

Modulhandbuch
der Fakultät
Werkstofftechnik
Bachelorstudiengang
„Computational Materials
Engineering mit KI“ (CMK)
SPO 2025

Inhaltsverzeichnis

Anmerkungen.....	4
Mathematische Grundlagen.....	5
Allgemeine Werkstofftechnik.....	5
Grundlagen und Tools KI	6
Allgemeine Physik	7
Technische Mechanik.....	9
Mess- und Elektrotechnik.....	9
Technologie der Werkstoffe I.....	10
Technologie der Werkstoffe II.....	10
Technologie der Werkstoffe III.....	11
Algorithmen und Datenstrukturen.....	12
Lineare Algebra, Optimierung, Statistik	13
CAE + FEM I (Num I)	14
Technologie der Werkstoffe IV.....	14
Technologie der Werkstoffe V.....	15
Praktikum Materialphysik	15
Praktikum Materialanalytik.....	16
Machine Learning I.....	17
Verfahrenstechnik.....	18
CAE II & FEM II (Num II).....	18
Generative KI für Ingenieure	19
Neural Networks	20
Projektarbeit Konstruieren und Programmieren + Expertenseminar	21
Industriepraktikum Seminar.....	22
Machine Learning II.....	23
Produkttechnologien / Additive Manufacturing	24
Materialmodellierung	25
KI Vision & Ethics.....	26
Data Science	27

Projektarbeit28
Bachelorarbeit.....29

Anmerkungen

- Einzelne Module dieses Studiengangs werden identisch im Bachelorstudiengang „Angewandte Materialwissenschaften“ (AMW) der Fakultät Werkstofftechnik angeboten. Die ausführliche Beschreibung dieser Module finden sich im jeweils aktuellen Modulhandbuch zum Bachelorstudiengang „Angewandte Materialwissenschaften“, das insofern Teil dieses Modulhandbuches zum Bachelorstudiengang „Computational Materials Engineering mit KI“ (CMK) ist.
- **Modulnummer:** nach der zugehörigen SPO
- **Leistungspunkte (LP):** Punkte nach dem *European Credit Transfer System* (ECTS) aus der zugehörigen SPO
- **Regelsemester:** SoSe = Sommersemester, WiSe = Wintersemester
- **Einzelfächer im Modul:**
SU = Seminaristischer Unterricht,
Ü = Übung;
P =Praktikum,
PA = Projektarbeit,
BA = Bachelorarbeit;
SWS = Semesterwochenstunden nach der zugehörigen SPO
- **Zeitangaben:** ergeben sich aus SWS und LP
1 LP ergibt rechnerisch 30 h, 1 SWS ergibt rechnerisch 1 h, 60 min Prüfungszeit ergeben rechnerisch 1 h
gesamter Zeitaufwand (nicht angegeben): LP x 30 h/LP
Präsenzzeit: (SWS x 15 Wochen) + Prüfungszeit
Vor- und Nachbereitungsaufwand: gesamter Zeitaufwand – Präsenzzeit
- Die **Dauer aller Module** beträgt ein Semester

Modultitel	Mathematische Grundlagen		
Anmerkung	Die ausführliche Beschreibung dieses Moduls findet sich im Modulhandbuch zum Bachelorstudiengang „Angewandte Materialwissenschaften“ (AMW)		
Modulnummer	1	Pflichtmodul	X
Leistungspunkte (LP)	5	Wahlpflichtmodul	
Regelsemester	1 / WiSe		
Modul in AMW	Ingenieurmathematik		
Eingangsvoraussetzungen (nach Prüfungsordnung)	entfällt		

Stand siehe Modulhandbuch AMW

Modultitel	Allgemeine Werkstofftechnik		
Anmerkung	Die ausführliche Beschreibung dieses Moduls findet sich im Modulhandbuch zum Bachelorstudiengang „Angewandte Materialwissenschaften“ (AMW)		
Modulnummer	2	Pflichtmodul	X
Leistungspunkte (LP)	5	Wahlpflichtmodul	
Regelsemester	1 / WiSe		
Modul in AMW	Allgemeine Werkstofftechnik		
Eingangsvoraussetzungen (nach Prüfungsordnung)	entfällt		

Stand siehe Modulhandbuch AMW

Version 1, 31.03.2025 (WT)

WT_1960_V1_VO Modulhandbuch B-CMK SPO 2025

Modultitel	Grundlagen und Tools KI			
Modulverantwortliche	Prof. Dr. N.N.			
Modulnummer	3	Pflichtmodul		X
Leistungspunkte (LP)	5	Wahlpflichtmodul		
Regelsemester	1 / WiSe			
Einzelfächer im Modul	Dozent	Art	SWS	LP-Aufteilung
Grundlagen und Tools KI	Prof. Dr. N.N.	SU	4	5
Eingangsvoraussetzungen (nach Prüfungsordnung)	entfällt			
Lernziele Vorlesung	Studierende verstehen die grundlegenden Konzepte der Künstlichen Intelligenz (KI) und des maschinellen Lernens. Sie erlernen den Umgang mit relevanten Programmiersprachen (Python, TensorFlow, PyTorch) und können Daten für KI-Modelle aufbereiten			
Vorlesungsinhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Einführung in die Konzepte der Künstlichen Intelligenz (KI) und maschinellen Lernens • Überblick über relevante Programmiersprachen (Python, TensorFlow, PyTorch) • Datenaufbereitung und -verarbeitung für KI-Modelle • Einführung in ethische Fragestellungen und Verantwortlichkeit in der KI-Nutzung 			
Vorlesungsskript	Die Vorlesungsunterlagen und die Übungsaufgaben werden über Moodle bereitgestellt.			
Literatur zur Vorlesung	<ul style="list-style-type: none"> • Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep Learning. MIT Press. • Raschka, S. & Mirjalili, V. (2019). Python Machine Learning. Packt Publishing. • Géron, A. (2019). Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow. O'Reilly. • Chollet, F. (2018). Deep Learning with Python. Manning. • Alpaydin, E. (2020). Introduction to Machine Learning. MIT Press. 			
Präsenzzeit	60 h + 1,5 h			
Vor- und Nachbereitungsaufwand	88,5 h			
Prüfungsmodalitäten	90-minütige schriftliche Prüfung über die Inhalte der Vorlesung			
Kontakt	Barbara.Hintz@th-nuernberg.de			

Stand 17.03.2025

Modultitel	Allgemeine Physik			
Modulverantwortliche	Prof. Dr. Michael Mayle			
Modulnummer	4	Pflichtmodul	X	
Leistungspunkte (LP)	7	Wahlpflichtmodul		
Regelsemester	1 / WiSe			
Einzelfächer im Modul	Dozent	Art	SWS	LP-Aufteilung
Allgemeine Physik	Prof. Dr. Michael Mayle	SU	6	7
Eingangsvoraussetzungen (nach Prüfungsordnung)	entfällt			
Lernziele Vorlesung	Die Studierenden sollen ein Verständnis für physikalische Vorgänge entwickeln und die typischen Größenordnungen der relevanten physikalischen Größen kennenlernen. Sie sollen die Fähigkeit erwerben, diese Vorgänge mathematisch mithilfe von Vektor- und Differentialgleichungen zu beschreiben und auf Anwendungsprobleme anzuwenden. Anhand ausgewählter Beispiele sollen die Studierenden lernen, wie man die Lösung eines physikalischen Problems durch geeignete Vereinfachungen entweder einer analytischen oder einer numerischen Herangehensweise zugänglich macht.			
Vorlesungsinhalt	<p>Einführung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Definition und Messung von physikalischen Größen • Aufbau des SI-Systems • Dimensionsanalyse <p>Mechanik:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vektorielle Beschreibung der Kinematik eines Massepunktes • Dynamik eines Massepunktes (Newtonsche Axiome, Kraft und Impuls, Arbeit und Energie, Impulserhaltung und Stoßgesetze) • Drehbewegungen (Rotationsenergie, Trägheitsmoment, Drehimpulserhaltung) <p>Schwingungslehre:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ungedämpfte und gedämpfte Schwingungen • Erzwungene Schwingungen und Resonanz • Schwebungen <p>Wellenlehre:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eigenschaften und Ausbreitung von Wellen • Energiedichte und Energietransport • Überlagerung von Wellen <p>Optik:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Strahlenoptik: Reflexion, Brechung • Wellenoptik: Beugung an Spalt und Gitter <p>Elektrizitätslehre und Magnetismus:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elektrische Felder und Ladungen • Elektrisches Potenzial • Magnetische Felder <p>Quantenphysik:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Photoeffekt • Welle-Teilchen-Dualismus • Atommodell <p>Unterrichtsbegleitend werden Übungsaufgaben aus einer individuell zusammengestellten Aufgabensammlung gerechnet</p>			

Vorlesungsskript	Die Vorlesungsunterlagen und die Übungsaufgaben werden über Moodle bereitgestellt.
Literatur zur Vorlesung	Unterricht: <ul style="list-style-type: none"> • Tipler, Mosca: Physik für Studierende der Naturwissenschaften und Technik. Springer. • Koch, Halliday: Halliday Physik. Wiley-VCH. • Harten: Physik - Eine Einführung für Ingenieure und Naturwissenschaftler. Springer. Übungen: <ul style="list-style-type: none"> • Mills: Arbeitsbuch zu Tipler/Mosca, Physik. Springer. • Koch, Halliday: Arbeitsbuch Halliday Physik. Wiley-VCH.
Präsenzzeit	90 h + 2 h
Vor- und Nachbereitungsaufwand	118 h
Prüfungsmodalitäten	120-minütige schriftliche Prüfung über die Inhalte der Vorlesung
Kontakt	michael.mayle@th-nuernberg.de

Stand 27.03.2025

Modultitel	Technische Mechanik		
Anmerkung	Die ausführliche Beschreibung dieses Moduls findet sich im Modulhandbuch zum Bachelorstudiengang „Angewandte Materialwissenschaften“ (AMW)		
Modulnummer	5	Pflichtmodul	X
Leistungspunkte (LP)	4	Wahlpflichtmodul	
Regelsemester	1 / WiSe		
Modul in AMW	Nur das Einzelfach „Technische Mechanik“ innerhalb des Moduls „Konstruieren und Technische Mechanik“		
Eingangsvoraussetzungen (nach Prüfungsordnung)	entfällt		

Stand siehe Modulhandbuch AMW

Modultitel	Mess- und Elektrotechnik		
Anmerkung	Die ausführliche Beschreibung dieses Moduls findet sich im Modulhandbuch zum Bachelorstudiengang „Angewandte Materialwissenschaften“ (AMW)		
Modulnummer	6	Pflichtmodul	X
Leistungspunkte (LP)	4	Wahlpflichtmodul	
Regelsemester	1 / WiSe		
Modul in AMW	Mess- und Elektrotechnik		
Eingangsvoraussetzungen (nach Prüfungsordnung)	entfällt		

Stand siehe Modulhandbuch AMW

Modultitel	Technologie der Werkstoffe I		
Anmerkung	Die ausführliche Beschreibung dieses Moduls findet sich im Modulhandbuch zum Bachelorstudiengang „Angewandte Materialwissenschaften“ (AMW)		
Modulnummer	7	Pflichtmodul	X
Leistungspunkte (LP)	5	Wahlpflichtmodul	
Regelsemester	2 / SoSe		
Modul in AMW	Technologie der Werkstoffe I		
Eingangsvoraussetzungen (nach Prüfungsordnung)	entfällt		

Stand siehe Modulhandbuch AMW

Modultitel	Technologie der Werkstoffe II		
Anmerkung	Die ausführliche Beschreibung dieses Moduls findet sich im Modulhandbuch zum Bachelorstudiengang „Angewandte Materialwissenschaften“ (AMW)		
Modulnummer	8	Pflichtmodul	X
Leistungspunkte (LP)	5	Wahlpflichtmodul	
Regelsemester	2 / SoSe		
Modul in AMW	Technologie der Werkstoffe II		
Eingangsvoraussetzungen (nach Prüfungsordnung)	entfällt		

Stand siehe Modulhandbuch AMW

Version 1, 31.03.2025 (WT)

WT_1960_V1_VO Modulhandbuch B-CMK SPO 2025

Modultitel	Technologie der Werkstoffe III		
Anmerkung	Die ausführliche Beschreibung dieses Moduls findet sich im Modulhandbuch zum Bachelorstudiengang „Angewandte Materialwissenschaften“ (AMW)		
Modulnummer	9	Pflichtmodul	X
Leistungspunkte (LP)	5	Wahlpflichtmodul	
Regelsemester	2 / SoSe		
Modul in AMW	Technologie der Werkstoffe III		
Eingangsvoraussetzungen (nach Prüfungsordnung)	entfällt		

Stand siehe Modulhandbuch AMW

Modultitel	Algorithmen und Datenstrukturen			
Modulverantwortliche	Prof. Dr. N.N.			
Modulnummer	10	Pflichtmodul		X
Leistungspunkte (LP)	5	Wahlpflichtmodul		
Regelsemester	2 / SoSe			
Einzelfächer im Modul	Dozent	Art	SWS	LP-Aufteilung
Algorithmen und Datenstrukturen	Prof. Dr. N.N.	SU	4	5
Eingangsvoraussetzungen (nach Prüfungsordnung)	entfällt			
Lernziele Vorlesung	Studierende kennen grundlegende Algorithmen und Datenstrukturen und können deren Effizienz analysieren. Sie sind in der Lage, algorithmische Problemstellungen zu formulieren und geeignete Lösungen zu entwickeln.			
Vorlesungsinhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen algorithmischer Problemstellungen • Wichtige Datenstrukturen (Listen, Bäume, Graphen, Hashing) • Sortier- und Suchalgorithmen • Effizienzbewertung von Algorithmen (Big-O-Notation) • Einführung in rekursive Algorithmen 			
Vorlesungsskript	Die Vorlesungsunterlagen und die Übungsaufgaben werden über Moodle bereitgestellt.			
Literatur zur Vorlesung	<ul style="list-style-type: none"> • Cormen, T. H., Leiserson, C. E., Rivest, R. L., & Stein, C. (2009). Introduction to Algorithms. MIT Press. • Sedgewick, R., & Wayne, K. (2011). Algorithms. Addison-Wesley. • Kleinberg, J., & Tardos, E. (2005). Algorithm Design. Pearson. • Dasgupta, S., Papadimitriou, C., & Vazirani, U. (2006). Algorithms. McGraw-Hill. • Skiena, S. (2020). The Algorithm Design Manual. Springer. 			
Präsenzzeit	60 h + 1,5 h			
Vor- und Nachbereitungsaufwand	88,5 h			
Prüfungsmodalitäten	90-minütige schriftliche Prüfung über die Inhalte der Vorlesung			
Kontakt	Barbara.Hintz@th-nuernberg.de			

Stand 17.03.2025

Modultitel	Lineare Algebra, Optimierung, Statistik			
Modulverantwortliche	Prof. Dr. N.N.			
Modulnummer	11	Pflichtmodul		X
Leistungspunkte (LP)	5	Wahlpflichtmodul		
Regelsemester	2 / SoSe			
Einzelfächer im Modul	Dozent	Art	SWS	LP-Aufteilung
Lineare Algebra, Optimierung, Statistik	Prof. Dr. N.N.	SU	4	5
Eingangsvoraussetzungen (nach Prüfungsordnung)	entfällt			
Lernziele Vorlesung	Studierende beherrschen grundlegende mathematische Konzepte der linearen Algebra, Optimierung und Statistik. Sie können mathematische Modelle für technische Anwendungen nutzen und statistische Methoden auf ingenieurwissenschaftliche Probleme anwenden.			
Vorlesungsinhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Matrizen, Vektoren und Lineare Gleichungssysteme • Grundlagen der Optimierungsmethoden • Einführung in statistische Methoden für Ingenieur Anwendungen • Wahrscheinlichkeitsverteilungen und Hypothesentests 			
Vorlesungsskript	Die Vorlesungsunterlagen und die Übungsaufgaben werden über Moodle bereitgestellt.			
Literatur zur Vorlesung	<ul style="list-style-type: none"> • Strang, G. (2016). Introduction to Linear Algebra. Wellesley-Cambridge Press. • Bishop, C. M. (2006). Pattern Recognition and Machine Learning. Springer. • Nocedal, J., & Wright, S. J. (2006). Numerical Optimization. Springer. • Deisenroth, M., Faisal, A. A., & Ong, C. S. (2020). Mathematics for Machine Learning. Cambridge University Press. • Casella, G., & Berger, R. L. (2002). Statistical Inference. Cengage Learning. 			
Präsenzzeit	60 h + 1,5 h			
Vor- und Nach- bereitungsaufwand	88,5 h			
Prüfungsmodalitäten	90-minütige schriftliche Prüfung über die Inhalte der Vorlesung			
Kontakt	Barbara.Hintz@th-nuernberg.de			

Stand 17.03.2025

Modultitel	CAE + FEM I (Num I)		
Anmerkung	Die ausführliche Beschreibung dieses Moduls findet sich im Modulhandbuch zum Bachelorstudiengang „Angewandte Materialwissenschaften“ (AMW)		
Modulnummer	12	Pflichtmodul	X
Leistungspunkte (LP)	4	Wahlpflichtmodul	
Regelsemester	2 / SoSe		
Module in AMW	Fachwissenschaftliches Wahlpflichtfach III: Konstruieren II: Grundlagen und CAD und Fachwissenschaftliches Wahlpflichtfach VII: Finite Elemente Methoden 1: Grundlagen		
Eingangsvoraussetzungen (nach Prüfungsordnung)	entfällt		
Präsenzzeit	60 h + 2 h		
Vor- und Nachbereitungsaufwand	58 h		
Prüfungsmodalitäten	120-minütige schriftliche Prüfung über die Inhalte der Vorlesung		
Kontakt	Barbara.Hintz@th-nuernberg.de		

Stand siehe Modulhandbuch AMW

Modultitel	Technologie der Werkstoffe IV		
Anmerkung	Die ausführliche Beschreibung dieses Moduls findet sich im Modulhandbuch zum Bachelorstudiengang „Angewandte Materialwissenschaften“ (AMW)		
Modulnummer	13	Pflichtmodul	X
Leistungspunkte (LP)	5	Wahlpflichtmodul	
Regelsemester	3 / WiSe		
Modul in AMW	Technologie der Werkstoffe IV		
Eingangsvoraussetzungen (nach Prüfungsordnung)	entfällt		

Stand siehe Modulhandbuch AMW

Modultitel	Technologie der Werkstoffe V		
Anmerkung	Die ausführliche Beschreibung dieses Moduls findet sich im Modulhandbuch zum Bachelorstudiengang „Angewandte Materialwissenschaften“ (AMW)		
Modulnummer	14	Pflichtmodul	X
Leistungspunkte (LP)	5	Wahlpflichtmodul	
Regelsemester	3 / WiSe		
Modul in AMW	Technologie der Werkstoffe V		
Eingangsvoraussetzungen (nach Prüfungsordnung)	entfällt		

Stand siehe Modulhandbuch AMW

Modultitel	Praktikum Materialphysik		
Anmerkung	Die ausführliche Beschreibung dieses Moduls findet sich im Modulhandbuch zum Bachelorstudiengang „Angewandte Materialwissenschaften“ (AMW)		
Modulnummer	15	Pflichtmodul	X
Leistungspunkte (LP)	5	Wahlpflichtmodul	
Regelsemester	3 / WiSe		
Modul in AMW	Praktikum Materialphysik		
Eingangsvoraussetzungen (nach Prüfungsordnung)	entfällt		

Stand siehe Modulhandbuch AMW

Modultitel	Praktikum Materialanalytik		
Anmerkung	Die ausführliche Beschreibung dieses Moduls findet sich im Modulhandbuch zum Bachelorstudiengang „Angewandte Materialwissenschaften“ (AMW)		
Modulnummer	16	Pflichtmodul	X
Leistungspunkte (LP)	5	Wahlpflichtmodul	
Regelsemester	3 / WiSe		
Modul in AMW	Praktikum Materialanalytik		
Eingangsvoraussetzungen (nach Prüfungsordnung)	entfällt		

Stand siehe Modulhandbuch AMW

Modultitel	Machine Learning I			
Modulverantwortliche	Prof. Dr. N.N.			
Modulnummer	17	Pflichtmodul		X
Leistungspunkte (LP)	5	Wahlpflichtmodul		
Regelsemester	3 / WiSe			
Einzelfächer im Modul	Dozent	Art	SWS	LP-Aufteilung
Machine Learning I	Prof. Dr. N.N.	SU	4	5
Eingangsvoraussetzungen (nach Prüfungsordnung)	entfällt			
Lernziele Vorlesung	Studierende verstehen die grundlegenden Prinzipien des maschinellen Lernens, einschließlich überwachtem und unüberwachtem Lernen. Sie können einfache ML-Modelle entwickeln, evaluieren und interpretieren.			
Vorlesungsinhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Einführung in überwachtes und unüberwachtes Lernen • Lineare und logistische Regression • Entscheidungsbäume und Ensemble-Methoden • Evaluierung von ML-Modellen 			
Vorlesungsskript	Die Vorlesungsunterlagen und die Übungsaufgaben werden über Moodle bereitgestellt.			
Literatur zur Vorlesung	<ul style="list-style-type: none"> • Murphy, K. P. (2012). Machine Learning: A Probabilistic Perspective. MIT Press. • Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2009). The Elements of Statistical Learning. Springer. • Flach, P. (2012). Machine Learning: The Art and Science of Algorithms that Make Sense of Data. Cambridge University Press. • Shalev-Shwartz, S., & Ben-David, S. (2014). Understanding Machine Learning: From Theory to Algorithms. Cambridge University Press. • James, G., Witten, D., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2021). An Introduction to Statistical Learning with Applications in P. Springer. 			
Präsenzzeit	60 h + 1,5 h			
Vor- und Nachbereitungsaufwand	88,5 h			
Prüfungsmodalitäten	90-minütige schriftliche Prüfung über die Inhalte der Vorlesung			
Kontakt	Barbara.Hintz@th-nuernberg.de			

Stand 17.03.25

Modultitel	Verfahrenstechnik		
Anmerkung	Die ausführliche Beschreibung dieses Moduls findet sich im Modulhandbuch zum Bachelorstudiengang „Angewandte Materialwissenschaften“ (AMW)		
Modulnummer	18	Pflichtmodul	X
Leistungspunkte (LP)	5	Wahlpflichtmodul	
Regelsemester	3 / WiSe		
Modul in AMW	Verfahrenstechnik		
Eingangsvoraussetzungen (nach Prüfungsordnung)	entfällt		

Stand siehe Modulhandbuch AMW

Modultitel	CAE II & FEM II (Num II)		
Anmerkung	Die ausführliche Beschreibung dieses Moduls findet sich im Modulhandbuch zum Bachelorstudiengang „Angewandte Materialwissenschaften“ (AMW)		
Modulnummer	19	Pflichtmodul	X
Leistungspunkte (LP)	4	Wahlpflichtmodul	
Regelsemester	4 / SoSe		
Module in AMW	Fachwissenschaftliches Wahlpflichtfach IV: Konstruieren III: CAD Vertiefung und Fachwissenschaftliches Wahlpflichtfach VIII: Finite Elemente Methoden für Fortgeschrittene		
Eingangsvoraussetzungen (nach Prüfungsordnung)	Zum Eintritt in den zweiten Studienabschnitt ist berechtigt, wer mindestens 45 Leistungspunkte aus den Modulen des ersten Studienabschnitts erzielt hat.		
Präsenzzeit	60 h + 2 h		
Vor- und Nachbereitungsaufwand	58 h		
Prüfungsmodalitäten	120-minütige schriftliche Prüfung über die Inhalte der Vorlesung		
Kontakt	Barbara.Hintz@th-nuernberg.de		

Stand siehe Modulhandbuch AMW

Modultitel	Generative KI für Ingenieure			
Modulverantwortliche	Prof. Dr. Barbara Hintz			
Modulnummer	20	Pflichtmodul		X
Leistungspunkte (LP)	5	Wahlpflichtmodul		
Regelsemester	4 / SoSe			
Einzelfächer im Modul	Dozentin	Art	SWS	LP-Aufteilung
Generative KI für Ingenieure	Prof. Dr. Barbara Hintz	SU	4	5
Eingangsvoraussetzungen (nach Prüfungsordnung)	Zum Eintritt in den zweiten Studienabschnitt ist berechtigt, wer mindestens 45 Leistungspunkte aus den Modulen des ersten Studienabschnitts erzielt hat.			
Lernziele Vorlesung	Studierende erhalten ein tiefgehendes Verständnis für Generative KI-Modelle wie GANs und VAEs. Sie lernen deren Anwendungen in der Material-, Produktentwicklung und Konstruktion kennen und können KI zur Erzeugung synthetischer Daten nutzen.			
Vorlesungsinhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen der Generativen KI (GANs, VAEs) • Anwendungen von KI für Material- und Produktentwicklung • Erzeugung von synthetischen Daten und Simulationen • Automatisierte Designs und Optimierungsprozesse 			
Vorlesungsskript	Die Vorlesungsunterlagen und die Übungsaufgaben werden über Moodle bereitgestellt			
Literatur zur Vorlesung	<ul style="list-style-type: none"> • Goodfellow, I. (2020). Generative Adversarial Networks. Springer. • Foster, D. (2019). Generative Deep Learning. O'Reilly. • Radford, A., Narasimhan, K., Salimans, T., & Sutskever, I. (2018). Improving Language Understanding by Generative Pre-Training. OpenAI. • Kingma, D. P., & Welling, M. (2013). Auto-Encoding Variational Bayes. arXiv. • Karras, T., Laine, S., & Aila, T. (2019). A Style-Based Generator Architecture for Generative Adversarial Networks. arXiv. 			
Präsenzzeit	60 h + 1,5 h			
Vor- und Nachbereitungsaufwand	88,5 h			
Prüfungsmodalitäten	90-minütige schriftliche Prüfung über die Inhalte der Vorlesung			
Kontakt	Barbara.Hintz@th-nuernberg.de			

Stand 17.03.2025

Modultitel	Neural Networks			
Modulverantwortliche	Prof. Dr. N.N.			
Modulnummer	21	Pflichtmodul		X
Leistungspunkte (LP)	5	Wahlpflichtmodul		
Regelsemester	4 / SoSe			
Einzelfächer im Modul	Dozent	Art	SWS	LP-Aufteilung
Neural Networks	Prof. Dr. N.N.	SU	4	5
Eingangsvoraussetzungen (nach Prüfungsordnung)	Zum Eintritt in den zweiten Studienabschnitt ist berechtigt, wer mindestens 45 Leistungspunkte aus den Modulen des ersten Studienabschnitts erzielt hat.			
Lernziele Vorlesung	Studierende verstehen den Aufbau und die Funktionsweise neuronaler Netze. Sie können Backpropagation anwenden, verschiedene Netzarchitekturen unterscheiden und erste eigene Netzwerke trainieren.			
Vorlesungsinhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Aufbau und Funktionsweise neuronaler Netze • Backpropagation und Gradient Descent • Convolutional Neural Networks (CNNs) • Recurrent Neural Networks (RNNs) und Anwendungen 			
Vorlesungsskript	Die Vorlesungsunterlagen und die Übungsaufgaben werden über Moodle bereitgestellt.			
Literatur zur Vorlesung	<ul style="list-style-type: none"> • Nielsen, M. A. (2015). Neural Networks and Deep Learning. Determination Press. • Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep Learning. MIT Press. • Chollet, F. (2018). Deep Learning with Python. Manning. • LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep Learning. Nature. • Bishop, C. M. (2006). Pattern Recognition and Machine Learning. Springer. 			
Präsenzzeit	60 h + 1,5 h			
Vor- und Nachbereitungsaufwand	88,5 h			
Prüfungsmodalitäten	90-minütige schriftliche Prüfung über die Inhalte der Vorlesung			
Kontakt	Barbara.Hintz@th-nuernberg.de			

Stand 17.03.2025

Modultitel	Projektarbeit Konstruieren und Programmieren + Expertenseminar			
Modulverantwortliche	Prof. Dr. Barbara Hintz			
Modulnummer	22	Pflichtmodul	X	
Leistungspunkte (LP)	10	Wahlpflichtmodul		
Regelsemester	4 / SoSe			
Einzelfächer im Modul	Dozent	Art	SWS	LP-Aufteilung
Projektarbeit	verschiedene	PA	3	5
Expertenseminar	verschiedene	SU	3	5
Eingangsvoraussetzungen (nach Prüfungsordnung)	Zum Eintritt in den zweiten Studienabschnitt ist berechtigt, wer mindestens 45 Leistungspunkte aus den Modulen des ersten Studienabschnitts erzielt hat.			
Lernziele Vorlesung	Studierende setzen theoretisches Wissen in praktischen Projekten um und arbeiten interdisziplinär an realen Problemstellungen. Sie lernen, technische Lösungen zu präsentieren und kritisch zu reflektieren.			
Vorlesungsinhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Kombination aus Theorie und praktischer Anwendung in Konstruktion und Programmierung • Praxisnahe Projekte mit interdisziplinärer Zusammenarbeit • Seminare zu aktuellen Entwicklungen in Computational Engineering 			
Vorlesungsskript	Die Vorlesungsunterlagen und die Übungsaufgaben werden über Moodle bereitgestellt.			
Literatur zur Vorlesung	<ul style="list-style-type: none"> • Ullman, D. G. (2010). The Mechanical Design Process. McGraw-Hill. • Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J., & Grote, K. H. (2007). Engineering Design: A Systematic Approach. Springer. • Eppinger, S. D., & Ulrich, K. T. (2015). Product Design and Development. McGraw-Hill. • Hubka, V., & Eder, W. E. (1996). Design Science: Introduction to the Needs, Scope and Organization of Engineering Design Knowledge. Springer. • Cross, N. (2008). Engineering Design Methods: Strategies for Product Design. Wiley. • Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J., & Grote, K. H. (2007). Engineering Design: A Systematic Approach. Springer. • Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2020). Shigley's Mechanical Engineering Design. McGraw-Hill 			
Präsenzzeit	90 h			
Vor- und Nachbereitungsaufwand	210 h			
Prüfungsmodalitäten				
Kontakt	Barbara.Hintz@th-nuernberg.de			

Stand 17.03.2025

Version 1, 31.03.2025 (WT)

WT_1960_V1_VO Modulhandbuch B-CMK SPO 2025

Modultitel	Industriepraktikum Seminar			
Modulverantwortliche	Prof. Dr. Kurt-Martin Beinborn			
Modulnummer	23	Pflichtmodul		X
Leistungspunkte (LP)	29	Wahlpflichtmodul		
Regelsemester	5 / WiSe			
Einzelfächer im Modul	Dozent	Art	Zeitaufwand	LP-Aufteilung
Industriepraktikum		P	18 Wochen	27
Seminar		SU	2 Wochen	2
Eingangsvoraussetzungen (nach Prüfungsordnung)	Zum Eintritt in das praktische Studiensemester ist berechtigt, wer mindestens 70 Leistungspunkte aus den Modulen des ersten Studienabschnittes erzielt hat.			
Lernziele Praktikum	Die Studierenden erhalten einen ersten Einblick in die Arbeitsweise von in der Praxis tätigen Ingenieurinnen und Ingenieuren der Werkstofftechnik. Sie haben exemplarisch einige praktische Tätigkeiten und Arbeitsmethoden von Ingenieuren kennengelernt und konkrete Aufgabenstellungen selbst gelöst.			
Praktikumsinhalt	Mitarbeit an einer werkstofftechnischen Aufgabenstellung in einem Industrieunternehmen, einem Forschungsinstitut oder einer in der Werkstofftechnik aktiven anderen Institution. Einführungsblock: Optimierung von Versuchsplanung und Auswertung Abschlussblock: Darstellung des Praktikums im Rahmen eines Seminars			
Praktikumsskript	Foliensammlung der jeweiligen Vortragenden im Einführungsblock			
Literatur zur Vorlesung				
Präsenzzeit	Industriepraktikum: 720 h Seminar: 60 h			
Vor- und Nachbereitungsaufwand	Industriepraktikum: 90h			
Prüfungsmodalitäten				
Kontakt	Kurt-Martin.Beinborn@th-nuernberg.de			

Stand 17.03.2025

Modultitel	Machine Learning II			
Modulverantwortliche	Prof. Dr. N.N.			
Modulnummer	24	Pflichtmodul		X
Leistungspunkte (LP)	5	Wahlpflichtmodul		
Regelsemester	6 / SoSe			
Einzelfächer im Modul	Dozent	Art	SWS	LP-Aufteilung
Machine Learning II	Prof. Dr. N.N.	SU	4	5
Eingangsvoraussetzungen (nach Prüfungsordnung)	Zum Eintritt in den zweiten Studienabschnitt ist berechtigt, wer mindestens 45 Leistungspunkte aus den Modulen des ersten Studienabschnitts erzielt hat.			
Lernziele Vorlesung	Studierende vertiefen ihr Wissen aus Machine Learning I und erlernen fortgeschrittene Deep Learning-Techniken. Sie sind in der Lage, Hyperparameter zu optimieren und Reinforcement Learning für technische Anwendungen einzusetzen.			
Vorlesungsinhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Erweiterung von ML I mit Deep Learning Techniken • Hyperparameter-Tuning und Modelloptimierung • Reinforcement Learning für Ingenieurwissenschaften 			
Vorlesungsskript	Die Vorlesungsunterlagen und die Übungsaufgaben werden über Moodle bereitgestellt.			
Literatur zur Vorlesung	<ul style="list-style-type: none"> • Sutton, R. S., & Barto, A. G. (2018). Reinforcement Learning: An Introduction. MIT Press. • Géron, A. (2019). Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow. O'Reilly. • Murphy, K. P. (2022). Probabilistic Machine Learning: Advanced Topics. MIT Press. • Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep Learning. MIT Press. • Silver, D. (2021). Mastering Deep Reinforcement Learning. Pearson. 			
Präsenzzeit	60 h + 1,5 h			
Vor- und Nachbereitungsaufwand	88,5 h			
Prüfungsmodalitäten	90-minütige schriftliche Prüfung über die Inhalte der Vorlesung			
Kontakt	Barbara.Hintz@th-nuernberg.de			

Stand 17.03.2025

Modultitel	Produkttechnologien / Additive Manufacturing			
Modulverantwortliche	Prof. Dr. Barbara Hintz			
Modulnummer	25	Pflichtmodul		X
Leistungspunkte (LP)	5	Wahlpflichtmodul		
Regelsemester	6 / SoSe			
Einzelfächer im Modul	Dozentin	Art	SWS	LP-Aufteilung
Produkttechnologien / Additive Manufacturing	Prof. Dr. Barbara Hintz	SU	4	5
Eingangsvoraussetzungen (nach Prüfungsordnung)	Zum Eintritt in den zweiten Studienabschnitt ist berechtigt, wer mindestens 45 Leistungspunkte aus den Modulen des ersten Studienabschnitts erzielt hat.			
Lernziele Vorlesung	Studierende erhalten einen Überblick über moderne Fertigungstechnologien, insbesondere 3D-Druckverfahren. Sie können deren Einsatzmöglichkeiten für verschiedene Werkstoffe bewerten und Prozessparameter optimieren.			
Vorlesungsinhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Überblick über Fertigungstechnologien für komplexe Bauteile • Methoden des 3D-Drucks und werkstofftechnische Herausforderungen • Anwendungsbeispiele aus der Materialforschung 			
Vorlesungsskript	Die Vorlesungsunterlagen und die Übungsaufgaben werden über Moodle bereitgestellt.			
Literatur zur Vorlesung	<ul style="list-style-type: none"> • Gibson, I., Rosen, D. W., & Stucker, B. (2015). Additive Manufacturing Technologies. Springer. • Gebhardt, A. (2011). Understanding Additive Manufacturing. Hanser. • Ngo, T. D., Kashani, A., Imbalzano, G., Nguyen, K. T. Q., & Hui, D. (2018). Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications, and challenges. Elsevier. • Gu, D. (2015). Laser Additive Manufacturing: Materials, Design, Technologies, and Applications. Elsevier. • Kruth, J. P., Leu, M. C., & Nakagawa, T. (1998). Progress in Additive Manufacturing and Rapid Prototyping. CIRP Annals. 			
Präsenzzeit	60 h + 1,5 h			
Vor- und Nachbereitungsaufwand	88,5 h			
Prüfungsmodalitäten	90-minütige schriftliche Prüfung über die Inhalte der Vorlesung			
Kontakt	Barbara.Hintz@th-nuernberg.de			

Stand 17.03.2025

Modultitel	Materialmodellierung			
Modulverantwortliche	Prof. Dr. Barbara Hintz			
Modulnummer	26	Pflichtmodul		X
Leistungspunkte (LP)	5	Wahlpflichtmodul		
Regelsemester	6 / SoSe			
Einzelfächer im Modul	Dozentin	Art	SWS	LP-Aufteilung
Materialmodellierung	Prof. Dr. Barbara Hintz	SU	4	5
Eingangsvoraussetzungen (nach Prüfungsordnung)	Zum Eintritt in den zweiten Studienabschnitt ist berechtigt, wer mindestens 45 Leistungspunkte aus den Modulen des ersten Studienabschnitts erzielt hat.			
Lernziele Vorlesung	Studierende erlernen die Grundlagen der Materialmodellierung und Simulation. Sie können beispielsweise mechanische, thermische und elektrische Eigenschaften von Werkstoffen berechnen und KI-gestützte Simulationsmethoden einsetzen.			
Vorlesungsinhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Simulation und Modellierung von Werkstoffen • Mechanische, thermische und elektrische Materialeigenschaften • KI-gestützte Materialentwicklung und Simulation 			
Vorlesungsskript	Die Vorlesungsunterlagen und die Übungsaufgaben werden über Moodle bereitgestellt.			
Literatur zur Vorlesung	<ul style="list-style-type: none"> • Zienkiewicz, O. C., Taylor, R. L., & Zhu, J. Z. (2013). The Finite Element Method: Its Basis and Fundamentals. Butterworth-Heinemann. • Bower, A. F. (2009). Applied Mechanics of Solids. CRC Press. • Mishnaevsky, L. (2007). Computational Mesomechanics of Composites: Numerical Analysis of the Effect of Microstructures of Composites on their Macroscopic Properties. Wiley. • Fish, J. (2007). Multiscale Methods: Bridging the Scales in Science and Engineering. Oxford University Press. • Horstemeyer, M. F. (2012). Integrated Computational Materials Engineering (ICME) for Metals. Wiley. 			
Präsenzzeit	60 h + 1,5 h			
Vor- und Nachbereitungsaufwand	88,5 h			
Prüfungsmodalitäten	90-minütige schriftliche Prüfung über die Inhalte der Vorlesung			
Kontakt	Barbara.Hintz@th-nuernberg.de			

Stand 17.03.2025

Modultitel	KI Vision & Ethics			
Modulverantwortliche	Prof. Dr. N.N.			
Modulnummer	27	Pflichtmodul		X
Leistungspunkte (LP)	5	Wahlpflichtmodul		
Regelsemester	6 / SoSe			
Einzelfächer im Modul	Dozent	Art	SWS	LP-Aufteilung
KI Vision & Ethics	Prof. Dr. N.N.	SU	4	5
Eingangsvoraussetzungen (nach Prüfungsordnung)	Zum Eintritt in den zweiten Studienabschnitt ist berechtigt, wer mindestens 45 Leistungspunkte aus den Modulen des ersten Studienabschnitts erzielt hat.			
Lernziele Vorlesung	Studierende verstehen die Grundlagen der Bildverarbeitung und maschinellen Vision. Sie setzen sich mit ethischen Fragen in der KI-Entwicklung auseinander und reflektieren deren gesellschaftliche Auswirkungen.			
Vorlesungsinhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Maschinelles Sehen und Bildverarbeitung • Gesellschaftliche Auswirkungen von KI • Ethische Aspekte der KI-Entwicklung und Nutzung 			
Vorlesungsskript	Die Vorlesungsunterlagen und die Übungsaufgaben werden über Moodle bereitgestellt.			
Literatur zur Vorlesung	<ul style="list-style-type: none"> • Szeliski, R. (2022). Computer Vision: Algorithms and Applications. Springer. • Russell, S., & Norvig, P. (2021). Artificial Intelligence: A Modern Approach. Pearson. • Eubanks, V. (2018). Automating Inequality: How High-Tech Tools Profile, Police, and Punish the Poor. St. Martin's Press. • Mittelstadt, B., & Floridi, L. (2016). The Ethics of Big Data: Current and Foreseeable Issues in Biomedical Contexts. Science and Engineering Ethics. • Bostrom, N. (2014). Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies. Oxford University Press. 			
Präsenzzeit	60 h + 1,5 h			
Vor- und Nachbereitungsaufwand	88,5 h			
Prüfungsmodalitäten	90-minütige schriftliche Prüfung über die Inhalte der Vorlesung			
Kontakt	Barbara.Hintz@th-nuernberg.de			

Stand 17.03.2025

Modultitel	Data Science			
Modulverantwortliche	Prof. Dr. N.N.			
Modulnummer	28	Pflichtmodul		X
Leistungspunkte (LP)	5	Wahlpflichtmodul		
Regelsemester	6 / SoSe			
Einzelfächer im Modul	Dozent	Art	SWS	LP-Aufteilung
Data Science	Prof. Dr. N.N.	SU	4	5
Eingangsvoraussetzungen (nach Prüfungsordnung)	Zum Eintritt in den zweiten Studienabschnitt ist berechtigt, wer mindestens 45 Leistungspunkte aus den Modulen des ersten Studienabschnitts erzielt hat.			
Lernziele Vorlesung	Studierende erlangen grundlegende Kenntnisse in Datenanalyse, Big Data und Cloud-Computing. Sie können datengetriebene Entscheidungsprozesse für ingenieurwissenschaftliche Anwendungen entwickeln und optimieren.			
Vorlesungsinhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Datenanalyse und Visualisierung • Einführung in Big Data und Cloud Computing • Datengetriebene Entscheidungsfindung für Ingenieure 			
Vorlesungsskript	Die Vorlesungsunterlagen und die Übungsaufgaben werden über Moodle bereitgestellt.			
Literatur zur Vorlesung	<ul style="list-style-type: none"> • Provost, F., & Fawcett, T. (2013). Data Science for Business. O'Reilly. • McKinney, W. (2017). Python for Data Analysis. O'Reilly. • Wickham, H., & Golemund, G. (2016). R for Data Science. O'Reilly. • Han, J., Pei, J., & Kamber, M. (2011). Data Mining: Concepts and Techniques. Elsevier. • Conway, D., & White, J. M. (2012). Machine Learning for Hackers. O'Reilly. 			
Präsenzzeit	60 h + 1,5 h			
Vor- und Nachbereitungsaufwand	88,5 h			
Prüfungsmodalitäten	90-minütige schriftliche Prüfung über die Inhalte der Vorlesung			
Kontakt	Barbara.Hintz@th-nuernberg.de			

Stand 17.03.2025

Modultitel	Projektarbeit			
Modulverantwortliche	Betreuende/r Professor/in der Fakultät Werkstofftechnik			
Modulnummer	31	Pflichtmodul		X
Leistungspunkte (LP)	19	Wahlpflichtmodul		
Regelsemester	7 / WiSe			
Einzelfächer im Modul	Dozent	Art	SWS	LP-Aufteilung
	alle Professorinnen und Professoren der Fakultät WT	PA		19
Eingangsvoraussetzungen (nach Prüfungsordnung)	Zum Eintritt in den zweiten Studienabschnitt ist berechtigt, wer mindestens 45 Leistungspunkte aus den Modulen des ersten Studienabschnitts erzielt hat.			
Lernziele Vorlesung	Erwerb der Fähigkeit zur Projektplanung, -organisation, -durchführung. Praktische Umsetzung dieser Projektfähigkeiten als Teammitglied und/oder Projektleiter/in. Verbesserung der Kenntnisse zur Präsentationstechnik und dem Berichtswesen. Verbesserung der Team- und Kommunikationsfähigkeit.			
Vorlesungsinhalt	wird durch den jeweiligen Betreuer vorgegeben			
Vorlesungsskript	entfällt			
Literatur zur Vorlesung	<ul style="list-style-type: none"> • Schelle: „Projekte zum Erfolg führen“, Beck-Wirtschaftsberater im dtv; ISBN 3-423-05888-9 • Boy, Dudek, Kuschel: „Projektmanagement – Grundlagen, Methoden und Techniken, Zusammenhänge“ Gabal-Verlag, ISBN 3930799014 • Lessel: „Projektmanagement – Projekte effizient planen und umsetzen“, Cornelsen Verlag, ISBN 3-589-21903-3 			
Präsenzzeit	Ca. 360 h			
Vor- und Nachbereitungsaufwand	Ca. 210 h			
Prüfungsmodalitäten	Benoteter schriftlicher und/oder mündlicher Bericht (Präsentation)			
Kontakt	Kurt-Martin.Beinborn@th-nuernberg.de Joachim.Froehlich@th-nuernberg.de Uta.Helbig@th-nuernberg.de Markus.Hornfeck@th-nuernberg.de Barbara.Hintz@th-nuernberg.de Hannes.Kuehl@th-nuernberg.de Stephan.Kraft@th-nuernberg.de Andre.Leonide@th-nuernberg.de Michael.Mirke@th-nuernberg.de Bastian.Raab@th-nuernberg.de Simon.Reichstein@th-nuernberg.de Sven.Wiltzsch@th-nuernberg.de			

Stand 17.03.2025

Modultitel	Bachelorarbeit			
Modulverantwortliche	Betreuende/r Professor/in der Fakultät Werkstofftechnik			
Modulnummer	32	Pflichtmodul		X
Leistungspunkte (LP)	10	Wahlpflichtmodul		
Regelsemester	7 / WiSe			
Einzelfächer im Modul	Dozent	Art	SWS	LP-Aufteilung
	alle Professorinnen und Professoren der Fakultät WT	BA		10
Eingangsvoraussetzungen (nach Prüfungsordnung)	Die Bachelorarbeit kann frühestens nach erfolgreicher Ableistung des ersten Studienabschnitts und des praktischen Teils des praktischen Studiensemesters ausgegeben werden.			
Lernziele Vorlesung	Die Bachelorarbeit soll die Fähigkeit zu selbständigem wissenschaftlichem Arbeiten, speziell zur selbständigen wissenschaftlichen Lösung eines Problems auf dem Gebiet der Werkstofftechnik zeigen.			
Vorlesungsinhalt	Selbständige, wissenschaftliche Arbeit, z. B. Lösung technisch-wissenschaftlicher Aufgaben, Neu- und Weiterentwicklung technischer und organisatorischer Systeme auf den Arbeitsfeldern der Werkstofftechnik			
Vorlesungsskript	entfällt			
Literatur zur Vorlesung	<p>Ebel, Bliefert: „Diplom- und Doktorarbeit“, Wiley-VCH 2003, ISBN 3527307540</p> <p>Nicol, Albrecht: „Wissenschaftliche Arbeiten schreiben mit WORD“, Addison-Wesley 2004, ISBN 382732159X</p> <p>Ebel, Bliefert, Greulich: „Schreiben und Publizieren in den Naturwissenschaften“, VCH-</p> <p>Studiendekan WT: „Leitfaden zur Erstellung wissenschaftlicher Arbeiten an der Fakultät WT“</p>			
Präsenzzeit	180 h			
Vor- und Nachbereitungsaufwand	120 h			
Prüfungsmodalitäten	Abschlussarbeit mit Note			
Kontakt	Kurt-Martin.Beinborn@th-nuernberg.de Joachim.Froehlich@th-nuernberg.de Uta.Helbig@th-nuernberg.de Markus.Hornfeck@th-nuernberg.de Barbara.Hintz@th-nuernberg.de Hannes.Kuehl@th-nuernberg.de Stephan.Kraft@th-nuernberg.de Andre.Leonide@th-nuernberg.de Michael.Mirke@th-nuernberg.de Bastian.Raab@th-nuernberg.de Simon.Reichstein@th-nuernberg.de Sven.Wiltzsch@th-nuernberg.de			

Stand 17.03.2025