

# **Fallstudie zur Lehre für das gemeinsame Mechatronik Bachelorstudium in Innsbruck und Lienz**

Vorstellung, Analyse und Bewertung eines für die Videokonferenzübertragung  
angepassten Vorlesungskonzeptes — Konstruktive Folien als Lernhilfen in  
einer Videokonferenz basierten Vorlesung

Dr.-Ing. Peter Gamnitzer, AB Festigkeitslehre und Baustatik, Universität Innsbruck

12. Oktober 2020

---

## **Kurzfassung**

Die videoübertragene Lehre für das Mechatronik Bachelorstudium in Innsbruck und Lienz stellt die betroffenen Lehrenden vor besondere Herausforderungen. In dieser Fallstudie wird in diesem Zusammenhang ein vom Autor für die gekoppelten Veranstaltungen LV844112 und LV844150 in Innsbruck und Lienz entwickeltes Vorlesungskonzept vorgestellt. Die Fallstudie enthält eine Darstellung der Rahmenbedingungen der Veranstaltung, aus denen sich erste Konsequenzen für die Zielsetzung des Lehr- und Präsentationskonzepts ableiten lassen. Das implementierte Konzept wird kurz vorgestellt, inklusive wichtiger Gestaltungselemente wie Ausfüllboxen, Service-Folien und Kurzübungen. Die Fallstudie liefert eine Analyse der teilnehmenden Studierendengruppen sowie Informationen zum Zeitmanagement der anwesenden Studierenden. Ergebnisse einer Umfrage zur Bewertung des vorgestellten Konzepts werden dokumentiert und diskutiert, genauso wie Rückmeldungen zur Verwendung ausgewählter Gestaltungselemente. Insgesamt wird das vorgestellte Konzept von den Studierenden sehr gut angenommen. Aus der Fallstudie ergeben sich aber auch Ansätze für Weiterentwicklungen. Zusätzlich zur Darstellung und Bewertung der durchgeführten Maßnahmen soll diese Fallstudie auch praktische Erfahrungen mit der gemeinsamen Mechatroniklehre für Innsbruck und Lienz dokumentieren und so als Hilfestellung für andere betroffene Lehrende an der Universität Innsbruck dienen.

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Rahmenbedingungen</b>	<b>1</b>
1.1. Spezifikation der betrachteten Lehrveranstaltung . . . . .	1
1.2. Inhaltliche Schwerpunkte der betrachteten Lehrveranstaltung . . . . .	1
1.3. Zielgruppen/Teilnehmende Studierende . . . . .	1
1.4. Zeitplanung . . . . .	3
1.5. Technische Rahmenbedingungen . . . . .	4
<b>2. Zielsetzung für das Lehr- und Präsentationskonzept und die Fallstudie</b>	<b>5</b>
<b>3. Vorstellung des Lehr- und Präsentationskonzepts</b>	<b>6</b>
3.1. Die Lückenfolie als Basis der Darstellung . . . . .	7
3.2. Wichtige Gestaltungselemente . . . . .	7
3.3. Durchführung von Prüfungen per Videokonferenz . . . . .	9
<b>4. Fragestellungen</b>	<b>10</b>
<b>5. Erhobene Daten und Diskussion</b>	<b>11</b>
5.1. Zum Evaluationsdesign . . . . .	11
5.2. Eigenperspektive und Sichtweise der Studierenden . . . . .	11
<b>6. Fazit</b>	<b>15</b>
<b>7. Schlüsse für die Weiterentwicklung der eigenen Lehrkompetenz</b>	<b>16</b>
<b>Literatur</b>	<b>17</b>
<b>A. Anhang: Kollegiales Feedback</b>	<b>19</b>
A.1. Einleitende Worte . . . . .	19
A.2. Resümee . . . . .	19
<b>B. Anhang: Anschauungsmaterialien</b>	<b>21</b>
B.1. Lückentextfolien . . . . .	21
B.2. Wiederholungsfragen . . . . .	22
B.3. Kurzübungen . . . . .	22
B.4. Service und Verknüpfungsfolien . . . . .	22
B.5. Verknüpfungsfolien zur Übung . . . . .	23
B.6. Beispielfolien für die Durchführung von Prüfungen per Videokonferenz . . . . .	23
B.7. Problemstellungen bei der Durchführung der Videokonferenz . . . . .	24

# **1. Rahmenbedingungen**

Dieser Praxisbericht beschäftigt sich im breiteren Kontext mit der praktischen Umsetzung einer Lehrveranstaltung im Rahmen des gemeinsamen Mechatronik Bachelorstudiums in Innsbruck und Lienz. Diese Veranstaltung wird primär in Innsbruck als Präsenzveranstaltung angeboten und elektronisch per Videokonferenz nach Lienz übertragen.

## **1.1. Spezifikation der betrachteten Lehrveranstaltung**

Der Bericht nimmt im Speziellen Bezug auf die gemeinsame Durchführung der Veranstaltungen LV844112 FEM - Lineare Festigkeitsanalysen (Innsbruck) beziehungsweise LV844150 FEM - Lineare Festigkeitsanalysen (Lienz). Diese werden im jährlichen Rhythmus im Wintersemester angeboten. Sie sind im jeweiligen Curriculum [1, 2] als Vorlesung verankert. Das Ausmaß der Vorlesungen beträgt zwei Semesterwochenstunden beziehungsweise 2,5 ECTS Punkte. Die Leistungsbeurteilung für die gemeinsame Veranstaltung erfolgt, wie im Curriculum des Bachelorstudiums Mechatronik [1] gefordert, durch einen einzelnen Prüfungsakt im Anschluss an die Lehrveranstaltung. Der gewählte Prüfungsmodus ist mündlich, Prüfungstermine werden über das ganze Jahr verteilt angeboten und von den Studierenden wahrgenommen.

Aus dieser Spezifikation der Lehrveranstaltung ergibt sich für die praktische Umsetzung eine wichtige Konsequenz der im Rahmen des Vorlesungskonzepts Rechnung getragen werden muss. Da nur ein einzelner Prüfungsakt am oder nach Ende der Veranstaltung existiert ist es während des Semesters nicht möglich durch eine Leistungsbeurteilung akuten Druck auf die Studierenden auszuüben. Jegliche Rückmeldung der Lehrperson an Studierende während des Semesters muss somit auf freiwilliger Basis erfolgen.

## **1.2. Inhaltliche Schwerpunkte der betrachteten Lehrveranstaltung**

Wesentliche Themen der Vorlesung sind i) das Prinzip der virtuellen Verschiebungen als Ausgangspunkt zur Diskretisierung mittels der Finite-Element-Methode, ii) der Aufbau und die Funktionsweise eines Finite-Element-Programmes, iii) Finite Elemente für ebene Probleme, rotationssymmetrische und räumliche Aufgaben sowie iv) finite Elemente für Balken, Platten und Schalen.

## **1.3. Zielgruppen/Teilnehmende Studierende**

Die teilnehmenden Studierenden setzen sich aus zwei Hauptgruppen zusammen. Die nominell größte Gruppe sind Studierende aus dem Bachelorstudium Mechatronik. Für diese Studierenden ist die Veranstaltung Teil des Pflichtmoduls 21: Festigkeitslehre und Fertigungstechnik. Sie wird von dieser Studierendengruppe zumeist im 5. Semester besucht.

Die zweite, kleinere Hauptgruppe wird von den Studierenden aus dem Masterstudium Bauingenieurwissenschaften gestellt. Für diese Studierenden ist die Veranstaltung dem

Wahlmodul 9: Modellierung und Simulation zugeordnet. Diese Gruppe besucht die Veranstaltung für gewöhnlich zu Beginn des Masterstudiums.

Die Mitglieder dieser beiden Gruppen unterscheiden sich deshalb im Normalfall wesentlich durch ihre Vorkenntnisse. Im Gegensatz zu den Studierenden im Bachelorstudium Mechatronik haben Studierende im Masterstudium Bauingenieurwesen im Verlauf ihres vorangegangenen Bachelorstudiums, in den Veranstaltungen Festigkeitslehre 2 und Baustatik, bereits vertiefte Kenntnisse zum Prinzip der virtuellen Arbeiten und zum Weggrößenverfahren erworben. Zusätzlich verfügen letztere über ein viel stärker ausgeprägtes Grundwissen zu den Themen Balken- und Plattenformulierungen. Da für die Gruppe der Studierenden im Masterstudium Bauingenieurwesen die Veranstaltung Teil eines Wahlmoduls ist kann bei dieser Gruppe von einem höheren Eigeninteresse ausgegangen werden. Es muss deshalb für die Veranstaltung von einem sehr inhomogenen Teilnehmerfeld ausgegangen werden.

Um einen weiteren Einblick in das aktiv teilnehmende Studierendenspektrum zu bekommen wurden in Tabelle 1 einige Daten vergangener Jahrgänge für die Veranstaltung in Innsbruck zusammengestellt. Zum Ersten lässt sich ausmachen, dass laut Anmeldung im Schnitt etwa doppelt so viele Studierende der Fachrichtung Mechatronik als Studierende anderer Fachrichtungen teilnehmen. Dieses Verhältnis spiegelt sich aber in der Anzahl der tatsächlichen Prüfungsantritte nicht wieder. Hier sind beide Gruppen in der selben Größenordnung. Nahezu alle Studierenden, die die Veranstaltung als Wahlfach belegen, sind offensichtlich auch prüfungsaktiv, bei der Gruppe der verpflichtend teilnehmenden sind es nur etwas weniger als 60%. Auch was die Präsenz in der Veranstaltung angeht ist kein Übergewicht der Gruppe der Studierenden der Fachrichtung Mechatronik auszumachen. Tabelle 1 zeigt dazu die Größe der jeweiligen Gruppe von Anwesenden, ausgewertet bei der Vorlesungsumfrage am Standort Innsbruck. Es ist zu berücksichtigen, dass diese Zahlen eine reine Momentaufnahme darstellen, insbesondere was die extrem niedrigen Zahlen der Pflichtfachstudierenden im WiSe1819 und im WiSe1516 angeht. Die praktische Erfahrung über das ganze Semester zeigt, dass die Anzahl der Anwesenden beider Gruppen in etwa gleich groß ist.

Semester	Laut LV-Evaluation als		Anmeldung laut VIS als		Absolvierte Prüfung als	
	Pflichtfach	Wahlfach	Pflichtfach	Wahlfach	Pflichtfach	Wahlfach
WiSe1819	3	15	58	22	36	22
WiSe1718	13	10	69	20	43	31
WiSe1617	12	10	46	25	20	16
WiSe1516	2	10	37	33	23	26
Summe	30	45	210	100	122	95

Tabelle 1: Übersicht Anzahlen teilnehmende Studierende für den Standort Innsbruck.

Zum Vergleich kann angeführt werden, dass für die Veranstaltung in Lienz bisher im Wi-

Se1819 fünf Teilnehmer im VIS angemeldet waren (bei 80 Anmeldungen in Innsbruck), im aktuellen Semester sind es drei (bei 77 Anmeldungen für die Veranstaltung in Innsbruck). Für die praktische Durchführung der Lehre ergeben sich deshalb folgende Konsequenzen.

1. Aufgrund der deutlichen zahlenmäßigen Überlegenheit der Studierenden in Innsbruck ist die Veranstaltung für diesen Standort möglichst optimal zu gestalten.
2. Da die beiden Gruppen, bezogen auf die prüfungsaktiven Studierenden, gleich groß sind hat die Ausrichtung der Veranstaltung auf Studierende der Fachrichtungen Mechatronik und Bauingenieurwesen mit gleicher Gewichtung zu erfolgen.
3. Aufgrund der teilweise ernüchternden Anwesenheitsquote sollten die bereitgestellten Unterlagen ein selbständiges Nacharbeiten ermöglichen.

#### **1.4. Zeitplanung**

Zur Ermittlung der zu investierenden Sollarbeitszeit für die Lehrveranstaltung LV844112 werden die 2,50 ECTS-Punkte mit dem gängigen Arbeitsäquivalent von 25 h/ECTS pro Semester [2] gewichtet. Es ergibt sich daraus eine gesamte zur Verfügung stehende Sollarbeitszeit von 62,5 h.

Diese enthält eine i) Präsenzzeit von 22,5 h, entsprechend 15 Vorlesungseinheiten à 90 min. Hinzu kommen ii) vorlesungsbegleitende Hausaufgaben im Umfang von 7,5 h. Bereit gestellt werden 15 Blöcke an sogenannten Wiederholungsfragen, die durchschnittlich mit 30 min pro Block veranschlagt werden. Für die iii) Prüfungsvorbereitung werden 24 h, d.h. 3 Tage Vollzeit angesetzt. Die Prüfungsvorbereitung sollte im Idealfall beinhalten ein Durcharbeiten der Vorlesungsfolien/des Skriptums, das Erstellen eigener Kurzzusammenfassungen beziehungsweise eigener Lernunterlagen, die Vorbereitung auf den ausgeteilten beispielhaften Fragenkatalog (19 Fragen), sowie die Auffrischung der Wiederholungsfragen und Kurzfragen aus der vergangenen Veranstaltung. Aufgrund der Vielzahl an zu erledigenden Punkten erscheint diese Schätzung als knapp bemessen. Ehemalige Studierende geben teilweise einen höheren Aufwand an. Als vierter Punkt iv) geht in die Zeitplanung ein Block von 1 h für administrative Aufgaben ein. Zugeordnet ist ein regelmäßiger Besuch der OLAT Seite zur Veranstaltung, der Ausdruck bzw. die Verwaltung der bereitgestellten Unterlagen, die Durchsicht bereitgestellter Unterlagen, die Prüfungsanmeldung und der Prüfungsantritt. Als letzter Block v) werden 7,5 h für die Mitarbeit im Semester eingeplant. Es werden dafür 0,5 h für die Nachbereitung von 15 Vorlesungsterminen angesetzt. Dazu zählen auch kleine in der Vorlesung erteilte Arbeitsaufträge, wie zum Beispiel die Kontrolle von in der Vorlesung gegebenen Ansatzfunktionen, die direkte Bestimmung von Koeffizienten für Ansatzfunktionen auf Tetraederelementen oder Ähnliches.

Als für die Konzeption des Lehrkonzepts relevante Konsequenz ergibt sich daraus, dass für die Studierenden in der aktuellen Planung keine nennenswerten Zeitreserven für eine aktive Vorbereitung auf die einzelnen Vorlesungstermine zur Verfügung steht. Der Fokus liegt momentan auf der Nachbereitung. Die Arbeitsaufträge sollten aus den Unterlagen

## Zusammenstellung geplanter Zeitaufwand

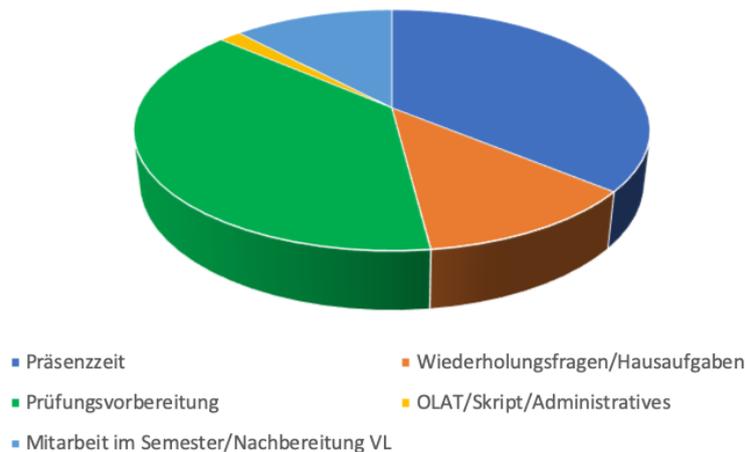


Abbildung 1: Geplante Aufteilung der 62,5h Sollarbeitszeit für die Veranstaltung nach Tätigkeiten.

klar hervorgehen, zum Beispiel in Form von klar gekennzeichnete Wiederholungsaufgaben oder einem Fragenkatalog für die Prüfungsvorbereitung.

### 1.5. Technische Rahmenbedingungen

Als Form der elektronischen Übertragung wurde die Videokonferenz gewählt, da dieses Format im Gegensatz zum gebufferten Streaming den Studierenden in Lienz zumindest eine rudimentäre Möglichkeit zur Live-Rückmeldung gibt. Die Veranstaltung in Innsbruck findet im HSB2 am Campus Technik statt, und profitiert somit davon in einem der Hörsäle stattzufinden deren Ausstattung mit Videoübertragungskapazitäten am besten gelungen ist. Im Vergleich zum Beispiel zum HSB6 am selben Campus, zu dem im Rahmen der ebenfalls übertragenen VO LV844122 Festigkeitslehre in der Mechatronik Erfahrungen gesammelt wurden, existiert zum Beispiel ein Stehpult für das im Hörsaal installierte Tablet, so dass die Lehrperson bei der Arbeit am Tablet den Blickkontakt zum anwesenden Publikum wahren kann. Problematisch ist für alle Hörsäle die Anbringung des Bildschirms, der die Studierenden in Lienz zeigt, im Rücken der Lehrperson. Bei der Arbeit mit den Studierenden im Saal kann die Situation in Lienz von der Lehrperson nicht erfasst werden. Im HSB6 ist zudem problematisch, dass dieser Bildschirm so angebracht ist, dass die auf die Lehrperson am Tablet gerichtete Kameraposition diesen Bildschirm in zentraler Position beinhaltet. Für die Aufzeichnung von Vorlesungen in diesem Hörsaal ist deshalb von der Verwendung dieser ansonsten sehr nützlichen Kameraposition abzuraten. Diese Situation ist im HSB2 aufgrund der räumlichen Gegebenheiten signifikant besser.

Weiter ist zu beachten, dass schon kleinste technische Störungen die Vorlesung schwer beeinträchtigen können. Bei Verwendung eines Tablet-basierten Präsentationstils betrifft dies nicht nur die Übertragung nach Lienz, sondern möglicherweise auch die Veranstaltung vor Ort. Aufgetreten sind, in absteigender Reihenfolge nach dem Grad der Schwere

der Störung sortiert, in den letzten Jahren die Störungen der drei Szenarien i) Probleme mit dem fest im Hörsaal installierten PC (blockiert durch langwieriges Windows-Update, Ausfall für 45 min), ii) Probleme mit der Videotelefonie beziehungsweise dem Streaming (asynchrone Bild- und Video- und Tonübertragung, fehlendes Kamerasignal aus Lienz) und iii) Probleme mit den Kameraeinstellungen (Kamera in Lienz zeigt zur Decke anstatt ins Publikum). Die Häufigkeit solcher Probleme war gering, sie sind aber wohl bei sinnvollem Aufwand für Wartung und Betreuung der Hard- und Software nicht komplett auszuschließen. Es empfiehlt sich deshalb entsprechende Vorbereitungsmaßnahmen zu treffen. Bewährt hat sich zum einen das Mitbringen von ausgedruckten Unterlagen in Kombination mit der vorhandenen Dokumentenkamera beziehungsweise das Aufzeichnen der Veranstaltung. Theoretisch kann den nicht physisch anwesenden Studierenden auch prophylaktisch Zugang zu den Aufzeichnungen des letzten Jahres gewährt werden.

Als Konsequenzen für die Durchführung der Veranstaltung ergeben sich daraus mehrere Punkte. Erstens, da sie nicht im Sichtfeld der Lehrperson sind, sollten die Studierenden in Lienz gezielt dazu angehalten werden akustische Rückmeldung bei auftretenden Problemen zu geben. Zweitens sollte die für eine Aufzeichnung verwendeten Kamerapositionen auf die unterschiedlichen Gegebenheiten im jeweiligen Hörsaal angepasst werden, und drittens sollte berücksichtigt werden, dass auch für die Veranstaltung vor Ort eine extreme Abhängigkeit von der technischen Anlage besteht und entsprechende Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden sollten.

## **2. Zielsetzung für das Lehr- und Präsentationskonzept und die Fallstudie**

Im Folgenden wird nun ein mit den geschilderten Rahmenbedingungen verträgliches Lehr- und Präsentationskonzept vorgestellt und evaluiert. Im Speziellen wird dabei auf folgende Zielsetzungen für Konzept und Fallstudie eingegangen:

1. Das Lehr- und Präsentationskonzept soll kompatibel zur aufgestellten Zeitplanung sein.

Ziel dieses Beitrags ist es also auch zu evaluieren wie sich das Zeitmanagement der Studierenden zur Zeitplanung im Lehrkonzept verhält.

2. Das Konzept soll eine erfolgreiche Einbindung von Studierenden via Fernlehre ermöglichen. Insbesondere soll die Präsentation der Inhalte sich gut für die Videoübertragung eignen. Prüfungen sollten möglichst gleichwertig vor Ort und Online durchgeführt werden können.

In diesem Beitrag soll insbesondere evaluiert werden wie die Studierenden mit der für die Online-Lehre gewählten Präsentationsform zurechtkommen, und ob die gesteckten Ziele bezüglich der Vergleichbarkeit von Online- und Präsenzprüfungen erreicht worden sind.

3. Die Studierenden sollen, unabhängig von der Fernlehre, durch die Einführung inhaltlicher Gestaltungselemente im Präsentationskonzept zu mehr aktiver Mitarbeit während des Semesters animiert werden, eine regelmäßige Rückmeldung zu ihrem Lernerfolg bekommen und ein besseres Verständnis bezüglich der Vernetzung der Veranstaltung mit anderen Veranstaltungen bekommen. Die unterschiedlichen Bedürfnisse von Studierenden beider Fachrichtungen sollen dabei gleichermaßen angesprochen werden. Durch das Einbringen von mehr aktiven Elementen wird insgesamt auch eine generelle Erhöhung der Anwesenheitsquote angestrebt.

Zielsetzung dieser Fallstudie ist es zu evaluieren wie die einzelnen Gestaltungselemente von den Studierenden bewertet beziehungsweise verwendet werden, und ob die Studierenden sich dadurch zu einer aktiveren Mitarbeit motivieren lassen.

### 3. Vorstellung des Lehr- und Präsentationskonzepts

In diesem Abschnitt soll speziell auf die für die videoübertragene Lehre für Lienz generierten Arbeitsunterlagen eingegangen werden. Diese Unterlagen umfassen insgesamt ca. 300 Seiten. Sie sind für 15 Vorlesungseinheiten konzipiert.

Das im folgenden vorgestellte Konzept wurde vom Verfasser der Fallstudie speziell im Hinblick auf die aus dem gemeinsamen Mechatronik Bachelorstudium in Innsbruck und Lienz resultierenden Herausforderungen entwickelt. Wichtige Eckpfeiler des Konzepts, welche in diesem Abschnitt erläutert werden, sind Lückentextfolien, die durch standardisierte Folientypen erweitert wurden. Dazu gehören die Elemente *Fragenkatalog: Vorwissen*, *Service-Folien: Querverweise*, *Wiederholungsfragen: Arbeitsaufträge* sowie der Folientyp *Kurzübung*.

Der Einsatz von entsprechenden Lückentextformaten in der Lehre an sich, auch bei verwandten Veranstaltungen in ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen, ist nicht neu. Ein Beispiel dazu bietet die Veranstaltung 'Nichtlineare Finite-Element-Methoden' aus dem Jahr 2008 an der Technischen Universität München, bei der an die Studierenden ein durch auszufüllende Lückenelemente erweitertes Fließtextskript [3] ausgegeben wurde. Dieses wurde, wie dem Verfasser der Fallstudie aus einem persönlichen Austausch mit den Autoren von [3] bekannt ist, mit der Zielsetzung einer verbesserten Lehre in großen Hörsälen mit mehreren hunderten Studierenden entwickelt. Im Gegensatz dazu zielt die Entwicklung der Lückentextfolien im hier präsentierten Konzept auf eine videoübertragene Lehre mit geringeren Studierendenzahlen ab. Das Skriptum [3] ist in Form und Aufmachung an traditionellen buchartigen Formaten wie [4] orientiert. Im hier vorgestellten Konzept wurden hingegen die Lückentextfolien in den Vordergrund gestellt, d.h. es wird eine stärkere Gewichtung auf Präsentation und Vermittlung der Inhalte als auf das Erstellen eines buchartigen Skriptes gelegt. Die aktiven Elemente im hier vorgestellten Konzept, welche klare Arbeitsanweisungen an die Studierenden beinhalten, sind eine wesentliche Neuerung im Vergleich zu Ansätzen wie dem aus [3]. Die Aufbereitung als buchartiges Skript war zu den entsprechenden Veranstaltungen an der Universität Innsbruck nicht erforderlich,

da zusätzlich zu den hier beschriebenen folienbasierten Unterlagen ein Skriptum im traditionellen Stil von Prof. G. Hofstetter [4] existiert, welches von den Studierenden über die STUDIA bezogen und bei Bedarf verwendet werden kann.

Zusätzlich wird in diesem Abschnitt noch ein Konzept zur Durchführung von Prüfungen per Videokonferenz vorgestellt, welches vom Verfasser der Fallstudie für seine Lehre im Rahmen des gemeinsamen Mechatronik Bachelorstudiums in Innsbruck und Lienz entwickelt wurde. Dieses Konzept wird mittlerweile auch, in leicht abgewandelter Form, im Corona-bedingten Online-Prüfungsbetrieb mit großem Erfolg eingesetzt.

### **3.1. Die Lückenfolie als Basis der Darstellung**

Die verwendete Präsentationsstrategie beruht im Wesentlichen auf einem Lückenfolienkonzept. Die Studierenden erhalten zu Beginn des Semesters einen Satz von teilausgefüllten Folien. Die Bereitstellung erfolgt elektronisch im pdf-Format in dem der Veranstaltung zugeordneten OLAT-Kurs. Die Folien eignen sich entweder zum 2×1 Ausdruck auf Papier oder zur Verwendung am Tablet-PC. Im Laufe des Semesters werden die fehlenden Inhalte in der Vorlesung erarbeitet. Die Lehrperson füllt dann die bestehenden Lücken im Hörsaal am Tablet-PC. Die ausgefüllten Mitschriften werden anschließend gemeinsam mit den Videoaufzeichnungen über das OLAT-System zur Verfügung gestellt.

Die Gestaltung der Lückenfolien kann mehreren Grundsätzen folgen. Zum Beispiel kann die Lücke dem wichtigen Ansatz für eine langwierige Rechnung oder Herleitung entsprechen. Der weniger wichtige Anteil kann dann vorgefertigt auf der Folie enthalten sein. Die Lücke kann auch in Form einer unvollständigen Rohskizze oder in Form eines teilausgefüllten Diagrammes vorliegen. Ziel der Gestaltung ist es jeweils die wichtigsten Schritte und Überlegungen über die Lücken abzudecken und in der Veranstaltung zu erarbeiten während die weniger lehrreichen, aber trotzdem notwendigen Anteile bereits vorgefertigt enthalten sind.

Durch die Arbeit am Tablet-PC eignet sich das System optimal für die Videoübertragung. Im Vergleich zu einer konventionellen Folienpräsentation animiert es aber deutlich mehr zur aktiven Teilnahme an der Vorlesung. Viele Studierende geben auch an, dass das selbsttätige Schreiben oder Skizzieren wichtig für ihren Lernerfolg ist.

### **3.2. Wichtige Gestaltungselemente**

Es wurden einige optische und inhaltliche Gestaltungselemente eingeführt welche die Arbeit mit den Unterlagen erleichtern und die Studierenden zur Mitarbeit animieren sollen. Die Vorlesungsunterlagen enthalten einen einleitenden Abschnitt welcher die Symbole und den angedachten Zweck der jeweiligen Gestaltungselemente beschreibt.

#### **3.2.1. Boxen**

Zur leichteren Orientierung werden die zu vervollständigenden Bereiche auf den Folien durch blaue Rahmen hervorgehoben. Graue Rahmen hingegen markieren Wiederholun-

gen oder Hervorhebungen. Sie werden gezielt als Hilfsmittel genutzt um bei langwierigen Rechnungen oder Herleitungen über mehrere Folien den Zusammenhang zwischen den Folien herzustellen.

### **3.2.2. Fragenkatalog: Vorwissen**

In der letzten Woche vor Beginn des Semesters erhalten die angemeldeten Studierenden ein Mail mit der Aufforderung sich die bereitgestellten Arbeitsunterlagen herunterzuladen und einen kurzen darin enthaltenen Fragenkatalog zum Vorwissen durchzugehen. Dieser Fragenkatalog deckt notwendiges Grundwissen zur Festigkeitslehre ab, welches für die Vorlesung vorausgesetzt wird. Bei Problemen werden die Studierenden dazu animiert diese wesentlichen Resultate noch einmal aufzufrischen. Dieser Fragenkatalog soll dazu dienen für die inhomogene Menge der teilnehmenden Studierenden einen einheitlichen Grundkenntnisstand sicher zu stellen.

### **3.2.3. Service-Folien: Querverweise**

Die sogenannten Service-Folien tauchen an vielen Stellen in den Unterlagen auf. Sie sind durch eine blaue Ellipse mit dem Wortinhalt Service gekennzeichnet und verweisen im Normalfall auf wichtige Resultate aus einem anderen Fach oder einer anderen Fachdisziplin. Beispiele sind Service Folien, die wichtige Ergebnisse aus der Mathematik, der Mechanik oder der Baustatik präsentieren. Sie dienen dazu einen Bezug zwischen den Veranstaltungen herzustellen beziehungsweise wichtige Erkenntnisse aus den anderen Fachdisziplinen zu wiederholen und so alle teilnehmenden Studierenden diesbezüglich auf einen einheitlichen Wissensstand zu bringen. Zusätzliche Verknüpfungsfolien existieren auch im Zusammenhang mit der Übung zur Vorlesung LV844136 UE FEM - Lineare Festigkeitsanalysen. Die Neuerung besteht hier in der Tatsache dass nicht nur, wie es gängige Praxis ist, Formeln aus Formelwerken reproduziert werden, sondern dass gezielt versucht wird konkrete Querverweise auf andere Lehrveranstaltungen zu geben, in der Hoffnung, dass die Studierenden dadurch besser in der Lage sind die aktuelle Vorlesung im Gesamtzusammenhang ihres Studiums einzuordnen.

### **3.2.4. Wiederholungsfragen: Arbeitsaufträge**

Folien mit Wiederholungsfragen werden über ein oranges Dreieck gekennzeichnet. Solche Folien stehen normalerweise am Ende eines Abschnittes und enthalten Fragen beziehungsweise Arbeitsaufträge, welche die Studierenden zur Selbstkontrolle nutzen können. Im Idealfall sollten Sie vorlesungsbegleitend bearbeitet werden, sie können aber auch im Rahmen der Prüfungsvorbereitung verwendet werden.

### **3.2.5. Kurzübungen**

Folien dieser Kategorie werden in den Unterlagen mit einem gelben Ellipsensymbol gekennzeichnet. Als Kurzübungen werden kurze Übungsaufgaben bezeichnet, die während

der Vorlesung im Hörsaal von den Studierenden in Kleingruppen bearbeitet werden sollen. Sie wurden als Konsequenz der Gespräche in der Einzelberatung zur Gestaltung von Lehre bei Dr. O. Vrabl in das Vorlesungskonzept eingefügt.

Sie dienen zum Beispiel zur Vertiefung des gelernten Stoffes durch den Vergleich verschiedener Ansätze oder durch Anwendung des Gelernten auf wichtige Spezialfälle. Auch können sie zu Wiederholungs- und Auffrischungszwecken angewandt werden. Sie sollen die Zusammenarbeit zwischen den Studierenden fördern. Zusätzlich geben sie eine regelmäßige Rückmeldung zum Leistungsstand der Studierenden, sowohl für sich selbst als auch für die Lehrperson.

Dazu hat es sich als hilfreich erwiesen, wenn die Lehrperson sich nach einer 2- bis 3-minütigen selbstständigen Einarbeitungszeit durch den Hörsaal bewegt und dort das Gespräch mit den Studierenden sucht. Oft ist es hilfreich mit Fragen nach dem “Warum” Überlegungen anzustoßen oder eine grundlegende Hilfestellung zu gewähren. Am Ende der bis zu zehn- bis fünfzehnminütigen Bearbeitungszeit wird von der Lehrperson eine kurze Lösungsskizze präsentiert.

### **3.2.6. Videoaufzeichnungen**

Alle Vorlesungen werden als Videostream aufgezeichnet und den Studierenden im OLAT per Link auf den Streaming-Server bereitgestellt. In der momentanen Konfiguration werden die Aufnahmen im Normalfall nicht nachbearbeitet.

### **3.3. Durchführung von Prüfungen per Videokonferenz**

Die finale Prüfung ist eine wesentliche Komponente des Lehrkonzepts. Da die praktische Durchführung der Prüfung vor Ort in Innsbruck im Wesentlichen Standard ist, soll hier im Speziellen die Durchführung der mündlichen Prüfungen per Videokonferenz für die Studierenden am Standort Lienz eingehender beschrieben werden. Analog zum Vorgehen für die Vorlesung werden für die mündlichen Prüfungen Präsentationen in der Art eines Lückenfragebogens vorbereitet. Als Konsequenz der Gespräche in der Einzelberatung Prüfen und Bewerten bei Prof. F. Hofmann, wurde gezielt versucht, in diesen Lückenfragebogen die Themen der Vorlesung möglichst breit abzudecken um einen gleichmäßigen Schwierigkeitsgrad der Fragebögen zu erreichen. Die vorbereiteten Präsentationen werden vorab an die Aufsichtsperson in Lienz, Frau Julia Aussersteiner, gesendet. Für den Prüfungstermin werden videokonferenzfähige Hörsäle in Innsbruck und Lienz gebucht. Die Aufsichtsperson vor Ort ist zuständig für die Identitätsfeststellung, initialisiert die Videoübertragung nach Innsbruck und startet für jede Prüfung eine der vorbereiteten Präsentationen. Die zur Prüfung angetretenen Studierenden müssen dann in einer Art inversem Vorlesungsmodus die ihnen zugeteilten Folien bearbeiten. Die dabei angefertigten Notizen werden im Anschluss an die Prüfung ausgedruckt und als Teil der Prüfungsniederschrift archiviert. Rückfragen zur Ausführung werden über das Videokonferenzsystem gestellt. Eine schriftliche Rückmeldung kann dabei mit Hilfe der Tafel, auf

welche die Hörsaalkamera in Innsbruck gerichtet ist, erfolgen.

Die Erfahrung zeigt, dass dieses Prüfungssystem erstaunlich gut funktioniert. Die Lehrperson muss bei der Prüfung im Prinzip drei Kanäle im Auge behalten. Diese sind der Bildschirm, der die zur Prüfung angetretenen Studierenden zeigt, die Leinwand die die in Bearbeitung befindlichen Folien zeigt, und die Tafel, welche für Rückmeldungen verwendet wird. Diese Situation macht für die Lehrperson einen regelmäßigen Positionswechsel im Raum erforderlich. Für die praktische Durchführung ist es auch wichtig extra Zeit für die Studierenden einzuplanen um den Umgang mit der installierten Tablet Hard- und Software beziehungsweise dem Mikrofon zu üben. Die Prüfungsfolien enthalten dafür auch eine spezielle Titelfolie. Auch die Interaktion während der Prüfung benötigt mehr Zeit, weswegen für die mündlichen Prüfungen im Videokonferenzmodus 15 min mehr als für die mündlichen Prüfungen vor Ort veranschlagt werden.

Die für die Videokonferenzprüfung vorbereiteten Foliensätze werden auch bei den momentan Corona-bedingt durchgeführten Online-Prüfungen im virtuellen Klassenzimmer eingesetzt. Sie werden dazu im Mehrbenutzermodus eingebunden, so dass im Unterschied zum oben beschriebenen Vorgehen eine direkte schriftliche Rückmeldung der Lehrperson auf der Folie möglich ist. Für diese Online-Prüfungen im virtuellen Klassenzimmer werden aufgrund des zusätzlichen Zeitbedarfs für den Verbindungsaufbau und der, je nach vorhandenen technischen Möglichkeiten auf Seiten der Studierenden, teilweise sehr langsamen Interaktion im Mehrbenutzermodus weitere 15 min zusätzlich veranschlagt.

#### **4. Fragestellungen**

Im Zusammenhang mit dem vorgestellten Lehr- und Präsentationskonzept sollen nun Erkenntnisse zu folgenden Fragestellungen gewonnen werden:

1. Wie verhält sich das Zeitmanagement der anwesenden Studierenden gegen die Zeitplanung im Lehrkonzept?
2. Wie empfinden die Studierenden den Schwierigkeitsgrad der ihnen vorgelegten Kurzfragen, und wie verhält sich diese Rückmeldung zum bei der Entwicklung der Frage angedachten Schwierigkeitsgrad?
3. Wie werden die einzelnen Gestaltungselemente von den anwesenden Studierenden bewertet beziehungsweise verwendet?
4. Wie bewerten die Studierenden das vorgestellte Präsentationskonzept mit Lücken im Vergleich zu einer Veranstaltung im traditionellen Stil?
5. Führt die Durchführung von mündlichen Prüfungen per Videokonferenz im beschriebenen Modus zu vergleichbaren Resultaten wie die Durchführung der mündlichen Prüfungen vor Ort?

## 5. Erhobene Daten und Diskussion

### 5.1. Zum Evaluationsdesign

Daten als Grundlage zur Beantwortung der oben angeführten Fragen wurden aus drei Perspektiven erhoben. Die erste Perspektive ist die der Studierenden. Dazu wurden zwei Befragungen unter in der Vorlesung anwesenden Studierenden durchgeführt, zum einen während der Veranstaltung LV844112 FEM - Lineare Festigkeitsanalysen im WiSe1819, und zum anderen rückblickend in einer Folgeveranstaltung, der LV844197 FEM-Nicht-lineare Festigkeitsanalysen im SoSe2019. Die zweite Perspektive ist die Eigenperspektive, und schließlich liefern die Ergebnisse der kollegiale Hospitation, dokumentiert im Anhang, eine Aussenansicht als dritte Perspektive.

### 5.2. Eigenperspektive und Sichtweise der Studierenden

#### Frage 1: Verhältnis von Zeitplanung und Zeitmanagement der Studierenden

Zur Beantwortung der ersten Frage wurde circa in der Mitte des WiSe1819 im Rahmen der Vorlesung am Standort Innsbruck eine Befragung der anwesenden Studierenden durchgeführt. Es wurden 27 Rückmeldungen von Studierenden eingesammelt, daher 9 Rückmeldungen mehr als bei der LV-Evaluation am Ende des Semesters. Davon gaben 26 an die Veranstaltung regelmäßig zu besuchen. Befragt wurden die Studierenden nach i) der Zeit die sie pro Woche durchschnittlich für die Wiederholungsfragen aufwenden, ii) nach der Zeit die sie im Mittel pro Woche für die weitere Nachbereitung der Veranstaltung aufwenden und iii) nach der von ihnen eingeplanten Vorbereitungszeit für die Prüfung. Ergebnisse sind in Tabelle 2 zusammengefasst. Offensichtlich gelingt es nicht

	von	bis	Durchschnitt
Aufgewendete Zeit für Wiederholungsfragen in min/Woche	0	75	14
Aufgewendete Zeit für weitere Nachbereitung in min/Woche	0	60	11
Geplante Vorbereitungszeit für die Prüfung in h	0	80	30

Tabelle 2: Rückmeldung der Studierenden zum Zeitmanagement. Minimalwerte, Maximalwerte und Durchschnitt.

alle Anwesenden zur regelmäßigen Mitarbeit im Semester zu motivieren. Die im Schnitt investierte Zeit ist nur ein Drittel dessen was im Konzept vorgesehen ist. Die Daten zeigen aber auch dass zumindest ein Teil der Studierenden tatsächlich regelmäßig außerhalb der Präsenzzeit mitarbeitet, teilweise auch mit mehr Aufwand als er im Konzept abgeschätzt wurde. Für die geplante Vorbereitungszeit auf die Prüfung wird im Schnitt ein um 6 h höherer Wert angegeben als die angestrebten 24 h aus der ursprünglichen Zeitplanung. Dies ist interessanterweise konsistent mit der Tatsache, dass im Semester offensichtlich etwas weniger Zeit investiert wird.

## Frage 2: Schwierigkeitsgrad der verwendeten Kurzfragen

Als Beitrag zur Beantwortung der zweiten Frage wurden im Rahmen derselben Befragung die Studierenden auch zu einer Rückmeldung bezüglich drei ausgewählter Kurzfragen aufgefordert. Die Umfrage stand im Zusammenhang mit der Verfassung eines Praxisberichts zur Veranstaltung Lernerfolg mit Feedback erhöhen bei Dr. O. Vrabl. Bei der ersten Frage handelte es sich um eine Verständnisfrage zum Thema rotationssymmetrische finite Elemente. Gefragt wurde nach einem Zahlenwert für ein Verhältnis äquivalenter Knotenkräfte bei Radiusverdopplung. Die zweite Frage war aus dem Kontext der virtuellen Verschiebungszustände für Lagrange-Elemente höherer Ordnung. Überlegungen waren schriftlich oder mit Hilfe von Skizzen darzulegen. Bei der dritten Frage handelte es sich um eine Multiple-Choice-Frage zum Themenkomplex Interpolationsmatrizen für 6-knotige Scheibenelemente. Für alle drei Fragen wurden die Studierenden dazu angehalten zum vorhandenen Vorwissen Stellung zu nehmen, zum empfundenen Schwierigkeitsgrad der Übung und zum empfundenen Nutzen beziehungsweise Lerneffekt der bei der Aufgabe erzielt wurde.

Die Rückmeldungen zum empfundenen Schwierigkeitsgrad sind in Tabelle 3 zusammengestellt. Für jede der drei Fragen enthält die Tabelle die Anzahl der Rückmeldungen zum Schwierigkeitsgrad der jeweiligen Frage. Die Studierenden attestierten allen drei Fragen

Schwierigkeitsgrad	Frage 1	Frage 2	Frage 3
1	0	0	0
2	2	5	9
3	19	11	11
4	3	10	5
5	2	1	0

Tabelle 3: Empfundener Schwierigkeitsgrad (1: sehr einfach, . . . , 5: äußerst schwer).

einen mittleren Schwierigkeitsgrad. Bei der Entwicklung der Fragen war hingegen ein abnehmender Schwierigkeitsgrad angedacht. Es sollte allerdings angemerkt werden, dass, obwohl die Studierenden die erste Frage als mittelschwer klassifizierten, bei der Bearbeitung große Probleme auftauchten.

Zusätzlich sollten die Studierenden für die jeweilige Frage Stellung nehmen zu ihrem empfundenen Vorwissen und ob sie das Gefühl hatten dieses anwenden zu können. Vier Antwortmöglichkeiten waren vorgegeben. Die entsprechenden Antwortzahlen sind in Tabelle 4 angeführt. Positiv ist, dass nur ein sehr geringer Anteil angab durch die Veranstaltung unzureichend vorbereitet gewesen zu sein. Eine größere Anzahl an Studierenden erkennt Unzulänglichkeiten in der eigenen Vorbereitung oder noch fehlendes Verständnis. Insbesondere bei den Fragen die vom Standpunkt der Lehrperson als leichter beurteilt wurden, waren die Studierenden der Meinung ihr Wissen gut anwenden zu können.

Das Vorwissen ...	Frage 1	Frage 2	Frage 3
... war da, ich konnte es anwenden	4	12	11
... wäre da gewesen, ich konnte es nur nicht nutzen	10	8	8
... war nicht da, Veranstaltung unzureichend	3	1	0
... war nicht da, eigene Vorbereitung unzureichend	7	5	3

Tabelle 4: Antwortverhalten zur Frage nach dem Vorhandensein eines ausreichenden Vorwissens zur Beantwortung der betrachteten Kurzfragen.

### Frage 3: Bewertung der Gestaltungselemente

Schließlich wurden in dieser Erhebung die Studierenden noch zum empfundenen Lerneffekt befragt. Es standen fünf Antwortmöglichkeiten zur Verfügung. Die entsprechenden Anzahlen an Rückmeldungen zur jeweiligen Frage sind in Tabelle 5 dokumentiert. Die

Lerneffekt	Frage 1	Frage 2	Frage 3
1	0	0	0
2	2	2	1
3	2	7	3
4	11	9	12
5	9	5	6

Tabelle 5: Empfundener Lerneffekt (1: hat nichts gebracht, ..., 5: hat viel gebracht).

weite Mehrheit der Studierenden sieht demnach einen großen Mehrwert im Gestaltungselement der Kurzfragen, unabhängig vom Fragetypus und vom Schwierigkeitsgrad. Diese positive Bewertung wird von der Lehrperson geteilt.

Weitere Daten wurden im Rahmen einer Folgeveranstaltung, der LV844197 FEM-Nicht-lineare Festigkeitsanalysen im SoSe2019 generiert. Die Veranstaltung wird ohne Lückenskript im traditionellen Stil mit einer Kombination aus Folien und Arbeit an der Tafel gehalten. Die Studierenden, die diese Veranstaltung besuchen sind mehrheitlich dem Masterstudium Bauingenieurwesen zugeordnet.

In der Befragung gaben 4 von 17 anwesenden Studierenden an, in der vergangenen Veranstaltung FEM – Lineare Festigkeitsanalysen die Unterlagen wirklich in elektronischer Form am Tablet genutzt zu haben. Alle anderen bevorzugten die ausgedruckte Variante.

Die erhaltene Rückmeldung zum Stilelement der Wiederholungsfragen ist in Tabelle 6 zusammengetragen. Es zeigt sich, dass diese, zumindest von den interessierten Studierenden die auch die Folgeveranstaltung besuchten, sehr positiv aufgenommen werden, und dass diese auch wie erhofft zur Zusammenarbeit anregen.

Die zur besseren Vernetzung mit anderen Veranstaltungen integrierten Service-Folien werden, wie aus den in Tabelle 7 dargestellten Daten ersichtlich, von den Studierenden

Frage	Ja	Neutral	Nein
Haben Ihnen die Wiederholungsfragen am Ende jedes Abschnitts in der VO FEM – Nichtlineare Festigkeitsanalysen gefehlt?	10	5	2
Haben Sie in der VO FEM – Lineare Festigkeitsanalysen oder während der Prüfungsvorbereitung versucht diese Fragen in der Gruppe zu diskutieren?	8	4	5
Hatten Sie das Gefühl von diesen Fragen profitiert zu haben?	14	3	0

Tabelle 6: Rückmeldung zum Gestaltungselement der Wiederholungsfragen.

auch überwiegend positiv bewertet. Ein Großteil würde sich sogar einen weiteren Ausbau dieses Bausteins wünschen.

Frage	Ja	Neutral	Nein
Haben Ihnen solche Folien geholfen Bezüge zu anderen Veranstaltungen herzustellen?	11	4	2
Haben Ihnen diese Folien geholfen benötigtes Wissen aus anderen Veranstaltungen wiederaufzufrischen?	13	3	1
Sollte diese Element weiter ausgebaut werden, z.B. durch Kurzfragen mit Bezug auf andere Veranstaltungen, ...	10	4	3

Tabelle 7: Rückmeldung zu Service-Folien (Verknüpfung: Andere Veranstaltungen).

#### Frage 4: Bewertung des Präsentationskonzepts mit Lücken

Abschließend wurden die Studierenden noch gebeten das in der vergangenen Veranstaltung verwendete Präsentationskonzept mit Lücken im Vergleich zum in der Folgeveranstaltung verwendeten traditionellen Präsentationskonzept zu bewerten. Die entsprechenden

Frage	Ja	Neutral	Nein
Haben Ihnen die Ausfüllboxen in der VO FEM – Nichtlineare Festigkeitsanalysen gefehlt?	5	5	7
Hätten Sie in der VO FEM – Lineare Festigkeitsanalysen lieber die Folien ohne die Ausfüllboxen gehabt?	4	5	8
Waren Sie in der VO FEM – Lineare Festigkeitsanalysen mit der praktischen Umsetzung des Ausfüllboxen-Konzepts zufrieden?	10	6	1

Tabelle 8: Rückmeldung zum Gestaltungselement des Lückenskripts im Vergleich der Veranstaltungen.

Rückmeldungen sind in Tabelle 8 zusammengefasst. Es zeigt sich, dass die Studierenden zwar mit der praktischen Umsetzung des Lückenkonzepts zufrieden waren, dass aber ihre Gesamteinstellung gegenüber dem Konzept im Schnitt eher neutral war.

## Frage 5: Vergleichbarkeit von Präsenz- und Onlineprüfung

Um eine weitere Bewertung des verwendeten Prüfungskonzepts zu ermöglichen wurden noch für das Mechatronik Bachelorstudium die in verschiedenen Zeiträumen erreichten Durchschnittsnoten ausgewertet. Diese sind in Tabelle 9 dargestellt. Im Vergleich der

Gruppe	Zeitraum	Anzahl	Prüfungsmodus	Notendurchschnitt
A	18.1.2019–14.2.2020	31	traditionell, vor Ort	3.1
B	12.1.2018–9.7.2018	28	traditionell, vor Ort	2.3
C	3.6.2019–9.6.2020	15	Video-Prüfung	2.9

Tabelle 9: Durchschnittsnoten für verschiedene Zeiträume und Prüfungsmodi.

Durchschnittsnoten der Gruppen C und A erscheint es so als ob der in dieser Fallstudie beschriebene Modus zur Durchführung von Prüfungen per Videokonferenz zu ähnlichen Noten führt wie der traditionelle Prüfungsmodus vor Ort. Die Anzahl der Prüfungsantritte, insbesondere in Gruppe C, ist aber sehr gering, so dass dieser Eindruck auch täuschen kann. Im Wesentlichen entspricht dieses Bild aber auch dem persönlichen Empfinden der Lehrperson was zusätzlich dafür spricht, dass beide Prüfungsmodi in etwa gleichwertige Ergebnisse produzieren. Im Vergleich zu älteren Daten, als Gruppe B in Tabelle 9 aufgeführt, kann man für die Gruppen A und C eine leichte Verschlechterung der Durchschnittsnote ausmachen. Hier kann ein Zusammenhang zu kleineren Umstellungen in Prüfungsstil, resultierend aus den Ergebnissen der in diesen Zeitbereich fallenden Einzelberatung Prüfen und Bewerten, existieren. Die Ergebnisse zu Gruppe A liegen aber auch im Rahmen des erwarteten Bereiches.

## 6. Fazit

Das dargestellte Lückenkonzept wird für die Umsetzung vor Ort sehr gut angenommen. Es garantiert eine sehr strukturierte Vorlesung, zwingt die Veranstaltung aber auch in gewissem Maße in einen Rahmen der bereits mit der Erstellung der Vorlesungsunterlagen vor Beginn des Semesters abgesteckt wurde. Die Vorlesung muss sozusagen der durch die Unterlagen vorgegebene Richtung linear folgen und lässt wenig Raum für Spontaneität. Es erfüllt die Anforderung gut für die kombinierte Lehre mit Lienz geeignet zu sein. Problemen treten allerdings bei der praktischen Umsetzung der Kurzübungen mit den Studierenden in Lienz auf. Diese sind teilweise durch das Fehlen einer persönlichen Interaktionsmöglichkeit bedingt. Zusätzlich sind in Lienz manchmal so wenige Studierende anwesend, dass eine Gruppenbildung nicht möglich ist.

Die verwendeten Zusatzelemente wie Kurzübungen, Wiederholungsfragen, Service-Folien werden insgesamt sehr gut angenommen und funktionieren auch vom Standpunkt der Lehrperson exzellent. Die entsprechenden Konzepte wurden deshalb zumindest teilweise auch in andere Vorlesungsformate wie die LV844197 VO FEM – Nichtlineare Festigkeits-

analysen oder die LV844196 VU MOS-AK 1 Mehrfeldprobleme übertragen und leisten auch dort gute Dienste.

Potential besteht noch bei der Ausarbeitung beziehungsweise Ausformulierung der Kurzübungsfragen. Es wäre in vielen Fällen wünschenswert die Systeme zu vereinfachen und die Fragen jeweils stärker auf einen bestimmten Lerninhalt zu fokussieren. Eine Zusammenfassung aller Kurzübungsfragen zu einer flexibler einsetzbaren Übungssammlung wäre ebenfalls wünschenswert. Diese sollte um mehr Übungsaufgaben angereichert werden um bedarfsorientiert Kurzübungsaufgaben auswählen zu können und so zu einem flexibleren Vorlesungskonzept zu kommen. Dies würde auch weitere Schritte in Richtung alternativer Lehransätze [5] ermöglichen.

In Bezug auf das Zeitmanagement lässt sich der Nacharbeitungs- beziehungsweise Mitarbeiters-Block als vielversprechendster Kandidat für eine Verbesserung identifizieren, insbesondere bei Studierenden die nur in geringem Umfang selbstorganisiert handeln. Angedacht ist, Nachbereitungszeit in Vorbereitungszeit umzuwandeln. Die Studierenden könnten dann direkt in der Veranstaltung durch bessere Teilhabe an der Vorlesung für ihr Engagement belohnt werden.

Für den Ausbau der Vorlesungsunterlagen ist die Einführung weiterer Gestaltungselemente geplant. Angedacht sind neben inhaltlichen Verbesserungen wie dem Hinzufügen von mehr Beispielen, die Einführung von Kurzzusammenfassungen am Ende von thematischen Abschnitten wie sie vom Konzept her zum Beispiel in Lehrbüchern wie [6] zu finden sind.

Es bleibt das Problem, dass aufgrund der geringen Anwesenheitsquote, insbesondere unter den Studierenden der Fachrichtung Mechatronik, die Vorlesung nur einen geringen Anteil der Studierenden überhaupt erreicht. Ein weiteres Ziel für die Zukunft ist deshalb mit Hilfe der zugeordneten Übung zur Vorlesung, LV844136 UE FEM - Lineare Festigkeitsanalysen, einer Veranstaltung mit Anwesenheitspflicht, mehr Studierende zur aktiven Teilnahme an der Vorlesung zu bewegen. An der Umsetzung dieses Projekts wird momentan zusammen mit dem entsprechenden Übungsbetreuer am Arbeitsbereich für Festigkeitslehre und Baustatik, Dr. N. Fleischhacker, gearbeitet.

## **7. Schlüsse für die Weiterentwicklung der eigenen Lehrkompetenz**

Die von mir aus dieser Arbeit gewonnenen Erfahrungen zeigen, dass das dargestellte Konzept eine sehr gute Ausgangsposition für eine Weiterentwicklung meiner Lehrkompetenz darstellt. Es ist zwar möglich, dass sich in naher Zukunft die Rahmenbedingungen für die Lehre in den untersuchten Veranstaltungen, im Sinne der Lehre für den Standort Lienz, komplett ändern werden. Die Fortsetzung der Arbeit an einem für die Videokonferenzübertragung optimierten Vorlesungskonzept wird dennoch, insbesondere durch die aktuelle Corona-Situation, weiter im Fokus meiner Bestrebungen zur Verbesserung meiner Lehre bleiben.

Für die Zukunft werde ich versuchen das vorgestellte Konzept so zu erweitern, dass es

mehr Flexibilität zulässt. Kleinere, in sich abgeschlossene Teile des Inhalts, möchte ich als virtuelle Lehre, d.h. erklärende Videoaufzeichnungen oder ähnliches, aufzeichnen und sammeln. Diese sollen dann bei Bedarf eingesetzt werden, um die Teile der Vorlesung zu ersetzen die durch spontane Änderungen im ursprünglich geplanten Ablauf entfallen. Die aufgezeichneten Inhalte könnten auch dabei helfen mehr studentische Nachbereitungszeit in Vorbereitungszeit umzuwandeln. Eine weitere Weiterentwicklung möchte ich durch inhaltliche Verbesserungen an den Kurzfragen erreichen. Es wird eine präzisere Fokussierung der Kurzfragen angestrebt, um sie noch stärker auf die zu transportierenden Lerninhalte auszurichten. Ich möchte unbedingt noch mehr Kurzfragen erarbeiten, aus denen ich dann spezifisch die für den aktuellen Wissensstand im Publikum geeigneten Fragen auswählen kann.

Ein weiterer ganz zentraler Punkt, auch für andere von mir gelehrte Veranstaltungen wie die LV844196 VU MOS-AK 1 Mehrfeldprobleme, wird das Aufzeigen von Anwendungsmöglichkeiten in der Ingenieurspraxis sein. Dies wird im Rahmen der Vorlesungen durch geeignete Illustrationsbeispiele, und in Veranstaltungen mit teilweisem Übungscharakter durch Projekte erfolgen. Die Lehrkompetenz soll noch durch einen kombinierten Einsatz von Modellversuchen und passenden Computersimulationen, d.h. einer Art digitalem Zwilling des Modellversuchs, erweitert werden.

Die Fallstudie zeigt auch, dass ich weiter an dem Ziel einer besseren Aktivierung der Studierenden für die Vorlesung arbeiten muss, insbesondere jener Studierenden die die Veranstaltung als Pflichtveranstaltung besuchen. Diesbezüglich müssen auch noch neue Konzepte entwickelt werden.

## **Danksagung**

Mein besonderer Dank geht an den hochschuldidaktischen Berater Prof. Franz Kroath für seinen engagierten Einsatz und seine klaren und konstruktiven Anmerkungen zur Ausarbeitung der Fallstudie im Rahmen der Praxisarbeit für den Erwerb des Zertifikats Lehrkompetenz an der Universität Innsbruck.

## **Literatur**

- [1] Curriculum für das gemeinsame Studienprogramm Bachelorstudium Mechatronik der Universität Innsbruck und der UMIT — Private Universität für Gesundheitswissenschaften, Medizinische Informatik und Technik, Gesamtfassung ab 01.10.2018.
- [2] Curriculum für das Masterstudium Bauingenieurwissenschaften an der Fakultät für Technische Wissenschaften der Universität Innsbruck, Gesamtfassung ab 01.10.2019.
- [3] W.A. Wall, B. Bornemann, Nichtlineare Finite-Element-Methoden, Vorlesungsskriptum, Technische Universität München (2008).

- [4] G. Hofstetter, FEM 1 – Lineare Festigkeitsanalysen, Vorlesungsskriptum, Universität Innsbruck (2011).
- [5] E. Mazur. Peer Instruction – Interaktive Lehre praktisch umgesetzt, U. Harten und G. Kurz (Herausgb.), Springer (2017).
- [6] D. Gross, W. Hauger, J. Schröder, W.A. Wall, Technische Mechanik 2 – Elastostatik, Springer (2009).

## **A. Anhang: Kollegiales Feedback**

### **A.1. Einleitende Worte**

Im Folgenden wird ein Resümee zum Kolleginnenfeedback von Frau Dr. Magdalena Schreter zur Veranstaltung LV844196 — MOS-AK 1 Mehrfeldprobleme im Wintersemester 2019/2020 präsentiert. Mein besonderer Dank gilt an dieser Stelle Frau Dr. Schreter für ihr außergewöhnliches Engagement für dieses Unterfangen, welches neben dem *mehrmaligen* Besuch der Veranstaltung auch das Durcharbeiten der Vorlesungsunterlagen beinhaltete.

Im Vorfeld wurde Frau Dr. Schreter um eine Stellungnahme zu Stärken und Schwächen zum Themenschwerpunkt Vermittlung und Aufbereitung der Lehrinhalte gebeten. Ein besonderer Fokus sollte dabei auf die folgenden vier Teilaspekte gelegt werden: i) Präsentationstechniken (Schriftbild, Sprache, eingesetzte Medien und Ähnliches), ii) Fokussierung auf die Studierenden (Tempoanpassung, Interaktion, ...), iii) Einsatz von Hilfsmitteln, und iv) Herausarbeitung des Praxisbezugs.

### **A.2. Resümee**

Bezüglich der Präsentationstechniken wurde die abwechslungsreiche Durchmischung von Folien- und Tafelarbeit als positiv bewertet, genauso wie der Versuch komplexe mathematische Zusammenhänge bildlich in Skizzen darzustellen. Negativ bemerkt wurde eine Abnahme der Dichte der Übungsbeispiele im Laufe des Semesters. Speziell bei der Aufstellung von Bilanzen über zeitlich veränderliche Gebiete sind zusätzliche Illustrations- und Übungsbeispiele einzufügen. Zusätzlich fehlt eine ausführliche gedruckte Musterlösung für die Rechenbeispiele. Diese wird momentan nur skizzenhaft an der Tafel präsentiert. Geplant ist zwar dieses Vorgehen an der Tafel beizubehalten aber zusätzliche Lösungen bereitzustellen.

In Bezug auf die Fokussierung auf die Studierenden wurde beobachtet, dass mathematische Umformungen an der Tafel häufig zu schnell beziehungsweise teilweise mit zu wenigen Zusatzerklärungen durchgeführt wurden. Durch den Fokus auf die eigene Rechenaktivität ging offensichtlich der Bezug zu den Studierenden etwas verloren. Die Situation soll in Zukunft durch eine bewussteren Tempoanpassung, längere Vortragspausen zum Abschreiben sowie eine detailliertere Erläuterung der verwendeten mathematischen Werkzeuge verbessert werden. Als positiv wurde herausgestellt, dass sich die Studierenden selbstständig mit Verständnisfragen in die Veranstaltung einbrachten. Diese Fragen waren meistens aus dem Kontext eines Übungsbeispiels oder aus dem Praxisbezug motiviert. Die entsprechenden Elemente sollen deshalb in Zukunft weiter ausgebaut werden.

Bei den eingesetzten Hilfsmitteln wurde der Einsatz von Laptops zur Visualisierung konstitutiver Beziehungen in der Veranstaltung als positiv hervorgehoben. Potential besteht trotzdem noch bei einem verstärkten Einsatz des Computers an anderer Stelle. Den Studierenden zur Verfügung gestellte fertige Simulationsergebnisse sollen in Zukunft dazu verwendet werden die dargebrachte Theorie zu veranschaulichen und greifbarer zu machen. Zusätzlich wurde angeregt auch einfache Modellversuche zu den Themen Verdichtung und scheinbare Kohäsion in die ansonsten auf den Computer zentrierte Veranstaltung zu in-

tegrieren.

Es wurde festgestellt, dass eine Herausarbeitung des Bezugs zur wissenschaftlichen Praxis bereits klar zu erkennen war. Was der Veranstaltung noch fehlte war das Aufzeigen einer Anwendungsmöglichkeit in der Ingenieurspraxis. Dazu ist nun geplant zu untersuchen, ob eine zusätzliche Übungseinheit zur Berechnung einer Baugrube mit Spundwand und Grundwasserandrang in die Veranstaltung integriert werden kann.

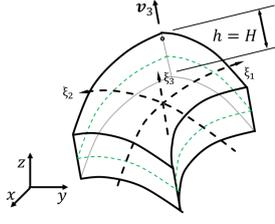
## B. Anhang: Anschauungsmaterialien

Die folgenden Bilder und Folien sollen zur Veranschaulichung der im Lehrkonzept dargestellten Sachverhalte dienen.

### B.1. Lückentextfolien

Die Studierenden erhalten teilausgefüllte Folien. Diese werden in der Veranstaltung am Tablet befüllt. Blaue Boxen markieren zu bearbeitende Bereiche.

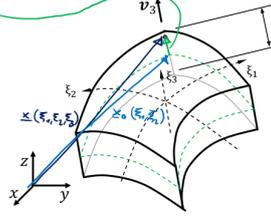
**Fortsetzung: Reissner-Mindlin Kinematik**



Verformte Konfiguration

$x(\xi_1, \xi_2, \xi_3) =$

**Fortsetzung: Reissner-Mindlin Kinematik**

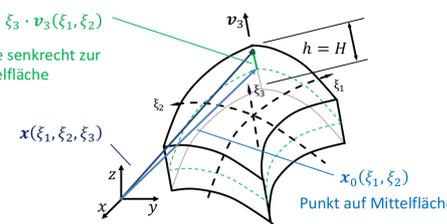


Verformte Konfiguration

$x(\xi_1, \xi_2, \xi_3) = x_0(\xi_1, \xi_2) + \xi_3 \cdot \frac{h(\xi_1, \xi_2)}{2} \cdot v_3(\xi_1, \xi_2)$

Der Lehrperson steht eine ausgefüllte Variante zur Verfügung (links). Graue Boxen werden als Hilfsmittel genutzt um bei langwierigen Rechnungen oder Herleitungen über mehrere Folien den Zusammenhang zwischen den Folien herzustellen (rechts).

**Fortsetzung: Reissner-Mindlin Kinematik**



Verformte Konfiguration

$x(\xi_1, \xi_2, \xi_3) = x_0(\xi_1, \xi_2) + \frac{h(\xi_1, \xi_2)}{2} \cdot \xi_3 \cdot v_3(\xi_1, \xi_2)$

**Assemblierung Matrix**

$K^1$	I	II	III	IV	V	VI	
I	5	0	0	-5	-5	5	1
II	0	10	0	0	0	-10	2
III	0	0	10	0	-10	0	7
IV	-5	0	0	5	5	-5	8
V	-5	0	-10	5	15	-5	5
VI	5	-10	0	-5	-5	15	6
	1	2	7	8	5	6	

$K^2$	I	II	III	IV	V	VI	
I	10	0	-10	0	0	0	1
II	0	5	5	-5	-5	0	2
III	-10	5	15	-5	-5	0	3
IV	0	-5	-5	15	5	-10	4
V	0	-5	-5	5	5	0	7
VI	0	0	0	-10	0	10	8
	1	2	3	4	7	8	

$$\tilde{K} = \begin{bmatrix} & & & & -5 & 5 & 0+0 & -5+0 & 1 \\ & & & & 0 & -10 & 0-5 & 0+0 & 2 \\ & & & & 0 & 0 & -5 & 0 & 3 \\ & & & & 0 & 0 & 5 & -10 & 4 \\ -5 & 0 & 0 & 0 & 15 & -5 & -10 & 5 & 5 \\ 5 & -10 & 0 & 0 & -5 & 15 & 0 & -5 & 6 \\ 0+0 & 0-5 & -5 & 5 & -10 & 0 & 10+5 & 0+0 & 7 \\ -5+0 & 0+0 & 0 & -10 & 5 & -5 & 0+0 & 5+10 & 8 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & \end{bmatrix}$$

## B.2. Wiederholungsfragen

Wiederholungsfragen entsprechen zu Hause auszuführenden Arbeitsaufträgen. Sie sind in den Vorlesungsunterlagen am Ende jedes inhaltlichen Abschnittes enthalten.

### Wiederholungsfrage

A. Stellen Sie für folgendes Scheibenproblem die Steifigkeitsmatrix und den Lastvektor auf.  
 B. Berechnen Sie die Knotenverschiebungen sowie die Spannungen auf den zwei Elementen.

$p = 10^{-3}$

Materialtangente

$$C = \begin{bmatrix} 200 & 0 & 0 \\ 0 & 200 & 0 \\ 0 & 0 & 100 \end{bmatrix}$$

Dicke 0.1

Wiederholungsfrage

Einheiten  $m, GPa \triangleq \frac{GN}{m^2}$

## B.3. Kurzübungen

Solche Kurzübungen werden im Rahmen der Vorlesung selbsttätig von den Studierenden bearbeitet. Die ausgefüllte Version steht der Lehrperson zur Präsentation einer Musterlösung zur Verfügung.

### Übung: Interpolationsmatrizen für das LST

Wie groß ist die  $N^e$ -Matrix sowie der Vektor der Elementfreiheitsgrade  $q^e$  für das links dargestellte LST Scheibenelement?

$N^e$ : \_\_\_\_\_  $q^e$ : \_\_\_\_\_

Zeichnen Sie die Elementfreiheitsgrade im Bild links ein und nummerieren Sie sie so durch dass eine der unten stehenden  $N^e$ -Matrizen dazu passt. Welche ist es? .

Kurzübung

Wie groß ist die entsprechende  $B^e$ -Matrix? \_\_\_\_\_

### Übung: Interpolationsmatrizen für das LST

Wie groß ist die  $N^e$ -Matrix sowie der Vektor der Elementfreiheitsgrade  $q^e$  für das links dargestellte LST Scheibenelement?

$N^e$ : 3x12  $q^e$ : 12x1

Zeichnen Sie die Elementfreiheitsgrade im Bild links ein und nummerieren Sie sie so durch dass eine der unten stehenden  $N^e$ -Matrizen dazu passt. Welche ist es? .

Kurzübung

Wie groß ist die entsprechende  $B^e$ -Matrix? 3x12

## B.4. Service und Verknüpfungsfolien

Diese Folien stellen Verbindungen zu anderen Veranstaltungen her beziehungsweise wiederholen wichtige oder nützliche Inhalte aus anderen Veranstaltungen.

### Balkenanalogen (Bernoullibalken)

Koordinatensystem im Flächenschwerpunkt des Querschnitts

Näherungsweise Beschreibung der kompletten Verformung über einen Parameter (Durchsenkung der Stabachse)

Service Festigkeitslehre

### Elementfläche

(Beantwortet die Frage warum  $A_e$  als Elementfläche interpretiert werden kann)

Flächenberechnung mit Hilfe des Kreuzproduktes:

$$\|a \times b\| = \|a\| \cdot \|b\| \cdot \sin \angle(a, b)$$

Service Mathematik

Dreiecksfläche =  $\frac{1}{2}$  Grundlinie  $\times$  Höhe

$$\begin{bmatrix} x_1^l - x_1^j \\ x_2^l - x_2^j \\ 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} x_1^k - x_1^j \\ x_2^k - x_2^j \\ 0 \end{bmatrix} =$$

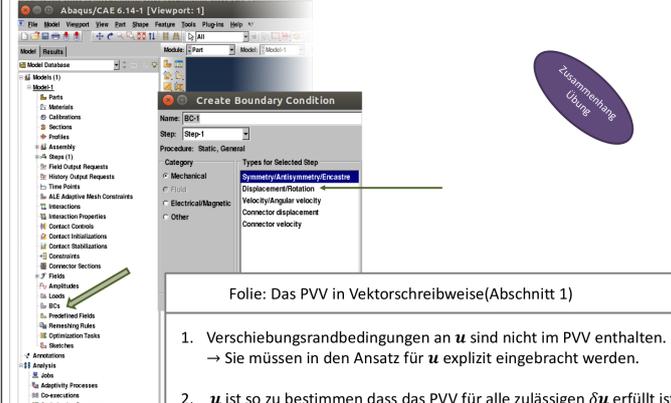
$$= \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ x_1^l x_2^k - x_1^k x_2^l - x_1^l x_2^j + x_1^j x_2^l + x_1^k x_2^j - x_1^j x_2^k \end{bmatrix}$$

$$2A_e = x_1^l x_2^j + x_1^j x_2^k + x_1^k x_2^l - x_1^l x_2^k - x_1^k x_2^j - x_1^j x_2^l$$

## B.5. Verknüpfungsfolien zur Übung

Für die Übung steht ein spezielles Verknüpfungsfolienformat zur Verfügung:

Lager im PVV, Umsetzung im Programm



Folie: Das PVV in Vektorschreibweise(Abschnitt 1)

1. Verschiebungsrandbedingungen an  $\mathbf{u}$  sind nicht im PVV enthalten.  
→ Sie müssen in den Ansatz für  $\mathbf{u}$  explizit eingebracht werden.
2.  $\mathbf{u}$  ist so zu bestimmen dass das PVV für alle zulässigen  $\delta\mathbf{u}$  erfüllt ist.

## B.6. Beispielfolien für die Durchführung von Prüfungen per Videokonferenz

Auf der Titelfolie üben die Studierenden beim Eintragen ihrer Daten den Umgang mit Tablet, Stift und Präsentationsprogramm. Die Fragen werden dann in einer Art inversem Vorlesungsmodus bearbeitet. Zusätzliche leere Folien stehen als Arbeitsbereich zur Verfügung.

Prüfungsdatum:  .  .  2 0   Note:

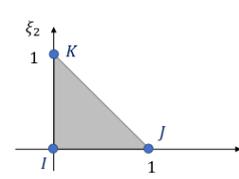
Mündliche Prüfung zur  
 VO FEM — Lineare Festigkeitsanalysen,  
 LV 844150

Nachname:

Vorname:

Matrikelnummer:

Ansatzfunktionen auf dem Stammelement



**4. Frage:** Schreiben Sie für das 3-knotige Stammelement links die Ansatzfunktionen  $N_{ST}^I(\xi_1, \xi_2)$  und  $N_{ST}^J(\xi_1, \xi_2)$  an.

$$N_{ST}^I(\xi_1, \xi_2) =$$

$$N_{ST}^J(\xi_1, \xi_2) =$$

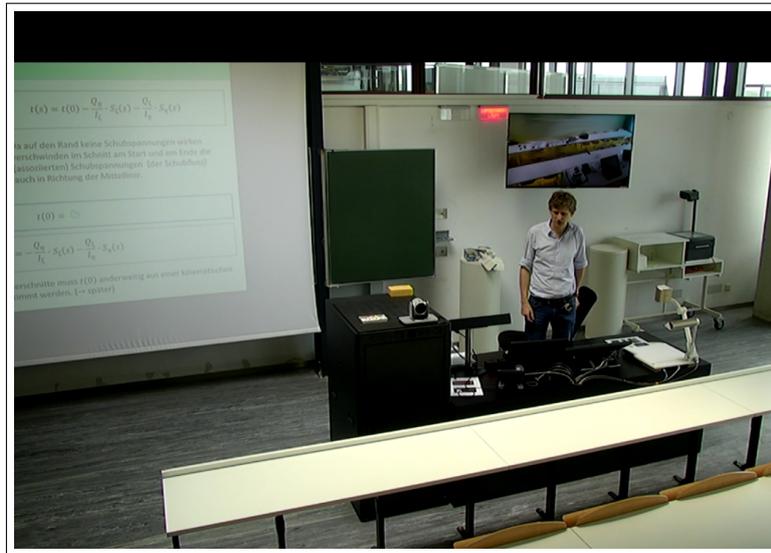
**5. Frage:** Wie lauten die Ableitungen  $\frac{\partial N_{ST}^I}{\partial \xi_1}(\xi_1, \xi_2)$  und  $\frac{\partial N_{ST}^I}{\partial \xi_2}(\xi_1, \xi_2)$ ?

$$\frac{\partial N_{ST}^I}{\partial \xi_1}(\xi_1, \xi_2) =$$

$$\frac{\partial N_{ST}^I}{\partial \xi_2}(\xi_1, \xi_2) =$$

## B.7. Problemstellungen bei der Durchführung der Videokonferenz

Der Bildschirm, der die Studierenden in Lienz zeigt, ist im HSB2 und im HSB6 am Campus Technik im Rücken der Lehrperson angebracht. Im Fall des HSB6 beinhaltet das Bild der auf die Lehrperson am Tablet gerichteten Kameraposition diesen Bildschirm in zentraler Position. Im HSB6 muss das Tablet im Sitzen verwendet werden.



Beispiele für aufgetretene Probleme mit der Videotelefonie (fehlendes Kamerasignal aus Lienz) und der Kameraeinstellungen (Kamera in Lienz zeigt zur Decke anstatt ins Publikum).

