

Paul Wolf
Sophie Kersting
Stefan Friedenber



$$y'' + ay' + by = g(x)$$

Ingenieurmathematik

Ein Lehrbuch für Online- und Präsenzlehre mit der Inverted-Classroom-Methode im zweiten Semester

Traditional



Inverted



$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos(nx) + b_n \sin(nx))$$

HANSER

$$F(s) = \mathcal{L}\{f\}(s) = \int_0^{\infty} f(t) e^{-st} dt$$



Ihr Plus – digitale Zusatzinhalte!

Auf unserem Download-Portal finden Sie zu diesem Titel kostenloses Zusatzmaterial. Geben Sie dazu einfach diesen Code ein:

plus-9vif2-w9m5u

plus.hanser-fachbuch.de



Bleiben Sie auf dem Laufenden!

Hanser Newsletter informieren Sie regelmäßig über neue Bücher und Termine aus den verschiedenen Bereichen der Technik. Profitieren Sie auch von Gewinnspielen und exklusiven Leseproben. Gleich anmelden unter

www.hanser-fachbuch.de/newsletter

Paul Wolf

Sophie Kersting

Stefan Friedenberg

Ingenieurmathematik

Ein Lehrbuch für Online- und Präsenzlehre mit der
Inverted-Classroom-Methode im zweiten Semester

HANSER

Autor:

Dr. Paul Wolf, Hochschule Stralsund, Dozent für Mathematik und Statistik, Mitarbeiter im Projekt Hochschuldidaktik Mathematik, freiberuflicher Statistik-Berater (wolf-statistik.de).

Sophie J. Kersting, Universität Greifswald, Mathematikerin

Prof. Dr. Stefan Friedenberg, Hochschule Stralsund, Professor für Mathematik, Leiter der Hochschuldidaktik Mathematik.



Alle in diesem Buch enthaltenen Informationen wurden nach bestem Wissen zusammengestellt und mit Sorgfalt geprüft und getestet. Dennoch sind Fehler nicht ganz auszuschließen. Aus diesem Grund sind die im vorliegenden Buch enthaltenen Informationen mit keiner Verpflichtung oder Garantie irgendeiner Art verbunden. Autor(en, Herausgeber) und Verlag übernehmen infolgedessen keine Verantwortung und werden keine daraus folgende oder sonstige Haftung übernehmen, die auf irgendeine Weise aus der Benutzung dieser Informationen – oder Teilen davon – entsteht.

Ebenso wenig übernehmen Autor(en, Herausgeber) und Verlag die Gewähr dafür, dass die beschriebenen Verfahren usw. frei von Schutzrechten Dritter sind. Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Buches, oder Teilen daraus, sind vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) – auch nicht für Zwecke der Unterrichtsgestaltung – reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

© 2021 Carl Hanser Verlag München

Internet: www.hanser-fachbuch.de

Lektorat: Frank Katzenmayer

Herstellung: Carolin Benedix

Covergestaltung: Max Kostopoulos

Coverkonzept: Marc Müller-Bremer, www.rebranding.de, München

Titelmotiv: © Sophie Kersting

Satz: Dr. Paul Wolf

Druck und Bindung: CPI books GmbH, Leck

Printed in Germany

Print-ISBN 978-3-446-47133-7

E-Book-ISBN 978-3-446-47218-1

Geleitwort

Mathematische Vorlesungen insbesondere in großen Gruppen, wie sie oft im Ingenieurbereich zu finden sind, tendieren häufig zur so genannten „Frontalbeschallung“, bei der die Vortragenden ohne Einbeziehung des Auditoriums Theorie entwickeln und Sachverhalte darlegen. Mathematiklehrende, die vor Jahrzehnten selbst solche Veranstaltungen besucht haben, kennen diese Situation zur Genüge, bei der der wesentliche Teil der Arbeit in der späteren Nacharbeit erfolgte. Diese Situation wirft die Frage auf, ob nicht die Vorlesungszeit effizienter im Sinne des Lernprozesses genutzt werden kann. Auf diese Frage gibt es unterschiedliche Antworten, etwa die Einbeziehung von aktivierenden Komponenten durch mathematische Umfragen und Quiz oder die interaktive Entwicklung des Stoffes mit den Studierenden, wenn es sich um überschaubarere Gruppen handelt. Die extremste und wohl auch konsequenteste Variante ist die Methode des „Inverted Classroom“, bei der die Ersterarbeitung von Themen und Sachverhalten mit geeigneten Materialien durch die Studierenden selbst bereits vor der Präsenzveranstaltung stattfindet und die Präsenzzeit dann zur Klärung von Fragen, weiteren Vertiefung und Einübung genutzt wird. Auch wenn diese Variante auf den ersten Blick sehr vielversprechend erscheint, ergeben sich doch wichtige Fragen, die für die erfolgreiche Gestaltung entscheidend sein dürften:

- Wie sollten die Materialien zur eigenständigen Stoffarbeit gestaltet sein? Wie können Studierende dabei erkennen, ob sie die Dinge verstanden haben? Wie kann man sicherstellen, dass die Materialien wirklich gründlich durchgearbeitet werden?
- Wie sollte man sinnvoll und lerneffizient die Präsenzphase gestalten? Wie kann man punktuelle Fragen klären, ohne dabei den Gesamtkontext aus dem Auge zu verlieren, der ja bei einer Vorlesung, in der zusammen mit den Studierenden die Themen entwickelt werden, immer gegenwärtig ist? Was lässt man die Studierenden in der Präsenzphase zur Einübung und Festigung des Verständnisses bearbeiten? Wie organisiert man das Feedback bei der Bearbeitung, so dass die Lernenden erkennen können, ob ihr Lernprozess erfolgreich war?
- Welche weiteren Übungen und Festigungen sollte man nach der Präsenzphase anbieten bzw. fordern und wie stellt man sicher, dass diese auch erfolgen?

An diesen Fragen kann man erkennen, dass ein „inspirierender Gedanke“ wie der Grundgedanke der Methode „Inverted Classroom“ noch kein Durchführungskonzept ist und Spielraum lässt für gelungene und weniger gelungene Realisierungen, wie man sie auch in der Literatur findet. Umso wichtiger erscheint es, Konzepte zu entwickeln, die Antworten auf obige Fragen geben. Ein derartiges Konzept, das bereits in der Lehrpraxis umgesetzt

und erprobt wurde, wird im vorliegenden Buch dargelegt und mit Materialien aus dem Themenbereich „Mathematik für Ingenieure II“ unterfüttert und illustriert. Damit bietet es dem Leser, der sich mit der Einführung der IC-Methode beschäftigt, wertvolle Hinweise zur Ausgestaltung der Materialien und der Lernprozesse in den verschiedenen Phasen. Dabei trägt das Buch der Unterschiedlichkeit der Lehrpersonen Rechnung, indem nicht alles als „obligatorisch“ deklariert wird, sondern vielfach auf Optionen hingewiesen wird, die situations- und personenabhängig genutzt werden können und sollten, d.h. es besteht noch ein erheblicher Spielraum in der konkreten Ausgestaltung. Es werden Hinweise zur Materialienerstellung für die Einarbeitung und für die Einübung und Festigung gegeben wie Verständnisfragen, Präsenzaufgaben oder Quiz. Ferner wird für die Klärung der Verständnisfragen in der Präsenzphase ein Konzept vorgestellt, dass die Platzierung der Fragen in einer kohärenten mathematischen Darstellung sichern soll. Damit kann der Leser eine deutlich klarere Vorstellung zur Ausgestaltung des „Inverted Classroom“ entwickeln und effizienter eine eigene, persönliche Version realisieren. Insofern handelt es sich um ein sehr ideenreiches, nützliches Buch, das erfrischenderweise auch häufig einräumt, dass sich die Lehrenden in ihrer eigenen Verantwortung entscheiden müssen, welche Angebote sie in ihre Lehre einbeziehen wollen. Bereits die oben angesprochenen Fragestellungen indizieren, dass die Inverted-Classroom-Methode noch ein breites Feld für die mathematikdidaktische Forschung darstellt. So kann man sich beispielsweise fragen, auf welche verschiedene Weisen die Vorbereitungsmaterialien von den Studierenden genutzt werden, welche Verständnisgewinne aus den Nutzungsarten resultieren und durch welche Rahmenbedingungen eine intensivere Beschäftigung gesichert werden kann. Ähnliche Fragen lassen sich auch für die Präsenzphase identifizieren. Damit bei solchen Forschungen nicht irgendeine Ausgestaltung der Methode „Inverted Classroom“ verwendet wird, sondern solche, die bereits in der Praxiserprobung ein gutes Potential erkennen lassen, ist eine intensivere Nutzung der Methode erforderlich, für die sich das nun vorliegende Buch als ausgesprochen hilfreich und nützlich erweist, so dass ihm ein großer Leserkreis zu wünschen ist.

Burkhard Alpers

Aalen, im Mai 2021

Vorwort

Die Inverted-Classroom-Methode (ICM) hatte schon vor der Corona-Pandemie immer mehr an Beliebtheit gewonnen und ist nun mit Fokus auf Online-Lehre ein wichtiges Hilfsmittel im Didaktik-Werkzeugkasten geworden. Die Idee hinter der Methode ist für sich gesehen simpel: Die Vorlesung wird in das Selbststudium und die Aufarbeitung bzw. Besprechung der einzelnen Themen in das sogenannte Plenum verschoben. Jedoch stellt die konkrete Umsetzung – insbesondere hinsichtlich des zeitlichen Vorbereitungsaufwandes für Lehrende – eine gewisse Hürde dar. Wir haben festgestellt, dass es zwar viele Erläuterungen und theoretische Betrachtungen der ICM gibt, jedoch verhältnismäßig wenig direkt nutzbare Materialien und konkrete Tipps für die Mathematik der Ingenieurstudiengänge.

Dieses Buch und die zugehörigen Materialien richten sich gleichermaßen an Lehrende und Studierende, wobei die Erläuterungen zur Inverted-Classroom-Methode insbesondere als Unterstützung für Dozentinnen und Dozenten gedacht sind. Mit Hilfe dieses Gesamtpaketes an Lehrmaterialien und konkreten Tipps wird die genannte Hürde gesenkt und der Einstieg in die Inverted-Classroom-Methode erleichtert. Wir empfehlen Lehrenden, die ICM zum ersten Mal ausprobieren wollen, mit Studierenden des zweiten Semesters zu starten, da diese bereits das Lernen an Hochschulen gewohnt sind und eventuell schon in anderen Fächern Erfahrungen mit ICM gesammelt haben. Auch aus diesem Grund behandelt dieses Buch mathematische Themen, die häufig im zweiten Semester gelehrt werden (eine Fortsetzung für das erste Semester ist in Planung).

Es sei betont, dass hier nur *ein* Weg aufgezeigt wird und ICM sehr individuell angepasst und ausgeführt werden kann bzw. soll. Sowohl die Umsetzung von ICM als auch die Wahl der Inhalte und deren Vorstellung hängen stets von den Erfahrungen und Vorlieben der einzelnen Dozentinnen und Dozenten ab. Wir gehen im ersten Teil auch auf eigene Erfahrungen ein und wählen hier eine persönliche Ansprache, wie es bei einem ICM-Workshop nicht unüblich ist. Die Hinweise für Studierende können gerne als Vorlage genutzt werden und sind in diesem Sinne auch so geschrieben.

Im ersten Teil des Buches werden Hinweise für Lehrende und Studierende zur ICM gegeben. Der zweite Teil stellt den Hauptteil dar und liefert umfangreiche Materialien für die Mathematikveranstaltung. Nach einer kurzen Wiederholung von Inhalten, die häufig im ersten Semester behandelt wurden, werden die Integralrechnung, Potenz- und Tay-

lorreihen sowie Fourierreihen und schließlich gewöhnliche Differentialgleichungen und die Laplace-Transformation thematisiert. Ein Unterschied zu vielen Lehrbüchern besteht darin, dass das Buch wie eine Vorlesungsreihe aufgebaut ist. Der Start einer Vorlesung wird markiert (z.B. „Vorlesung 3“, ggf. auch mit Hinweis auf Einleitungsfolien) und es findet sich bei den meisten Vorlesungen zu Beginn eine kurze Anregung für eine Wiederholung. Die Länge der Vorlesungseinheiten orientieren sich an klassischen 90-Minuten Tafel-Vorlesungen, daher startet bzw. endet eine Vorlesung realistisch nicht unbedingt auch am Anfang eines Buch-Kapitels. Von großer Nützlichkeit für die Plenumsveranstaltungen (welche in der ICM die klassische Vorlesung ersetzen) sind die zahlreichen Verständnisaufgaben und Quiz, welche an passenden Stellen zu finden sind. Die Lösungen sind, wie alle weiteren zusätzlichen Materialien, im Online-Bereich zu diesem Buch zu finden. Etwa alle zwei bis drei Vorlesungen finden sich Präsenzaufgaben, die während einer Plenumsveranstaltung (ob online oder tatsächlich im Hörsaal bzw. Seminarraum) bearbeitet und anschließend besprochen werden sollen. Die Zeitangaben sind lediglich Richtwerte und beziehen sich auf die Bearbeitungszeit von Studierenden. Als Erfahrungswerte können sie natürlich je nach Studiengang und Kohorte unterschiedlich ausfallen. Zusammen mit der Aufforderung, dass Studierende möglichst zu jedem im Skript vorgestellten Beispiel noch ein eigenes entwickeln sollen, die sie dann im Plenum vorstellen können, sind die Plenumsveranstaltungen didaktisch sinnvoll vorbereitet. Die mitgelieferten Hausaufgaben runden schließlich das Paket an Übungsaufgaben ab.

Neben Lösungen zu den Verständnisfragen, den Präsenz- und Hausaufgaben finden sich weitere Materialien im Online-Bereich zu diesem Buch¹. Dazu gehören die entsprechenden GeoGebra-Dateien, Einleitungsfolien, eine Probeklausur, Tabellen und zusätzliche Wiederholungsaufgaben (Differential- und Integralrechnung sowie Summen). Zudem bietet der Erstautor Videos an, die er für seine Vorlesung (Mathematik 2 für E-Technik) erstellt hat. Die Videos dürfen gerne genutzt werden, sind dabei aber so technisch einfach gehalten, dass eine Nachahmung problemlos möglich ist (technische Hinweise finden sich dazu in Teil 1). Die Lösungen zu den Hausaufgaben sind ausschließlich für Lehrende gedacht und finden sich daher im Hanser Dozenten-Bereich².

Uns ist bewusst, dass nicht alle Dozentinnen und Dozenten Beweise in den Mathematikveranstaltungen für Ingenieur*Innen durchführen. Wir selbst halten diese für wichtige Elemente der mathematischen Ausbildung, die das abstrakte Denkvermögen schulen sowie neue Ideen und Herangehensweisen vermitteln sollen. Für uns ist die Mathematik auch für sich als eigene Disziplin innerhalb einer Service-Veranstaltung vermittelbar, ohne die Studierenden zu überfordern. Daher finden sich in diesem Buch an einigen Stellen auch Beweise, wobei wir auf zu technische Herleitungen weitestgehend verzichtet haben. Nutzer*Innen unserer Materialien können bei Bedarf die Beweise überspringen oder entsprechend ersetzen.

¹ <https://plus.hanser-fachbuch.de/>

² <https://dozentenportal.hanser.de/>

Die Materialien wurde nach bestem Wissen und Gewissen erstellt, können aber natürlich dennoch kleinere Fehler enthalten.
Über Hinweise freuen wir uns!

Paul Wolf, Sophie Kersting, Stefan Friedenber

Im Juli 2021

Inhalt

Teil I Die Inverted-Classroom-Methode	1
1 Inverted-Classroom-Methode	3
1.1 Hinweise für Lehrende	3
1.1.1 Motivation.....	4
1.1.2 Anmerkungen zum Buch und den Materialien	4
1.1.3 Grundsätzliche Hinweise zu ICM	5
1.1.4 Vorbereitungen	6
1.1.5 Ablauf der Veranstaltung	7
1.1.6 Die Plenums-Veranstaltungen	8
1.1.7 Der klassische Fehler	9
1.1.8 Motivation in der Online-Lehre	10
1.1.9 Feedback im Semester.....	11
1.1.10 Eigene Videos erstellen.....	12
1.2 Hinweise für Studierende.....	13
Literatur	14
Teil II Die Materialien	15
2 Kurze Wiederholung der Grundlagen	17
2.1 Differentialrechnung in \mathbb{R}	17
2.1.1 Idee der Differentialrechnung.....	17
2.1.2 Wichtige Ableitungen und Ableitungsregeln	19
2.2 Relevante Funktionen.....	21
2.2.1 Stückweise definierte Funktionen	21
2.2.2 Exponential- und Logarithmusfunktion	21
2.2.3 Trigonometrische Funktionen	23
2.2.4 Hyperbelfunktionen	24

3	Integralrechnung	29
3.1	Grundidee und Hauptsätze	29
3.2	Riemann-Integral	42
3.3	Besonderheiten Flächenberechnung	47
3.3.1	Positive und negative Flächen	47
3.3.2	Fläche zwischen zwei Graphen	49
3.3.3	Symmetrieeigenschaften nutzen	51
3.4	Integrationsmethoden	56
3.4.1	Partielle Integration	56
3.4.2	Substitution	58
3.4.3	Integration per Partialbruchzerlegung	65
3.5	Uneigentliche Integrale	70
3.6	Mehrdimensionale Integrale am Beispiel \mathbb{R}^2	71
3.7	Länge eines Funktionsgraphen	77
3.8	Anwendungen	81
3.8.1	Mittelwert	81
3.8.2	Rotationskörper	82
3.8.3	Mantelfläche	85
3.8.4	Anwendungsaufgaben	88
	Literatur	91
4	Potenzreihen und Taylorreihen	93
4.1	Wiederholung der Grundlagen	93
4.1.1	Folgen und Grenzwerte	93
4.1.2	Summen und Reihen	95
4.2	Allgemeine Form und Konvergenzbereich	99
4.3	Taylorreihen	104
4.3.1	Idee der Taylorreihen	104
4.3.2	Der Satz von Taylor	106
4.3.3	Anwendungsbeispiel	111
5	Fourierreihen	113
5.1	Einleitung	113
5.2	Berechnung der Fourier-Koeffizienten	119
5.2.1	Berechnung von a_0 (Gleichanteil/Mittelwert)	120
5.2.2	Berechnung von a_n	121
5.2.3	Berechnung von b_n	123
5.3	Fourier-Dirichlet-Theorem	125
5.4	Fourier in \mathbb{C}	127

5.4.1	Kurze Wiederholung zu \mathbb{C}	127
5.4.2	Herleitung der komplexen Fourierkoeffizienten	130
5.5	Allgemeine Periode	135
5.6	Anwendungsbeispiel: Fourier bei Kippspannung	136
	Literatur	140
6	Gewöhnliche Differentialgleichungen	141
6.1	Grundlagen	141
6.2	Näherungslösung	143
6.2.1	Das Euler-Verfahren	143
6.2.2	Das Richtungsfeld	146
6.3	Elementare Integrationsmethoden	148
6.3.1	Direkte Lösung bei getrennten Variablen	148
6.3.2	Getrennte Variablen und Substitution	153
6.3.3	Lineare Differentialgleichungen	156
6.3.4	Lineare DGL mit konstanten Koeffizienten	164
6.4	Lineare DGL 2. Ordnung mit konstanten Koeffizienten	168
6.4.1	Allgemeine Lösung als Linearkombination	173
6.4.2	Allgemeine Lösung der homogenen Gleichung	176
6.4.3	Lösung der inhomogenen DGL	182
6.4.4	Anwendungsbeispiel elektrische Schwingung	186
	Literatur	189
7	Laplace-Transformation	191
7.1	Einführung und Definition	191
7.2	Konvergenz des Laplace-Integrals	196
7.3	Inverse Laplace-Transformation	198
7.4	Eigenschaften der Laplace-Transformation	201
7.4.1	Linearität	201
7.4.2	Dehnung und Stauchung	202
7.4.3	Verschiebungen	205
7.4.4	Dämpfung	209
7.4.5	Ableitungen	212
7.4.6	Integration	215
7.5	Faltung	217
7.6	Grenzwertsätze	224
7.7	Periodische Funktionen	226
7.8	Rücktransformation per Partialbruchzerlegung	229
7.9	DGL lösen mit Laplace	233

7.9.1	DGL 1. Ordnung	234
7.9.2	Lineare DGL 2. Ordnung mit konstanten Koeffizienten	237
7.10	Systeme linearer DGL	242
7.10.1	DGL-System mit Laplace lösen.....	243
7.10.2	DGL-System ohne Laplace lösen.....	245
	Stichwortverzeichnis	251

TEIL I

Die Inverted-Classroom-Methode

Im ersten Teil dieses Buches werden Vorschläge zur Anwendung der Inverted-Classroom-Methode (ICM) für Lehrende gegeben. Neben der Motivation, einigen Literaturhinweisen und grundlegenden Tipps werden auch die Vorbereitung sowie der Ablauf einer möglichen ICM-Veranstaltung angesprochen. Anschließend folgen Anregungen für die Plenumsphasen sowie einige Worte zu einem klassischen Anfängerfehler.

Dieser Buchteil wird mit Hinweisen für Studierende abgeschlossen, die Lehrende als Vorlage nutzen können, um ihre Kursteilnehmer*innen über die geplante Lehrmethode zu informieren.

1

Inverted-Classroom-Methode

Traditional



Inverted



■ 1.1 Hinweise für Lehrende

Sehr geehrte Dozentinnen und Dozenten,

vielleicht durften auch Sie während Ihrer Studienzeit die Kritzeleien und „Schnitzkünste“ an den Klappischen im Hörsaal bestaunen? So blieb dem Erstautor eine Schnitzerei bis heute im Gedächtnis: Auf dem Tisch hatte jemand Schalter und Knöpfe in Form eines Bedienungsfeldes mit dem Namen „Prof-Steuerung“ eingeritzt. Dies sollte den Zweck haben, den oder die Professor*in zu pausieren, zurück- oder vorzuspulen. Damals war die Vorstellung amüsant und gleichzeitig eine echte Wunschvorstellung, denn häufig waren gerade die Mathematik-Professor*innen viel zu schnell mit der Kreide und mitunter gleichzeitig zu eifrig mit dem Schwamm. Heute, gerade im Rahmen der Online-Lehre, gibt es diese „Prof-Steuerung“ tatsächlich und wir, als Lehrende, sollten diesen Fortschritt soweit sinnvoll unterstützen.

1.1.1 Motivation

Inverted oder flipped Classroom ist kein starres Konzept, sondern kann an die entsprechende Lehrsituation individuell angepasst werden, wie zahlreiche Praxisbeispiele zeigen (zwei Beispiele unter vielen sind [Fehl20] und [Scha17]). Grundsätzlich bedeutet hierbei Invertieren oder Flippen (umdrehen), dass der Theorieinput nicht, wie sonst üblich, im Hörsaal (oder online während einer Video-Konferenz) stattfindet, sondern in die Selbststudiumsphase verlagert wird. Übliche Materialien sind hierzu Videos, in denen der Stoff von Lehrenden vorgestellt wird. Die großen Vorteile liegen darin, dass sich die Studierenden jede Woche mit den entsprechenden Vorlesungsinhalten zur selbst gewählten Zeit in eigener Geschwindigkeit auseinandersetzen können. Weiterhin ergibt sich die Möglichkeit, in der sonst durch die reine Stoffvermittlung blockierten Vorlesungszeit nun an den eigentlichen Fehlvorstellungen und Verständnisschwierigkeiten gemeinsam zu arbeiten. Die Vorlesung wird zu einer Plenumsveranstaltung, in der die aktive Mitarbeit und der Austausch in den Vordergrund rückt. Die Dozentin bzw. der Dozent erhält neue Möglichkeiten, individueller und konkreter auf Fehlvorstellungen einzugehen und ist nicht länger gezwungen, jedes Jahr Inhalte, wie z.B. Grundlagen der ersten Semester, in nahezu gleicher Art zu präsentieren. Oder mit den Worten von Prof. Spannagel¹:

„Ich sehe es schon lange nicht mehr ein, weshalb ich 200 Menschen zusammenrufen soll, um einen Vortrag zu halten, den ich schon ein paar Mal gehalten habe. Welch kostbare Zeit wird da verschwendet, welch wertvolle Gelegenheit ungenutzt gelassen! Warum sollen alle Studierenden gemeinsam in einem Raum zusammen kommen, um sich kollektiv in den Rezeptionsmodus zu begeben? Brauche ich den gemeinsamen Ort für diese Vermittlungs- und Rezeptionssituation? Wäre es nicht besser, dass wir – wenn wir schon mal alle zusammen in einem Raum sind – uns dann direkt miteinander austauschen?“

Dieses Buch zielt nicht darauf, ICM vollumfänglich darzustellen, sondern möchte konkrete Materialien und Anregungen insbesondere für den Einstieg in das IC-Modell anbieten. Für weitergehende Informationen zu ICM bieten sich insbesondere für Mathematik-Lehrende beispielsweise die Veröffentlichungen der bekannten Professoren Jörn Loviscach (z.B. [Lovi19]) und Christian Spannagel (z.B. [Wern18]) an. Viele Videos dieser beiden Professoren sind unter anderem auf YouTube^{2,3} zu finden. Auch der Begleitband zur ersten deutschen ICM-Konferenz [Hand12] sowie das ICM-Wiki⁴ der FU Berlin können als weiterführende Literatur sehr informativ sein.

1.1.2 Anmerkungen zum Buch und den Materialien

Die vorliegenden Materialien können selbstverständlich auch in einer „klassischen“ Veranstaltung genutzt werden, sind jedoch mit der Absicht angepasst worden, sie in einem Inverted-Classroom-Setting zu verwenden. Die Materialien wurden ursprünglich vom

¹ <https://cspannagel.wordpress.com/2011/08/07/die-umgedrehte-mathematikvorlesung/>

² <https://www.youtube.com/user/JoernLoviscach> bzw. <https://j317h.de/videos.html>

³ <https://www.youtube.com/user/pharithmetik>

⁴ <https://wikis.fu-berlin.de/display/icm/Inverted+Classroom+Model>

Erstautor 2018 im Sinne einer „klassischen“ Tafel-Vorlesung entwickelt und dann – im Zuge der Corona-Pandemie – für Online-Lehre und ICM deutlich verändert und angepasst. Der hier vorgestellte Stoffumfang ist vergleichbar mit etwa 24 klassischen Tafel-Vorlesungen „Höhere Mathematik II“ und kann daher entweder noch entsprechend vertieft, durch eigene Themenwünsche erweitert oder mit mehr Zeit als hier vorgesehen behandelt werden. Ein bis zwei weitere Treffen könnten am Ende für eine Probeklausur genutzt werden.

Wir gehen im Folgenden davon aus, dass Sie eine Veranstaltung nach einem Inverted-Classroom-Konzept durchführen möchten oder zumindest mit dem Gedanken spielen. Mit unseren Materialien erhalten Sie eine optimale Möglichkeit, eine Variante dieser spannenden Methode in kurzer Zeit konkret umzusetzen. Natürlich können wir nicht sämtliche Inhalte der Mathematik für ICM in einem Buch anbieten, daher haben wir uns für die Inhalte der Mathematik 2 für Elektrotechniker*innen entschieden, wie sie z.B. an der Hochschule Stralsund gelehrt werden: Integralrechnung, das Konzept von Reihen (Taylor, Fourier), gewöhnliche Differentialgleichungen und Laplace-Transformation. Da Integralrechnung in fast jeder Mathematik-Veranstaltung an Hochschulen behandelt wird, werden Sie also vermutlich mindestens die Materialien und Anregungen dazu nutzen können. Jede Dozentin und jeder Dozent haben ihre ganz eigene Ansicht zum Stoffumfang, den zu lehrenden Inhalten und den konkreten Formulierungen. Wir haben in diesen Materialien absichtlich nicht versucht, möglichst jedem Geschmack gerecht zu werden (was eine unmögliche Aufgabe an sich wäre), sondern bieten authentische Materialien an, die Sie natürlich nach Ihren Vorlieben anpassen können. Da es sich um Materialien für eine Service-Veranstaltung, also nicht für Mathematik-Studierende, handelt, wird bewusst deutlich mehr ausformuliert, mehr Rechenschritte aufgezeigt und an manchen Stellen auf formale Beweise verzichtet als in einigen Standardwerken üblich. Wenn Ihre Studierenden beispielsweise die vollständige Induktion bereits beherrschen, so können Sie die entsprechenden Beweise leicht ergänzen bzw. formal korrekt ausformulieren. An manchen Stellen wird im Skript auch darauf hingewiesen.

1.1.3 Grundsätzliche Hinweise zu ICM

Inverted Classroom ist aus unserer Sicht selbstverständlich nicht als die „ultimative didaktische Allheillösung“ zu sehen, die alle Probleme behebt, sämtliche Studierenden begeistert und zu allen Lehrenden passt. Allerdings ist sie eine wunderbare Alternative zu klassischen Lehrformaten und sollte als solche in das eigenen Repertoire aufgenommen werden. So spricht nichts dagegen, dass man einige Semester lang Inverted Classroom als Methode nutzt und dann auf andere oder altbekannte Methoden wechselt. Die Ideen und Vorgehensweisen, die Sie beim Durchführen einer Inverted-Classroom-Veranstaltung mitnehmen, werden auch in anderen Methoden und Veranstaltungen wertvoll sein.

Ganz gleich, ob Sie noch relativ wenig Lehrerfahrung besitzen oder bereits viele Jahre die gleiche Veranstaltung in ähnlicher Weise gehalten haben, Inverted Classroom wird für Sie eine spannende neue Methode sein, die es auszuprobieren lohnt. Haben Sie noch keine praktischen Erfahrungen mit ICM gemacht, so kann es sinnvoll sein, mit Studierenden ab dem zweiten Semester zu starten, da diese üblicherweise schon etwas Erfahrung darin haben, wie man an der Hochschule lernt, oder vielleicht sogar bereits ICM bei einer Kollegin

oder einem Kollegen kennengelernt haben. Wenn Sie lediglich das Ziel verfolgen, den Notendurchschnitt der Klausur zu verbessern, so kann dies ICM nicht garantieren. ICM allein kann leider nicht die Leistungen der Studierenden verbessern, die nicht das Fach studieren, was ihnen liegt bzw. gefällt. Gleiches gilt auch für diejenigen, die zu geringe fachliche Vorkenntnisse mitbringen und nicht genug Zeit in die Aufarbeitung derer investieren können oder wollen. Und wie bei jeder Lehrmethode, gibt es auch hier immer Menschen, die sich schlicht nicht auf diese einlassen wollen bzw. eine andere Art der Unterstützung wünschen. Wir empfehlen, die IC-Methode wenigstens ein Semester lang auszuprobieren und anschließend einzuschätzen, ob sie zu Ihnen und Ihren Studierenden passt. Es ergibt keinen Sinn, die Methode nach wenigen Wochen abzubrechen, da es gerade bei einem ersten Versuch eine gewisse Einspielzeit gibt.

In einer ICM-Veranstaltung sollten sich Lehrende mehr als Moderator*innen sehen, deren Aufgabe es ist, die Studierenden beim selbstständigen Lernen zu unterstützen und zu motivieren. Die Sorge, man würde bei dieser Methode nicht mehr gebraucht werden, verfliegt spätestens nach den ersten zwei Vorlesungswochen. Die Studierenden haben weiterhin die gleichen Verständnisprobleme und den gleichen Übungsbedarf wie zuvor und insbesondere Studienanfänger*innen sind nicht selbständiger, nur weil man ICM verwendet (dazu später mehr). Ganz konkret meint dies alles: Geben Sie Fragen (soweit sinnvoll) häufig an die Studierenden zurück, lassen Sie sie eigene Lösungen selbst vorstellen und Aufgaben moderieren. Falls es Ihre Prüfungsordnung zulässt, so raten wir dazu, das Vorstellen von Lösungen und Entwickeln eigener Beispiele in die Zulassung zur Klausur mitaufzunehmen (z.B. in Kombination mit der typischen Forderung, dass mindestens die Hälfte der Hausaufgabenpunkte erlangt wurden). Wünschenswert wäre es, die Studierenden auch ohne diesen Druck zu motivieren, allerdings ist dies erfahrungsgemäß nicht immer einfach.

1.1.4 Vorbereitungen

Ohne Unterstützungen, wie die Ihnen hier vorliegenden Materialien, kann die Vorbereitung einer ICM-Veranstaltung sehr aufwendig sein. Hier eine kurze Checkliste:

- ✓ Für jede Vorlesungseinheit bzw. Vorlesungswoche sollten vorliegen:
 - Skript,
 - möglichst Videos oder Audioaufnahmen zum Skript,
 - Verständnisaufgaben/Quiz (+ Lösungen),
 - Präsenzaufgaben (+ Lösungen),
 - Hausaufgaben (+ Lösungen).

Eventuell liegen noch weitere Materialien vor (z.B. GeoGebra-Grafiken oder sonstige Animationen und Folien). Wir bieten unseren Studierenden weiterhin freiwillige Zusatz- bzw. Wiederholungsaufgaben (mit Lösungen) z.B. zu Summen und Integralen sowie eine Probeklausur üblicherweise am Ende des Semesters an.

- ✓ Laden Sie alle Materialien (bis auf die Lösungen) in den Online-Kurs der Veranstaltung (im E-Learning-Center Ihrer Hochschule). Ob die Studierenden direkt auf alles oder nur auf die als nächstes benötigten Materialien Zugriff haben, bleibt Ihnen überlassen. Wir geben meist das gesamte Skript, die Videos sowie alle GeoGebra-Dateien sofort frei, dagegen die Hausaufgaben üblicherweise nur wochenweise.

- ✓ Benötigen die Videos (wie in unserem Fall) nicht viel Speicherplatz, so kann man sie meist über das E-Learning-Center der Hochschule anbieten (ggf. Rücksprache mit der IT). Ansonsten sollte man darüber nachdenken die Videos über die Hochschul-Cloud oder z.B. auf YouTube anzubieten. Man kann übrigens bei Bedarf für jedes YouTube-Video einstellen, dass man es nur finden kann, wenn man den entsprechenden Link kennt. Wir nutzen sowohl die Hochschul-Cloud als auch YouTube.
- ✓ Achten Sie darauf, dass die Studierenden leicht erkennen können, was sie (bis) wann bearbeiten sollen. Ein kurzer Hinweis als Erinnerung am Ende jeder Vorlesung schadet erfahrungsgemäß allerdings auch nicht.
- ✓ Die Studierenden (insbesondere Studienanfänger*innen) sollten rechtzeitig über das Lehrkonzept informiert werden. Einen Vorschlag, den Sie gerne individuell anpassen können, finden Sie weiter unten (Hinweise für Studierende). Wir empfehlen, die erste Vorlesungseinheit klassisch zu halten, um dort Organisatorisches und die IC-Methode zu besprechen. Zusätzlich ist es sinnvoll, insbesondere wenn es keine Anwesenheitspflicht gibt, per Rundmail alle Studierenden zu informieren.
- ✓ Eventuell bereiten Sie noch weitere Angebote vor. So kann z.B. ein Forum eine gute Plattform sein, um Fragen zwischen den Veranstaltungen zu stellen, denn alle Studierenden haben hier die Möglichkeit zu antworten bzw. die Antwort zu erfahren. Dies können Sie ohne Zeitdruck moderieren und abwarten, ob Sie überhaupt antworten müssen.

1.1.5 Ablauf der Veranstaltung

Bei ICM findet man häufig einen Wechsel von asynchroner und synchroner Lehre. Bei Prof. Spannagel⁵ steht die Selbststudiumsphase eines Kapitels bzw. Themas am Anfang, dann gefolgt von Tutorien und schließlich wird das Thema am Ende einer Woche durch die Plenums-Veranstaltung abgeschlossen. Werden auch die Tutorien von der Dozentin bzw. dem Dozenten (und nicht von studentischen Hilfskräften) gehalten, so muss nicht strikt zwischen Plenum und Tutorium getrennt werden. Solch ein Ablauf wird in Bild 1.1 visualisiert. Haben Sie allerdings die Möglichkeit, zusätzlich studentische Tutor*innen einzustellen, so kann die Reihenfolge nach Spannagel sinnvoller sein.

Die Studierenden erhalten den Auftrag, bis zum jeweils nächsten Plenum den entsprechenden Skript-Abschnitt zu lesen bzw. die Videos anzusehen. Weiterhin sollen alle zugehörigen Verständnisaufgaben bearbeitet werden. Diese sind absichtlich sowohl recht einfache Aufgaben, um sie sofort bearbeiten zu können und durch einen kleinen Erfolg motiviert direkt weiter lernen zu können, als auch sogenannte ConceptTests (vgl. [Baue15]). Verständnisschwierigkeiten und Fragen sollen die Studierenden für das Plenum notieren. Weiterhin halten wir die Studierenden dazu an, zu möglichst jedem Beispiel, welches im Skript bzw. in den Videos behandelt wird, sich ein eigenes zu überlegen. Jede Vorlesungseinheit endet schließlich mit einem kurzen Quiz (hierzu siehe auch Peer Instruction, vgl. [Baue19] und [Mazu17]). Die Präsenzaufgaben, die in unserem Fall den Hausaufgaben ähnlich sind und

⁵ Vgl. z.B. eine Einführung in den Flipped Classroom von Prof. Spannagel vor Studierenden, <https://www.youtube.com/watch?v=5RxFIKQieWM>

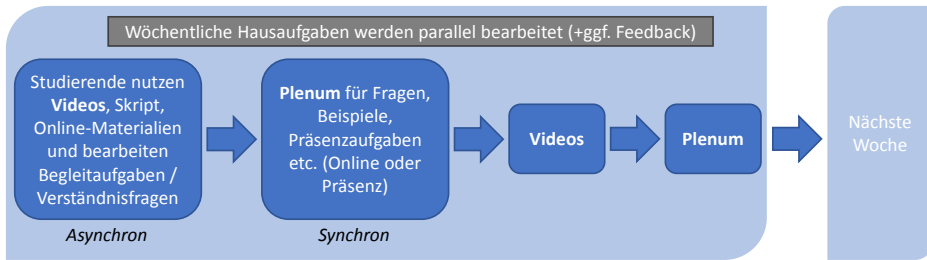


Bild 1.1 Möglicher Ablauf einer ICM-Veranstaltung

auf diese explizit vorbereiten sollen, können nach Behandlung der entsprechenden Themen im Plenum bzw. Tutorium eingesetzt werden. In unseren Veranstaltungen haben die Studierenden etwa eine Woche Zeit, die Hausaufgaben zu bearbeiten. Üblicherweise erhalten Sie innerhalb der dann folgenden Woche eine Rückmeldung in Form einer Korrektur und Punkten.

1.1.6 Die Plenums-Veranstaltungen

Für den Ablauf des Plenums möchten wir eine von vielen Möglichkeiten vorstellen: Man scrollt (Online: Bildschirmübertragung⁶, Präsenz: Beamer) langsam das Skript bis zur aktuellen Einheit durch und gibt den Studierenden die Möglichkeit, Fragen zu stellen, die man möglichst zunächst an die anderen Studierenden zurückgibt. Trifft man auf ein Beispiel, so kann jemand sein*ihre eigenes Beispiel direkt vorstellen (sofern Sie dies als Arbeitsauftrag in Ihr Konzept aufgenommen haben) oder aber man nutzt das neue Beispiel als kurze Übungsaufgabe für alle. Die Lösung wird dann anschließend durch diejenigen bzw. denjenigen moderiert, die bzw. der das Beispiel entwickelt hat.

Stößt man beim Scrollen auf eine Verständnisaufgabe, so wird entsprechend die Lösung von Studierenden vorgestellt. Häufig tauchen dennoch Verständnisprobleme auf, die Lösung wird nicht adäquat dargestellt oder es wäre sinnvoll, auf typische Fehlvorstellungen noch detaillierter einzugehen. In diesem Fall lenkt der oder die Lehrende die Vorlesung aktiv.

Das abschließende Quiz lädt schließlich dazu ein, elektronische Votingssysteme⁷ zu nutzen und anschließend über Fehlvorstellungen oder weitere Fragen der Studierenden zu sprechen. Auf diverse gewünschte Effekte, wie z.B. Verbesserung des Lernens und Dynamisierung der Lehrveranstaltung, verweisen Studien (vgl. [Mayh20]).

Durch das Scrollen wird das gemeinsame Treffen strukturiert und man behält einen chronologischen Ablauf, während bei einer offenen Fragerunde die Themen wild durcheinander gemischt sein können. Gerade Themen, die aufeinander aufbauen, was in der Mathematik die Regel ist, sollten aus unserer Sicht auch in entsprechender Reihenfolge behandelt und verstanden werden. Sie können natürlich gerne von unserem Vorgehen abweichen.

⁶ Wir nutzen das Webkonferenzsystem BigBlueButton. Bitte informieren Sie sich, welche Systeme an Ihrer Hochschule angeboten werden.

⁷ Wie z.B. Tweedback (<https://tweedback.de>) oder Kahoot (<https://create.kahoot.it/>).

Die Idee unserer Präsenzaufgaben besteht darin, dass sie ähnlich zu den Hausaufgaben sind und damit die Hürde senken, diese vollumfänglich zu bearbeiten. Wir erleben es quasi nie, dass Studierende keine Idee haben, wie sie bei den Hausaufgaben zumindest anfangen können. Wann genau man den Studierenden Zeit gibt, die Präsenzaufgaben zu bearbeiten, ist eine Frage der Erfahrung. Man kann sogleich nach der Besprechung eines Themas (z. B. partielle Integration) die zugehörige Präsenzaufgabe bearbeiten und besprechen, sofern es zeitlich passt. Dies ermöglicht auch den Studierenden, die ohne die Präsenzaufgaben noch Schwierigkeiten hätten, die Hausaufgaben zeitnah zu bearbeiten. Alternativ kann man die Präsenzaufgaben gesammelt während des letzten Plenums der Woche bearbeiten, um so den Studierenden mehr Zeit zu geben, auch ohne diese Unterstützung die Hausaufgaben zu lösen. An den Präsenzaufgaben haben wir Zeiten notiert (z.B. „ca. 10 Min.“), welche Erfahrungswerte für die Bearbeitungszeit sind. Das ist natürlich sehr von Ihren Studierenden abhängig, daher empfehlen wir insbesondere bei Online-Veranstaltungen Votingsysteme zu nutzen („Aufgabe 1b fertig?“) und die noch übrige Zeit im Auge zu behalten. Wir empfehlen, möglichst alle Präsenzaufgaben zu bearbeiten und anschließend zu besprechen. Bei Zeitdruck gehen wir manchmal dazu über, selbst die Lösung unter Meldungen der Studierenden aufzuschreiben. Für die Online-Lehre stellt ein Visualizer (Dokumentenkamera)⁸ eine gute Alternative zur Tafel dar. Viele Konferenzsysteme (wie z.B. BigBlueButton) bieten Gruppenräume an, in denen die Studierenden in kleinen Gruppen die Aufgaben bearbeiten können. Mitunter kann man auch festlegen, nach welcher Zeit die Räume sich automatisch wieder schließen und alle Studierenden in den Hauptraum zurückkehren.

Die Hausaufgaben besprechen wir nur auf Nachfrage. Da wir hierzu Lösungen nach der Abgabefrist online stellen, kamen bisher nur sehr selten Fragen auf. Nach Besprechung der Präsenzaufgaben erhalten die Studierenden bei uns stets die Möglichkeit, Fragen zum nächsten Hausaufgabenblatt zu stellen. Da die Präsenzaufgaben in Art und Anforderungen den Hausaufgaben ähnlich sind, kommen allerdings auch hier eher selten Fragen auf. Fallen während der Hausaufgabenkorrektur typische Fehlvorstellungen auf, so kann es sinnvoll sein, diese (anonymisiert) im Plenum zu besprechen und gemeinsam zu korrigieren. Wir haben beobachtet, dass dieses Feedback deutlicher wahrgenommen wird, als lediglich schriftliche Rückmeldungen auf den Hausaufgabenabgaben, welche mitunter gar keine Beachtung finden.

1.1.7 Der klassische Fehler

Wollen Sie eine ICM-Veranstaltung halten, so gehen Sie bitte niemals dazu über, die Veranstaltung zwischendurch wieder „klassisch“ zu halten. Aus Erfahrung heraus führt dies sonst dazu, dass bald niemand mehr die Videos schaut, sondern man darauf setzt, dass „der*die da vorne ja eh wieder alles vorrechnet“. Insbesondere in den ersten Wochen muss man Studierenden, die sich nicht vorbereitet haben, deutlich machen, dass sie ohne Vorbereitung nichts von der Veranstaltung mitnehmen. Hierzu bietet Prof. Spannagel Tipps in einem Video⁹ an. Wenn Studierende Sie bitten, ein Thema (erneut) zu erklären, dann fordern Sie stets konkrete Fragen.

⁸ Z.B. Optoma-Dokumentenkamera DC450

⁹ Flipped Classroom: Was tun, wenn viele Studierende unvorbereitet sind?
<https://www.youtube.com/watch?v=z9AZDBE7gF8>

- „Welchen Beweisschritt konnten Sie nicht nachvollziehen?“
- „Welcher Rechenschritt im Beispiel ist Ihnen unklar?“
- „Bis zu welchem Punkt konnten Sie der Argumentation folgen?“

Fragen dieser Art können Sie nutzen, um die Veranstaltung wieder vom Dialog ins Plenum zurück zu leiten. Bitte beachten Sie: Die IC-Methode nimmt Zeitdruck aus der Veranstaltung, denn der Stoff wurde bereits durch die Videos erläutert, Sie haben also durchaus Zeit, die Studierenden nachdenken zu lassen. Ihre Aufgabe im Plenum ist die Vertiefung und Festigung der Inhalte sowie das Entdecken und Auflösen von Fehlvorstellungen, wobei man möglichst die Gruppe einbeziehen sollte, bevor man die Frage selbst beantwortet (Ausnahmen bestätigen die Regel).

1.1.8 Motivation in der Online-Lehre

Bei der ausschließlichen Online-Lehre kann es erfahrungsgemäß für Lehrende frustrierend sein, nicht die Studierenden sehen zu können. Ob aus technischen oder persönlichen Gründen, im Allgemeinen schalten die Studierenden ihre Webcams nicht an (leider mitunter nicht einmal die Mikrofone). Somit fehlt das persönliche Feedback: Man kann den Studierenden nicht ansehen, ob sie etwas verstanden haben, man kann keinen Augenkontakt herstellen und erhält keine Rückmeldungen auf persönlicher bzw. emotionaler Ebene. Somit können Lehrende und Studierende das Gefühl bekommen, mehr oder weniger mit dem Laptop zu reden, was tendenziell negativ für die Motivation auf beiden Seiten ist. Um dies aufzubrechen, empfehlen wir mit gutem Vorbild voran zu gehen und die eigene Webcam (zumindest gelegentlich) zu aktivieren und sich den Studierenden zu zeigen. Der nächste wichtige Schritt besteht darin, die mündliche bzw. schriftliche Beteiligung via Mikrofon, Chat und Umfragen zu erhöhen. Die Verständnis- und Präsenzaufgaben sowie die Quiz in diesem Buch sind hierfür bestens geeignet. Wir empfehlen zusätzlich das Vorstellen eigener Beispiele oder Lösungen als Zulassungsvoraussetzung zur Klausur (häufig als Übungsschein bezeichnet) aufzunehmen. Je nach Kursgröße kann man bei den allein über 180 Gelegenheiten, die dieses Buch liefert (Beispiele nicht einmal dazu gerechnet), durchaus die Studierenden zum zwei- oder dreimaligen Vorrechnen verpflichten. Wir haben die Erfahrung gemacht, dass damit innerhalb von einer Woche das Eis gebrochen wird und anschließend auch viele Studierende gerne noch häufiger ihre Lösungen und Fragen vorstellen möchten. Grundsätzlich sollte man das Gespräch mit den Studierenden suchen und ggf. via Umfragen herausfinden, ob und wie die Veranstaltung optimiert werden kann: Ist die Übertragungsqualität in Ordnung (Mikrofon, Visualizer etc.)? Sind die Videos verständlich und von akzeptabler Qualität? Sollten in den Rechenphasen mehr Gruppenräume eröffnet werden? Im Gegensatz zur Präsenzlehre kann man in der Online-Lehre während Rechenphasen nicht durch die Reihen gehen und sich einen Überblick verschaffen. Daher sollte man zu jedem Arbeitsauftrag einen zeitlichen Richtwert vorgeben (Vorschläge finden Sie in diesem Buch an den jeweiligen Präsenzaufgaben) und zudem eine Umfrage starten, durch die die Studierenden rückmelden können, dass sie fertig sind. Da es leider fast immer Studierende gibt, die sich zwar einloggen, aber dann den Laptop verlassen oder die Umfrage ignorieren, sollte man nicht darauf warten, dass von allen eine Rückmeldung kommt. Ist die geplante Zeit vorbei und hat über die Hälfte den Abschluss der Aufgabe bestätigt, so kann man erfahrungsgemäß mit der Besprechung der Lösung fortfahren oder

ggf. nachfragen, ob doch noch Zeitbedarf besteht (dies kann natürlich von Kurs zu Kurs variieren). Da die Vorstellung der Vorlesungsinhalte durch die Videos bereits geschehen ist, hat man üblicherweise genug zeitlichen Spielraum.

1.1.9 Feedback im Semester

Gerade bei reiner Online-Lehre ist es schwer, ein Gefühl für die Stimmung im Kurs zu erhalten, da der persönliche Kontakt deutlich eingeschränkter ist und insbesondere Emotionen kaum oder sogar verfälscht über das Internet vermittelt werden. Daher raten wir dazu, eine kurze Zwischenevaluation, z.B. nach vier Vorlesungswochen, durchzuführen. Durch diese ist man in der Lage, noch während des Semesters Änderungen durchzuführen. Die Umfrage lässt sich üblicherweise sehr leicht über das E-Learning-Center der Hochschule umsetzen. Folgende Fragen (z.B. auf einer einfachen 4er-Skala) könnten dazu genutzt werden (in Klammern Zustimmungsanteile („Ja“ und „Eher ja“) vom Kurs „Mathematik 2 für E-Technik“ des Erstautors von 2021¹⁰):

1. Kommen Sie mit der Lehrmethode (Inverted-Classroom) in dieser Veranstaltung an sich gut zurecht? (93%)
2. Können Sie den Videos gut folgen? (100%)
3. Sind die Verständnisfragen und Quiz eine sinnvolle Ergänzung zu den Videos? (93%)
4. Lohnt sich der Besuch der Plenumsitzungen für Sie? (87%)
5. Wäre Ihnen eine Online-Vorlesung in „klassischer“ Art lieber? (13%)
6. Sind Präsenz- und Hausaufgaben so aufeinander abgestimmt, dass Sie auf die Hausaufgaben gut vorbereitet sind? (100%)
7. Kommen Sie mit dem Dozenten an sich zurecht (Art/Freundlichkeit/Verständlichkeit etc.)? (100%)

Noch wichtiger als diese Fragen sind jedoch die schriftlichen Rückmeldungen in einem Freitextfeld. Wir motivieren die Studierenden zu einem Feedback wie folgt:

„In dem nachfolgenden Freitextfeld haben Sie die Möglichkeit, mir auf anonymen Wege Anmerkungen zur Vorlesungen zu senden. Ich würde mich freuen, wenn Sie insbesondere auf diese Punkte eingehen könnten:“

1. Falls Sie sich kaum oder gar nicht aktiv in den Plenumsveranstaltungen beteiligen, woran liegt es und was müsste sich ändern, damit Sie aktiver teilnehmen würden?
2. Falls Sie die Verständnisfragen im Skript kaum oder gar nicht bearbeiten, woran liegt es und was müsste sich ändern, damit Sie sich mit ihnen beschäftigen würden?
3. Haben Sie abseits dessen Lob / Kritik / Verbesserungsvorschläge?

Um einen Eindruck von den Rückmeldungen zu erhalten, möchten wir diesen Abschnitt mit einigen Zitaten von Studierenden aus dem Sommersemester 2021 abschließen. Hierzu sei angemerkt, dass die Studierenden im Wintersemester zuvor eine klassische Vorlesung (bei einem anderen Dozenten) besucht hatten. Sowohl die typischen Kritikpunkte als auch das Lob lässt sich durch folgende Zitate gut zusammenfassen.

¹⁰ Solche Umfragen unterliegen nahezu immer einem Survivor Bias und sollten daher nur als ein Stimmungsbild der aktiven Studierenden gesehen werden.