



# **Experimentalvorlesung und „Performance Task“ als Methoden zur Aktivierung der Studierenden**

Eine Fallstudie

zur Lehrveranstaltung „Akustik und Sensorik“ VL-SS 2011

Dr.-Ing. Rainer Pfluger

Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften

Arbeitsbereich Energieeffizientes Bauen

Universität Innsbruck

Januar 2013



<b>1</b>	<b>EINLEITUNG .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>ZIELE UND FORSCHUNGSFRAGEN DER FALLSTUDIE .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>ABLAUF DER FALLSTUDIE .....</b>	<b>4</b>
3.1	VON DER „EXPERIMENTALVORLESUNG“ ZUR PROJEKTARBEIT.....	5
3.2	METHODE „PERFORMANCE TASK“ BZW. PROJEKTMETHODE.....	6
3.3	ABLAUF.....	6
<b>4</b>	<b>EVALUATION DER WIRKUNG DER EINGESETZTEN STRATEGIEN.....</b>	<b>7</b>
4.1	ERGEBNISSE ZUM FEEDBACK DER STUDIERENDEN .....	7
4.1.1	<i>Evaluation der didaktischen Strategien bei Studierenden ohne Erfahrung mit „performance task“ .....</i>	<i>7</i>
4.1.2	<i>Evaluation der didaktischen Strategien bei Studierenden mit Erfahrung mit „performance task“ .....</i>	<i>11</i>
4.1.3	<i>Zusammenfassung der Fragebogenauswertung.....</i>	<i>12</i>
4.2	EIGENREFLEXION .....	13
4.3	KOLLEGENFEEDBACK.....	14
<b>5</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG UND PERSÖNLICHE ERKENNTNISSE .....</b>	<b>15</b>
3	LITERATUR.....	17
<b>6</b>	<b>ANHANG 1 .....</b>	<b>18</b>
6.1	FRAGEBOGEN FÜR STUDIERENDE OHNE „PERFORMANCE TASK“-ERFAHRUNG (LEISTUNGSBEURTEILUNG ERFOLGTE ÜBER DIE MÜNDLICHE PRÜFUNG.....	18
6.2	FRAGEBOGEN FÜR STUDIERENDE MIT „PERFORMANCE TASK“-ERFAHRUNG (LEISTUNGSBEURTEILUNG ERFOLGTE ANHAND DER DOKUMENTATION UND PRÄSENTATION DER PROJEKTERGEBNISSE.....	19
<b>7</b>	<b>ANHANG 2 .....</b>	<b>20</b>
7.1	LEHRZIELE .....	20
7.2	THEMATISCHE GLIEDERUNG .....	20
7.3	LEISTUNGSBEURTEILUNG .....	22
7.3.1	<i>Mündliche Prüfung.....</i>	<i>22</i>
7.3.2	<i>Beurteilung der Durchführung und Präsentation der „performance Task“ ...</i>	<i>22</i>
7.4	LEHRMETHODIK .....	22
7.4.1	<i>Beispiel für Experimentalvorlesungen mit studentischer Beteiligung .....</i>	<i>23</i>
7.4.2	<i>Beispiel für messtechnische Aufgaben („performance task“) .....</i>	<i>23</i>

# 1 Einleitung

Im Sommersemester 2010 wurde ich mit der Lehrveranstaltung „Akustik und Sensorik“ für die Studierenden des Bachelorstudiums Mechatronik (2. Semester) an der UMIT (Hall) im Umfang von 2 Semesterwochenstunden betraut (26 TeilnehmerInnen). Da diese Lehrveranstaltung zum ersten Mal angeboten wurde, musste ich sowohl die Lehrziele als auch die Lehrinhalte und das Konzept sowie die zugehörigen Lehrbehelfe selbst erstellen.

Aus meinen Erfahrungen bei der Durchführung des „Messtechnischen Praktikums“, welches ich im Vorjahr noch im Rahmen des Diplomstudiums für Bauingenieurwissenschaften angeboten hatte, wusste ich, dass die zum Teil sehr „trockenen“ Lehrinhalte der Messtechnik anhand von Experimenten äußerst anschaulich vermittelt werden konnten. Einige Versuche eigneten sich auch dazu in der Vorlesung gezeigt zu werden – so entstand die Idee zur „Experimentalvorlesung“.

Didaktisch noch wertvoller ist allerdings die direkte Einbindung der Studierenden in die Durchführung der Experimente. Mit der eigenständigen Bearbeitung komplexer Messaufgaben wollte ich die Methode „Performance Task“ in die Lehrveranstaltung einbringen. In der nachfolgend beschriebenen Fallstudie wurden die Möglichkeiten dieser Methode am Beispiel der Vorlesung „Akustik und Sensorik“ im SS2011 untersucht.

Die LV „**Akustik und Sensorik**“ ist eine zweistündige Pflichtvorlesung im Bachelorstudium Mechatronik für die Studierenden im 2. Semester an der UMIT (Private Universität für Gesundheitswissenschaften, medizinische Informatik und Technik, Hall), welche von und an der Universität Innsbruck im SS2010 und 2011 angeboten wurde.

Studierende dieser Fachrichtung können sich später entweder in der Mechatronik vertiefen oder zum Masterstudium Domotronik an der Universität Innsbruck wechseln. Entsprechend breit sollten die Lehrziele und Kompetenzen für beide Vertiefungsrichtungen gesteckt werden.

Die Themenbereiche gliedern sich in die Sensorik und Messtechnik sowie die Akustik mit deren Messgrößen und Auswertung.

Die Lehrveranstaltung führt in die grundlegenden Sensor-Komponenten, System-Konzepte, Aufnahme- und Auswerteverfahren, Schaltungen und Geräte der Akustik und Messtechnik ein.

Folgende **Lehrziele** sollen mit der Lehrveranstaltung erreicht werden: Durch diese Veranstaltung sollen die Studierenden die Grundlagen der Akustik und Messtechnik beherrschen, um so in die Lage versetzt zu werden, eigenständig messtechnische Systeme und Verfahren zu verstehen, zu bewerten/auszuwählen bzw. eigene



Lösungen vorzuschlagen und diese grundlegend zu dimensionieren. Es werden die Grundlagen für die weitere Vertiefung entweder in die Medizintechnik/Mechatronik oder Domotronik/Bauakustik gelegt.

Die **Leistungsbeurteilung** erfolgte ursprünglich ausschließlich durch die abschließende mündliche Prüfung, welche das grundlegende Verständnis der messtechnischen Aufgaben sowie Fähigkeiten zur selbstständigen Sensorauswahl inklusive der zugehörigen Messkette beurteilte.

Im zweiten Durchgang der Lehrveranstaltung (SS2011) wurde auch die Leistungsbeurteilung über eine „Performance Task“ zugelassen.

## 2 Ziele und Forschungsfragen der Fallstudie

Im ersten Durchgang der Lehrveranstaltung wurde hauptsächlich die Methode des „Frontalunterrichts“ mit Tafelanschrieb und Powerpoint-Präsentation eingesetzt. Nur in Ausnahmefällen, dann aber mit erkennbar großem Interesse der Studierenden wurden auch bereits einige Experimente, allerdings noch ohne studentische Beteiligung in der Vorlesung „vorgeführt“.

Für den zweiten Durchgang im SS2011 stellte sich die Frage, ob die studentische Beteiligung sowohl an den Experimenten im Rahmen der Vorlesung, als auch über eigene messtechnische Experimente anhand komplexer Aufgabenstellungen (Performance Task) erhöht werden kann.

Ziel der Fallstudie war es herauszufinden, ob mit dieser didaktischen Strategie eine verbesserte Aktivierung der Studierenden erreicht werden kann.

*Folgende drei Forschungsfragen sollten geklärt werden:*

1. Können die Lehrziele mit Hilfe der Methode der „Experimentalvorlesung“ unter studentischer Beteiligung erreicht werden?
2. Ist die Methode der „performance task“ zur Vermittlung der Kompetenz eigenständiger Messsystementwicklung geeignet?
3. Kann die „performance task“ auch (alternativ zur Leistungsbeurteilung durch die mündliche Prüfung) eingesetzt werden?

## 3 Ablauf der Fallstudie

Die Fallstudie untersucht die genannten Forschungsfragen auf empirischer Basis nach Einführung der Methoden „*Experimentalvorlesung*“ und deren

Weiterentwicklung zur Projektarbeit bis hin zur „*performance task*“ im zweiten Durchgang der Lehrveranstaltung „Akustik und Sensorik“. Diese Methoden werden nachfolgend kurz erläutert und es wird der Ablauf der Untersuchungen beschrieben.

### 3.1 Von der „Experimentalvorlesung“ zur Projektarbeit

Die Experimentalvorlesung blickt bereits auf eine lange Tradition in der Universitären Ausbildung zurück und ist dennoch aktueller den je. Justus Liebig (deutscher Chemiker und Professor in Gießen und München; \*12.5.1803 in Darmstadt, † 18.4.1873 in München), erlangte durch seine Forschungen, aber auch durch seine bahnbrechenden Lehrmethoden, insbesondere seine Experimentalvorlesungen weltweite Anerkennung.

Unter einer Experimentalvorlesung versteht man gemeinhin eine Veranstaltung in der Form einer Demonstration mit praktischen Versuchen vor einer Zuhörerschaft. Sie hat also immer noch den Charakter des Frontalunterrichts ohne aktive Beteiligung der Zuhörerschaft.

[Eyerer 2005] beklagte die praxis- und berufsferne, nicht teamorientierte sowie zu abstrakte Ingenieurausbildung und fordert die Reduzierung des Anteils an Frontalunterricht um 50 %. Der Rest soll durch handlungsorientierte Module ergänzt werden. Daraus entwickelt [Eyerer 2005] die kombinierte Lehr-Lern-Methode (siehe Abbildung 1).

„Die Lösung dieses Problems kann nun nicht darin bestehen, einfach Abstriche bei der Vermittlung von Wissen zu machen und die frei werdende Zeit im Studienplan auf handlungsorientierte Module (auf niedrigem Wissensniveau) zu verwenden. Die zentrale Herausforderung besteht darin, die Vermittlung von Wissen mit dem Handeln zu verzahnen. Hieraus folgt kein Qualitätsverlust in der Wissensvermittlung sondern eine Qualitätssteigerung.“ ([Eyerer 2005], S. 227-228)



Abbildung 1: Die 4 Säulen der kombinierten Lehr-Lernmethode, die zu einem handlungsorientierten Lernen führen. (Quelle: [Eyerer 2005], Abbildung 1, Seite 228)



## 3.2 Methode „Performance Task“ bzw. Projektmethode

Der Begriff Projektmethode stammt von [Kilpatrick 1918]. Er wollte damit eine Unterrichtsmethode zum problemlösenden bzw. forschenden Lernen vorlegen.

[Karl Frey 1982] beschreibt die Projektmethode wie folgt: „Entscheidend dabei ist, dass sich die Lernenden ein Betätigungsgebiet vornehmen, sich darin über die geplanten Betätigungen verständigen, das Betätigungsgebiet entwickeln und die dann folgenden verstärkten Aktivitäten im Betätigungsgebiet zu einem sinnvollen Ende führen. Oft entsteht ein vorzeigbares Produkt.“

Genau diesen Charakter einer in sich abgeschlossenen Aufgabe mit einer „vorzeigbaren Lösung“ wollte ich aufgreifen und in Form von Problemstellungen aus dem Bereich der Messtechnik in studentischen Arbeiten umsetzen. Dabei wird nicht der Weg vorgegeben sondern lediglich die, zum Teil relativ komplexe Aufgabenstellung. Auf diese Weise bleibt der experimentelle Charakter erhalten, auch Fehler und Irrwege sind ein wesentlicher Faktor für das Erreichen der Ziele.

## 3.3 Ablauf

- In der ersten Vorlesungsstunde wurden den Studierenden die Lehrziele sowie die „neue“ Methodik der „performance task“ erläutert. Als Leistungsbeurteilung kann entweder die mündliche Prüfung am Semesterende oder alternativ die „performance task“ gewählt werden.
- Innerhalb der folgenden Vorlesungsstunden werden Vorschläge für Aufgabenstellungen der „performance tasks“ bekanntgegeben. Es können aber auch eigene Ideen der Studierenden eingebracht werden, wenn sie hinsichtlich Komplexität und Zielen kompatibel sind.
- Der Frontalunterricht der Vorlesung wird mit Experimenten (Experimentalvorlesung mit studentischer Beteiligung) ergänzt. Die Studierenden beteiligen sich an der Versuchsdurchführung sowie der Auswertung. Kleinere Programmierarbeiten werden in Vorbereitung der nächsten Vorlesung auch zuhause erledigt (die entsprechende Software steht allen Studierenden kostenlos zur Verfügung). Diese „Experimentalvorlesungen“ dienen bereits als Vorbereitung auf die „performance tasks“.
- Die „performance tasks“ werden vorbereitet und die Ergebnisse im Rahmen der Vorlesung von den Studierenden in Form einer Präsentation mit

Versuchsdurchführung vorgestellt. Die Powerpoint-Datei, das Messprogramm sowie die schriftliche Versuchsauswertung werden im e-campus für die anderen Studierenden zur Verfügung gestellt und dienen späteren Semestern als „Tutorial“. Bei einer besonders gelungenen Arbeit wurde sogar ein Video gedreht und online gestellt

- (siehe <http://streaming.uibk.ac.at/medien/c102/c102ab/akustik/index.html>).

Die Auswertung über die Auswirkung der eingesetzten Methoden gliederte sich wie folgt:

- Nach Abschluss der mündlichen Prüfung und Benotung der „performance tasks“ wurde die Meinung der Studierenden mittels Befragungsbögen eingeholt (Fragebogen siehe Anhang).
- Ein Arbeitskollege reflektierte seine Eindrücke seiner Teilnahme an einer Lehrveranstaltung, bei der die Tageslichtmessung in Form einer „Experimentalvorlesung mit studentischer Beteiligung“ durchgeführt wurde.
- Eigene Erfahrungen und Erkenntnisse aus der Anwendung der genannten Methoden wurden am Semesterende reflektiert und Vergleiche mit dem ersten Durchgang der Vorlesung (ohne Methodeneinsatz) angestellt.

## 4 Evaluation der Wirkung der eingesetzten Strategien

### 4.1 Ergebnisse zum Feedback der Studierenden

Am Semesterende nach Abschluss und Benotung der mündlichen Prüfung wurden zur Evaluierung der Forschungsfragen zwei unterschiedliche Fragebögen erstellt (siehe Anhang) und jeweils an Studierende ohne bzw. mit selbst durchgeführter „performance Task“ ausgegeben.

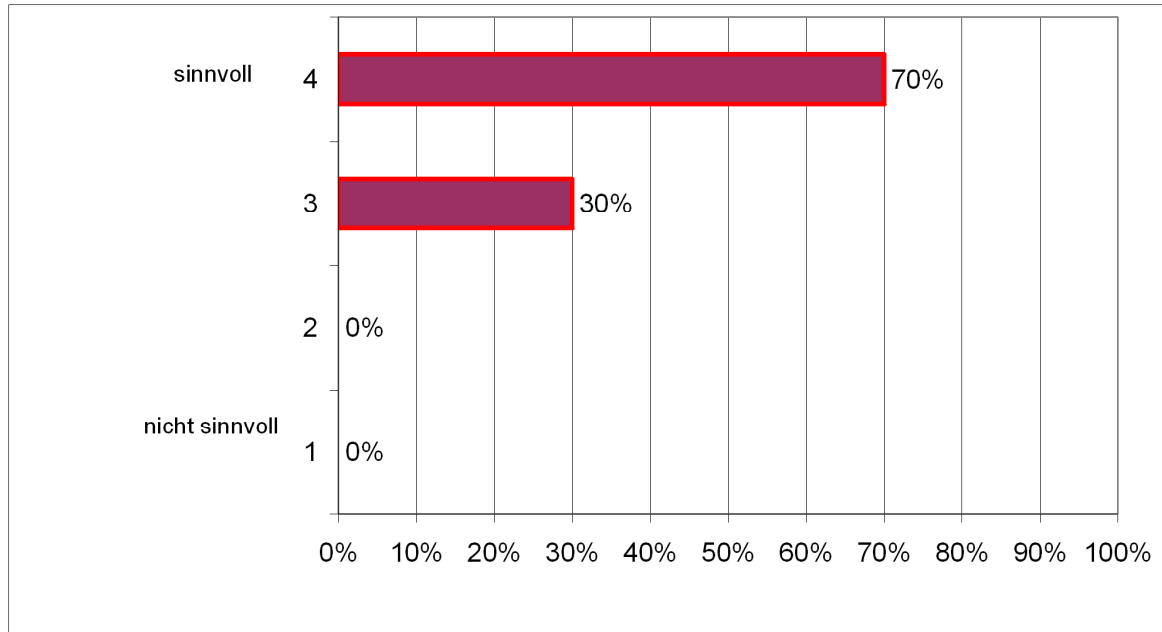
#### 4.1.1 Evaluation der didaktischen Strategien bei Studierenden ohne Erfahrung mit „performance task“

Nachfolgend wird zunächst der Fragebogen ausgewertet, welcher das Feedback der Studierenden einholt, welche sich für die Bewertung durch die mündliche Prüfung entschlossen hatten. Die geschlossenen Fragen wurden jeweils auf einer Skala von 1 (nicht sinnvoll bzw. trifft nicht zu) bis 4 (sinnvoll bzw. trifft zu) bewertet. Bei den offenen bzw. halboffenen Fragen wurden die Prozentsätze der jeweiligen Auswahl sowie der jeweilige vollständige Wortlaut (falls tatsächlich Text eingetragen wurde) dokumentiert. Es wurden insgesamt 10 dieser Fragebögen von den Studierenden



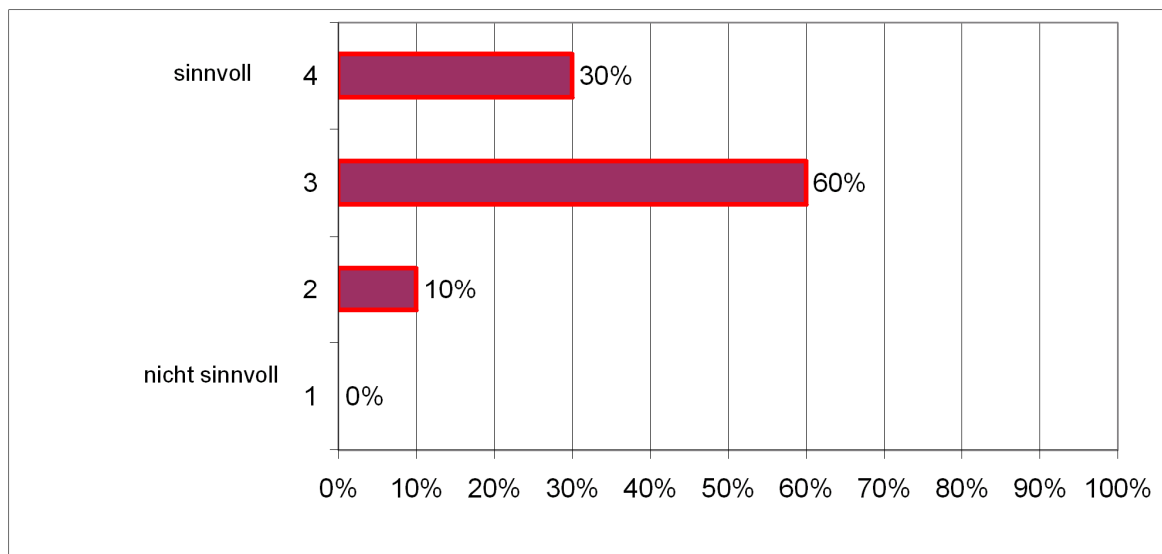
ausgefüllt. Nachfolgend sind die Bewertungsergebnisse auf die Fragen in jeweils gleicher Reihenfolge sowie deren Mittelwerte mit deren Einstufung angegeben.

**1.) War die Durchführung von Experimenten in der Vorlesung für Ihren Wissenserwerb zur Akustik und Sensorik sinnvoll bzw. hilfreich?**



Die Experimentalvorlesung wird also überwiegend als sinnvoll eingestuft. Die Frage zielt speziell auf den Wissenserwerb. Das äußerst positive Ergebnis zeigt damit die Möglichkeit auf, zumindest Teile des Frontalunterrichts durch Experimentalvorlesung zu ersetzen.

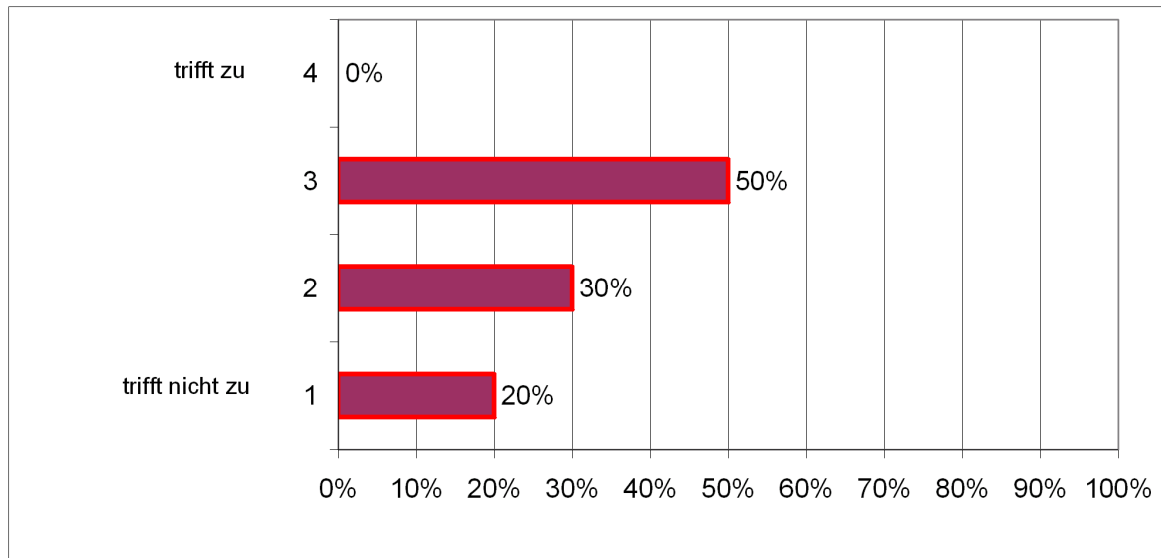
**2.) War die Durchführung von Experimenten in der Vorlesung für Ihren Erwerb der Fähigkeit eigene Mess-Systeme zu entwickeln sinnvoll bzw. hilfreich?**





Die Methode wird überwiegend als zielführend zum Kompetenzerwerb eingestuft. Hier wurde explizit die Fähigkeit zur eigenständigen Entwicklung von Mess-Systemen abgefragt. Die Ergebnisse sind nicht ganz so gut wie für Frage 1 ausgefallen, vermutlich weil die Experimente eben nicht vollständig eigenständig durchgeführt werden.

**3.) Im Nachhinein betrachtet hätte ich mir auch gut vorstellen können eine messtechnische Aufgabenstellung zu wählen anstelle der mündlichen Prüfung als Leistungsbeurteilung.**



Immerhin 50 % der Studierenden haben sich über die Aussage als eher zutreffend geäußert, die Gründe für die negativen Bewertungen werden mit nachfolgender Frage erfasst.

**4.) Wenn Sie keine messtechnische Aufgabe übernommen haben (sondern alternativ die mündliche Prüfung gewählt haben): Warum?**

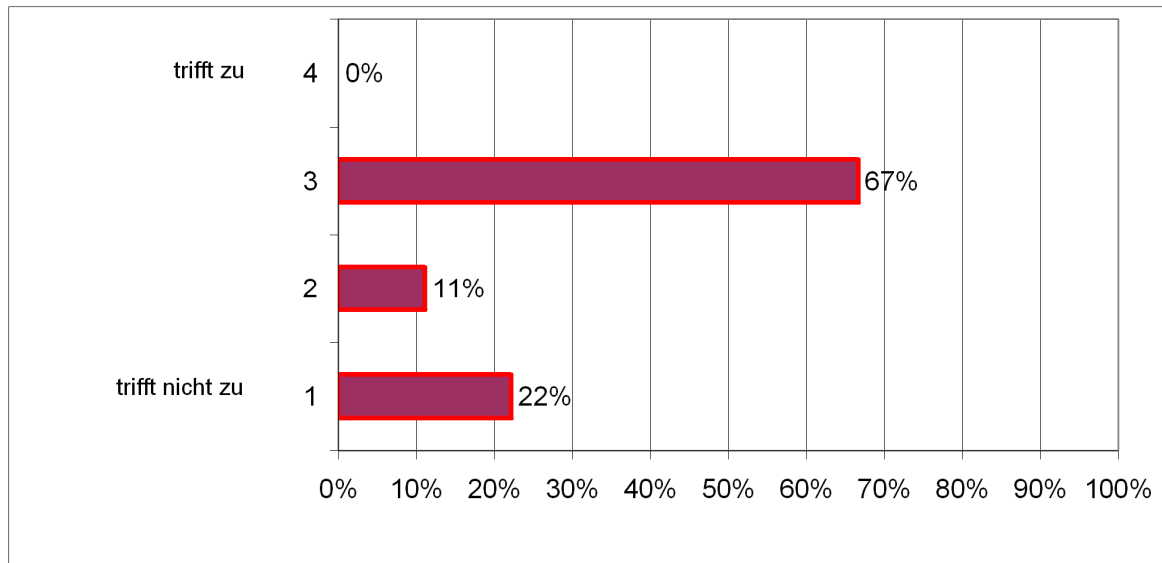
- Nicht genügend Zeit für die Versuchsvorbereitung während dem Semester  
70 % geben Zeitmangel als Begründung für ihre Entscheidung an
- größerer Aufwand als die Prüfungsvorbereitung  
70 % geben den Aufwand im Vergleich zur mündlichen Prüfung als Begründung für ihre Entscheidung an.
- Aufgaben zu komplex  
10 % sehen die gestellten Aufgaben als zu komplex an

Sonstige Gründe: Anforderungen werden schnell aufwändig, über den Sommer wäre es möglich gewesen



Die Methode „performance task“ wird überwiegend aufgrund des relativ hohen Aufwandes nicht zur Leistungsbeurteilung gewählt. Daher wurde alternativ die mündliche Prüfung bevorzugt. Da sich die Einschätzung zum Aufwand mit derjenigen der Studierenden mit „performance task“-Erfahrung (siehe nächster Abschnitt) deckt, stellt sich die Frage, ob die Arbeitsbelastung bei der Ausarbeitung (z.B. schriftliche Dokumentation) senken lässt, ohne den Lernerfolg zu gefährden

### 5.) Anhand der von den Kollegen vorgeführten Experimente konnte ich meine Fähigkeit messtechnische Systeme selbst zu entwickeln erweitern.



Die Experimente der Kollegen werden nicht generell als wirkungsvoll im Sinne von „Lernen am Beispiel“ eingeschätzt. Es wurde speziell die Kompetenzvermittlung für die eigenständige Entwicklung von messtechnischen Systemen abgefragt, gemäß der Befragungsergebnisse ist dies mittels Experimenten von Kollegen nur eingeschränkt möglich, erst mit der eigenständigen Lösung von Aufgaben, wie die Auswertung im nächsten Abschnitt zeigt, kann dies erreicht werden.

### 6.) Was würden Sie an der Vorlesung und den Experimenten verändern bzw. verbessern?

Experimente effizienter, schneller durchführen

Konzentration auf Mikrofontechniken die häufig verwendet werden, also keine C-Mikrofone und Piezo-Mikrofone

mehr praktische Anwendung

Ich würde gerne selbst mehr im Unterricht machen, vielleicht könnte man geeignete Messschaltungen dazugeben und diese über Labview auswerten

Vorlesung und Experimente waren im Allgemeinen immer gut verständlich und erklärt

#### **4.1.2 Evaluation der didaktischen Strategien bei Studierenden mit Erfahrung mit „performance task“**

Nachfolgende Auswertungen beziehen sich auf die Studierenden, welche die „performance Task“ für die Leistungsbeurteilung gewählt haben. Da nur zwei Fragebögen dieser Kategorie im Rücklauf waren und diese beiden gleich ausgefallen sind, beträgt die Standardabweichung in allen Fällen 0. Aufgrund der geringen Stichprobenzahl besteht zwar keine statistische Relevanz. Sie gibt aber zumindest einen Eindruck der studentischen Bewertung mit „performance task“-Erfahrung. Darüber hinaus lieferte die Beantwortung der Frage 7 interessante Anregungen und Verbesserungsvorschläge.

##### **1.) War die Durchführung von Experimenten in der Vorlesung für Ihren Wissenserwerb zur Akustik und Sensorik sinnvoll bzw. hilfreich?**

Mittelwert: 4 (Die Experimentalvorlesung wird also überwiegend als sinnvoll eingestuft)

##### **2.) War die Durchführung von Experimenten in der Vorlesung für Ihren Erwerb der Fähigkeit eigene Mess-Systeme zu entwickeln sinnvoll bzw. hilfreich?**

Mittelwert: 4 (Die Methode wird als zielführend zum Kompetenzerwerb eingestuft)

##### **3.) Wenn sie die messtechnische Aufgabe zu zweit durchgeführt haben, hat dies Ihre Fähigkeit zur Teamarbeit gestärkt.**

Mittelwert: 3 (Die Methode wird als zielführend zur Stärkung der Teamfähigkeit eingestuft)

##### **4.) Der Schwierigkeitsgrad der messtechnischen Aufgabe war aus Ihrer Sicht**

Mittelwert: 3 (Die messtechnischen Aufgaben werden als anspruchsvoll aber nicht mit extrem hohem Schwierigkeitsgrad empfunden)



### **5.) Der Aufwand für die Vorbereitung der messtechnischen Aufgabe und der Präsentation war aus Ihrer Sicht**

Mittelwert: 4 (Der Aufwand für die Vorbereitung wird als hoch empfunden)

### **6.) Ist die Durchführung von messtechnischen Aufgaben anstelle der Mündlichen Prüfung aus Ihrer Sicht für die Leistungsbeurteilung geeignet?**

Mittelwert: 4 (Die Methode „performance task“ wird als geeignet zur Leistungsbeurteilung angesehen)

### **7.) Was würden Sie an der Vorlesung und den Experimenten verändern bzw. verbessern?**

Evtl. Experimente, Versuche welche zuhause nachgebaut werden können (wie etwa das Weinglasexperiment) forcieren. Eine einfache Temperaturmessung mit Messbrücke, oder Konstantstromquelle und z.B. PT100 wäre sehr interessant. Ansonsten war das Einbeziehen von Versuchen sehr hilfreich, da in der Praxis auf mehr Dinge Rücksicht genommen werden muss (Zusammenschalten von Schaltungen etc).

Falls die Zeit in der Vorlesung keine weiteren Versuche zulässt, wäre es auch interessant Vorschläge für etwaige Versuche zur Verfügung zu stellen, wie etwa das Weinglasexperiment. Es müsste sich jedoch nicht zwangsläufig um eine Schritt für Schritt Anleitung handeln, sondern ein prinzipieller „Vorschlag“ für den Aufbau und die Durchführung würde das selbstständige Beschäftigen der Studenten mit der Materie sicher fördern.

## **4.1.3 Zusammenfassung der Fragebogenauswertung**

Die Methode der Experimentalvorlesung mit studentischer Beteiligung wird überwiegend als sinnvoll und zielführend im Sinne der Lehrziele angesehen. Die Vorlesung wurde auch von den Studierenden, welche die „performance-taks“ gewählt hatten durchgehend besucht.

Der Aufwand für die Vorbereitung und Durchführung der „performance task“ wird als hoch eingeschätzt. Wie bei jeder experimentellen Arbeit werden eben auch „Irrwege“ und „Misserfolge“ auftreten, welche ebenfalls Zeit benötigen, aber für den Lernerfolg essenziell sind.

In der eigenen Einschätzung der Studierenden wird die Methode „performance task“ als geeignet für die Leistungsbeurteilung eingeschätzt.

Die Anregung, Vorschläge für eigene Versuche zur selbstständigen Beschäftigung mit der Materie vorzugeben kann sehr gut aufgegriffen werden, die gut dokumentierten Versuche der Studierenden aus vorangegangenen Semestern sind dafür natürlich auch einsetzbar. Daher stelle ich diese über das Internet zur Verfügung. Die studentische Präsentation zur Bestimmung der Generator Kennlinie mittels Ergometer wurde darüber hinaus per Video aufgezeichnet und veröffentlicht (link zum Video: <http://streaming.uibk.ac.at/medien/c102/c102ab/akustik/index.html> ).

## 4.2 Eigenreflexion

Bereits beim ersten Durchgang der Vorlesung hatte ich erfahren, dass alle Studierenden der Lehrveranstaltung die messtechnische Software „Labview“ von der UMIT kostenfrei zur Verfügung gestellt bekommen und damit gerne experimentieren. Um damit allerdings tatsächlich messtechnische Aufgaben durchführen zu können, benötigt man spezielle Hardware, die häufig relativ teuer ist. Daher entwickelte ich zunächst Experimente die mit der im Computer bereits eingebauten Soundkarte durchgeführt werden können. Außerdem bestellte ich einen Bausatz einer USB-Messkarte welche sich über die Software ansprechen lässt und nur rund 20 € kostet. Damit konnte man fast alle gängigen Messaufgaben lösen und ich konnte bereits einige Experimente in die Vorlesung einbauen. Allerdings fehlte dann die studentische Beteiligung, weil sie ja nicht selbst über die Hardware verfügten.

Im zweiten Durchgang der Vorlesung (SS2011) gab ich dann die Bezugsadresse für den Bausatz an, und fast alle Studierenden haben sich diesen bestellt und selbst zusammengelötet (auch das bereits ein erster Lerneffekt). Um mit der neuen Hard- und Software vertraut zu werden, haben wir dann die ersten messtechnischen Aufgaben in der Vorlesung gemeinsam gelöst. Hierbei waren die Studierenden höchst interessiert und aktiv dabei, automatisch bildeten sich Kleingruppen. Die Studierenden halfen und tauschten sich gegenseitig aus.

Die Bearbeitung der ausgegebenen Arbeiten erfolgte relativ spät im Semester, vermutlich auch deshalb weil die notwendigen Grundlagen und die Programmiererfahrung zunächst noch fehlten. Es wurden dann sowohl von mir ausgegebene Aufgaben als auch eigene Ideen realisiert (z.B. Aufbau und Auswertung eines Nivelliersystems mit zweiachsigem Beschleunigungsaufnehmer). Letzteres war eine sehr motivierende Erfahrung für mich, weil sie einerseits das Eigenengagement der Studierenden zeigt, andererseits auch künftig immer neue Ideen erwarten lässt. Das ist notwendig, wenn das Konzept nachhaltig auch in Zukunft in dieser Form öfter durchgeführt werden soll, ohne dass die Ideen für neue Aufgaben ausgehen. Die Vorschläge für Aufgabenstellungen der Studierenden müssen lediglich auf die Komplexität und Kompatibilität mit den Lehrzielen geprüft werden. Sie müssen in angemessener Zeit realisierbar sein, andererseits aber auch nicht zu einfach um den Lernerfolg sicherzustellen.



Bei der Vorbereitung und Durchführung der messtechnischen Aufgaben („performance tasks“) wurde schnell klar, dass diese Methode mit hohem Zeitaufwand verbunden ist. Der Betreuungsaufwand, aber auch der Aufwand für die Studierenden selbst ist nicht zu vernachlässigen. Da aber nicht alle Studierenden die Option der „performance task“ gewählt hatten (sondern alternativ die mündliche Prüfung), blieb der Betreuungsaufwand aber gut leistbar. Wenn sich mehr Studierende für diese Form entscheiden sollten, ist zu prüfen wie sich der Aufwand reduzieren lässt. Auch die Anteile an Frontalunterricht und experimentellen Teilen sollten noch einigermaßen ausgewogen sein, um die Lehrinhalte vollständig vermitteln zu können. Bei exakter Planung der Inhalte der messtechnischen Aufgaben und deren zeitlichen Reihenfolge kann dies auch bei einem höheren „aufgabenorientierten“ Anteil sichergestellt werden.

Bei Gruppenarbeit, wenn z.B. zwei Studenten gemeinsam eine Aufgabe bearbeiten, war zunächst meine Befürchtung, dass die Leistungsbeurteilung schwierig werden könnten. In der Praxis hat sich dann aber gezeigt, dass man im Zeitraum der Vorbereitung sehr wohl erkennt, wer welche Anteile bearbeitet, ob das Verständnis und der Lernerfolg im Sinne der Lehrziele vorhanden ist etc. Außerdem lässt die studentische Präsentation der Ergebnisse, die selbstverständlich unter den Gruppenmitgliedern gleichmäßig aufgeteilt wird, eine Beurteilung der Einzelleistungen zu. Die Abgabe der schriftlichen Versuchsauswertung wurde ebenfalls zur Bewertung herangezogen. Trotzdem halte ich größere Gruppen als Zweiergruppen für nicht sinnvoll.

Die Qualität der Lösungen zu den messtechnischen Aufgaben aber auch die Selbstsicherheit und hohe Qualität der studentischen Präsentationen hat mich positiv überrascht.

### 4.3 Kollegenfeedback

Mein Kollege übergab mir seine Beobachtungen in schriftlicher Form am Ende des Semesters. Ich gebe nachfolgend seine Rückmeldungen auf meine Fragestellungen ungekürzt wieder:

Empfinden Sie die Methode als hilfreich zur Vermittlung der Lehrinhalte?

Mittels der Experimenten ist es den Studierenden möglich den Vorlesungsstoff praktisch nachzuvollziehen. Im Themengebiet „Akustik u. Sensorik“ ist ein hoher Messgeräteinsatz von Nöten. Diese Messgeräte und Sensoren können bereits im Studium aufgrund von Experimenten kennengelernt werden.

Wie war die Beteiligung der Studierenden?

Die Beteiligung der Studenten war durchweg positiv.

Das Interesse an den Experimenten war groß und die Studenten führten diese mit Hilfestellung selbstständig durch.

Waren die theoretischen Voraussetzungen für das Experiment vorhanden?

Die Theorie zu den Experimenten wurde vorab in der Vorlesung behandelt

Welche maximale Gruppengröße halten Sie für diese Methode für sinnvoll?

15

Wie kann eine stärkere Beteiligung der Studierenden erreicht werden?

Möglicherweise kann eine stärkere Beteiligung der Studierenden erreicht werden, indem eine Vernetzung der Vorlesungen durchgeführt wird. Falls in einer anderen Vorlesung eine Planungsaufgabe gestellt wird, kann dies im Rahmen der Vorlesung „Akustik u. Sensorik“ quantitativ überprüft werden.

Sonstige Anregungen/Kritik, Optionen zur Weiterentwicklung der Methode:

Vernetzung von Vorlesungen bzw. Projekten (s.o.).

## 5 Zusammenfassung und persönliche Erkenntnisse

Im Rahmen der vorliegenden Fallstudie sollten die nachfolgenden Forschungsfragen mittels Fragebögen für Studierende, durch Kollegenfeedback und Eigenreflexion untersucht werden.

1. Können die Lehrziele mit Hilfe der Methode der „Experimentalvorlesung“ unter studentischer Beteiligung erreicht werden?
2. Ist die Methode der „performance task“ zur Vermittlung der Kompetenz eigenständiger Messsystementwicklung geeignet?
3. Kann die „performance task“ auch (alternativ zur Leistungsbeurteilung durch die mündliche Prüfung) eingesetzt werden?



### *Forschungsfrage 1*

Das Ergebnis der Auswertung aus den Fragebögen, das Kollegenfeedback und meine eigenen Erfahrungen als Lehrender sprechen auf jeden Fall für den Einsatz von Experimenten im Rahmen der Vorlesung „Akustik und Sensorik“. Damit kann die erste Forschungsfrage mit einem klaren ja beantwortet werden. Zwar benötigen die Experimente in der Vorlesung nicht unerheblich viel Zeit, sie können die Lehrziele aber besser vermitteln als die reine Frontalvorlesung.

### *Forschungsfrage 2*

Eine der wesentlichen zu vermittelnden Kompetenzen der Lehrveranstaltung ist das eigenständige Entwickeln von Messsystemen. Sowohl die Ergebnisse der Fragebögen als auch das Kollegenfeedback zeigen, dass der Charakter „learning by doing“ der Methode „performance task“ ideal für diese Kompetenzvermittlung geeignet ist, aber auch großes Eigenengagement und Zeitaufwand bei den Studierenden voraussetzt. Damit ist auch die zweite Forschungsfrage mit ja zu beantworten.

Die Erkenntnisse sind sicherlich nicht generell und häufig nur mit Einschränkungen auf andere Vorlesungen übertragbar. Da die Messtechnik und der Einsatz von Sensoren einen extrem hohen Praxisbezug aufweist, sind die problemlösenden und aufgabenbezogenen Lehrmethoden hierfür ideal geeignet. Die Studierenden beteiligen sich viel intensiver und aktiver, lernen weitgehend selbstständig und zielorientiert. Die erfolgreiche Lösung einer messtechnischen Aufgabe spornt an, die notwendigen Lehrschritte bis zur Zielerreichung laufen dann quasi „spielerisch“ ab, z.B. die Programmierung der notwendigen Ansteuerungssoftware und das Erlernen der dafür notwendigen Fähigkeiten. Die Kommentare und Anregungen aus den Fragebögen fordern sogar noch mehr eigene experimentelle Beteiligung der Studierenden im Rahmen der Vorlesung ein.

Zur weiteren didaktischen Verbesserung der Lehrveranstaltung könnte der Vorschlag meines Kollegen aufgegriffen werden, mehrere Lehrveranstaltungen zu vernetzen. Damit könnte der interdisziplinäre und aufgabenorientierte Ansatz weiter vertieft werden. Allerdings erfordert dies einen relativ hohen organisatorischen Aufwand und ist eher als längerfristiges Projekt im Rahmen einer übergreifenden Änderung des Curriculums anzusehen.

Dem expliziten Wunsch nach mehr Bezug zur Berufspraxis, der von einigen Studierenden in den Fragebögen geäußert wurde, könnte z.B. durch reale Messaufgaben von Produktionsbetrieben (Beispiel Mechatronik) oder dem Bauwesen (Beispiel Mess- und Regelungstechnik im Aufgabengebiet der



Domotronik) sowie evtl. einer Exkursion mit Firmenbesichtigung nachgekommen werden.

### *Forschungsfrage 3*

Für die Studierenden, die die „performance task“ alternativ zur Leistungsbeurteilung durch die mündliche Prüfung gewählt haben wird diese Frage eindeutig mit ja beantwortet. Dagegen schätzten die Studierenden, die sich für die mündliche Prüfung entschieden haben den Aufwand für die „performance task“ als hoch ein (was natürlich noch nicht bedeutet, dass es grundsätzlich nicht geeignet ist). Ein Student meinte in den Semesterferien könnte er sich die Ausarbeitung zeitlich durchaus vorstellen, im Semester sei es zeitlich zu knapp. Auch diese Lösung könnte organisatorisch aufgegriffen werden, wenn ein Präsentationstermin am Ende der Semesterferien eingeführt würde und damit ausreichend Zeit für die Ausarbeitung der „performance task“ gegeben ist.

Aus der Eigenreflexion würde auch die Forschungsfrage 3 mit einem ja beantwortet, die alternative Leistungsbeurteilung hat sich auch in der praktischen Durchführung gut bewährt.

## **3 Literatur**

[Eyerer 2005] Eyerer, P., Krause, D.: von der Frontalvorlesung zur Lernwerkstatt (TheoPrax), Global J. of Engng. Educ., vol.9, No.3, UICEE 2005

[Frey 1982] Frey, K.: Die Projektmethode; Weinheim, Basel 1982.

[Kilpatrick 1918] Kilpatrick, W. H.: The Project Method, 1918 (deutsch in: Dewey, J. & Kilpatrick W. H.: Der Projekt-Plan, Weimar 1935)



## 6 Anhang 1

Um die unterschiedlichen Erfahrungen der Studierenden mit bzw. ohne „performance task“-Durchführung abfragen zu können, wurden zwei unterschiedliche Fragebögen ausgewertet und verteilt, welche nachfolgend vollständig wiedergegeben sind:

### 6.1 Fragebogen für Studierende ohne „performance task“-Erfahrung (Leistungsbeurteilung erfolgte über die mündliche Prüfung)

1.) War die Durchführung von Experimenten in der Vorlesung für Ihren Wissenserwerb zur Akustik und Sensorik sinnvoll bzw. hilfreich?

sinnvoll		nicht sinnvoll	
4	3	2	1

2.) War die Durchführung von Experimenten in der Vorlesung für Ihren Erwerb der Fähigkeit eigene Mess-Systeme zu entwickeln sinnvoll bzw. hilfreich?

sinnvoll		nicht sinnvoll	
4	3	2	1

3.) Im Nachhinein betrachtet hätte ich mir auch gut vorstellen können eine messtechnische Aufgabenstellung zu wählen anstelle der mündlichen Prüfung als Leistungsbeurteilung.

trifft zu		trifft nicht zu	
4	3	2	1

4.) Wenn Sie keine messtechnische Aufgabe übernommen haben (sondern alternativ die mündliche Prüfung gewählt haben): Warum?

- Nicht genügend Zeit für die Versuchsvorbereitung während dem Semester
- Größerer Aufwand als die Prüfungsvorbereitung
- Aufgaben zu komplex
- 

Sonstige Gründe: \_\_\_\_\_

5.) Anhand der von den Kollegen vorgeführten Experimente konnte ich meine Fähigkeit messtechnische Systeme selbst zu entwickeln erweitern.

trifft zu			trifft nicht zu
4	3	2	1

6.) Was würden Sie an der Vorlesung und den Experimenten verändern bzw. verbessern?

## 6.2 Fragebogen für Studierende mit „performance task“-Erfahrung (Leistungsbeurteilung erfolgte anhand der Dokumentation und Präsentation der Projektergebnisse)

1.) War die Durchführung von Experimenten in der Vorlesung für Ihren Wissenserwerb zur Akustik und Sensorik sinnvoll bzw. hilfreich?

sinnvoll			nicht sinnvoll
4	3	2	1

2.) War die Durchführung von Experimenten in der Vorlesung für Ihren Erwerb der Fähigkeit eigene Mess-Systeme zu entwickeln sinnvoll bzw. hilfreich?

sinnvoll			nicht sinnvoll
4	3	2	1

3.) Wenn sie die messtechnische Aufgabe zu zweit durchgeführt haben, hat dies Ihre Fähigkeit zur Teamarbeit gestärkt.

trifft zu			trifft nicht zu
4	3	2	1

4.) Der Schwierigkeitsgrad der messtechnischen Aufgabe war aus Ihrer Sicht

hoch			niedrig
4	3	2	1

5.) Der Aufwand für die Vorbereitung der messtechnischen Aufgabe und der Präsentation war aus Ihrer Sicht

hoch			niedrig
4	3	2	1

6.) Ist die Durchführung von messtechnischen Aufgaben anstelle der Mündlichen Prüfung aus Ihrer Sicht für die Leistungsbeurteilung geeignet?



trifft zu		trifft nicht zu	
4	3	2	1

7.) Was würden Sie an der Vorlesung und den Experimenten verändern bzw. verbessern?

## 7 Anhang 2

### 7.1 Lehrziele

- Beherrschen der grundlegenden Sensor-Komponenten, System-Konzepte, Aufnahme- und Auswerteverfahren, Schaltungen und Geräte der Akustik und Messtechnik
- Verstehen und Anwenden der Grundlagen der Akustik und Messtechnik
- Eigenständiges entwickeln messtechnischer Systeme und Verfahren
- Auswahl, Dimensionierung und Bewertung geeigneter Sensor für messtechnische Aufgaben
- Es werden die Grundlagen für die weitere Vertiefung entweder in die Medizintechnik/Mechatronik oder Domotronik/Bauakustik gelegt.

### 7.2 Thematische Gliederung

#### Grundlagen der Messtechnik (Messgrößen, Einheiten, Messfehler)

*Methode: Frontalvorlesung*

#### Übung zur Berechnung der Standardabweichung und Fehlerfortpflanzung am Beispiel der Temperaturmessung

*Methode: Tafelanschrieb durch Studierende und Programmieraufgabe in Labview*

#### Grundbegriffe der Messtechnik (Messumformer, Messwandler, Messumsetzer)

*Methode: Frontalvorlesung*

*Methode: Experimentalvorlesung mit studentischer Beteiligung: Experiment zur Füllstandsmessung eines Weinglases mit Hilfe der Soundkarte im Laptop, Programmierung des Labview-VI unter Anleitung*

## **Grundlagen der Sensorkalibrierung am Beispiel der Temperaturmessung**

*Methode: Frontalvorlesung*

## **Praktische Durchführung der Kalibrierung am Beispiel der Füllstandsmessung am Weinglas, Programmierung im Labview-Formelknoten**

*Methode: Experimentalvorlesung mit studentischer Beteiligung, Programmierung als „Hausaufgabe“*

## **Sensoren und Messverfahren zur Feuchtemessung**

*Methode: Frontalvorlesung + Demonstration der Messgeräte und Messung der Raumluchtfeuchte im Hörsaal*

## **Dehnmessstreifen und Wegaufnehmer**

*Methode: Powerpoint-Präsentation, Herleitung der spezifischen Widerstandsänderung mit Tafelanschrieb, Demonstration der unterschiedlichen Typen von Dehnmessstreifen an Exponaten und Schautafel*

*Methode: Laborführung mit Besichtigung und Demonstration der Versuchsstände zum Zugversuch (DMS und Wegaufnehmer in der messtechnischen Praxis)*

*Methode: „performance task“ Studentische Präsentation der Ergebnisse zur Generatorkennlinie (Lehrinhalte: Drehzahlmessung, magnetische Induktion)*

## **Sensoren und Messverfahren zur Temperaturmessung**

*Methode: Frontalvorlesung + Labview-Programm zur Vierleiterschaltung (Messung mit PT100 Widerstandsthermometer)*

## **Tageslicht- und Kunstlichtmessung (Grundbegriffe, Messgrößen, Sensoren, Leuchtmittel)**

*Methode: Frontalvorlesung*

*Methode: Experimentalvorlesung mit studentischer Beteiligung (Aufnehmen des Tageslichtquotienten-Profils im Hörsaal)*

## **Beschleunigungsaufnehmer (Grundlagen, physikalische Messprinzipien, Sensortypen)**

*Methode Frontalvorlesung*

*Methode „performance task“, studentische Präsentation der Ergebnisse zum Experiment „Wasserwaage mit Beschleunigungsaufnehmer“*



## **Akustik, Luftschallmessung, Körperschallmessung**

*Methode: Frontalvorlesung zu den Grundlagen der Akustik*

*Methode: Experimentalvorlesung mit Demonstrationsmodell zur Körperschallübertragung*

*Methode: Experimentalvorlesung mit Studentischer Beteiligung (Aufbau und Betrieb des Normhammerwerks im Flur, Körperschallübertragung in den Hörsaal)*

*Methode: Experiment (Nachhallzeit-Messung im Hörsaal mit Hilfe der Soundkarte im Laptop)*

## **7.3 Leistungsbeurteilung**

### **7.3.1 Mündliche Prüfung**

Da die Vorlesung von nur ca. 15 bis 30 Studierenden besucht wird, ist es möglich die Prüfung in Form einer Mündlichen Prüfung (Gruppenprüfung mit ca. 3 Studierenden pro Gruppe) durchzuführen. Damit ist es möglich, das grundlegende Verständnis für die messtechnischen Aufgaben und die physikalischen Zusammenhänge zu prüfen. Bei höherer Teilnehmerzahl wäre eine schriftliche Prüfung mit messtechnischen Aufgaben und Berechnungen z.B. zum Messfehler der jeweiligen Messaufgabe ebenso möglich.

### **7.3.2 Beurteilung der Durchführung und Präsentation der „performance Task“**

Die messtechnischen Aufgaben mit den Anforderungen und dem Versuchsziel werden möglichst frühzeitig an die Studierenden ausgegeben und im Semester bearbeitet. Im Rahmen der Vorlesung findet dann eine Ergebnispräsentation in Form eines Vortrags sowie eine Demonstration des Versuchsaufbaus statt. Die Beurteilung erfolgt dann anhand dieser Präsentation sowie der zusätzlich abgegebenen schriftlichen Auswertung inklusive Fehlerrechnung und Programmbeschreibung.

## **7.4 Lehrmethodik**

Die eingesetzte Methodik der Experimentalvorlesung mit studentischer Beteiligung sowie die „performance task“ wurden im zeitlichen Verhältnis von ca. 50 % ergänzend zur Frontalvorlesung mit Power-Point Präsentation und Tafelanschrieb eingesetzt. Nachfolgend wird die Vorbereitung und Durchführung dieser Lehrmethoden an zwei Beispielen erläutert.

### 7.4.1 Beispiel für Experimentalvorlesungen mit studentischer Beteiligung

**Vorbereitung:** Die Grundbegriffe, Messgrößen und Einheiten wurden vorbereitend in der Frontalvorlesung erläutert.

**Durchführung:** Zur Vertiefung der Lehrinhalte aus dem Vorlesungsabschnitt „Tages- und Kunstlichtmessung“ wurde mit Messgeräten aus den Beständen des Arbeitsbereichs Energieeffizientes Bauen eine Tageslichtmessung im Hörsaal durchgeführt. An einem Tag mit bedecktem Himmel (Voraussetzung für gleichmäßige Leuchtdichte der Hemisphäre im Außenbereich) wurde die Beleuchtungsstärke auf dem Universitätscampus (Wert ohne Horizontverschattung) zeitgleich mit den Werten im Hörsaal aufgenommen. Die Verständigung der Studenten auf dem Campus mit der Gruppe im Hörsaal erfolgte per Handy. Die Messung im Hörsaal wurde ausgehend vom Fenster mit Stativ in Höhe der Schreibpulte in definierten Abständen durchgeführt. Eine weitere Gruppe berechnete die Werte für den Tageslichtkoeffizienten und erstellte zur Auswertung ein Diagramm. Abschließend wurde vom Kollegen Mathias Werner noch die Leuchtdichtemessung mit Tubus demonstriert.

### 7.4.2 Beispiel für messtechnische Aufgaben („performance task“)

**Vorbereitung:** Im Rahmen der Frontalvorlesung und der Experimentalvorlesung wird das Grundlagenwissen zur Lösung der messtechnischen Aufgaben gelegt. Die messtechnischen Aufgaben wurden entweder von mir ausgegeben bzw. alternativ von Studenten selbst gewählt. Die hier vorgestellte Aufgabe zur Messung der Generator Kennlinie wurde von mir ausgegeben und der für den Antrieb eingesetzte Hometrainer zur Verfügung gestellt.

**Durchführung:** Die Aufgabe wurde von zwei Studenten übernommen, welche als Generator einen Waschmaschinenmotor einsetzten. Dieser wurde über einen Riemenantrieb mit dem Hometrainer verbunden. Als Lastwiderstände wurden Leistungswiderstände aus dem Messtechnischen Praktikum eingesetzt. Die Studenten entwickelten und bauten selbständig die zugehörige Messtechnik und Ansteuerelektronik und programmierten ein Labview- Programm zur Visualisierung und Auswertung der Generator Kennlinie des Waschmaschinenmotors.

Das Experiment wurde dann im Rahmen einer Vorlesungs-Präsentation vorgeführt. Diese wurde auch gefilmt und steht unter

<http://streaming.uibk.ac.at/medien/c102/c102ab/akustik/index.html> Interessierten zur Verfügung gestellt. Sowohl die Versuchsbeschreibung als auch das Labview- Programm und die Power-Point-Präsentation sind nun online verfügbar.