Modulbezeichnung:	**Grundlagen der Messtechnik (GMT)** (Fundamentals of Metrology)	**5 ECTS**
Modulverantwortliche/r:	Tino Hausotte	
Lehrende:	Tino Hausotte	

Startsemester: WS 2014/2015	Dauer: 1 Semester	Turnus: jährlich (WS)
Präsenzzeit: 60 Std.	Eigenstudium: 90 Std.	Sprache: Deutsch und Englisch

Lehrveranstaltungen:

Grundlagen der Messtechnik (WS 2014/2015, Vorlesung, 2 SWS, Tino Hausotte)
Grundlagen der Messtechnik - Übung (WS 2014/2015, Übung, 2 SWS, Tino Hausotte et al.)

Inhalt:

Allgemeine Grundlagen

- **Wesen des Messens:** SI-Einheitensystem - Definitionen der SI Einheiten (cd, K, kg, m, s, A, mol) - Messung - Extensive und intensive Größen - Messen, Prüfen und Lehren - objektives und subjektives Prüfen - Grundvoraussetzungen für das Messen - Weitergabe und Rückführung der Einheiten - Gebrauch und korrekte Angabe der Einheiten - Messwert, wahrer Wert, ausgegebener Wert - Messabweichung
- **Messprinzipien und Messmethoden:** Messprinzip, Messmethode und Messverfahren - Ausschlagmessmethode, Differenzmessmethode, Substitutionsmessmethode und Nullabgleichsmethode (Kompensationsmethode) - direkte und indirekte Messmethoden - analoge und digitale Messmethoden - absolute und inkrementelle Messmethoden - Auflösung und Empfindlichkeit - Kennlinie und Kennlinienarten
- **Statistik - Auswertung von Messreihen:** Berechnung eines Messergebnisses anhand von Messreihen - Grundbegriffe der deskriptiven Statistik - Darstellung und Interpretation von Messwertverteilungen (Histogramme) - Häufigkeit (absolute, relative, kumulierte, relative kumulierte) - Berechnung und Interpretation grundlegender Parameter: Lage (Mittelwert, Median, Modus), Streuung (Spannweite, Varianz, Standardabweichung), Form (Schiefe, Kurtosis bzw. Exzess) - Stochastik und Verteilungen (Rechteck-, U- und Normalverteilung) - statistische Tests und statistische Schätzverfahren - Korrelation und Regression
- **Messabweichungen und Messunsicherheit:** Messwert, Wahrer Wert, vereinbarter Wert, erfasster Wert, ausgegebener Wert - Einflüsse auf die Messung (Ishikawa-Diagramm) - Messabweichung (systematische, zufällige) - Korrektion bekannter systematischer Messabsweichungen - Kalibrierung, Verifizierung, Eichung - Messpräzision und Messgenauigkeit - Wiederholbedingungen/-präzision, Vergleichsbedingungen/-präzision, Erweiterte Vergleichsbedingungen/-präzision - Messunsicherheit - korrekte Angabe eines Messergebnisses - Übersicht über Standardverfahren des GUM (Messunsicherheit)

Messgrößen des SI Einheitensystems

- **Messen elektrischer Größen und digitale Messtechnik:** Messung von Strom und Spannung (strom- und spannungsrichtige Messung), Bereichsanpassung - Wheatstonesche Brückenschaltung (Viertel-, Halb- und Vollbrücke, Differenzverfahren und Nullabgleichverfahren) - Charakteristische Werte sinusförmiger Wechselgrößen (Wechselspannungsbrücke) - Operationsverstärker (Invertierender Verstärker, Nichtinvertierender Verstärker, Impedanzwandler) - Digitalisierungskette (Filter, Abtast-Halte-Glied, Analog-Digital-Wandlung) - Abweichungen bei der Analog-Digital-Wandlung
- **Messen optischer Größen:** Licht und Eigenschaften des Lichtes - Fotodetektoren (Fotowiderstände, Fotodioden) - Empfindlichkeitsspektrum des Auges - Radiometrie und Photometrie - Lichtstärke (cd, candela) - Strahlungsgesetze
- **Messen von Temperaturen:** Temperatur, SI-Einheit, Definition - Wärmeübertragung (Wärmeleitung, Konvektion, Wärmestrahlung) - Fixpunkte (Tripelpunkte, Erstarrungspunkte), Fixpunktzellen, internationale Temperaturskala (ITS-90) - Berührungsthermometer - Metall-Widerstandsthermometer, Messschaltungen für Widerstandsthermometer - Thermoelemente, Messschaltungen für Thermoelemente - Messabweichungen von Berührungsthermometern - Strahlungsgesetze, Pyrometer (siehe Optische Größen) - Messabweichungen von Pyrometern

- **Zeit und Frequenz:** Zeitmessung - Atomuhr - Globales Positionssystem - Darstellung der Zeit - Verbreitung der Zeitskala UTC - Frequenz- und Phasenwinkelmessung
- **Längenmesstechnik:** Meterdefinition - Abbesches Komparatorprinzip, Abweichungen 1.- und 2.-Ordnung - Längenmessung mit Linearencodern, Bewegungsrichtung, Ausgangssignale, Differenzsignale - Absolutkodierung (V-Scannen und Gray Code) - Interferometer, Michelson-Interferometer, Grundlagen der Interferenz, Homodynprinzip, Heterodynprinzip, Interferenz am Homodyninterferometer, destruktive und konstruktive Interferenz, Einfluss Luftbrechzahl
- **Winkel und Neigung:** ebener Winkel, Winkeleinheiten - Maßverkörperungen - Winkelmessgeräte - Neigungsmessung - optische Winkelmessgeräte - Messabweichungen - räumlicher Winkel, Raumwinkel
- **Kraft und Masse:** Definition SI-Einheit Kilogramm, Massenormale, Prinzip der Masseableitung - Definition Masse, Kraft und Drehmoment - Messprinzipien von Waagen - Balkenwaage, Federwaage, Unter- und oberschalige Waagen, Ecklastabhängigkeit, DMS-Waage, EMK-Waage, Massekomparatoren - Einflussgrößen bei Massebestimmung - Kraftmessung, Kraftmessung mit DMS, magnetoelastische und piezoelektrische Kraftmessung

Teilgebiete der industriellen Messtechnik

- **Prozessmesstechnik (Druck und Durchfluss):** Definition des Druckes - Druckarten (Absolutdruck, Überdruck, Differenzdruck) - Druckwaage (Kolbenmanometer), U-Rohrmanometer, Rohrfedermanometer, Plattenfedermanometer - Drucksensoren (mit DMS, piezoresistiv, kapazitiv, piezoelektrisch) - Durchflussmessung (Volumenstrom und Massestrom, Strömung von Fluiden) - volumetrische Verfahren, Wirkdruckverfahren, Schwebekörper-Durchflussmessung, magnetisch-induktive Durchflussmessung, Ultraschall-Durchflussmessung - Massedurchflussmessung (Coriolis, Thermisch)
- **Fertigungsmesstechnik:** Teilaufgaben der Fertigungsmesstechnik, Ziele der Fertigungsmesstechnik - Gestaltparameter von Werkstücken (Mikro- und Makrogestalt), Gestaltabweichungsarten, Messen, Prüfen, Überwachen - Gegenüberstellung klassische Messtechnik und Koordinatenmesstechnik, Standardgeometrieelemente - Bauarten und Grundstruktur von Koordinatenmessgeräten - Vorgehensweise bei Messen mit einem Koordinatenmessgerät
- **Mikro und Nanomesstechnik:** Anforderungen der Mikrosystemtechnik an die Messtechnik - Sensoren und Tastsysteme für Mikrosystemtechnik (taktile Sensoren, opto-taktiler Fasertaster, Fokussensor, Chromatischer Weißlichtsensor) - Rasterkraftmikroskop (Aufbau, Arbeitsweisen), Rastertunnelmikroskop - Nanokoordinatenmessung: 3-D Realisierung des abbeschen Komparatorprinzips - Maßnahmen zur Reduktion der Einflüsse

Lernziele und Kompetenzen:

Fachkompetenz

Wissen

- Die Studierenden kennen das Basiswissen zu Grundlagen der Messtechnik und messtechnischen Tätigkeiten.
- Die Studierenden haben Grundkenntnisse zur methodisch-operativen Herangehensweise an Aufgaben des Messens statischer Größen, zum Lösen einfacher Messaufgaben und zum Ermitteln von Messergebnissen aus Messwerten.

Verstehen

- Die Studierenden können die Eigenschaften von Messeinrichtungen und Messprozessen beschreiben.
- Die Studierenden können das Internationale Einheitensystem und die Rückführung von Messergebnissen beschreiben.

Anwenden

- Die Studierenden können einfache Messungen statischer Größen durchführen.

Evaluieren (Beurteilen)

- Die Studierenden können Messeinrichtungen, Messprozesse und Messergebnisse bewerten.

Literatur:

- DIN e.V. (Hrsg.): Internationales Wörterbuch der Metrologie - Grundlegende und allgemeine Begriffe und zugeordnete Benennungen (VIM) ISO/IEC-Leitfaden 99:2007. Beuth Verlag GmbH, 3. Auflage 2010

- Hoffmann, Jörg: Handbuch der Messtechnik. 4. Auflage, Carl Hanser Verlag München, 2012 - ISBN 978-3-446-42736-5
- Lerch, Reinhard: Elektrische Messtechnik. 6. Auflage, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012 - ISBN 978-3-642-22608-3
- Richter, Werner: Elektrische Meßtechnik. 3. Auflage, Verlag Technik Berlin, 1994 - ISBN 3-341-01106-4
- Kohlrausch, Friedrich: Praktische Physik : zum Gebrauch für Unterricht, Forschung und Technik. Band 1-3, 24. Auflage, Teubner Verlag, 1996 - ISBN 3-519-23001-1, 3-519-23002-X, 3-519-23000-3
- Ernst, Alfons: Digitale Längen- und Winkelmesstechnik. 4. Auflage, Verlag Moderne Industrie, 2001 - ISBN 3-478-93264-5
- Pfeifer, Tilo: Fertigungsmeßtechnik. R. Oldenbourg Verlag München Wien, 1998 - ISBN 3-486-24219-9
- Keferstein, Claus P.: Fertigungsmesstechnik. 7. Auflage, Vieweg+Teubner Verlag, 2011 - ISBN 978-3-8348-0692-5
- Warnecke, H.-J.; Dutschke, W.: Fertigungsmeßtechnik. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York Tokyo, 1984 - ISBN 3-540-11784-9

Verwendbarkeit des Moduls / Einpassung in den Musterstudienplan:

Das Modul ist im Kontext der folgenden Studienfächer/Vertiefungsrichtungen verwendbar:

[1] **Berufspädagogik Technik (Bachelor of Science): 5. Semester**
(Po-Vers. 2010 | Bachelorprüfung | Grundlagen der Messtechnik)

[2] **Berufspädagogik Technik (Bachelor of Science): 5. Semester**
(Po-Vers. 2011 | Studienrichtung Metalltechnik | weitere Module der Studienrichtung | Produktion, Optik und Messtechnik | Grundlagen der Messtechnik)

[3] **Berufspädagogik Technik (Master of Education)**
(Po-Vers. 2010 | Studienrichtung Elektro- und Informationstechnik (Masterprüfungen) | Unterrichtsfach (Zweitfach) inkl. Fachdidaktik | Metalltechnik | Grundlagen der Messtechnik)

[4] **Energietechnik (Bachelor of Science): 3. Semester**
(Po-Vers. 2011 | weitere Module der Bachelorprüfung | Grundlagen der Messtechnik)

[5] **Energietechnik (Bachelor of Science): 4. Semester**
(Po-Vers. 2013 | weitere Module der Bachelorprüfung | Grundlagen der Messtechnik)

[6] **Maschinenbau (Bachelor of Science): 5. Semester**
(Po-Vers. 2007 | Pflichtmodule | Grundlagen der Messtechnik)

[7] **Maschinenbau (Bachelor of Science): 2. Semester**
(Po-Vers. 2009s | Grundlagen- und Orientierungsprüfung | Grundlagen der Messtechnik)

[8] **Maschinenbau (Bachelor of Science): 5. Semester**
(Po-Vers. 2009w | Pflichtmodule | Grundlagen der Messtechnik)

[9] **Mechatronik (Bachelor of Science): 5. Semester**
(Po-Vers. 2007 | weitere Pflichtmodule | Grundlagen der Messtechnik)

[10] **Mechatronik (Bachelor of Science): 5. Semester**
(Po-Vers. 2009 | weitere Pflichtmodule | Grundlagen der Messtechnik)

[11] **Medizintechnik (Bachelor of Science): 3. Semester**
(Po-Vers. 2009 | Modulgruppen B5 und B8.1 - Kompetenzfeld Bildgebende Verfahren | Modulgruppe B8.1 - Vertiefungsmodule ET/INF | Grundlagen der Messtechnik)

[12] **Medizintechnik (Bachelor of Science): 3. Semester**
(Po-Vers. 2009 | Modulgruppen B6 und B8.2 - Kompetenzfeld Gerätetechnik | Modulgruppe B6 - Kernmodule | Grundlagen der Messtechnik)

[13] **Medizintechnik (Bachelor of Science): 3. Semester**
(Po-Vers. 2013 | Kern- und Vertiefungsmodule der Kompetenzfelder | Kompetenzfeld Gerätetechnik | B6 Kernmodule | Grundlagen der Messtechnik)

[14] **Wirtschaftsingenieurwesen (Bachelor of Science): 4-5. Semester**
(Po-Vers. 2007 | PO-Version 2007 | Bachelorprüfung | 1.-2. Ingenieurwissenschaftliches Wahlpflichtmodul in der Studienrichtung Maschinenbau | Grundlagen der Messtechnik)

[15] **Wirtschaftsingenieurwesen (Bachelor of Science): 4-5. Semester**

(Po-Vers. 2008 | Studienrichtung Maschinenbau | weitere Bachelorprüfungen | Ingenieurwissenschaftlicher Bereich | Wahlbereich | 1.-2. Ingenieurwissenschaftliches Wahlpflichtmodul | Grundlagen der Messtechnik)

[16] **Wirtschaftsingenieurwesen (Bachelor of Science)**
(Po-Vers. 2009 | Studienrichtung Maschinenbau | weitere Bachelorprüfungen | Ingenieurwissenschaftlicher Bereich | Wahlbereich | Technische Wahlmodule | Technische Wahlmodule)

[17] **Wirtschaftsingenieurwesen (Bachelor of Science): 4-5. Semester**
(Po-Vers. 2009 | Studienrichtung Maschinenbau | weitere Bachelorprüfungen | Ingenieurwissenschaftlicher Bereich | Wahlbereich | 1.-2. Ingenieurwissenschaftliches Wahlpflichtmodul | Grundlagen der Messtechnik)

[18] **Wirtschaftsingenieurwesen (Master of Science)**
(Po-Vers. 2009 | Ingenieurwissenschaftliche Studienrichtungen | Technische Wahlmodule | Technische Wahlmodule)

[19] **Wirtschaftsingenieurwesen (Master of Science): 1-2. Semester**
(Po-Vers. 2009 | Ingenieurwissenschaftliche Studienrichtungen | Studienrichtung Maschinenbau | Wahlpflicht- und Vertiefungsmodul Modulgruppe 6 | Wahlpflichtmodul Modulgruppe 6 | Grundlagen der Messtechnik)

[20] **Wirtschaftsingenieurwesen (Master of Science): 1-2. Semester**
(Po-Vers. 2009 | Ingenieurwissenschaftliche Studienrichtungen | Studienrichtung Maschinenbau | 2.+3. Wahlpflichtmodul | Grundlagen der Messtechnik)

Studien-/Prüfungsleistungen:

Grundlagen der Messtechnik (Prüfungsnummer: 45101)
(englische Bezeichnung: Fundamentals of Metrology)

Prüfungsleistung, Klausur, Dauer (in Minuten): 60
Anteil an der Berechnung der Modulnote: 100%
weitere Erläuterungen:

- **Prüfungstermine**, eine **allgemeine Regel der Prüfungstagvergabe** und **Termine der Klausureinsicht** finden Sie auf StudOn: Prüfungstermine und Termine der Klausureinsicht
- Die Lehrveranstaltungen *Grundlagen der Messtechnik* [*GMT*] im Wintersemester und *Fundamentals of Metrology* [*FoM*] im Sommersemester sind **inhaltlich identisch**. Beide Lehrveranstaltungen werden **bilingual** (Vorlesungsunterlagen: englisch-deutsch, Vortragssprache: deutsch) gehalten.
- Die **Prüfungen** über *Grundlagen der Messtechnik* [*GMT*] (Prüfungnr. 45101) und *Fundamentals of Metrology* [*FoM*] (Prüfungnr. 47701) sind **inhaltlich identisch**. Die Aufgabenstellung der Prüfung über *GMT* ist nur **in Deutsch**, während die Aufgabenstellung der Prüfung über *FoM* **bilingual** (englisch-deutsch) ist.

Erstablegung: WS 2014/2015, 1. Wdh.: SS 2015, 2. Wdh.: WS 2015/2016
1. Prüfer: Tino Hausotte

Organisatorisches:

- Unterlagen zur Lehrveranstaltung werden auf der Lernplattform StudOn (www.studon.uni-erlangen.de) bereitgestellt. Das Passwort wird in der ersten Vorlesung bekannt gegeben.