

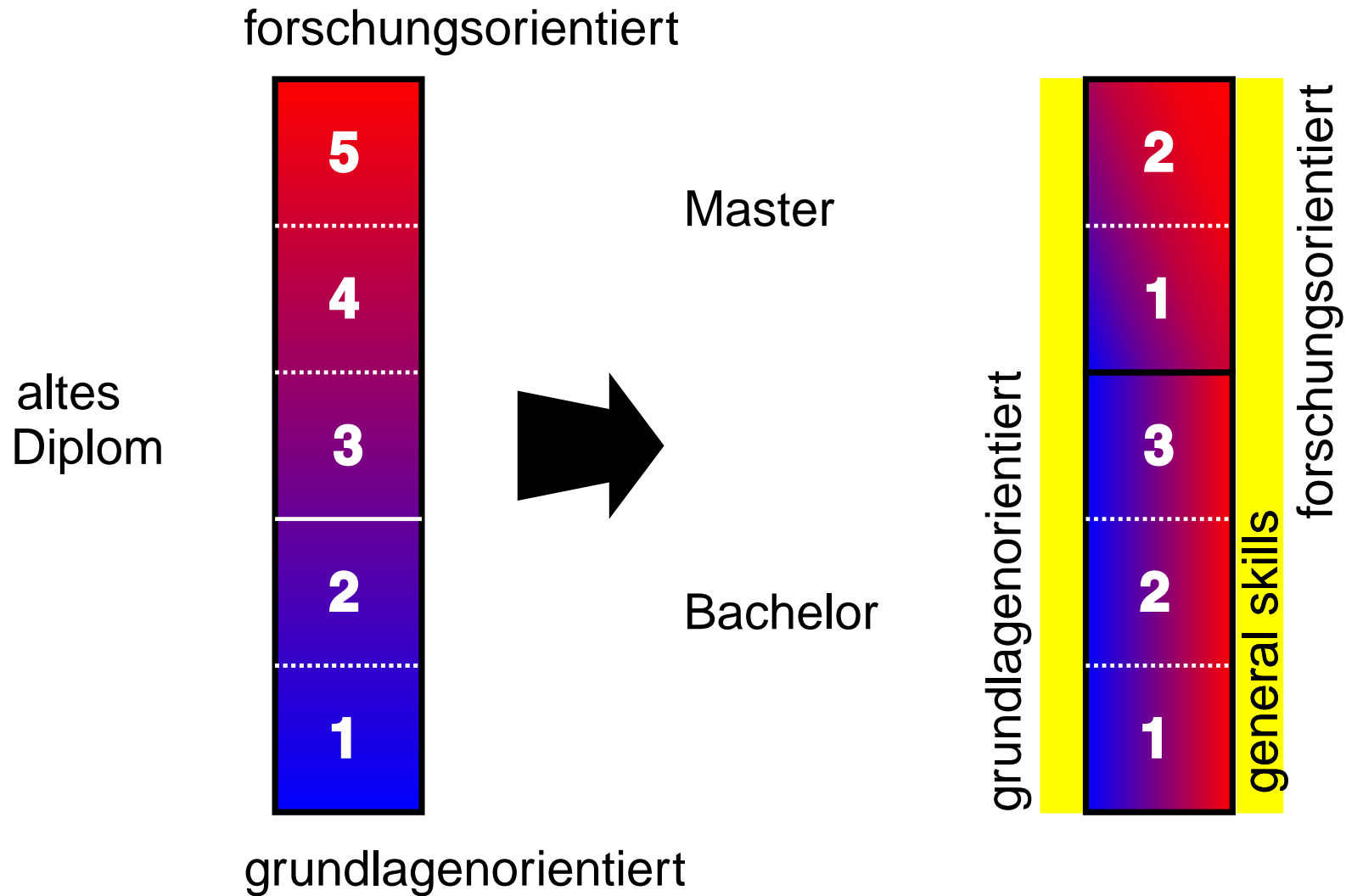
Lernergebnisse als Basis internationaler Curricula

Manfred J. Hampe
Technische Universität Darmstadt
Fachbereich Maschinenbau

2009-06-04

- TU Darmstadt, Fachbereich Maschinenbau
- Studiendekan 1998-2002 \rightsquigarrow Bachelor-Master-Studiengang „Mechanical and Process Engineering“ in 2000
- 2003: Preis des Stifterverbandes als einer der vier ausgezeichneten Reformstudiengänge in Deutschland
- Stellvertretender Vorsitzender des Fachausschusses „Aus- und Fortbildung in der Verfahrenstechnik“ der VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen
- Chairman des Mechanical Engineering Departments im CLUSTER-Netzwerk
- Vertreter der TU Darmstadt im Fakultätentag Maschinenbau und Verfahrenstechnik
- Vertreter des Fakultätentags Maschinenbau und Verfahrenstechnik in 4ING
- Fulbright-Vertrauensdozent
- Gutachter bei ASIIN, ZeVA, EVALAG, UNDP
- Bologna-Experte des DAAD
- Virginia Tech Adjunct Professor

Universität:



Absolventen,

- die **sattelfest** in den mathematischen, naturwissenschaftlichen, informationswissenschaftlichen und ingenieurwissenschaftlichen **Grundlagen** sind.
- die komplexe Probleme **erkennen** und **durchdringen**, ingenieurwissenschaftliche Lösungsansätze **entwickeln** und ganzheitliche Lösungen **realisieren** können.
- die wissenschaftliche Methoden **beurteilen**, **anwenden** und **weiterentwickeln** können, um den gesellschaftlichen, technischen und wissenschaftlichen **Fortschritt** zu **betreiben**.
- die die gesellschaftlichen, volkswirtschaftlichen und umweltwirksamen Folgen der Ingenieurtätigkeit **erkennen**, um als Ingenieure in der Gesellschaft **verantwortlich** zu **handeln**.

Wilhelm von Humboldt (1810):

Auf der anderen Seite aber ist es hauptsächlich Pflicht des Staates, seine Schulen so anzuordnen, dass sie den höheren wissenschaftlichen Anstalten gehörig in die Hände arbeiten. Dies beruht vorzüglich auf einer richtigen Einsicht ihres Verhältnisses zu denselben und der fruchtbar werdenden Ueberzeugung, dass nicht sie als Schulen berufen sind, schon den Unterricht der Universitäten zu anticipiren, noch die Universitäten ein blosses, übrigens gleichartiges Compliment zu ihnen, nur eine höhere Schulklasse sind, sondern dass der Uebertritt von der Schule zur Universität ein Abschnitt im jugendlichen Leben ist, auf den die Schule im Falle des Gelingens den Zögling so rein hinstellt, **dass er physisch, sittlich und intellectuell der Freiheit und Selbstthätigkeit überlassen werden kann und, vom Zwange entbunden, nicht zum Müßiggang oder zum praktischen Leben übergehen, sondern eine Sehnsucht in sich tragen wird, sich zur Wissenschaft zu erheben, die ihm bis dahin nur gleichsam von fern gezeigt war.**

Die Bloom'sche Taxonomie

ἡ τάξις = Ordnung, Schlachtordnung
ὁ νόμος = Brauch, Gesetz

	1. Erinnern	2. Verstehen	3. Anwenden	4. Analysieren	5. Bewerten	6. Schöpfen
Faktenwissen						
Konzeptions- wissen						
Prozedurales Wissen						
Metakognitives Wissen						

■ Bloom'sche Taxonomie:

1. **Erinnern** (auflisten, aufzeichnen, benennen, beschreiben, beziehen, definieren, erinnern, erkennen, feststellen, herausfinden, identifizieren, ordnen, präsentieren, sammeln, sich merken, skizzieren, untersuchen, vervielfältigen, wiedergeben, wiederholen, zeigen, zitieren)
2. **Verstehen** (assoziiieren, ausdrücken, auseinanderhalten, auswählen, ausweiten, berichten, beschreiben, differenzieren, diskutieren, einmischen, erkennen, erklären, gegenüberstellen, generalisieren, hinweisen, identifizieren, illustrieren, interpretieren, klären, klassifizieren, lokalisieren, lösen, schätzen, überdenken, übersetzen, umschreiben, umwandeln, unterscheiden, verteidigen)
3. **Anwenden** (auswählen, berechnen, beurteilen, demonstrieren, entwickeln, interpretieren, modifizieren, organisieren, transferieren, skizzieren, voraussagen)
4. **Analysieren** (ableiten, analysieren, bestimmen, beurteilen, ermitteln, experimentieren, folgern, illustrieren, kritisieren, prüfen, vergleichen)
5. **Bewerten** (argumentieren, beurteilen, bewerten, empfehlen, entscheiden, validieren, vergleichen, vorhersagen, zusammenfassen)
6. **Schöpfen** (argumentieren, arrangieren, aufbauen, beziehen, generalisieren, generieren, kombinieren, zusammenfügen)

Kompetenzen für Absolventen „stärker forschungsorientierter“ Bachelor-Studiengänge nach 4ING

- Die Absolventen verfügen über die wissenschaftlichen Grundlagen auf den Gebieten der Mathematik, der Naturwissenschaften und der jeweiligen Disziplin der Ingenieurwissenschaften oder der Informatik.
- Damit sind die Absolventen befähigt, die in den verschiedenen Ingenieurdisziplinen bzw. der Informatik auftretenden Phänomene und Probleme sowie die grundlegenden Prinzipien der Modellbildung zu verstehen und für die praktische Anwendung umzusetzen.

	1. Erinnern	2. Verstehen	3. Anwenden	4. Analysieren	5. Bewerten	6. Schöpfen
Faktenwissen	✓	✓	✓			
Konzeptions- wissen	✓	✓	✓			
Prozedurales Wissen	✓	✓	✓			
Metakognitives Wissen						

Die Absolventen sind in der Lage,

- fachliche Probleme grundlagenorientiert zu **identifizieren**, zu **abstrahieren**, zu **formulieren** und **ganzheitlich zu lösen**, Komponenten, Prozesse und Methoden ihrer Disziplin systematisch zu **durchdringen**, zu **analysieren** und zu **bewerten**,
- passende Analyse-, Modellierungs-, Simulations- und Optimierungsmethoden **auszuwählen** und **anzuwenden**,
- für einfache Probleme Anforderungen an praktische Lösungen zu **spezifizieren**,
- praktische Problemlösungen nach spezifizierten Anforderungen zu **erarbeiten** und zu **realisieren**,
- Entwurfsmethoden grundlegend zu **verstehen** und **anzuwenden**,
- Literatur zu **recherchieren** und Fachinformationsquellen für ihre Arbeit zu **nutzen**,
- Experimente oder Systemimplementierungen zu **planen**, **durchzuführen** und die Ergebnisse zu **evaluieren**.

Die Absolventen

- sind in der Lage, Theorie und Praxis zu **kombinieren**, um ingenieurwissenschaftliche und informatische Fragestellungen methodisch-grundlagenorientiert zu **analysieren** und zu **lösen**,
- **haben ein Verständnis** für anwendbare Techniken und Methoden und ihre Grenzen,
- können ihr Wissen auf unterschiedlichen Gebieten unter Berücksichtigung sicherheitstechnischer, wirtschaftlicher, rechtlicher, sozialer und ökologischer Erfordernisse **verantwortungsbewusst anzuwenden** und **eigenverantwortlich zu vertiefen**,
- können Projekte **organisieren** und **durchführen**,
- können mit Fachleuten anderer Disziplinen **zusammenarbeiten**,
- können die Ergebnisse ihrer Arbeit schriftlich und mündlich verständlich **darstellen**,
- haben allgemeine Kompetenzen (wie Zeitmanagement, Lern- und Arbeitstechniken, Kooperationsbereitschaft, Teamfähigkeit, Kommunikationsfähigkeit) erworben,
- können über Inhalte und Probleme ihrer Disziplin mit Fachleuten und Laien in deutscher und englischer Sprache **kommunizieren**,
- können sowohl einzeln als auch als Mitglied internationaler Gruppen zu **arbeiten**,
- sind durch die Grundlagenorientierung der Ausbildung gut auf lebenslanges Lernen und auf den Einsatz in unterschiedlichen Berufsfeldern vorbereitet,
- **haben ein Bewusstsein** für die Auswirkungen ihrer Tätigkeit als Ingenieure oder Informatiker auf die Gesellschaft und
- **sind** mit den ethischen Grundsätzen ihrer Tätigkeit als Ingenieur oder Informatiker **vertraut**.

Die Absolventen sind in der Lage,

- Probleme wissenschaftlich zu **analysieren** und zu **lösen**, auch wenn sie unüblich oder unvollständig definiert sind und konkurrierende Spezifikationen aufweisen,
- komplexe Problemstellungen aus einem neuen oder in der Entwicklung begriffenen Bereich zu **abstrahieren** und zu **formulieren**,
- innovative Methoden bei der grundlagenorientierten Problemlösung **anzuwenden** und neue wissenschaftliche Methoden zu **entwickeln**,
- Konzepte und Lösungen zu komplexen, zum Teil auch unüblichen Fragestellungen
- ggf. unter Einbeziehung anderer Disziplinen
- zu **entwickeln**,
- neue Werke, Produkte, Prozesse und Methoden zu **kreieren** und zu **entwickeln**,
- ihr wissenschaftliches **Urteilsvermögen** als Ingenieure oder Informatiker **anzuwenden**, um mit komplexen und möglicherweise unvollständigen Informationen zu **arbeiten**, Widersprüche zu **erkennen** und mit ihnen **umzugehen**.

Die Promovierten können

- Informationsbedarf **erkennen**, Informationen **finden** und **beschaffen**,
- theoretische und experimentelle Untersuchungen **planen** und **durchführen**,
- Daten kritisch **bewerten** und daraus **Schlüsse ziehen**,
- die Anwendung von neuen und aufkommenden Technologien **untersuchen** und **bewerten**.
- Wissen aus verschiedenen Bereichen methodisch **klassifizieren** und systematisch **kombinieren** sowie mit Komplexität **umgehen**,
- sich systematisch und in kurzer Zeit in neue Aufgaben **earbeiten**,
- auch nicht-technische Auswirkungen der Ingenieur Tätigkeit systematisch **reflektieren** und in ihr Handeln verantwortungsbewusst **einbeziehen** sowie
- existierende Methoden kritisch **hinterfragen** und sie bei Bedarf **weiterentwickeln**.

Promovierte Ingenieure oder Informatiker

- **haben ein systematisches Verständnis** ihres Fachs.
- **beherrschen** die Entwicklung, Modellierung und Simulation von Prozessen, Systemen und deren Implementierung.
- **überschauen** die Literatur auf ihrem Gebiet.
- haben eine eigenständige wissenschaftliche Forschungsarbeit vorgelegt und mit ihr die Grenzen des Wissens erweitert.
- **konzipieren** Forschungsarbeit selbstständig und methodisch und **führen** sie unter Beachtung ethischer Grundsätze durch.
- **identifizieren** wissenschaftliche Fragestellungen selbstständig, **analysieren** komplexe Situationen und Prozesse, **identifizieren** Probleme und **leiten** daraus Ziele **ab**, **zeigen** Lösungswege **auf**, **bewerten** sie und **setzen** sie **um**.
- **treiben** den wissenschaftlichen Fortschritt zum Nutzen der Menschheit in globalem Maßstab und unter Beachtung wirtschaftlicher Randbedingungen **voran**.
- **diskutieren** Erkenntnisse ihres Fachs mit Fachkollegen, **tragen** sie vor akademischem, internationalem Publikum **vor** und **vermitteln** es Laien,
- **unterweisen** Wenigerqualifizierte fachlich und **leiten** sie **an**,
- **pflügen Kontakt** zur internationalen wissenschaftlichen Gemeinschaft,
- **führen** interdisziplinär und international zusammengesetzte Teams,
- **planen** und **verwalten** Ressourcen,
- **akquirieren**, **planen** und **wickeln** Projekte **ab** und **planen** und **halten** deren Kosten **nach**.

CPs	1. Semester	2. Semester	3. Semester	4. Semester	5. Semester	6. Semester	
1	Arbeitstechniken 1 CP						
2	EMB 1 CP						
3	Mathematik I 8 CP	Mathematik II 8 CP	Mathematik III 4 CP	Numerische Mathematik 4 CP	Wahlpflicht 12 CP	Wahlpflicht 8 CP	
4							
5							
6			Natur- wissenschaften III 4 CP	Physikalisches Praktikum 2 CP			
7							
8		Natur- wissenschaften II 4 CP	Technische Mechanik III 6 CP	PDP 4 CP	Numerische Berechnungs- methoden 4 CP		
9							
10	Natur- wissenschaften I 4 CP		Technische Mechanik II 4 CP	Maschinen- elemente und Mechatronik II 8 CP	Systemtheorie und Regelungstechnik 6 CP	Philosophie für Maschinenbauer 6 CP	
11							
12							
13	Technische Mechanik I 6 CP	Elektrotechnik 6 CP	Maschinen- elemente und Mechatronik I 8 CP	Messtechnik 4 CP	Strukturdynamik 6 CP	BSc-Thesis 12 CP	
14							
15		Werkstoffkunde und -prüfung 4 CP	Werkstoff- und Bauteilfestigkeit 4 CP	Strömungslehre 6 CP			Wärme- und Stoffübertragung 4 CP
16							
17							
18	Technologie der Fertigungs- verfahren 6 CP	Einführung in das rechnergestützte Konstruieren 4 CP	Thermodynamik I 6 CP	Thermodynamik II 2 CP			
19							
20	Grundlagen der Datenverarbeitung 4 CP						
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							

CPs	1. Semester	2. Semester	3. Semester	4. Semester
1	Project Management 4 CP	Tutorium 4 CP	Forschungs- seminar 4 CP	Master-Thesis 30 CP
2				
3				
4				
5	Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau 34 CP			
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15	Advanced Design Project 12 CP			
16				
17				
18				
19	Wahlpflichtfächer aus den Natur- und Ingenieurwissenschaften 4 CP			
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27	Studium Generale 4 CP			
28				
29				
30				



- Wissenschaftstheorie
- Ethik

Nachdem der Student oder die Studentin die Veranstaltung besucht hat, wird er bzw. sie in der Lage sein,

1. wissenschaftstheoretische Grundpositionen der Ingenieur-, Natur- und Geisteswissenschaften zu **unterscheiden** und zu **reflektieren**.
2. ethische Probleme neuer technologischer Entwicklungen zu **erkennen**, unter Einbeziehung technikethischer Ansätze zu **analysieren** und argumentativ differenziert zu **reflektieren** sowie schriftlich zu **erörtern**.
3. technikpolitische Zukunftsfragen und Fragen der politischen Gestaltung und Steuerung von Technikentwicklung unter Berücksichtigung ihres gesellschaftlichen und politischen Kontextes zu **reflektieren** und ggf. schriftlich zu **erörtern**.
4. die Relevanz von techniktheoretischem und -historischem Wissen für den eigenen berufspraktischen Kontext **einzuschätzen**.

- **Lernergebnisse (Learning Outcomes) in der Praxis**

Ein Leitfaden

Deutsche Version: T. Mitchell, V. Gehmlich, M. Steinmann

- **Original:**

D. Kennedy, A. Hyland, N. Ryan

Writing and Using Learning Outcomes: a Practical Guide

Bologna Handbook, 2006, C3.4-1, pp 1-30,

http://www.bologna-handbook.com/docs/downloads/C_3_4_1.pdf

- **Fakt:** Mobilität ist ein Massenphänomen geworden
- Massenmobilität ist nur innerhalb **institutioneller Partnerschaften** leistbar
- **Philosophie:** Die Studierenden beherrschen neben Englisch und Deutsch eine weitere lebende Sprache
- **Pflichtveranstaltungen** im 5. und 6. Semester sind an allen **CLUSTER**-Universitäten austauschbar (Trinity College, Dublin; UCL, Leuven; IST, Lisbon; KTH, Stockholm; Politecnico Torino; EPFL Lausanne; Universität Karlsruhe; TKK Helsinki; INP, Grenoble; Technische Universität Darmstadt; TU Eindhoven; Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona; Associate Members: Georgia Tech, Atlanta, GA; Ecole Polytechnique, Montreal; Tomsk Polytechnic University; Tsinghua University, Beijing; Technion, Haifa, Israel)

Virginia Tech: Senior Year abroad, Dual Bachelor's and Dual Master's degrees:

- Undergraduate-Ausbildung in Mechanical Engineering an der Virginia Tech hat **gleiches Learning Outcome** wie Bachelor-Programm „Mechanical and Process Engineering“ an TUD
- **Senior Year** an der TUD als komplettes 5. und 6. Semester des Bachelor-Programms
- **Atlantis**: Senior Year Abroad und Sprachtraining und Humanities \rightsquigarrow **Dual Bachelor's Degree**
- Erstes oder zweites Jahr des Master-Studiums an Partneruniversität \rightsquigarrow **Dual Master's Degree**

INTE 2404 Natural Sciences for TUD Mechanical Engineers

Worksheet to help with the ABET measurable criteria Course Learning Objectives vs. a-k Criteria

- a. An ability to apply knowledge of mathematics, science, and engineering
- b. An ability to design and conduct experiments, as well as to analyze and interpret data
- c. An ability to design a system, component, or process to meet desired needs within realistic constraints such as economic, environmental, social, political, ethical, health and safety, manufacturability, and sustainability
- d. An ability to function on multi-disciplinary teams
- e. An ability to identify, formulate, and solve engineering problems
- f. An understanding of professional and ethical responsibility
- g. An ability to communicate effectively
- h. The broad education necessary to understand the impact of engineering solutions in a global, economic, environmental, and societal context
- i. A recognition of the need for, and an ability to engage in life-long learning
- j. A knowledge of contemporary issues
- k. An ability to use the techniques, skills, and modern engineering tools necessary for engineering practice

Course Learning Objective		(✓ appropriate criteria met in objective)										
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Naturwissenschaften I <i>Natural Sciences I</i>	✓				✓	✓		✓	✓	✓	✓
	What will be measured?	Student's ability to describe and explain the fundamental principles of materials and materials science.										
	How will it be measured?	Student learning will be measured in a written exam.										
	When will it be measured?	During the final exam after the end of the course.										
2	Naturwissenschaften II <i>Natural Sciences II</i>	✓				✓	✓		✓	✓	✓	✓
	What will be measured?	Student's ability to describe and explain the fundamental principles of materials and materials science.										
	How will it be measured?	Student learning will be measured in a written exam.										
	When will it be measured?	During the final exam after the end of the course.										
3	Naturwissenschaften III <i>Natural Sciences III</i>	✓				✓	✓		✓	✓	✓	✓
	What will be measured?	Student's ability to describe and explain the fundamental principles of materials and materials science.										
	How will it be measured?	Student learning will be measured in a written exam.										
	When will it be measured?	During the final exam after the end of the course.										

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
4 Physikalisches Grundpraktikum für Maschinenbauer <i>Physics Laboratories for Mechanical Engineers</i>	✓	✓			✓		✓		✓		✓
What will be measured?	Student's ability to conduct scientific experiments.										
How will it be measured?	Student learning will be measured in individual formal reports.										
When will it be measured?	These individual reports will be collected throughout the semester.										
5 Messtechnik für Maschinenbauer <i>Measurement Techniques for Mechanical Engineers</i>	✓	✓			✓		✓		✓		✓
What will be measured?	Student's ability to plan, conduct, and evaluate engineering experiments.										
How will it be measured?	Student learning will be measured in individual formal reports.										
When will it be measured?	These individual reports will be collected throughout the semester.										

