



Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

Modulhandbuch

für den Studiengang

Bachelor of Science

Nanotechnologie

(Prüfungsordnungsversion: 20202)

Inhaltsverzeichnis

Angewandte Nanotechnologie I (95722).....	3
Experimentalphysik 1 (66681).....	5
Experimentalphysik 2 (66682).....	7
Festkörperphysik (66670).....	9
Grundlagen der Nanotechnologie I (95700).....	11
Grundlagen der Nanotechnologie II (95710).....	13
Mathematik für NT 1 (67880).....	15
Mathematik für NT 2 (67890).....	17
Mathematik für NT 3 (67900).....	19
Mechanische Eigenschaften von Werkstoffen (95620).....	21
Messtechnik und Werkstoffeigenschaften (95690).....	23
Physikalische Chemie der Nanostrukturen (63450).....	25
Physikalische Chemie der Werkstoffe (95542).....	26
Quantenmechanik (66660).....	28
Reinraum-Praktikum (94420).....	30
Werkstoffe (95550).....	32
Werkstoffe: Grundlagen (95581).....	36

1	Modulbezeichnung 95722	Angewandte Nanotechnologie I Applied Nanotechnology I	10 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	<p>Vorlesung mit Übung: Nano-Bauelemente-Sensoren, MEMS, Micromachining (3 SWS)</p> <p>Seminar: Biomedizinische Anwendungen in der Nanomedizin und Nanotoxikologie (0 SWS)</p> <p>Übung: Übung Nano Devices (1 SWS)</p> <p>Vorlesung: Nanooberflächen und Strukturierung (2 SWS)</p> <p>Vorlesung mit Übung: WS-Nanocomposites (2 SWS)</p>	<p>3,5 ECTS</p> <p>-</p> <p>1 ECTS</p> <p>3 ECTS</p> <p>3 ECTS</p>
3	Lehrende	<p>Prof. Dr. Olga Kasian</p> <p>PD Dr. Christina Janko</p> <p>PD Dr. Rainer Tietze</p> <p>PD Dr. Stefan Lyer</p> <p>Prof. Dr. Christoph Alexiou</p> <p>Dr. Anca Valentina Mazare</p> <p>PD Dr.habil. Tobias Fey</p>	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Olga Kasian	
5	Inhalt	<p>Die Studierenden erlernen die Grundlagen der Mikrosystemtechnik. Dies beinhaltet:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen der Miniaturisierung • Mikrosensoren und -Aktoren • Beschichtungsverfahren für funktionale Filme (Dünnschichttechnik) • Verpackungstechniken 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> - können die besonderen Eigenschaften von Mikrosystemen aus deren Skalierungsparametern und Kennzahlen ableiten. • können grundlegende Wandlerysteme darstellen und Beziehungen zwischen den Energiedomänen herstellen • können Sensoren und Aktoren nach Anwendungsparametern auswählen • kennen grundlegende Strukturtypen und Funktionsweisen von verschiedenen Mikrosystemen, die praktisch angewendet werden • sind in der Lage, einen Strukturierungsprozess für eine mikromechanische Struktur zu entwerfen und geeignete Materialien und Verfahren dafür auszuwählen. • Knowledge of application of modern techniques for surface structuring • Understanding the basic principles behind current surface structuring techniques • Knowledge and understanding of micro-/nanostructures formed on classical semiconductor substrates • Knowledge and understanding of well-established structuring techniques, as "wet" and "dry" etching 	

		<ul style="list-style-type: none"> • Knowledge and understanding of widely used material deposition techniques • Knowledge of emerging or exploratory surface structuring techniques • Knowledge of surfaces and interfaces (planar technology, 2D)
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 5
9	Verwendbarkeit des Moduls	Pflichtmodul Bachelor of Science Nanotechnologie 20202
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur (120 Minuten)
11	Berechnung der Modulnote	Klausur (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 135 h Eigenstudium: 165 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	

1	Modulbezeichnung 66681	Experimentalphysik 1 Experimental physics 1	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Übungen zur Experimentalphysik für Nanotechnologen I (1 SWS) Vorlesung: Experimentalphysik für Materialwissenschaftler, Nanotechnologen und Integrated Life Scientists I (3 SWS) Übung: Übungen zur Experimentalphysik für Materialwissenschaftler I (1 SWS) Übung: Übungen zur Experimentalphysik für Integrated Life Scientists I (1 SWS)	- 5 ECTS - -
3	Lehrende	Prof. Dr. Vojislav Krstic Prof. Dr. Alexander Schneider	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Vojislav Krstic Prof. Dr. Alexander Schneider Prof. Dr. Heiko Weber
5	Inhalt	<p>Mechanik:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Messungen, Einheiten, Dimensionen, Größenordnungen • Bewegungen in einer Raumdimension • Bewegungen in drei Raumdimensionen • Newtonsche Gesetze: Kraft • Arbeit, Energie, Leistung • Schwerpunkt, Impuls, Stoßprozesse • Drehbewegungen • Gravitationsgesetz • Mechanik deformierbarer Körper, Flüssigkeiten, Gase <p>Schwingungen und Wellen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ungedämpfte, gedämpfte sowie erzwungene Schwingungen • Überlagerung • Wellenausbreitung • Beugung • geometrische Optik <p>Thermodynamik:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Temperatur, ideales Gas • Kinetische Gastheorie • Reales Gas, Phasendiagramm • Wärmekapazität, Schmelz-, Verdampfungsenergie • Wärmeleitung, Wärmestrahlung • Wärmekraftmaschinen, Wirkungsgrad
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • können die Grundlagen der Mechanik und Thermodynamik darstellen • haben ein grundlegendes Verständnis, wie Naturvorgänge auf grundlegende Naturgesetze zurückgeführt werden können

		<ul style="list-style-type: none"> wenden in Übungen das erlernte Wissen auf spezielle Situationen und Fragestellungen der Mechanik und Thermodynamik an besitzen grundlegende Kompetenz im analytischen Denken als Mittel zur exakten Beschreibung naturwissenschaftlicher Zusammenhänge
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Pflichtmodul Bachelor of Science Nanotechnologie 20232
10	Studien- und Prüfungsleistungen	schriftlich (90 Minuten) PL: E-Prüfung im Antwort-Wahlverfahren (90 Min.)
11	Berechnung der Modulnote	schriftlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	Paul A. Tipler: Physik, Spektrum Akademischer Verlag (2009) Hering, Martin, Stohrer: Physik für Ingenieure, Springer (2012) Gerthsen: Physik, Springer (2010)

1	Modulbezeichnung 66682	Experimentalphysik 2 Experimental physics 2	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Übungen zur Experimentalphysik II für Materialwissenschaftler und Nanotechnologen (1 SWS, SoSe 2023) Vorlesung: Experimentalphysik II für Materialwissenschaftler, Nanotechnologen und Integrated Life Sciences (3 SWS, SoSe 2023) Übung: Übungen zur Experimentalphysik II für Integrated Life Sciences (1 SWS, SoSe 2023)	- 5 ECTS -
3	Lehrende	Prof. Dr. Vojislav Krstic	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Heiko Weber	
5	Inhalt	<p>Elektrizität und Magnetismus:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ladung • elektrisches Feld • Strom • Magnetismus und instationäre Felder • Wechselströme <p>Nichtklassische Physik:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Atomaufbau • Wellenmechanik • Röntgenstrahlung und Photonen • Atomkern <p>Festkörperphysik:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elektronische Zustände in Festkörpern • Elektr. Leitfähigkeit in Halbleitern • Halbleiterbauelemente <p>Moderne Physik:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Energie-Masseäquivalenz • Quanteneigenschaften des Lichts • Quantenmechanik • Eindimensionale Potentiale • Atomphysik • Molekülphysik • Kern- und Elementarteilchenphysik 	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • können die Grundlagen der Elektrodynamik und ausgewählter Themen der modernen Physik darstellen • haben ein vertieftes Verständnis, wie Naturvorgänge auf grundlegende Naturgesetze zurückgeführt werden können • wenden in Übungen das erlernte Wissen auf spezielle Situationen und Fragestellungen der Elektrodynamik und weiterer Themen der modernen Physik an • besitzen vertiefte Kompetenz im analytischen Denken als Mittel zur exakten Beschreibung naturwissenschaftlicher Zusammenhänge 	

7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 2
9	Verwendbarkeit des Moduls	Pflichtmodul Bachelor of Science Nanotechnologie 20202
10	Studien- und Prüfungsleistungen	schriftlich (90 Minuten) PL: E-Prüfung im Antwort-Wahlverfahren (90 Min.)
11	Berechnung der Modulnote	schriftlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	Paul A. Tipler: Physik, Spektrum Akademischer Verlag (2009) Hering, Martin, Stohrer: Physik für Ingenieure, Springer (2012) Gerthsen: Physik, Springer (2010)

1	Modulbezeichnung 66670	Festkörperphysik Solid-State Physics	7,5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Experimentalphysik 6 LA: Festkörperphysik (4 SWS, SoSe 2023)	7,5 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr. Alexander Schneider	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Sabine Maier	
5	Inhalt	<p>*Gittersystem*</p> <ul style="list-style-type: none"> • <ul style="list-style-type: none"> ◦ *Dynamik des Kristallgitters* Klassisches Modell: lineare ein- und zwei-atomare Ketten, Dispersionsrelation; Quantenmechanik: Phononen; Thermodynamik des Phononensystems, Debye-Modell, Einstein-Modell; Phononenspektroskopie *Elektronensystem* *Freies Elektronengas* Teilchen im Kasten, Fermi-Kugel, Fermi-Dirac-Statistik; Spezifische Wärme *Elektronen im periodischen Potential* Blochtheorem; Fast freies Elektronengas, Bandstruktur; Tight-binding Bandstruktur; reale Bandstrukturen, Zustandsdichten; experimentelle Methoden zur Bestimmung der Bandstruktur *Semiklassische Beschreibung* Offene und abgeschlossene Bänder; semiklassische Bewegungsgleichungen, effektive Masse, Elektronen und Löcher *Transportphänomene* *Ladungstransport* Drude-Transport; Boltzmann-Formalismus; elektrische Leitfähigkeit *Halbleiter* *Intrinsische Halbleiter* Isolatoren; Ladungsträgerstatistik *Dotierte Halbleiter* Ladungsträgerstatistik; Leitfähigkeit, Hall-Effekt *Halbleiter-Bauelemente* pn-Übergang, Schottky-Kontakt, Feldeffekttransistor *Dielektrische Eigenschaften der Materie* Dielektrische Funktion Lorentz-Oszillator, Drude-Modell (AC) *Magnetismus* Paramagnetismus, Diamagnetismus; Magnetische Ordnung Magnetismus lokalisierter Momente Magnetismus freier Elektronen *Supraleitung* Meißner-Ochsenfeld-Effekt, Eindringtiefe, London-Gleichungen, Supraleiter 1. und 2. Art 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • erläutern und erklären die experimentellen Grundlagen und die quantitativ-mathematische Beschreibung des Gitter- und Elektronensystems von Festkörpern sowie von Transportphänomenen und Halbleitereigenschaften gemäß den detaillierten Themen im Inhaltsverzeichnis • kennen die grundlegenden Phänomene der dielektrischen und magnetischen Eigenschaften von Festkörpern sowie der Supraleitung • wenden die physikalischen Gesetze und jeweiligen mathematischen Methoden auf konkrete Problemstellungen an 	

7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 4
9	Verwendbarkeit des Moduls	Pflichtmodul Bachelor of Science Nanotechnologie 20232
10	Studien- und Prüfungsleistungen	schriftlich (90 Minuten)
11	Berechnung der Modulnote	schriftlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 135 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Harald Ibach, Hans Lüth; Festkörperphysik - Einführung in die Grundlagen, 7. Auflage (2009); Springer, ISBN 978-3-540-85794-5 • Philip Hofmann, Einführung in die Festkörperphysik, Weinheim, Wiley-VCH, (2013), ISBN: 978-3-527-67463-3 • Charles Kittel; Einführung in die Festkörperphysik, 15. Auflage (2013), Oldenbourg Verlag, ISBN 978-3-486-59755-4 • Neil W. Ashcroft, David N. Mermin, Festkörperphysik, Oldenbourg Verlag, 4. Auflage (2013), ISBN 978-3-486-71301-5, 1050 S. • Rudolf Gross, Achim Marx, Festkörperphysik, Oldenbourg Verlag 2012, ISBN 978-3-486-71294-0 • Siegfried Hunklinger, Festkörperphysik, Oldenbourg, (2014) 4. Auflage, ISBN: 978-3-486-59045-6

1	Modulbezeichnung 95700	Grundlagen der Nanotechnologie I Foundations of Nanotechnology I	10 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Praktikum: Nano P1 (5 SWS, SoSe 2023) Vorlesung mit Übung: Grundlagen der Nanotechnologie - Charakterisierung (2 SWS) Vorlesung: Einführung in die Nanotechnologie (2 SWS)	5 ECTS 2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lehrende	Dr.-Ing. Joachim Kaschta Dr. Johannes Will Dr. Stefanie Rechberger Prof. Dr. Erdmann Spiecker Prof. Dr. Marcus Halik	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Marcus Halik	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> Wissensvermittlung zu Grundfragen, praktischer Relevanz und Begrifflichkeit von Nanotechnologie" Diskussion und Erklärung von 0D-, 1D-, 2D- und 3D-Nanostrukturen Erklärung der jeweiligen Effekte (optisch, mechanisch, elektronisch) - Grundlagen der mikroskopischen Charakterisierung von Nanostrukturen (lichtmikroskopische Verfahren, Elektronenmikroskopie, Rasterkraftmikroskopie, Rastertunnelmikroskopie) Einführung in die Röntgenbeugung an Nanostrukturen Erste Einblicke in nanoanalytische, spektroskopische und nanomechanische Charakterisierungsverfahren Praktikum Nano 1: <ul style="list-style-type: none"> Experimentelle Arbeiten zur Vertiefung der Vorlesungsinhalt 	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> erhalten einen einleitenden Überblick über die Thematik erlernen wichtige Grundlagen (Strukturen, Bausteine, Effekte etc.) sind in der Lage, Nanostrukturen entsprechende Funktionalitäten zuzuordnen kennen wichtige Anwendungen und Entwicklungsfelder sind in der Lage, verschiedene mikroskopische Verfahren zur Untersuchung von Nanostrukturen zu beschreiben und miteinander zu vergleichen kennen einige wichtige Untersuchungsverfahren zur Bestimmung der chemischen Zusammensetzung sowie der Eigenschaften (optisch, mechanisch, elektronisch) von Nanostrukturen 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1;2	

9	Verwendbarkeit des Moduls	Pflichtmodul Bachelor of Science Nanotechnologie 20202
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Praktikumsleistung Klausur (90 Minuten)
11	Berechnung der Modulnote	Praktikumsleistung (0%) Klausur (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Wiederholung der Prüfungen	Die Prüfungen dieses Moduls können nur einmal wiederholt werden.
14	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 135 h Eigenstudium: 165 h
15	Dauer des Moduls	2 Semester
16	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
17	Literaturhinweise	

1	Modulbezeichnung 95710	Grundlagen der Nanotechnologie II Foundations of Nanotechnology II	15 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Nano III: Materialien (2 SWS, WiSe 2023) Praktikum: Praktikum Nanotechnologie 3 (5 SWS, SoSe 2023) Praktikum: Praktikum Nanotechnologie 2 (5 SWS) Vorlesung: Nano IV: Halbleiter (2 SWS, SoSe 2023)	2,5 ECTS 5 ECTS 5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lehrende	PD Dr.Ing. Heinz Werner Höppel Dr. Johannes Will Dr.-Ing. Joachim Kaschta Dr.-Ing. Tobias Dirnecker	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Peter Felfer	
5	Inhalt	Folgende Inhalte werden vermittelt: <ul style="list-style-type: none"> • Herstellung von Nanomaterialien • Definition von Nanomaterialien • Grundlagen der Thermodynamik und Besonderheiten bei Nanomaterialien • Mechanische Eigenschaften von NM • Severe Plastic Deformation • Bulk Metallic Glass • Bottom-up Verfahren • Schichttechnik • Magnetische Eigenschaften • Herstellung von Halbleitern • Eigenschaften von NM in Halbleitern • Ladungsträgerkonzentrationen im intrinsischen (undotierten) und dotierten Halbleiter • Transporteigenschaften (Drift, Diffusion) von Ladungsträgern im Halbleiter • Funktionsweise von Halbleiterbauelementen (Dioden, Feldeffektransistoren) • Überblick über die wichtigsten Prozessschritte zur Herstellung von Halbleiterbauelementen 	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden Fachkompetenz Verstehen <ul style="list-style-type: none"> • Verstehen grundlegender Prozesse zur Erzeugung von NC-Materialien • Verstehen grundlegende physikalische Vorgänge (u.a. Drift, Diffusion, Generation, Rekombination) im Halbleiter • Interpretieren Informationen aus Bänderdiagrammen Anwenden <ul style="list-style-type: none"> • Beschreiben die Funktionsweisen moderner Halbleiterbauelemente • Berechnen Kenngrößen der wichtigsten Bauelemente 	

		<ul style="list-style-type: none"> • Beschreiben von Prozessabläufen und Struktureigenschaftskorrelationen <p>Analysieren Folgende Lernziele werden angestrebt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vertieftes Erlernen des vielfältigen strukturellen Aufbaus der Nanomaterialien • Vertiefung der Zusammenhänge zwischen der Struktur und den Eigenschaften von NM • Anwendung der Thermodynamik auf die Besonderheiten bei NM • Vertiefung des Wissens zu den mechanischen Eigenschaften und den Härtungsmechanismen bei NM • Erwerben von Grundlagen zur Herstellung von NM und Beurteilung unterschiedlicher Verfahren • Vertiefung der erlernten Inhalte durch Übung und Praktikum, Untersuchen der Auswirkung von Nanostrukturen auf mechanische Eigenschaften • Diskutieren das Verhalten der Bauelemente z.B. bei hohen Spannungen oder erhöhter Temperatur
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 3
9	Verwendbarkeit des Moduls	Pflichtmodul Bachelor of Science Nanotechnologie 20202
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Praktikumsleistung Klausur (90 Minuten) Praktikumsleistung
11	Berechnung der Modulnote	Praktikumsleistung (0%) Klausur (100%) Praktikumsleistung (0%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 210 h Eigenstudium: 240 h
14	Dauer des Moduls	2 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesungsskript, am LEB erhältlich • R. Müller: Grundlagen der Halbleiter-Elektronik, Band 1 der Reihe Halbleiter-Elektronik, Springer-Verlag, Berlin, 2002 • D.A. Neamen: Semiconductor Physics and Devices: Basic Principles, McGraw-Hill (Richard D. Irwin Inc.), 2002 • D. Widmann, H. Mader, H. Friedrich: Technology of Integrated Circuits, Springer Verlag, 2000

1	Modulbezeichnung 67880	Mathematik für NT 1 Mathematics for NT 1	7,5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Mathematik für Ingenieure D1: CBI, CEN, IP, LSE, MWT, NT (4 SWS) Übung: Übungen zur Mathematik für Ingenieure D1: CBI, CEN, IP, LSE, MWT, NT (2 SWS) Übung: Übungen zur Mathematik für Ingenieure D1: MWT, NT (2 SWS)	7,5 ECTS - -
3	Lehrende	Dr. Wigand Rathmann Prof. Dr. Wolfgang Achtziger	

4	Modulverantwortliche/r	Dr. Wigand Rathmann
5	Inhalt	<p>*Grundlagen*</p> <p>Aussagenlogik, Mengen, Relationen, Abbildungen</p> <p>*Zahlensysteme*</p> <p>natürliche, ganze, rationale und reelle Zahlen, komplexe Zahlen</p> <p>*Vektorräume*</p> <p>Grundlagen, Lineare Abhängigkeit, Spann, Basis, Dimension, euklidische Vektor- und Untervektorräume, affine Räume</p> <p>*Matrizen, Lineare Abbildungen, Lineare Gleichungssysteme*</p> <p>Matrixalgebra, Lösungsstruktur linearer Gleichungssysteme, Gauß-Algorithmus, inverse Matrizen, Matrixtypen, lineare Abbildungen, Determinanten, Kern und Bild, Eigenwerte und Eigenvektoren, Basis, Ausgleichsrechnung</p> <p>*Grundlagen Analysis einer Veränderlichen*</p> <p>Grenzwert, Stetigkeit, elementare Funktionen, Umkehrfunktionen</p>
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • erklären grundlegende Begriffe und Strukturen der Mathematik • erklären den Aufbau von Zahlensystemen im Allgemeinen und der Obengenannten im Speziellen • rechnen mit komplexen Zahlen in Normal- und Polardarstellung und Wechseln zwischen diesen Darstellungen • berechnen lineare Abhängigkeiten, Unterräume, Basen, Skalarprodukte, Determinanten • vergleichen Lösungsmethoden zu linearen Gleichungssystemen • bestimmen Lösungen zu Eigenwertproblemen • überprüfen Eigenschaften linearer Abbildungen und Matrizen • überprüfen die Konvergenz von Zahlenfolgen • ermitteln Grenzwerte und überprüfen Stetigkeit • entwickeln Beweise anhand grundlegender Beweismethoden aus den genannten Themenbereichen
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine

8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Pflichtmodul Bachelor of Science Nanotechnologie 20232
10	Studien- und Prüfungsleistungen	schriftlich (90 Minuten) Übungsleistung
11	Berechnung der Modulnote	schriftlich (100%) Übungsleistung (0%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Wiederholung der Prüfungen	Die Prüfungen dieses Moduls können nur einmal wiederholt werden.
14	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 135 h
15	Dauer des Moduls	1 Semester
16	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
17	Literaturhinweise	Skripte des Dozenten W. Merz, P. Knabner, Mathematik für Ingenieure und Naturwissenschaftler, Springer, 2013 Fried, Mathematik für Ingenieure I für Dummies I, Wiley A. Hoffmann, B. Marx, W. Vogt, Mathematik für Ingenieure 1, Pearson v. Finckenstein et.al: Arbeitsbuch Mathematik fuer Ingenieure: Band I Analysis und Lineare Algebra. Teubner-Verlag 2006, ISBN 9783835100343 Meyberg, K., Vachenaer, P.: Höhere Mathematik 1. 6. Auflage, Sprinbger-Verlag, Berlin, 2001

1	Modulbezeichnung 67890	Mathematik für NT 2 Mathematics for NT 2	7,5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Übungen zur Mathematik für Ingenieure D2 Di 14:15-15:45 (2 SWS) Vorlesung: Mathematik für Ingenieure D2: CBI, CEN, LSE, IP, MWT, NT (4 SWS, SoSe 2023)	2,5 ECTS -
3	Lehrende	Dr. Wigand Rathmann	

4	Modulverantwortliche/r	apl.Prof.Dr. Wilhelm Merz	
5	Inhalt	<p>*Differentialrechnung einer Veränderlichen*</p> <p>Ableitung mit Rechenregeln, Mittelwertsätze, LHospital, Taylor-Formel, Kurvendiskussion</p> <p>*Integralrechnung einer Veränderlichen*</p> <p>Riemann-Integral, Hauptsatz der Infinitesimalrechnung, Mittelwertsätze, Partialbruchzerlegung, uneigentliche Integration</p> <p>*Folgen und Reihen*</p> <p>reelle und komplexe Zahlenfolgen, Konvergenzbegriff und -sätze, Folgen und Reihen von Funktionen, gleichmäßige Konvergenz, Potenzreihen, iterative Lösung nichtlinearer Gleichungen</p> <p>*Grundlagen Analysis mehrerer Veränderlicher*</p> <p>Grenzwert, Stetigkeit, Differentiation, partielle Ableitungen, totale Ableitung, allgemeine Taylor-Formel</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • analysieren Funktionen einer reellen Veränderlichen mit Hilfe der Differentialrechnung • berechnen Integrale von Funktionen mit einer reellen Veränderlichen • stellen technisch-naturwissenschaftliche Problemstellungen mit mathematischen Modellen dar und lösen diese • erklären den Konvergenzbegriff bei Folgen und Reihen • berechnen Grenzwerte und rechnen mit diesen • analysieren und klassifizieren Funktionen mehrerer reeller Veränderlicher an Hand grundlegender Eigenschaften • wenden grundlegende Beweistechniken in o.g. Bereichen an • erkennen die Vorzüge einer regelmäßigen Nachbereitung und Vertiefung des Vorlesungsstoffes 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 2	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Pflichtmodul Bachelor of Science Nanotechnologie 20202	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	schriftlich (90 Minuten) Übungsleistung	

11	Berechnung der Modulnote	schriftlich (100%) Übungsleistung (0%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Wiederholung der Prüfungen	Die Prüfungen dieses Moduls können nur einmal wiederholt werden.
14	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 84 h Eigenstudium: 141 h
15	Dauer des Moduls	1 Semester
16	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
17	Literaturhinweise	<p>Skripte des Dozenten</p> <p>M. Fried, Mathematik für Ingenieure I für Dummies und Mathematik für Ingenieure II für Dummies, Wiley</p> <p>W. Merz, P. Knabner, Mathematik für Ingenieure und Naturwissenschaftler, Springer, 2013</p> <p>K. Finck von Finckenstein, J. Lehn et. al., Arbeitsbuch für Ingenieure, Band I, Teubner</p> <p>A. Hoffmann, B. Marx, W. Vogt, Mathematik für Ingenieure 1, Pearson</p>

1	Modulbezeichnung 67900	Mathematik für NT 3 Mathematics for NT 3	7,5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Übungen zur Mathematik für Ingenieure D3: CBI, CEN, IP, LSE, MWT, NT (2 SWS) Vorlesung: Mathematik für Ingenieure D3: CBI, CEN, LSE, MWT, NT (4 SWS) Übung: Übungen zur Mathematik für Ingenieure D3: MWT, NT (SWS)	- 7,5 ECTS -
3	Lehrende	Prof. Dr. Michael Stingl Dr. Wigand Rathmann	

4	Modulverantwortliche/r	Dr. Wigand Rathmann
5	Inhalt	<p>*Anwendung der Differentialrechnung im \mathbb{R}^n *</p> <p>Extremwertaufgaben, Extremwertaufgaben mit Nebenbedingungen, Lagrange-Multiplikatoren, Theorem über implizite Funktionen, Anwendungsbeispiele</p> <p>*Vektoranalysis*</p> <p>Potentiale, Volumen-, Oberflächen- und Kurvenintegrale, Parametrisierung, Transformationssatz, Integralsätze, Differentialoperatoren</p> <p>*Gewöhnliche Differentialgleichungen*</p> <p>Explizite Lösungsmethoden, Existenz- und Eindeutungsätze, Lineare Differentialgleichungen, Systeme von Differentialgleichungen, Eigen- und Hauptwertaufgaben, Fundamentalsysteme, Stabilität</p>
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • klassifizieren verschiedene Extremwertaufgaben anhand der Nebenbedingungen und kennen die grundlegende Existenzaussagen • erschließen den Unterschied zur eindimensionalen Kurvendiskussion, • wenden die verschiedenen Extremwertaufgaben bei Funktionen mehrerer Veränderlicher mit und ohne Nebenbedingungen • berechnen Integrale über mehrdimensionale Bereiche • beobachten Zusammenhänge zwischen Volumen-, Oberflächen- und Kurvenintegralen • ermitteln Volumen-, Oberflächen- und Kurvenintegrale • wenden grundlegende Differentialoperatoren an. • klassifizieren gewöhnliche Differentialgleichungen nach Typen • wenden elementare Lösungsmethoden auf Anfangswertprobleme bei gewöhnlichen Differentialgleichungen an • wenden allgemeine Existenz- und Eindeutigkeitsresultate an • erschließen den Zusammenhang zwischen Analysis und linearer Algebra • wenden die erlernten mathematischen Methoden auf die Ingenieurwissenschaften an.

7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 3
9	Verwendbarkeit des Moduls	Pflichtmodul Bachelor of Science Nanotechnologie 20202
10	Studien- und Prüfungsleistungen	schriftlich (90 Minuten) Übungsleistung
11	Berechnung der Modulnote	schriftlich (100%) Übungsleistung (0%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 135 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	Skripte des Dozenten M. Fried: Mathematik für Ingenieure II für Dummies , Wiley A. Hoffmann, B. Marx, W. Vogt: Mathematik für Ingenieure 1,2 Pearson K. Finck von Finckenstein, J. Lehn et. al.: Arbeitsbuch für Ingenieure, Band I und II , Teubner H. Heuser: Gewöhnliche Differentialgleichungen Teubner

1	Modulbezeichnung 95620	Mechanische Eigenschaften von Werkstoffen Mechanical properties of materials	2,5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Mechanische Eigenschaften (2 SWS) Keine.	2,5 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr. Peter Felfer PD Dr.Ing. Heinz Werner Höppel	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Peter Felfer	
5	Inhalt	<p>Es werden die mechanischen Grundgrößen definiert, die das mechanische Werkstoffverhalten charakterisieren und wesentliche Aspekte des Werkstoffverhaltens diskutiert.</p> <p>Grundgrößen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Spannung • Dehnung • Streckgrenze • Härte etc. <p>Mechanisches Werkstoffverhalten</p> <ul style="list-style-type: none"> • elastische Eigenschaften • plastische Verformung • Bruchmechanik <p>Am Beispiel verschiedener Anwendungen regenerativer Energien bzw. energieintensiver Prozesse mit Potential zur Effizienzsteigerung werden die damit verknüpften Herausforderungen der Werkstofftechnik dargestellt:</p> <p>Energieerzeugung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Solarthermie • Brennstoffzelle • Verbrennung / Hochtemperaturprozesse • Thermoelektrik • Windenergie • Photovoltaik <p>Speicherung und Transport</p> <ul style="list-style-type: none"> • Energiespeicher • Stromtransport • Batterien <p>Energieeffizienz</p> <ul style="list-style-type: none"> • Leichtbau im Transport • Leuchtdioden / Energiesparlampen 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Wissen Lernende</p> <ul style="list-style-type: none"> • haben Kenntnisse über die grundlegenden mechanischen Werkstoffeigenschaften, deren Abhängigkeit von den 	

		<p>Gefügeeigenschaften sowie die verschiedenen wichtigsten Meßmethoden</p> <ul style="list-style-type: none"> • kennen wesentliche Werkstoffe und Werkstoffsysteme <p>Verstehen Lernende</p> <ul style="list-style-type: none"> • können Anforderungen an Werkstoffe anhand aktueller Herausforderungen der Energietechnik veranschaulichen 		
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine.		
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 2		
9	Verwendbarkeit des Moduls	Pflichtmodul Bachelor of Science Nanotechnologie 20202		
10	Studien- und Prüfungsleistungen	<p>Klausur (45 Minuten) Mechanische Eigenschaften der Werkstoffe und Materialien für Regenerative-Energie-Anwendung (Prüfungsnummer: 56521) Prüfungsleistung, Klausur, Dauer (in Minuten): 90, benotet, 5 ECTS Anteil an der Berechnung der Modulnote: 100.0 % Prüfungssprache: Deutsch</p> <p>Erstablingung: SS 2022, 1. Wdh.: WS 2022/2023</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 60%;">1. Prüfer:</td> <td>Peter Felfer</td> </tr> </table> <p>Termin: 11.10.2022 Termin: 11.10.2022</p>	1. Prüfer:	Peter Felfer
1. Prüfer:	Peter Felfer			
11	Berechnung der Modulnote	Klausur (100%)		
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester		
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Eigenstudium: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)		
14	Dauer des Moduls	?? Semester (keine Angaben zur Dauer des Moduls hinterlegt)		
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch		
16	Literaturhinweise	Rösler, Harders, Bäker "Mechanisches Verhalten der Werkstoffe Teubner, Stuttgart, 2003 (T80/10 B 15). Rösler, Harders, Bäker "Mechanisches Verhalten der Werkstoffe Teubner, Stuttgart, 2003 (T80/10 B 15).		

1	Modulbezeichnung 95690	Messtechnik und Werkstoffeigenschaften Testing methods and characteristics	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung mit Übung: Charakterisierung und Prüfung von Werkstoffen (2 SWS) Vorlesung: Elektrische, magnetische, optische Eigenschaften (2 SWS, SoSe 2023)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr. Erdmann Spiecker Dr.-Ing. Thomas Przybilla Prof. Dr. Christoph Brabec	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Erdmann Spiecker	
5	Inhalt	<p>Grundlagen zu elektrischen, magnetischen und optischen Eigenschaften von Werkstoffen (Elektrische Leitfähigkeit, Dielektrische Eigenschaften, Ferro- und Ferrimagnetismus, Supraleitung, Optische Werkstoffeigenschaften)</p> <p>Mess- und Analyseverfahren zur Charakterisierung und Prüfung von Werkstoffen aus allen Materialklassen (Messgrößen und ihre Einheiten, Dichte und Porosität, chemische Analyse, Gefügeanalyse, Bestimmung von mechanischen, thermischen, elektrischen, magnetischen und optischen Eigenschaften, zerstörungsfreie Prüfung)</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden erwerben fundierte Kenntnisse zu den relevanten Funktionsmaterialien und erarbeiten sich die Korrelation zwischen Materialeigenschaften, Funktionsumfang und Anwendung in der Praxis. Moderne Anwendungsbeispiele für Funktionsmaterialien komplementieren die Grundkompetenzen in den metallischen Werkstoffen (Leitfähigkeitsphänomene), den halbleitenden Werkstoffen (Photovoltaik), dem Magnetismus (Supraleitung), der Optik (Leuchtstoffe und Lichtemission) und den dielektrischen Funktionsmaterialien (Piezo- und Ferroelektrizität)</p> <p>Kennenlernen der grundlegenden experimenteller Techniken in den Werkstoffwissenschaften zur Charakterisierung von Struktur- und Funktionsmaterialien, Verfassen von technischen Berichten, Teamarbeit</p>	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 4	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Pflichtmodul Bachelor of Science Nanotechnologie 20202	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur (90 Minuten)	
11	Berechnung der Modulnote	Klausur (100%)	
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester	

13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	Wird in den Vorlesungen angegeben.

1	Modulbezeichnung 63450	Physikalische Chemie der Nanostrukturen Physical Chemistry of Nanostructures	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Übung zur Physikalischen Chemie für Materialwiss. & Werkstoff. u. Nanotechn. (2 SWS, SoSe 2023) Vorlesung: Physikalische Chemie für Materialwiss. & Werkstoff. u. Nanotechn. (2 SWS, SoSe 2023)	- 5 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr. Rainer Fink	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Rainer Fink
5	Inhalt	Wissensvermittlung zu Grundfragen der Physikalischen Chemie mit Fokussierung auf Thermodynamik, Kinetik und Transportprozesse
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • erwerben fundierte Kenntnisse über die Grundlagen der Physikalischen Chemie • verstehen die Zusammenhänge thermodynamischer Grundbegriffe • sind in der Lage, thermodynamische Phänomene zu erklären und auf weiterführende Themen anzuwenden. • können die vorgestellten Theorien kritisch reflektieren • beherrschen praktisches Rechnen für zahlreiche werkstoffwissenschaftlich relevante Themen
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 4
9	Verwendbarkeit des Moduls	Pflichtmodul Bachelor of Science Nanotechnologie 20202
10	Studien- und Prüfungsleistungen	schriftlich (90 Minuten)
11	Berechnung der Modulnote	schriftlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	Wird in der Vorlesung bekannt gegeben.

1	Modulbezeichnung 95542	Physikalische Chemie der Werkstoffe Physical Chemistry of Materials	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Festkörperthermodynamik (2 SWS, SoSe 2023) Vorlesung mit Übung: Computeranwendungen in der Verfahrenstechnik für NT (2 SWS, SoSe 2023)	2,5 ECTS -
3	Lehrende	Prof. Dr. Sannakaisa Virtanen Dr. Frank Wendler	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Sannakaisa Virtanen	
5	Inhalt	Festkörperthermodynamik: Grundlagen der Thermodynamik Thermodynamik von Legierungen Phasengleichgewichte Punktdefekte Festkörperelektrochemie Thermodynamik von Grenz- und Oberflächen Computeranwendungen in der Verfahrenstechnik: Abstrahieren von werkstoffwissenschaftlichen Problemstellungen in Form mathematischer Modelle, Einsatz von Programmpaketen (z.B. MatLab) zum Lösen praxisnaher Probleme (Analyse von Messreihen, Wärmeleitung)	
6	Lernziele und Kompetenzen	Grundlegendes Verständnis für thermodynamische Prinzipien in Werkstoffwissenschaften Relevanz für die Herstellung und Anwendung von Werkstoffen. Entwickeln von Verständnis für die mathematische Formulierung werkstoffwissenschaftlicher Fragestellungen, Erlernen des Umgangs mit numerischen Werkzeugen (z.B. MatLab), Anpassung und Interpretation von Fit-Kurven an Messreihen, numerische Lösung von eindimensionalen Differentialgleichungen und linearen Gleichungssystemen. Kennenlernen von experimentellen Techniken in den Werkstoffwissenschaften. Verfassen von technischen Berichten. Teamarbeit	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 4	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Pflichtmodul Bachelor of Science Nanotechnologie 20202	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur (90 Minuten) Klausur (90 Minuten)	
11	Berechnung der Modulnote	Klausur (100%) Klausur (0%)	
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 75 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	

1	Modulbezeichnung 66660	Quantenmechanik Quantum Mechanics	7,5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Übungen zu Atom-/Quantenmechanik (2 SWS) Vorlesung: Atom-/Quantenmechanik (4 SWS)	- -
3	Lehrende	Prof. Dr. Dirk Zahn Dr. Christian Neiß	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Andreas Görling	
5	Inhalt	Grundlagen der Quantenmechanik und der Quantenchemie Ausgehend von der historischen Entwicklung werden die Grundprinzipien der Quantenmechanik eingeführt und erste einfachste Anwendungen wie das Teilchen im Kasten und der harmonische Oszillator besprochen. Nach der Behandlung von Drehimpulsen in der Quantenmechanik werden das Wasserstoffatom und nach Einführung grundlegender Näherungsverfahren auch Atome mit mehreren Elektronen betrachtet. Daran anschließend werden die Grundlagen der quantenmechanischen Behandlung von Molekülen, Clustern und Nanokristallen besprochen.	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • erlernen die Grundlagen der atomistischen Beschreibung der Materie auf Grundlage der Quantenmechanik und damit das Rüstzeug, um sich in quantenchemische Methoden wie sie in der Materialforschung eingesetzt werden, einzuarbeiten • verstehen die grundlegenden Prinzipien hinter Spektroskopiearten, wie Infrarot- oder UV/Vis-Spektroskopie, die in der Charakterisierung von Molekülen und molekularer Materialien verwendet werden 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 3	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Pflichtmodul Bachelor of Science Nanotechnologie 20232	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	schriftlich (90 Minuten)	
11	Berechnung der Modulnote	schriftlich (100%)	
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 135 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	
16	Literaturhinweise	I.N. Levine, Quantum Chemistry, Prentice Hall, 2000	

P.W. Atkins, Molecular Quantum Mechanics, Oxford University Press,
2003

1	Modulbezeichnung 94420	Reinraum-Praktikum Laboratory: Clean Room	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Praktikum: Reinraum- und Halbleiterpraktikum (6 SWS)	5 ECTS
3	Lehrende	Julius Marhenke Dr.-Ing. Tobias Dirnecker	

4	Modulverantwortliche/r	Dr.-Ing. Tobias Dirnecker	
5	Inhalt	<p>Im Rahmen des Praktikums erarbeiten sich die Studierenden in kleinen Gruppen grundlegende Kenntnisse über die Herstellungsschritte von mikro- und nanoelektronischen Bauelementen. Darauf aufbauend werden im Reinraum des Lehrstuhls Technologieschritte zur Herstellung einfacher elektronische Bauelemente vorgestellt. Der Schwerpunkt der praktischen Versuche liegt dabei im Bereich der Herstellung dünner Schichten sowie der Strukturübertragung mittels Photolithographie. Dabei lernen die Studierenden die Arbeitsbedingungen bei höchsten Reinheitsanforderungen kennen. Außerdem werden einfache Bauelemente elektrisch charakterisiert und die Messungen ausgewertet. Die Ergebnisse der elektrischen Messungen werden mit simulierten Kennlinien der Bauelemente verglichen.</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <p>Fachkompetenz</p> <p>Verstehen</p> <ul style="list-style-type: none"> • <ul style="list-style-type: none"> ◦ beschreiben die Zusammenhänge zwischen den Prozessbedingungen und den Eigenschaften elektronischer Bauelemente <p>Lern- bzw. Methodenkompetenz lernen die Arbeitsbedingungen im Reinraum bei der Herstellung von mikro- und nanoelektronischen Bauelementen kennen erwerben praktische Erfahrungen im Umgang mit verschiedenen Herstellungs-, Strukturierungs- und Charakterisierungsmethoden dünner Schichten</p>	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 5	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Pflichtmodul Bachelor of Science Nanotechnologie 20202	
10	Studien- und Prüfungsleistungen		
11	Berechnung der Modulnote		
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 75 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	

15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	

1	Modulbezeichnung 95550	Werkstoffe Materials	10 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	<p>Vorlesung: Biomaterialien (2 SWS) 3 ECTS</p> <p>Vorlesung: Werkstoffkunde und Technologie der Metalle (2 SWS) 3 ECTS</p> <p>Vorlesung: Allgemeine Werkstoffeigenschaften I (2 SWS) 3 ECTS</p> <p>Vorlesung: Werkstoffsimulation (2 SWS) 3 ECTS</p> <p>Vorlesung: Materialien der Elektronik und der Energietechnik (5. Sem.) (2 SWS) 3 ECTS</p> <p>Vorlesung: Fundamentals of Polymer Materials (Polymerwerkstoffe) (2 SWS) 3 ECTS</p> <p>Vorlesung mit Übung: Mikro- und Nanostrukturforschung (2 SWS) 3 ECTS</p> <p>Vorlesung mit Übung: Glas und Keramik (2 SWS) 3 ECTS</p> <p>Vorlesung mit Übung: Instrumentelle Analytik (Messtechnikkurs) (1 SWS) 1,5 ECTS</p> <p>Vorlesung: Korrosion und Oberflächentechnik I (2 SWS) 3 ECTS</p>	
3	Lehrende	<p>Prof. Dr.-Ing. Aldo Boccaccini</p> <p>Dr. Julia Will</p> <p>Prof. Dr.-Ing. Carolin Körner</p> <p>Prof. Dr. Peter Felfer</p> <p>Dr.-Ing. Steffen Neumeier</p> <p>Prof. Dr. Mathias Göken</p> <p>Prof. Dr. Michael Zaiser</p> <p>Prof. Dr.-Ing. Peter Wellmann</p> <p>Prof. Dr. Dirk Schubert</p> <p>Dr.-Ing. Benjamin Apeleo Zubiri</p> <p>Dr. Johannes Will</p> <p>Dr. Stefanie Rechberger</p> <p>Prof. Dr. Erdmann Spiecker</p> <p>Prof. Dr. Kyle Webber</p> <p>Prof. Dr. Dominique Ligny</p> <p>PD Dr.habil. Tobias Fey</p> <p>Prof. Dr. Sannakaisa Virtanen</p>	

4	Modulverantwortliche/r	apl.Prof.Dr. Nahum Travitzky	
5	Inhalt	<p><u>Allgemeine Werkstoffeigenschaften</u></p> <p>Zusammenhang zwischen der Mikrostruktur der Werkstoffe und den mechanischen Eigenschaften: Vom theoretischen Verständnis der atomaren Bindung und der Versetzungen und Korngrenzen zu den Härtungsmechanismen unterschiedlicher Werkstoffe: Nanomaterialien und nanostrukturierte Werkstoffe, Intermetallische Phasen und amorphe Metalle, Formgedächtnislegierungen, Hochtemperaturwerkstoffe und Hochtemperaturverformung.</p>	

Mikroskopische Verfahren der Nanotechnologie:

Rastersondenmikroskopie, Nanoindentierungen, Focused Ion Beam, Einzelkornorientierungsanalyse.

Werkstoffkunde und Technologie der Metalle

Einführung in die wichtigsten metallischen Werkstoffgruppen wie Stähle, Aluminium-, Magnesium-, Titan- und Superlegierungen; gegliedert in die Abschnitte: metallphysikalische Grundlagen, Erzeugung, Verarbeitung, besonders wichtige Legierungen, Anwendungen.

Korrosion und Oberflächentechnik:

Grundlagen von elektrochemischen Korrosionsreaktionen Passivität

Korrosionstypen Korrosionsschutz - Grundlagen von Oberflächen

Oberflächenanalytik Oberflächenmodifikation Fest/Flüssig-

Grenzflächen

Glas und Keramik:

Es werden zunächst die physikalisch-chemischen Grundlagen nichtmetallisch-anorganischer Materialien (Gläser und Keramiken) eingeführt. Amorpher und kristalliner Strukturaufbau, Kristallisation, Sintern und Kornwachstum sowie Gefüge (Korngrenzen) stehen dabei im Vordergrund. Daran schließt sich ein Kapitel über die Herstellung und Anwendung von Gläsern an. Das temperaturabhängige rheologische Verhalten silicatischer Schmelzen, die Formgebung von Glas-schmelzen sowie die Herstellung von Glaskeramiken werden erläutert. Als Anwendungsbeispiele werden optische Lichtleitfasern, die Glasveredelung (Oberflächenbeschichtung) sowie poröse Gläser vorgestellt. In einem weiteren Kapitel werden die wichtigsten Fertigungstechnologien für keramische Werkstoffe und ihre Anwendungsbereiche vorgestellt. Ausgehend von den Rohstoffen werden die wichtigsten pulverbasierten Formgebungsprozesse, Bearbeitungsverfahren sowie Sintertechnologien eingeführt. Als Anwendungsbeispiele stehen Ingenieurkeramiken im Automobilbau, Bio-keramiken für die Medizin sowie Elektrokeramiken für die Aktorik/Sensorik im Vordergrund.

Biomaterialien

Biomaterialien: Definition

Bioabbaubare Polymere, bioaktive Keramiken und biokompatible Metalle

Biomaterialien für Dauerimplantate

Orthopädische Beschichtungen

Biomaterialien für Tissue Engineering: Soft- und Hartgewebe

Einführung in die Scaffold-Technologie

Einführung in Scaffold-Charakterisierung

Biomaterialien für Drug Delivery

Polymerwerkstoffe:

In der Vorlesung Polymerwerkstoffe werden die grundlegenden Konzepte, Theorien und Methoden der Werkstoffkunde der Polymerwerkstoffe dargelegt. Der Inhalt dieser Vorlesung umfasst folgende Themen: Thermodynamische Eigenschaften makromolekularer Lösungen, Molekularmasse und ihre Verteilung, Bestimmungsmethoden

		<p>der Molekularmasse; Aggregatzustände und mechanisches Verhalten von unvernetzten amorphen und teilkristallinen Polymeren, von Elastomeren und Duromeren; lineares und nichtlineares viskoelastisches Deformationsverhalten, Messverfahren, Rheologie, Zeit-Temperatur-Superpositionsprinzip, Abhängigkeit viskoelastischer Funktionen und anderer Eigenschaften vom molekularen Aufbau.</p> <p><u>Materialien der Elektronik und Energietechnik:</u> Grundlagen und Technologien der Werkstoffe der Elektrotechnik. Behandelt werden die Materialklassen Metalle, Dielektrika, Halbleiter (anorganisch und organisch), Supraleiter und Magnetische Werkstoffe. Im Bereich der Technologien werden die Bereiche Kristallzüchtung, Epitaxie und Planartechnologie (Lithographie, Aufdampfen, Dotierung mittels Implantation und Diffusion) behandelt.</p> <p>Messtechnik-Kurs</p>
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden erwerben:</p> <p><u>Allgemeine Werkstoffeigenschaften</u> Verständnis zwischen dem strukturellen Aufbau der Werkstoffe und den mechanischen Eigenschaften und unterschiedlichsten Anwendungsperspektiven der Werkstoffe bei hohen Temperaturen gewinnen. Das Einsatzpotential unterschiedlicher Mikrocharakterisierungsmethoden für die Werkstoffwissenschaften kennenlernen.</p> <p><u>Korrosion und Oberflächentechnik</u> Grundlegendes Verständnis für chemische und physikalische Oberflächen- und Grenzflächenreaktionen, inklusive Korrosionsreaktionen, sowie Funktionalisierung und Strukturierung von Oberflächen. Kennenlernen von elektrochemischen und oberflächenanalytischen Methoden in den Werkstoffwissenschaften.</p> <p><u>Biomaterialien</u> Ein umfassender Überblick über Biomaterialien und Werkstoffe für die Medizin wird vermittelt. Die Studierenden werden in der Lage sein, die notwendigen Eigenschaften und Herstellungsmethode von Biomaterialien für Dauerimplantate, Tissue Engineering und Drug Delivery zu differenzieren und Biomaterialien für diese verschiedenen Anwendungen auswählen.</p> <p><u>Materialien der Elektronik und Energietechnik:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • erwerben grundlegendes Verständnis für Zusammenhänge zwischen dem atomaren und molekularen Aufbau nichtmetallischer Werkstoffe, ihre Eigenschaften, Fertigungsprozesse und wichtigen Anwendungsfelder. • lernen den Zusammenhang zwischen Materialeigenschaften und elektronischer Bauelement-Funktion verstehen und werden in die Lage versetzt, selbstständig Optimierungsansätze zu erarbeiten.
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 5

9	Verwendbarkeit des Moduls	Pflichtmodul Bachelor of Science Nanotechnologie 20202
10	Studien- und Prüfungsleistungen	<p>Präsentation Klausur (120 Minuten) <u>Teilprüfung "Materialien der Elektronik und Energietechnik"</u></p> <p>Die Vorlesung des Lehrstuhls WW6 wird im Format "Flipped Classroom" durchgeführt (synchrone Lerneinheiten im Hörsaal & asynchrone Lerneinheiten über Studon: https://www.studon.fau.de/studon/goto.php?target=crs_359194)</p> <p>Die Teilprüfung WW6 findet als elektronische Klausur (maximale Punktzahl = 300) statt. Die elektronische Klausur enthält teilweise Multiple Choice Fragen. Es gilt: Jede Antwortmöglichkeit wird bei richtiger Beantwortung mit der zugewiesenen Punktzahl bewertet; falsche Beantwortung geht innerhalb der Frage mit negativen Punkten ein. Es werden alle Punkte der Antwortmöglichkeiten addiert. Es gibt keine Negativpunkte für falsch markierte Aufgaben.</p>
11	Berechnung der Modulnote	<p>Präsentation (0%) Klausur (100%) <u>Teilprüfung "Materialien der Elektronik und Energietechnik"</u></p> <p>Für die Klausur können im Rahmen des Flipped-Classroom Konzeptes bis zu 30 Bonuspunkte für die Abschlussklausur erworben werden indem an 5 von 7 Präsenzterminen die Wiederholungsfragen (= Kickoff-Polls) zum Beginn der Veranstaltung erfolgreich beantwortet werden (50-75% richtige Antworten: Bonus = 15 Punkte, >75% richtige Antworten: Bonus = 30 Punkte).</p> <p>Hinweis: Als Vorbereitung für die Kickoff-Polls in den Präsenzphasen wird die Teilnahme am eTutorium (Kurs der Virtuellen Hochschule Bayern) empfohlen: https://kurse.vhb.org/VHBPORTAL/kursprogramm/kursprogramm.jsp --> WS xx/xx --> Ingenieurwissenschaften --> Elektrotechnik/Elektronik und Informationstechnik --> Werkstoffkunde für die Elektrotechnik (bitte die Studiengang-Auswahl beachten !)</p>
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 105 h Eigenstudium: 195 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	

1	Modulbezeichnung 95581	Werkstoffe: Grundlagen Materials: Basic principles	10 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Übungen zu Organischen Werkstoffen (1 SWS) Vorlesung: WS-Nichtmetallisch anorganische Werkstoffe (2 SWS) Übung: Ergänzungen zu Werkstoffe und ihre Struktur (1 SWS) Vorlesung: Werkstoffe und ihre Struktur (3 SWS) Vorlesung: Organische Werkstoffe (2 SWS)	- 3 ECTS 1,25 ECTS 2,5 ECTS 3 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr. Marcus Halik apl.Prof.Dr. Nahum Travitzky Philip Goik Martina Heller Dr.-Ing. Dorothea Matschkal Dr.-Ing. Steffen Neumeier Prof. Dr. Mathias Göken	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Mathias Göken
5	Inhalt	<p>Diese Vorlesung stellt eine breite Einführung in die Grundlagen der Werkstoffkunde dar. Neben den allgemeinen Grundlagen zur inneren Struktur von Werkstoffen werden auch die Grundlagen von Organischen Werkstoffen und nichtmetallisch-anorganischen Werkstoffen vermittelt. Dabei werden in den verschiedenen Vorlesungen die Grundlagen für kristalline und amorphe Werkstoffe erarbeitet. Die verschiedenen Werkstoffgruppen werden übersichtsartig eingeführt und die unterschiedlichen chemischen Bindungstypen rekapituliert. Für die kristallinen Werkstoffe werden dann Abweichungen von der Idealstruktur (Gitterfehler und Realstruktur) und deren Auswirkungen auf die Eigenschaften von Werkstoffen besprochen. Ferner werden mikroskopischen und spektroskopischen Methoden der Materialanalyse behandelt. Außerdem werden die Grundlagen der Thermodynamik behandelt und Grundtypen der Zustandsdiagramme und insbesondere das Eisen-Kohlenstoff-Zustandsdiagramm, die Stähle und Gußeisen besprochen. Die Themengebiete Phasenumwandlungen und Diffusion ergänzen die allgemeinen Grundlagen. Die Vorlesungen nichtmetallisch anorganische Werkstoffe und organische Werkstoffe gehen insbesondere dabei auf die molekularen Strukturen von Polymerwerkstoffen bzw. auf die Besonderheiten von Glas und Keramik ein. Auch einige erste Grundlagen zu den Auswirkungen der Struktur auf die mechanischen Eigenschaften, insbesondere Verformung, Bruch und Festigkeitssteigerung werden behandelt. Ferner wird eine kurze Übersicht über (normgerechte) Werkstoffbezeichnungen gegeben.</p>
6	Lernziele und Kompetenzen	Fachkompetenz Anwenden Die Studierenden können die erlernten Grundlagen zur Struktur von Werkstoffen und deren Auswirkungen auf die Werkstoffeigenschaften erklären und ihr Wissen auf Anwendungsfälle übertragen.

		Dazu müssen verschiedene Problemstellungen den jeweiligen Themenkreisen zugeordnet werden. Entsprechende Voraussagen zum Werkstoffverhalten können ebenfalls von den Studierenden getroffen werden. Einfache Problemstellungen können analysiert werden und zugehörige Berechnungen durchgeführt werden.
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Pflichtmodul Bachelor of Science Nanotechnologie 20202
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur (120 Minuten)
11	Berechnung der Modulnote	Klausur (100%)
12	Turnus des Angebots	in jedem Semester
13	Wiederholung der Prüfungen	Die Prüfungen dieses Moduls können nur einmal wiederholt werden.
14	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 135 h Eigenstudium: 165 h
15	Dauer des Moduls	1 Semester
16	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
17	Literaturhinweise	