

Modulbezeichnung: Fertigungsmesstechnik I (FMT I) **5 ECTS**
(Manufacturing Metrology)

Modulverantwortliche/r: Tino Hausotte
Lehrende: Tino Hausotte

Startsemester: WS 2018/2019	Dauer: 1 semester	Turnus: jährlich (WS)
Präsenzzeit: 60 Std.	Eigenstudium: 90 Std.	Sprache: Deutsch

Lehrveranstaltungen:

Fertigungsmesstechnik I (WS 2018/2019, Vorlesung, 2 SWS, Tino Hausotte)
Fertigungsmesstechnik I - Übung (WS 2018/2019, Übung, 2 SWS, Tino Hausotte et al.)

Empfohlene Voraussetzungen:

Für eine optimale Vorbereitung empfiehlt sich eine Belegung des Moduls "Grundlagen der Messtechnik". Dies ist jedoch keine Teilnahmevoraussetzung für das Modul "Fertigungsmesstechnik I".

Es wird empfohlen, folgende Module zu absolvieren, bevor dieses Modul belegt wird:

Grundlagen der Messtechnik

Inhalt:

- **Grundlagen, Begriffe, Größen und Aufgaben der FMT:** Teilgebiete der industriellen Messtechnik - Fertigungsmesstechnik, Grundaufgaben und Ziele - Messen, Prüfen, Überwachen, Lehren - Begriffsdefinition: Messgröße, Messwert, Messunsicherheit, wahrer Wert, vereinbarter Wert, Messergebnis, Prüfung, Messung, Messprinzip, Messmethode, Messverfahren, Nennmaß, Grenzmaß, Grenzabmaß - Grundeinteilung der Mess- und Prüfmittel in der FMT - Messschieber, Messschrauben, Messuhr - Taylorscher Grundsatz, Lehren - Endmaße, Sinustisch oder Sinuslineal, Maßverkörperungen, Winkelmaß
- **Geometrische Produktspezifikation und Verifikation (GPS) - Basis der Messaufgabenbeschreibung und -durchführung:** Geometrischen Produktspezifikation (GPS) - Dualitätsprinzip und Operationen - Begriffsdefinition von Geometrieelementen (Nenn-, wirkliches, erfasstes und zugeordnetes Geometrieelement) - Standardgeometrieelemente - Gestaltparameter an Werkstücken (Grobgestalt, Feingestalt, Maß, Abstand, Lage, Form, Welligkeit, Rauheit) - Systematik der Gestaltabweichungsarten (Maß-, Form-, Lageabweichungen und Abweichung der Oberflächenbeschaffenheit) - Toleranzbegriff - Form- und Lagetoleranzen - Systematik der Tolerierung von Unabhängigkeitsprinzip Werkstücken (Unabhängigkeitsprinzip, Hüllprinzip)
- **Grundlagen der Längenmesstechnik (Maßstäbe und Interferometer):** Messprinzipien zur Längenmessung - Abbe Komparator, Maßstäbe mit Skalen - Eppensteinsprinzip - Linearencoder, Gitterabtastung, Richtungserkennung, Ausgangssignale, Demodulation, Differenzsignalerfassung, Referenzmarken, Abtastung (abbildend, interferometrisch, Durchlicht, Auflicht) - Demodulationsabweichungen: Quantisierungs-, Amplituden-, Offset- und Phasenabweichungen, Heydemannkorrektur - absolut codierte Maßstäbe: V- und U-Abtastung und Gray Code - Transversale elektromagnetische Welle, Überlagerung von Wellen, konstruktive und destruktive Interferenz Polarisation des Lichtes, Voraussetzungen für die Interferenz, Interferenz von Lichtwellen - Interferenz (Homodynprinzip und Heterodynprinzip), Interferenz am Michelson-Interferometern, Einteilung von Interferometern, Luftbrechzahl, Demodulation am Homodyninterferometer, Demodulation am Heterodyninterferometer - Einteilung von Interferometern, Luftbrechzahl, zeitliche und räumliche Kohärenz - Laser, He-Ne-Laser - Aufbau von Interferometern, Anwendung der Interferometer
- **Koordinatenmesstechnik:** Prinzip, Koordinatensysteme, Grundanordnung, Bauarten - Tastsysteme (Erzeugung der Antastkraft, Messung der Auslenkung, Integration mehrerer Achsen, Kinematik, weitere Achse, Umwelt, Arten von Tastsystemen, Taststiftbiegung, Taster) - Einzelpunktantastung, Scanning - Beschreiben und Festlegen der Messaufgabe - Feststellen Einflüsse auf das Messergebnis - Vorbereitung der Messung - Auswahl und Einmessen des Tasters - Festlegen der Messstrategie - Auswertung der Messergebnisse (Ausgleichsverfahren) - Spezifikation, Parameter und Prüfung
- **Formprüftechnik:** Prinzip, Charakteristika, Messaufgaben, Bauarten (Drehtisch-, Drehspindelgeräte) - Abweichungen der Drehführung von der idealen Achse und deren Bestimmung - Kalibrierung

von Formmessgeräten - Mehrlagenverfahren, Umschlagverfahren

- **Oberflächenmesstechnik:** Oberflächenmessprinzipien - Tastschnittgeräte, optische Oberflächenmessgeräte, Fokusvariation, Konfokales Mikroskop, Laser-Autofokusverfahren, Interferenzmikroskope, Weißlichtinterferometer - Oberflächenparameter Normenreihe DIN EN ISO (Profil, Flächen) - Profilauswertung entsprechend DIN EN ISO 3274 und DIN EN ISO 4287 - Profilkenngrößen (Rauheits-, Welligkeit- und Struktur-Kenngrößen): Filterung, Senkrecht-, Waagrechtkenngrößen, gemischte Kenngrößen - Kenngrößen aus Materialanteil-Kurve (ISO 13565-2 und ISO 13565-3) - Flächenparameter (Höhenparameter, räumliche Parameter, flächenhafte Materialanteilkurve, topographischen Elemente) - Streulichtmessung, Streulichtparameter

Content:

- **Basics, Terms, Dimensions and Tasks of the Manufacturing Metrology:** Parts of the industrial measurement technology - Manufacturing Metrology, Tasks and Aims - Measure, Inspect, Control, Gauge - Terms: Measurand, measurement value, measurement uncertainty, true value, measurement result, inspection, measurement, measurement principle, measurement method, basic size, limiting size, limiting dimension - Classification of measurement and inspection equipment - Caliper, micrometer screw, indicator - Basic principle of Taylor, gauge - Gauge block, sinus table, sinus ruler, material measure, angle gauge block
- **Geometrical product specification and verification (GPS) - Basis of the measurement task description and execution:** Geometrical product specification and verification (GPS) - Duality principle and operations - Definition of terms of geometry elements - Standard geometry elements - Shape parameter on workpieces - System of shape deviations - Terms of tolerance - Form tolerance and position tolerance - System of toleration with the principle of independence
- **Basics of dimension measurement (scale and interferometry):** Principle of dimension measurement - Abbe comparator, scales - Principle of Eppenstein - Linear encoder, lattice sampling, direction detection, output signals, demodulation, detection of signal difference, reference marks, sampling - Demodulation deviation: Deviation of quantification, amplitude, offset and phases, Heydemann correction - Absolute coded scales; V- and U-sampling, gray code - Transversal electromagnetic weave, overlap of weaves, constructive and destructive interferences, polarization of light, requirements for interference, interference of light waves - Interference (homodyne principle, heterodyne principle), interference with the Michelson interferometer, classification of interferometer, index of refraction, demodulation on the homodyne and heterodyne interferometer - Classification of interferometer, index of refraction, temporal and spatial coherence - Laser, He-Ne-laser - Setup of interferometer, field of application of interferometer
- **Coordinate measuring technology:** Principle, coordinate system, setup, designs - Caliper systems - Single point measurement, scanning - Description of measurement tasks - Definition of influences on the measurement result - Preparation of the measurement - Right choice of caliper, calibration of caliper - Definition of a measurement strategy - Evaluation of the measurement results - Specifications, parameters and inspection
- **Form inspection technique:** Principle, characteristics, measurement tasks, designs - Deviation of the swivel guide from an ideal axis - Calibration of form measurement systems
- **Surface measurements:** Principles of surface measurements - Profilometer, optical surface measurement systems, focus variation, confocal microscope, laser-auto focus variation, interference microscope, white light interferometer - Surface parameters in DIN EN ISO - Profile analysis according to DIN EN ISO 3274 and DIN EN ISO 4287 - Profile parameters - Parameters of the material-curve (ISO 13565-2 and ISO 13565-3) - Area parameters - Scattered light measurement, scattered light parameters

Lernziele und Kompetenzen:

- Motivation, Ziele, Grundsätze und Strategien der Fertigungsmesstechnik erfassen.
- Beurteilen und strukturelle Analyse von Messaufgaben in der Fertigungsmesstechnik. Transfer des Erlernten auf unbekannte, aber ähnliche Messaufgaben.
- Verständnis um die operative Herangehensweise an Aufgaben der messtechnischen Erfassung von dimensionellen und geometrischen Größen an Werkstücken.
- Eigenständige Auswahl geeigneter Verfahren im Bereich Fertigungsmesstechnik.

- Beschreiben von Messaufgaben, Durchführen, Auswerten von Messungen.
- Selbstständiges Erkennen von Schwachstellen in der Planung und Durchführung.
- Bewerten von Messergebnissen aus dem Bereich der Fertigungsmesstechnik.
- Angemessene Kommunikation und Interpretation von Messergebnissen und der zugrunde liegenden Verfahren.

Literatur:

- 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
- 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
- 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
- Christoph, Ralf; Neumann, Hans Joachim: Multisensor-Koordinatenmesstechnik. 3. Auflage, Verlag Moderne Industrie, 2006 - ISBN 978-3-937889-51-2
- Neumann, Hans Joachim: Koordinatenmesstechnik im der industriellen Einsatz. Verlag Moderne Industrie, 2000 - ISBN 3-478-93212-2
- Ernst, Alfons: Digitale Längen- und Winkelmessstechnik. 4. Auflage, Verlag Moderne Industrie, 2001 - ISBN 3-478-93264-5
- Joza, Jan: Messen großer Längen. VEB Verlag Technik Berlin, 1969
- Henzold, Georg: Form und Lage. 3. Auflage, Beuth Verlag GmbH Berlin, 2011 - ISBN 978-3-410-21196-9
- Weckenmann, A.: Koordinatenmesstechnik: Flexible Strategien für funktions- und fertigungsgerechtes Prüfen, 2. Auflage, Carl Hanser Verlag München, 2012

Internetlinks für weitere Information zum Thema Messtechnik

- Video des VDI: Messtechnik - Unsichtbare Präzision überall
- Multisensor-Koordinatenmesstechnik
- E-Learning Kurs AUKOM Stufe 1

Verwendbarkeit des Moduls / Einpassung in den Musterstudienplan:

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

[1] Berufspädagogik Technik (Bachelor of Science)

(Po-Vers. 2011 | TechFak | Berufspädagogik Technik (Bachelor of Science) | Studienrichtung Metalltechnik | Wahlpflichtmodule Fachwissenschaft | Fertigungsmesstechnik I)

[2] Berufspädagogik Technik (Master of Education)

(Po-Vers. 2010 | TechFak | Berufspädagogik Technik (Master of Education) | Studienrichtung Metalltechnik (Masterprüfungen) | Wahlpflichtmodule Fachwissenschaft | Fertigungsmesstechnik I)

[3] Berufspädagogik Technik (Master of Education)

(Po-Vers. 2018w | TechFak | Berufspädagogik Technik (Master of Education) | Gesamtkonto | Wahlpflichtmodule Fachwissenschaft | Fertigungsmesstechnik I)

[4] Maschinenbau (Bachelor of Science)

(Po-Vers. 2007 | TechFak | Maschinenbau (Bachelor of Science) | Wahlpflichtmodule | 1.-4. Wahlpflichtmodul | Fertigungsmesstechnik I)

[5] Maschinenbau (Bachelor of Science)

(Po-Vers. 2009s | TechFak | Maschinenbau (Bachelor of Science) | Wahlpflichtmodule | Wahlpflichtmodule | Fertigungsmesstechnik I)

[6] Maschinenbau (Bachelor of Science): ab 3. Semester

(Po-Vers. 2009w | TechFak | Maschinenbau (Bachelor of Science) | Wahlmodule | Technische Wahlmodule)

[7] Maschinenbau (Bachelor of Science)

(Po-Vers. 2009w | TechFak | Maschinenbau (Bachelor of Science) | Wahlpflichtmodule | Wahlpflichtmodule | Fertigungsmesstechnik I)

[8] **Maschinenbau (Master of Science)**

(Po-Vers. 2007 | TechFak | Maschinenbau (Master of Science) | Studienrichtungen Allgemeiner Maschinenbau, Fertigungstechnik, und Rechnergestützte Produktentwicklung | Masterprüfung | Wahlpflichtmodule | 1.-5. Wahlpflichtmodul | Wahlpflichtmodule | Fertigungsmesstechnik I)

[9] **Maschinenbau (Master of Science)**

(Po-Vers. 2007 | TechFak | Maschinenbau (Master of Science) | Studienrichtungen Allgemeiner Maschinenbau, Fertigungstechnik, und Rechnergestützte Produktentwicklung | Masterprüfung | Studienrichtung Allgemeiner Maschinenbau | Wahlpflicht-/Vertiefungsbereich in der Studienrichtung Allgemeiner Maschinenbau | Vertiefung 6.1a Fertigungsmesstechnik | Wahlpflichtmodul | Fertigungsmesstechnik I)

[10] **Maschinenbau (Master of Science)**

(Po-Vers. 2007 | TechFak | Maschinenbau (Master of Science) | Studienrichtungen Allgemeiner Maschinenbau, Fertigungstechnik, und Rechnergestützte Produktentwicklung | Masterprüfung | Studienrichtung Allgemeiner Maschinenbau | Wahlpflicht-/Vertiefungsbereich in der Studienrichtung Allgemeiner Maschinenbau | Vertiefung 6.1a Fertigungsmesstechnik | Wahlpflichtmodul | Fertigungsmesstechnik I)

[11] **Maschinenbau (Master of Science)**

(Po-Vers. 2007 | TechFak | Maschinenbau (Master of Science) | Studienrichtungen Allgemeiner Maschinenbau, Fertigungstechnik, und Rechnergestützte Produktentwicklung | Masterprüfung | Studienrichtung Fertigungstechnik | Wahlpflicht-/Vertiefungsbereich in der Studienrichtung Fertigungstechnik | Vertiefung 6.1a Fertigungsmesstechnik | Wahlpflichtmodul | Fertigungsmesstechnik I)

[12] **Maschinenbau (Master of Science)**

(Po-Vers. 2007 | TechFak | Maschinenbau (Master of Science) | Studienrichtungen Allgemeiner Maschinenbau, Fertigungstechnik, und Rechnergestützte Produktentwicklung | Masterprüfung | Studienrichtung Fertigungstechnik | Wahlpflicht-/Vertiefungsbereich in der Studienrichtung Fertigungstechnik | Vertiefung 6.1a Fertigungsmesstechnik | Wahlpflichtmodul | Fertigungsmesstechnik I)

[13] **Maschinenbau (Master of Science)**

(Po-Vers. 2007 | TechFak | Maschinenbau (Master of Science) | Studienrichtungen Allgemeiner Maschinenbau, Fertigungstechnik, und Rechnergestützte Produktentwicklung | Masterprüfung | Studienrichtung Rechnergestützte Produktentwicklung | Wahlpflicht-/Vertiefungsbereich in der Studienrichtung Rechnergestützte Produktentwicklung | Vertiefung 6.1a Fertigungsmesstechnik | Wahlpflichtmodul | Fertigungsmesstechnik I)

[14] **Maschinenbau (Master of Science)**

(Po-Vers. 2007 | TechFak | Maschinenbau (Master of Science) | Studienrichtungen Allgemeiner Maschinenbau, Fertigungstechnik, und Rechnergestützte Produktentwicklung | Masterprüfung | Studienrichtung Rechnergestützte Produktentwicklung | Wahlpflicht-/Vertiefungsbereich in der Studienrichtung Rechnergestützte Produktentwicklung | Vertiefung 6.1a Fertigungsmesstechnik | Wahlpflichtmodul | Fertigungsmesstechnik I)

[15] **Maschinenbau (Master of Science): 1. Semester**

(Po-Vers. 2013 | TechFak | Maschinenbau (Master of Science) | Studienrichtung International Production Engineering and Management | Masterprüfung | Wahlpflichtmodule)

[16] **Maschinenbau (Master of Science)**

(Po-Vers. 2013 | TechFak | Maschinenbau (Master of Science) | Studienrichtung International Production Engineering and Management | Masterprüfung | Wahlmodule (technisch und nichttechnisch) und Hochschulpraktikum)

[17] **Mechatronik (Bachelor of Science)**

(Po-Vers. 2007 | TechFak | Mechatronik (Bachelor of Science) | Wahlpflichtmodule (für alle Studierende des Bachelorstudiums, die vor 01. Oktober 2012 Wahlpflichtmodule begonnen haben) | Wahlpflichtmodule | Katalog | Fertigungsmesstechnik I)

[18] **Mechatronik (Bachelor of Science)**

(Po-Vers. 2009 | TechFak | Mechatronik (Bachelor of Science) | Wahlpflichtmodule (für alle Studierende des Bachelorstudiums, die vor 01. Oktober 2012 Wahlpflichtmodule begonnen haben) | Wahlpflichtmodule | Katalog | Fertigungsmesstechnik I)

[19] **Mechatronik (Bachelor of Science)**

(Po-Vers. 2009 | TechFak | Mechatronik (Bachelor of Science) | Wahlmodule | Wahlmodule)

[20] **Mechatronik (Bachelor of Science): 5-6. Semester**

(Po-Vers. 2009 | TechFak | Mechatronik (Bachelor of Science) | Wahlpflichtmodule | 11 Messtechnik und Quali-

tätsmanagement)

[21] **Mechatronik (Master of Science)**

(Po-Vers. 2010 | TechFak | Mechatronik (Master of Science) | Vertiefungsrichtungen | Qualitätsmanagement und Messtechnik | Fertigungsmesstechnik I)

[22] **Mechatronik (Master of Science): 1-3. Semester**

(Po-Vers. 2012 | TechFak | Mechatronik (Master of Science) | M3 Technische Wahlmodule | M3 Technische Wahlmodule)

[23] **Mechatronik (Master of Science): 1-3. Semester**

(Po-Vers. 2012 | TechFak | Mechatronik (Master of Science) | M1-M2 Vertiefungsrichtungen | 11 Messtechnik und Qualitätsmanagement)

[24] **Medizintechnik (Master of Science)**

(Po-Vers. 2013 | TechFak | Medizintechnik (Master of Science) | Studienrichtung Medizinische Produktionstechnik, Gerätetechnik und Prothetik | M2 Ingenieurwissenschaftliche Kernmodule (GPP))

[25] **Medizintechnik (Master of Science)**

(Po-Vers. 2018w | TechFak | Medizintechnik (Master of Science) | Studienrichtung Medizinische Produktionstechnik, Gerätetechnik und Prothetik | M2 Ingenieurwissenschaftliche Kernmodule (GPP))

[26] **Wirtschaftsingenieurwesen (Bachelor of Science)**

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

[27] **Wirtschaftsingenieurwesen (Master of Science)**

(Po-Vers. 2009 | TechFak | Wirtschaftsingenieurwesen (Master of Science) | Ingenieurwissenschaftliche Studienrichtungen | Technische Wahlmodule | Technische Wahlmodule)

[28] **Wirtschaftsingenieurwesen (Master of Science)**

(Po-Vers. 2009 | TechFak | Wirtschaftsingenieurwesen (Master of Science) | Ingenieurwissenschaftliche Studienrichtungen | Studienrichtung Maschinenbau | Vertiefung 6.1 Fertigungsmesstechnik | Vertiefungsmodul | Fertigungsmesstechnik I)

[29] **Wirtschaftsingenieurwesen (Master of Science)**

(Po-Vers. 2018w | TechFak | Wirtschaftsingenieurwesen (Master of Science) | Gesamtkonto | Studienrichtung Maschinenbau | 3. Wahlpflichtmodul + Vertiefungsmodul | 6.1 Fertigungsmesstechnik | Vertiefungsmodul 6.1 Fertigungsmesstechnik | Fertigungsmesstechnik I)

Studien-/Prüfungsleistungen:

Fertigungsmesstechnik I (Prüfungsnummer: 72471)

(englische Bezeichnung: Manufacturing Metrology)

Prüfungsleistung, Klausur mit MultipleChoice, 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

Erstablingung: WS 2018/2019, 1. Wdh.: SS 2019

1. Prüfer: Tino Hausotte (100620)

Organisatorisches:

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