus anderen Kursen profitieren, da er erst nach diesen ersten Prüfungen in der Coronazeit, Ende April, beginnt.

Es war sicherlich von Vorteil, dass wir eine komplette Online-Version des Kurses hatten, die bereits im Vorjahr getestet worden war. Wir entschieden jedoch, dass diese Online-Version nicht ausreicht, da es auch eine Gruppe von Studenten mit einem anderen Lernstil gibt, die viel mehr vom synchronen Lernen profitieren. Daher haben wir neben der Online-Version auch Vorlesungen, Unterrichtseinheiten und angeleitete Selbstlerneinheiten in gewohnter Weise vorgesehen. Außerdem konnten sich die Studenten die aufgezeichneten Vorlesungen des Vorjahres ansehen, allerdings waren diese in niederländischer Sprache, während ab 2020 auch eine Reihe internationaler Studenten den Kurs besuchen.

Die Online-Vorlesungen wurden von zu Hause aus in MS Teams gehalten. Die Studenten konnten über die Chat-Funktion oder am Ende jeder Vorlesung Fragen stellen, indem sie ihr Mikrofon öffneten. Die Kapazität von MS Teams ist mit 300 Personen geringer als die Anzahl der eingeschriebenen Studenten, was aber kein Problem darstellte, da eine große Anzahl von Studenten die Vorlesungen nicht live verfolgt. Das Fehlen einer Tafel machte es notwendig, fast alles mit Hilfe von Folien zu erklären, was eine weitaus weniger effektive Methode ist, um längere Ableitungen und Beispiele zu erklären.

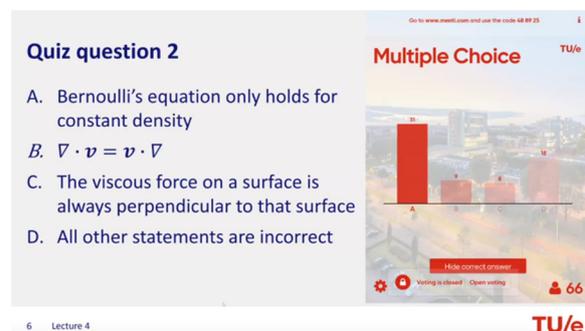


Abb. 4: Beispiel für eine Mentimeterfrage, die während der Live-Online-Vorlesungen verwendet wurde.

Um die Interaktion während der Vorlesungen zu erhöhen, stellten wir früher Multiple-Choice-Fragen, auf die die Studenten durch

Heben der Hand antworteten. Wir ersetzen dies durch Mentimeterfragen (siehe Abbildung 4) [6], was sich als noch effektivere Art der Interaktion erwies.

Die Anzahl der Studenten, die die Vorlesungen besuchten, nahm wie üblich mit der Zeit ab, beginnend mit fast 200 in der ersten Vorlesung und fallend auf etwa 100 in der letzten Vorlesung. Die Vorlesungen wurden aufgezeichnet und den Studenten in einem privaten Kanal in YouTube zur Verfügung gestellt. Die Anzahl der Aufrufe lag zwischen 100 und 200, aber die durchschnittliche Dauer der Aufrufe ist viel kürzer als die Dauer der Vorlesung.

Für die Unterrichtssitzungen habe ich ein Whiteboard gekauft, mit dem ich die Übungen besser erklären konnte als mit Folien. Allerdings fokussiert die Webcam nicht auf die reflektierende Oberfläche des Whiteboards und ich musste eine meiner Hände benutzen, um die Webcam auf die richtige Stelle zu fokussieren (siehe Abbildung 5). Die Größe des Whiteboards ist viel kleiner als die einer Tafel im Hörsaal, was auch Auswirkungen auf die Art und Weise hat, wie man Übungen erklärt. MS Teams hat die Funktion, das Bild meiner Webcam bildschirmfüllend zu zeigen, aber das ist bei den Aufnahmen nicht der Fall. Glücklicherweise war zum Zeitpunkt des Kurses die Anzahl der angezeigten Bildschirme in den Aufnahmen auf vier begrenzt, so dass der Text noch gut lesbar war.

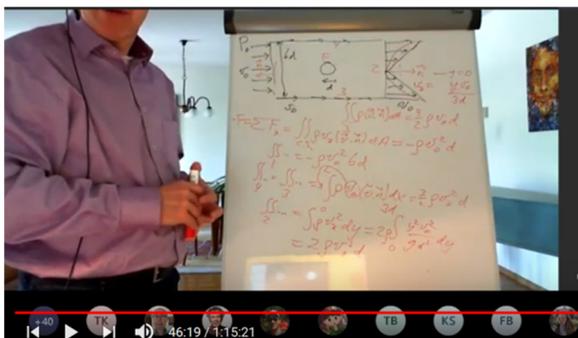


Abb. 5: Whiteboard, das während der Unterrichtssitzungen verwendet wurde. Die Abbildung zeigt eine Aufzeichnung der MS Teams-Sitzung der Unterweisung. Siehe auch <https://youtu.be/59BLi94VFms>

Das größte Problem war das GSS. Wir haben dieses auch in MS-Teams organisiert und in der Regel standen 6 Personen zur Beantwortung der Fragen zur Verfügung. Allerdings war

die Anzahl der Fragen so gering, dass die meisten Lehrassistenten kaum beschäftigt waren. Außerdem hatten wir zu diesem Zeitpunkt noch keine guten Lösungen für das Schreiben oder Zeichnen auf einem Whiteboard.

Die Prüfung des Kurses war auf den 1. Juli angesetzt, als der Campus gerade dabei war, die Laboraktivitäten für die Doktoranden und MSc-Studenten aufzunehmen und die Mitarbeiter einen Tag pro Woche im Büro arbeiten durften. Alle anderen Aktivitäten, einschließlich Besprechungen und Prüfungen, waren noch online. Für die Prüfung eines solchen Kurses war die einzige Option eine Online-Prüfung mit Aufsicht.

Aufgrund der Erfahrungen mit den Prüfungen des letzten Quartals haben wir uns entschieden, die Upload-Funktion nicht zu verwenden, sondern die Fragen so zu organisieren, dass die Antwort digital gegeben werden konnte. Wie in den Vorjahren bestand die Prüfung aus zwei Arten von Fragen. Die Hälfte der Zeit wurde für Multiple-Choice- und numerische Fragen verwendet, bei denen nur die Antwort gegeben werden sollte. In dem von uns verwendeten System, Ans Delft [7], werden diese Fragen automatisch benotet. Der Rest der Prüfung bestand aus zwei größeren Übungen mit Mehrfachfragen. Die abzutippenden Gleichungen konnten symbolisch angegeben werden, zum Beispiel alpha für den griechischen Buchstaben α und $\int_0^1 f(x) dx$ für den griechischen Buchstaben α und $\int_0^1 f(x) dx$. Die Studenten konnten das System und diese Art, Gleichungen zu schreiben, in der Woche vor der Prüfung testen.

Die Prüfung unterschied sich in zwei weiteren Aspekten von früheren Jahren. Im Hinblick auf eine notwendige Gesundheitspause wurde die Prüfung in zwei Teile zu je 90 Minuten mit einer fünfzehnminütigen Pause dazwischen aufgeteilt. Außerdem erlaubten wir die Verwendung des Buches oder anderer Materialien auf Papier, während wir normalerweise nur eine Liste mit den wichtigsten Formeln zur Verfügung stellen. Der Grund für diese Änderung war, die Möglichkeiten zum Schummeln zu reduzieren. Ein Nachteil ist, dass Klausuren mit offenem Buch normalerweise schwieriger sind, da die Beispiele aus dem Buch nicht verwendet werden können. Nur ein Student machte von der Ausnahmeregelung Gebrauch

und machte die gleiche Prüfung auf Papier auf dem Campus. Seine Ergebnisse wurden in Ans Delft hochgeladen, um auf dieselbe Weise wie die Ergebnisse der anderen Studenten benotet zu werden.

Der Einsatz der digitalen Auswertung hat große Vorteile im Prozess nach der Prüfung. Erstens: Statt eines riesigen Papierstapels aller Einzelprüfungen, der einige Stunden benötigt, um alles zu sortieren und sicherzustellen, dass keine Prüfung verloren gegangen ist, stehen alle Ergebnisse direkt nach der Prüfung zur Verfügung und sind nach Student und Frage geordnet. Multiple-Choice- und numerische Fragen werden automatisch benotet und für andere Fragen können Benotungskriterien festgelegt werden, was eine gute Garantie für eine einheitliche Benotung ist und den Benotungsprozess beschleunigt. Außerdem ist es möglich, die Benotung durch mehrere Personen gleichzeitig durchzuführen.

Nachdem die Benotung abgeschlossen ist, können die Studenten ihre Prüfung während eines festgelegten Zeitraums einsehen und sehen, welche Fehler sie gemacht haben und wie ihre Note ermittelt wurde. Wenn sie Fragen zur Benotung haben, können sie diese im selben System stellen und die Person, die diese Prüfung benotet hat, erhält eine Benachrichtigung. Wir haben festgestellt, dass die Anzahl der Studenten, die die Möglichkeit zur Einsichtnahme in ihre Prüfung genutzt haben, weitaus größer ist als bei einer Papierprüfung.

Nach der Prüfung beschwerten sich die Studenten, dass die Aufteilung der Fragen auf die beiden Teile nicht gut war. Die Multiple-Choice-Fragen benötigten viel weniger Zeit als die offenen Fragen. Deshalb haben wir in der Wiederholungsprüfung die Fragen nach dem Thema aufgeteilt: Teil 1 über Strömung und Teil 2 über Wärme, wobei beide Teile Multiple-Choice-Fragen und eine offene Übung hatten.

Während der Prüfung gab es keine technischen Probleme, obwohl einige Studenten automatisch ausgeschlossen wurden, da sie versuchten, etwas zu tun, was nicht erlaubt war. Nach der Prüfung wurden keine Abweichungen vom normalen Verhalten festgestellt.

Die Ergebnisse der Prüfung waren nicht so gut wie im Jahr zuvor, aber deutlich besser als in

den Vorjahren. Die Erfolgsquote aller Studenten, die während der Prüfung einen ernsthaften Versuch unternahmen, lag bei 61 %, während die Verteilung der Noten mit dem Vorjahr vergleichbar war (siehe Abbildung 6). Eine bessere Verteilung der Aufgaben auf die beiden Teile der Prüfung hätte wahrscheinlich zu einer höheren Erfolgsquote geführt. Außerdem wird die sehr geringe Teilnahme an dem GSS, was die beste Vorbereitung auf die Prüfung ist, sicherlich die Ergebnisse beeinflusst haben, was ein wichtiger Punkt für Verbesserungen in der Zukunft ist.

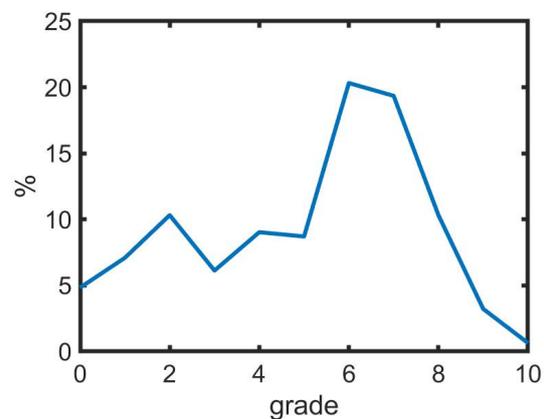


Abb. 6: Verteilung der Noten der ersten Klausur von Heat and Flow im Jahr 2020. Zum Bestehen des Kurses ist eine Mindestnote von 6 erforderlich.

Die Evaluation des Kurses, die immer direkt nach der Prüfung in digitaler Form durchgeführt wird, ergab, dass die Studenten einen Studienführer zu schätzen gewusst hätten, um ihren Weg durch das vorhandene Kursmaterial zu wählen. Es ist so viel Material verfügbar, dass sie einen Leitfaden benötigen, der verschiedene Möglichkeiten bietet, das Thema zu studieren. Wir haben dies bei der Einrichtung des nächsten Studienjahres berücksichtigt. Darüber hinaus gab es einige Beschwerden über die Prüfung, insbesondere über die Art und Weise, wie Gleichungen einzugeben sind, und über die Zeit, die benötigt wird, um die Prüfung zu beenden.

In einer der Vorlesungen habe ich auch das Mentimeter genutzt, um Fragen zum Aufbau des Kurses und der Prüfung zu stellen. Auf einer Skala von 1-5 erreichte die Frage "Sind Sie mit dieser Art des Unterrichts zufrieden?" den

Wert 4, was angesichts der Umstände zufriedenstellend ist. Bei der Frage nach den Prüfungen gaben 96 % der Studenten an, dass sie eine Online-Prüfung mit Proctoring zum normalen Termin einer auf den November verschobenen Prüfung auf dem Campus vorziehen.

4. Akademisches Jahr 2020-2021

Zu Beginn des akademischen Jahres 2020-2021 hatte sich die Coronasituation so weit verbessert, dass die Studenten wieder Unterricht auf dem Campus haben durften, allerdings nur in kleineren Gruppen und unter Einhaltung eines Abstands von mindestens 1,5 m. Vor allem experimentelles Arbeiten, Konstruieren und Testen waren in kleinen Gruppen erlaubt, aber auch GSS-Sitzungen konnten für kleine Gruppen organisiert werden. Für jeden Hörsaal wurde eine maximale Anzahl von Studenten festgelegt, die in der Regel etwa ein Fünftel der normalen Kapazität beträgt. Zu dieser Zeit waren Vorlesungen auf dem Campus nicht erlaubt, da dies als ineffiziente Art der Wissensvermittlung angesehen wurde.

Diese Situation der gelockerten Corona-Maßnahmen hielt jedoch nicht lange an. Ab Dezember stieg die Zahl der Infektionen und Krankenhausaufenthalte so stark an, dass der gesamte Unterricht auf dem Campus bis auf wenige Praktika wieder verboten wurde. Prüfungen auf dem Campus waren jedoch in den meisten Fällen möglich, mit einer Ausnahme für die größten Kurse, für die kein geeigneter Raum zur Verfügung stand.

Während dieser Zeit wurden Experimente durchgeführt, um Wege zu finden, Online-GSS-Sitzungen so zu organisieren, dass die Beteiligung der Studenten steigt. Das Institut kaufte eine Reihe von Schreibtablets für die Lehrassistenten, um das Erklären der Übungen, das Schreiben von Formeln und das Zeichnen von Bildern zu erleichtern. Erfahrungen aus dem Erstsemesterkurs Analysis, der von ca. 2000 Studenten besucht wird, zeigten, dass das Engagement der Studenten durch die Arbeit in kleinen Gruppen mit einem persönlichen Tutor, der eine direktere und persönlichere Interaktion mit den Studenten in seiner Gruppe(n) hat, zunahm.

Zum Zeitpunkt des Starts von Heat and Flow, Ende April 2021, war die Lehre im kleinen Rahmen auf dem Campus wieder möglich und wir haben uns entschieden, die Vorlesungen und die Unterrichtssitzungen in einem Hörsaal für eine sehr begrenzte Anzahl von Studenten zu halten, während die anderen dies über einen Livestream verfolgen können. Die per Livestream übertragenen Sitzungen werden ebenfalls gespeichert und können später jederzeit angesehen werden.

Wie im Jahr zuvor können die nicht anwesenden Studenten die Chatfunktion in MS Teams für Fragen nutzen und Fragen in Mentimeter werden zur verstärkten Interaktion genutzt. Obwohl die Anzahl der Studenten, die an den Vorlesungen teilnehmen, gering ist, sind diejenigen, die es tun, sehr zufrieden mit den erhöhten Möglichkeiten zur Interaktion und profitieren von den geringeren Ablenkmöglichkeiten im Hörsaal im Vergleich zu der Situation zu Hause. Ein Problem, mit dem der Dozent bei einer Kombination aus Präsenzveranstaltung und Livestream zu kämpfen hat, ist, dass der Livestream eine Verzögerungszeit von 20 Sekunden hat. Diese ist notwendig, um den Videostream in das richtige, qualitativ hochwertige Format zu bringen. Diese Verzögerung muss insbesondere bei den Mentimeterfragen berücksichtigt werden. Auch ist eine direkte Interaktion mit den Studenten, die den Livestream per Sprache verfolgen, im Gegensatz zu den MS Teams Vorlesungen des Vorjahres nicht möglich.

Da Vorlesungen auf dem Campus noch nicht erlaubt sind, haben wir uns für das Format des so genannten Studio Classroom entschieden, das eine Mischung aus Vorlesung, Unterricht und kleinen, von den Studenten gemachten Übungen ist. Studierende, die dabei sein wollen, müssen sich für jede Sitzung, die sie besuchen wollen, in unserem Lernmanagementsystem anmelden. In der vierstündigen Sitzung einmal pro Woche ist nur Platz für 20 Studenten, während in der zweistündigen Sitzung 50 Studenten zugelassen sind. Die Erfahrung im ersten Teil dieses akademischen Jahres hat uns gelehrt, dass die Studenten es vorziehen, für eine längere Dauer auf dem Campus zu sein. Bei einer zweistündigen Sitzung ist die Reisezeit manchmal länger als die tatsächlich auf dem Campus verbrachte Zeit. Das ist der

Grund, warum die meisten On-Campus-Sitzungen in Blöcken von vier Stunden stattfinden.

Das geführte Online-Selbststudium ist folgendermaßen organisiert. Die Teilnehmer können zwischen zwei Arten der Teilnahme wählen. Sie können sich entweder für die Teilnahme in einer kleinen Gruppe von fünf Studenten mit einem persönlichen Tutor anmelden, oder sie können an einer großen Gruppe teilnehmen. Bei der ersten Option wird von ihnen erwartet, dass sie fast jedes Mal teilnehmen. In jeder Sitzung erklärt der Tutor eine der Übungen im Detail und regt die Studenten dazu an, gemeinsam an den anderen Übungen zu arbeiten. Um dies zu erleichtern, haben wir 13 Lehrassistenten eingestellt, von denen jeder für eine oder zwei Gruppen verantwortlich ist. Die Tutoren nahmen an einem kurzen Kurs teil, um Methoden zur Steigerung des studentischen Engagements zu erlernen. Für unseren Kurs gaben 25 % der Studenten an, dass sie an einer Kleingruppe teilnehmen möchten, und ein ähnlicher Prozentsatz hatte eine Präferenz für die Großgruppe. Die Anzahl der Fragen in der großen Gruppe ist sehr gering. Die meisten Studenten in der großen Gruppe arbeiten individuell und sind in der Lage, die Übungen mit Hilfe des Online-Materials zu lösen.

Natürlich ist die Zahl der Lehrassistenten deutlich höher als in anderen Jahren. Die Universität hat das nötige Geld bereitgestellt, um diese Art des Unterrichts als eine der Maßnahmen zur Bewältigung der Folgen der Corona-Pandemie zu ermöglichen.

Zum Zeitpunkt des Schreibens befinden wir uns in der Mitte des Kurses und die Teilnahme an der Online-GSS ist immer noch recht gut. Die Studenten, die sich für die Teilnahme an einer Kleingruppe angemeldet haben, sind in der Regel fast jede Woche dabei und arbeiten bis zum Ende der Sitzung, das am Freitagnachmittag um 17:15 Uhr ist.

Glücklicherweise kann und wird die Prüfung auf dem Campus abgehalten werden. Nur für Studenten, die aus Corona-Gründen nicht an der Prüfung auf dem Campus teilnehmen können, wird eine Online-Prüfung mit Proctor organisiert. Diese Prüfung ist die gleiche wie für die anderen Studenten und wird zur gleichen Zeit abgehalten. Die Prüfung ist nicht mehr in

zwei Teile aufgeteilt. Den Studenten ist es erlaubt, während der Klausur eine Toilettenpause zu machen. Gültige Gründe für diese Art von Prüfung sind medizinische Beschwerden, die mit Corona in Zusammenhang stehen könnten, die Zugehörigkeit zu einer Risikogruppe oder der Aufenthalt in Quarantäne. Internationale Studenten, die sich entschieden haben, in ihr Heimatland zurückzukehren, haben nicht die Möglichkeit einer Online-Prüfung, da von den Studenten erwartet wird, dass sie für verschiedene Bildungsaktivitäten, einschließlich Prüfungen, auf den Campus kommen können.

Die Vorteile des digitalen Assessments in Ans Delft haben uns dazu bewogen, dasselbe System auch für die Prüfungen auf dem Campus zu verwenden. Die Prüfungen werden nicht direkt in digitaler Form abgelegt, da dies die Verwendung von Gleichungen erschweren würde. Stattdessen werden die Klausuren ausgedruckt, wobei nach jeder Frage ausreichend Platz für die Antworten bleibt. Nach der Prüfung werden alle Papiere eingescannt und in Ans Delft hochgeladen. Multiple-Choice-Fragen werden weiterhin automatisch benotet und für alle anderen Fragetypen können Benotungskriterien angewendet werden. Die Vorteile der synchronen Benotung durch mehrere Personen und die digitale Einsichtnahme in die Prüfung durch die Studenten bleiben erhalten. Auch der Verwaltungsaufwand wird stark reduziert, da das System weiß, wo sich die Antworten auf alle Fragen befinden und es möglich ist, alle Antworten auf eine Frage in fortlaufender Reihenfolge zu benoten. Nur für den Fall, dass ein Student mehr Platz zur Beantwortung benötigt als von uns vorgesehen, muss die Person, die die Benotung vornimmt, nach der Antwort suchen.

5. Schlussfolgerungen

In den letzten Jahren wurde der Kurs Heat and Flow auf verschiedene Weise angepasst, mit dem Ziel, die Erfolgsquote zu erhöhen, ohne jedoch die Lernziele und das Niveau der Prüfung zu verändern. Unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Lernstile der Studenten wurde die Möglichkeit geschaffen, das Kursmaterial auf verschiedene Weise zu lernen.

Studenten, die es vorziehen, individuell zur gewünschten Zeit zu lernen, können nun eine Online-Version des Kurses nutzen, die aus einer Reihe von kurzen Text- und kleinen Videovorlesungen, einer Reihe von Schritt-für-Schritt aufgezeichneten Lösungen zu ausgewählten Beispielübungen und einer Reihe von Online-Übungen mit automatischem Feedback bei falschen Antworten besteht. Studenten, die es vorziehen, an Vorlesungen und Unterrichts- und Übungssitzungen teilzunehmen, können dies weiterhin tun.

Um sicherzustellen, dass die Studenten bereits vor der Prüfung mit dem Lernen beginnen, wurde eine Methode mit digitalen Fortschritts-tests entwickelt. Während des Quartals, in dem der Kurs unterrichtet wird, müssen die Studenten eine Anzahl dieser Fortschritts-tests mit ausreichendem Ergebnis machen, um die Endnote für den Kurs zu erhalten. Die Anzahl der Versuche der Fortschritts-tests ist unbegrenzt, aber innerhalb einer begrenzten Zeit. Dieses System zusammen mit der Verwendung der Online-Version des Kurses führte zu einer signifikanten Erhöhung der Erfolgsquote und wurde seitdem auf eine Reihe anderer Kurse innerhalb des Instituts übertragen.

Im Jahr 2020 führte die Corona-Pandemie zu einem Lockdown, bei dem der Unterricht auf dem Campus nicht erlaubt war. Dennoch wurde die duale Art des Lernens, sowohl synchron als auch asynchron, beibehalten, indem die Vorlesungen und Unterrichtseinheiten vollständig online in MS Teams durchgeführt wurden. Schriftliche Prüfungen wurden durch Online-Prüfungen ersetzt. Die Erfolgsquote war zwar geringer als im Jahr zuvor, aber immer noch deutlich höher als vor der Einführung der Progress Tests.

Abgesehen von den Fortschritts-tests als Methode, um die Studenten zum rechtzeitigen Lernen zu ermutigen, ist die Art und Weise, wie man am besten Sitzungen organisiert, in denen die Studenten Übungen machen, eine Lektion, die während der Corona-Pandemie gelernt wurde. Das wichtigste Element dieser Sitzungen ist die Möglichkeit, Feedback zu erhalten, neben der Möglichkeit, die Übungen in kleinen Gruppen von Studenten gemeinsam zu bearbeiten. Die Methode, diese Übungssitzungen in sehr kleinen Gruppen von etwa fünf

Studenten mit jeweils einem persönlichen Tutor zu organisieren, schien gut zu funktionieren, zumindest für die Studenten, die das Bedürfnis haben, auf diese Weise zu arbeiten. Der Tutor spielt eine wichtige Rolle, indem er die Gruppe zur Zusammenarbeit anregt und jedes Treffen mit der Erläuterung einer der Übungen beginnt. Diese Methode ist jedoch nicht sehr kosteneffektiv, da viele Tutoren für große Kurse benötigt werden. Die Kosten können reduziert werden, indem ein Tutor zwei Gruppen zugewiesen wird. Außerdem werden weniger Tutoren benötigt, wenn man die Studenten vor Beginn des Kurses wählen lässt, ob sie an einer Kleingruppe teilnehmen wollen oder nicht.

Der Fachbereich hat festgestellt, dass in der Zeit der Pandemie der Studienerfolg der Studenten im Allgemeinen nicht von anderen Jahren abweicht. Das ist zwar auf den ersten Blick bemerkenswert, erklärt sich aber aus der Tatsache, dass das Studium eines der wenigen Dinge ist, die noch möglich sind. Viele andere Aktivitäten, an denen die Studenten normalerweise teilnehmen, wurden gestrichen, zum Beispiel Gruppensport, Veranstaltungen von Studenten- und Studienverbänden und Nebenjobs in Kneipen und Restaurants. Auch für die An- und Abreise zur Universität wird weniger Zeit aufgewendet, da (fast) alle Lehrveranstaltungen von zu Hause aus verfolgt werden können. Die Durchschnittsnoten und Bestehensquoten der Kurse sind sehr ähnlich wie in anderen Jahren, und auch der Prozentsatz der Studenten im ersten Jahr, die die Voraussetzungen für den Eintritt in das zweite Jahr erfüllen, ist unverändert.

Das heißt aber nicht, dass Studenten nicht unter der Corona-Pandemie leiden. Abgesehen von den Corona-Infektionen, die im typischen Alter eines Studenten meist nur milde Folgen haben, leiden viele Studenten unter Einsamkeit und Perspektivlosigkeit. Vor allem die Gruppe der internationalen Studierenden, die im September 2020 immatrikuliert wurde, hatte keine ernsthafte Möglichkeit, sich einzulernen und ausreichend Kontakte zu anderen Studierenden zu knüpfen. Mehrere von ihnen zogen zurück in ihr Herkunftsland, was schwerwiegende Folgen für ihr Studium haben könnte, da bei mehreren Gelegenheiten die Teilnahme an Lehrveranstaltungen auf dem

Campus obligatorisch ist, insbesondere bei Praktika und schriftlichen Prüfungen. Aber auch andere Studenten haben psychische Probleme. Die Studienberater, die die Studierenden bei Problemen an die Studierendenpsychologen verweisen können, berichten, dass sie viel mehr Beratungsanfragen von Studierenden erhalten als in anderen Jahren.

Eine Umfrage unter Studienanfängern im Maschinenbau ergab, dass sich fast 2/3 von ihnen manchmal oder oft einsam fühlen. Mehr als 50 % gaben an, dass die Arbeitsbelastung des Studiums wegen des Online-Studiums und der Einsamkeit zu hoch ist, obwohl fast alle von ihnen trotzdem das gleiche Studium gewählt hätten.

Schließlich ist Online-Proctoring eine nützliche Methode, um schriftliche Prüfungen zu organisieren, wenn gut auf die Datenschutzbestimmungen geachtet wird. Zu diesem Zweck sollten die Studierenden gut konsultiert und in den Prozess der Einrichtung von Online-Proctoring mit einbezogen werden. Außerdem ist es sehr wichtig, den Studierenden die Möglichkeit zu geben, mit dieser Art von Prüfungen zu üben. Wenn Studierende Zeichnungen anfertigen oder eine große Anzahl von mathematischen Gleichungen schreiben müssen, ist eine Online-Proctored-Prüfung nur möglich, wenn die Studierenden ihre schriftlichen Arbeiten einscannen und hochladen können. Das Hochladen führt oft zu Problemen, besonders bei Prüfungen mit einer großen Anzahl von Studenten. Diese Probleme können vermieden werden, indem die Prüfungen auf dem Campus für fast alle Studenten sicher organisiert werden. In diesem Fall müssen nur diejenigen, die Coronabeschwerden haben, von der Online-Prüfung Gebrauch machen.

Eine Lektion, die während der Corona-Pandemie im Zusammenhang mit Prüfungen gelernt wurde, ist, dass ein Online-Prüfungssystem große Vorteile im Prozess der Benotung und Einsichtnahme der Prüfung durch die Studenten nach der Benotung hat. Es kann nicht nur viel Zeit durch die reduzierte Administration gewonnen werden, sondern auch eine konsistente Benotung wird leicht ermöglicht.

Danksagung

Ich danke dem zweiten Dozenten des Kurses Heat and Flow, Camilo Rindt, für die fruchtbare Zusammenarbeit zum Thema dieser Arbeit, dem Dozentenbetreuer unseres Instituts, Rik Slakhorst, für seine Unterstützung, und einer Reihe von Studenten, die zur Entwicklung des Online-Kursmaterials und der Bewertungswerkzeuge beigetragen haben.

Referenzen

- [1] J.R. Welty, G.L. Rorrer, D.G. Foster, Fundamentals of momentum, heat and mass transfer, International student version, sixth edition, Wiley, Singapore, 2015
- [2] J. Biggs, C. Tang, Teaching for quality learning at university, vierte Auflage, McGraw Hill, New York, 2011
- [3] <https://cirusassessment.com/>
- [4] K. Sambell, L. McDowell, C. Montgomery, Assessment for learning in higher education, Routhledge, New York, 2013
- [5] <https://proctorio.com/>
- [6] <https://www.mentimeter.com>
- [7] <https://secure.ans-delft.nl/landing>